



# ABSTRACT & PROCEEDINGS

การประชุมวิชาการระดับชาติ  
“บเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 19

# NU 19<sup>th</sup> RESEARCH AND INNOVATION CONFERENCE

Research & Innovation:  
Wisdom for Entrepreneurial Society & Internationalization



# ABSTRACT & PROCEEDINGS

การประชุมวิชาการระดับชาติ  
“บเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 19

# NU 19<sup>th</sup> RESEARCH AND INNOVATION CONFERENCE

พิมพ์ครั้งที่ 1

15 สิงหาคม 2566

ISBN (E-BOOK)

978-616-8219-53-9

จัดพิมพ์โดย

กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร



เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ  
"นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม" ครั้งที่ 19

จัดทำโดย

กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร

ISBN (e-book) : 978-616-8219-53-9

พิมพ์ ครั้งที่ 1 : 15 สิงหาคม 2566

**จัดพิมพ์โดย**

กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชั้น4 โซนA อาคารมหาธรรมราชา 99 ม.9 ต.ท่าโพธิ์

อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

<https://conference.nu.ac.th/nric19>

โทร. 0 5596 8641

## คำนำ

การประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 19 มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างบรรยากาศทางวิชาการ และเป็นเวทีในการเผยแพร่แลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลงานวิจัยเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้คณาจารย์ นักวิจัย บุคลากร และนิสิต ตลอดจนผู้บริหารทั่วประเทศตระหนักถึงความสำคัญของการทำวิจัย และเพื่อให้ตอบสนองความต้องการและให้บรรลุเป้าหมายตามยุทธศาสตร์ด้านการวิจัย และนวัตกรรมของมหาวิทยาลัยนเรศวร กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และประเทศ

ปี พ.ศ.2566 การประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 19 ภายใต้หัวข้อ “Research and Innovation: Wisdom for Entrepreneurial Society and Internationalization” ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 24 – 25 กรกฎาคม 2565 ณ ศูนย์แสดงนิทรรศการและการจัดประชุมสมเด็จพระนเรศวรมหาราช มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โดยจัดให้มีการนำเสนอผลงานรูปแบบภาคบรรยาย (Oral Presentation) และรูปแบบภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มสาขา คือ กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกลุ่มมนุษยศาสตร์ และสังคมศาสตร์ โดยมีผลงานวิจัย ผลงานวิทยานิพนธ์ ผลงานการค้นคว้าอิสระ และวิจัยสถาบันที่ได้รับการพิจารณาคัดเลือกจากผู้ทรงคุณวุฒิลงตีพิมพ์บทความใน Abstract/Proceedings จำนวน 77 ผลงาน

มหาวิทยาลัยนเรศวร ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่มีส่วนผลักดันให้การประชุมทางวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 19 “Research and Innovation: Wisdom for Entrepreneurial Society and Internationalization” ขอขอบคุณผู้นำเสนอผลงานวิจัยที่เข้าร่วมนำเสนอผลงานทุกท่าน ขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยที่มีส่วนร่วมในการคัดกรองคุณภาพผลงานที่นำเสนอ ซึ่งเป็นมาตรฐานผลงานวิจัย ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ให้มีการพัฒนาขึ้นตามลำดับ ขอขอบคุณหน่วยงานภาคีเครือข่ายต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย ขอขอบคุณผู้สนับสนุนการประชุมวิชาการฯ บริษัท พาราไซแอนติฟิค จำกัด และขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมและส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้การจัดงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ท้ายที่สุดมหาวิทยาลัยนเรศวรมีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ให้เป็นเวทีทางวิชาการที่มีมาตรฐาน ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาคุณภาพนักวิจัยของมหาวิทยาลัยนเรศวรและของประเทศโดยภาพรวมต่อไป

คณะผู้จัดทำ



## สารบัญ

เรื่อง

หน้า

### ABSTRACT

#### กลุ่มสาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Nanoporous carbon materials produced from hemp waste via hydrothermal-carbonization assisted chemical activation Korn Sukphunphoncharoet .....	1.
การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของหอยเชอรี่และหอยทากยักษ์แอฟริกาที่ถูกเข้าทำลายด้วยไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ ท้องถิ่น พรพรรณ วณิชสำราญ .....	2.
การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพดินอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษา สวนทุเรียน จังหวัดอุตรดิตถ์ วรฤทธิ์ ประเสริฐ .....	4.
การศึกษาศักยภาพของยีสต์ทนร้อน <i>Pichia kudriavzevii</i> ภายใต้สภาวะความเครียด ที่อุณหภูมิสูงเพื่อพัฒนากระบวนการ หมักไบโอเอทานอล พงศนาถ ผ่องเจริญ .....	6.
การศึกษาและวิเคราะห์เกณฑ์มาตรฐานอาคารประหยัดพลังงาน กรณีศึกษา อาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา .....	8.
ผลกระทบของแคดเมียมต่อการหมุนเวียนไนโตรเจนในดินที่ได้รับการฟื้นฟูด้วยถ่านชีวภาพและเหล็กประจุศูนย์ ศิริวรรณ วิชัย .....	10.
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธี และฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากใบกาฝาก สุพรรณิกา อินตะนันท์ .....	12.

#### กลุ่มสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพ

A prospective randomized controlled trial comparison between open carpal tunnel surgery and mini-incision carpal tunnel release using ProMIS® Saran Malisorn .....	14.
Comparative efficacy of lactose-free formula and lactose-containing formula for acute diarrhea in children Thitima Ngeonmak .....	15.

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
Curated Long Covid: an open dataset from Harvard dataverse Somchai Saengamnatdej .....	16
Designing an ergonomic seat in reducing whole-body vibration exposure and awkward postures among tractor drivers Totsapon Butmee .....	17
Development and efficiency of QSPill for smoking cessation Watoo Phrompittayarat .....	18
Effect of cannabis essential oil on pro-inflammatory cytokine production in the lipopolysaccharide-induced inflammation of monocytic THP-1 cells Sirikan Mukda .....	19
Evaluation of the anti-inflammatory activity and quality assessment of a topical ointment containing cannabis extract Nathareen Chaiwangrach .....	20
Screening for antioxidant activity in Thai berries Phichsinee Rerkshanandana .....	22
The antioxidant activities of the Kratom leaf extract from various regions in Thailand Sudthiworarak Kaewchompoo .....	23
Vacuum blood collection tubes validation and verification for glucose and biochemical testing Khundaw Moonla .....	24
การตรวจสอบแสดงออกของโปรตีน ARID1B ในชิ้นเนื้อผู้ป่วยมะเร็ง Renal cell carcinoma ประชากรไทยโดยวิธีอิมมูโนพยาธิวิทยา วริยา มงคลวัฒน์ .....	25
อุบัติการณ์การดื้อต่อยา trimethoprim/sulfamethoxazole ในเชื้อ <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> ที่ดื้อยาต้านจุลชีพหลายขนานสายพันธุ์ที่แยกได้จากตัวอย่างทางคลินิกในประเทศไทย บุญเกียรติ เจนพรหมรักษ์ .....	27

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
<b>กลุ่มสาขาวิชา มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์</b>	
Beauty Care SPA & SALON: ระบบตัดสินใจที่ชาญฉลาดสำหรับการแนะนำช่างเสริมความงาม พลอยงาม เรืองงาม .....	29
มุมมองในการเผชิญกับความท้าทายในศตวรรษที่ 21 ของเจนแซด อำนาจ พิรุณสาร .....	31
ความคิดเห็นของผู้เรียนระดับปริญญาตรีเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อโอกาสการทำงาน ประดับเดือน ทองเชื้อเชิญ .....	33
อรรถกถาชาดกกับการสร้างสรรค์วรรณกรรมเพื่อจัดระเบียบทางสังคม : กรณีศึกษาการปรับแก้แนวคิดในอรรถกถา วีรชาติสกุลโคลงราชสวัสดิ์ และอรรถกถามหาสุบินชาติสกุลกลอนพุทธทำนายความฝันพระเจ้าปเสนทิโกศล ธนบัตร ใจอินทร์ .....	35
ปัญหาทางกฎหมายไทยเกี่ยวกับบทบาทของการตลาดดิจิทัลเพื่อการพัฒนาธุรกิจของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม นิติภัทร หอมละออ .....	37



## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

### Proceeding

#### กลุ่มสาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

The inhibitory effect of (ripe) mulberry crude extract on melanogenesis in B16F10 cells

Nuttawadee Prasawang ..... 39

การคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนของลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินหลายสถานการณ์

จรัญธร บุญญาภาพ ..... 50

การจำแนกชนิดเชื้อราก่อโรคแอนแทรกคโนสในผลไม้เขตร้อนด้วยลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ Internal Transcribed Spacer

กณิษฐา จันทร์ศรี ..... 64

การตรวจวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่โดยอาศัยตัวจ่ายกระแสทดสอบ

สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์ ..... 74

การประเมินในระดับห้องปฏิบัติการของการปรับเสถียรแหล่งกำเนิดเตตระคลอโรเอทีลีนโดยใช้โอพอลิเมอร์

ทศพล กล้านาค ..... 84

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการแบ่งกลุ่มสำหรับข้อมูลทับซ้อน

พัฒนิตา หมิ่นจันทร์ ..... 96

การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบถดถอยลอจิสติก เมื่อข้อมูลไม่สมดุล

สุดารัตน์ บุญธรรม ..... 108

การผลิตไบโอเอสเทอร์จากน้ำมันถั่วดาวอินคาผ่านตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดกรดจากเส้นใยเซลลูโลส

อนุสรณ์ วรสิงห์ ..... 119

การพัฒนากระบวนการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์

ยุทธนา สงนรินทร์ ..... 133

การยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรกคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยสารสกัดมะระขี้นก

นฤพร บังคำ ..... 145

การแยกเชื้อและระบุเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดต่างในข้าวที่ปลูกในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ จังหวัดแพร่

กมลพร ปานง่อม ..... 156

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
การวางแผนทรัพยากรงานก่อสร้าง ด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร และการจัดการโครงการ เอกลักษณ์ สีหาบุตร .....	168
การศึกษาการผลิตไฟฟ้าทะเลสาบห้วยกระเจาด้วยเตาอบในครัวเรือน เพ็ญพิสุทธิ์ ทองหยวก .....	181
การสร้างแบบจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ที่ดินต่อผลผลิตน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา ห้วยกระเจาโดยใช้แบบจำลอง InVEST จรัญธร บุญญาภาพ .....	189
ความผันแปรทางพันธุกรรมและพารามิเตอร์ทางนิติวิทยาศาสตร์ของชาวส่วยจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย นงลักษณ์ ประพันธ์ .....	204
ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชของสารสกัดจากใบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพในพริก ยุทธการ แซ่ก้อ .....	217
ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร วรัญญา ลุลลค่า .....	231
ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไบโอเอทานอลของเชื้อ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> TISTR 5088 ปริญญช ศรีไพบุลย์ .....	243
ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศต่อการเก็บรักษาตะกอนดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา ห้วยกระเจาโดยใช้แบบจำลอง InVEST Sediment retention จรัญธร บุญญาภาพ .....	255
ผลกระทบของ Convergence Criteria, Node Spacing และ Initial Hydraulic Head ที่มีต่อ Iteration Number ในแบบจำลอง น้ำบาดาลไฟไนต์ ดิฟเฟอเรนซ์ กิจการ พรหมมา .....	270
ผลของกระบวนการเตรียมและการทำแห้งต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพและฤทธิ์ต้านจุลชีพของน้ำมันจากหนอนทหารเสือ กุลปรีชา ทิมเครือจีน .....	280
ผลิตภัณฑ์น้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของสารสกัดมะระขี้นกยับยั้งเชื้อในช่องปาก อัฐพล เพ็ญศรี .....	293

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

เศรษฐกิจหมุนเวียนของเหล็กประจุนย้เพื่อการนำน้ำทิ้งอุตสาหกรรมกลับมาใช้ใหม่และการลดการพึ่งพาเหมืองแร่ ปัญจพล สีแก้วเขียว .....	305
---	-----

### กลุ่มสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพ

Putative leptospiral surface exposed outer membrane protein, LIP3228, reduces severity of nephritis in hamster model of leptospirosis Saowaros Prasai .....	319
Study of chitosan hydrogel pads and analysis of production costs for business opportunities in pain relief pads Phathairat Pongpratead .....	329
The combination of Torkinib increases Doxorubicin efficacy in MCF-7 breast cancer cells Pimchanok Panpinyaporn .....	338
การตัดแยกและการศึกษาคุณลักษณะของแบคทีเรียที่ทนต่อโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากตัวอย่างดิน ทางการเกษตร สิริกัญจน์ เล็กอุทัย .....	347
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพอลิเมอร์ฟิซึมของยีนที่เกี่ยวข้องในกระบวนการไกลโคซิลเลชัน GALNT1 ตำแหน่ง rs17647532 กับการเกิดมะเร็งเต้านมในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย มธุรส นาคหนู .....	361
ความสำเร็จของการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพื่อถอนฟันกรามบน: การศึกษาภาคตัดขวางคัดเลือกกลุ่มเปรียบเทียบ ลลิตกร พรหมมา .....	372
อุบัติการณ์การดื้อต่อยากลุ่มคาร์บาพีแนมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอนไซม์ และการดื้อต่อยาต้านจุลชีพแทบทุกขนาน ของเชื้อ Acinetobacter baumannii ที่แยกได้จากตัวอย่างทางคลินิก เจษฎาภรณ์ รอดกำเนิด .....	382

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
<b>กลุ่มสาขาวิชา มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์</b>	
Development of computational thinking learning activities using phenomenon-based learning with innovative project-based learning to enhance learning and innovation skills for 2 <sup>nd</sup> year junior high school students Sudarat Wongyos .....	394
Development of PARTNER model for new normal administrative school to enhance educational quality at Chaing Rai municipality school 8 Banmai Mongkol Baisaeng .....	407
The design thinking applied to digital platform for Recycle Business at Tha Pho Sub-District Communities. Sariya Kruayim .....	420
The study on cultural resources supports “Active Aging” in the management of cultural tourism at Wiang Lo Ancient Town in Phayao Province. Dujluedee Kongsuwan .....	433
การคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทย ตามพระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ. 2557 (2014) สน นิลศรี .....	445
การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ปรญา ปุยสูงเนิน .....	457
การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญ กรณีศึกษาวิสาหกิจกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา ตำบลทองแท้ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก มณฑนา สินจ้าง .....	470
การจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทยจังหวัดยะลา ณัฐลักษณ์ อีสสระ .....	482
การปรับตัวของประชาชนในการป้องกันรับภัยน้ำท่วมของชุมชนบางระกำ ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก จิราภา ศรีทา .....	489
การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบ ตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย กิ่งแก้ว วัดแยม .....	501
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ “ถ่านฝรั่ง” ของวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสรา จังหวัดสมุทรสาคร พิศิษฐ์ ชำนาญนา .....	513

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

การพัฒนารูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนตามวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร  
จังหวัดตาก

อดิเรก คำเป็กเครือ ..... 525

การพัฒนาศักยภาพรองรับการท่องเที่ยวของชุมชนในเขตพื้นที่เมืองเก่าน่าน

กิตติกรณีย์ สมยศ ..... 538

การมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอชาติพันธุ์บนฐานทุนวัฒนธรรมเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจ  
ฐานรากบ้านซอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

พรรณธิดา เพชรบุญมี ..... 550

การศึกษาแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ตำบลห้วยรอ อำเภอมะนัง จังหวัดพิษณุโลก

สุตารัตน์ โพธิ์เจริญ ..... 562

การศึกษาภูมิปัญญาพื้นบ้านและแนวทางการอนุรักษ์ตำรับยายคอบ ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

สุทธิษา สุวรรณหงส์ ..... 574

ความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019

กัณฑ์พัฒน์ อนุศักดิ์เสถียร ..... 587

การพัฒนาหลักสูตรช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา

ณัฐลักษณ์ อีสสระ ..... 601

ถอดบทเรียนความสำเร็จโรงเรียนผู้สูงอายุ กรณีศึกษาโรงเรียนผู้สูงอายุพलयชุมพลและโรงเรียนร่วมสมอวิทยา

วิชลาวัลย์ ชำนาญเพชร ..... 613

### กลุ่มวิจัยสถาบัน

ผลการพัฒนาปรับปรุงห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง ตามเกณฑ์การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี

นิวัฒน์ ตักดีตาเดช ..... 625

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพ  
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ณิชนันทน์ พักบัว ..... 637

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

การศึกษารายวิชาที่มีผลต่อการฟื้นฟูสภาพนิสิตด้วยผลการเรียน และการพัฒนาระบบพยากรณ์สถานภาพการศึกษา  
กรณีศึกษานิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

นุชนารถ แก้วแดง.....649

ระบบฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัย ภายในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สุชีลา พุ่มอยู่ .....661



## Nanoporous carbon materials produced from hemp waste via hydrothermal – carbonization assisted chemical activation

Korn Sukphunphoncharoen<sup>1</sup>, Napat Kaewtrakulchai<sup>2</sup>, Sutee Chutipaijit<sup>1</sup>, Malinee Kaewpanha<sup>3</sup>,  
Tawat Suriwong<sup>3</sup>, Pramote Puengjinda<sup>4</sup>, Gasidit Panomsuwan<sup>5</sup>, Masayoshi Fuji<sup>6</sup>  
and Apiluck Eiad-ua<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>College of Materials Innovation and Technology, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

<sup>2</sup>Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University, Bangkok, 10900

<sup>3</sup>School of Renewable Energy and Smart Grid Technology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>4</sup>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bangkok, 10110

<sup>5</sup>Department of Materials Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok, 10900

<sup>6</sup>Advanced Ceramic Center, Nagoya Institute of Technology, Gifu, Japan, 466-8555

\*Corresponding author. E-mail: apiluck.ei@kmitl.ac.th

### Abstract

Nanoporous carbon materials (NPCs) have been widely utilized for various applications owing to their attractive physicochemical properties. In this research, NPCs were successfully synthesized using hemp waste as a raw material via hydrothermal-carbonization (HTC). NPCs was prepared by chemical activation (KOH, NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) using carbon materials as a carbonaceous framework. NPCs was characterized by XRD, FTIR, Raman, SEM and BET, respectively. From the results, comparing to the traditional method of HTC and pyrolysis, KOH:HTC at activation ratio 0.75:1 (%wt) was found to be better option to develop the specific surface area, porosity and morphology of the NPCs. The highest S<sub>BET</sub> was 1,758.93 m<sup>2</sup>/g. Furthermore, challenges of this work related to the fundamental understanding of this phenomenon and the applications selections of the materials, e.g., adsorbent, support or electrode.

**Keywords:** Hemp waste, Hydrothermal-Carbonization, Nanoporous Carbon, Adsorbent



## การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของหอยเชอร์รี่และหอยทากยักษ์แอฟริกา

### ที่ถูกเข้าทำลายด้วยไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ท้องถิ่น

พชรพรรณ วาณิชสำราญ<sup>1\*</sup>, วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ<sup>1,2</sup>, อภิชาติ วิทย์ตะ<sup>3</sup> และ อนันต์ เคนท้าว<sup>1</sup>

#### Biochemical alterations of golden apple snails (*Pomacea canaliculata*) and giant African snails (*Achatina fulica*) infected by indigenous entomopathogenic nematodes

Pacharapun Wanitsumran<sup>1\*</sup>, Wandee Wattanachaiyingcharen<sup>1,2</sup>, Apichat Vitta<sup>3</sup> and Anan Kenthao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>3</sup>ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Center of Excellence for Biodiversity, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>3</sup>Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: pacharapunw64@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

หอยเชอร์รี่ (*Pomacea canaliculata*) และหอยทากยักษ์แอฟริกา (*Achatina fulica*) มีการแพร่ระบาดทุกภูมิภาคของประเทศไทย หอยทั้งสองชนิดเป็นศัตรูสำคัญของพืชเศรษฐกิจหลายชนิดรวมทั้ง ข้าว ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงเป็นศัตรูธรรมชาติที่นำมาใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธีและสามารถควบคุมหอยได้หลายชนิดเช่นกัน แต่พบว่าไส้เดือนฝอยไม่มีการเพิ่มจำนวนในตัวหอยถึงแม้ว่าจะสามารถฆ่าหอยได้ ซึ่งแตกต่างจากการเข้าทำลายในแมลง อาจจะเป็นผลมาจากการต่อต้านด้วยปฏิกิริยาภายในของหอย งานวิจัยนี้จึงทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในตัวหอยหลังจากการเข้าทำลายจากไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงพันธุ์ท้องถิ่น 5 สายพันธุ์ (*Heterorhabditis bacteriophora*, *H. indica*, *Steinemema lamjungense*, *S. siamkayai* และ *S. surkhetense*) โดยการวัดค่าโปรตีนรวม กรดยูริก aspartate transaminase (AST) และ alanine transaminase (ALT) จาก haemolymph ของหอยที่ทดสอบ 2 ชนิด ในหอยเชอร์รี่และหอยทากยักษ์แอฟริกาที่อายุต่าง ๆ กัน พบว่าหลังถูกเข้าทำลาย 12 ชั่วโมง หอยชุดทดสอบมีปริมาณโปรตีนรวมและกรดยูริกลดลง แต่ปริมาณของ AST และ ALT เพิ่มขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องไปจนถึงวันที่ 10 ที่ทำการเก็บผล ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ( $p=0.05$ ) การลดลงของโปรตีนและกรดยูริกบ่งบอกการใช้พลังงานที่มากขึ้นและการใช้โปรตีน





เป็นพลังงานสำรอง และค่า AST และ ALT ที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงการเกิดความเสียหายของอวัยวะภายในร่างกายของหอยจากการถูก  
เข้าทำลายโดยไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

**คำสำคัญ:** หอยเชอรี่ หอยทากยักษ์แอฟริกา ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสายพันธุ์ท้องถิ่น การควบคุมโดยชีววิธี การเข้าทำลายหอยโดย  
ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

#### Abstract

Golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) and giant African snail (*Achatina fulica*) are among the most dangerous exotic invasive snail pests spread throughout all regions in Thailand. Both snails are important pests of economic plants especially rice. Entomopathogenic nematodes (EPNs) were natural enemies used for biological control of insect and snail pests. Even though they kill snails, they are unable to multiply in snail cadavers which were different from the infestation pattern of insect hosts. This study aimed to investigate the biochemical alteration of snails after being infected by 5 isolates of Thai indigenous EPNs, namely, *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. indica*, *Steinernema lamjungense*, *S. siamkayai*, and *S. surkhetense*. We collected hemolymph and determined the alteration by total proteins, uric acid, aspartate transaminase (AST), and alanine transaminase (ALT) from different ages of golden apple snails and giant African snails. At 12 hrs after infection, average total protein and Uric acid were decreased, while AST and ALT concentrations were increased. This alteration continually changed until 10 days recorded after infection, which was significantly different from control groups ( $p=0.05$ ). The decrease in total protein and uric acid indicated increased energy expenditure and the use of protein to be energy reserves, meanwhile, the increase of AST and ALT levels demonstrated the response of infected snails to tissue injuries caused by EPN infection.

**Keywords:** Golden apple snails, Giant African snails, Entomopathogenic nematode, Biological control, Infestation of snail by EPNs



## การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพดินอัจฉริยะ

ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กรณีศึกษา สวนทุเรียน จังหวัดอุตรดิตถ์

พลปรีชา ชิดบุรี<sup>1</sup>, วรฤทธิ์ ประเสริฐ<sup>1\*</sup>, ภาสุระ ศรีสุระ<sup>1</sup>, เนติมา อุดร<sup>1</sup> และ กฤตพร เอี่ยมสอั้ง<sup>1</sup>

**Development of smart soil quality monitoring devices using internet of things technology**

**(Case study: the durian orchards in Uttaradit province)**

Polpreecha Chidburee<sup>1</sup>, Worarit praserit<sup>1\*</sup>, Pasura Srisura<sup>1</sup>, Natima Udon<sup>1</sup> and Krittaporn Iamsaing<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สถานภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Regional Center of Geo-Informatics and Space Technology, Lower Northern Region, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: woraritp@nu.ac.th

### บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพดินด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เนื่องจากผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลสัมภาษณ์เชิงลึก พบว่า เกษตรกรไม่มีข้อมูลสำหรับกรวางแผนบำรุงดินปลูกทุเรียน และรดน้ำหรือใส่ปุ๋ยเกินความเหมาะสม จนเกิดโรคเชื้อรา ส่งผลให้ผลผลิตเสียหาย ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนฮาร์ดแวร์ อุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพดิน ประกอบด้วย เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิความชื้นในดิน ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความเค็มในดิน (Soil electrical conductivity) และปริมาณธาตุอาหารในดินรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์และแหล่งพลังงาน และ 2) ส่วนซอฟต์แวร์ ได้พัฒนาระบบแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันในรูปแบบ LINE OA สามารถแสดงค่าแบบเรียลไทม์และมีฟังก์ชันการประเมินความเหมาะสมของดิน แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตรวจวัด และสถิติย้อนหลังของการตรวจวัด ผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพดินทดลองใช้กับสวนทุเรียน ขนาดพื้นที่ 5 ไร่ สุ่มเก็บข้อมูล 5 จุด โดยเปรียบเทียบการตรวจวัดคุณภาพดิน 2 แบบ ระหว่างอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นกับชุดตรวจสอบดินภาคสนาม โดยอ้างอิงขั้นตอน และเกณฑ์การแปลผลจากกรมพัฒนาที่ดิน ผลการทดลองพบว่า ค่าการตรวจวัดของทั้ง 2 แบบ อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน โดยค่า N อยู่ในระดับต่ำมาก ถึง ต่ำ, P อยู่ในระดับสูง, K อยู่ในระดับ ปานกลาง และ pH เป็นกรดปานกลาง ถึง เล็กน้อย ซึ่งอยู่ในระดับที่มีความเหมาะสม ต่อการละลายธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ส่วนผลการทดลองด้านระยะเวลาในการตรวจวัดคุณภาพดิน พบว่า อุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพดินที่พัฒนาขึ้นใช้เวลา 2 นาที ส่วนชุดตรวจสอบดินภาคสนามใช้เวลา 30 นาที

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เซนเซอร์ คุณภาพดิน ทุเรียน



### Abstract

The purposes of this research project were developed Smart soil meter with Internet of Things (IoT). The researchers collected data and in-depth interviewed with the Durian gardeners that found that the Durian orchards lacked of information for planning of soil maintenance for planting Durian, over watered or over applied fertilizer caused the fungal disease that damaged to the Durian orchards. The researchers developed and designed the system in 2 parts were the hardware and the software. The hardware such as the soil meter consists of soil temperature sensor, soil water content, soil pH, soil electrical conductivity, and nutrient content in soil (Available forms of Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium K), electronic board and power source. The software developed the system to showed the results on web application in LINE OA. The system could show real-time results, soil suitability assessment function, location map and history record statistics of measurements. The researchers set the soil meter in the durian orchards plantation 5 rai and input data 5 points for compare 2 types of soil quality measurements between the developed devices and the field soil monitoring set that referenced the steps and criteria for interpretation from the Department of Land Development. The results showed soil quality of both types were at approximate levels by N were very low to low, P were high, K were moderate, and pH were moderately acidic to slightly acidic that suitable for dissolving nutrients to plants. The results in time of measuring soil quality were 2 minutes in the developed devices and 30 minutes in the field soil monitoring set.

**Keywords:** Internet of things, Sensors, Soil Quality, Durian



## การศึกษาศักยภาพของยีสต์ทนร้อน *Pichia kudriavzevii* ภายใต้สภาวะความเครียด

### ที่อุณหภูมิสูงเพื่อพัฒนากระบวนการหมักไบโอเอทานอล

สิริัญญา แสนกล้า<sup>1</sup>, วิทยา ทาวงศ์<sup>1,2</sup> และ พงศนาถ ผ่องเจริญ<sup>1,2\*</sup>

#### The potential of the thermotolerant yeast *Pichia kudriavzevii*

#### to tolerate high-temperature stress for improving bioethanol fermentation

Siranya Sankla<sup>1</sup>, Wittaya Tawong<sup>1,2</sup> and Pongsanat Pongcharoen<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Center of Excellence in Research in Agricultural Biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: pongsanatp@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

ความสามารถทนต่อสภาวะความเครียดเป็นปัจจัยหลักที่ต้องพิจารณาเมื่อเซลล์ยีสต์ถูกใช้ในงานอุตสาหกรรมการผลิตไบโอเอทานอล โดยการผลิตเอทานอลระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้ช่วงอุณหภูมิการหมักที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากมีข้อดีคือ ลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นและลดค่าใช้จ่ายด้านการหล่อเย็น แต่อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่สูงเกินไป อาจเป็นปัจจัยที่เหนียวทำให้เกิดการตายของเซลล์ยีสต์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการมีชีวิตรอด และการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระของยีสต์ทนร้อน *Pichia kudriavzevii* จำนวนสามไอโซเลท ได้แก่ NUNS-4, NUNS-5 และ NUNS-6 ที่คัดแยกได้จากดินพื้นที่เกษตรกรรมไร่อ้อย เปรียบเทียบกับยีสต์สายพันธุ์อ้างอิงมาตรฐาน *Saccharomyces cerevisiae* TISTR5606 ผลการทดลองพบว่า ยีสต์ไอโซเลท NUNS-4 มีอัตราการมีชีวิตรอดดีกว่ายีสต์ไอโซเลทอื่นๆ ภายใต้สภาวะความเครียดที่อุณหภูมิ 45°C ในขณะที่ยีสต์ *S. cerevisiae* TISTR5606 ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดของยีสต์ไอโซเลท NUNS-4 เท่ากับ 0.23±0.04 แตกต่างจากยีสต์ไอโซเลทอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ยีสต์ NUNS-4 มีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันในสภาวะความเครียดอุณหภูมิสูงเท่ากับ 55-60% เมื่อทดสอบด้วยวิธีการ DPPH assay ในขณะที่ยีสต์ไอโซเลทอื่นมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันที่ลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ยีสต์ทนร้อน *P. kudriavzevii* ไอโซเลท NUNS-4 มีศักยภาพที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาการผลิตไบโอเอทานอลที่อุณหภูมิสูงต่อไป

คำสำคัญ: ยีสต์ทนร้อน ความเครียดจากความร้อน อัตราการมีชีวิตรอด อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ สารต้านอนุมูลอิสระ



### Abstract

Stress tolerance is a crucial factor which should be recognized when using yeast cell for industrial bioethanol production. High-temperature ethanol fermentation has mentioned for giving many benefits including a reduction in cooling costs and risk of other microbial contamination during fermentation. However, high-temperature may be an inducible factor in yeast cell death. The purpose of this research was to study the specific growth rate, cell viability and antioxidant production of the thermotolerant yeast *Pichia kudriavzevii* (strains NUNS-4, NUNS-5 and NUNS-6) isolated from soil sugarcane plantation, compared with a reference strains (*Saccharomyces cerevisiae* TISTR5606). The results showed that yeast isolate NUNS-4 had the better survival rate than other yeast isolates under the stress of temperature 45°C. However, TISTR5606 was unable to grow at temperatures of 45°C. The maximum specific growth rates under stresses of heat (45°C) was  $0.23 \pm 0.04$  (NUNS-4), which were significantly different from other yeast strains. In addition, the NUNS-4 strain demonstrated a greater antioxidant response to 55-60% inhibition by DPPH assay when encountered to heat stress, whereas other yeast isolates showed decreased antioxidant activity with increasing temperature. It is concluded that the thermotolerant yeast strain *P. kudriavzevii* NUNS-4 has the potential to be applied for further development of high-temperature bioethanol production.

**Keywords:** thermotolerant yeast, heat-stress, cell viability rate, specific growth rate, antioxidant



## การศึกษาและวิเคราะห์เกณฑ์มาตรฐานอาคารประหยัดพลังงาน

กรณีศึกษา อาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ศิษย์ภัณฑ์ แคนลา<sup>1\*</sup>, กฤษชจร เพ็งเพชร<sup>1</sup>, กิตติชัย ใจสว่าง<sup>1</sup> และ วชิรวิทย์ มาทา<sup>1</sup>

### An Analytical Study Building Energy Code

Case Study Lecturer Building, Faculty of Engineering, Naresuan University

Sitphan Kanla<sup>1\*</sup>, Kidkajon Pengpet<sup>1</sup>, Kittichai Jaisawang<sup>1</sup> and Wachirawit Mata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail : Sitphank@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

อาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาวิเคราะห์เกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานของอาคาร ตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 จากการสำรวจ และใช้เครื่องมือวัดตัวแปรต่าง ๆ เพื่อศึกษาวิเคราะห์เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานพบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง มีค่า 52.69 วัตต์ต่อตารางเมตร ไม่ผ่านเกณฑ์เนื่องจากมีค่าสูงเกินกว่า 50 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา มีค่า 7.65 วัตต์ต่อตารางเมตร ผ่านเกณฑ์เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า 15 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ มีค่า 6.32 วัตต์ต่อตารางเมตร ผ่านเกณฑ์ เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า 14 วัตต์ต่อตารางเมตร ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเครื่องปรับอากาศ มีค่า 2.74 วัตต์ต่อวัตต์ ไม่ผ่านเกณฑ์เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า 3.22 วัตต์ต่อวัตต์ แต่อย่างไรก็ตามถ้าต้องการให้อาคารนี้ผ่านมาตรฐานตามกฎกระทรวงข้างต้น ต้องดำเนินการปรับปรุงตามมาตรการดังนี้ ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดด้านหน้าอาคารทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง มีค่า 42.68 วัตต์ต่อตารางเมตร มีผลประหยัด 157,871 บาทต่อปี เงินลงทุน 135,722 บาท ระยะเวลา คืนทุน 0.86 ปี เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ 3.45 วัตต์ต่อวัตต์ มีผลประหยัด 1,046,509.51 บาทต่อปี เงินลงทุน 3,873,900 บาท ระยะเวลา คืนทุน 3.70 ปี

คำสำคัญ: เกณฑ์มาตรฐานอาคารประหยัดพลังงาน ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา



### Abstract

Lecturer Building, faculty of engineering, Narasuan University is the building with high electricity consumption. This research is therefore an analytical study of building energy consumption standards according to the Ministerial Regulations specifying typed or sizes of buildings and standards, criteria and procedures for building design for energy conservation B.E. 2563. From walk through audit and using tools to measure various variables to study analysis of energy efficiency benchmarks found that the Overall Thermal Transfer Value (OTTV) was  $52.69 \text{ W/m}^2$ , failed because it was higher than  $50 \text{ W/m}^2$ . The Roof Thermal Transfer Value (RTTV) was  $7.65 \text{ W/m}^2$ , passed because it was lower than  $15 \text{ W/m}^2$ . The Lighting Power Density (LPD) was  $6.32 \text{ W/m}^2$ , passed because it was lower than  $14 \text{ W/m}^2$ . The Coefficient of performance of split type air conditioners (COP) was  $2.74 \text{ W/W}$ , failed because it was lower than  $3.22 \text{ W/W}$ . However, if wanting the lecturer building to pass the standards in accordance with the above ministerial regulations need to improve according to the following measures. Installing the shading devices in front of this building causes the OTTV to be  $42.68 \text{ W/m}^2$ , resulting in savings of 157,871 baht/year, investment of 135,722 baht, payback period of 0.86 years. Replacing the new air conditioners with COP of 3.45 W/W has a saving of 1,046,509.51 baht/year, investment of 3,873,900 baht, payback period of 3.70 years.

**Keywords:** Building Energy Code, OTTV, RTTV



## ผลกระทบของแคดเมียมต่อการหมุนเวียนไนโตรเจนในดินที่ได้รับการฟื้นฟูด้วยถ่าน

### ชีวภาพและเหล็กประจุศูนย์

อุษณีย์ นุ้ยเย็น<sup>1</sup>, วิณิตา ขำอินทร์<sup>2</sup> และ ศิริวรรณ วิชัย<sup>1\*</sup>

## Effects of Cadmium on soil nitrogen transformation in soil remediated with biochar and zero-valent Iron

Ausanee Nuiyen<sup>1</sup>, Vinita Khum-in<sup>2</sup> and Siriwan Wichai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

\*Corresponding author. E-mail: siriwanwichai@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

บริเวณลุ่มแม่น้ำแม่ตาบ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เป็นพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียมในปริมาณสูง ได้รับการฟื้นฟูในโครงการต้นแบบกระบวนการจัดการความเสี่ยงและการฟื้นฟูการปนเปื้อนสารอันตรายโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน : กรณีศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียมในพื้นที่เพาะปลูกข้าวด้วยวิธีการใช้เหล็กประจุศูนย์ความเข้มข้น 50,000 ppm ในอัตราส่วน 50g/kg และการใช้ถ่านชีวภาพในอัตราส่วน 16 kg/แปลง ระยะเวลา 120 วัน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพของดินหลังการฟื้นฟูด้วยการทดสอบ Nitrogen transformation test (OECD216) พบว่าตัวอย่างดินหลังการฟื้นฟูด้วยการใช้เหล็กประจุศูนย์และการใช้ถ่านชีวภาพมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เท่ากับ 12.74 และ 20.19 mg/L ตามลำดับ เปรียบเทียบกับตัวอย่างดินที่ไม่ได้รับการฟื้นฟูที่มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น 4.88 mg/L แสดงให้เห็นว่าระบบนิเวศที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมมีผลยับยั้งการหมุนเวียนไนโตรเจน แต่หลังการฟื้นฟูเป็นเวลา 120 วัน การหมุนเวียนไนโตรเจนในดินดีขึ้น โดยจุลินทรีย์ในดินอุดมสมบูรณ์มากขึ้น

คำสำคัญ: การหมุนเวียนไนโตรเจน เหล็กประจุศูนย์ ถ่านชีวภาพ การฟื้นฟูดิน





### Abstract

Mae Tao River Basin, Maesot District, Tak found a high level of cadmium contamination. It was remediated in the research project the Prototype of Community-based Risk Management and Restoration of Contaminated Residential Area: A Case Study of Cadmium Contamination in Paddy Field by using 50,000 ppm of zero-valent iron in the ratio of 50g/kg and using biochar 16 kg/plot for 120 days. The purpose of this research aimed to analyze soil quality after remediation by nitrogen transformation test (OECD216). The results found that after remediation using zero-valent iron and biochar, nitrate-nitrogen content increased to 12.74 and 20.19 mg/L, respectively compared with a non-remediated control of 4.88 mg/L. It has been shown that cadmium-contaminated ecosystems inhibited the nitrogen transformation. After remediation for 120 days, the nitrogen transformation by soil microorganisms and soil quality improved.

**Keywords:** nitrogen transformation, zero-valent iron, biochar, soil remediation



# ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธี และฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัด จากใบกาฝาก

พิจิตรา เลิกอินทร์<sup>1</sup>, ศิริวัฒน์ คูเจริญไพบูลย์<sup>2</sup>, พงศนาถ ผ่องเจริญ<sup>1</sup> และ สุพรรณิกา อินตะนนท์<sup>1\*</sup>

## Total phenolic content, allelopathic effect and antibacterial properties of hemi-parasitic leaf extracts

Pijittra Larkin<sup>1</sup>, Siriwat Kucharoenphaibul<sup>2</sup>, Pongsanat Pongcharoen<sup>1</sup> and Suphannika Intanon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: suphannikai@nu.ac.th

### บทคัดย่อ

พืชกาฝากเบียนต้นสามารถรุกรานพืชอาศัย โดยดูดน้ำและธาตุอาหารจากระบบท่อลำเลียงผ่านรากเบียน ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตและลดการเจริญเติบโตของพืชอาศัย เกษตรกรนิยมกำจัดกาฝากเบียนต้นโดยการตัดแต่งกิ่ง ทำให้มีซากกาฝากเหลือใช้ งานวิจัยนี้จึงได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากกาฝากเบียนต้น โดยตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธี และฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรีย ของพืชกาฝาก 3 ชนิด ได้แก่ กาฝากมะม่วง (*Dendrophthoe pentandra* (L.) Miq.) กาฝากเหลือง (*Dendrophthoe longiflora* (Desr.) Ettiingsh.) และกาฝากไม้ฉาก (*Scurrula gracilifolia* (Schult.) Danser) โดยวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-ciocalteu ศึกษาฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธีของสารสกัดใบกาฝากในการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าตีนนก และศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion ผลการศึกษาพบว่า กาฝากมะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด ตามด้วยกาฝากไม้ฉากและกาฝากเหลือง ที่  $28.8 \pm 1.5$ ,  $20.3 \pm 0.6$  และ  $12.1 \pm 0.8$  มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สารสกัดด้วยน้ำของใบกาฝากทุกชนิดที่อัตรา 1:10 (พืช:น้ำ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) มีฤทธิ์ทางอัลลีโลพาธี สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของหญ้าตีนนกได้ และจากการทดลอง 3 ซ้ำ สารสกัดใบกาฝากมะม่วงด้วยเมทานอลที่ความเข้มข้น  $500 \mu\text{g/ml}$  มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และ *Bacillus subtilis* โดยมีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใสการยับยั้งที่  $23.9 \pm 0.4$ ,  $14.5 \pm 0.8$  และ  $21.2 \pm 0.1$  มิลลิเมตร ตามลำดับ สารสกัดกาฝากมีศักยภาพที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ควบคุมวัชพืชและต้านแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคต่อไป

คำสำคัญ: กาฝากเบียนต้น ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย สารประกอบฟีนอลิก หญ้าตีนนก อัลลีโลพาธี



### Abstract

Hemi-parasitic plants can invade host plants by absorbing water and nutrients from the vascular system through haustorium causing damage to the productivity and reduce growth of host plants. Farmers therefore prefer to get rid of hemi-parasitic plants by pruning resulting in the residual biomass of these plants. This research aims to study the utilization of the biomass of hemi-parasitic plants by measuring total phenolic content and investigating the allelopathic and antibacterial activities. Three species of hemi-parasitic plants, *Dendrophthoe pentandra* (L.) Miq., *Dendrophthoe longiflora* (Desr.) Ettingsh., and *Scurrula gracilifolia* (Schult.) Danser, were used in this study. The total phenolic content was determined by using Folin-ciocalteu method. The allelopathic study was conducted using aqueous leaf extracts of hemi-parasitic plants on inhibition of germination and growth of *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler. The antibacterial activity of hemi-parasitic plants was performed by using agar well diffusion method. The study found that *D. pentandra* had the greatest content of phenolic compounds followed by the phenolic contents of *S. gracilifolia* and *D. longiflora* at  $28.8 \pm 1.5$ ,  $20.3 \pm 0.6$ , and  $12.1 \pm 0.8$  mg gallic acid equivalent per gram dried weight sample, respectively. All hemi-parasitic leaf extracts at the ratio of 1:10 (plant: water, w/v) showed the allelopathic activity and inhibited germination and growth of *D. ciliaris*. With three replications, the methanolic leaf extracts of *D. pentandra* at 500  $\mu\text{g/ml}$  provided the inhibition of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Bacillus subtilis* with diameter of the zone of inhibition at  $23.9 \pm 0.4$ ,  $14.5 \pm 0.8$ , and  $21.2 \pm 0.1$  mm, respectively. Hemi-parasitic plant extracts demonstrated the allelopathic and antibacterial potential for further use in control of weeds and bacteria caused disease.

**Keywords:** hemi-parasite plants, antibacterial property, phenolic contents, *Digitaria ciliaris*, allelopathy



## A prospective randomized controlled trial comparison between open carpal tunnel surgery and mini-incision carpal tunnel release using ProMIS®

Saran Malisorn

Department of Orthopedics, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail : saranm@nu.ac.th

### Abstract

Carpal tunnel syndrome (CTS) is caused by compression of the median nerve in wrist. The severe form of CTS is treated with open carpal tunnel release (OCTR) as a standard surgery. Mini-incision carpal tunnel release (MCTR) using various tools is gaining popularity. ProMIS® is a novel tool of the mini-incision surgery of CTS. Objective: To compare the clinical outcomes of MCTR using ProMIS® and OCTR. This study was approved by NU-IRB before initiation. Methods: This study was conducted as a prospective randomized controlled trial. The subjects were categorised into 2 groups (45 per group) and allocated to MCTR with ProMIS® or OCTR. Pain, severity of symptoms, and functional score were measured before and after surgery at 1<sup>st</sup> week, 2<sup>nd</sup> weeks, 1<sup>st</sup> month, and 2<sup>nd</sup> months. Results: A total of 90 patients, vast majority were females and age is below 60 years old. Operative time was significantly lower in the MCTR ProMIS® than in the OCTR group (13.93±1.49 vs 21.55±4.12; p<0.01). At second week, the incision length, VAS score, BCTQ-SSS score, pain and function subscale score, PRWE score, and QuickDASH score were found significantly lower in the MCTR ProMIS® group than in the OCTR group. The MCTR ProMIS® group had a statistically significant lower of 2-PD, VAS score, pillar pain, pain and function subscale score, and PRWE at 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> months. A significant reduction in the size of the wound result in a sooner return to normal function and to get back to work. At 2 weeks after surgery, various outcomes those measured by using BCTQ-SSS, BCTQ-FSS, and PRWE were improved. Conclusion: MCTR using the ProMIS® kits resulted in lower pain and shorter recovery time than OCTR.

**Keywords :** Carpal tunnel syndrome, Minimal invasive carpal tunnel syndrome, Mini-incision carpal tunnel syndrome, Keyhole carpal tunnel release, ProMIS® kits



## Comparative Efficacy of Lactose-Free Formula and Lactose-Containing Formula for Acute Diarrhea in Children

Praewwanit Nitayakul<sup>1</sup>, Kornthip Jeephet<sup>2</sup> and Thitima Ngeonmak<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Pediatric, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Clinical Epidemiology and Clinical Statistics Unit, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Correspondence Author: Email: Thitiman@nu.ac.th

### Abstract

Diarrhea continues to be a prominent contributor to morbidity and mortality among children under the age of 5, especially in developing nations. Secondary lactose intolerance is a significant complication that can arise from acute diarrhea. However, it can be effectively managed with lactose-free formula. The aim of this study was to conduct a comparative analysis of the rate of diarrhea resolution within a 24-hour period among children who were administered lactose-free formula and those who were given lactose-containing formula. Methods: This retrospective cohort study took place at Naresuan University Hospital and included 153 children aged between 1 month and 5 years who were admitted with acute diarrhea. Participants with bloody mucous diarrhea suspected to be bacterial in nature, positive stool culture, breastfeeding, and chronic diarrhea (including cow's milk protein allergy and inflammatory bowel disease) were excluded. We compared the effectiveness of lactose-free formula (n=48) and lactose-containing formula in improving clinical diarrhea within a 24-hour timeframe (n=105). Clinical improvement was defined as a decrease in stool output and the formation of characteristic stool. Results: The study findings indicate that the lactose-free formula group demonstrated a statistically significant increase in efficacy, with a 3.90-fold increase in the improvement of diarrhea within a 24-hour period compared to the group given lactose-containing formula. These results were obtained after adjusting for confounding factors using multivariable regression analysis. The adjusted relative risk (RR) for a 24-hour improvement in diarrhea was 3.90 (95% confidence interval: 1.91–7.95). Conclusion: Lactose-free formula shows potential for greater effectiveness in improving acute diarrhea within a 24-hour timeframe compared to lactose-containing formula. However, this study had limitations in terms of the sample size and accurate measurement of stool output.

**Keywords:** acute diarrhea, lactose intolerance, lactose-free formula, children, infant



## Curated Long Covid: an open dataset from Harvard dataverse

Somchai Saengamnatdej<sup>1\*</sup>, Puangphet Waree Molee<sup>1</sup> and Prateep Wansissorn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Department of Medicine, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: sjtia@yahoo.com

### Abstract

Introduction: COVID-19 infection has led to long COVID in at least 65 million people worldwide, and this number continues to rise daily. This post-infection illness manifests in over 200 multi-organ symptoms. In today's data-driven world, analyzing available data becomes essential in understanding long COVID. The presence of high-quality, well-curated datasets plays a crucial role in advancing Medical Science. Objective: This study aims to search for a long COVID dataset, select one, curate it, and make it publicly accessible for analysis. Methods: We utilized specific search terms to find datasets, explored them, and carefully selected the most suitable one. We then discussed the inclusion, exclusion, and merging of variables within the dataset. Finally, we created a meticulously curated version of the database called "Curated Long COVID. Results: Numerous COVID-19 datasets are available to the public on the internet. However, we found only one dataset that specifically focuses on long COVID, and it is sourced from the renowned Harvard Dataverse [<https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/N5I10C>]. Through rigorous cleaning, preprocessing, and organization, the selected data achieved accuracy, consistency, and usability. Summary: We have created a meticulously curated dataset named "Curated Long COVID," sourced exclusively from the Harvard Dataverse. This comprehensive collection provides researchers in Medical Science with a valuable resource to explore, analyze, and gain insights into long COVID research. By sharing this curated dataset, our aim is to foster collaboration, accelerate innovation, and contribute to the collective knowledge of the Medical Science community.

**Keywords:** Harvard dataverse, Curated Long Covid, Medical Science



## Designing an ergonomic seat in reducing whole-body vibration exposure and awkward postures among tractor drivers

Totsapon Butmee<sup>1\*</sup>, Nalinthip Leksuwan<sup>1</sup>, Luksika Kludlud<sup>1</sup>, Pimphisa Nuanjan<sup>1</sup>,  
Supasan Noicharoen<sup>1</sup> and Sarocha Promma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Public Health, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: totsaponb@nu.ac.th

### Abstract

Tractor drivers have risks to exposure whole-body vibration and inappropriate working posture that can lead to work-related musculoskeletal disorders (WMSDs). This research aimed to study the effectiveness of the Ergonomic seat to reduce whole-body vibration and awkward postures among tractor drivers. The Ergonomics seat was produced from Polyurethane foam and Butyl rubber. Overall, fifteen tractor drivers took part in this study. Each participant was assigned to drive in both scenarios that the Ergonomic seat was installed on original seat and the original seat only. To prevent order bias, the sequence of the scenarios was randomly tested. The research instruments included: 1) General questionnaire; 2) Whole-Body Vibration measuring instrument; 3) Rapid Upper Limb Assessment (RULA); 4) Satisfaction questionnaire toward the Ergonomics seat. Descriptive data are presented by mean, standard deviation. Paired T-test was performed to compare the RULA scores between using and not using the Ergonomic seat, and Wilcoxon Signed-ranks test was used to compare the Whole-Body Vibration between using and not using the Ergonomic seat. The results showed that all participants were male, the average age was 48 years, average work experience was 13.20 years, average work duration was 6.20 hours per day. The results also demonstrated that whole-body vibration (Aw) (in all axis X, Y and Z) and the daily vibration exposure (A8) while using the Ergonomic seat and not using the Ergonomic seat were not significantly different. In addition, the RULA scores while using the Ergonomic seat were significantly decreased when compared with not using the Ergonomic seat ( $p < 0.05$ ). The tractor drivers cited satisfaction on the Ergonomic seat at medium level. From this study, the results clearly indicated that the Ergonomic seat can reduce the awkward postures. It could be suggested that tractor drivers should use the Ergonomic seat to prevent ergonomic risk factors.

**Keywords:** Ergonomic seat, Work-related musculoskeletal disorder (WMSDs), Whole-Body vibration, Rapid Upper limb assessment (RULA), tractor driver



## Development and efficiency of QSPill for smoking cessation

Watoo Phrompittayarat<sup>1,2\*</sup>, Parichart Ratpradit<sup>3</sup>, Chanapol Pornpikul<sup>3</sup>, Jintana Napaporn<sup>4</sup>,

Prattana Sittiwattanawong<sup>1</sup> and Pakakrong Kwankaw<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Center of Excellence for Innovation in Chemistry (PERCH-CIC), Faculty of Public Health, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Division of Thai Tradition Medicine, Faculty of Public Health, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>3</sup>Department of Business, Faculty of Business Economics and Communications, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>4</sup>Faculty of Pharmaceutical Sciences, Ubon Ratchathani University, Warinchamrap, Ubon Ratchathani, 34190

<sup>5</sup>Chao Phraya Aphaiphubet Hospital, Muang, Prachinburi, 25000

\*Corresponding author. E-mail : watoo@nu.ac.th

### Abstract

The Quit Smoking Pill: QSPill project aimed to develop and manufacture a low-calorie version of QSPill, along with its packaging. The effectiveness of QSPill in reducing the number of cigarettes smoked, as well as CO<sub>2</sub> / CO and Carboxyhemoglobin-CO<sub>2</sub>Hb levels among smokers, was also tested. QSPill successfully passed standardized quality control tests in the form of compressed tablets. These tests included evaluating weight variation, thickness, hardness, grain diameter, microbial limits, and stability under accelerated conditions. It was observed that the pill had a high moisture absorption rate. The packaging employed a blister pack, which was then stacked in an aluminum foil bag. An analytical method using the HPLC technique was used to determine the nitrate content, and it passed the method validation. The HPLC system was contained the concentration range of 1.06 – 5.31 µg/mL. The linear equation obtained was  $y = 37.2650x + 5.5105$ , with a high linear regression coefficient ( $r^2$ ) of 0.9999. No sudden adverse reactions were reported, and the pill was effective in reducing the levels of CO<sub>2</sub>/CO and/or CO<sub>2</sub>Hb, as indicated by statistically significant differences before and after usage ( $p < 0.001$ ). However, there were no significant differences in effectiveness observed between QSPill and the placebo ( $p > 0.05$ ). The low-calorie QSPill proved to be effective in reducing smoking and is suitable for individuals who wish to quit smoking on their own while being concerned about the health issues associated with sugar consumption in general products. To make the product affordable, pricing should be set at a reasonable level, with a focus on retail distribution through convenience stores, pharmacies, and clinics that offer smoking cessation counseling services. Additionally, offering free counseling services alongside product distribution and promoting them through online channels such as websites and Facebook can help create a network for disseminating information, involving hospitals, local authorities, and various educational institutions.

**Keywords:** Low calories pill, Little iron weed, Smoking cessations





## Effect of cannabis essential oil on pro-inflammatory cytokine production in the lipopolysaccharide-induced inflammation of monocytic THP-1 cells

Sirikan Mukda<sup>1</sup>, Prapapan Temkitthawon<sup>1</sup>, Neti Waranuch<sup>2</sup> and Kornkanok Ingkaninan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Center of Excellence in Cannabis Research and Center of Excellence for Innovation in Chemistry,

Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Cosmetics and Natural Products Research Center, Department of Pharmaceutical Technology and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: k\_ingkaninan@yahoo.com

### Abstract

Cannabis (*Cannabis sativa* L.) is well-known for its recreational and medical applications. It contains more than 500 chemical components, including cannabinoids, terpenoids, flavonoids, and others. Cannabis essential oil (CEO) consists mainly of monoterpenes and sesquiterpenes. Recently, several studies have focused on CEOs due to their therapeutic effects. The aim of this study was to investigate the inhibitory effects of CEO on pro-inflammatory cytokines production on the lipopolysaccharide (LPS)-induced inflammatory response of monocytic THP-1 cells. The CEO used in this study was extracted from cannabis inflorescences supplied by the Highland Research and Development Institution (The CEO extraction process is not mentioned in the abstract, since they are undergoing for petty patent registration.). The effects of CEO on the production of three pro-inflammatory cytokine levels i.e. tumor necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), interleukin-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), and interleukin-6 (IL-6) of were studied. The THP-1 cells were stimulated with LPS for 6 hours and subsequently treated with CEO (20  $\mu$ g/mL) or dexamethasone (100  $\mu$ g/mL) for 6 hours. Finally, the levels of TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , and IL-6 were measured using an ELISA assay. The results showed that CEO significantly reduced the levels of TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , and IL-6, indicating its promising potential as an inhibitor of pro-inflammatory cytokines when compared to the control group ( $p < 0.05$ ). The percentages of inhibition of TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , and IL-6 when compared to the control were 50.06 $\pm$ 1.81, 17.54 $\pm$ 3.70, and 59.61 $\pm$ 7.58, respectively.

**Keywords:** cannabis essential oils, pro-inflammatory cytokine, tumour necrosis factor- $\alpha$ , interleukin-1 $\beta$ , interleukin-6



## Evaluation of the anti-inflammatory activity and quality assessment of a topical ointment containing cannabis extract

Nathareen Chaiwangrach<sup>1</sup>, Prapapan Temkitthawon<sup>1</sup>, Tongchai Saesong<sup>1</sup>, Yanika Rakkhetkorn<sup>1</sup>,  
Neti Waranuch<sup>2</sup>, Eakkaluk Wongwad<sup>3</sup>, Nitra Nuengchamnong<sup>4</sup>, Sirintorn Pisutthanan<sup>5</sup>,  
Kanchana Usuwanthim<sup>6</sup> and Kornkanok Ingkaninan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Center of Excellence in Cannabis Research and Center of Excellence for Innovation in Chemistry,  
Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Cosmetics and Natural Products Research Center, Department of Pharmaceutical Technology and Center of Excellence for  
Innovation in Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>3</sup>Research and Innovation Center in Cosmetic Sciences and Natural Products, Department of Cosmetic Sciences,  
School of Pharmaceutical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

<sup>4</sup>Science Lab Center, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>5</sup>Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmacognosy, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University,  
Phitsanulok, 65000

<sup>6</sup>Faculty of Allied Health Sciences, Cellular and Molecular Immunology Research Unit, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: kornkanoki@nu.ac.th

### Abstract

*Cannabis sativa* L. is used in Thai traditional medicine and was recently legalized for medical purposes. A topical paste remedy for haemorrhoid and skin diseases containing powder of cannabis leaves and turmeric rhizomes in cottonseed oil has been developed as an ointment preparation to improve patient compliance. Thus, we aimed to evaluate the quality in term of the levels of bioactive markers and their stability as well as to test the anti-inflammatory activity of the newly formulated ointment and its ingredients. The ointment including cannabis leaf ethanolic extract (CL), turmeric rhizome ethanolic extract (TM) and cottonseed oil (CO) was used in this study. High Performance Liquid Chromatography (HPLC) methods for determination of the bioactive markers including cannabinoids and curcuminoids in the extracts and ointment were developed and validated. Each component and the mixture of all ingredients of the topical ointment developed (MI) (25 µg/mL) were evaluated for nitric oxide (NO) production on lipopolysaccharide-stimulated macrophage cells (RAW 264.7). The results demonstrated the accuracy and precision of the HPLC methods for cannabinoid and curcuminoid determination. All samples significantly inhibited NO production of



which TM exhibited the strongest activity. Our findings highlight that the formulated topical ointment showed satisfactory stability and *in vitro* anti-inflammatory effect via inhibition of NO production.

**Keywords:** cannabinoids, curcuminoids, quality control, topical ointment, traditional remedy



## Screening for antioxidant activity in Thai berries

Phichsinee Rerkshanandana<sup>1</sup>, Tongchai Saesong<sup>1</sup>, Thapakorn Somboon<sup>1</sup>, Sujittra Paenkaew<sup>1</sup>,

Prapapan Temkitthawon<sup>1</sup>, Neti Waranuch<sup>2</sup> and Kornkanok Ingkaninan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Center of Excellence in Cannabis Research and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Cosmetics and Natural Products Research Center, Department of Pharmaceutical Technology and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: k\_ingkaninan@yahoo.com

### Abstract

Berries are among the healthiest fruits which contain a range of chemical compounds responsible for antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and health-promoting properties. Berries mostly contained anthocyanins and phenolic compounds that act as free radical scavengers and reduce oxidative stress. From these properties, berries may be an alternative remedy for health products. The objective of this research was to quantify total anthocyanin content (TAC), total phenolic content (TPC) and antioxidant activities of Thai berries including mulberry (*Morus alba* L.), mamao (*Antidesma ghaesembilla* Gaertn.) and ma-kiang (*Syzygium nervosum* A. Cunn. ex DC.), which cultivated in the North and North-East of Thailand. Three selected fresh berry fruits in ripe states, having red to purple color, were collected, extracted with water and investigated for TAC, TPC and antioxidant activities using DPPH, ABTS and FRAP assays. Results demonstrated that the highest antioxidant activities measured by the 3 assays were found in mulberry extract with IC<sub>50</sub> value of 20–60 µg/mL, which was associated with the highest phenolic (38.79±3.53 mg GAE/g) and anthocyanin (7.14±0.04 mg C3GE/g) contents. Meanwhile, ma-kiang and mamao extracts showed lower TAC, TPC and antioxidant activities than mulberry. The extraction conditions are not mentioned in the abstract, since they are undergoing for petty patent registration. This indicates that anthocyanins and phenolic compounds are the major contributors to the antioxidant properties of the berries extracts. Thai berries can be an excellent source of natural antioxidants for food and health products.

**Keywords:** *Morus alba* L., *Antidesma ghaesembilla* Gaertn., *Syzygium nervosum* A.Cunn. ex DC., antioxidant activity, anthocyanins.



## The antioxidant activities of the Kratom leaf extract from various regions in Thailand

Sudthiworarak Kaewchompoo<sup>1</sup>, Prapapan Temkitthawon<sup>1</sup>, Neti Waranuch<sup>2</sup>  
and Kornkanok Ingkaninan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Center of Excellence in Research for Cannabis and Hemp and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Cosmetics and Natural Products Research Center, Department of Pharmaceutical Technology and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: k\_ingkaninan@yahoo.com

### Abstract

*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil. (Rubiaceae) or Kratom is normally found in Southeast Asia and also in Thailand. The major compound of this plant is an indole alkaloid named mitragynine, which binds to  $\mu$ -opioid receptor and leads to psychoactive effect. However, Kratom leaf extracts have been reported for various bioactivities such as anti-inflammatory, anti-oxidant and anti-lipolysis activities. The aim of this study is to investigate the chemical constituents and antioxidant activities of Kratom leaf extracts from different areas of Thailand. Six different Kratom leaves were collected from five provinces in Thailand consisted of Phra Nakhon Si Ayutthaya (AYA), Nan(NAN), Nakhon Si Thammarat-1 (NRT-1), Nakhon Si Thammarat-2 (NRT-2), Krabi (KBI) and Surat Thani (SNI). The collected Kratom samples were dried at 50 °C by oven, blended to be fine powder and extracted with 95%ethanol. Mitragynine content in the extracts was analysed by isocratic elution (mobile phase 25:75), antioxidant activities were evaluated using DPPH, ABTS and FRAP assays and the amount of total phenolic content was also estimated. The highest mitragynine content was found in the extracts from AYA (4.60±0.02%w/w) and followed by NRT-2 (3.65±0.15%w/w), KBI (3.19±0.24%w/w), SNI (2.61±0.09%w/w), NRT-1 (2.42±0.02%w/w) and NAN (2.00±0.02%w/w). Significant variations were observed in the antioxidant activities and total phenolic content among the selected Kratom leaf extracts. Interestingly, the extracts from SNI and KBI demonstrated the highest antioxidant activities in the selected methods, despite not having the highest mitragynine content. However, these activities correlated with the total phenolic content, indicating that phenolic compounds play a significant role in the antioxidant properties of this plant. The finding can provide guidance for selecting a suitable source of Kratom leaf material for further study.

**Keywords:** Kratom, *Mitragyna speciosa*, mitragynine, antioxidant, Thailand



## Vacuum blood collection tubes validation and verification for glucose and biochemical testing

Khundaw Moonla<sup>1\*</sup>, Renu Wiriyaprasit<sup>1</sup>, Napaporn Apiratmateekul<sup>2</sup>,  
and Wanvisa Treebuphachatsakul<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Reference Material and Innovation Research Unit, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup> Medical Device Research Laboratory Naresuan University, Phisanulok, 65000

<sup>3</sup>Department of Medical Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: kwabdaom64@nu.ac.th

### Abstract

A clinical laboratory is a laboratory where tests are done on clinical specimens to get information about a patient's health as pertaining to the diagnosis, treatment, and prevention of disease. Blood collection tubes (BCTs) are used in vitro as diagnostic medical devices an important utensil in clinical laboratory testing. This study aims to validate and verify the BCT, heparin plus anti-glycolysis, manufactured in Thailand according to ISO 13485. Two BCT batches were tested in a reference laboratory of five hospitals for physical characteristics, blood volume accuracy, and clinical evaluation for glucose and 18 biochemical tests according to ISO 6710 and CLSI GP34-A. The Johns Hopkins Hospital Laboratory Acceptability Thresholds (JHH) were used as decision criteria for the acceptability of BCT in clinical use. This study did not find a BCT leak. The discrepancy between the volume indicated on the tube label and the amount of blood volume that could be aspirated by vacuum was less than 10%. The plasma glucose concentration in the BCT was not statistically significantly different ( $p > 0.05$ ) from that in the reference tubes. After 8 hours of blood collection, glucose concentration decreased by 7.6%. Comparison of mean differences of 15 biochemical substances, hemoglobin A1c, TSH, and PSA between the BCT and the reference tube did not exceed the clinical criteria of JHH when samples were measured within 2 hours of blood collection. The BCT can be used to collect blood for glucose and 18 biochemical test, and especially maintaining glucose for at least 8 hours after blood collection.

**Keywords:** Clinical laboratory testing, Blood preservation, Plasma glucose concentration, Heparin plus anti-glycolysis tube, additives of vacuum collecting tube



## การตรวจสอบแสดงออกของโปรตีน ARID1B ในชิ้นเนื้อผู้ป่วยมะเร็ง Renal cell carcinoma ประชากรไทยโดยวิธีอิมมูโนพยาธิวิทยา

วริยา มงคลวัฒน์<sup>1</sup>, กীরดีการ สมส่วน<sup>2</sup>, ศศิธร วรรณอุดม<sup>1</sup> และ ณัฐธิดา สกุศลศักดิ์<sup>1\*</sup>

### Investigation of ARID1B protein expression in Renal cell carcinoma tissue of Thai people by Immunohistochemistry

Wariya Mongkolwat<sup>1</sup>, Keerakarn Somsuan<sup>2</sup>, Sasithon wanna-udom<sup>1</sup> and Natthiya Sakulsak<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>หน่วยวิจัยมะเร็งและภูมิคุ้มกันวิทยา สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100

<sup>1</sup>Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand, 65000

<sup>2</sup>Cancer and immunology research unit, School of Medicine, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand, 57100

\*Corresponding author, E-mail: natthiyak@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

AT-rich interactive domain 1B (ARID1B) จัดเป็นหนึ่งใน subfamily ของ SWI/SNF (Switch/Sucrose non-fermentable) chromatin remodeling complexes ซึ่งเป็นหนึ่งในยีนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการแสดงออกของยีนในระหว่างกระบวนการก่อมะเร็ง และแสดงบทบาทยับยั้งการเกิดมะเร็ง (tumor suppressor function) ในมะเร็งบางชนิดพบการกลายพันธุ์ของยีน ARID1B ซึ่งที่ผ่านมา มีการศึกษาการแสดงออกของ ARID1B อย่างจำกัดและยังไม่พบการศึกษาในชิ้นเนื้อมะเร็ง Renal cell carcinoma (RCC) ของชาวไทย โดยในประเภทของมะเร็งไตสามารถพบชนิด RCC เป็นร้อยละ 90 ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแสดงออกของโปรตีน ARID1B ในชิ้นเนื้อผู้ป่วยประชากรไทยที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรค RCC จำนวน 5 ตัวอย่าง จากนั้นนำชิ้นเนื้อมาทำการศึกษาด้วยวิธีอิมมูโนพยาธิวิทยาหรือเทคนิค Immunohistochemistry เพื่อเปรียบเทียบการแสดงออกของโปรตีน ARID1B ในบริเวณที่เกิดมะเร็ง (cancerous area) และบริเวณปกติ (adjacent non-cancerous area) และนำมาวิเคราะห์หา %positive areas ด้วยโปรแกรม ImageJ Fiji version 1.53 จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลโดยใช้ unpaired t-test ด้วยโปรแกรม GraphPad Prism 9 จากการศึกษาพบว่าการแสดงออกของ ARID1B ลดลงใน cancerous area ( $3.553 \pm 2.62\%$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับ adjacent non-cancerous area ( $10.642 \pm 4.54\%$ ) ดังนั้นสรุปได้ว่าการศึกษาเบื้องต้นนี้พบการแสดงออกของโปรตีน ARID1B ในชิ้นเนื้อ RCC อาจนำมาใช้ตัวบ่งชี้ในการพยากรณ์โรคตัวใหม่ เพื่อใช้ในการวินิจฉัยบ่งชี้ระยะของการเกิดโรค RCC ซึ่งถือเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่เป็นประโยชน์ทางการแพทย์ต่อไป

คำสำคัญ: มะเร็งของเซลล์เนื้อเยื่อไต โปรตีน ARID1B ตัวบ่งชี้ในการพยากรณ์โรค SWI/SNF chromatin remodeling complex



### Abstract

AT-rich interactive domain 1B (ARID1B) is a constituent of the SWI/SNF chromatin remodeling complexes, which play a critical role in cancer gene expression regulation and tumor suppressor function. The specific mutations in the ARID1B gene have been identified in certain cancer types. Nevertheless, the protein expression pattern of ARID1B in Thai renal cell carcinoma (RCC) tissues, accounting for a substantial proportion (90%) of kidney cancer cases, remains unexplored. The present study aimed to investigate the alterations in ARID1B protein expression by comparing its levels between cancerous and adjacent non-cancerous regions. ARID1B protein expression was detected in five RCC specimens by immunohistochemistry. Subsequently, the acquired images were quantitatively analyzed using the ImageJ Fiji version 1.53, and statistical analysis was conducted employing the unpaired t-test within GraphPad Prism 9. The results revealed a significant downregulation of ARID1B protein expression in the cancerous areas ( $3.553 \pm 2.62\%$ ) as compared to the adjacent non-cancerous regions ( $10.642 \pm 4.54\%$ ) ( $p < 0.05$ ). Therefore, A preliminary study of ARID1B protein expression in RCC tissues may be useful for the further study of the novel prognostic marker for RCC diagnosis.

**Keywords:** renal cell carcinoma, ARID1B protein, Prognostic marker, SWI/SNF chromatin remodeling complex





# อุบัติการณ์การดื้อยา trimethoprim/sulfamethoxazole ในเชื้อ *Stenotrophomonas maltophilia* ที่ดื้อยาต้านจุลชีพหลายขนานสายพันธุ์ที่แยกได้จากตัวอย่างทางคลินิกในประเทศไทย

บุญเกียรติ เจนพรหมรักษ์<sup>1</sup>, ธนภรณ์ ทองสุข<sup>1</sup>, ศิริภัสสร สุขเนียม<sup>1</sup>, เจษฎาภรณ์ รอดกำเนิด<sup>1</sup>  
อุดมลักษณ์ เหลืองทองคำ<sup>1</sup>, ธวัชชัย กิตติ<sup>2</sup>, สุทธิรัตน์ สิทธิศักดิ์<sup>1</sup>, อัญชลี ฐานวิสัย<sup>1</sup>, สุภาพร ลำเลิศธน<sup>1</sup>  
กัญณิกา ทศนภักดี<sup>1</sup>, รัตติญา ชิวพัฒน์<sup>1</sup> และ ระพี ธรรมมีภักดี<sup>1\*</sup>

**Emerging resistance to trimethoprim/sulfamethoxazole in multidrug-resistant**

***Stenotrophomonas maltophilia* clinical isolates collected from Thailand**

Boonyakiat Jenpromrak<sup>1</sup>, Thanaporn Thongsuk<sup>1</sup>, Siraphatsorn Sukneam<sup>1</sup>, Jadsadaporn Redkimned<sup>1</sup>,  
Udomluk Leungtongkam<sup>1</sup>, Thawatchai Kitti<sup>2</sup>, Sutthirat Sitthisak<sup>1</sup>, Aunchalee Thanwisai<sup>1</sup>,  
Supaporn Lamlerthon<sup>1</sup>, Kannipa Tasanapak<sup>1</sup>, Rattiya Cheewapat<sup>1</sup> and Rapee Thummeepuk<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>คณะแพทยศาสตร์วันออก วิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงราย 57000

<sup>1</sup>Department of microbiology and parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phisanulok, 65000

<sup>2</sup>Faculty of Oriental Medicine, Chiangrai College, Chiangrai, 57000

\*Corresponding author. E-mail: rapeet@nu.ac.th

## บทคัดย่อ

*Stenotrophomonas maltophilia* เป็นหนึ่งในเชื้อแบคทีเรียสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการติดเชื้อในผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการดื้อยาต้านจุลชีพและยีนที่เกี่ยวข้องในแบคทีเรีย *S. maltophilia* ที่แยกได้จากผู้ป่วยจากโรงพยาบาลตติยภูมิในประเทศไทย ระหว่างปีพ.ศ. 2564-2565 จากการระบุยีนด้วยวิธีการทดสอบทางชีวเคมีและเทคนิค PCR พบเชื้อ *S. maltophilia* ทั้งหมด 37 ไอโซเลต ซึ่งเชื้อส่วนใหญ่แยกได้จากตัวอย่างผู้ป่วยชนิดเสมหะร้อยละ 92 และเลือดร้อยละ 8 ซึ่งโดยส่วนมากเป็นผู้ป่วยจากหออภิบาลผู้ป่วยหนักร้อยละ 49 และอื่น ๆ ร้อยละ 51 จากการศึกษาแบบความไวต่อต้านจุลชีพพบอัตราการดื้อยา Imipenem Meropenem และ Ceftazidime ร้อยละ 73 46 และ 38 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบเชื้อที่มีการดื้อยา trimethoprim/sulfamethoxazole (SXT) ร้อยละ 8 และพบรูปแบบการดื้อยาต้านจุลชีพหลายขนานร้อยละ 16 การศึกษาความชุกของยีนดื้อยาพบยีนที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยากลุ่มคาร์บาเพนิมเป็นส่วนใหญ่ เช่น *bla<sub>L1</sub>* และ *bla<sub>L2</sub>* ร้อยละ 73 และ 32 ตามลำดับ และยีนที่



เกี่ยวข้องกับการดื้อยาชนิดอื่นๆ เช่น *aac(6')Iz Smqnr* และ *smeD* ร้อยละ 3 5 และ 3 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทำการลุ่มเชื้อหนึ่งสายพันธุ์ที่ทั้งยีน *bla<sub>L1</sub>* และ *bla<sub>L2</sub>* เพื่อศึกษาลำดับดีเอ็นเอของยีนดังกล่าว พบค่า sequence similarity ประมาณร้อยละ 99-100 กับเชื้อมาตรฐานในฐานข้อมูล GenBank จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นความชุกของเชื้อ *S. maltophilia* ที่มักเกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ เชื้อมีอัตราการดื้อต่อยากลุ่มคาร์บาเพนิมเป็นส่วนใหญ่และสัมพันธ์กับการตรวจพบยีน *bla<sub>L1</sub>* และ *bla<sub>L2</sub>* นอกจากนี้ยังพบอุบัติการณ์การดื้อต่อยา SXT ซึ่งเป็นยาสำคัญที่ใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อชนิดนี้และพบการดื้อยาด้านจุลชีพหลายขนานของ *S. maltophilia* สายพันธุ์ที่แยกได้จากผู้ป่วยในประเทศไทย

**คำสำคัญ:** *Stenotrophomonas maltophilia* การดื้อยาด้านจุลชีพ ยีนดื้อยาด้านจุลชีพ

#### Abstract

*Stenotrophomonas maltophilia* is one of important pathogenic bacteria that can cause hospital-acquired infections. This work aimed to study antimicrobial resistance patterns and related genes in *S. maltophilia* clinical isolates obtained from Thai tertiary referral hospitals between 2021 - 2022. Species identifications by biochemical characteristics and PCR-based detection revealed that 37 *S. maltophilia* isolates were found. Most *S. maltophilia* were isolated from sputum samples (92%) and patients admitted to the intensive care unit (49%) and other wards (51%). Antimicrobial susceptibility testing demonstrated high resistance rate of Imipenem (73%), Meropenem (46%) and Ceftazidime (38%). Moreover, emergence of resistance to trimethoprim/sulfamethoxazole (SXT) (8%) and multidrug resistance (MDR) (16%) were detected. The most prevalent genes involved in carbapenems resistance included *bla<sub>L1</sub>* (73%) and *bla<sub>L2</sub>* (32%). While other resistance genes like *aac(6')Iz* (3%), *Smqnr*(5%), and *smeD* (3%) were also found. In addition, a representative isolate carried both *bla<sub>L1</sub>* and *bla<sub>L2</sub>* was selected to analyze DNA sequences. The sequence similarity of studied *bla<sub>L1</sub>* and *bla<sub>L2</sub>* to reference strains deposited in the GenBank were ranged from 99 - 100%. In conclusion, this study revealed the prevalence of *S. maltophilia* infection in respiratory system and high incidence rate of carbapenems resistance associated with the presence of *bla<sub>L1</sub>* and *bla<sub>L2</sub>*. Moreover, we also found resistance to SXT, recognized as the drug-of-choice in *S. maltophilia* infections, and MDR in *S. maltophilia* clinical isolates obtained from Thailand.

**Keywords:** *Stenotrophomonas maltophilia*, Antimicrobial resistance, Antimicrobial resistance genes



## Beauty Care SPA & SALON: ระบบตัดสินใจที่ชาญฉลาดสำหรับการแนะนำ

### ช่างเสริมความงาม

พลอยงาม เรืองงาม<sup>1</sup>, กนกกาญจน์ เสน่ห์ นมะhoot<sup>1\*</sup> และ จักรกฤษณ์ เสน่ห์ นมะhoot<sup>2</sup>

## Beauty Care SPA & SALON: Smart Decision-Making System for Recommending

### Beauticians

Ployngam Reowngam<sup>1</sup>, Kanokkarn Snae Namahoot<sup>1\*</sup> and Chakkrit Snae Namahoot<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Business Administration, Faculty of Business, Economics and Communications, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Department of Computer Science and Information Technology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail : Kanokkarnn@nu.ac.th

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบตัดสินใจที่ชาญฉลาดสำหรับการแนะนำช่างเสริมความงามที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าผู้รับบริการเสริมความงามและผู้ให้บริการเสริมความงาม โดยได้ตั้งชื่อระบบว่า “Beauty Care SPA & SALON” และ 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพในการใช้ระบบจากผู้รับบริการที่เคยใช้บริการร้านเสริมความงามและผู้ให้บริการหรือผู้ประกอบการเสริมความงาม โดยระบบได้ถูกพัฒนาด้วย Responsive Web Design ภาษา PHP บริหารจัดการฐานข้อมูลด้วย MySQL และพัฒนาในรูปแบบเอไอ (AI) ด้วยหลักการของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (DSS) มาใช้ในส่วนของการแนะนำ และคัดเลือกร้านหรือช่างเสริมความงามที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด โดยปัจจัยที่ใช้ในระบบการตัดสินใจอย่างชาญฉลาดประกอบไปด้วย 6 ปัจจัย ได้แก่ 1. ประเภทของช่างเสริมความงาม 2. Delivery หรือ Shop 3. เวลาที่ลูกค้าต้องการเรียก 4. ราคาค่าบริการ 5. ระดับฝีมือช่าง และ 6. คะแนนรีวิวจากผู้ใช้บริการ อีกทั้งความพึงพอใจและประสิทธิภาพถูกประเมินการใช้งานระบบจากกลุ่มตัวอย่างอายุ 20-60 ปี จำนวน 100 คน ในจังหวัดพิษณุโลก ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการออกแบบและพัฒนาระบบพบว่า ระบบสามารถรองรับการทำงานผ่านมือถือสมาร์ตโฟน แสดงผลได้ทุกอุปกรณ์และอำนวยความสะดวกในการใช้บริการได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ เป็นช่องทางเพิ่มรายได้ให้กับช่างเสริมความงาม และสามารถนำระบบนี้ไปประยุกต์ใช้กับแอปพลิเคชันอื่น ๆ ได้อีกด้วย โดยผลการประเมินจากผู้ใช้งานพบว่า ประสิทธิภาพในการใช้งานระบบอยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และความพึงพอใจที่มีต่อระบบอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21

คำสำคัญ: แอปพลิเคชัน ระบบชาญฉลาด ช่างเสริมความงาม การประเมินระบบ สมาร์ตโฟน



### Abstract

The purposes of this research were 1) to design and develop a smart decision-making system for recommending beauticians that meet the needs of customers, beauty salon clients, and service providers. The system was named “Beauty Care SPA & SALON” and 2) evaluating satisfaction and efficiency in using the Beauty Care SPA & SALON system from service clients who have used beauty salon services and service providers or beauty entrepreneurs. The system has been developed with Responsive Web Design, PHP language, database management with MySQL and developed in the form of AI with the principles of Decision Support System (DSS) in recommendation and selection of salons or beauticians to satisfy the needs of users as much as possible. The factors used in the smart decision-making system consist of 6 factors which are 1. type of beauty technician 2. delivery or shop 3. time required by the customer 4. service price 5. skill level of the beauticians and 6. customer review scores. In addition, the satisfaction and efficiency in using the system were evaluated from the sample group of 100 people aged 20–60 in Phitsanulok by descriptive statistics, mean ( $\bar{X}$ ), and standard deviation (S.D.). The results of system design and development found that the system supports operation via mobile smartphones, can display on all devices system, and facilitate the use of services that meet the needs of users and is a way to increase income for beauticians and can apply this smart system to other applications as well. Evaluation results from users found that the efficiency of the system is high level, which has an average of 4.30, and the satisfaction of the system users is high level, with an average of 4.21.

**Keywords:** Application, smart system, beautician, system evaluation, smartphone



## มุมมองในการเผชิญกับความท้าทายในศตวรรษที่ 21 ของเจนแซด

อำนวย พิรุณสาร<sup>1\*</sup> และ ประดับเดือน ทองเชื้อเชิญ<sup>2</sup>

### Gen Z's Points of View on Coping with Challenges in the 21<sup>st</sup> Century

Aumnoay Pirunsam<sup>1\*</sup> and Pradubduen Thongchuechern<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>งานจัดการวิชาศึกษาทั่วไป กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Sociology and Anthropology, Faculty of Social Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>General Education, Division of Academic Affairs, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: tomistom@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

ความท้าทายในช่วงต้นศตวรรษที่ 21 ตั้งแต่ทศวรรษ 2020 และอีกหลายทศวรรษข้างหน้า กลุ่มคนเจนแซดจะเข้ามามีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนสังคม การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามุมมองในการเผชิญกับความท้าทายในศตวรรษที่ 21 ของเจนแซด โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจในกลุ่มผู้เรียนระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่เจาะจงที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 001233 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 โดยผู้เรียนจำนวน 155 คน เข้าไปทำแบบสำรวจในระบบการสอนการสอนออนไลน์ ข้อมูลที่ได้นำมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของคำตอบ แล้ววิเคราะห์ประมวลผลด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล ผลการวิจัย พบว่า ผู้ตอบแบบสำรวจมีอายุระหว่าง 22 - 24 ปี ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงชั้นปีที่ 1 และส่วนใหญ่ตอบว่า มีพฤติกรรมติดตามข้อมูลและข่าวสารเป็นประจำทุกวันและวันเว้นวัน และประเภทของข่าวที่ติดตามสูงสุด คือ ข่าวด้านการเมืองการปกครองและข่าวด้านบันเทิง นอกจากนี้ยังพบว่า 3 อันดับแรกของระดับความท้าทายในการใช้ชีวิตของผู้ตอบแบบสำรวจ สำหรับดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 คือ 1) ความท้าทายด้านการศึกษา 2) ความท้าทายด้านความเหลื่อมล้ำและความเท่าเทียม และ 3) ความท้าทายด้านการเมืองการปกครอง และยังให้ความคิดเห็นว่า ควรมีความใส่ใจและติดตามข้อมูลข่าวสาร และความรู้ในประเด็นความท้าทายทางการศึกษาและความเหลื่อมล้ำในสังคม อย่างไรก็ตาม ผู้ตอบแบบสำรวจได้เสนอแนะถึงการมีเงื่อนไขและปัจจัยที่จะช่วยในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 และรับมือกับความท้าทายต่างๆ คือ 1) การลดความเหลื่อมล้ำในสังคม 2) การไม่จำกัดสิทธิและเสรีภาพของประชาชน และ 3) ประชาชนทุกกลุ่มมีโอกาสและการมีส่วนร่วมในทุกประเด็นของสังคมตลอดจนการมีคุณธรรมและจริยธรรมของประชาชนในสังคม

คำสำคัญ: มุมมอง ความท้าทายในศตวรรษที่ 21 เจนแซด



### Abstract

Challenges in the early 21<sup>st</sup> century, ranging from the 2020s and forthcoming decades, attribute to the pivotal roles of Gen Z in driving society forward. This research paper aims to investigate how Gen Z responds to inevitable changes in the 21<sup>st</sup> century. The study is a survey research work where the 155 of target population and sample was undergraduate students at Naresuan University who enrolled in the course 001233 in the first semester of the academic year 2021. To investigate their interests in sustainable development, the subjects were asked to complete an on-line self-assessment survey. The data were analyzed using Microsoft Excel, a spreadsheet software for Windows. The findings of the study show that the survey respondents were between 22 – 24 years old, the majority of the subjects were first-year female students. The results exhibit that they had a habit of keeping themselves up to date on information and news on a daily basis. The most followed types of news were politics, government and entertainment, respectively. It also reveals that the top 3 challenges that raised concerns for them in living in the 21<sup>st</sup> century were 1) educational challenges, 2) inequality and equity challenges, and 3) political and governance challenges. And also have an opinion that the importance of attentiveness and follow-up on information and knowledge on educational challenges and inequality in society. The target group suggests key mechanisms that would help alleviate difficulties in the 21<sup>st</sup> century, namely 1) reduced inequality in society, 2) unrestricted rights and liberties of the people, and 3) increased participatory roles of people to engage in as many social issues as possible, as well as the morality and ethics of people in society.

**Keywords:** point of view, challenges in the 21<sup>st</sup> century, Gen Z



## ความคิดเห็นของผู้เรียนระดับปริญญาตรีเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อโอกาสการทำงาน

อำนาจ พิรุณสาร<sup>1\*</sup> และ ประดับเดือน ทองเชื้อเชิญ<sup>2</sup>

### Undergraduate Students' Opinions Towards Factors Affecting Career Opportunities

Aumnoay Pirunsarn<sup>1\*</sup> and Pradabduen Thongchuechern<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>งานจัดการศึกษาทั่วไป กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Sociology and Anthropology, Faculty of Social Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>General Education, Division of Academic Affairs, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: tomistom@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนระดับปริญญาตรีปัจจัยด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่มีผลต่อโอกาสการทำงาน ประชากร ได้แก่ นิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 001231 ปรัชญาชีวิตเพื่อวิถีพอเพียงในชีวิตประจำวัน ภาคเรียนต้น ประจำปีการศึกษา 2565 จำนวน 370 คน โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 273 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสำรวจในระบบการสอนการสอนออนไลน์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านความรู้และทักษะที่ทำให้โอกาสในการมีงานทำหลังจากจบการศึกษาระดับปริญญาตรีมากที่สุด คือ 1) ความรู้และทักษะด้านภาษาต่างประเทศ 2) ความรู้และทักษะด้านคอมพิวเตอร์ 3) ความรู้และทักษะด้านการวิจัย และยังมีความคิดเห็นเพิ่มเติมว่า ความรู้ด้านความเท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรม และทักษะในการแก้ไขปัญหา ส่งผลต่อการได้งานทำด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า คุณลักษณะด้าน 1) การควบคุมอารมณ์ 2) การปรับตัวให้เข้ากับสังคม และ 3) การตรงต่อเวลา เป็นคุณลักษณะที่สำคัญต่อโอกาสการได้งานทำ ผลจากการวิจัยนี้ สามารถนำไปเป็นแนวทางการปรับปรุงการเรียนการสอนในรายวิชาต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียน มีความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ต่อการทำงานในอนาคต จะช่วยให้เกิดการพัฒนาแรงงานที่มีคุณภาพ อีกทั้งยังตอบสนองต่อตลาดแรงงานและสถานประกอบการตามความต้องการอย่างแท้จริง

คำสำคัญ: ปัจจัย โอกาสการทำงาน ผู้เรียนระดับปริญญาตรี



#### Abstract

The objectives of this research is to survey study undergraduate students' opinions towards factors upon knowledge, skills and characteristics, which subsequently result in their employability. The populations were Naresuan University students enrolled in the course Philosophy of Life for Sufficient Living (001231) in the 1<sup>st</sup> semester of the academic year 2022, totaling 370 people, with a sample of 273 people derived from purposive sampling. Data collection tools include surveys in the online teaching system. Statistics used in data analysis were percentage or percent and standard deviation (S.D.). The findings that the factor knowledge and skills most crucial factor affecting career opportunities after graduation of undergraduate degree 1) having knowledge and skills of foreign languages is the most crucial factor affecting career opportunities 2) having knowledge and skills of computer literacy and 3) having knowledge and skills of research. Moreover, they have also an opinion that the ability 1) to work under pressure, 2) to be able to adapt to a working society and 3) to be punctual are desirable characteristics responsible for getting jobs. The result of this study can serve as a guideline for improvement of learning process that places emphases on students' engagement towards knowledge, skills, and desirable characteristics for subsequent careers.

**Keywords:** factor, career opportunities, undergraduate students





อรรถกถาชาดกกับการสร้างสรรค์วรรณกรรมเพื่อจัดระเบียบทางสังคม : กรณีศึกษาการ  
ปรับเปลี่ยนแนวคิดในอรรถกถาวิรุชชาดกสุโคลงราชสวัสดิ์ และอรรถกถามหาสุบินชาดก  
สู่กลอนพุทธทำนายความฝันพระเจ้าปเสนทิโกศล

ธนบัตร ใจอินทร์<sup>1</sup> และ อรรถ ดิทีสุด<sup>2</sup>

**Aṭṭhakathā commentary and literary creation for social organization: A case study  
examines the conceptual adaptation of Aṭṭhakathā Vidhura Jātaka to the Klong  
Ratchasawat and Aṭṭhakathā Mahāsupina Jātaka to the Klon Phutthathamnai  
Khwamfan Phrachao Pasenthikosala**

Thanabat Jai-in<sup>1</sup> and Ath Ditisood<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาภาษาไทย คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>โรงเรียนมัธยมสาธิตมหาวิทยาลัยนเรศวร คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Thai, Faculty of Humanities, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Naresuan University Secondary Demonstration School, Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: thanabatj@nu.ac.th, ath64@nu.ac.th

**บทคัดย่อ**

บทความวิจัยนี้มุ่งศึกษาวรรณกรรม 4 เรื่อง ประกอบด้วยอรรถกถาชาดก 2 เรื่องคือ อรรถกถาวิรุชชาดก อรรถกถามหาสุบินชาดก และวรรณกรรมที่มีเนื้อหาจากอรรถกถาชาดก 2 เรื่องดังกล่าวคือ โคลงราชสวัสดิ์ และกลอนพุทธทำนายความฝันพระเจ้าปเสนทิโกศล โดยวิธีการเปรียบเทียบแนวคิดของวรรณกรรมเรื่องดังกล่าว ผลการศึกษาพบว่า อรรถกถาวิรุชชาดกเสนอแนวคิดหลักเรื่อง “สัจจะปัญญา” อรรถกถามหาสุบินชาดกได้เสนอแนวคิดหลักคือ “โทษของการบูชาตัณหา” ที่ขัดกับวิถีพุทธศาสนา ชาดกทั้งคู่ยังได้ ชี้เน้นบทบาทพระโพธิสัตว์/พระพุทธเจ้าในการตอบปัญหาหรือแสดงสาระธรรม ขณะที่การสร้างสรรค์วรรณกรรมที่มีเนื้อหาจากชาดก 2 เรื่องนั้นได้นำเสนอแนวคิดที่เปลี่ยนไปจากเดิม กล่าวคือ โคลงราชสวัสดิ์กล่าวถึง “ราชสวัสดิธรรม” แนวปฏิบัติที่ข้าราชการควรประพฤติ อันจะเป็นผลดีต่อการปกครองบ้านเมือง จึงมีการนำแนวคิดนี้มาสร้างสรรค์เป็นวรรณกรรมคำสอนเรื่องต่าง ๆ ตำรา ระเบียบกฎหมาย สำคัญหลายฉบับ ขณะที่พุทธทำนายความฝันพระเจ้าปเสนทิโกศลนำเสนอแนวคิด “ความเลวร้ายของมนุษย์” เพื่อเตือนใจและวิพากษ์ สังคม ดังปรากฏว่ามีอิทธิพลความเชื่อต่อราชสำนักหรือมีการใช้พุทธทำนายเป็นเครื่องมือวิจารณ์ในทางการเมือง จึงแสดงให้เห็นถึงคุณค่า ของชาดกที่มีความสัมพันธ์กับการสร้างสรรค์วรรณคดีไทย และการจัดระเบียบทางสังคมด้วย

คำสำคัญ: วิรุชชาดก มหาสุบินชาดก โคลงราชสวัสดิ์ กลอนพุทธทำนายความฝันพระเจ้าปเสนทิโกศล การจัดระเบียบทางสังคม



### Abstract

This research article aims to examine four literary works including, two Aṭṭhakathā – Aṭṭhakathā Vidhura Jātaka and Aṭṭhakathā Mahāsupina Jātaka, along with two literary compositions that incorporate content from Jātaka. These include the Klong Rājāvasati, Klon Phutthathamnai Khwamfan Phrachao Pasenthikosala by comparing the literary concepts. The study found that Aṭṭhakathā Vidhura Jātaka presented the central concept of “Truth and Wisdom,” while Aṭṭhakathā Mahāsupina Jātaka put forth the main idea of “Punishment of sacrifice,” which contrasted with the Buddhist philosophy. Both Jātaka works emphasized the role of the Bodhisattva/Buddha in answering questions and expressing the essence of philosophy. On the other hand, the creation of literary works incorporating content from the two Jātaka stories introduced a distinct concept. Klong Rājāvasati, for instance, highlighted the notion of “Rājāvasati Dharma,” which served as a guiding principle for bureaucrats, emphasizing conduct that promoted effective governance and benefited the administration of the country. Consequently, this concept was utilized in the creation of literary teachings on various subjects, textbooks, and numerous crucial legal regulations. Through Klon Phutthathamnai Khwamfan Phrachao Pasenthikosala, the idea of “Human’s wickedness” was presented as a means to serve as a reminder and critique of societal shortcomings. It appears that there was an influence on the beliefs of the royal court or the utilization of Buddhist predictions as a tool for political criticism. The findings demonstrated the significance of Jātaka in relation to the creation of Thai literature and the establishment of social organization.

**Keywords:** Vidhura Jātaka, Mahāsupina Jātaka, Klong Rajasawasti, Klon Phutthathamnai Khwamfan Phrachao Pasenthikosala, Social organization



# ปัญหาทางกฎหมายไทยเกี่ยวกับบทบาทของการตลาดดิจิทัลเพื่อการพัฒนาธุรกิจของ

## วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

นิติภัทร หอมละออ<sup>1\*</sup>

**Thai Legal Issues Concerning Roles of Digital Marketing in Small & Bussiness**

**Enterprises for Bussiness Development**

Nitibhat Homla-Or<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Faculty of Law, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author e-mail: nitibhath@nu.ac.th

### บทคัดย่อ

หนึ่งในวัตถุประสงค์สำคัญของการตลาด คือ การสื่อสารระหว่างผู้ประกอบการและผู้บริโภคเกี่ยวกับรายละเอียดของสินค้าหรือบริการในเชิงพาณิชย์ เดิมกลยุทธ์ทางการตลาด อาจต้องพึ่งพาบริการจากนักการตลาดมืออาชีพ เพื่อให้การประกอบธุรกิจประสบความสำเร็จ ค่าใช้จ่ายทางการตลาดจึงค่อนข้างสูง แต่ในยุคเปลี่ยนแปลงทางดิจิทัล การสื่อสารระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายทำได้สะดวกมากยิ่งขึ้นผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ผู้ประกอบการบางรายจึงเห็นโอกาสพัฒนาเว็บไซต์ของตน ทั้งนี้เพื่อให้สินค้าและบริการดังกล่าวขึ้นอันดับต้น ๆ ของ Google หรือที่เรียกว่า Search Engine Optimization (SEO) การตลาดดิจิทัล จึงเป็นสิ่งท้าทายทั้งในทางธุรกิจและทางกฎหมาย เพราะเหตุที่ว่า แนวคิด และทฤษฎีการตลาดในยุคออนไลน์ อาจเกิดปัญหาบางประการในยุคดิจิทัล การศึกษาชั้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่ออธิบายว่า (1) SEO คืออะไร (2) ทำไม SEO จึงสำคัญต่อการประกอบธุรกิจในยุคดิจิทัล (3) การใช้และเก็บรักษาข้อมูลสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม อยู่ในบังคับของกฎหมายไทยหลายฉบับ (4) การว่าจ้างนักการตลาดดิจิทัล อาจทำให้ผู้ประกอบการประหยัดค่าใช้จ่ายของกิจการได้ในบางกรณี แต่อาจประสบปัญหาของกฎหมายแรงงาน (5) การออกแบบเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับ (5.1) การบังคับใช้สัญญา (5.2) กฎหมายว่าด้วยเครื่องหมายการค้า (5.3) กฎหมายแข่งขันทางการค้า (5.4) กฎหมายลิขสิทธิ์ (5.5) กฎหมายแรงงาน (5.6) กฎหมายคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล และ ประการสุดท้าย (6) วิเคราะห์-สังเคราะห์ผลของคำพิพากษาในต่างประเทศซึ่งเว็บไซต์เสรีจอร์เจียที่เป็นทั้งผู้แพ้และชนะในคดีคดี เพื่อใช้เป็นคู่มือการทำตลาดดิจิทัลให้แก่วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในยุคอุตสาหกรรม 4.0

คำสำคัญ: SEO ตลาดดิจิทัล พัฒนาธุรกิจ



### Abstract

Of vital goals, marketing objectives are to help an enterprise communicate with customers about details of its goods and services for commercial purposes. Formerly, a professional marketer might get hired for business achievement. Marketing expenses are high-priced. Thanks to digital disruption, it now facilitates conversation more quickly and conveniently via social media. Some enterprise has created their websites so that they would be optimized by Google (aka. Search Engine Optimization (SEO)). Digital marketing challenges businesses and laws as analog marketing concepts and their principles may pose problems in the digital age. This study points out (1) what SEO is; (2) why the SEO is critical importance to doing business in the digital age; (3) Storing and exploiting data in the case of small and medium-sized enterprises (SMEs) are subject to Thai-related laws (4) although getting a freelance marketer reduces operational costs of business, it may sometimes pose a legal risk to Thai employment regulations ; (5) there are such legal requirements for design website process as (5.1) Contract enforcement; (5.2) Trademark law, (5.3) Antitrust law, (5.4) Copyright law, (5.5) Labour laws, (5.6) Personal Data Protection Act; and finally (6) Analysis and synthesis of international rulings where a search engine website are either a winner or a loser thereof will be considered as a handbook for engaging SMEs with digital marketing in the age of Industry 4.0.

**Keywords:** SEO, Digital market, Bussiness development



## The inhibitory effect of ripe mulberry crude extract on melanogenesis in B16F10 cells

Nuttawadee Prasawang<sup>1</sup>, Prasit Suwannalert<sup>1,2</sup> and Nisamane Chaenchon<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Pathobiology, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, 10400

<sup>2</sup>Pathobiology Information and Learning Center, Department of Pathobiology, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, 10400

\*Corresponding author. E-mail: nisamane.cha@mahidol.ac.th

### Abstract

Skin whitening has been a popular cosmetic trend, especially in Southeast Asia, where fair skin is often associated with beauty and cultural standards. Melanogenesis, the process of melanin production in the skin, plays a vital role in determining skin color. Overproduction and uneven distribution result in hyperpigmentation, which is a prevalent issue among people desiring fair skin. Extracts from natural products have received a lot of interest as viable alternatives to traditional chemicals due to their perceived safety and efficacy. Mulberry crude extract (MCE) from white mulberry (*Morus alba* L.), which root, bark, and leaves have shown potential as natural melanogenesis inhibitors. However, the extract from ripe fruits has limited studies on its anti-melanogenesis properties. In this study, we investigated the inhibitory effect of crude extract as a natural anti-melanogenesis agent from ripe mulberry fruits on melanogenesis in B16F10 cells with the melanin distribution patterns due to the treatment. The goal is to explore its efficacy in both measurement in biochemical assays related to activity of key enzyme, tyrosinase in melanogenesis pathway and phenotypic character of melanin distribution. The cell viability (MTT assay), tyrosinase activity assay, melanin content assay, and cellular morphology (Masson Fontana staining) were used to evaluate key characteristics. Our results found that MCE significantly inhibited melanogenesis in B16F10 cells by decreasing tyrosinase activity, which resulted in lower melanin synthesis with dose-dependent manner. Furthermore, the extract caused morphological alterations in the cells, indicating that melanogenesis-related cellular pathways were modulated. These findings highlight MCE's potential as a natural option for suppressing melanogenesis and boosting skin whitening.

**Keywords:** White mulberry (*Morus alba* L.), Crude extract, Melanogenesis, Skin whitening



## Introduction

Melanogenesis is the process of melanin pigment production, determining skin color, and providing defensive function. It can be triggered by various factors in the epidermis, including biological, chemical, and physical activity. Hyperpigmentation, or excessive melanin production, contributes to unpleasant skin problems such as freckles, dark patches, and melasma (Kim et al., 2022). Various anti-melanogenic agents are available, including hydroquinone, kojic acid, arbutin, ascorbic acid, and azelaic acid. However, these inhibitors still cause additional effects such as mutagenicity, cytotoxicity, and irritation (Smit et al., 2009). The growing appeal of fair skin in Thailand and other Asian countries has increased demand for whitening products. In consequence, there is an increasing need for effective and safe solutions to these difficulties (Pollock et al., 2021).

White mulberry (*Morus alba* L.) is widely cultured in tropical areas and is primarily farmed in northern Thailand. Mulberry is well-known for its antioxidant, anti-inflammatory, and anti-melanogenic qualities. Resveratrol, which suppresses tyrosinase activity and melanin formation, is the main component responsible for its anti-melanogenic properties (Jan et al., 2021). Mulberry leaves and roots have been widely researched for their anti-melanogenic effects, with encouraging findings in preventing melanin synthesis and reducing hyperpigmentation (Chaita et al., 2017; Li et al., 2018; Wang et al., 2014). Despite being high in compounds, mulberry fruits are often considered to be less efficient for skin whitening than other parts of the mulberry tree (Chan et al., 2016). This is primarily due to their common usage as dietary ingredients in supplements and beverages, known for their antioxidant properties.

In conclusion, this study hypothesized that ripe mulberry crude extract (MCE) would exert a significant inhibitory effect on melanogenesis in B16F10 cells. Objectives included evaluating the effect of MCE on tyrosinase activity and melanin content and investigating morphological changes in treated cells. The findings contribute to understanding the potential of MCE in inhibiting melanogenesis and its application in interventions for hyperpigmentation and skin whitening.



## Materials and Methods

### Source of Mulberry fruit

White mulberry fruit, cultivars Chiang Mai were freshly harvested at the Royal-initiated highland agricultural development Phupayak station (Chalermprakiat district, Nan province), one branch of the Queen Sirikit Department of Sericulture (Bangkok, Thailand). The ripe fruit with blackish hue tone were selected and carefully arranged in ventilated paper boxes without covering them in order to retain the fruits' natural texture, and they were transported overnight at 4°C in the vehicle's cool room to the venue of laboratory in Department of Pathobiology, Faculty of Science, Mahidol University. They were cleaned and frozen at -20°C. Then they were freeze-dried overnight (Freeze Dryer: Supermodulyo-230, Thermo) and stored at -80°C until use.

### Mulberry crude extraction

The extraction of ripe mulberry fruit was modified (Bae and Suh, 2007). 500 g of freeze-dried ripe mulberries were mixed, dissolved with a solvent mixture of EtOH/water/acetic acid (50/49.5/0.5, v/v/v) (Boeing et al., 2014) and blended 30 s. The mixture was incubated at 25°C, 100 rpm for 4 h, followed by centrifugation to remove residue. Supernatants were filtered, freeze-dried overnight, and stored at -80°C. For cellular culture, the extract was dissolved in Ultrapure Water (type I) and filtered with 0.45 µm polytetrafluoroethylene (PTFE) filter nylon before being used in the experiment.

### Cell culture

B16F10 mouse melanoma cells were obtained from ATCC Number CRL-6475TM, VA, USA, and cultured in low glucose Dulbecco's modified eagle medium (DMEM) containing 10% heat-inactivated fetal bovine serum, penicillin (100 U/ml), streptomycin (100 mg/ml), and NaHCO<sub>3</sub> (3.7 mg/ml) at 37°C and 5% CO<sub>2</sub> (Rodboon et al., 2020).

### Cell viability by 3-(4,5-Dimethyl-2-yl)-2,5-Diphenyltetrazolium Bromide (MTT) Assay

MTT test was applied to determine the cellular viability according to treatment of the fruit extract (Rodboon et al., 2020). Various doses of MCE from low to high were incubated for 24 h compared to no treatment.



MTT stock solution was added to the cells and cultured for 3 h, resulting in intensity of the purple formazan crystals. Viable cells were detected at 405 nm using an automate microplate reader (Tecan Spark 10M, Switzerland). The data is reported as a percentage compared to untreated cells (100%).

#### **Cellular tyrosinase activity by mushroom tyrosinase activity assay**

The mushroom tyrosinase was examined with modifications according to (Rodboon et al., 2020). 50  $\mu$ l of MCE concentrations between 2, 4, 6, 8, and 10 mg/ml were mixed with 100  $\mu$ l of phosphate buffer (0.1M, pH6.8) and 50  $\mu$ l of mushroom tyrosinase were added and incubated at room temperature for 10 min in 96 well plates. The mixture was then mixed with 20  $\mu$ l of 1 mM 3,4-dihydroxyphenylalanine (L-DOPA) and incubated at 25°C for 15-min. Dopachrome absorbance at 492 nm was measured using an automate microplate reader (Tecan Spark 10M, Switzerland). The results were expressed as a percentage of mushroom tyrosinase activity.

#### **Cellular melanin content by melanin content assay**

The melanin content of B16F10 cells was determined using absorption spectroscopy in accordance with published techniques (Chung et al., 2019) and (Rodboon et al., 2020). Cells were sown in 6-well plates and treated to various doses of MCE at 2, 4, 6, 8, 10 mg/ml for 24 h. After washing with PBS, cells were lysed with 1 N NaOH and 10% DMSO. The lysates were boiled, and the clear-yellow liquid was collected and centrifuged. The supernatant was transferred to a microtube, and the absorbance at 405 nm was measured by automatic microplate reader (Tecan Spark 10M, Switzerland). Melanin content was measured as a percentage of untreated cells, with 2.5 mM HQ serving as a positive control. The experiment was carried out in triplicate.

#### **Cellular morphology by Masson Fontana staining**

Melanin production can result in morphological changes in B16F10 cells. To examine general morphology and detect melanin distribution, Masson Fontana staining were used. The protocol was modified from a prior study that used to observe melanin containing B16F10 cells (Rodboon et al., 2015). The treatment of MCE at 5 and 10 mg/ml cells were rehydrated with dechlorinated water after being fixed in 100% cool methanol for





5 min and following the manufacturer’s instructions in Masson Fontana Stain Kit (Bio–Optica, Italy). Slides were mounted in glycerol and recorded the photomicrographs at 4X, 10X, and 40X.

### Statistical analysis

To show all the data, the triple replicates of data set were averaged with standard deviation (SD). The student t–test was performed comparison of the individual treatments including the positive control to the control (untreated cells).  $p \leq 0.05$  was used to denote statistical significance.

### Results

The ripe mulberry fruit crude extract (MCE) would be represented in totally dark purple color of the fruits compared to young fruits with red or white color. MCE would be tested and showed the results for cell viability (figure 1), tyrosinase mushroom activity (figure 2A), intracellular melanin content (figure 2B) and melanin distribution via phenotypic character of cells at 40x stained with Fontana Masson stain (figure 3).

#### The cytotoxicity effect of MCE on B16F10 cells

The cytotoxicity of MCE on B16F10 cells was studied, and the results were shown in a cell viability bar graph. The graph showed that there was no significant difference between the treatment groups with MCE at concentrations of 2, 4, 6, 8, and 10 mg/ml and the control group (untreated cells). The statistical analysis found no significant  $p \leq 0.05$  between the treatment and control groups.

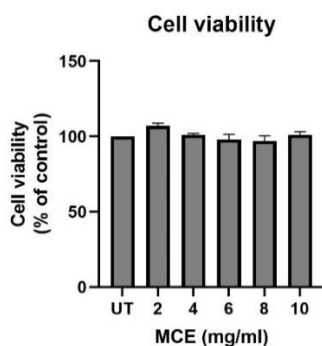


Figure 1

Cytotoxicity of MCE using MTT assay at 24 after treatment at concentration 0–10 mg/ml. The cell viability was remained constant in various concentrations with no significant change. Note: UT=untreated cell; MCE = ripe fruit mulberry extract.



### The inhibitory effect of MCE on tyrosinase activity and melanin content in B16F10 cells

Tyrosinase is essential in melanogenesis, and decreasing its activity is critical for reducing melanin formation. To investigate the inhibitory effects of MCE on tyrosinase activity in B16F10 cells, mushroom tyrosinase activity assay was conducted. The results shown in Figure 1A, the data shown in Figure 1A clearly show that MCE has a considerable inhibitory effect on mushroom tyrosinase activity. MCE at 4 mg/ml resulted in a significant reduction in tyrosinase activity to 0.0139 ( $p \leq 0.05$ ). In addition, doses of 6, 8, and 10 mg/ml showed a highly significant ( $<0.0001$ ) decrease when compared to the untreated group.

The inhibitory effect of MCE on melanin content was assessed by a melanin content assay. The amount of melanin was measured, and the percentage of melanin content was calculated and compared to the untreated control group, which was set at 100%. The findings, as shown in Figure 1B, clearly show that MCE had a strong inhibitory effect on melanin content in B16F10 cells. At a dosage of 4 mg/ml, the value dropped to 0.0092 ( $p \leq 0.05$ ). At doses of 6 and 8 mg/ml, there was a slight decrease at 0.0003 and 0.0001, respectively. Furthermore, at a dose of 10 mg/ml, the lowest melanin content was recorded, with a significant drop ( $<0.0001$ ) compared to the untreated group.

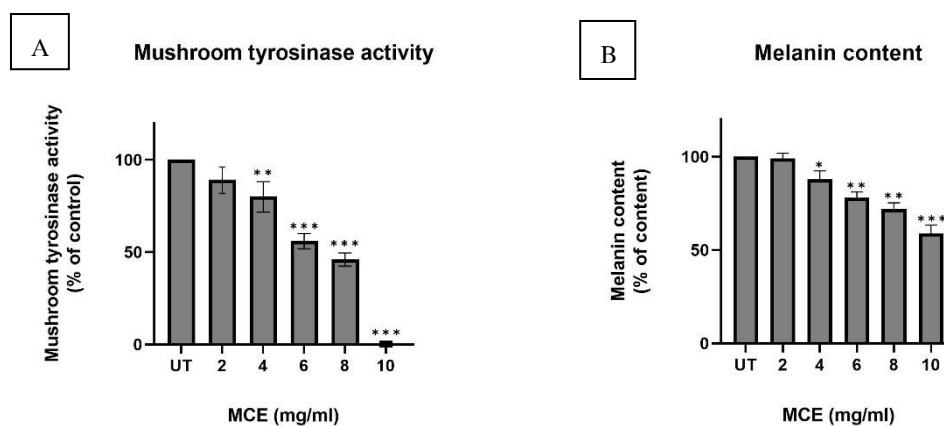


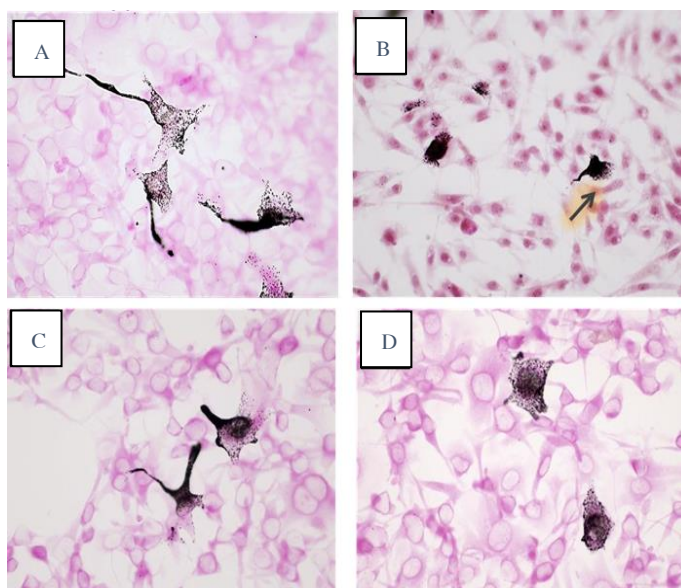
Figure 2

(A) Mushroom tyrosinase activity and (B) intracellular melanin content in B16F10 cells at 24 after MCE treatment at concentration 0–10 mg/ml. At the lowest concentration at 2 mg/ml MCE showed no significantly change from control untreated cell while from 4 mg/ml MCE, MCE had suppressing effect on mushroom tyrosinase activity (A) and intracellular melanin content (B) with dose-dependent manner. At the highest concentration 10 mg/ml MCE dominantly suppressed both parameters, in particular the tyrosinase activity. Note: UT=untreated cell, MCE = ripe fruit mulberry extract;  $P < 0.05 = *$ ,  $P < 0.01 = **$  and  $P < 0.001 = ***$



### Cellular morphology

Cell morphology was determined by Masson Fontana staining, which causes melanin to convert ammoniacal silver nitrate to metallic silver, resulting in blackish deposits with a counterstain from nuclear fast red to produce a pinkish–reddish background. The results found that MCE treatment caused visible alterations in cell morphology. Dendritic extensions were reduced in MCE-treated cells, with a greater reduction at 10 mg/ml, resulting in lower cellular communication and melanin production. MCE-treated cells had different melanin distribution than the control group. MCE-treated cells showed a decrease in melanin distribution throughout the cells, showing a low potential participation in controlling melanosome synthesis and transport.



**Figure 3**

Melanin stains are Fontana–Masson (stains melanin black) A–D. Nucleus of B16F10 treated in MCE 5 and 10 mg/ml (C and D respectively) were distinct nuclear envelope that is similar in (–) control (A) whilst clump nucleus was observed in (+) control or 2.5 mM HQ (B). B16F10 cell produced more melanin granules following more black cells were found. However, shapes of melanin–contained cells treated with HQ were smaller than others in (–) control and MCE conditions. Overall, appearance of cells treated with MCE in both concentrations had more closely to (–) control than HQ treatment which had rod shape of dendritic branch.



## Discussion

The ripe mulberry crude extract exhibited a significant inhibitory effect on melanogenesis in B16F10 cells in a dose-dependent manner through tyrosinase pathway. Tyrosinase as the main enzyme in melanogenesis, catalyzes the building block, tyrosine, at the upstream, to the final products, melanin, in the downstream (Wang et al., 2014). Hence the measurement of tyrosinase activity and melanin content within the cells will basically be reflected melanogenesis in melanin-producing cells, B16F10. The several parts of mulberry trees in the *Morus* species, such as, leaves, twigs, bark, stems, and roots were investigated and reported about their richness in natural bioactive compounds, particularly in phenolic groups (Chan et al., 2016). Particularly bioactives in their roots was well-studied about their anti-tyrosinase activity, resulting in suppression of melanin production (Chaita et al., 2017; Jan et al., 2021; Li et al., 2018; Park et al., 2011; Snitmatjaro & Luanratana, 2008; Wang et al., 2014). Ripe MCE from fruits therefore potentially have anti-tyrosinase properties, which is the primary enzyme involved in the synthesis of melanin. This inhibition significantly reduced melanin synthesis and melanin distribution.

In cell viability measurement, although the cell viability remained constant at up to 10 mg/ml MCE but at maximum dose of MCE gave the maximum hue compared to those in lower concentration with the gradient appearance that would be faded due to less concentration. The higher concentration than 10 mg/ml MCE could interfere the outcome, particularly in MTT assay that the formazan crystals as the final product were purple solution which presented the similar shade of MCE solution. Hence the maximum of MCE was fixed at dose 10 mg/ml to study in the experiment.

Next, in experiments of tyrosinase mushroom and intracellular melanin content measurement, the results showed the lowest of mushroom tyrosinase activity that almost touched the bottom line (figure 2A). And intracellular melanin content also correlated directly with tyrosinase activity (figure 2A-B). In particular, the cellular phenotypic results revealed melanin control within the huge cell size at 10 mg/ml MCE while with less than that at 5 mg/ml MCE, the half concentration started to be controlled, however, the dendritic shape were expressed dominantly than at the maximum dose.



### Conclusions

In conclusion, the lowest concentration of MCE that is the most effectively suppressed melanogenesis through tyrosinase pathway including presented with less dendritic character of cells as melanin-controlled phenotypic shape is at 10 mg/ml. Our study found that ripe mulberry crude extract (MCE) significantly inhibits melanogenesis in B16F10 cells. MCE inhibited tyrosinase activity and caused morphological alterations in cells, showing its ability to decrease melanin pigmentation. These findings indicate MCE as a promising natural approach for controlling melanin production and treating hyperpigmentation. This discovery contributes to the development of safe and effective skin care products for skin whitening and hyperpigmentation. Further research is needed to identify the active compounds in MCE and understand their mechanisms of action, enabling the optimization of MCE for aesthetic and dermatological applications.

### Acknowledgements

This research project is supported by Mahidol University, Thailand.

### References

- Bae, S. H., & Suh, H. J. (2007). Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. *LWT – Food Science and Technology*, 40(6), 955–962. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.06.007>
- Boeing, J. S., Barizão, É. O., Silva, B. C. E., Montanher, P. F., Almeida, V. D. C., & Visentainer, J. V. (2014). Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: Application of principal component analysis. *Chemistry Central Journal*, 8(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s13065-014-0048-1>
- Chaita, E., Lambrinidis, G., Cheimonidi, C., Agalou, A., Beis, D., Trougakos, I., Mikros, E., Skaltsounis, A. L., & Aligiannis, N. (2017). Anti-Melanogenic Properties of Greek Plants. A Novel Depigmenting Agent from *Morus alba* Wood. *Molecules*, 22(4). <https://doi.org/10.3390/molecules22040514>



- Chiang Chan, E. W., Lye, P. Y., & Wong, S. K. (2016). Phytochemistry, pharmacology, and clinical trials of *Morus alba*. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 14(1), 17–30. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1009.2016.00017>
- Chung, S., Lim, G. J., and Lee, J. Y. (2019). Quantitative analysis of melanin content in a three-dimensional melanoma cell culture. *Scientific Reports*, 9(1), 780. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37055-y>
- Jan, B., Parveen, R., Zahiruddin, S., Khan, M. U., Mohapatra, S., & Ahmad, S. (2021). Nutritional constituents of mulberry and their potential applications in food and pharmaceuticals: A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(7), 3909–3921. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.056>
- Kim, M. J., Mohamed, E. A., Kim, D. S., Park, M. J., Ahn, B. J., Jeung, E. B., and An, B. S. (2022). Inhibitory effects and underlying mechanisms of *Artemisia capillaris* essential oil on melanogenesis in the B16F10 cell line. *Molecular Medicine Reports*, 25(4). <https://doi.org/10.3892/mmr.2022.12629>
- Li, H. X., Park, J. U., Su, X. D., Kim, K. T., Kang, J. S., Kim, Y. R., Kim, Y. H., and Yang, S. Y. (2018). Identification of Anti-Melanogenesis Constituents from *Morus alba* L. Leaves. *Molecules*, 23(10). <https://doi.org/10.3390/molecules23102559>
- Park, K. T. P., Kim, J. K., Hwang, D., Yoo, Y., & Lim, Y. H. (2011). Inhibitory effect of mulberroside A and its derivatives on melanogenesis induced by ultraviolet B irradiation. *Food and Chemical Toxicology*, 49(12), 3038–3045. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.09.008>
- Pollock, S., Taylor, S., Oyerinde, O., Nurmohamed, S., Dlova, N., Jeung, R. S., Galadari, H., Azulay, M. M., Chung, H. S., Handog, E., & Kourosh, A. S. K. (2021). The dark side of skin lightening: An international collaboration and review of a public health issue affecting dermatology. *International Journal of Women's Dermatology*, 7(2), 158–164. <https://doi.org/10.3892/mmr.2022.12629>



- Rodboon, T., Puchadapirom, P., Okada, S., & Suwannalert, P. (2015). Oxyresveratrol from *Artocarpus lakoocha* Roxb. Inhibit Melanogenesis in B16 Melanoma Cells through the Role of Cellular Oxidants. *Walailuk Journal*, 13. <https://doi.org/10.14456/VOL13ISS6PP%P>
- Rodboon, T., Okada, S., and Suwannalert, P. (2020). Germinated Riceberry Rice Enhanced Protocatechuic Acid & Vanillic Acid to Suppress Melanogenesis through Cellular Oxidant-Related Tyrosinase Activity in B16 Cells. *Antioxidants*, 9(3), 17–30. <https://doi.org/10.3390/antiox9030247>
- Rodboon, T., Sirilun, S., Okada, S., Kariya, R., Chontanarith, T., & Suwannalert, P. (2020). Modified Riceberry rice extract suppresses melanogenesis-associated cell differentiation through tyrosinase-mediated MITF downregulation on B16 cells and in vivo zebrafish embryos. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 15(5), 491–502. <https://doi.org/10.4103/1735-5362.297852>
- Smit, N., Vicanova, J., & Pavel, S. (2009). The Hunt for Natural Skin Whitening Agents. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(12), 5326–5349. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.06.007>
- Snitmatjaro, N., & Luanratana, O. (2007). A new source of whitening agent from a Thai Mulberry plant and its betulinic acid quantitation. *Food and Chemical Toxicology*, 22(9), 727–734. <https://doi.org/doi.org/10.1080/14786410601130794>
- Wang, S., Liu, X. M., Zhang, J. Z., & Zhang, Y. Q. (2014). An Efficient Preparation of Mulberroside A from the Branch Bark of Mulberry and Its Effect on the Inhibition of Tyrosinase Activity. *PLoS ONE*, 9(10). <https://doi.org/doi.org/10.1371/journal.pone.0109396>



# การคาดการณ์การกักเก็บคาร์บอนในพืชของกลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวภายใต้การ เปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินหลายสถานการณ์

จรรย์ธร บุญญาภาพ<sup>1\*</sup> และ ภูริวัฒน์ สุริยวงศ์<sup>1</sup>

## Prediction of Vegetation Carbon Storage in Huai Kraseaw Sub-watershed under Multi-Scenario Land Use Change

Jaruntorn Boonyanuphap<sup>1\*</sup> and Phouriwat Suriyawong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail address: charuntornb@nu.ac.th

### บทคัดย่อ

พืชบนบกสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารประกอบอินทรีย์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงการไหลเวียนของคาร์บอนที่ระดับระบบนิเวศหรือที่เรียกว่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิ อย่างไรก็ตามต้องมีการเพิ่มแหล่งกักเก็บคาร์บอนโดยเริ่มจากการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพืชทั้งหมดน้ำสาขาห้วยกระเสียวจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ปี 2584 โดยใช้แบบจำลอง InVEST Carbon Storage ภายใต้จำลองสถานการณ์ออกเป็น 5 สถานการณ์ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มในอดีต (SC1) การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย (SC2) การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการของตลาดมันสำปะหลัง (SC3) การใช้ประโยชน์ที่ดินตามตลาดอ้อยและมันสำปะหลัง (SC4) และการใช้ที่ดินตามแนวทางด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ (SC5) ผลการศึกษา พบว่า สถานการณ์ SC5 มีอัตราการกักเก็บของคาร์บอนในพืชในปี 2584 สูงที่สุด (8.031 ตันต่อไร่) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าไม้ จากนโยบายการคุ้มครองพื้นที่ป่าอนุรักษ์ รองลงมา ได้แก่ สถานการณ์ SC1 SC2 และ SC4 โดยมีอัตราการกักเก็บของคาร์บอน 7.782, 7.828, 7.799 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ภายใต้สถานการณ์ SC3 มีอัตราการกักเก็บของคาร์บอนน้อยที่สุด (7.798 ตันต่อไร่) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่มันสำปะหลังและจำนวนพื้นที่ป่าลดลง ซึ่งชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อการวางแผนการเพิ่มศักยภาพของพื้นที่ในการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศประเภทหลักในพื้นที่กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

คำสำคัญ: InVEST Carbon Storage การกักเก็บคาร์บอนในพืช มวลชีวภาพของพืช





### Abstract

Terrestrial plants absorb CO<sub>2</sub> as organic compounds during photosynthesis, a C flux also known as gross primary production (GPP) at the ecosystem level. However, carbon sinks must be increased, starting with proper land use management which is an important part of reducing greenhouse gas emission. The purpose of this study was to assess the plant carbon storage of the entire Huai Kra Siew sub-watershed from future land use change in 2041 by using the InVEST Carbon Storage model associate with 5 simulation scenarios, namely, Land use trend scenario (SC1), Sugarcane market-based scenario (SC2), Cassava market-based scenario (SC3), Sugarcane & Cassava market-based scenario (SC4), and Soil & Water conservation scenario (SC5). The results showed that the SC5 scenario presented the largest amount of vegetation carbon storage rate of 8.031 Ton/Rai/Year, which was due to the increase in forests from the forest conservation policy under the SC5 scenario, followed by the scenario SC1, SC2, and SC4, which stored the vegetation carbon rate of 7.782, 7.828 and 7.799 Ton/Rai respectively. While the scenario SC3 showed the lowest rate of vegetation carbon storage (7.798 Ton/Rai) due to the increase in cassava area, and the large area of deforestation. Such data set can be an important basis for planning to increase the area's potential for carbon storage of major ecosystems in the Huai Kra Siew sub-watershed.

**Keywords:** InVEST Carbon Storage, Vegetation carbon storage, Vegetation biomass

### บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของรูปแบบสภาพอากาศในพื้นที่หนึ่ง ซึ่งคงอยู่เป็นเวลานานนับศตวรรษหรือยาวนานกว่า โดยอาจมีสาเหตุหลายประการซึ่งหนึ่งในนั้นคือเกิดจากภาวะโลกร้อนจากการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเกิดได้ทั้งจากทางธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอุณหภูมิผันแปรอย่างผิดปกติ หากต้องการหยุดยั้งภาวะโลกร้อนและผลกระทบที่เกิดขึ้น ประเทศต่าง ๆ ต้องมีความรับผิดชอบในการควบคุมปริมาณคาร์บอนขึ้นอีกภายในปี ค.ศ. 2030 เพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2065 รวมทั้งสามารถควบคุมอุณหภูมิโลกไม่ให้ร้อนขึ้นเกิน 1.5 °C ภายในปี 2100 (Jain et al., 2022 ; William et al., 2021) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นตัวขับเคลื่อนต่อการปลดปล่อยของก๊าซเรือนกระจก สามารถจัดการได้จากการวางแผนการใช้ที่ดินให้เหมาะสม นอกจากนี้การใช้วัสดุชีวภาพ เช่น พืชพลังงาน หรือไม้เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น การผลิตไฟฟ้า เป็นปัจจัยนำเข้าสำหรับกระบวนการที่สร้างเชื้อเพลิง หรือเป็นวัสดุก่อสร้าง อาจนำไปสู่การลดการปล่อยมลพิษหรือการกักเก็บคาร์บอนได้ (Domke et al., 2023)



พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวเป็นพื้นที่ต้นน้ำของกลุ่มน้ำท่าจีน ตั้งอยู่ในเขตอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี และอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยลำห้วยกระเสียวเป็นลำน้ำสาขาหลักของแม่น้ำท่าจีน ห้วยกระเสียวเป็นลำห้วยที่มีความลาดชันมาก ทั้งนี้ พื้นที่บริเวณต้นน้ำมีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเข้มข้น โดยมีการปลูกพืชเศรษฐกิจ ส่งผลให้พื้นที่ป่าจำนวนมากที่อยู่บริเวณแหล่งต้นน้ำถูกบุกรุกทำลายกลายเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่เศรษฐกิจ ส่งผลให้การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่บริเวณต้นน้ำของกลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวลดลงอย่างชัดเจน (จรรย์ธร บุญญานุภาพ และคณะ, 2565) จากปัญหาดังกล่าวเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลต่อการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่บริเวณต้นน้ำของกลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินมีอิทธิพลโดยตรงต่อการกักเก็บคาร์บอน โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของภาคการเกษตร และป่าไม้ นอกจากนี้การบุกรุกพื้นที่ป่าต้นน้ำ การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรม และการขยายตัวของตัวเมืองอย่างต่อเนื่องในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกระเสียวซึ่งส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนในพืชของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวในขนาดปี 2584 ภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 5 สถานการณ์ ซึ่งชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อการวางแผนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ส่งผลให้ทุกภาคส่วนในสังคมเกิดความตระหนักเพื่อนำไปสู่การร่วมกันค้นหามาตรการในการปรับตัวและรับมือต่อความเสี่ยงและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

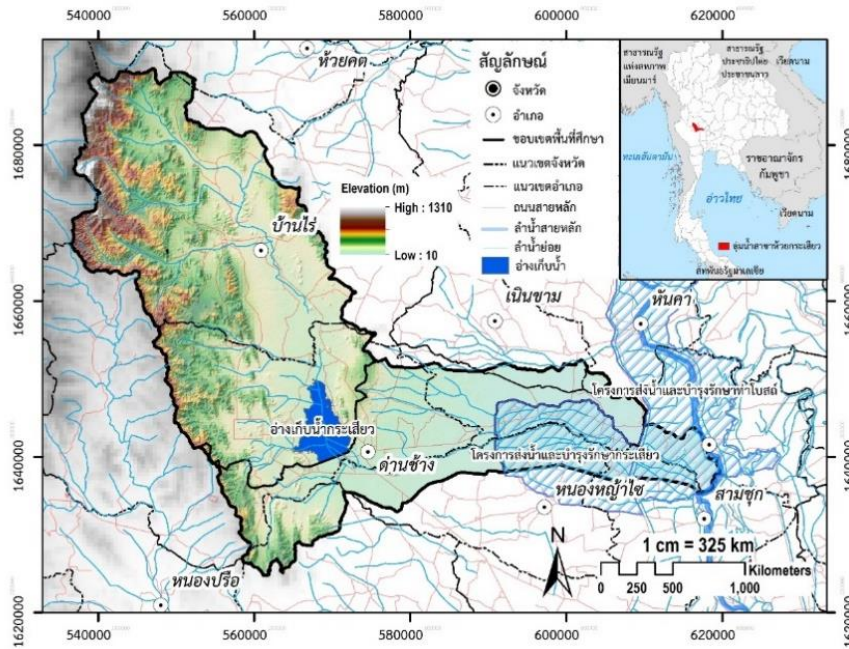
### วัตถุประสงค์และวิธีการ

#### พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำท่าจีนมีเนื้อที่ 1,206,157.37 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมอำเภอด่านช้าง และอำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท และอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี โดยมีขอบเขตระหว่างละติจูดที่ 14° 16' 37.92" ถึง 15° 16' 54.05" และลองจิจูด 99° 20' 19.89" ถึง 100° 6' 41.66" พื้นที่ตอนบนและฝั่งตะวันตกเป็นภูเขาลาดชัน พื้นที่ตอนบนฝั่งตะวันออกและตอนล่างเป็นที่ราบ ประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวในปี 2564 มีจำนวน 867,110 คน ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร โดยปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ อ้อยโรงงาน ข้าวนาปรัง มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และยางพารา พื้นที่เกษตรกรรมคิดเป็นร้อยละ 61 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ป่าธรรมชาติส่วนใหญ่มีสภาพเป็นป่าผลัดใบ สำหรับแหล่งชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีเนื้อที่ร้อยละ 5 แหล่งน้ำผิวดินมีเนื้อที่ร้อยละ 4



แหล่งน้ำที่สำคัญคือ ห้วยกระเสียว ห้วยท่าเตือ และเขื่อนการเสียว ส่วนพื้นที่อื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 1 ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา และขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

**การจัดทำภาพฉายอนาคตของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2584**

การจัดทำภาพฉายของการใช้ที่ประโยชน์ที่ดินในอนาคตปี 2584 ภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกัน 5 สถานการณ์ (Scenarios) ดำเนินการโดยใช้หลักการของ Markov chain เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2584 จากข้อมูลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปี 2564 และ 2549 ตามแนวทางศึกษาของ ทศน์ศรี รัตนแก้ว และคณะ (2564) ซึ่งปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ 1) ความต้องการประเภทการใช้ที่ดิน 2) นโยบายเชิงพื้นที่และการกำหนดพื้นที่คุ้มครอง 3) ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ และ 4) การสร้างรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จากนั้นนำมาเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์การจัดสรรที่ดินที่เป็นไปตามบริบทของปัจจัยทั้ง 4 ด้าน ด้วยแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CLUMondo เพื่อจัดทำจากทัศนหรือภาพฉายการใช้ที่ดินในอนาคตโดยมีขั้นตอนดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ปัญหาด้านการใช้ที่ดินในพื้นที่ และความคิดเห็น เกี่ยวกับการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต นโยบายและการใช้ที่ดินที่เกี่ยวข้อง โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก กับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ ผู้นำชุมชน และประชาชนผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่

2) รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ฐานข้อมูลแผนที่ เช่น ขอบเขตการปกครอง ขอบเขตลุ่มน้ำ ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ขอบเขตพื้นที่โครงการ แผนที่ชั้นความสูง แผนที่ดิน แผนที่ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ลักษณะทางกายภาพ ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ สังคม เศรษฐกิจ เป็นต้น จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง



3) ใช้หลักการของ Markov chain ในการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จากข้อมูลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอดีตเพื่อทราบแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

4) จัดทำฉากทัศน์หรือภาพฉายการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตปี 2584 ที่แตกต่างกัน 5 สถานการณ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว (ทศนศวี รัตนแก้ว และคณะ, 2564) ด้วยการใช้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน CLUMondo ได้แก่ 1) การใช้ประโยชน์ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มในอดีต (SC1) 2) การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย (SC2) 3) การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการของตลาดมันสำปะหลัง (SC3) 4) การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อยและมันสำปะหลัง (SC4) และ 5) การใช้ประโยชน์ที่ดินตามแนวทางการอนุรักษ์ดินและน้ำ (SC5)

#### การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยแบบจำลอง InVEST Carbon Storage

การกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศขึ้นอยู่กับขนาดของแหล่งกักเก็บคาร์บอนทั้ง 4 ประเภทหลัก ได้แก่ มวลชีวภาพของพืชเหนือพื้นดิน มวลชีวภาพของพืชใต้พื้นดิน คาร์บอนในดิน และอินทรีย์วัตถุที่ตายแล้ว แบบจำลอง InVEST Carbon Storage คำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของแหล่งกักเก็บคาร์บอนดังกล่าวจากแผนที่การใช้ที่ดิน ซึ่งถูกจำแนกตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ มวลชีวภาพของพืชเหนือพื้นดินประกอบด้วยส่วนต่างๆ ของพืชที่มีชีวิตทั้งหมดเหนือดิน มวลชีวภาพของพืชใต้พื้นดินเป็นส่วนของรากที่อยู่ใต้ดิน คาร์บอนในดินเป็นองค์ประกอบอินทรีย์ของดินและเป็นตัวแทนของแหล่งคาร์บอนบนบกที่ใหญ่ที่สุด (Sharp et al., 2016) โดยชั้นข้อมูลปัจจัยและตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยแบบจำลอง InVEST Carbon Storage ได้ถูกนำมาจัดเตรียมด้วยโปรแกรม ArcGIS และ Microsoft Excel 2016 โดยชั้นข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการนำเข้าในแบบจำลอง ได้แก่

1) การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Land Use Land Cover) : ข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2564 และปี 2584 ทั้ง 5 สถานการณ์ ในรูปแบบชั้นข้อมูล Vector ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมพัฒนาที่ดิน (ทศนศวี รัตนแก้ว และคณะ, 2564) ซึ่งได้กำหนดการใช้ที่ดินประเภทหลัก (Major Land Use Type) ที่พบในพื้นที่ของลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวจำนวน 14 ประเภท จากนั้นทำการแปลงชั้นข้อมูล Vector เป็นข้อมูลกริด (Raster) ที่มีความละเอียดของพิกเซล 10mx10m ด้วย ซอฟต์แวร์ ArcMap แล้วกำหนดเลขรหัสการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในคอลัมน์ ‘lucode’ (รหัสการใช้ที่ดินเพื่อแปลงเป็นข้อมูลกริด)

2) ตารางชีวกายภาพ (Biophysical table) : ตารางชีวกายภาพแสดงอัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท โดยประกอบด้วยข้อมูลสำคัญ ได้แก่ (ตารางที่ 1)



2.1) รหัสการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Iucode) กำหนดรหัสการใช้ที่ดิน 14 ประเภทหลักโดยอ้างอิงจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในข้อที่ 1

2.2) อัตราการกักเก็บคาร์บอนของมวลชีวภาพของพืชเหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน (คอลัมน์ ‘C\_Above’ และ ‘C\_Below’ ตามลำดับ) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท โดยมีหน่วย ‘ตันต่อเฮกตาร์’ ทั้งนี้ พื้นที่ประเภทตัวเมือง แหล่งชุมชน สิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำผิวดิน และพื้นที่อื่น ได้กำหนดค่าอัตราการกักเก็บคาร์บอนของมวลชีวภาพของพืชเหนือพื้นดินและใต้พื้นดินให้เท่ากับ 0 ตันต่อเฮกตาร์

2.3) อัตราการกักเก็บของคาร์บอนในดินและคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุที่ตายแล้ว (‘C\_Soil’ และ ‘C\_Dead’) โดยได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 เนื่องจากไม่มีข้อมูลที่แน่ชัดสำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท การศึกษาครั้งนี้จึงคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของการใช้ที่ดินเฉพาะการกักเก็บคาร์บอนในพืชเท่านั้น

ตารางที่ 1 ตารางชีวภาพแสดงอัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชจำแนกตามการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ปี 2564 และปี 2584 (หน่วย : ตันต่อเฮกตาร์)

ES_DESC	Iucode	C_Above	C_Below	C_Soil	C_Dead	พื้นที่อ้างอิง	อ้างอิง
ข้าวนาปี	1	4.75	1.43	-	-	นาข้าว จังหวัดระยอง	Gnanavelrajah et al., 2008
ข้าวนาปรัง	2	9.5	2.85	-	-	นาข้าว จังหวัดระยอง	Gnanavelrajah et al., 2008
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	3	6.65	3.6	-	-	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จังหวัดราชบุรี	Wijitkosum, S. and Sriburi, T. 2019
อ้อย	4	13.95	4.19	-	-	ไร่อ้อย จังหวัดระยอง	Gnanavelrajah et al., 2008
มันสำปะหลัง	5	10.67	3.2	-	-	ไร่มันสำปะหลัง จังหวัดระยอง	Gnanavelrajah et al., 2008
สับปะรด	6	9.29	2.78	-	-	ไร่สับปะรด จังหวัดระยอง	Gnanavelrajah et al., 2008
ยางพารา	7	91.52	27.46	-	-	สวนยางพารา จังหวัดระยอง อายุ 30 ปี	Gnanavelrajah et al., 2008
ปาล์มน้ำมัน	8	42.07	12	-	-	สวนปาล์มน้ำมัน ประเทศอินโดนีเซีย อายุ 25 ปี	Khasanah et al., 2015
เกษตรกรรมประเภทอื่น*	9	-	-	-	-	พื้นที่กั้นออก โดยไม่นำมาคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน	-
ป่าไม่ผลัดใบ	10	128.58	33.43	-	-	ป่าไม่ผลัดใบ ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ภาคพื้นทวีป	IPCC, 2006
ป่าผลัดใบ	11	82.66	21.49	-	-	ป่าผลัดใบ ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ภาคพื้นทวีป	IPCC, 2006
แหล่งชุมชน/สิ่งปลูกสร้าง*	12	-	-	-	-	พื้นที่กั้นออก	พื้นที่กั้นออก
แหล่งน้ำผิวดิน/คลองชลประทาน*	13	-	-	-	-	พื้นที่กั้นออก	พื้นที่กั้นออก



ES_DESC	lucode	C_Above	C_Below	C_Soil	C_Dead	พื้นที่อ้างอิง	อ้างอิง
พื้นที่ลุ่ม/พื้นที่อื่น*	14	-	-	-	-	พื้นที่กันออก	พื้นที่กันออก

การคำนวณอัตราและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชของกลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินหลายสถานการณ์ โดยการคำนวณอัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชเป็นผลรวมระหว่างอัตราการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและอัตราการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดิน (หน่วย ต้นต่อไร่) ดังสมการ (1)

$$CRLU_i = (C\_Above_i + C\_Below_i + C\_Soil_i + C\_Dead_i) \times 0.16 \quad (1)$$

โดยที่  $CRLU$  คือ อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืช (ต้นต่อไร่);  $C\_Above$  คือ อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชเหนือพื้นดิน (ต้นต่อเฮกตาร์);  $C\_Below$  คือ อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชใต้พื้นดิน (ต้นต่อเฮกตาร์);  $C\_Soil$  คือ อัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน (ต้นต่อเฮกตาร์);  $C\_Dead$  คือ อัตราการกักเก็บคาร์บอนของไม้ที่ล้มตายตามธรรมชาติ (ต้นต่อเฮกตาร์);  $i$  คือ การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ( $i = 1, \dots, 14$ )

การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชของกลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินหลายสถานการณ์ โดยการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชนำเนื้อที่ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทคูณด้วยอัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชแต่ละประเภท (หน่วย : ต้นต่อไร่) ดังสมการ (2)

$$CSLU_i = LU_i \times CRLU_i \quad (2)$$

โดยที่  $CSLU$  คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืช (ตัน);  $LU$  คือ เนื้อที่ของการใช้ที่ดิน (ไร่);  $CRLU$  คือ อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืช (ต้นต่อไร่);  $i$  คือ การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ( $i = 1, \dots, 14$ )

การเปลี่ยนแปลงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชระหว่างปี 2564 และปี 2584 ภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินหลายสถานการณ์

การเปลี่ยนแปลงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชระหว่างปี 2564 และ 2584 อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 5 สถานการณ์ คำนวณจากผลต่างของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืช (CCI) ระหว่างปี 2584 และ 2564 ของทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ที่ได้ดัดแปลงมาจากสมการของ Leh et al., (2013) ดังสมการ (3)

$$CCI_i = C_{FUT_i} - C_{CUR} \quad (3)$$

โดยที่  $CCI_i$  คือ การเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืช (ตัน);  $C_{CUR}$  คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวปี 2564;  $C_{FUT}$  คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวในอนาคตปี 2584 ภายใต้สถานการณ์  $i$  ( $i = SC1, SC2, SC3, SC4, SC5$ )

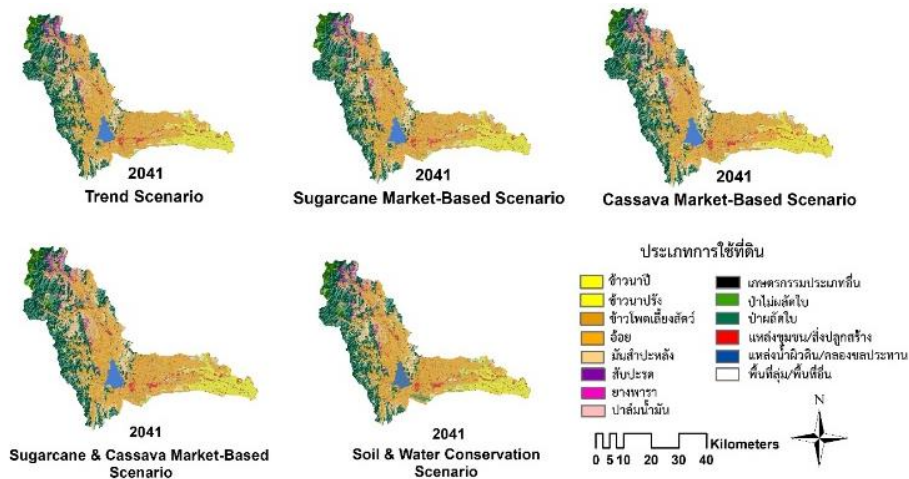


## ผลการศึกษา

### การใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2584 ภายใต้หลายสถานการณ์

การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2584 พบว่า พื้นที่ปลูกอ้อยมีเนื้อที่มากที่สุดภายใต้สถานการณ์ทั้ง 5 รูปแบบ โดยสถานการณ์ SC2 ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตที่เน้นการขยายพื้นที่ปลูกอ้อยตามความต้องการของตลาด พบว่า มีเนื้อที่ปลูกอ้อยถึง 434,304.38 ไร่ หรือ ร้อยละ 40.69 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ขณะที่สถานการณ์ SC1 SC4 SC5 และ SC3 มีเนื้อที่ปลูกอ้อย 426,675.56 ไร่ 423,883.25 ไร่ 420,801.94 ไร่ และ 394,278.81 ไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่าพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนภายใต้สถานการณ์ SC3 และ SC4 โดยมีเนื้อที่ 165,772.19 ไร่ และ 146,648.06 ไร่ (ร้อยละ 15.51 หรือ 13.68 ตามลำดับ) ขณะที่พื้นที่ปลูกพืชไร่เศรษฐกิจหลักประเภทอื่นในปี 2584 (ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และสับปะรด) มีเนื้อที่ลดลงภายใต้ทุกสถานการณ์ ยกเว้นพื้นที่ปลูกสับปะรดภายใต้สถานการณ์ SC1 มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 1,326.75 ไร่ หรือ เพิ่มขึ้นร้อยละ 11.56 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2564 สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวในปี 2584 มีเนื้อที่ลดลงในทุกสถานการณ์ โดยเฉพาะสถานการณ์ SC5 พบว่า พื้นที่ปลูกข้าวปีลดลงอย่างชัดเจนถึงร้อยละ 51.10 (ลดลง 9,464.12 ไร่) และภายใต้สถานการณ์ SC5 พบว่า พื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจประเภทหลักของลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักเมื่อเทียบกับปี 2564

พื้นที่ป่าผลัดใบในปี 2584 มีเนื้อที่เพิ่มขึ้นในทุกสถานการณ์ โดยสถานการณ์ SC5 พื้นที่ป่าผลัดใบมีเนื้อที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดประมาณ 14,231.07 ไร่ (เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.39 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2564) เนื่องจากสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบ SC5 เน้นการดำเนินนโยบายการคุ้มครองพื้นที่ป่าพื้นที่ป่าอนุรักษ์ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมถึงการฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม และส่งเสริมระบบวนเกษตรเพื่อให้เกิดการขยายพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น ขณะที่ป่าไม่ผลัดใบในปี 2584 มีเนื้อที่ลดลงภายใต้ทุกสถานการณ์ รายละเอียดของการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้สถานการณ์ทั้ง 5 รูปแบบ แสดงในรูปที่ 2 และตารางที่ 2



รูปที่ 2 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2584 (ค.ศ.2041) ของแต่ละแนวทาง (Scenarios)



ตารางที่ 2 เนื้อที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564 และ 2584 ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทหลัก	เนื้อที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในหลายสถานการณ์											
	2564		SC1		SC2		SC3		SC4		SC5	
	(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)	(ไร่)	(%)
ข้าวนาปี	18,519.25	1.75	10,228.13	0.95	9,497.69	0.89	10,058.38	0.94	8,773.25	0.82	9,055.13	0.85
ข้าวนาปรัง	76,860.56	7.28	89,950.00	8.36	86,685.38	8.11	88,459.06	8.28	84,931.00	7.92	85,219.88	8.04
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	24,686.06	2.34	23,805.13	2.21	20,965.31	1.96	21,008.38	1.97	19,753.06	1.84	15,863.06	1.5
อ้อย	418,593.38	39.64	426,675.56	39.67	434,304.38	40.64	394,278.81	36.89	423,883.25	39.54	420,801.94	39.68
มันสำปะหลัง	129,474.88	12.26	133,815.81	12.44	127,787.44	11.96	165,772.19	15.51	146,648.06	13.68	129,043.19	12.17
สับปะรด	11,472.44	1.09	12,799.19	1.19	10,985.63	1.03	10,980.56	1.03	10,292.06	0.96	10,332.56	0.97
ยางพารา	21,646.56	2.05	21,451.31	1.99	21,747.56	2.03	21,742.50	2.03	21,180.56	1.98	21,904.50	2.07
ปาล์มน้ำมัน	3,496.75	0.33	3,376.44	0.31	3,509.88	0.33	3,503.25	0.33	2,865.38	0.27	2,890.69	0.27
ป่าไม่ผลัดใบ	27,535.56	2.61	27,514.19	2.56	27,499.81	2.57	27,488.50	2.57	27,489.94	2.56	27,513.69	2.59
ป่าผลัดใบ	323,633.3	30.65	326,022.81	30.31	325,769.19	30.48	325,547.38	30.46	326,219.50	30.43	337,864.38	31.86
รวม	1,055,918.75	100	1,075,638.56	100	1,068,752.25	100	1,068,839.00	100	1,072,036.06	100	1,060,489.00	100

หมายเหตุ : SC1 : การใช้ประโยชน์ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มการใช้ที่ดินในอดีต (Trend Scenario); SC2 : การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการตลาดอ้อย (Sugarcane Market-Based Scenario); SC3 : การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการตลาดมันสำปะหลัง (Casava Market-Based Scenario); SC4 : การใช้ประโยชน์ที่ดินตามตลาดอ้อยและมันสำปะหลัง (Sugarcane & Casava Market-Based Scenario); SC5 : การใช้ที่ดินตามแนวทางการอนุรักษ์ที่ดินและน้ำ (Soil & Water Conservation Scenario)





### อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2584

อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชในปี 2584 ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว พบว่า ป่าไม่ผลัดใบมีอัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชมากที่สุด 25.29 ตัน/ไร่ รองลงมา ได้แก่ ยางพารา ป่าผลัดใบ และปาล์มน้ำมัน ขณะที่ข้าวนาปีมีอัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชน้อยที่สุด เฉลี่ย 0.99 ตัน/ไร่ ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชจำแนกตามการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2584

ประเภทการใช้ที่ดิน ปี 2584	อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืช (ตัน/ไร่)	ประเภทการใช้ที่ดิน ปี 2584	อัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืช (ตัน/ไร่)
ข้าวนาปี	0.99	สับปะรด	1.93
ข้าวนาปรัง	1.98	ยางพารา	19.04
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	1.64	ปาล์มน้ำมัน	8.65
อ้อย	2.90	ป่าไม่ผลัดใบ	25.92
มันสำปะหลัง	2.22	ป่าผลัดใบ	16.66

### ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564 และ 2584

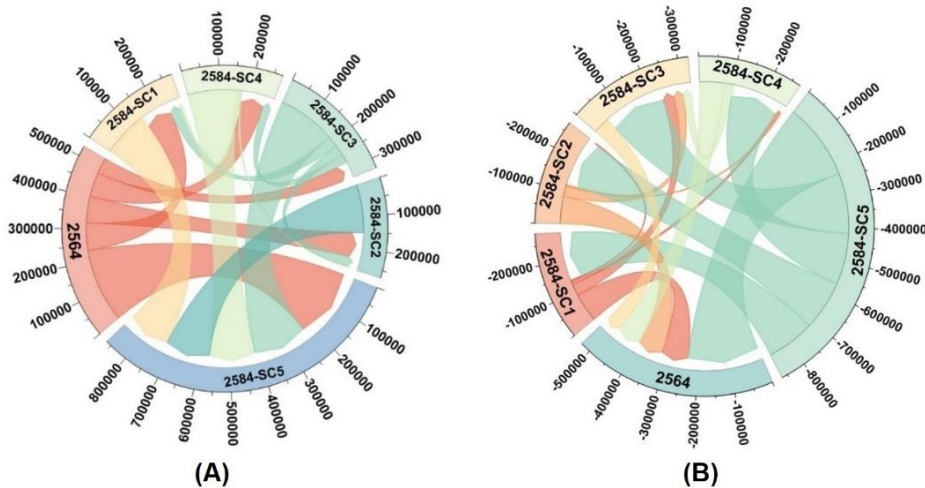
การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2584 ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวภายใต้สถานการณ์ SC5 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชสูงที่สุด 8.516 เมกกะตัน หรือมีอัตราการกักเก็บของคาร์บอน 8.031 ตันต่อไร่ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าผลัดใบจากนโยบายการอนุรักษ์ป่า ขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2584 ภายใต้สถานการณ์ SC1 SC2 และ SC4 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืช 8.371 8.366 และ 8.361 เมกกะตัน ตามลำดับ โดยการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2584 ภายใต้สถานการณ์ SC3 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชน้อยที่สุด 8.334 เมกกะตันเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่มันสำปะหลัง ขณะที่พื้นที่ป่าธรรมชาติมีเนื้อที่ลดลง

### การเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชระหว่างปี 2564 และปี 2584

การกักเก็บคาร์บอนในพืชในปี 2584 มีปริมาณเพิ่มขึ้นภายใต้ทุกสถานการณ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะสถานการณ์ SC5 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชเพิ่มขึ้นจากปี 2564 มากที่สุด (232,187.48 ตัน) รองลงมา ได้แก่ สถานการณ์ SC1 SC2 SC4 และ SC3 โดยเพิ่มขึ้น 86,381.87 82,007.78 76,985.01 และ 50,110.20 ตัน รูปที่ 3 (A) แสดง Chord diagram โดยลูกศรสีแดงแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชในปี 2584 เมื่อเปรียบเทียบกับสถานการณ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2564 ขณะที่ รูปที่ 3 (B) ลูกศรสีต่างๆ แสดงถึงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชในปี 2564 มีค่าน้อยกว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชในปี 2584 (ค่าตัวเลขติดลบ)



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพีชในปี 2584 ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้ง 5 สถานการณ์ โดยลูกศรแต่ละเส้นเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพีชปี 2584 ระหว่างสถานการณ์ การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละคู่ ทั้งในปริมาณที่มากกว่า (A) และปริมาณที่น้อยกว่า (B) โดยสถานการณ์ SC5 มีปริมาณ การกักเก็บคาร์บอนในพีชมากที่สุด โดยมีการกักเก็บคาร์บอนในพีชมากกว่าสถานการณ์ SC1 SC2 SC3 และ SC4 ปริมาณ 145,805.61 150,179.70 182,077.28 และ 155,202.47 ตัน ตามลำดับ และพบว่า สถานการณ์ SC1 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพีชมารองลงมา โดยมากกว่าสถานการณ์ SC3 SC4 SC2 ปริมาณ 36,271.67 9,396.86 และ 4,374.09 ตัน ตามลำดับ ขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2584 ภายใต้สถานการณ์ SC3 มีปริมาณ การกักเก็บคาร์บอนในพีชน้อยที่สุด โดยมีค่าน้อยกว่าสถานการณ์ SC5 SC1 SC2 และ SC4 ปริมาณ 182,077.28 36,271.67 31,897.58 และ 26,874.81 ตามลำดับ โดยแสดงรายละเอียดในรูปที่ 3 (B) (ค่าตัวเลขติดลบ)



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพีชระหว่างปี 2564 และปี 2584 ภายใต้หลายสถานการณ์ (หน่วย : ตัน); ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพีชที่เพิ่มขึ้นหรือมากกว่า (A) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพีชที่ลดลงหรือน้อยกว่า (B)

### อภิปรายผลการศึกษา

การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2584 ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ตามแนวทางการอนุรักษ์ดินและน้ำ (SC5) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพีชสูงที่สุด เนื่องจากนโยบายการคุ้มครองพื้นที่ป่าอนุรักษ์ การฟื้นฟูพื้นที่ป่าที่เสื่อมโทรม รวมถึงการส่งเสริมระบบวนเกษตร โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ภูเขาสูงชัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hoque et al., (2021) ที่แสดงให้เห็นว่าการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ชายฝั่งของบังคลาเทศได้เพิ่มขึ้น จากปี 2018 ถึง 2041 ภายใต้ระดับที่เพิ่มขึ้นของการคุ้มครองระบบนิเวศและการจัดการป่าไม้ ส่งผลให้การกักเก็บคาร์บอนในพีชมี ปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจากการขยายตัวของพื้นที่ป่า เนื่องจากป่าไม่ผลัดใบมีอัตราการกักเก็บคาร์บอนในพีชค่อนข้างสูง และยิ่งสอดคล้องกับ Wang et al., (2020) รายงานว่า การปลูกป่าและทวงคืนพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจให้เป็น



พื้นที่ป่าไม้ช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บคาร์บอน ทั้งนี้ การประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชของลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวทั้งในปัจจุบันและอนาคต ขึ้นอยู่กับอัตราการกักเก็บคาร์บอนในพืชของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทที่ได้อ้างอิงจากเอกสารทางวิชาการที่ดำเนินการในพื้นที่หลายแห่งทั้งในประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีบริบทใกล้เคียงกับพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

### สรุปผลการศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชในปี 2584 ภายใต้สถานการณ์ SC5 มีอัตราการกักเก็บของคาร์บอนสูงกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินสถานการณ์อื่น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของเนื้อที่ป่าไม้จากนโยบายการคุ้มครองพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ขณะที่ การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2584 ภายใต้สถานการณ์ SC3 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชน้อยที่สุด เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่มันสำปะหลัง และจำนวนพื้นที่ป่าลดลง

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชในปี 2584 ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวเพิ่มขึ้นจากปี 2564 โดยเฉพาะจำลองสถานการณ์ SC5 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชเพิ่มขึ้นมากที่สุด ขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้สถานการณ์ SC3 ส่งผลให้พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชน้อยที่สุด ชุดข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนในพืชของการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญต่อการวางแผนการเพิ่มศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในพืชของระบบนิเวศประเภทหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

### เอกสารอ้างอิง

จรัญธร บุญญาภาพ, วันวิสาข์ ปั่นศักดิ์, จุรีพร ดวงกลาง, สุภาพร ปานสุข, ณัฐภาส ศรีเลิศ, และพิสิษฐ์ พานิช.

(2565). การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการวางแผนการจัดการทรัพยากรที่ดินและทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์).

กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).

ทศนัศว์ รัตนแก้ว, ศันสนีย์ อธิญาสน์, ฆริกา คันทา, และฤทัย พริกมาก. (2565). การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินรอบอ่างเก็บน้ำ กรณีศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).

Jain, K. A., Seiler, C., Melton, R. J., Arora, K. V., Sitch, S., Friedlingstein, P., Anthoni, P., Gol, D.,

Joetzier, E., Lienert, S., Lombardozzi, D., Luysaert, S., Nabel E. M. S. J., Tian, H., Vuichard, N.,



Walker, P. A., Yuan, W., & Zaehle, S. (2022). Are terrestrial biosphere models fit for simulating the global land carbon sink?. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 14(5), e2021MS002946. <https://doi.org/10.1029/2021MS002946>

Domke, G. M., Walters, B. F., Nowak, D. J., Smith, J. E., Nichols, M. C., Ogle, S. M., Coulston, J. W., & Wirth, T. C. (2021). Greenhouse gas emissions and removals from forest land, woodlands, and urban trees in the United States, 1990–2019. Resource Update FS–307. Madison, W. I. (Eds.) Forest Service (p.5). United States: Northern Research Station.

Gnanavelrajah, N., Shrestha, R. P., Schmidt-Vogt, D., & Samarakoon, L. (2008). Carbon stock assessment and soil carbon management in agricultural land-uses in Thailand. *Land Degradation and Development*, 19(3), 242–256. <https://doi.org/10.1002/ldr.838>

Hoque, M. Z., Cui, S., Islam, I., Xu, L., & Ding, S. (2021). Dynamics of plantation forest development and ecosystem carbon storage change in coastal Bangladesh. *Ecological Indicators*, 130, 107954. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107954>

IPCC (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006: Agriculture, Forestry and Other Land Use*. The Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

Leh, M. D., Matlock, M. D., Cummings, E. C., & Nalley, L. L. (2013). Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 165, 6–18. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.12.001>

Khasanah, N. M., Noordwijk, V. M., Ningsihand, H., & Rahayu, S. (2015). Carbon neutral? No change in mineral soil carbon stock under oil palm plantations derived from forest or non-forest in Indonesia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 211, 195–206. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.009>

Wijitkosum, S. & Sriburi, T. (2019) Fuzzy AHP Integrated with GIS Analyses for Drought Risk Assessment: A Case Study from Upper Phetchaburi River Basin, Thailand. *Water*, 11(5), 939. <https://doi.org/10.3390/w11050939>



- Sharp, R., Tallis, H. T., Ricketts, T., Guerry, A. D., Wood, S. A., Chaplin, R., Nelson E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C. K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., Griffin, R., Glowinski, K., Chaumont, N., Perelman, A., Lacayo, M., Mandle L., Hamel, P., Vogl, A. L., Rogers, L., & Bierbower, W. (2016). *InVEST 3.3.2 User's Guide*. <http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/en/index.html>
- William, J. C., Lewis, A. W., Oliver, C., David, D., Fowler, B., William, F., Arlene, H., Roy, M. P., & John, A. (2021). *Effects of Climate Change on Air Quality*(Research Report). London: The Royal Society.
- Wang, H., Yue, C., Mao, Q., Zhao, J., Ciais, P., Li, W., Yu, Q., & Mu, X. (2020). Vegetation and species impacts on soil organic carbon sequestration following ecological restoration over the Loess Plateau, China. *Geoderma*, 371, 114389. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114389>



## การจำแนกชนิดเชื้อราก่อโรคแอนแทรกโนสในผลไม้เขตร้อนด้วยลำดับนิวคลีโอไทด์

### บริเวณ Internal Transcribed Spacer

กนิษฐา จันท์ศรี<sup>1</sup>, อานุพันธ์ กงบังเกิด<sup>1</sup> และ มลิวรรณ นาดขุนทด<sup>1\*</sup>

### Identification of fungi causing anthracnose disease from tropical fruits using internal transcribed spacer sequences

Kanittha Chansri<sup>1</sup>, Anupan Kongbangkerd<sup>1</sup> and Maliwan Nakkuntod<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phisanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: maliwann@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

โรคแอนแทรกโนสจัดเป็นโรคที่ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากในพืชผลทางเศรษฐกิจโดยเฉพาะกลุ่มผลไม้เขตร้อนทำให้มีผลผลิตและคุณภาพที่ต่ำลง โดยมีสาเหตุหลักมาจากเชื้อราสกุล *Colletotrichum* ซึ่งเชื้อราสกุลนี้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด และสามารถพบการก่อโรคทั้งที่จำเพาะต่อชนิดพืช และไม่จำเพาะต่อชนิดพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกและระบุชนิดของเชื้อราก่อโรคในพืช โดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ Internal Transcribed spacer (ITS) โดยเก็บตัวอย่างผลไม้ที่พบรอยโรคจากตลาดสดรอบมหาวิทยาลัยนเรศวรมา 4 ชนิดคือ มะม่วงน้ำดอกไม้ ฝรั่ง แก้วมังกร และกล้วยหอม จากนั้นแยกเชื้อราให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี Tissue transplant ผลการศึกษาพบว่าสามารถแยกเชื้อราที่พบทั้งหมด 11 ไอโซเลต ออกเป็น 3 กลุ่ม จากลักษณะสีของเส้นใย และลักษณะของโคนินเดีย และจากข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS สามารถจำแนกเชื้อราได้ทั้งหมด 5 ชนิด โดยเป็นเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *C. musae*, *C. fructicola* และ *C. asianum* และเชื้อราสกุลอื่นอีก 2 ชนิด คือ *Fusarium incarnatum* และ *Pestalotiopsis sydownia* ดังนั้นจะเห็นได้ว่าข้อมูลทางชีวโมเลกุลช่วยในการจำแนกเชื้อราได้ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: แอนแทรกโนส เชื้อรา ผลไม้เขตร้อน

#### Abstract

Anthrachnose is one of the serious diseases in economic crops especially, tropical fruits causing low productivity and quality. it is mainly caused by fungi in the genus *Colletotrichum*. in addition, there are several species of fungi in this genus that can infect specific and non-specific to plant species. Hence, this research aimed to identify fungi pathogenic in plants using Internal Transcribed Spacer (ITS) sequences. The fruits of mango, guava, dragon fruit and banana showing disease scar from market around the Nareasuan University were collected and cultured using tissue transplant technique. The results showed that 11 fungal isolates



were divided in to 3 groups according to morphological characteristics such as color of mycelium and shape of conidia. For ITS sequences, the fungal samples were identified as 5 species: three species of *Colletotrichum*, namely *C. musae*, *C. fructicola*, and *C. asianum*, as well as two other fungal genera, *Fusarium incarnatum* and *Pestalotiopsis sydowiana*. therefore, the molecular data is effective in accurately and correctly identifying fungi.

**Keywords:** Anthracnose, Fungi, Tropical fruit

## บทนำ

โรคแอนแทรกโนส (anthracnose) เป็นโรคพืชที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพ ซึ่งสาเหตุเกิดจากเชื้อราสกุล *Colletotrichum* sp. จัดเป็นเชื้อราสำคัญอันดับ 8 ของเชื้อราก่อโรคในพืชผลทางการเกษตร (Dean et al., 2012) นอกจากนี้เชื้อยังสามารถเข้าทำลายพืชแบบแฝง (Latent Infections) โดยไม่แสดงอาการของโรคให้เห็นในช่วงผลอ่อน แต่จะแสดงอาการรุนแรงออกมาในช่วงผลสุก ซึ่งถือเป็นปัญหาหลักในการส่งออกไปยังต่างประเทศ โดยอาการของโรคเริ่มจากจุดแผลแห้งเล็ก ๆ สีน้ำตาลแล้วค่อย ๆ เข้มขึ้นขยายออกเป็นวงกลมหรือวงรีซ้อนกันเป็นชั้น ๆ และพบการสร้างกลุ่มของสปอร์หรือกลุ่มโคนิเดียสีส้มหรือสีชมพูเป็นหยดเหลวชั้นบริเวณแผล (Freeman et al., 1998) ปัจจุบันมีการจำแนกชนิดเชื้อรา *Colletotrichum* ที่ก่อโรคแอนแทรกโนสในมะม่วงโดยใช้ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS,  $\beta$ -tubulin, actin และ chitin synthase พบว่าลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS มีประสิทธิภาพในการแยกเชื้อรา 4 สายพันธุ์ คือ *C. acutatum*, *C. asianum*, *C. gloeosporioides*, และ *C. siamense* (Rattanakreetakul et al., 2023) รวมถึงรายงานการศึกษาเชื้อรา 47 ไอโซเลทที่แยกได้จากพืชสมุนไพรพื้นบ้านซึ่งทำการจำแนกโดยใช้ลักษณะสี เส้นใย การเจริญของโคโลนี สีอาหาร สปอร์ ลักษณะก้านชูสปอร์ สามารถจำแนกเชื้อราได้ 5 กลุ่มคือ *Aspergillus* sp., *Colletotrichum* sp., *Flavodon* sp., *Fusarium* sp. และ *Glomerella* sp. เมื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS พบว่าเชื้อราสกุล *Colletotrichum* ประกอบด้วย 4 ชนิด คือ *C. capsici*, *C. dematium*, *C. gloeosporioides* และ *C. truncatum* (เพชรา ครอบปรัชญา และศรีนวล ต้นสุวรรณ, 2556) ซึ่ง ITS เป็นบริเวณลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ไม่มีการแปลรหัสเป็นโปรตีน (noncoding sequence) แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ITS1 และ ITS2 ซึ่งอยู่ระหว่าง small sub unit (SSU) 5.8S และ large sub unit (LSU) (Lafontaine & Tollervey, 2001) ซึ่งมีรายงานว่าบริเวณนี้มีศักยภาพและเป็นที่ยอมรับในการพัฒนาเป็นดีเอ็นเอบาร์โค้ด (DNA barcode) ของเชื้อราและสิ่งมีชีวิตกลุ่มยูคาริโอต (Stackebrandt & Goebel, 1994; Hebert et al., 2003; Schoch et al., 2012) นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อรา *Colletotrichum* ชนิดเดียวกันสามารถก่อโรคในพืชต่างชนิดกันได้ เช่น *C. gloeosporioides* พบใน มะม่วง มะละกอ แก้วมังกร ฝรั่ง องุ่น และอโวคาโด หรือเข้าทำลายแบบจำเพาะ เช่น *C. musae* ที่ก่อโรค



แอนแทรกโนสในกล้วย (Sarkar, 2016) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเชื้อรามากกว่าหนึ่งชนิดในสกุลนี้สามารถก่อโรคแอนแทรกโนสได้

การจำแนกเชื้อราโดยใช้ลักษณะการเจริญเติบโตของเส้นใย สีของกลุ่มโคนิเดีย ลักษณะของโคนิเดีย และการมีหรือไม่มีผนังกัน (setae) ยังไม่มีประสิทธิภาพในการจำแนกได้ในระดับชนิด เนื่องจากเชื้อราบางชนิดมีความหลากหลายพันธุกรรมและซับซ้อนในชนิดเดียวกันรวมถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่คล้ายคลึงกันมาก ดังนั้นจึงมีการใช้เทคนิคทางด้านชีวโมเลกุลมาจำแนกชนิดของเชื้อรามากขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ได้จำแนกเชื้อราด้วยเทคนิค Polymerase Chain Reaction (PCR) โดยเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณ Internal Transcribed space (ITS) ซึ่งทำให้การจำแนกเชื้อรามีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

#### 1. การเก็บตัวอย่างโรคพืช

เก็บตัวอย่างผลไม้ที่แสดงอาการของโรคเป็นแผลจุดสีน้ำตาลดำจากตลาดและห้างสรรพสินค้ารอบมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 4 ชนิด คือ มะม่วงน้ำดอกไม้ แก้วมังกร ฝรั่ง และกล้วยน้ำหว้า โดยบันทึกรอยโรคด้วยกล้องถ่ายภาพ

#### 2. การแยกเชื้อราสาเหตุโรคพืชโดยวิธี Tissue transplant

นำผลมะม่วงน้ำดอกไม้ แก้วมังกร ฝรั่ง และกล้วยหอม ที่พบรอยโรคมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น จากนั้นตัดเอาเฉพาะบริเวณที่มีรอยของโรคเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 5x5 มิลลิเมตร ให้คาบต่อส่วนที่เป็นโรคและไม่เป็นโรค แช่ในสารละลายคลอโรกซ์ (Clorox) 10% เป็นเวลา 3-5 นาที นำไปล้างในน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้งแล้วนำชิ้นส่วนพืชที่มีรอยโรคไปแช่บนกระดาษทิชชูที่ผ่านการฆ่าเชื้อให้แห้ง แล้วนำไปวางบนอาหารสูตร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-7 วัน จนเชื้อราสร้างเส้นใย จากนั้นทำการแยกเชื้อราสายใยของเชื้อราที่เจริญออกมาจากชิ้นส่วนของพืชไป วางบนอาหารสูตร PDA บนจานใหม่ เพื่อแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ สำหรับใช้ในการทดลองต่อไป

#### 3. การจำแนกชนิดเชื้อราด้วยลักษณะสัณฐานวิทยา

ศึกษาลักษณะรูปร่าง สี การเจริญเติบโตของเส้นใยบนอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยตาเปล่า และตรวจดูลักษณะโคนิเดีย (conidia) และโครงสร้างอื่นๆ ของเชื้อราด้วยเทคนิค wet mount ภาพได้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้เลนส์ประกอบ พร้อมบันทึกภาพที่กำลังขยาย 400 เท่า





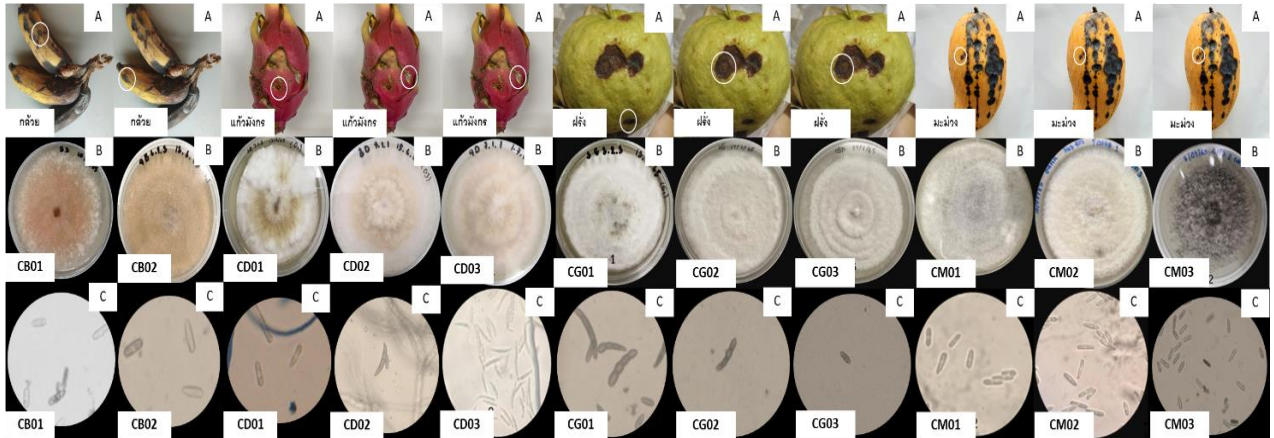
#### 4. การจำแนกชนิดเชื้อราด้วยลักษณะทางพันธุกรรม

สกัดดีเอ็นเอจากเชื้อราด้วยวิธี Cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) ที่ประยุกต์จาก Crous et al. (2000) จากนั้นทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณ ITS1-5.8S rDNA-ITS2 ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้คู่ไพรเมอร์ ITS1 (5'-TTTCCGTAGGTGAACCTGC-3') และ ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (Sun et al., 1994) ส่วนผสมทั้งหมดมีดังนี้ (50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร DNA template, 1X PCR buffer, 0.2 มิลลิโมลาร์ dNTP, 0.2 มิลลิโมลาร์ ITS-1 Forward Primer, 0.2 มิลลิโมลาร์ ITS-4 Reward Primer, 1 ยูนิต/ไมโครลิตร Taq Polymerase, DI water) ปริมาตรรวม 50 ไมโครลิตร แล้วทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยมีรอบการทำปฏิกิริยาดังนี้ เริ่มต้นด้วย 1 รอบที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 5 นาที ตามด้วย 30 รอบที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 1 นาที อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 45 วินาที อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 1 นาที และสิ้นสุดปฏิกิริยา 1 รอบที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 5 นาที จากนั้นนำผลผลิตพีซีอาร์ที่ได้มาตรวจวิเคราะห์ผลด้วย electrophoresis บน 1% agarose gel ที่เติม Safe View™ FireRed ใน 1X TAE buffer ภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต จากนั้นทำการเตรียมตัวอย่างผลผลิต PCR ให้บริสุทธิ์ด้วยชุด PCR Clean-Up & Gel Extraction Kit (PureDirex, Taiwan) เพื่อส่งหาลำดับนิวคลีโอไทด์แล้วมาทำการจัดเรียง และระบุชนิดของเชื้อราโดยเปรียบเทียบข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้กับฐานข้อมูล NCBI

#### ผลการศึกษา

##### 1. การจำแนกเชื้อราโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

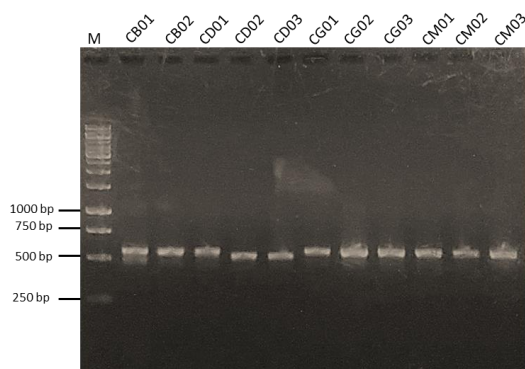
จากการศึกษาเชื้อราทั้ง 11 ไอโซเลทจากผลไม้ 4 ชนิด โดยแยกมาจากรอยโรคบนผลเดียวกันแต่รอยแผลต่างกันพบเชื้อราบนผลของแก้วมังกร 3 ไอโซเลทคือ (CD01, CD02, CD03) ผลฝรั่ง 3 ไอโซเลท (CG01, CG02, CG03) มะม่วงบนผลเดียวกันรอยแผลเดียวกันได้ 3 ไอโซเลท (CM01, CM02, CM03) และกล้วยบนผลต่างกันและรอยแผลต่างกันได้ 2 ไอโซเลท (CB01 และ CB02) ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA พบว่าเส้นใยของเชื้อราทั้งสีขาวอมส้ม สีขาวอมเทา และสีดำ นอกจากนี้ลักษณะเส้นใยเป็นแบบฟู และแบบดำนขึ้นซ้อนกันเป็นวงๆ และเมื่อเขี่ยเส้นใยไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าลักษณะโคนิเดียมีทั้งรูปทรงกระบอกหัวท้ายมนไม่มีผนังกัน รูปทรงวงรีมีผนังกัน และรูปพระจันทร์เสี้ยวมีผนังกัน ดังนั้นจากผลการศึกษาสามารถบอกได้คร่าว ๆ ว่าเชื้อราทั้ง 11 ไอโซเลทนั้น มีอยู่ด้วยกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีเส้นใยสีขาวอมส้ม สีขาวอมเทาและโคนิเดียเป็นรูปทรงกระบอกหัวท้ายมนและไม่มีผนังกัน น่าจะเป็นเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* กลุ่มที่มีเส้นใยสีขาวอมส้ม และโคนิเดียรูปพระจันทร์เสี้ยวมีผนังกันอาจจะเป็นราสกุล *Fusarium* ส่วนกลุ่มที่มีเส้นใยสีขาวอมเทา และโคนิเดียรูปทรงวงรีมีผนังกันอาจจะเป็นเชื้อราในสกุล *Bipolaris* ได้ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ลักษณะรอยโรคและลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราจากตัวอย่างกล้วย (CB01, CB02) แก้วมังกร (CD01, CD02, CD03), ฝรั่ง (CG01, CG02, CG03) และมะม่วง (CM01, CM02, CM03) ซึ่ง (A) อาการของโรคบนผล (B) ลักษณะเส้นใยของ เชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) (C) ลักษณะโคนิเดียม

## 2. การจำแนกเชื้อราโดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ Internal Transcribed space (ITS)

จากการศึกษาเชื้อราทั้ง 11 ไอโซเลท โดยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณ ITS1-5.8S rDNA-ITS2 พบว่าชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้มีขนาดประมาณ 500 คู่เบส (ภาพที่ 2) และเมื่อนำไปหาลำดับนิวคลีโอไทด์เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใน NCBI พบว่าลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อราจากตัวอย่างผลกล้วย (CB01 และ CB02) มีเส้นใยสีขาวอมส้ม และโคนิเดียมเป็นรูปทรงกระบอกหัวท้ายมน ไม่มีผนังกันชั้น มีลำดับนิวคลีโอไทด์เหมือนกับลำดับเบสของ *Colletotrichum musae* และลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อราจากตัวอย่างผลแก้วมังกร (CD01) ที่มีเส้นใยสีขาวอมน้ำตาล และโคนิเดียมเป็นรูปทรงกระบอกหัวท้ายมน ไม่มีผนังกันชั้น ตรงกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของ *Colletotrichum fructicola* ขณะที่ตัวอย่าง (CD02 และ CD03) มีเส้นใยสีขาวอมส้ม และโคนิเดียมเป็นรูปพระจันทร์เสี้ยว มีผนังกันชั้น ตรงกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของ *Fusarium incarnatum* และลำดับเบสของเชื้อราจากตัวอย่างผลฝรั่ง (CG01, CG02 และ CG03) ที่มีเส้นใยสีขาวอมดำ และโคนิเดียมเป็นรูปทรงรีมีผนังกันเป็นชั้นๆ ตรงกับลำดับเบสของ *Pestalotiopsis sydowina* และลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อราจากตัวอย่างผลมะม่วง (CM01 และ CM02) ที่มีเส้นใยสีขาวอมเทา และเส้นใยสีดำในตัวอย่างผลมะม่วง (CM03) ซึ่งมีโคนิเดียมเป็นรูปทรงกระบอกหัวท้ายมน ไม่มีผนังกันชั้น ตรงกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของ *Colletotrichum asianum* โดยลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อราทั้งหมดมีเปอร์เซ็นต์ความเหมือนที่ 100% ในทุกตัวอย่าง(ตารางที่ 1)



ภาพที่ 2 ผลการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณ ITS ของเชื้อราทั้ง 11 ไอโซเลท โดยตัวอย่างกล้วย (CB01 และ CB02), แก้วมังกร (CD01, CD02 และ CD03), ฝรั่ง (CG01, CG02 และ CG03), มะม่วง (CM01, CM02 และ CM03) และ M คือ 1Kb DNA ladder (GeneDirex, Taiwan)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS ของเชื้อราทั้ง 11 ไอโซเลท ในฐานข้อมูล NCBI

ตัวอย่าง	ไอโซเลท	ชนิดของเชื้อราใน NCBI	Similar Identity	Accession no.
กล้วย	CB01	<i>Colletotrichum masae</i>	100%	JN943077.1
	CB02	<i>Colletotrichum masae</i>	100%	MH863549.1
แก้วมังกร	CD01	<i>Colletotrichum fruticola</i>	100%	MT626035.1
	CD02	<i>Fusarium incarnatum</i>	100%	MT563420.1
	CD03	<i>Fusarium incarnatum</i>	100%	MT563420.1
ฝรั่ง	CG01	<i>Pestalotiopsis sydowina</i>	100%	MK801280.1
	CG02	<i>Pestalotiopsis sydowina</i>	100%	MK801280.0
	CG03	<i>Pestalotiopsis sydowina</i>	100%	MK801280.1
มะม่วง	CM01	<i>Colletotrichum asianum</i>	100%	MT012107.1
	CM02	<i>Colletotrichum asianum</i>	100%	MT012107.0
	CM03	<i>Colletotrichum asianum</i>	100%	MT012107.1

### อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาจำแนกชนิดของเชื้อรา 11 ไอโซเลท จากผลไม้ 4 ชนิดได้แก่ กล้วย แก้วมังกร ฝรั่ง และมะม่วง แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใย และลักษณะรูปร่างของโคนิเดียจัดจำแนกเชื้อราเหล่านี้ ได้โดยสีของเส้นใยราในสกุล *Colletotrichum* จะมีสีขาวฟูในช่วงแรก จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีเทาเมื่อสร้างโคนิเดีย และโคนิเดียมีลักษณะเป็นทรงกระบอกหัวท้ายมน ไม่มีพู่ขน (setae) (Freeman et al., 1998) ส่วนเชื้อราในสกุล *Fusarium* จะมีเส้นใยสีขาวฟูในระยะแรก จากนั้นจะเริ่มมีสีขาวอมชมพูหรือส้มเมื่อสร้างโคนิเดีย โดยที่



โคนิเดียมีลักษณะเป็นรูปพระจันทร์เสี้ยว มีผนังกัน (Avila et al., 2019) และเชื้อราในสกุล *Pestalotiopsis* มีเส้นใยสีขาวนวลถึงสีน้ำตาลอ่อน เส้นใยหยาบฟูเล็กน้อย โดยเส้นใยเจริญเป็นวงแหวนซ้อนกัน โคนิเดียมีลักษณะเป็นรูปกระสวยหัวท้ายเรียว มีผนังกันแบ่งออกเป็นหลายเซลล์ (Maharachchikumbura et al., 2011) แต่อย่างไรก็ตามเนื่องด้วยราในสกุลนี้มีหลายสปีชีส์มาก บางสปีชีส์ในสกุลต่างกัน แต่พบรูปร่างโคนิเดียที่คล้ายคลึงกันมากเช่น *C. capsici* มีรูปทรงโคนิเดียที่คล้ายคลึงกับรูปทรงโคนิเดียในสกุล *Fusarium* (Krishna et al., 2017) ในขณะที่เชื้อราสปีชีส์เดียวกันแต่สีและลักษณะของเส้นใยที่ต่างกันเหมือนตัวอย่างผลมะม่วง (CM01, CM02 และ CM03) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ รัมพ์พัน โกศลานันท์ และคณะ (2557) รายงานเกี่ยวกับโรคผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวพบว่าเชื้อราสปีชีส์เดียวกันก่อโรคบนผลไม้ต่างชนิดกันก็ทำให้พบลักษณะของเส้นใยที่ต่างกันด้วย นอกจากนี้ผลการจำแนกเชื้อราทั้ง 11 ไอโซเลท ทำให้ทราบว่านอกจากจะพบเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* ที่พบก่อโรคแอนแทรคโนสในผลแก้วมังกร (CD01) แล้วยังพบเชื้อราสกุล *Fusarium* (CD02 และ D03) บนผลเดียวกันอีกด้วย ซึ่งลักษณะโคนิเดียของเชื้อราสกุลนี้ยังคล้ายคลึงกับลักษณะโคนิเดียของ *C. capsici* (Krishna et al., 2017) ทำให้การอ้างอิงข้อมูลจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการระบุชนิดของเชื้อราเหล่านี้ได้ ข้อมูลชีวโมเลกุลจึงเข้ามามีบทบาทมากขึ้น มีรายงานการศึกษาการจำแนกเชื้อรา 65 ไอโซเลทที่แยกได้จากการผลมะม่วงโดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาและการใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS พบว่าสามารถจำแนกเชื้อราสกุล *Colletotrichum* ออกได้ 3 สปีชีส์คือ *C. asianum*, *C. fructicola* และ *C. siamense* (Mo et al., 2018) ซึ่งลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS ถือเป็นลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มีผู้นิยมศึกษากันมากในเชื้อรา เนื่องด้วยเป็นดีเอ็นเอในนิวเคลียสและเป็นบริเวณที่ไม่ใช้ยีน ทำให้มีความผันแปรที่ค่อนข้างมาก จึงสามารถนำมาใช้ในการจำแนกระหว่างสายพันธุ์หรือภายในสายพันธุ์เดียวกันได้ ดังนั้นจากตัวอย่างผลกล้วย (CB01 และ CB02) ตัวอย่างผลแก้วมังกร (CD01) และตัวอย่างผลมะม่วง (CM01, CM02 และ CM03) จะเห็นได้ว่าเชื้อราทั้ง 3 ชนิดนี้มีลักษณะโคนิเดียเหมือนกัน อยู่ในสกุลเดียวกัน แต่ต่างชนิดทำให้ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ด้วยลักษณะสัณฐานวิทยา จึงกล่าวได้ว่าเป็นกลุ่มของ *Colletotrichum complex* (Sharma et al., 2017) ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ช่วยในการจัดจำแนก อีกทั้งข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของ ITS นี้สามารถบอกได้ชัดเจนว่าเชื้อราที่พบเส้นใยสีขาวอมส้ม โคนิเดียรูปทรงกระบอกหัวท้ายมน ไม่มีผนังกัน (CB01 และ CG02) นั่นคือ *C. musae* และเชื้อราที่พบโคนิเดียทรงกระบอกหัวท้ายมน แต่เส้นใยสีขาวอมเทา (CM01, CM02 และ CM03) คือ *C. asianum* อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังจำแนกเชื้อราที่มีเส้นใยขาวอมเทา แต่โคนิเดียเป็นรูปทรงรี มีผนังกันเป็นชั้น ๆ จากตัวอย่างผลฝรั่ง (CG01, CG02 และ CG03) เป็นราอีกสกุลหนึ่งที่ชื่อว่า *Pestalotiopsis sydowina* ซึ่งมีรายงานว่าเชื้อราสกุลนี้พบการก่อโรคแอนแทรคโนสในผลฝรั่ง และผลอโวคาโด (Valencia et al., 2011) ดังจะเห็นได้ว่าข้อมูลดีเอ็นเอสามารถจำแนกเชื้อราหรือสิ่งมีชีวิตได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ



ซึ่งผลการจำแนกและระบุชนิดของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรกโนสที่ทำการยืนยันแล้ว สามารถใช้เป็นข้อมูลให้กับเกษตรกรนำไปใช้ตรวจสอบลักษณะของเชื้อราเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันกำจัดโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพถูกต้อง และจำเพาะต่อเชื้อนั้น ๆ และยังช่วยลดการแพร่ระบาดของโรคแอนแทรกโนส เนื่องจากผลการศึกษายืนยันพบว่าเชื้อราสกุล *Colletotrichum* สามารถเข้าทำลายพืชได้หลายชนิด จึงควรมีการหลีกเลี่ยงการเพาะปลูกพืชที่พบการติดเชื้อในพื้นที่เดียวกันหรือพื้นที่ใกล้เคียงกันเพื่อลดปริมาณการสะสมของเชื้อรา

### สรุปผลการศึกษา

การจำแนกเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคแอนแทรกโนสโดยใช้สีของเส้นใย และรูปร่างของโคนิเดีย สามารถจำแนกเชื้อราทั้งหมดได้ 11 ไอโซเลท โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ในขณะที่ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS สามารถจำแนกเชื้อราออกเป็น 5 ชนิด โดยเชื้อรา 6 ไอโซเลทที่แยกจากผลกล้วย ผลแก้วมังกร และผลมะม่วง มีเส้นใยสีขาวอมส้ม สีน้ำตาลอ่อน สีขาวอมเทา และสีดำ โคนิเดียเป็นรูปทรงกระบอก หัวท้ายมน ไม่มีผนังกัน ประกอบด้วยเชื้อรา 3 ชนิด คือ *C. musae* *C. fruticola* และ *C. asianum* ในขณะที่เชื้อรา 2 ไอโซเลทที่แยกจากผลแก้วมังกร มีเส้นใยสีขาวอมส้ม โคนิเดียเป็นรูปพระจันทร์เสี้ยว มีผนังกัน คือ *F. incarnatum* และเชื้อรา 3 ไอโซเลทที่แยกจากผลฝรั่งมีเส้นใยขาวนวลอมเทา เส้นใยฟูซ้อนกันเป็นชั้น ๆ โคนิเดียเป็นรูปทรงรี มีผนังกันหลาย ๆ เซลล์ คือ *Pestalotiopsis sydowina* การใช้สีของเส้นใย และลักษณะรูปร่างของโคนิเดีย สามารถจำแนกเชื้อราสกุล *Colletotrichum*, *Fusarium* และ *Pestalotiopsis* ออกจากกันได้ โดยเชื้อราที่อยู่ในสกุลเดียวกันจะมีสีของเส้นใย และลักษณะของโคนิเดียที่เหมือนกัน ซึ่งโรคแอนแทรกโนสอาจเกิดจากเชื้อรามากกว่าหนึ่งชนิด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ด้วยลำดับนิวคลีโอไทด์ ร่วมกับการจำแนกโดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยา เพื่อให้การจำแนกชนิดของเชื้อรามีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่คอยช่วยเหลือ ชี้แนะแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับการสนับสนุนในด้านเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

เพชรฯ ครบปรัชญา และศรีนวล ตันสุวรรณ. (2556). สัณฐานวิทยาและชีวโมเลกุลในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของรา เอนโดไฟต์ ที่แยกจากพืชสมุนไพรพื้นบ้านในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา. *การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน 2556 ครั้งที่ 3* (น.661-665).



รัมย์พັນ โกลลนันทน์, กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม, บุญญวดี จิระวุฒิ, ชวลิต ตีร์กรณาสวัสดิ์, รัตตา สุทธยาคม,  
อารีรัตน์ การณสถิตย์ชัย, เนตรา สมบูรณ์แก้ว, อัจฉราพร ศรีจูดาน, สุพี วนศิริภาณุ, ชุติมา วิธูรจิตต์  
และวีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย. (2557). *โรคผลไม้อั้วหลังการเก็บเกี่ยว*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักวิจัยและพัฒนา  
วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

Avila, C., Moreira, G. C., Nicolli, C. P., Gomes, L. G., Abreu, L. G., Pfenning, L. H., Haidukowski, M.,  
Moretti, A., Logrieco, A., & Del Ponte, E. M. (2019). *Fusarium incarnatum-equiseti* species  
complex associated with Brazilian rice: phylogeny, morphology and toxigenic potential. *International  
Journal of Food Microbiology*, 306. 108267.

Crous, P. W., Aptroot, A., Kang, J. H., Braun, U., & Wingfield, M. J. (2000). The genus *Mycosphaerella*  
and its anamorphs. *Studies in Mycology*, 45, 107–121.

Dean, R. A., Van Kan, J. a. L., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P., Rudd,  
J. J., Dickman, M. B., Kahmann, R., Ellis, J., & Foster, G. D. (2012). The top 10 fungal  
pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(4), 414–430.

Freeman, S., Katan, T., & Shabi, E. (1998). Characterization of *Colletotrichum* species responsible for  
anthracnose diseases of various fruits. *Plant Disease*, 82(6), 596–605.

Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L., & deWaard, J. R. (2003). Biological identifications through  
DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1512), 313–321.

Krishna, M. S, Srideepthi, R., Lakshmisahitya, U., Peddakasim, D., & Suneetha, P. (2017). Morphological,  
pathological and molecular diversity of *Colletotrichum capsici* inciting fruit rot in Chilli (*Capsicum  
annuum* L.). *Research journal of biotechnology*, 12(4), 14–21.

Lafontaine, D. L. J., & Tollervey, D. (2001). The function and synthesis of ribosomes. *Nature Reviews  
Molecular Cell Biology*, 2(7), 514–520.

Maharachchikumbura, S. S. N., Groenewald, J. Z., Chukeatirote, E., Bahkali, A. H., & Hyde, K. D.  
(2011). *Pestalotiopsis*—morphology, phylogeny, biochemistry and diversity. *Fungal Diversity*,  
50(1), 167–187.



- Mo, J., Xian, M., Li, Q., Solangi, G. S., Tang, L., Guo, T., Huang, S., & Hsiang, T. (2018). Identification and characterization of *Colletotrichum* species associated with mango anthracnose in Guangxi, China. *Plant Disease*, *102*(7), 1283–1289.
- Rattanakreetakul, C., Keawmanee, P., Bincader, S., Mongkolporn, O., Phuntumart, V., Chiba, S., & Pongpisutta, R. (2023). Two newly identified *Colletotrichum* species associated with mango anthracnose in Central Thailand. *Plants*, *12*(5), 1130.
- Sarkar, A. K. (2016). Anthracnose diseases of some common medicinally important fruit plants. *Journal of Medicinal Plants Studies*, *4*(3), 233–236.
- Schoch, C. L., Seifert, K. A., Huhndorf, S., Robert, V., Spouge, J. L., Levesque, C. A., Chen, W., Bolchacova, E., Voigt, K., Crous, P. W., Miller, A. N., Wingfield, M. J., Aime, M. C., An, K., Bai, F., Barreto, R. W., Begerow, D., Bergeron, M., Blackwell, M., ...Methven, A. S. (2012). Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for *Fungi*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *109*(16), 6241–6246.
- Sharma, G., Maymon, M., & Freeman, S. (2017). Epidemiology, pathology and identification of *Colletotrichum* including a novel species associated with avocado (*Persea americana*) anthracnose in Israel. *Scientific Reports*, *7*(1).
- Stackebrandt, E., & Goebel, B. (1994). Taxonomic Note: A place for DNA–DNA reassociation and 16S rRNA sequence analysis in the present species definition in bacteriology. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, *44*(4), 846–849.
- Sun, J., Kale, S., Childress, A. M., Pinswasdi, C., & Jazwinski, S. M. (1994). Divergent roles of RAS1 and RAS2 in yeast longevity. *Journal of Biological Chemistry*, *269*(28), 18638–18645.
- Valencia, A. L., Torres, R. E. T., & Latorre, B. A. (2011). First report of *Pestalotiopsis clavispورا* and *Pestalotiopsis* spp. causing postharvest stem end rot of avocado in Chile. *Plant Disease*, *95*(4), 492.



## การตรวจวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่โดยอาศัยตัวจ่ายกระแสทดสอบ

สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์<sup>1\*</sup>, อนุชา แก้วพูลสุข<sup>1</sup> และ จีรวัดน์ ทองแกมแก้ว<sup>1</sup>

### Measurement of Internal Resistance of Battery by Using Current Source

Somchai Jiajitsawat<sup>1\*</sup>, Anucha Kaewpoonsuk<sup>1</sup> and Chirawat Thongkaemkaeo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรเทคโนโลยีการวัดและระบบอัจฉริยะ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Measurement Technology and smart systems program, Department of Physics, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: Somchaij@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาออกแบบระบบการวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่โดยอาศัยเทคนิคการจ่ายสัญญาณกระแสกระตุ้นให้กับแบตเตอรี่ ซึ่งการเปลี่ยนค่าขนาดของกระแสสามารถทำได้โดยทั้งการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทาน และแบบปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เป็นอินพุตของตัววงจรจ่ายกระแส ซึ่งทำการทดสอบเทียบกับวิธีการตรวจวัดโดยใช้ตัวต้านทานภายนอกที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าความภายในที่ต้องการตรวจวัดจำนวนหนึ่งต่อเป็นโหลตให้กับแบตเตอรี่ ผลการทดสอบพบว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้กับแบตเตอรี่ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแบตเตอรี่จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นกับค่าขนาดของกระแสที่ใช้ ยังพบว่าค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ของทั้งสองวิธีเมื่อนำมาวิเคราะห์หาร้อยละความแตกต่างจะได้เท่ากับ 15.15% แสดงให้เห็นว่าวิธีการทดสอบที่ได้ทำการออกแบบใหม่นั้นไม่มีความแตกต่างจากวิธีการทดสอบแบบดั้งเดิมมากนัก ซึ่งถือได้ว่าการทดสอบแบตเตอรี่ด้วยวิธีที่ทำการพัฒนาและออกแบบการวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่โดยอาศัยเทคนิคการจ่ายสัญญาณกระแสกระตุ้นนั้น เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่มีความสะดวกกว่าการเปลี่ยนค่าความต้านทานเพียงอย่างเดียวของการทดสอบในแบบเดิม

คำสำคัญ: แบตเตอรี่, ไฟฟ้ากระแสตรง, ค่าความต้านทานภายใน, ออปแอมป์, กระแสกระตุ้น





### Abstract

This research work focuses on the development of a system for measuring the internal resistance of batteries using a technique that applies a stimulating current signal to the battery. The variation of the current magnitude can be achieved by adjusting both the resistance value and the voltage applied as an input to the current supply circuit. The testing is conducted by comparing it with the conventional method of measuring using an external resistor with a value close to the internal resistance to be measured, applied as a load to the battery. The test results reveal that when a direct current is supplied to the battery, the voltage drop across the battery increases linearly with the current magnitude used. It is also found that the internal resistance values of the battery obtained from both methods, when analyzed, exhibit a difference of 15.15%. This indicates that the newly designed testing method does not significantly differ from the conventional testing method. Therefore, testing batteries using the developed technique of measuring internal resistance through the application of a stimulating current signal provides an alternative approach that is more convenient than solely changing the resistance value in the conventional testing method.

**Keywords:** Battery, Direct Current, Internal Resistance, Operating Amplifier , Exciting Current

### บทนำ

#### 1. ความสำคัญของที่มาและปัญหาของงานวิจัย

แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตามอุดมคติแล้วจะต้องสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้โดยไม่ขึ้นกับขนาดของโหลด (ความต้านทาน) ที่ต่ออยู่กับแหล่งจ่าย อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติกรณีทีโหลดมีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำมาก ๆ ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ตัวแหล่งจ่ายสามารถจ่ายได้ก็จะมีค่าลดลงตามไปด้วย ทั้งนี้โดยทั่วไปจะสามารถอธิบายได้ว่าตัวแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้านั้นมีค่าความต้านทานแฝงหรือค่าความต้านทานภายในที่มีลักษณะต่ออนุกรมอยู่กับตัวแหล่งจ่ายที่เป็นอุดมคติ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่หายไปจากโหลดจะไปปรากฏที่ความต้านทานแฝงของตัวแหล่งจ่าย ซึ่งตัวแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ดีควรมีค่าความต้านทานภายในที่มีค่าต่ำเข้าใกล้ศูนย์ สำหรับแบตเตอรี่ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงรูปแบบหนึ่งนั้นก็มีความต้านทานภายในเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบตเตอรี่ที่ถูกใช้งานไปเป็นระยะเวลานาน (ใกล้เสื่อมสภาพ) ค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ก็จะมีค่าสูงขึ้นตามอายุการใช้งาน

การตรวจวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้สำหรับตรวจสอบคุณสมบัติของแบตเตอรี่ (Hoque et al., 2021; Kuntinugunetanon et al., 2021; Noelle et al., 2018; Zhang et al., 2014) ที่ผ่านมาการตรวจวัดค่าความต้านทานภายในรูปแบบไฟฟ้ากระแสตรงที่เป็นที่คุ้นเคย ได้แก่ วิธีการใช้ตัวต้านทานภายนอกที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าความภายในที่ต้องการตรวจวัดจำนวนหนึ่งต่อเป็นโหลดให้กับแบตเตอรี่ (Abijith et al., 2013; Karevs et al., 2017; Odiamar et al., 2016) ผลการแปรค่าความต้านทานโหลดจะมีผลทำให้กระแสที่ไหลออกมา



จากแบตเตอรี่มีค่าเปลี่ยนแปลงไป ต่อจากนั้นทำการตรวจวัดทั้งค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่ปรากฏที่โหนด ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะแปรผันตรงกับค่ากระแส โดยที่การวิเคราะห์หาค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่นั้น สามารถทำได้โดยคำนวณค่าความชันของเส้นกราฟระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับค่ากระแส สำหรับแบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานแตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลให้มีค่าความต้านทานภายในมีค่าแตกต่างกันมาก ดังนั้นผู้ทดลองจะต้องทำการเตรียมค่าความต้านทานที่จะใช้สำหรับต่อเป็นโหนดให้กับแบตเตอรี่ที่มีค่าหลากหลายเพียงพอ ทำให้ต้องเตรียมตัวต้านทานจำนวนมาก

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาออกแบบระบบการวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่โดยอาศัยเทคนิคการจ่ายสัญญาณกระแสกระตุ้นให้กับแบตเตอรี่ ซึ่งการเปลี่ยนค่าขนาดของกระแสสามารถทำได้โดยทั้งการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทาน และแบบปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เป็นอินพุตของตัววงจรจ่ายกระแส ซึ่งถือได้ว่ามีทางเลือกและสะดวกกว่าการเป็นเปลี่ยนค่าความต้านทานอย่างเดียวแบบเดิม

## 2. สมมติฐาน

2.1 ผลการออกแบบตัวจ่ายกระแสซึ่งตัดแปลงมาจากวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแส สามารถจ่ายกระแสได้อย่างเป็นเชิงเส้นกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เป็นอินพุตให้กับวงจร

2.2 เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้กับแบตเตอรี่ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแบตเตอรี่จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นกับค่าขนาดของกระแสที่ใช้ และค่าแรงดันไฟฟ้างดกล่าวนี้ยังขึ้นอยู่กับขนาดของค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่

## 3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1 เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสแบบใช้ออปแอมป์เป็นพื้นฐานในการออกแบบ

3.2 เพื่อทดลองตรวจวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่โดยอาศัยการจ่ายกระแสทดสอบ

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ตามรูปที่ 1 เทคนิคการตรวจวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้คือการจ่ายสัญญาณกระแสกระตุ้น ( $I_{ex}$ ) ให้กับแบตเตอรี่ที่ต้องการตรวจสอบ โดยที่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแบตเตอรี่จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดและทิศทางของกระแสกระตุ้น ทั้งนี้จะสามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแบตเตอรี่ ( $V_B$ ) ได้เป็น

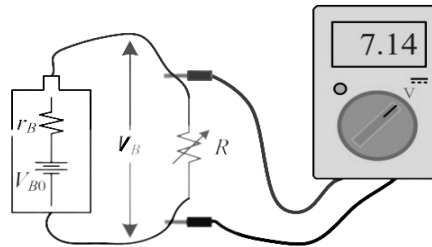


$$V_B = V_{B0} + r_B I_{ex} \quad (1)$$

เมื่อ  $V_{B0}$  คือค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ขณะเปิดวงจร (ไม่ต่อโหลด)

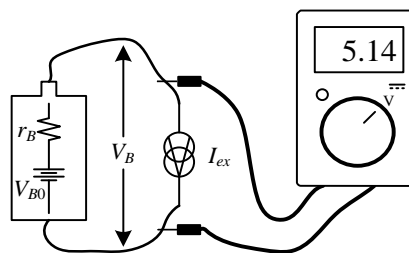
$r_B$  คือค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่

การตรวจวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานภายนอกที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าความภายในที่ต้องการตรวจวัดจำนวนหนึ่งต่อเป็นโหลดให้กับแบตเตอรี่ซึ่งเป็นการตรวจวัดแบบดั้งเดิม



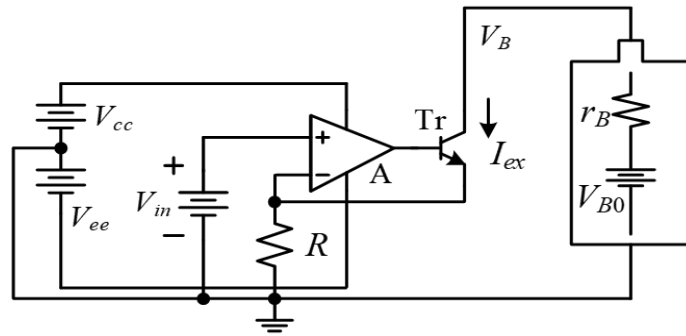
รูปที่ 1 ระบบการตรวจวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่แบบดั้งเดิม

ในส่วนของการออกแบบใหม่โดยจ่ายกระแสกระตุ้นนั้น อาศัยออปแอมป์เป็นพื้นฐานในการออกแบบ ซึ่งจะเป็นการตัดแปลงจากวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแส



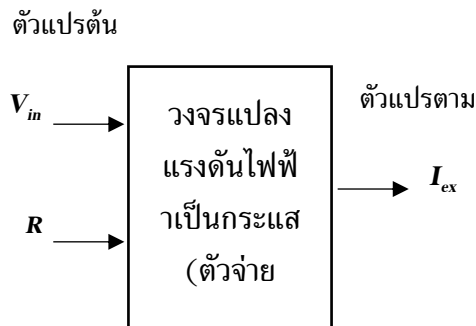
รูปที่ 2 ระบบการตรวจวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ โดยทำการแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสแบบใช้ออปแอมป์

รูปที่ 3 การต่อออปแอมป์ (A) ร่วมกับทรานซิสเตอร์ (Tr) แบบไบโพลาร์จิงชันชนิดเอ็นพีเอ็น และตัวต้านทาน (R) สำหรับทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแส ( $I_{ex}$ )

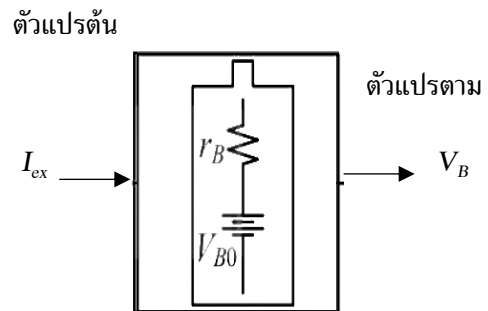


รูปที่ 3 การดัดแปลงจากวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสโดยใช้ออปแอมป์

พิจารณารูปที่ 4 และรูปที่ 5 กรอบแนวคิดของการวิจัยในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งออกได้เป็นสามขั้นตอน ขั้นตอนแรก ได้แก่ การออกแบบและทดสอบการทำงานของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแส (ตามรูปที่ 4) ซึ่งจะถูกใช้สำหรับเป็นตัวจ่ายกระแสตามรูปที่ 2 โดยที่การทดสอบวงจรจะทำการแปรค่าขนาดของแรงดันไฟฟ้า ( $V_{in}$ ) ที่ใช้เป็นอินพุตของวงจร และทำการแปรค่าความต้านทาน ( $R$ ) ที่ใช้ต่อร่วม จากนั้นพิจารณาถึงขนาดและทิศทางของกระแส ( $I_{ex}$ ) เอาต์พุตที่ได้



รูปที่ 4 กรอบแนวคิดการทดสอบตัวจ่ายกระแส



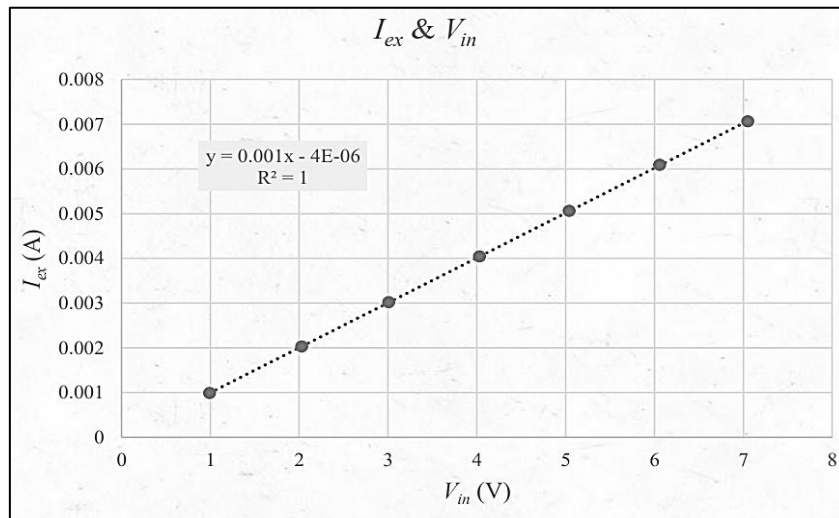
รูปที่ 5 กรอบแนวคิดการทดสอบแบตเตอรี่

ตามรูปที่ 5 กรอบแนวคิดการทดสอบแบตเตอรี่ในขั้นตอนที่สองเป็นการทดสอบขนาดและทิศทางของกระแส ( $I_{ex}$ ) ที่ใช้กระตุ้นแบตเตอรี่กับผลของค่าแรงดันไฟฟ้า ( $V_B$ ) ที่ตกคร่อมแบตเตอรี่ ซึ่งค่าที่ได้จะถูกนำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์หาค่า  $V_{B0}$  และค่า  $r_B$  ของแบตเตอรี่ต่อไป ในส่วนของขั้นตอนที่สามทำการทดสอบการตรวจวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานภายนอกที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าความภายในที่ต้องการตรวจวัดจำนวนหนึ่งต่อเป็นโหลตให้กับแบตเตอรี่ซึ่งเป็นการตรวจวัดแบบดั้งเดิม ค่าที่ได้จะถูกนำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์หาค่า  $V_{B0}$  และค่า  $r_B$  ของแบตเตอรี่เทียบกับขั้นตอนการทดสอบที่สอง โดยทำการทดสอบแต่ละขั้นตอนจำนวน 10 ครั้ง

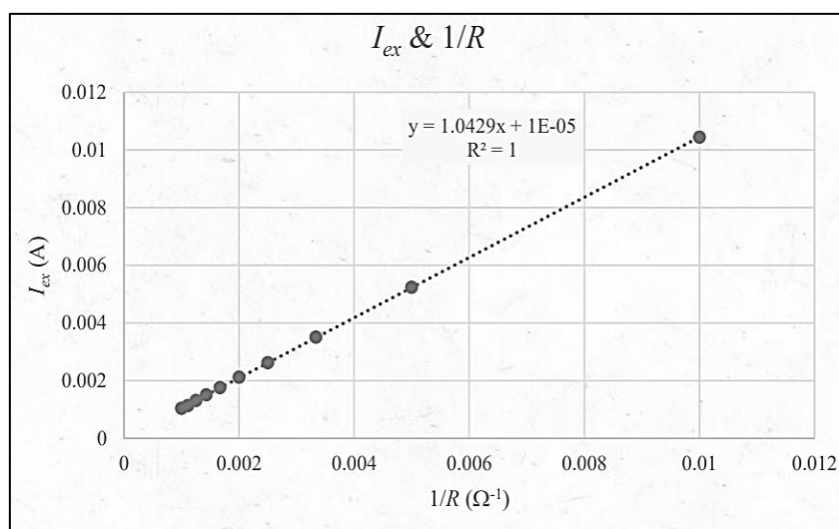


### ผลการศึกษา

ขั้นตอนแรกเป็นการออกแบบและทดสอบการทำงานของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแส (ตามรูปที่ 4) โดยทำการแปรค่าขนาดของแรงดันไฟฟ้า ( $V_{in}$ ) ที่ใช้เป็นอินพุตของวงจร และทำการแปรค่าความต้านทาน ( $R$ ) ที่ใช้ ต่อร่วม พิจารณาถึงขนาดและทิศทางของกระแส ( $I_{ex}$ ) เอาต์พุตที่ได้



รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เป็นอินพุตกับขนาดและทิศทางของกระแสเอาต์พุตของวงจร

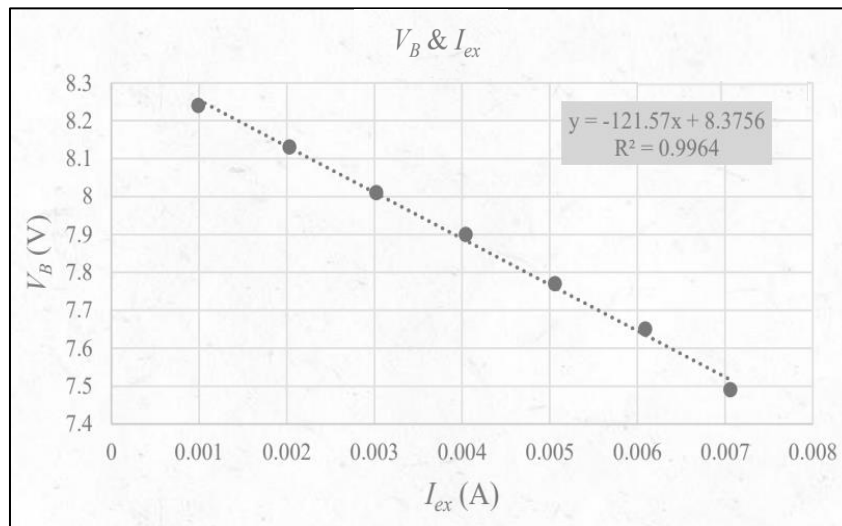


รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการแปรค่าความต้านทานกับขนาดและทิศทางของกระแสเอาต์พุตของวงจร



จากการพิจารณารูปที่ 6 และรูปที่ 7 เมื่อทำการแปรค่าขนาดของแรงดันไฟฟ้า ( $V_{in}$ ) ที่ใช้เป็นอินพุตของ วงจร และทำการแปรค่าความต้านทาน ( $R$ ) พบว่าขนาดและทิศทางของกระแส ( $I_{ex}$ ) เอาต์พุตที่ได้นั้น สามารถปรับค่า ได้ในช่วง 0–10 mA ด้วยการปรับค่า  $V_{in}$  หรือ  $R$  สามารถจ่ายกระแสได้อย่างเป็นเชิงเส้นกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เป็น อินพุตให้กับวงจร

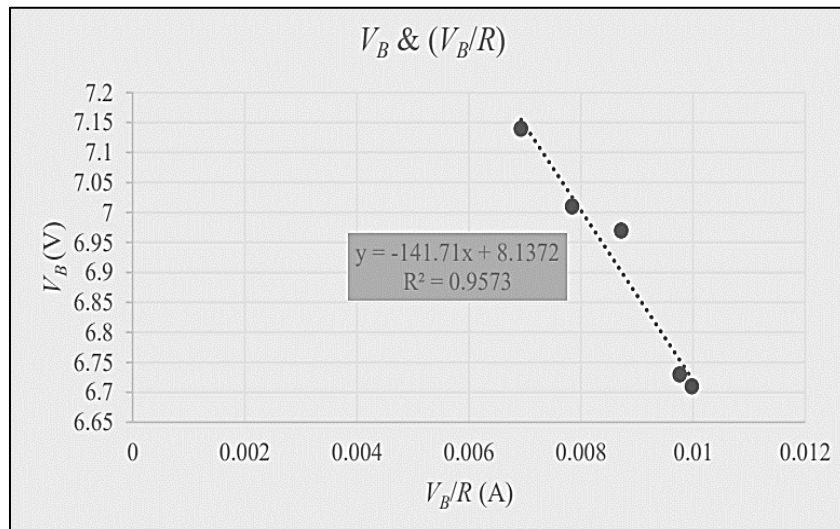
ขั้นตอนที่สองทำการทดสอบแบตเตอรี่โดยพิจารณาถึงขนาดและทิศทางของกระแส ( $I_{ex}$ ) ที่ใช้กระตุ้น แบตเตอรี่กับผลของค่าแรงดันไฟฟ้า ( $V_B$ ) ที่ตกคร่อมแบตเตอรี่



รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและทิศทางของกระแสกับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม แบตเตอรี่ด้วยวิธีการแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสแบบใช้อุปแอมป์

จากการพิจารณารูปที่ 8 พบว่าค่าที่ได้จากการทดลองนำมาคำนวณในสมการ  $V_B = V_{B0} + r_B I_{ex}$  จะได้ค่า  $V_{B0} = 8.38$  V และค่า  $r_B = 122 \Omega$

ขั้นตอนที่สามทำการทดสอบโดยการตรวจวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานภายนอกที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าความภายในที่ต้องการตรวจวัดจำนวนหนึ่งต่อเป็นโหลดให้กับแบตเตอรี่ซึ่งเป็นการตรวจวัดแบบดั้งเดิม



รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและทิศทางของกระแส  
กับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแบตเตอรี่ด้วยวิธีการทดลองแบบดั้งเดิม

จากการพิจารณารูปที่ 9 พบว่าค่าที่ได้จากการทดลองแบบดั้งเดิมเมื่อนำมาคำนวณในสมการ

$$V_B = V_{B0} + r_B I_{ex} \text{ จะได้ค่า } V_{B0} = 8.14 \text{ V และค่า } r_B = 142 \Omega$$

### อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็นสามขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนแรกทำการออกแบบและทดสอบการทำงานของตัวจ่ายกระแสซึ่งดัดแปลงมาจากวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแส สามารถจ่ายกระแสได้อย่างเป็นเชิงเส้นกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เป็นอินพุตให้กับวงจรได้ ซึ่งสามารถปรับค่าได้ในช่วง 0-10 mA ด้วยการปรับค่า  $V_{in}$  หรือ R

ขั้นตอนที่สองทำการทดสอบแบตเตอรี่โดยพิจารณาถึงขนาดและทิศทางของกระแสที่ใช้กระตุ้นแบตเตอรี่กับผลของค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแบตเตอรี่โดยทำการแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสแบบใช้อุปกรณ์ พบว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้กับแบตเตอรี่ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแบตเตอรี่จะมีค่าแปรผันตรงกับค่าขนาดของกระแสที่ใช้ และค่าแรงดันไฟฟ้าง่ายๆนี้ยังขึ้นอยู่กับขนาดของค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ โดยค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีการทดสอบดังกล่าวเท่ากับ  $122 \Omega$



ขั้นตอนที่สามทำการทดสอบโดยการตรวจวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานภายนอกที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าความต้านทานภายในที่ต้องการตรวจวัดจำนวนหนึ่งต่อเป็นโหลดให้กับแบตเตอรี่ พบว่าค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีการทดสอบดังกล่าวเท่ากับ  $142 \Omega$

เมื่อนำค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ ( $r_B$ ) ที่คำนวณได้จากการทดสอบด้วยวิธีแบบดั้งเดิมและวิธีที่ทำการออกแบบใหม่มาวิเคราะห์หาร้อยละความแตกต่างเท่ากับ 15.15%

### สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาออกแบบระบบการวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่โดยอาศัยเทคนิคการจ่ายสัญญาณกระแสกระตุ้นให้กับแบตเตอรี่ ซึ่งการเปลี่ยนค่าขนาดของกระแสสามารถทำได้โดยทั้งการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทาน และแบบปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เป็นอินพุตของตัววงจรจ่ายกระแส จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้กับแบตเตอรี่ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแบตเตอรี่จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นกับค่าขนาดของกระแสที่ใช้ เมื่อนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณด้วยสมการ  $V_B = V_{B0} + r_B I_{ex}$  พบว่าค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ ( $r_B$ ) ของทั้งสองวิธีเมื่อนำมาวิเคราะห์หาร้อยละความแตกต่างจะได้เท่ากับ 15.15% แสดงให้เห็นว่าวิธีการทดสอบที่ได้ทำการออกแบบใหม่นั้นไม่มีความแตกต่างจากวิธีการทดสอบแบบดั้งเดิมมากนัก ซึ่งถือได้ว่าการทดสอบแบตเตอรี่ด้วยวิธีที่ทำการพัฒนาและออกแบบการวัดค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่โดยอาศัยเทคนิคการจ่ายสัญญาณกระแสกระตุ้นนั้น เป็นอีกหนึ่งทางเลือกและมีความสะดวกกว่าการเปลี่ยนค่าความต้านทานเพียงอย่างเดียวของการทดสอบในแบบเดิม

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยด้วยความกรุณาจากหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลือทุกท่านที่เสียสละเวลาและให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้การสนับสนุนการวิจัย อีกทั้งสนับสนุนทางด้านอุปกรณ์ในการทำวิจัยรวมถึงคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์จากบุคลากรของภาควิชาทุกท่าน





## เอกสารอ้างอิง

- Abijith, V., Balaji Ramalingam, Narendranath, S. & Vijay Desai. (2013). A Device to Measure the Internal Resistance of an Automobile Battery. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(7), 662–667.
- Hoque, M.A., Nurmi, P., Kumar, A., Varjonen, S., Song, J., Pecht, M.G. & Tarkoma, S. (2021). Data driven analysis of lithium-ion battery internal resistance towards reliable state of health prediction. *Journal of Power Sources*, 513, 230519, 1–9.
- Karevs, V., Mezitis, M. & Freimane, J. (2017). High Precision Estimation of Internal Resistance of Battery. *Procedia Computer Science*, 104, 346–353.
- Kuntinugunetanon, S., Meesiri, W. & Wongkokua, W. (2021). Internal resistance measurements of Li-ion batteries using AC methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 1719, 012045, 1–4;  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1719/1/012045>
- Noelle, D.J., Wang, M., Le, A.V., Shi, Y. & Qiao, Y. (2018). Internal resistance and polarization dynamics of lithium-ion batteries upon internal shorting. *Applied Energy*, 212, 796–808.
- Odiamar, M.G.D.C. (2016). *EMF, Terminal Voltage, and Internal Resistance*. scribd.  
<https://www.scribd.com/doc/303189501/EMF-Terminal-Voltage-and-Internal-Resistance>.
- Zhang, H., Lu, R., Zhu, C. & Zhao, Y. (2014). On-line Measurement of Internal Resistance of Lithium Ion Battery for EV and its Application Research. *International Journal of u-and e-Service, Science and Technology*, 7(4), 301–310.



## การประเมินในระดับห้องปฏิบัติการของการปรับเสถียร แหล่งกำเนิดเตตระคลอโรเอทิลีนโดยใช้จีโอพอลิเมอร์

ทศพล กล้านาค<sup>1</sup> และ ธนพล เพ็ญรัตน์<sup>2</sup>

### Laboratory assessment of in situ stabilization of tetrachloroethene (PCE) source zone using geopolymer.

Thotsaphon Klamnak<sup>1\*</sup> and Tanapon Phenrat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาลันนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Environmental, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail : thotsaphonz@icloud.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้จีโอพอลิเมอร์ ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ) เพื่อปรับเสถียรน้ำใต้ดินที่ปนเปื้อนตัวทำละลายอุตสาหกรรม โดยสังเคราะห์ผงผลึก  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  ด้วยปฏิกิริยาสถานะของแข็งแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำผงผลึก ผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยาสารละลาย NaOH และ  $Na_2SiO_3$  ในอัตราส่วน 1:2 เพื่อให้ได้จีโอพอลิเมอร์ที่พร้อมใช้งานกับแบบจำลองน้ำใต้ดิน โดยแบบจำลองจะมีการใช้ทราย 3 ชนิด คือ ทรายหยาบ (1.0–2.0 mm), ทรายปานกลาง (1.19–0.59 mm) และทรายละเอียด (0.3–0.6 mm) โดยมีอัตราการไหลของน้ำในแบบจำลองเท่ากับ 0.19 เซนติเมตรต่อนาทีซึ่งทดลองการฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าสู่แบบจำลองในบริเวณที่ต้องการและทำให้แข็งตัวโดยใช้ความร้อนจากท่อน้ำภายในแบบจำลอง โดยใช้ความร้อนอุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมงโดยมีการใช้กล้องอินฟราเรดตรวจสอบอุณหภูมิ เมื่อจีโอพอลิเมอร์แข็งตัว สังเกตทิศทางการไหลในแบบจำลองที่เปลี่ยนไป การฉีดจีโอพอลิเมอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการกักเก็บสารพิษที่มีการปนเปื้อนในชั้นดิน จีโอพอลิเมอร์สามารถเพิ่มความหนาแน่นในบริเวณพื้นที่ที่มีการซึมผ่านได้ง่ายของน้ำ เช่น ความหนาแน่นในชั้นทรายหยาบ ทำให้น้ำไหลมีการเปลี่ยนทิศทางการไหลไปในทิศที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าและไม่ผ่านบริเวณที่มีการปนเปื้อนสารเตตระคลอโรเอทิลีน (PCE) จากการเก็บตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพการลดการปนเปื้อนของจีโอพอลิเมอร์ พบว่าประสิทธิภาพของการฉีดจีโอพอลิเมอร์ช่วยลดการปนเปื้อนที่ออกมาจากแบบจำลองจากค่าสูงสุดคือ 5.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงเหลือ 1.72 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็น 71 เปอร์เซ็นต์ของค่าการปนเปื้อน

**คำสำคัญ:** จีโอพอลิเมอร์ ผงอลูมิเนียมออกไซด์และซิลิคอนออกไซด์ การปรับเสถียรและการทำก้อนแข็ง(แบบในที่) การให้ความร้อน (แบบในที่)



### Abstract

Source zone of chlorinated organic solvents, especially as dense non-aqueous phase liquid (DNAPL) is a long-term source of groundwater contamination. This research proposes an innovative in situ source zone isolation by using geopolymer solidified in situ. Conceptually, geopolymer slurry is injected to encapsulate DNAPL source zone. Then, hot water circulation is performed to solidify the encapsulated geopolymer slurry, decreasing the permeability of porous media surrounding the DNAPL. This will decrease the groundwater flux into and out of the DNAPL source zone, which immediately stops the release of toxic contaminants from the source zone. To obtain geopolymer,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  crystalline powder was synthesized by calcine solid-state reaction at  $700^\circ\text{C}$  for 2 hours.  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  crystalline powder was mixed with NaOH and  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  solution catalysts at 1:2 ratio to obtain ready-to-use. A 2-dimensional flow cell was used as a model for subsurface contaminated with tetrachloroethene (PCE) source zone. Three types of sand: coarse sand (1.0–2.0 mm), medium sand (1.19–0.59 mm) and fine sand (0.3–0.6 mm) were packed in the 2-D flow cell with the PCE source zone in the course lense. The water flow rate in the model is 0.19 centimeters per minute. The geopolymer slurry was injected into the model by using heat from the water pipes inside the model (heated at  $70^\circ\text{C}$  for 8 hours, where the internal heat was examined with an infrared camera). When the geopolymer was hardened, we observed the flow diversion from the DNAPL source due to the increased density and decreased permeability of geopolymer-modified sand in the flow cell. PCE flux was substantially declined. The result found PCE flux reduce form 5.92 mg/l to 1.72 mg/l. The performance of the geopolymer reduced PCE for 71% of concentration.

**Keyword:** Geopolymer,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  crystalline powder, In Situ Stabilization, In Situ Heat-Solidification

### บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยในอดีตจนถึงปัจจุบันที่กำลังเป็นปัญหาอยู่ขณะนี้ คือปัญหามลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้มนุษย์กลับมาให้ความสำคัญกับปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกครั้ง แต่ก็ยังมีอีกหนึ่งปัญหาที่ถูกละเลยและมองข้าม นั่นคือปัญหามลพิษของดินและน้ำใต้ดิน อันเนื่องมาจากการพัฒนากระบวนการผลิตทางด้านอุตสาหกรรม การลักลอบปล่อยน้ำเสียหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การรั่วไหลของสารเคมีหรือสารพิษลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินจากสารเคมีในรูปแบบต่าง ๆ โดยปัญหานี้เป็นปัญหาที่เราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและไม่รู้ว่ามีการรั่วไหลหรือปนเปื้อนไปตามพื้นที่ใดบ้าง จนกว่าการปนเปื้อนนั้นจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและส่งผลกระทบต่อสุขภาพคนในสังคม จากสาเหตุดังกล่าวทางภาครัฐจึงได้ออกกฎหมายเพื่อควบคุมการปล่อยสารเคมีหรือสารพิษปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินของภาคอุตสาหกรรม การออกกฎโดยกระทรวงอุตสาหกรรมควบคุมการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดินภายในบริเวณโรงงาน พ.ศ. 2559 ว่าด้วยเรื่อง การกำหนดเกณฑ์



การปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน การตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน แจกข้อมูลและรายงาน เสนอมาตรการในการควบคุม และการลดการปนเปื้อนในดินและน้ำใต้ดิน เพื่อทำการเฝ้าระวังคุณภาพของดินและน้ำใต้ดิน ทางผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นว่าจีโอพอลิเมอร์ถือเป็นวัสดุทางเลือกที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากจีโอพอลิเมอร์มีข้อดีคือ คุณสมบัติที่มีความแข็งแรงสูงหลังจากโดนความร้อน กระจายตัวลงในชั้นดินที่มีความลึกได้เมื่อเทียบกับการใช้ปูนซีเมนต์ที่มีการกระจายตัวในช่องว่างของชั้นดินได้ไม่ดี (ปริญา จินตาประเสริฐ, 2549) หลักการของการใช้จีโอพอลิเมอร์นั้นคือการส่งจีโอพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวกระจายตัวไปในชั้นดินที่มีการปนเปื้อน เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้จีโอพอลิเมอร์แข็งตัวและจับสารพิษไว้ในตัวของจีโอพอลิเมอร์ วิธีการนี้เรียกว่าวิธี “การปรับเสถียรและการทำก้อนแข็ง” (Stabilization and solidification) ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นศึกษาการผลิตจีโอพอลิเมอร์โดยวิธีการสังเคราะห์ เพื่อนำไปควบคุม การปนเปื้อนของสารอินทรีย์ระเหยในดิน และน้ำใต้ดินในแหล่งอุตสาหกรรม เพื่อแก้ปัญหาการปนเปื้อนชั้นดินและชั้นน้ำใต้ดินด้วยวิธีการปรับเสถียรและการทำก้อนแข็ง

### โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์

1. เพื่อนำจีโอพอลิเมอร์ที่ผลิตได้ไปผ่านกระบวนการการปรับเสถียรแบบในที่ (In Situ STABILIZATION AND SOLIDIFICATION) ด้วยการให้ความร้อนแบบในพื้นที่ ได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในแบบจำลอง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้จีโอพอลิเมอร์ปรับเสถียรแบบในที่การปนเปื้อนของสารอินทรีย์ระเหยภายในแบบจำลอง

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

#### ศึกษาวิธีการสังเคราะห์จีโอพอลิเมอร์

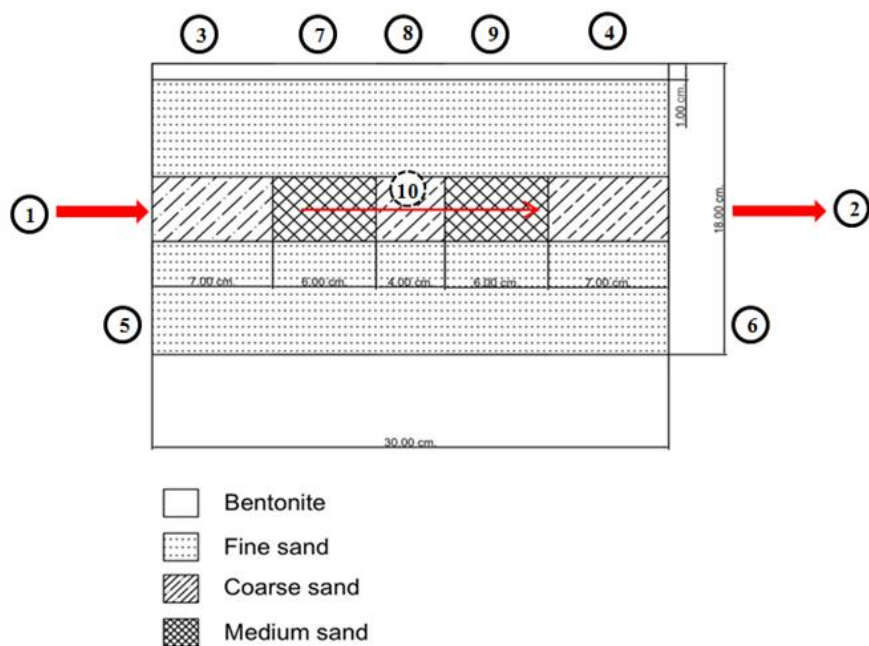
ทดลองการสังเคราะห์จีโอพอลิเมอร์ด้วยกระบวนการปฏิกิริยาสถานะของแข็ง (Solid State Reaction) (สุพล อนันตา, 2552) นำผง  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  ไปเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เพื่อให้เกิดโครงสร้างผลึกและค่าความเป็นจีโอพอลิเมอร์ โดยใช้เครื่องเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffractometer) (สุรินทร์ ลิมปนาท และศรีโฉน ขุนทนต์, 2543) การเกิดจีโอพอลิเมอร์ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาคือ NaOH ที่ความเข้มข้น 10 โมลผสมกับ  $Na_2SiO_3$  ในอัตราส่วน 1:2.5 เมื่อได้ตัวเร่งปฏิกิริยาให้นำผงที่ได้ นำไปผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยาในอัตราส่วน 1:2 จะได้จีโอพอลิเมอร์แบบเหลว เพื่อฉีดเข้าสู่แบบจำลองหรือบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ระเหยเพื่อลดการปนเปื้อนของน้ำที่ไหลออกมาจากภายในแบบจำลองได้ โดยในตอนแรกของการฉีดจีโอพอลิเมอร์จะเป็นจีโอพอลิเมอร์เหลวที่เข้าไปกระจาย



ตัวในพื้นที่ที่เราต้องการภายในแบบจำลอง จีโอพอลิเมอร์จะแข็งตัวขึ้นเมื่อโดนความร้อนเป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60-90 องศาเซลเซียส

**ศึกษาทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน และออกแบบแบบจำลองชั้นดิน**

ทดลองจากการอ้างอิงทฤษฎีของดาร์ซี (Dracy’s law) เกี่ยวกับความหนาแน่นของชั้นทรายแต่ละชนิดและค่าการซึมผ่านของชั้นทรายแต่ละชั้น จึงเป็นที่มาของการออกแบบแบบจำลองชั้นดินและชั้นน้ำใต้ดิน ซึ่งได้การออกแบบจาก Phenrat et al.,(2010) กำหนดทิศทางการไหล โดยใช้ทราย 3 ชนิดเป็นตัวกำหนดทิศทางการไหลของน้ำผ่านแบบจำลอง ด้านบนสุดมีการปิดด้วยเบนโทไนท์ที่ป้องกันการระเหยของสารอินทรีย์ระเหยเมื่อใส่เข้าสู่แบบจำลอง มีการใส่ท่อน้ำเข้าน้ำออกให้กับแบบจำลอง



รูปที่ 1 การออกแบบแบบจำลองชั้นดิน ชั้นน้ำใต้ดินและทิศทางการไหลของน้ำ

จากรูปที่ 1 จุดที่ 1 เป็นจุดที่มีน้ำไหลเข้าและไปออกในจุดที่ 2 มีอัตราการไหล 0.19 เซนติเมตรต่ออนาที จุดที่ 3, 4, 5 และ 6 คือจุดที่มีการใส่ท่อความร้อนเข้าสู่ด้านในของแบบจำลองโดยใช้น้ำร้อนไหลเข้าจุดที่ 3 และ 4 จากนั้นน้ำร้อนจะไหลออกในจุดที่ 5 และ 6 ในส่วนของการฉีดจีโอพอลิเมอร์จะใช้จุดที่ 7, 8 และ 9 ในการฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าสู่แบบจำลอง ส่วนสุดท้ายคือด้านหลังของแบบจำลองสำหรับการฉีดสารเตตระคลอโรเอทิลีนในจุดที่ 10 ซึ่งการออกแบบมาจาก Phenrat et al., (2011)



### ศึกษาการให้ความร้อนภายในแบบจำลอง

ทดลองการให้ความร้อนกับแบบจำลองจากรูปที่ 1 ในจุดที่ 3, 4, 5 และ 6 โดยมีการใส่ท่ออลูมิเนียมไว้ภายในแบบจำลอง ใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส ใช้อัตราการไหลผ่านของน้ำร้อนที่ 70 มิลลิลิตรต่อนาที ผ่านเข้าสู่ท่ออลูมิเนียมเพื่อให้ความร้อนกระจายตัวอยู่ภายในแบบจำลอง ทำการวัดค่าอุณหภูมิภายนอกด้วยกล้องอินฟราเรดและใช้เทอร์โมมิเตอร์ในการวัดค่าอุณหภูมิความร้อนจากภายในของแบบจำลอง

### ศึกษาการฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าสู่แบบจำลอง และให้ความร้อน เพื่อให้จีโอพอลิเมอร์แข็งตัว

ทดลองผสมจีโอพอลิเมอร์กับตัวเร่งปฏิกิริยาในอัตราส่วน 1: 2 จะได้จีโอพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวฉีดเข้าไปภายในแบบจำลอง จากรูปที่ 1 ทำการฉีดเข้าสู่แบบจำลองผ่านจุดที่ 7, 8 และ 9 เพื่อให้จีโอพอลิเมอร์กระจายตัวในบริเวณที่ต้องการ จากนั้นทำการให้ความร้อนด้วยการเดินน้ำร้อนเข้าสู่แบบจำลองเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อให้จีโอพอลิเมอร์เปลี่ยนสถานะและแข็งตัว มีการทดลองการเปรียบเทียบทิศทางการไหลของน้ำสีเขียวที่ผ่านแบบจำลองแบบไม่มีจีโอพอลิเมอร์และแบบมีจีโอพอลิเมอร์ภายในแบบจำลองเพื่อศึกษาทิศทางการไหลของน้ำที่ไหลผ่าน ทำการเก็บค่าน้ำที่ออกจากแบบจำลองไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรสโกปี (Spectroscopy)

### ศึกษาการฉีดเตตระคลอโรเอทิลีนและฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าสู่พื้นที่ เพื่อลดการปนเปื้อนภายในแบบจำลอง

ทดลองฉีดสารเตตระคลอโรเอทิลีนเข้าสู่แบบจำลองจากรูปที่ 1 ทำการฉีดสารเตตระคลอโรเอทิลีนเข้าสู่แบบจำลองในจุดที่ 10 โดยใช้สารเตตระคลอโรเอทิลีน 20 มิลลิกรัมผสมกับสีย้อมสารให้สารเป็นสีแดง เพื่อให้สังเกตเห็นการกระจายตัวของสารได้อย่างชัดเจน ทดลองเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 10 ชั่วโมง นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ผลด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) เพื่อเก็บข้อมูลไปวิเคราะห์ผล จากนั้นทำการฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าสู่แบบจำลองและให้ความร้อนเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทำการเก็บค่าน้ำที่ออกจากแบบจำลองเป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำค่าน้ำที่ได้ในแต่ละชั่วโมงไปวิเคราะห์ผลด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีเพื่อนำข้อมูลมาแปลผลเปรียบเทียบระหว่างค่าการปนเปื้อนของสารเตตระคลอโรเอทิลีนที่ไม่มีการฉีดจีโอพอลิเมอร์ไปล้อมรอบและแบบมีการฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าไปเพิ่มความหนาแน่นในพื้นที่

## ผลการศึกษา

### ผลการทดลอง

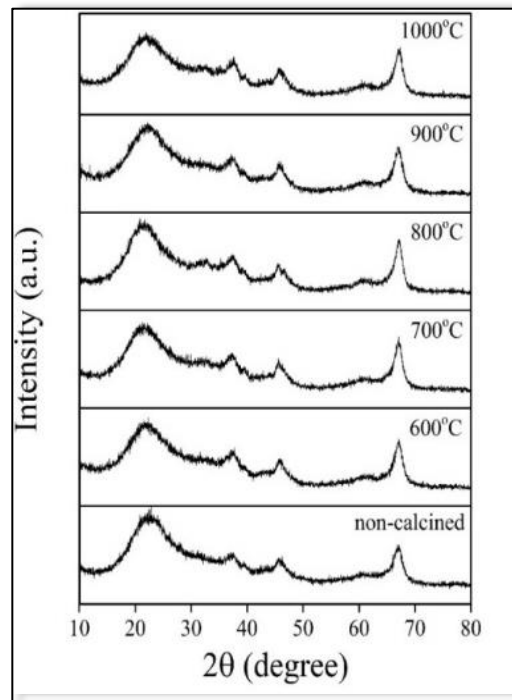
ผลการทดลอง งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาสารอินทรีย์ระเหยที่มีการปนเปื้อนภายในชั้นดินและชั้นน้ำใต้ดิน โดยอาศัยหลักการของการจับสารอินทรีย์ระเหยและทำให้สารอินทรีย์ระเหยนั้นแข็งตัวด้วยวิธีการปรับเสถียรและการทำก้อนแข็ง (Stabilization and Solidification) ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการ



ปนเปื้อน สารอินทรีย์ระเหยที่กระจายตัวอยู่ในชั้นดิน รวมถึงน้ำใต้ดินที่ไหลผ่านบริเวณที่มีการปนเปื้อนจนกระทั่ง สารอินทรีย์ระเหยนั้นไม่สามารถกระจายตัวออกไปสู่สิ่งแวดล้อมได้อีกต่อไป

### ผลของการสังเคราะห์จีโอพอลิเมอร์

จากการทดลองการสังเคราะห์จีโอพอลิเมอร์ ได้มีการนำผง  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  ที่ทำการแคลไซน์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ไปทำการศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer) พบว่ามีค่าเป็นผงผลึกของการ เป็นจีโอพอลิเมอร์สังเคราะห์ได้จากจากรูปที่ 2 จีโอพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐาน (amorphous) แสดงพีคกว้าง (broad peak) ที่มุม  $18^\circ - 36^\circ$  ในขณะที่จีโอพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบวิภาค (phase) แสดงพีคเดี่ยวที่มุม  $46^\circ$  และ  $67^\circ$  เมื่อทำการนำค่าที่ได้จากที่ได้จากรูปที่ 2 มาวิเคราะห์พื้นที่ใต้กราฟในตารางที่ 1 ทุกตัวอย่างแสดงโครงสร้าง แบบผสมระหว่างอสัณฐานและวิภาค ซึ่งมีความเป็นผลึก (crystallization) สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิแคลไซน์เพิ่มมากขึ้น โดยค่าความเป็นผลึกแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าที่อุณหภูมิแคลไซน์  $700^\circ C$  ผงผลึกแสดงความเป็นผลึกสูงสุด



รูปที่ 2 แบบรูปการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของผงผลึก  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  ที่ไม่ผ่านการแคลไซน์และแคลไซน์ที่อุณหภูมิ  $1000-600^\circ C$

เป็นเวลา 2 ชั่วโมง



ตารางที่ 1 ค่าความเป็นผลึกของผงผลึก  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  ที่ไม่ผ่านการแคลไซน์และแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 600-1000°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

Calcined Temperature (°C)	All Peak Areas	Crytal Peak Areas	%Crystallinity
Non-calcined	17,350	9,507	54.79
600	17,218	9,450	54.88
700	16,598	9,311	56.09
800	16,772	9,352	55.75
900	16,816	9,326	55.45
1,000	17,583	9,652	54.89

### ผลของทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินและออกแบบแบบจำลองชั้นดิน

จากการออกแบบชั้นทรายตามแบบจำลองรูปที่ 1 ได้มีการทดลองผลของทิศทางการไหลของน้ำที่ใช้ส่วนผสมอาหารสีเขียวในการไหลผ่านแบบจำลอง โดยน้ำสีเขียวมีปริมาณ 1.6 ลิตร ไหลผ่านแบบจำลองด้วยความเร็ว 0.19 เซนติเมตรต่อวินาทีเมื่อครบ 1.6 ลิตรได้ทำการใช้น้ำสีใสเข้าสู่แบบจำลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลง จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นทิศทางการไหลของน้ำสีเขียวในการเคลื่อนที่ตามทิศทางการไหลของน้ำที่ออกแบบคือไหลไปในทิศทางที่มีค่าความหนาแน่นน้อยมีการซึมผ่านของน้ำสูง โดยลักษณะการไหลของน้ำจะผ่านบริเวณตรงกลางแบบจำลองและไหลออกจากแบบจำลองในทางน้ำออกของแบบจำลอง จากนั้นทำการเก็บค่าน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบระหว่างการไหลของน้ำที่ไม่มีจีโอพอลิเมอร์และการมีจีโอพอลิเมอร์อยู่ในแบบจำลอง

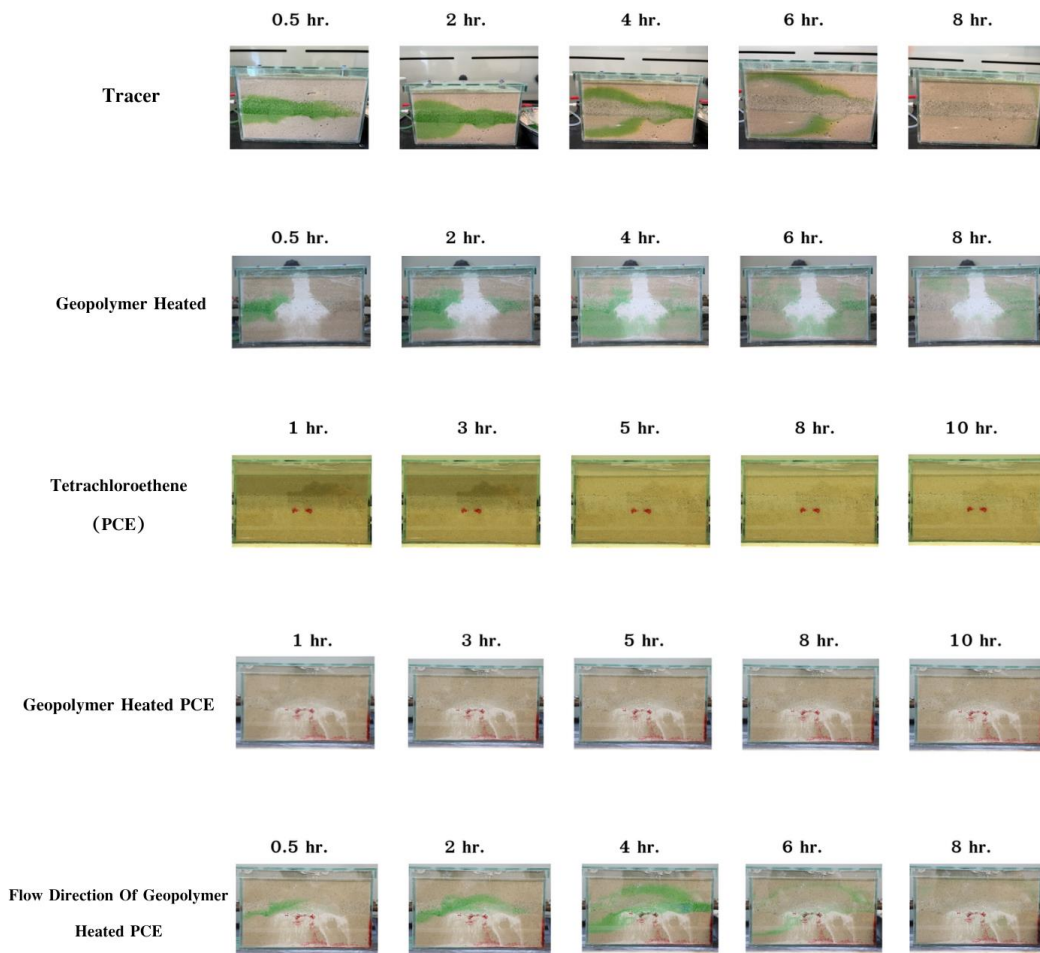
### ผลของการให้ความร้อนภายในแบบจำลอง

จากการออกแบบแบบจำลองให้มีการใส่ท่ออุณหภูมิกระจายความร้อนจากนั้นได้ทำการทดลองการให้ความร้อนเข้าสู่แบบจำลองเปล่าเพื่อวัดอุณหภูมิในการกระจายตัวของความร้อนด้านในแบบจำลอง โดยใช้กล้องอินฟราเรดวัดอุณหภูมิภายนอกของแบบจำลองและเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิภายในแบบจำลอง ผลที่ได้ของการให้ความร้อนภายในแบบจำลองดังรูปที่ 4 (a)เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิที่วัดได้จากภายนอกอยู่ที่ 34.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 40 องศาเซลเซียส รูปที่ 4 (b)เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง อุณหภูมิที่วัดได้จากภายนอกอยู่ที่ 41.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 50 องศาเซลเซียส และรูปที่ 4 (c)เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง อุณหภูมิที่วัดได้จากภายนอกอยู่ที่ 47.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในอยู่ที่ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งสังเกตจากความร้อนภายในที่ร้อนขึ้น จากรูปที่ 4 (d)อุณหภูมิความร้อนของน้ำร้อนภายในที่อยู่ที่ 63.1 องศาเซลเซียส

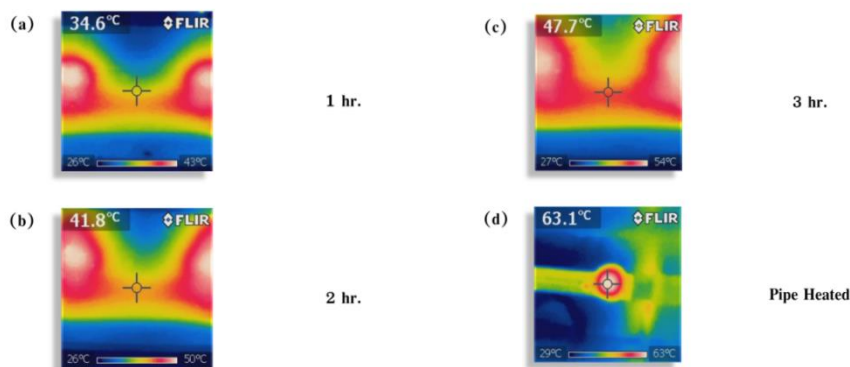




โดยการให้ความร้อนในแบบจำลองเพื่อทดสอบการกระจายตัวของความร้อนก่อนทำการฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าสู่แบบจำลอง เพื่อให้รู้ถึงจุดที่ความร้อนกระจายตัวให้ถึงในบริเวณที่จีโอพอลิเมอร์เข้าไปสู่แบบจำลอง



รูปที่ 3 แสดงการไหลของน้ำในแบบจำลองในแต่ละช่วงเวลาของการทดลองทิศทางการไหลของน้ำสีเขียว, ทิศทางการไหลของน้ำสีเขียวล้างฉีดจีโอพอลิเมอร์, ฉีดสารเตตระคลอโรเอทิลีน, ฉีดสารเตตระคลอโรเอทิลีนและจีโอพอลิเมอร์ให้ความร้อน 8 ซม. และทิศทางการไหลของน้ำสีเขียวผ่านสารเตตระคลอโรเอทิลีนและจีโอพอลิเมอร์ที่ผ่านการให้ความร้อน

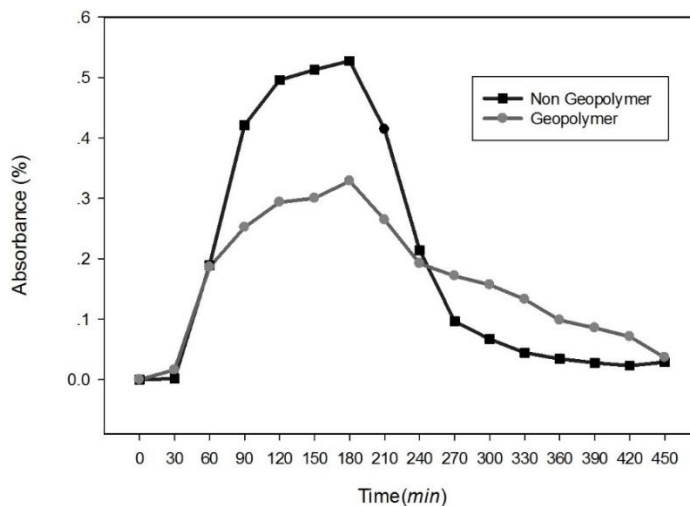


รูปที่ 4 การให้ความร้อนภายในแบบจำลอง



### ผลของการฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าสู่แบบจำลองและให้ความร้อนเพื่อให้จีโอพอลิเมอร์แข็งตัว

หลังจากการทดลองการไหลของน้ำสีเขียวแบบไม่มีจีโอพอลิเมอร์ ทำการทดลองการฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าสู่แบบจำลองและให้ความร้อนเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อให้จีโอพอลิเมอร์แข็งตัว ได้ทำการเดินน้ำสีเขียวเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของน้ำและเก็บค่าน้ำสีเขียวที่ออกมาจากแบบจำลองเพื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง พบว่าจากรูปที่ 3 เปรียบเทียบระหว่างรูปการเดินน้ำสีเขียวแบบไม่มีจีโอพอลิเมอร์กับการเดินน้ำสีเขียวหลังฉีดจีโอพอลิเมอร์แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของทิศทางการไหลของน้ำในบริเวณที่มีจีโอพอลิเมอร์เข้าไปเพิ่มความหนาแน่นทำให้น้ำมีการเปลี่ยนทิศทางและไหลอ้อมออกจากแบบจำลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจีโอพอลิเมอร์สามารถเพิ่มความหนาแน่นให้กับชั้นทรายที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุดได้ เมื่อนำน้ำที่ไหลออกจากแบบจำลองวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง จากรูปที่ 5 พบว่า ค่าการไหลของกราฟที่ไม่มีจีโอพอลิเมอร์ขึ้นสูงสุดที่เวลา 180 นาทีจากนั้นค่าลดลงอย่างรวดเร็วและกลับมาใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้นในนาทีที่ 330 เป็นต้นไป แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟที่มีจีโอพอลิเมอร์ฉีดเข้าสู่แบบจำลองพบว่า ค่ากราฟมีค่าการดูดกลืนแสงน้อยกว่าและมีการไหลออกจากแบบจำลองได้ช้ากว่าเนื่องจากทิศทางการไหลของน้ำที่เปลี่ยนไปทำให้ลักษณะการไหลอ้อมบริเวณตรงกลางของแบบจำลองและค่อย ๆ ไหลออกจากแบบจำลองจึงทำให้นาทีที่ 270 ค่ากราฟของการฉีดจีโอพอลิเมอร์นั้นยังสูงกว่าค่าของการไม่มีจีโอพอลิเมอร์



รูปที่ 5 ค่าการดูดกลืนแสงระหว่างแบบจำลองที่ไม่มีจีโอพอลิเมอร์และมีจีโอพอลิเมอร์

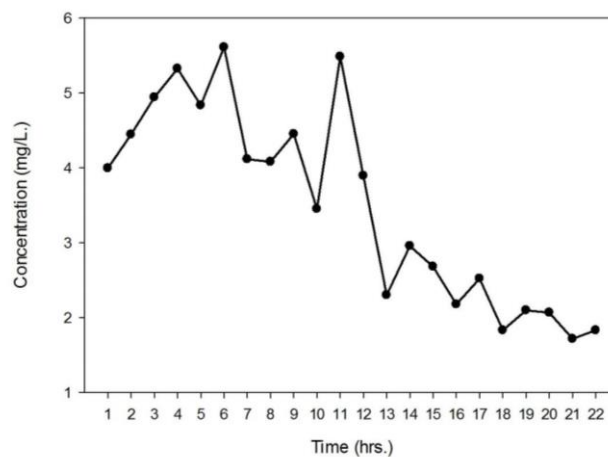
### ผลของการฉีดเตตระคลอโรเอทิลีนและฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าสู่พื้นที่เพื่อลดการปนเปื้อนภายในแบบจำลอง

การทดลองการฉีดสารเตตระคลอโรเอทิลีนเข้าสู่แบบจำลองเพื่อเก็บตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ค่า จากรูปที่ 3 การฉีดสารเตตระคลอโรเอทิลีนเก็บค่าน้ำสีเขียวที่ไหลผ่านแบบจำลอง โดยรูปแสดงให้เห็นถึงน้ำที่ไหลผ่านแบบจำลองมีการเก็บตัวอย่างที่ไหลออกมาจากแบบจำลองเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เมื่อเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้วทำการฉีด



จีโอพอลิเมอร์เข้าสู่แบบจำลองโดยให้จีโอพอลิเมอร์กระจายตัวคลุมบริเวณที่มีการปนเปื้อนจากนั้นให้ความร้อนเป็นเวลา 8 ชั่วโมงพบว่าจีโอพอลิเมอร์นั้นมีการพาสารเตตระคลอโรเอทิลีนลงไปตามล่างของแบบจำลองซึ่งตัวจีโอพอลิเมอร์เองนั้นมีการกระจายตัวล้อมรอบบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารด้วยเช่นเดียวกัน หลังจากให้ความร้อนเป็นเวลา 8 ชั่วโมงได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ไหลผ่านแบบจำลองเป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำค่าน้ำที่ได้จากการเก็บตัวอย่างทั้งแบบการฉีดสารเตตระคลอโรเอทิลีนเก็บค่าน้ำใส่ที่ไหลผ่านแบบจำลองและฉีดสารเตตระคลอโรเอทิลีนและจีโอพอลิเมอร์ให้ความร้อน 8 ชั่วโมง

แสดงให้เห็นจากรูปที่ 6 ค่าการปนเปื้อนของสารเตตระคลอโรเอทิลีน พบว่าใน 10 ชั่วโมงแรกเป็นการเก็บตัวอย่างที่ไหลออกมาจากแบบจำลองโดยค่าที่เก็บได้ในแต่ละช่วงเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 4.53 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 5.92 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นมีการฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าสู่แบบจำลองและให้ความร้อน ในชั่วโมงที่ 11 นั้นมีค่ากลับมาสูงขึ้นอีกครั้งที่ความเข้มข้น 5.49 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นช่วงที่มีการฉีดสารจีโอพอลิเมอร์และให้ความร้อนเข้าสู่แบบจำลอง หลังจากนั้นพบว่าค่าการปนเปื้อนมีค่าความเข้มข้นลดลงอย่างต่อเนื่อง ค่าการลดลงในช่วงชั่วโมงที่ 18 ถึง 22 ชั่วโมงนั้นเป็นช่วงที่ค่าเริ่มคงที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.90 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าความเข้มข้นลดลงต่ำสุดอยู่ที่ 1.72 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 6 ค่าการปนเปื้อนของสารเตตระคลอโรเอทิลีน

### อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาและการทดลองต่าง ๆ โดยเริ่มสังเคราะห์จีโอพอลิเมอร์ที่ต้องการอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมสารเพื่อฉีดเข้าสู่แบบจำลอง มีการทดลองการให้ความร้อนเพื่อให้แข็งตัวในบริเวณพื้นที่ที่เราต้องการทดลองน้ำที่ไหลผ่านบริเวณที่เราเพิ่มความหนาแน่นภายในพื้นที่ จนนำมาสู่การเก็บตัวอย่างของการฉีดสาร



เตตระคลอโรเอทิลีนที่มีการใช้จีโอพอลิเมอร์เข้าไปจับบริเวณที่มีการปนเปื้อนเพื่อเพิ่มความหนาแน่นในพื้นที่และลดการไหลของสารที่ปนเปื้อนออกมากับน้ำ

พบว่าประสิทธิภาพก่อนการบำบัดสูงสุดอยู่ที่ 5.92 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อเทียบกับการฉีดจีโอพอลิเมอร์เข้าไปจับพื้นที่ในบริเวณที่มีการปนเปื้อน ค่าต่ำสุดที่มีการลดการปนเปื้อนได้อยู่ที่ 1.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งคิดเป็นการลดลงของความเข้มข้นอยู่ที่ 71 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งหลักการของการลดลงของค่าการปนเปื้อนนั้น คือการเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำไม่ให้ไหลผ่านบริเวณที่มีการปนเปื้อนอีกทั้งให้จีโอพอลิเมอร์ช่วยให้พื้นที่ในบริเวณที่มีการปนเปื้อนแข็งตัวและกักเก็บสารพิษไม่ให้รั่วไหลออกไปสู่บริเวณอื่นได้อีก โดยสามารถสังเกตได้จากการที่น้ำมีการเปลี่ยนทิศทางการไหลไปในทิศทางอื่นและไม่ผ่านบริเวณที่เป็นการปนเปื้อน สังเกตได้จากรูปที่ 3 ทิศทางการไหลของน้ำสีเขียวผ่านสารเตตระคลอโรเอทิลีนและจีโอพอลิเมอร์ที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว รูปแสดงให้เห็นถึงทิศทางการไหลของน้ำที่มีลักษณะไหลอ้อมบริเวณที่จีโอพอลิเมอร์แข็งตัวอย่างชัดเจน จีโอพอลิเมอร์มีการเพิ่มความหนาแน่นของพื้นที่รวมถึงลดการซึมผ่านของน้ำได้

### สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการปรับเสถียรแหล่งกำเนิดเตตระคลอโรเอทิลีนโดยใช้จีโอพอลิเมอร์ พบว่า น้ำจีโอพอลิเมอร์ที่ผลิตได้ไปผ่านกระบวนการการปรับเสถียรแบบในที่ (In Situ STABILIZATION AND SOLIDIFICATION) ด้วยการให้ความร้อนแบบในพื้นที่ ได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในแบบจำลอง มีการแข็งตัวในพื้นที่ เพิ่มความหนาแน่นลดการซึมผ่านของน้ำและสามารถเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำได้

การใช้จีโอพอลิเมอร์ปรับเสถียรแบบในที่การปนเปื้อนของสารอินทรีย์ระเหยภายในแบบจำลองโดยมีการลดลงของค่าการปนเปื้อนสารเตตระคลอโรเอทิลีนอยู่ที่ 1.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าสูงสุดที่วัดได้อยู่ที่ 5.92 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยประสิทธิภาพสูงสุดของการลดค่าการปนเปื้อนอยู่ที่ 71% ของการทดลอง

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นการประสบความสำเร็จครั้งแรกเกี่ยวกับกระบวนการการปรับเสถียรแบบในที่ (In Situ STABILIZATION AND SOLIDIFICATION) ให้สารอินทรีย์ระเหยแข็งตัวด้วยการส่งจีโอพอลิเมอร์เข้าสู่พื้นที่ ยังคงต้องมีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้จีโอพอลิเมอร์ต่อไป



## เอกสารอ้างอิง

- Phenrat, T., Cihan, A., Kim, H. J., Mital, M., Illangasekare, T., & Lowry, G. V. (2010). Transport and deposition of polymer-modified Fe<sub>0</sub> nanoparticles in 2-D heterogeneous porous media: effects of particle concentration, Fe<sub>0</sub> content, and coatings. *Environmental science & technology*, 44(23), 9086–9093.
- Phenrat, T., Fagerlund, F., Illangasekare, T., Lowry, G. V. & Tilton, R. D. (2011). Polymer-Modified Fe<sup>0</sup> Nanoparticles Target Entrapped NAPL in Two Dimensional Porous Media: Effect of Particle Concentration, NAPL Saturation, and Injection Strategy. *Environ Science Technology*, 45, 6102–6109.
- ปริญญา จินดาประเสริฐ. (25–26 มกราคม 2549). สารจีโอพอลิเมอร์: วัสดุเชื่อมประสานที่ไม่ใช้ปูนซีเมนต์. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุพล อนันตา.(2552). กระบวนการประดิษฐ์สำหรับเซรามิกชั้นสูง. เชียงใหม่: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- สุรินทร์ ลิมปนาท และ ศรีโจน ขุนทน. (2543). เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคชันในเครื่องมือวิจัยทางวัสดุ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



## การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการแบ่งกลุ่มสำหรับข้อมูลทับซ้อน

พณิศา หมื่นจันทร์<sup>1</sup> และ เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี<sup>1\*</sup>

### A Comparison of Clustering Techniques for Overlapping Data.

Phannida Mhuenchan<sup>1</sup> and Katechan Jampachaisri<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Statistic, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: katechanj@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันเป็นยุคที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล ข้อมูลและข่าวสารจำนวนมากถูกสร้างขึ้นใหม่ในทุก ๆ วัน และสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ง่ายเกิดเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ทำให้องค์กรต่าง ๆ หันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับข้อมูลกันมากขึ้น กระบวนการรวมข้อมูลจนเกิดเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ อาจเกิดการทับซ้อนของข้อมูล (Overlapping Data) จำเป็นต้องมีการจัดการอย่างระมัดระวัง โดยเทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูลใช้เพื่อระบุและกำจัดจุดข้อมูลที่ทับซ้อนกันได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการแบ่งกลุ่ม 2 วิธี คือ เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน (K-means Clustering Techniques) และเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมดอยด์ (K-medoids Clustering Techniques) ทำการจำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร จำนวนตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา 3 ตัวแปร ขนาดตัวอย่างที่ใช้คือ 100 และ 1,000 ตัวอย่าง จำนวนกลุ่มที่จำลอง คือ 2, 3 และ 4 กลุ่ม ข้อมูลมีเปอร์เซ็นต์ของการทับซ้อน (Overlapping Data) คือ 0 เปอร์เซ็นต์และ 5 เปอร์เซ็นต์ ทำซ้ำทั้งหมด 1,000 รอบในแต่ละสถานการณ์ เหน้ที่ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มใช้ 2 วิธี คือ ค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม (Root Mean Square Standard Deviations: RMSSTD) และค่าความแม่นยำ (Accuracy) ผลการศึกษาพบว่า กรณีที่ข้อมูลไม่ทับซ้อน เมื่อพิจารณาจากค่าความแม่นยำ ทั้งสองเทคนิคสามารถแบ่งกลุ่มได้ดีใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มจะพบว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมดอยด์ให้ค่าที่ต่ำกว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนในทุกกรณี ส่วนกรณีที่ข้อมูลทับซ้อนกัน 5 เปอร์เซ็นต์พบว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมดอยด์ให้ค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มที่ต่ำที่สุด และให้ค่าความแม่นยำที่สูงกว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนทุกกรณี สิ่งที่เหมือนกันนั้นคือเมื่อจำนวนกลุ่มในการทับซ้อนเพิ่มขึ้น ทั้งสองเทคนิคมีประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มที่ลดลง

คำสำคัญ: ข้อมูลทับซ้อน คลัสเตอร์ เคมีน เคเมดอยด์ เทคนิคการแบ่งกลุ่ม



### Abstract

Currently, we are in the era of digital technology, where a large amount of data and information is being generated anew every day. It can be easily collected, resulting in Big Data. As a result, various organizations have become increasingly interested in data. The process of aggregating data into Big Data may lead to the occurrence of overlapping data. It is necessary to manage it carefully. The technique of data grouping is used to identify and eliminate overlapping data points. The objective of this research is to compare the efficiency of two clustering techniques: K-means and K-medoids. Data were simulations from conducted multivariate normal distributions. The study consisted of 3 variables, with the sample size of 100 and 1,000 and the number of groups was 2, 3, and 4. The overlapping percentages were 0% and 5%. A total of 1,000 iterations were performed for each scenario. Two criteria were used to assess the efficiency of: grouping techniques' efficiency: Root Mean Square Standard Deviations (RMSSTD) and accuracy. The results showed that in cases when the data did not overlap, both techniques (K-means and K-medoids) performed similarly in terms of accuracy. However, when considering RMSSTD, the K-medoids technique yielded lower values in all scenarios. In cases when the data had a 5% overlapping the K-medoids technique produced the lowest RMSSTD and higher accuracy as compared to the K-means technique in all scenarios. One common finding was that as the number of groups increased, both techniques showed a decrease in grouping techniques.

**Keywords:** Overlapping Data, Cluster, K-means, K-medoids, Clustering Techniques

### บทนำ

ปัจจุบันเป็นยุคที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล ข้อมูลถูกสร้างขึ้นใหม่ในทุกๆ วันจนเกิดเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ทำให้องค์กรต่างๆ หันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับข้อมูลกันมากขึ้น ซึ่งการจะนำข้อมูลขนาดใหญ่มาใช้ประโยชน์ได้นั้น ต้องผ่านการนำข้อมูลมาเข้ากระบวนการวิเคราะห์ แยกแยะ และหาความสัมพันธ์ของข้อมูล เรียกว่า การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) โดยใช้อาศัยการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เข้ามาช่วยเป็นกระบวนการที่เน้นให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้ และพัฒนาตนเองจากข้อมูลที่มีอยู่ในกระบวนการรวมข้อมูลจนเกิดเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ อาจเกิดการทับซ้อนของข้อมูล (Overlapping Data) เนื่องจากมีกรณีข้อมูลที่เดียวกันถูกบันทึกหลายครั้ง การรวบรวมข้อมูลลูกค้าจากช่องทางหรือแพลตฟอร์มต่าง ๆ อาจมีจุดข้อมูลที่ทับซ้อนกัน เช่น ชื่อ ที่อยู่ หรือรายละเอียดการติดต่อ เป็นต้น เหตุการณ์นี้สามารถเกิดขึ้นได้ในบริบทต่าง ๆ เช่น การรวบรวมข้อมูล การผสานข้อมูล หรือกระบวนการรวมข้อมูล โดยข้อมูลที่ทับซ้อนกันอาจทำให้เกิดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ข้อมูล และกระบวนการจัดการข้อมูล จำเป็นต้องมีการจัดการอย่างระมัดระวัง โดยเทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูลใช้เพื่อระบุและกำจัดจุดข้อมูลที่ทับซ้อนกันได้ (Siemens Digital Industries Software, 2022)



เทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering Technique) คือ การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning Model) ประเภทการเรียนรู้ไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) ที่ไม่มีต้นแบบของผลลัพธ์ ซึ่งเป็นเทคนิคที่นำไปใช้ในการจัดกลุ่มของข้อมูลที่ไม่เคยมีการแบ่งกลุ่มมาก่อน เป็นเทคนิคที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยจะทำการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน และข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างกันก็จะถูกจัดไว้ต่างกลุ่มกัน โดยปัจจุบันมีเทคนิคที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มหลายเทคนิค ดังนั้นการเลือกเทคนิคที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ผลการจัดกลุ่มที่ได้มีความผิดพลาดน้อยที่สุด

ปิยธิดา รุจะศิริ (2552) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบเทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูล 5 วิธี ได้แก่ การแบ่งกลุ่มแบบลำดับชั้น การแบ่งกลุ่มแบบเคมีน การจัดระบบด้วยตัวเองของโคโคโนเนน การแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์ และการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์ร่วมกับวิธีวัระยะห่างแบบไดนามิกโทมัสวอร์ปิง ทำการศึกษาข้อมูลจำลอง เกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพคือ ความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม (Root Mean Square Standard Deviations: RMSSTD) และความแตกต่างของข้อมูลระหว่างกลุ่ม (R Squared: RS) ผลการศึกษาพบว่า การแบ่งกลุ่มแบบเคมีนให้ค่า RMSSTD ต่ำที่สุดและค่า RS สูงที่สุดในเกือบทุกกรณี ซึ่งสรุปได้ว่าการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนให้ผลการวิเคราะห์กลุ่มที่ดีที่สุด กัญญิกา พรหมมา (2556) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยใช้การแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบ 2 ชั้นตอน 4 วิธีด้วยกัน ได้แก่ วิธีที่ 1 การจัดระบบด้วยตัวเองของโคโคโนเนนร่วมกับการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน วิธีที่ 2 การจัดระบบด้วยตัวเองของโคโคโนเนนร่วมกับการแบ่งกลุ่มแบบพีซีซีมีน วิธีที่ 3 การแบ่งกลุ่มแบบวอร์ดร่วมกับ การแบ่งกลุ่มแบบเคมีน และวิธีที่ 4 การแบ่งกลุ่มแบบวอร์ดร่วมกับการแบ่งกลุ่มแบบพีซีซีมีน ทำการศึกษาข้อมูลจำลอง เกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพคือ ค่า Wilk's Lambda ค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม (RMSSTD) และค่าอัตราการจัดจำแนกผิด (Misclassification Rate) ผลการศึกษาพบว่า การจัดระบบด้วยตัวเองของโคโคโนเนนร่วมกับการแบ่งกลุ่มแบบพีซีซีมีน และการแบ่งกลุ่มแบบวอร์ดร่วมกับการแบ่งกลุ่มแบบพีซีซีมีนให้ประสิทธิภาพการจัดกลุ่มที่ดี

จากงานวิจัยที่กล่าวมา จะพบว่าเทคนิคแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและทำการเปรียบเทียบของเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน และเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์ เพื่อให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการจัดกลุ่มกรณีข้อมูลที่มีการทับซ้อนกัน และเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูล





## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูล 2 วิธี คือ เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน และเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม และเกณฑ์ความแม่นยำ

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การจำลองข้อมูล

การจำลองข้อมูล หมายถึงข้อมูลที่ถูกรสร้างขึ้นเป็นแบบจำลองทางการคำนวณหรือการแทนข้อมูลจริง ใช้เพื่อศึกษาพฤติกรรม คาดการณ์ หรือทดสอบสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมของการจำลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ คาดการณ์ หรือจำลองสถานการณ์ทางเลือก

เครื่องมือที่ช่วยในการจำลองข้อมูลของการศึกษานี้คือ แพคเกจ MixSim (Melnykov, 2012) นำเสนอโดย Volodymyr Melnykov และคณะในปี 2012 เป็นแพคเกจที่ช่วยในการจำลองข้อมูลเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเทคนิคการแบ่งกลุ่ม โดยสามารถกำหนดค่าผิดปกติ ตัวแปรสัญญาณรบกวน และค่าทับซ้อนกันในระดับต่าง ๆ ได้

### 2. การวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate Analysis)

การวิเคราะห์หลายตัวแปรจะคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร มีหลายเทคนิค เช่น การวิเคราะห์ปัจจัย การวิเคราะห์จำแนกประเภท การวิเคราะห์กลุ่ม เป็นต้น (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2552) ในการศึกษา ผู้วิจัยสนใจศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูลที่ทับซ้อนกันโดยใช้การวิเคราะห์กลุ่ม รายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 2.1 การวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster Analysis)

เป็นเทคนิคในการแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ โดยแบ่งกลุ่มข้อมูลที่คล้ายกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งไม่จำเป็นต้องทราบจำนวนกลุ่มมาก่อนหรือไม่จำเป็นต้องทราบว่าแต่ละหน่วยอยู่ในกลุ่มใดมาก่อน การวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลนั้นประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การวัดระยะห่าง และเทคนิคการแบ่งกลุ่ม (ปิยธิดา รุจะศิริ, 2552)

##### (1) การวัดระยะห่างหรือค่าความคล้าย

ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลจะมีการวัดระยะห่างของข้อมูลที่ละคู่ เมื่อมีจำนวนข้อมูลเท่ากับ  $n$  จะต้องมีระยะห่างของข้อมูลจำนวน  $n C_2$  คู่ การหาระยะห่างระหว่างข้อมูล 2 หน่วย คือ หน่วยที่  $i$  กับหน่วยที่  $j$  จะคำนวณโดยใช้การวัดระยะห่างแบบยูคลิด (Euclidean Distance) ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานและนิยมใช้มากที่สุดในการหาหาระยะห่างระหว่างข้อมูล คำนวณได้ดังนี้



$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{a=1}^p (X_{ia} - X_{ja})^2} \quad (1)$$

เมื่อ  $X_{ia}, X_{ja}$  แทน ข้อมูลตัวแปรที่  $a$  หน่วยที่  $i$  และ  $j$  ตามลำดับ  
 $D_{ij}$  แทน ระยะห่างระหว่างข้อมูล  
 $p$  แทน จำนวนตัวแปรทั้งหมดของข้อมูล

(1) เทคนิควิธีการแบ่งกลุ่ม มีหลากหลายวิธี ซึ่งวิธีที่ผู้วิจัยเลือกมาศึกษามี 2 วิธี ดังนี้

- เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน (K-means Clustering Technique)
- เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมดอยด์ (K-medoids Clustering Technique)

### 2.1.1 เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน (K-means Clustering Technique)

เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนได้ถูกพัฒนาและนำเสนอโดย Mac Queen ในปี 1967 ซึ่งเทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคมีนนี้ มีหลักการคือผลรวมของค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลทุกหน่วยภายในกลุ่มนั้นกับจุดศูนย์กลางของหน่วยนั้นจะต้องมีค่าน้อยที่สุด ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคมีน มีขั้นตอนดังนี้

- (1) กำหนดจำนวนกลุ่ม ( $k$ ) และกำหนดจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มที่ต้องการแบ่ง
- (2) คำนวณค่าระยะห่างของข้อมูลทุกตัวกับจุดศูนย์กลางกลุ่ม และจัดกลุ่มโดยพิจารณาจากระยะห่างที่น้อยที่สุด
- (3) ปรับจุดศูนย์กลางของข้อมูลแต่ละกลุ่มใหม่ โดยคำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูลภายในกลุ่ม โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลภายในกลุ่มคำนวณได้ดังนี้

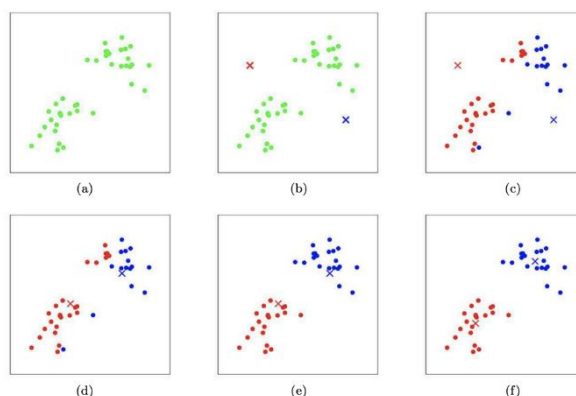
$$\bar{x}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij} \quad i=1,2,\dots,n_j \quad (2)$$

เมื่อ  $n_j$  คือ จำนวนข้อมูลในกลุ่ม  
 $x_{ij}$  คือ ข้อมูลในหน่วยที่  $i$  กลุ่มที่  $j$   
 $\bar{x}_j$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในกลุ่มที่  
 $k$  คือ จำนวนกลุ่มทั้งหมด

- (4) ทำตามขั้นตอนที่ 2 และ 3 ซ้ำ จนกระทั่งไม่มีการย้ายกลุ่มของสมาชิก



ตัวอย่างที่ 1 การแบ่งกลุ่มโดยเทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคมีน เมื่อแบ่งข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงการทำงานของเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน (K-means Clustering Technique)

ที่มา: <https://spectra.mathpix.com>

จากภาพที่ 1

(a) สัญลักษณ์วงกลมสีเขียวคือข้อมูลใด ๆ (b) สัญลักษณ์กากบาทคือข้อมูลที่สุ่มได้ และใช้แทนจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูล ซึ่งในกรณีนี้กำหนดจำนวนกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม ( $k = 2$ ) (c) สัญลักษณ์วงกลมสีแดงและสีน้ำเงินแทนข้อมูลใด ๆ ที่ถูกจัดกลุ่มโดยพิจารณาค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลที่สุ่มได้ในภาพที่ 1b (d) ทำการปรับจุดศูนย์กลางกลุ่มข้อมูลโดยให้อยู่ในตำแหน่งที่ครอบคลุมข้อมูลในกลุ่มเดียวกัน (e) ทำการจัดกลุ่มโดยพิจารณาค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลที่สุ่มได้ในภาพที่ 1d (f) ทำการปรับจุดศูนย์กลางกลุ่มจนกระทั่งข้อมูลภายในกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง

#### ข้อเด่นของเทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคมีน

- (1) ง่ายต่อการทำความเข้าใจและการคำนวณ
- (2) เป็นที่นิยมในการนำไปใช้งาน

#### ข้อด้อยของเทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคมีน

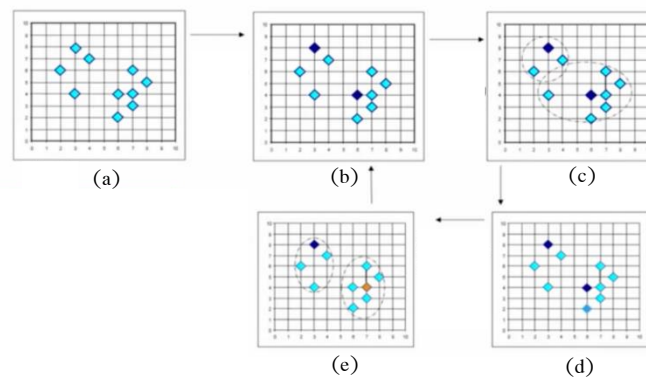
- (1) การกำหนดจำนวนกลุ่มและจุดศูนย์กลางกลุ่มเริ่มต้น มีผลต่อประสิทธิภาพการจัดกลุ่มทั้งในเชิงเวลา และความถูกต้อง
- (2) เทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคมีนจะมีปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ (Outlier)

#### 2.1.2 เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมดอยด์ (K-medoids Clustering Technique)

เคเมดอยด์ (Sheng and Liu, 2006) เป็นเทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูลวิธีหนึ่ง ที่คล้ายคลึงกับเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน ความแตกต่างระหว่างเคมีนกับเคเมดอยด์ คือ เคเมดอยด์เลือกข้อมูลตัวใด ๆ ในชุดข้อมูล เพื่อใช้เป็นจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่ม เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมดอยด์ มีขั้นตอนดังนี้

- (1) กำหนดจำนวนกลุ่ม ( $k$ ) ที่ต้องการจะแบ่ง
- (2) สุ่มข้อมูลเพื่อเป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่มต่าง ๆ โดยจำนวนข้อมูลที่ทำกรสุ่มเท่ากับจำนวนกลุ่ม
- (3) คำนวณค่าระยะห่างแบบยูคลิดระหว่างข้อมูลทุกหน่วยกับเมดอยด์แต่ละกลุ่ม ( $D_{ij}$ ) ตามสมการ (1)
- (4) กำหนดกลุ่มให้ข้อมูลแต่ละหน่วยในขั้นตอนที่ 3 โดยจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกับจุดศูนย์กลางที่ทำให้เกิดค่าระยะห่างที่น้อยที่สุด
- (5) ปรับเลือกจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มใหม่ โดยเลือกข้อมูลหน่วยที่ทำให้เกิดค่าระยะห่างเฉลี่ยน้อยที่สุด
- (6) คำนวณขั้นตอนที่ 3-5 ซ้ำ จนกว่าจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มจะไม่มีเปลี่ยนแปลง

ตัวอย่างที่ 2 การแบ่งกลุ่มโดยเทคนิคการจัดกลุ่มแบบเคเมดอยด์ เมื่อแบ่งข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม แสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการทำงานของเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมดอยด์ (K-medoids Clustering Technique)

ที่มา: [https://www.researchgate.net/figure/A-K-medoids-clustering-algorithm\\_fig2\\_336284487](https://www.researchgate.net/figure/A-K-medoids-clustering-algorithm_fig2_336284487)

จากภาพที่ 2

(a) สัญลักษณ์จุดสีฟ้าคือข้อมูลใด ๆ (b) สัญลักษณ์จุดสีน้ำเงินคือข้อมูลที่สุ่มให้เป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูล ซึ่งในกรณีนี้กำหนดจำนวนกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม ( $k = 2$ ) (c) ทำการแบ่งกลุ่มโดยพิจารณาค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลที่สุ่ม ในภาพที่ 1b (d) ทำการปรับจุดศูนย์กลางกลุ่มข้อมูลโดยให้อยู่ในตำแหน่งที่ครอบคลุมข้อมูลในกลุ่มเดียวกัน (e) ทำการจัดกลุ่มโดยพิจารณาค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลที่สุ่มได้ใหม่ กระทั่งข้อมูลภายในกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง

#### ข้อเด่นของเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมดอยด์

- (1) สามารถทำงานได้ดีเมื่อมีข้อมูลรบกวน (Noise Data)
- (2) สามารถทำงานได้ดีเมื่อมีข้อมูลที่ผิดปกติ (Outlier Data)



### ข้อดีของเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์

- (1) การกำหนดจำนวนกลุ่มและตัวแทนกลุ่มเริ่มต้น มีผลต่อประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มในเชิงเวลาและความถูกต้อง

### 3. เกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพ

#### 3.1 เกณฑ์ความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม (Root Mean Square Standard Deviation : RMSSTD)

ถ้ามีค่าน้อยแสดงถึงการจัดกลุ่มที่ดี ข้อมูลภายในกลุ่มมีความใกล้เคียงกันมาก (Halkidi, 2002) สามารถคำนวณค่าความแตกต่างภายในกลุ่มได้จากสูตร

$$RMSSTD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{ij})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (n_{ij} - 1)}} \quad (3)$$

- เมื่อ  $k$  แทน จำนวนกลุ่มที่แบ่งได้ทั้งหมด  
 $p$  แทน จำนวนตัวแปรอิสระทั้งหมดภายในชุดข้อมูล  
 $x_{ij}$  แทน ข้อมูลกลุ่มที่  $i$  ตัวแปรอิสระที่  $j$   
 $\bar{x}_{ij}$  แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลกลุ่มที่  $i$  ตัวแปรอิสระที่  $j$   
 $n_{ij}$  แทน จำนวนข้อมูลในกลุ่มที่  $i$  ตัวแปรอิสระที่  $j$

3.2 เกณฑ์ความแม่นยำในการแบ่งกลุ่ม (Accuracy) ถ้าค่าความแม่นยำในการแบ่งกลุ่มมีค่ามาก จะแสดงถึงการแบ่งกลุ่มที่ดี สามารถคำนวณค่าความแม่นยำได้จากสูตร

$$Accuracy(C_1, \dots, C_k) = \frac{\sum_{i=1}^k m_i}{n} \times 100 \quad (4)$$

- เมื่อ  $C_1, C_2, \dots, C_k$  แทน กลุ่มข้อมูล  $k$  กลุ่ม  
 $m_i$  แทน จำนวนข้อมูลที่แบ่งกลุ่มได้ถูกต้อง  
 $n$  แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมดในชุดข้อมูล

### 4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ทำการจำลองข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R เวอร์ชัน 4.2.2 โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการดำเนินการศึกษา ดังนี้

- (1) จำลองข้อมูลโดยใช้ฟังก์ชัน MixSim ในโปรแกรม R โดยกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา คือ 3 ตัวแปร กำหนดการทับซ้อนกันของข้อมูล กำหนดขนาดตัวอย่างที่ศึกษา 100 และ 1,000 ตัวอย่าง และกำหนดจำนวนกลุ่ม คือ 2, 3 และ 4 กลุ่ม
- (2) แบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน และเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์
- (3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดกลุ่มด้วยค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม และค่าความแม่นยำ



- (4) ในแต่ละสถานการณ์ทำซ้ำ 1,000 รอบ
- (5) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูล
- (6) สรุปผลการศึกษา และอภิปรายผล

### ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการแบ่งกลุ่ม 2 วิธี คือ เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน และเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์ จำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปรกติหลายตัวแปร จำนวนตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา 3 ตัวแปร ขนาดตัวอย่าง 100 และ 1,000 ตัวอย่าง จำนวนกลุ่มที่จำลอง คือ 2, 3 และ 4 กลุ่ม ข้อมูลมีการทับซ้อนกัน 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ทำซ้ำทั้งหมด 1,000 รอบในแต่ละสถานการณ์ เกณฑ์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มได้ใช้ 2 วิธี คือ ค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม (RMSSTD) และค่าความแม่นยำ (Accuracy) ให้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ของขนาดตัวอย่าง 100 ตัวอย่าง

Sample Size (n)	Number of variables (x)	Percentages of overlap	Number of groups (k)	Techniques	RMSSTD	Accuracy
100	3	0%	2	K-means	0.0191	98.99%
				K-medoids	<b>0.0017</b>	<b>99.99%</b>
			3	K-means	0.0016	99.98%
				K-medoids	<b>0.0000</b>	<b>100%</b>
			4	K-means	0.0012	99.98%
				K-medoids	<b>0.0008</b>	<b>99.99%</b>
		5%	2	K-means	0.1935	97.55%
				K-medoids	<b>0.0839</b>	<b>98.81%</b>
			3	K-means	0.5830	90.24%
				K-medoids	<b>0.5075</b>	<b>90.28%</b>
			4	K-means	1.6072	71.08%
				K-medoids	<b>0.8498</b>	<b>84.76%</b>



จากตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ของขนาดตัวอย่าง 100 ตัวอย่างพบว่า กรณีที่ข้อมูลไม่ทับซ้อนกัน เมื่อจำลองข้อมูลเป็น 2 และ 3 กลุ่ม เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์ให้ค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม (RMSSTD) ที่ต่ำ และให้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ที่สูงกว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน เมื่อจำลองข้อมูลเป็น 4 กลุ่ม ทั้ง 2 เทคนิคให้ค่าความแม่นยำที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มพบว่า เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์ให้ค่าที่ต่ำกว่าของเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน ส่วนกรณีที่ข้อมูลทับซ้อนกัน 5% พบว่า เมื่อจำลองข้อมูลเป็น 2 และ 4 กลุ่ม เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์ให้ค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มที่ต่ำ และให้ค่าความแม่นยำที่สูงกว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน เมื่อจำลองข้อมูลเป็น 3 กลุ่ม ทั้งสองเทคนิคให้ค่าความแม่นยำที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มพบว่า เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์ให้ค่าที่ต่ำกว่าของเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ของขนาดตัวอย่าง 1,000 ตัวอย่าง

Sample Size (n)	Number of variables (x)	Percentages of overlap	Number of groups (k)	Techniques	RMSSTD	Accuracy
1,000	3	0%	2	K-means	0.0028	99.99%
				K-medoids	0.0006	99.99%
			3	K-means	0.0022	99.99%
				K-medoids	0.0011	99.99%
			4	K-means	0.0042	99.99%
				K-medoids	0.0032	99.99%
		5%	2	K-means	0.4515	92.64%
				K-medoids	0.3718	95.27%
			3	K-means	0.8423	87.79%
				K-medoids	0.6022	90.82%
			4	K-means	1.2658	82.84%
				K-medoids	0.8758	85.94%

จากตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ของขนาดตัวอย่าง 1,000 ตัวอย่างพบว่า กรณีที่ข้อมูลไม่ทับซ้อนกัน เมื่อจำลองข้อมูลเป็น 2, 3 และ 4 กลุ่ม เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน และเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยด์ให้ค่าความแม่นยำที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มพบว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบ



เคเมตอยดีให้ค่าที่ต่ำกว่าของเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนทุกกรณี ส่วนกรณีข้อมูลที่ทับซ้อนกัน 5% เมื่อพิจารณาจากค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มพบว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยดีให้ค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มที่ต่ำกว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนทุกกรณี และเมื่อพิจารณาจากค่าความแม่นยำก็จะพบว่า เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยดีให้ค่าความแม่นยำที่สูงกว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนทุกกรณี

### อภิปรายผลการศึกษา

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการแบ่งกลุ่ม 2 วิธี คือ เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนและเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยดี เปรียบเทียบประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มโดยค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม และค่าความแม่นยำ ผลการศึกษาที่ขนาดตัวอย่าง 100 และ 1,000 ตัวอย่าง ให้ผลที่สอดคล้องกันคือ กรณีข้อมูลที่ทับซ้อนกัน เมื่อพิจารณาจากค่าความแม่นยำ ทั้งสองเทคนิคสามารถทำการแบ่งกลุ่มได้ดีใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มจะพบว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยดีให้ค่าที่ต่ำกว่าในทุกกรณีซึ่งแสดงว่า ข้อมูลภายในกลุ่มที่ถูกแบ่งกลุ่มด้วยเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยดีให้การจัดกลุ่มที่ดี ส่วนกรณีที่ข้อมูลทับซ้อนกัน 5% พบว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยดีให้ค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มที่ต่ำที่สุด และให้ค่าความแม่นยำที่สูงกว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนทุกกรณี สิ่งที่เหมือนกันของทั้งสองขนาดตัวอย่างนั้นคือเมื่อจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้นทั้งสองเทคนิคมีประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มที่ลดลง

ในงานวิจัยที่ได้ศึกษามาผ่านมานั้น พบว่า เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนมักมีประสิทธิภาพในการแบ่งกลุ่มที่ดีกว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยดี (ปิยธิดา รุจะศิริ, 2552) ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้ให้ผลที่ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้ศึกษามา เนื่องจากเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนมีประสิทธิภาพในการแบ่งกลุ่มที่ดีใกล้เคียงกับเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยดีในกรณีที่ข้อมูลไม่ทับซ้อนกัน ส่วนกรณีที่ข้อมูลทับซ้อนกัน 5% ผลของเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยดีมีประสิทธิภาพในการแบ่งกลุ่มที่ดีสูงสุด ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มได้ดีกว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนอาจเนื่องมาจากข้อมูลทับซ้อนที่จำลองมาใช้ในการศึกษาส่งผลต่อการแบ่งกลุ่ม ดังนั้น เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยดี จึงให้ผลที่ดีที่สุดในการกรณีที่ข้อมูลทับซ้อนกัน

### สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการแบ่งกลุ่ม 2 วิธี คือ เทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน และเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมตอยดี เปรียบเทียบประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มโดยค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่ม และค่าความแม่นยำ ผลการศึกษาพบว่า ที่ขนาดตัวอย่าง 100 และ 1,000 ตัวอย่าง ให้ผลที่





สอดคล้องกัน นั่นคือ กรณีที่ข้อมูลไม่ทับซ้อนกัน เมื่อพิจารณาจากค่าความแม่นยำ ทั้งสองเทคนิคสามารถทำการแบ่งกลุ่มได้ดีใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มจะพบว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมดอยด์ให้ค่าที่ต่ำกว่าในทุกกรณี ส่วนกรณีที่ข้อมูลทับซ้อนกัน 5% พบว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคเมดอยด์ให้ค่าความแตกต่างของข้อมูลภายในกลุ่มที่ต่ำที่สุด และให้ค่าความแม่นยำที่สูงกว่าเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบเคมินทุกกรณี สิ่งที่มีเหมือนกันนั่นคือเมื่อจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้นทั้งสองเทคนิคมีประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มที่ลดลง

#### ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบอื่น ๆ
2. ศึกษาการจำลองข้อมูล เมื่อข้อมูลแจกแจงแบบอื่น ๆ
3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการแบ่งกลุ่มด้วยเกณฑ์อื่น ๆ

#### เอกสารอ้างอิง

- กัญจิกา พรหมมา. (2556). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้อัลกอริทึมการจัดกลุ่มแบบ 2 ขั้นตอน [ปริญญาานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปิยธิดา รุจจะศิริ. (2552). การเปรียบเทียบเทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์กลุ่ม [ปริญญาานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Halkidi, M., Batistakis, Y., & Vazirgiannis M.. (2002). Clustering validity checking method: Part II. *SIGMOD Rec.* 31(3): 19-27.
- Melnykov, V., Chen, W. C., & Maitra, R. (2012). MixSim: An R package for simulating data to study performance of clustering algorithms. *Journal of Statistical Software*, 51, 1-25.
- Sheng, W. & Liu, X. (2006). A genetic k-medoids clustering algorithm. *J. Heuristics* 12(6): 447-466.
- Siemens Digital Industries Software (2022). *Overlap: What, Why and How to use it*.  
<https://community.sw.siemens.com/s/article/Overlap-What-Why-and-How-to-use-it>.



## การเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบถดถอยลอจิสติก

### เมื่อข้อมูลไม่สมดุล

สุदारัตน์ บุญธรรม<sup>1</sup> และ เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี<sup>1\*</sup>

**A comparison of parameter estimation methods in logistic regression**

**with unbalanced data**

**Sudarut Boontam<sup>1</sup> and Katechan Jampachaisri<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup> Department of Statistics, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: katechanj@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอยลอจิสติก 2 วิธี ได้แก่ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีฟังก์ชันสกอร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับจัดการความไม่สมดุลของข้อมูล ด้วยวิธีการสุ่มลด วิธีการสุ่มเกิน และวิธีการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ กำหนดระดับของความไม่สมดุลของกลุ่ม 0 และกลุ่ม 1 คือ 90:10, 80:20, และ 60:40 และแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดตัวอย่างที่ใช้สร้างเกณฑ์การจำแนกและชุดตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบเกณฑ์การจำแนก คือ 70:30 โดยมีเกณฑ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพ คือ ค่าความแม่นยำ ค่าความไว ค่าความจำเพาะ และค่าความแม่นยำที่สมดุล จากการศึกษาพบว่า วิธีฟังก์ชันสกอร์ที่ปรับปรุงร่วมกับวิธีจัดการข้อมูลด้วยวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงสุด ในทุกระดับของความไม่สมดุลของข้อมูล เมื่อพิจารณาจากความจำเพาะ พบว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดร่วมกับจัดการความไม่สมดุลทั้ง 3 วิธี ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ในกลุ่มส่วนมาก แต่เมื่อระดับของความไม่สมดุลของข้อมูลสูงขึ้น วิธีจัดการความไม่สมดุลด้วยวิธีสุ่มเกินมีประสิทธิภาพมากที่สุด

**คำสำคัญ:** การถดถอยลอจิสติก ข้อมูลไม่สมดุล วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด วิธีฟังก์ชันสกอร์ที่ปรับปรุง



### Abstract

The purpose of this research was to study and compare 2 methods for parameter estimation in logistic regression model using maximum likelihood method and modified score function in combination with technique by Random Under-Sampling, Random Over-Sampling, and Synthetic Minority Over-sampling. The levels of unbalance for group 0 and group 1 are 90:10, 80:20, and 60:40. Sample is separated into 2 sets of Training and Validation with the ratio 70:30. The criteria used to compare the efficiency are accuracy, sensitivity, specificity, and balanced accuracy. The study has shown that the Modified Score Function using Synthetic Minority Over-sampling Technique is the most efficient at all levels of unbalance. For specificity, it was found that the maximum likelihood method using 3 data sampling Techniques, can increase the efficiency of forecasting in majority class. However, when the levels of unbalance is higher, the random over-sampling is the most efficient method.

**Keywords:** Logistic Regression, Unbalanced Data, Maximum Likelihood Method, Modified Score Function

### บทนำ

การวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติก (Logistic Regression Analysis) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรเชิงพหุ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Dependent Variable) และตัวแปรอิสระ (Independent Variable) และนำสมการถดถอยลอจิสติกที่ได้ไปประมาณค่าหรือพยากรณ์ค่าตัวแปรตาม เมื่อกำหนดค่าตัวแปรอิสระ ซึ่งตัวแบบถดถอยลอจิสติกประกอบไปด้วยตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม (Categorical Variable) หรือตัวแปรชนิดไม่ต่อเนื่อง และตัวแปรอิสระ สามารถเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มหรือตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative Variable) ก็ได้ กาญจน์เขจร ชูชีพ (2561) การวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การถดถอยลอจิสติกแบบทวิภาค (Binary Logistic) เมื่อตัวแปรตาม เป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีค่าเพียง 2 ค่า (Dichotomous Variable) และการถดถอยลอจิสติกแบบพหุ (Multinomial Logistic) เมื่อตัวแปรตาม เป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีค่ามากกว่า 2 ค่า ซึ่งในปัจจุบันการวิเคราะห์ถดถอยลอจิสติก เป็นวิธีการทางสถิติที่ได้รับความนิยมใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งใช้สำหรับปัญหาการจำแนก (Classification) แต่เมื่อตัวแปรตามเป็นตัวแปรแบบทวิภาค ส่วนใหญ่มักจะเกิดปัญหาข้อมูลไม่สมดุล (Unbalanced Data) เช่น ในการศึกษาในชุดข้อมูลการผ่าตัดหัวใจที่ได้จากโรงพยาบาลท้องถิ่นในกรุงกัวลาลัมเปอร์ โดยตัวแปรตามเป็นแบบทวิภาค กำหนด 1 แทน เสียชีวิตหลังการผ่าตัด และ 0 แทน มีชีวิตหลังการผ่าตัด โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 4,976 ราย โดยมีผู้ป่วย 4,767 คน (95.8%) มีชีวิตหลังการผ่าตัด และมีผู้ป่วยเพียง 209 คน (4.2%) ที่เสียชีวิตหลังการผ่าตัด Wah et al. (2016) จะเห็นได้ว่าข้อมูลมีความไม่สมดุล ดังนั้นข้อมูลไม่สมดุลคือข้อมูลกลุ่มหนึ่งมีจำนวนมากกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง หมายถึง กลุ่มส่วนใหญ่ (Majority Classes) จะมีจำนวนมากกว่า กลุ่มส่วนน้อย (Minority Classes) จะมีข้อมูลจำนวนน้อยกว่า อัจฉรา แพ้วาง และสายชล สินสมบูรณ์ทอง (2562) เมื่อนำข้อมูลที่มีความไม่สมดุลไปประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบถดถอยลอจิสติกจะทำให้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้มีความเอนเอียง Rahman et al. (2021) และในการพยากรณ์จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มมีความเอนเอียง สามารถพยากรณ์กลุ่มส่วนใหญ่ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ แต่ในขณะที่พยากรณ์กลุ่มส่วนน้อยได้ผิดพลาดและไม่แม่นยำ จากปัญหาดังกล่าวได้มีการศึกษาคิดค้นวิธีในการแก้ปัญหาความไม่สมดุลของข้อมูลให้มีความสมดุลก่อนดำเนินการสร้างตัวแบบ กิระชาติ สุขสุทธิ (2559) ซึ่งวิธีที่นิยมมักใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นของกลุ่มส่วนน้อยให้



จำนวนใกล้เคียงหรือเท่ากับข้อมูลในกลุ่มส่วนใหญ่ เรียกว่าวิธีการสุ่มเกิน (Random Over-Sampling) หรือสุ่มลดข้อมูลของกลุ่มส่วนใหญ่ ให้มีจำนวนใกล้เคียงหรือเท่ากับข้อมูลในกลุ่มส่วนน้อย เรียกว่าวิธีการสุ่มลด (Random Under-Sampling) บุญจรรย์ จันทรวงศ์ และคณะ (2557)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า Wah et al. (2016) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการจัดการกับข้อมูลไม่สมดุล ด้วยเทคนิคการสุ่มตัวอย่างเกินและเทคนิคการสุ่มตัวอย่างลด ร่วมกับวิธีเวกเตอร์ค้ำยัน วิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด และการถดถอยลอจิสติก โดยใช้ชุดข้อมูลจริงที่มีความไม่สมดุล โดยใช้เกณฑ์การวัดประสิทธิภาพคือ ค่าความแม่นยำ ค่าความไว และค่าความจำเพาะ ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความไวเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อัลกอริทึมทั้ง 3 แบบ ร่วมกับเทคนิคการสุ่มตัวอย่างทั้ง 2 วิธี และเทคนิคการสุ่มตัวอย่างเกิน ปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวแบบได้ดี เมื่อใช้ร่วมกับวิธีเวกเตอร์ค้ำยัน และวิธีเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด Febrianti et al. (2018) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบถดถอยลอจิสติก 2 วิธี คือวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดและวิธีฟังก์ชันสก็อร์ที่ปรับปรุง โดยในชุดข้อมูลจริง เมื่อตัวอย่างมีขนาดเล็กและสัดส่วนของเหตุการณ์ที่สนใจน้อย ซึ่งพบปัญหาของวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ที่ไม่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ เนื่องจากกระบวนการวนซ้ำไม่ให้ผลลัพธ์ที่บรรจบกันสามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีฟังก์ชันสก็อร์ที่ปรับปรุง ทำให้กระบวนการวนซ้ำบรรจบกันและให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ได้อย่างรวดเร็ว Brandt and Lanzen (2020) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพขอตัวแบบ เมื่อข้อมูลไม่สมดุล โดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างเกิน 2 เทคนิค คือเทคนิคการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ (Synthetic Minority Over – Sampling Technique : SMOTE) และเทคนิคการสุ่มตัวอย่างสังเคราะห์ที่ปรับปรุงได้ (Adaptive Synthetic Sampling Approach : ADASYN) ใช้ตัวแบบที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ การถดถอยลอจิสติก เทคนิคป่าสุ่ม และวิธีเวกเตอร์ค้ำยัน เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลไม่สมดุล 3 ชุด จากฐานข้อมูล Kaggle.com ที่มีระดับความไม่สมดุลที่แตกต่างกัน โดยใช้เกณฑ์การเปรียบเทียบ ได้แก่ ค่าความไว ค่าประสิทธิภาพ และ Matthews correlation coefficient ผลการศึกษาพบว่า สำหรับเกณฑ์การวัดทั้ง 3 วิธี ไม่มีเทคนิคการสุ่มตัวอย่างร่วมกับตัวแบบที่ปรับปรุงประสิทธิภาพของชุดข้อมูลทั้ง 3 ชุด ได้อย่างสม่ำเสมอ แต่อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง SMOTE ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีเวกเตอร์ค้ำยัน ได้เป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะเมื่อระดับความไม่สมดุลเพิ่มขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า เมื่อข้อมูลไม่สมดุล วิธีจัดการความไม่สมดุลด้วยวิธีการสุ่มลด วิธีการสุ่มเกิน และวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพกับชุดข้อมูลที่มีความไม่สมดุล ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจ นำข้อมูลที่ไม่สมดุลมาปรับให้เป็นข้อมูลสมดุลด้วย 3 วิธี ข้างต้น และประมาณค่าพารามิเตอร์ถดถอยลอจิสติกด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีฟังก์ชันสก็อร์ที่ปรับปรุง

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอยลอจิสติก 2 วิธี ได้แก่ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีฟังก์ชันสก็อร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับจัดการความไม่สมดุลของข้อมูล ด้วยวิธีการสุ่มลด วิธีการสุ่มเกิน และวิธีการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ โดยใช้ค่าความแม่นยำ ความไว ความจำเพาะ และค่าความแม่นยำที่สมดุล เป็นเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพความแม่นยำของการพยากรณ์



## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การถดถอยลอจิสติก (Logistic Regression)

การวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติก เป็นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามที่มีลักษณะเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรตามเป็นตัวทวิภาค และตัวแปรตามที่มีค่ามากกว่า 2 ค่า กัลยา วานิชย์บัญชา (2544) ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกที่ตัวแปรตามมีเพียง 2 ค่าเท่านั้น เนื่องจากตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มี 2 ค่า คือ 0 และ 1 จึงทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระไม่ได้อยู่ในรูปเชิงเส้น แต่จะอยู่ในรูปแบบดังนี้

$$E(Y) = \pi(x_{ij}) = \frac{e^{x_{ij}^T \beta}}{1 + e^{x_{ij}^T \beta}} \quad (1)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระไม่เป็นเชิงเส้น จึงทำการแปลงความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ จากช่วง (0,1) ให้อยู่ในช่วง  $(-\infty, \infty)$  โดยใช้การแปลงลอจิท (Logit Transformation) ดังนี้

$$\text{logit}(\pi(x_{ij})) = \ln\left(\frac{X_{ij}^T \beta}{1 - X_{ij}^T \beta}\right) = X_{ij}^T \beta \quad (2)$$

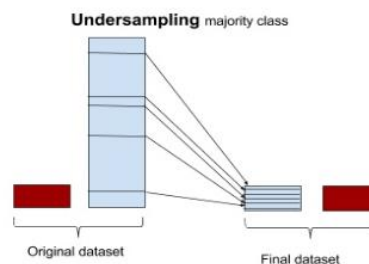
### 2. ข้อมูลไม่สมดุล และวิธีการจัดการข้อมูลไม่สมดุล

ข้อมูลไม่สมดุล หมายถึง จำนวนข้อมูลในกลุ่มหนึ่งมากกว่าข้อมูลในอีกกลุ่มเป็นจำนวนมาก Chawla et al. (2002) สาเหตุของความไม่สมดุลของข้อมูลเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น การเก็บข้อมูลผิดพลาด หรือมีข้อจำกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูล เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก และใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลนาน นอกจากนี้ ข้อมูลไม่สมดุลอาจเกิดจากลักษณะทางธรรมชาติของข้อมูล ก็ระชาติ สุขสุทธิ (2559)

เมื่อข้อมูลมีความไม่สมดุลจะส่งผลกระทบต่อการพยากรณ์ของข้อมูล อัลกอริทึมทั่วไปจะเกิดการเอนเอียงในการจำแนกของคำตอบ ซึ่งจะเอนเอียงไปทางกลุ่มส่วนมาก จึงส่งผลให้การจำแนกกลุ่มส่วนน้อยเกิดความผิดพลาด จึงจำเป็นต้องทำการจัดการกับข้อมูลไม่สมดุลก่อนสร้างตัวแบบ

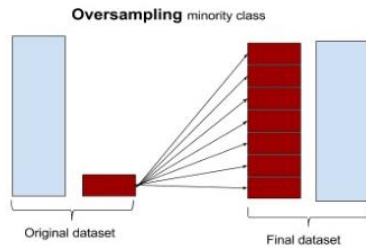
การจัดการกับข้อมูลไม่สมดุล เป็นการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับชุดข้อมูล โดยจะทำการปรับปรุงข้อมูลที่มีความไม่สมดุลให้เป็นชุดข้อมูลที่มีความสมดุลด้วยเทคนิคการสุ่มเลือกข้อมูล (Data Sampling Technique) ดังนี้

วิธีการสุ่มลด (Random Under-Sampling : RUS) เป็นเทคนิคหรือวิธีที่ใช้ในการลดข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มส่วนมากให้มีจำนวนใกล้เคียง หรือเท่ากับจำนวนข้อมูลในกลุ่มส่วนน้อย กิตติพงษ์ ชมบุญ (2559)



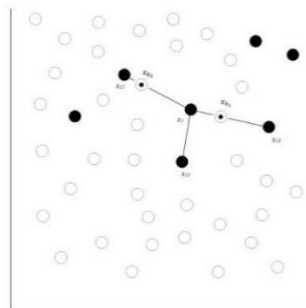
ภาพที่ 1 วิธีการสุ่มลด (Random Under-Sampling)

วิธีการสุ่มเกิน (Random Over-Sampling : ROS) เป็นเทคนิคหรือวิธีที่ใช้ในการเพิ่มข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มส่วนน้อยให้มีจำนวนใกล้เคียงหรือเท่ากับจำนวนข้อมูลในกลุ่มส่วนมาก โดยการสุ่มเลือกข้อมูลจากข้อมูลเดิม หรือสร้างข้อมูลขึ้นมาใหม่จากตัวอย่างของข้อมูลเดิม กิตติพงษ์ ชมบุญ (2559)



ภาพที่ 2 วิธีการสุ่มเกิน (Random Over-Sampling)

วิธีการสุ่มเกินด้วย SMOTE Technique (Synthetic Minority Over-sampling Technique : SMOTE) เป็นการสุ่มตัวอย่างแบบพิเศษของวิธีสุ่มเกิน แทนที่จะสุ่มเพิ่มข้อมูลเดิม แต่จะทำการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่จากข้อมูลเดิม ใช้หลักการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด โดยการสุ่มข้อมูลจากกลุ่มส่วนน้อยตามจำนวนที่กำหนด แล้วสร้างข้อมูลสังเคราะห์จากข้อมูลตัวอย่างด้วยการวัดระยะห่างจากจุดข้อมูลตัวอย่างไปยังจุดข้อมูลใกล้เคียง ทำการสุ่มสร้างข้อมูลสังเคราะห์ขึ้น โดยข้อมูลสังเคราะห์ที่สร้างขึ้นจะอยู่ภายในระยะห่างจากจุดข้อมูลตัวอย่างไปยังจุดข้อมูลเพื่อนบ้านที่ใกล้ Chawla et al. (2002) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3

วิธีการสุ่มเกินด้วย SMOTE Technique บนชุดข้อมูลที่ไม่สมมาตรในพื้นที่สองมิติ (Two - dimensional) สำหรับค่าสังเกตในกลุ่มส่วนน้อย  $x_i$  กำหนดค่า  $k=3$  และ  $N=2$  จะได้ค่าสังเกตสังเคราะห์ข้อมูลใหม่คือ  $x_{k_1}$  และ  $x_{k_2}$  อยู่ในระยะสุ่มตามแนวเส้นตรงระหว่างเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด

3. วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดเป็นวิธีหาค่าประมาณของพารามิเตอร์  $\beta$  ในเทอมของค่าสังเกตที่ทำให้ฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น  $L(\beta)$  มีค่าสูงสุด โดยหากอนุพันธ์ของฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น  $L(\beta)$  เทียบกับพารามิเตอร์  $\beta$  เพื่อความสะดวกในทางปฏิบัติการประมาณค่า มักใช้  $\ln L(\beta)$  ในการหาตัวประมาณแบบภาวะน่าจะเป็นสูงสุด โดยมีฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็น ซึ่งเป็นพารามิเตอร์  $\beta$  ดังนี้

$$l(\beta) = \ln L(\beta) = \ln \prod_{i=1}^n \pi(x_{ij})^{y_i} (1 - \pi(x_{ij}))^{1-y_i} = \sum_{i=1}^n \left( y_i (X_{ij}^T \beta) - \ln(1 + e^{X_{ij}^T \beta}) \right) \quad (3)$$

ได้สมการปกติ ดังนี้



$$\frac{\partial l(\beta)}{\partial \beta_k} = \sum_{i=1}^n \left\{ y_i x_k - \frac{x_k e^{x_{ij}^T \beta}}{1 + e^{x_{ij}^T \beta}} \right\} = 0 \quad (4)$$

$$= \sum_{i=1}^n x_k \{ y_i - \pi(x_{ij}) \} = 0 \quad \text{เมื่อ } k = 0, 1, \dots, p$$

จากการหาค่าอนุพันธ์ย่อยในลำดับที่ 1 โดยจะเรียกว่า ฟังก์ชันสกอร์ (Scoring function) เมื่อแทนค่า  $\pi(x_{ij})$  ลงในสมการที่

(4) จะได้ว่า

$$\frac{\partial l(\beta)}{\partial \beta_k} = \sum_{i=1}^n x_k \left[ y_i - \frac{x_k e^{x_{ij}^T \beta}}{1 + e^{x_{ij}^T \beta}} \right] = \sum_{i=1}^n \left[ x_k y_i - x_k \left( \frac{x_k e^{x_{ij}^T \beta}}{1 + e^{x_{ij}^T \beta}} \right) \right] \quad (5)$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์จะใช้หลักการซ้ำ (Iterative procedure) โดยใช้วิธีการของนิวตัน-ราฟสัน (Newton-Raphson)

เข้ามาช่วยในการประมาณค่า ซึ่งได้จากการหาค่าอนุพันธ์ย่อยในอันดับที่ 2 และเรียกว่า เฮสเซียนเมทริกซ์ (Hessian Matrix)

$$\frac{\partial^2 l(\beta)}{\partial \beta_k \partial \beta_l} = - \sum_{i=1}^n \frac{(1 + e^{x_{ij}^T \beta}) e^{x_{ij}^T \beta} x_k x_l - (e^{x_{ij}^T \beta})^2 x_k x_l}{(1 + e^{x_{ij}^T \beta})^2} = - \sum_{i=1}^n \left[ x_k x_l y_i \pi(x_{ij}) (1 - \pi(x_{ij}))' \right] \quad (6)$$

การประมาณพารามิเตอร์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสัน สามารถทำได้ดังนี้

$$\beta^{i+1} = \beta^i - \left( \frac{\partial^2 l(\beta)}{\partial \beta_k \partial \beta_l} \right)^{-1} \left( \frac{\partial l(\beta^i)}{\partial \beta_k} \right), \quad i = 1, \dots, 1000 \quad (7)$$

#### 4. วิธีปรับเปลี่ยนฟังก์ชันคะแนน

การปรับเปลี่ยนฟังก์ชันคะแนน ใช้เวกเตอร์ความเอนเอียง (Bias vector) และเมทริกซ์ของข้อมูลมาประกอบการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองถดถอยลอจิสติก และปรับฟังก์ชันคะแนน จาก  $U(\beta)$  เป็น  $U^*(\beta)$  Firth (1993) ดังนี้

$$U^*(\beta) = U(\beta) - J(\beta)b(\beta) = 0 \quad (8)$$

จะได้ผลลัพธ์ของการประมาณค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

$$\beta_{r+1}^* = \beta_r^* - b(\beta_r^*) + I_r(\beta_r^*)^{-1} U^*(\beta_r^*) \quad (9)$$

#### 5. เกณฑ์การตัดสินใจ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแบบถดถอยลอจิสติก เมื่อข้อมูลไม่สมดุลด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีฟังก์ชันสกอร์ที่ปรับปรุง จะพิจารณาจากตารางเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) โดยใช้ค่าความแม่นยำ ความไว ความจำเพาะ และค่าความแม่นยำที่สมดุล ซึ่งโดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 เมทริกซ์ความสับสน แสดงผลของค่าจริงและผลการพยากรณ์

ค่าจริง	ค่าพยากรณ์	
	Positive (กลุ่มส่วนน้อย)	Negative (กลุ่มส่วนมาก)
Positive (กลุ่มส่วนน้อย)	True positive (TP)	False negative (FN)
Negative (กลุ่มส่วนมาก)	False positive (FP)	True negative (TN)







- 1) ค่าความแม่นยำ (Accuracy) แสดงถึงประสิทธิภาพความถูกต้องในการทำนายในภาพรวม ทั้งกลุ่มส่วนน้อย (Positive) และกลุ่มส่วนมาก (Negative) ซึ่งคำนวณได้ ดังนี้

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

- 2) ความไว (Sensitivity) แสดงถึงความถูกต้องในการทำนายกลุ่มส่วนน้อยว่าอยู่กลุ่มส่วนน้อย ซึ่งคำนวณได้ ดังนี้

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN}$$

- 3) ความจำเพาะ (Specificity) แสดงถึงความถูกต้องในการทำนายกลุ่มส่วนมากว่าอยู่กลุ่มส่วนมาก ซึ่งคำนวณได้ ดังนี้

$$Specificity = \frac{TN}{FP + TN}$$

- 4) ค่าความแม่นยำที่สมดุล (Balanced Accuracy) คือ ค่าที่ใช้วัดความแม่นยำในการจำแนกประเภทตัวแปรหรือข้อมูลที่ถ่วงน้ำหนักระหว่าง ค่าความไว และค่าความจำเพาะ ได้ดังนี้

$$Balanced Accuracy = \frac{Sensitivity + Specificity}{2}$$

ซึ่งค่าวัดแต่ละค่า ถ้ามีค่าสูงแสดงถึงประสิทธิภาพในการจำแนก

## 6. วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนที่สำคัญเรียงลำดับ ดังนี้

1. กำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น เท่ากับ 1
2. กำหนดจำนวนตัวแปรอิสระ ( $p$ ) ที่ใช้ในการศึกษา คือ 3 ตัว
3. สร้างตัวแปรอิสระจากการแจกแจงปรกติหลายตัวแปร
4. สร้างตัวแบบถดถอยลอจิสติก โดยนำตัวแปรอิสระแทนค่าลงในสมการถดถอยลอจิสติก
5. กำหนดความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่สนใจประชากร ( $\pi$ ) เท่ากับ 0.1
6. กำหนดขนาดตัวอย่าง ( $n$ ) เป็น 100
7. กำหนดระดับความไม่สมดุลของกลุ่ม 0 และกลุ่ม 1 คือ 90:10, 80:20, และ 60:40
8. กำหนดอัตราส่วนระหว่าง Training : Validation เป็น 70:30
9. จัดการความไม่สมดุลของข้อมูลในชุด Training ด้วยวิธีสุ่มลด สุ่มเกิน และวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่
10. ประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบถดถอยลอจิสติก ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีฟังก์ชันสกอว์ที่ปรับปรุง
11. ในแต่ละสถานการณ์ทำซ้ำ 1,000 รอบ
12. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละวิธี
13. สรุปผลการศึกษา และอภิปรายผล



**ผลการศึกษา**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอยลอจิสติก 2 วิธี ได้แก่ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีฟังก์ชันสกออร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับจัดการความไม่สมดุลของข้อมูล ด้วยวิธีการสุ่มลด วิธีการสุ่มเกิน และวิธีการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ โดยกำหนดขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 ตัวแปรอิสระเท่ากับ 3 ตัว กำหนดระดับของความไม่สมดุลของกลุ่ม 0 และกลุ่ม 1 คือ 90:10, 80:20 และ 60:40 และแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดตัวอย่างที่ใช้สร้างเกณฑ์การจำแนกและชุดตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบเกณฑ์การจำแนก คือ 70:30 โดยมีเกณฑ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพคือ ค่าความแม่นยำ ค่าความไว ค่าความจำเพาะ และค่าความแม่นยำที่สมดุล

**ตารางที่ 2 กำหนดระดับของความไม่สมดุลเท่ากับ 60:40**

	Maximum Likelihood Method			Modified Score Function		
	RUS	ROS	SMOTE	RUS	ROS	SMOTE
Accuracy	0.8809	0.8825	0.8901	0.8922	0.8929	<b>0.8937</b>
Sensitivity	0.8040	0.8071	0.8380	0.8391	0.8484	<b>0.8660</b>
Specificity	<b>0.9599</b>	0.9595	0.9390	0.9424	0.9357	0.9199
Balanced Accuracy	0.8820	0.8833	0.8885	0.8907	0.8920	<b>0.8930</b>

หมายเหตุ: **ตัวหนาสีแดง** หมายถึง วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ร่วมกับวิธีจัดการความไม่สมดุล มีประสิทธิภาพสูงสุด

จากตารางที่ 2 เมื่อกำหนดระดับของความไม่สมดุลของข้อมูลเท่ากับ 60:40 พบว่า เมื่อพิจารณาค่าความแม่นยำ ค่าความไว และค่าความแม่นยำที่สมดุล พบว่า วิธีฟังก์ชันสกออร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับวิธีจัดการข้อมูลด้วยวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในส่วนของค่าความไว พบว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ร่วมกับวิธีจัดการความสมดุลด้วยวิธีสุ่มลด สามารถพยากรณ์ในกลุ่มส่วนใหญ่ได้ถูกต้องมากที่สุด

**ตารางที่ 3 กำหนดระดับของความไม่สมดุลเท่ากับ 80:20**

	Maximum Likelihood Method			Modified Score Function		
	RUS	ROS	SMOTE	RUS	ROS	SMOTE
Accuracy	0.8523	0.8640	0.8637	0.8743	0.8958	<b>0.9004</b>
Sensitivity	0.6053	0.6223	0.6222	0.6523	0.7023	<b>0.7185</b>
Specificity	0.9836	0.9852	<b>0.9857</b>	0.9786	0.9756	0.9730
Balanced Accuracy	0.7944	0.8038	0.8039	0.8155	0.8390	<b>0.8457</b>

หมายเหตุ: **ตัวหนาสีแดง** หมายถึง วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ร่วมกับวิธีจัดการความไม่สมดุล มีประสิทธิภาพสูงสุด

จากตารางที่ 3 เมื่อกำหนดระดับของความไม่สมดุลของข้อมูลเท่ากับ 80:20 พบว่า เมื่อพิจารณาค่าความแม่นยำ ค่าความไว และค่าความแม่นยำที่สมดุล พบว่า วิธีฟังก์ชันสกออร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับวิธีจัดการข้อมูลด้วยวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ ให้ประสิทธิภาพสูงสุด



ในส่วนของค่าความไว พบว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ร่วมกับวิธีจัดการความสมดุลด้วยวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ สามารถพยากรณ์ในกลุ่มส่วนใหญ่ได้ถูกต้องมากที่สุด

ตารางที่ 4 กำหนดระดับของความไม่สมดุลเท่ากับ 90:10

	Maximum Likelihood Method			Modified Score Function		
	RUS	ROS	SMOTE	RUS	ROS	SMOTE
Accuracy	0.8249	0.8564	0.8653	0.8383	0.9041	<b>0.9154</b>
Sensitivity	0.3985	0.4370	0.4532	0.4251	0.5731	<b>0.6058</b>
Specificity	0.9910	<b>0.9937</b>	0.9920	0.9910	0.9892	0.9861
Balanced Accuracy	0.6948	0.7153	0.7231	0.7080	0.7811	<b>0.7959</b>

หมายเหตุ: **ตัวหนาสีแดง** หมายถึง วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ร่วมกับวิธีจัดการความไม่สมดุล มีประสิทธิภาพสูงสุด

จากตารางที่ 4 พบว่า เมื่อกำหนดระดับของความไม่สมดุลของข้อมูลเท่ากับ 90:10 พบว่า เมื่อพิจารณาค่าความแม่นยำ ค่าความไว และค่าความแม่นยำที่สมดุล พบว่า วิธีฟังก์ชันสกอร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับวิธีจัดการข้อมูลด้วยวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ในส่วนของค่าความไว พบว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ร่วมกับวิธีจัดการความสมดุลด้วยวิธีสุ่มเกิน สามารถพยากรณ์ในกลุ่มส่วนใหญ่ได้ถูกต้องมากที่สุด

#### อภิปรายผลการศึกษา

การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอยลอจิสติก 2 วิธี ได้แก่ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีฟังก์ชันสกอร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับจัดการความไม่สมดุลของข้อมูล ด้วยวิธีการสุ่มลด วิธีการสุ่มเกิน และ วิธีการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับความไม่สมดุลเท่ากับ 60:40 เมื่อพิจารณาค่าความแม่นยำ ค่าความไว และค่าความแม่นยำที่สมดุล พบว่า วิธีฟังก์ชันสกอร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับวิธีจัดการข้อมูลด้วยวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ (SMOTE) ให้ประสิทธิภาพสูงสุด และในส่วน of ค่าความจำเพาะ พบว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ร่วมกับวิธีจัดการข้อมูลด้วยวิธีการสุ่มลด ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ในกลุ่มส่วนมากสูงสุดที่ระดับความไม่สมดุลเท่ากับ 80:20 เมื่อพิจารณาค่าความแม่นยำ ค่าความไว และค่าความแม่นยำที่สมดุล พบว่า วิธีฟังก์ชันสกอร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับวิธีจัดการข้อมูลด้วยวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ (SMOTE) ให้ประสิทธิภาพสูงสุด และในส่วน of ค่าความจำเพาะ พบว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ร่วมกับวิธีจัดการข้อมูลด้วยวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ (SMOTE) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ในกลุ่มส่วนมากสูงสุด และที่ระดับความไม่สมดุลเท่ากับ 90:10 เมื่อพิจารณาค่าความแม่นยำ ค่าความไว และค่าความแม่นยำที่สมดุล พบว่า วิธีฟังก์ชันสกอร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับวิธีจัดการข้อมูลด้วยวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ (SMOTE) ให้ประสิทธิภาพสูงสุด และในส่วน of ค่าความจำเพาะ พบว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ร่วมกับวิธีจัดการข้อมูลด้วยวิธีการสุ่มเกิน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ในกลุ่มส่วนมากสูงสุด

จากผลการวิเคราะห์พบว่า วิธีฟังก์ชันสกอร์ที่ปรับปรุง มีประสิทธิภาพสูงสุดในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบถดถอยลอจิสติก และร่วมกับการจัดการข้อมูลไม่สมดุลด้วยวิธีการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ (SMOTE) ในกรณีส่วนใหญ่ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องในการวิจัยที่ได้ศึกษามาข้างต้น



### สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอยลอจิสติก 2 วิธี ได้แก่ วิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด และวิธีฟังก์ชันสก็อร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับจัดการความไม่สมดุลของข้อมูล ด้วยวิธีการสุ่มลด วิธีการสุ่มเกิน และวิธีการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อพิจารณาค่าความแม่นยำ ค่าความไว และค่าความแม่นยำที่สมดุล พบว่า วิธีฟังก์ชันสก็อร์ที่ปรับปรุง ร่วมกับวิธีการจัดการข้อมูลด้วยวิธีสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ (SMOTE) ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ในทุกระดับของความไม่สมดุลของข้อมูล ในส่วนของค่าความจำเพาะ พบว่าวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ร่วมกับจัดการความไม่สมดุลกับทั้ง 3 วิธี สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์ในกลุ่มส่วนมาก แต่เมื่อระดับของความไม่สมดุลของข้อมูลสูงขึ้น วิธีจัดการความไม่สมดุลด้วยวิธีสุ่มเกิน มีประสิทธิภาพมากที่สุด

### เอกสารอ้างอิง

- กิตติพงษ์ ชมบุญ. (2559). เทคนิคการค้นหาคาสต์ค้นพบได้ยากสำหรับข้อมูลที่ขนาดแตกต่างกันมาก. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- กาญจน์เชอร์ ชูชีพ. (2561). การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression). คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กัระชาติ สุขสุทธิ. (2559). การจำแนกข้อมูลไม่สมดุลโดยใช้การปรับปรุงข้อมูลร่วมกับการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีการเริ่มต้นใหม่. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2544). การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวด้วย SPSS for Windows (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เบญจกรณ์ จันทร์ทองกุล, สุวรรณ รัศมีขวัญ, สุนิสา ริมเจริญ, ภูสิต กุลเกษม, กฤษณะ ชินสาร, อังคนันท์ รัตทุกซ์, ปิยนุช วรบุตร, และจรรยา อ้นปັນส์. (2557). วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งกลุ่มข้อมูลที่ไม่สมดุลสูง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์). มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- อัจฉรา แผ้วบาง และสายชล ลินสมบูรณ์ทอง. (2562). การปรับความไม่สมดุลของข้อมูลด้วยการจำแนก 5 วิธี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Brandt, J. & Lanzen, E. (2020). A Comparative Review of SMOTE and ADASYN in Imbalanced Data Classification [Master's thesis]. University of Uppsala.
- Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., & Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: synthetic minority over-sampling technique. *Journal of artificial intelligence research*, 16, 321–357.
- Febrianti, R., Widyaningsih, Y. & Soemartojo, S. (2018). The parameter estimation of logistic regression with maximum likelihood method and score function modification. *Journal of Physics Conference Series*. 1725 (2021), 1742–6596.
- Firth, D. (1993). Bias Reduction of Maximum Likelihood Estimates. *Biometrika*, 1(80), 27–38.
- Rahman, H. A., Wah, Y. B. & Huat, O. S. (2021). Predictive Performance of Logistic Regression for Imbalanced Data with Categorical Covariate. *Pertanika J. Sci. & Technol.* 29 (1): 181 – 197 (2021).
- Wah, Y. B., Rahman, H. A. & Haibo, H. (2016). Handling imbalanced dataset using SVM and K-NN approach. *AIP conference Proceedings* 1750, 020023 (2016)



## การผลิตไบโอเอสเทอร์จากน้ำมันถั่วดาวอินคาผ่านตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ชนิดกรดจาก

### เส้นใยเซลลูโลส

น้ำฝน เบ้าทองคำ<sup>1</sup>, มารยาท ธรรมรัตน์<sup>1</sup>, พัชรมัย ทองภิรมย์<sup>1</sup>, พรอมา คำข้าว<sup>1</sup>,

ชญาพร โพธิ์อ่อน<sup>1</sup>, จตุรงค์ สุภาพพร้อม<sup>1</sup> และ อนุสรณ์ วรสิงห์<sup>1,2\*</sup>

### Bioester Production from Sacha Inchi Oil via Heterogenous Acid Catalyst from

### Cellulose fiber

Namfon Baothongkam<sup>1</sup>, Marayad Thammattanaporn<sup>1</sup>, Phatcharamai Thongphiom<sup>1</sup>,

Pornauma Kharkhaow<sup>1</sup>, Chadapon phoong<sup>1</sup>, Chaturong Suparpprom<sup>1</sup> and Anusorn Vorasingha<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านปิโตรเลียม ปิโตรเคมี และวัสดุขั้นสูง มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Maung, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Research Center for Academic Excellence in Petroleum, Petrochemical and Advanced Materials, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail : anusornv@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

การพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ชนิดกรดในกระบวนการผลิตไบโอเอสเทอร์ โดยผ่านปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันโดยใช้ น้ำมันถั่วดาวอินคาเป็นสารตั้งต้น แล้วนำมาทำปฏิกิริยากับเมทานอลโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกันชนิดของแข็งกรด ซึ่งในปฏิกิริยานี้จะใช้อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทิลแอลกอฮอล์เป็น 1 ต่อ 24 และใช้อุณหภูมิทำปฏิกิริยาที่ 80 องศาเซลเซียส โดยตัวเร่งที่ใช้เตรียมมาจากเยื่อกระดาษที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนที่เป็นเวลาต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 700, 800 และ 900 องศาเซลเซียส จากนั้นนำถ่านที่ผ่านการเผาด้วยความร้อนสูง มาผ่านกระบวนการซัลโฟเนชัน ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยจากการทดลองพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ชนิดกรดที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสใช้เวลา 5 ชั่วโมง พบว่ามีความเข้มข้นของกรดสูงมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไบโอเอสเทอร์ด้วย เครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (NMR) และ เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FT-IR) โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้สามารถนำมาใช้ซ้ำได้มากกว่า 4 ครั้ง โดย จะพบว่าปริมาณของไบโอเอสเทอร์ที่ได้จะลดลงเล็กน้อย

คำสำคัญ : คาร์บอนที่ ซัลโฟเนชัน ทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน



#### Abstract

The heterogeneous acid catalyst for bioester production from Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil via transesterification reaction was developed. The process starts from extracted natural oil reacts with methanol under acid solid catalyst, when the molar ratio of oil: alcohol was 1:24 and reaction temperature is 80°C. The catalyst was prepared from paper fiber, with several times carbonization at 700, 800 and 900 °C. and follow by sulfonation on charcoal for 18 h at 150 °C. The carbonized catalyst at 800 °C and 5 h was high acid value more than the other. The chemical structure of bioester products were analyzed by nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) and fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR). The catalyst can be used more than 4 times. However, it was found that the amount of methyl ester was slightly decreased

**Keywords:** Carbonization, Sulfonation, Transesterification

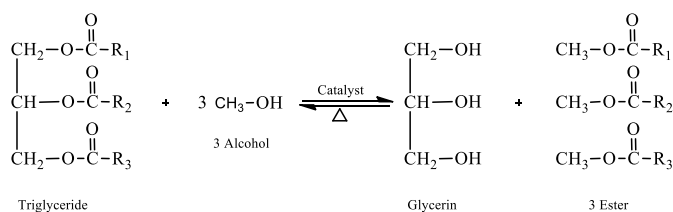
#### บทนำ

ในปัจจุบันราคาน้ำมันเชื้อเพลิงปิโตรเลียมปรับตัวสูงขึ้นมากภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม และภาคการขนส่ง (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2564) ความจำเป็นต้องพึ่งพาอาศัยน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลเป็นจำนวนมาก เพราะเครื่องจักรกลโรงงานและเครื่องยนตรถบรรทุกใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นส่วนใหญ่ ด้วยสาเหตุข้างต้นทำให้มีการคิดค้นหาน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล ซึ่งส่วนใหญ่ใช้น้ำมันทดแทนเหล่านี้ได้มาจากพืชและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งเป็นที่มาของชื่อเรียกเชื้อเพลิงทดแทนเหล่านี้ว่า “น้ำมันไบโอดีเซล” โดยน้ำมันไบโอดีเซล หรือ ไบโอดีเซล คือ น้ำมันที่ผลิตได้จากการนำน้ำมันจากเมล็ดพืชชนิดต่างๆ อาทิเช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะกอก น้ำมันมะพร้าว น้ำมันทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วดาวอินคา เป็นต้น มาแปรสภาพโดยผ่านกระบวนการทางเคมีกับแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล และเอทานอล ได้เป็นน้ำมันชนิดใหม่อยู่ในรูปของสารเอสเทอร์ (Abiodun et al., 2019) เพื่อลดค่าความหนืดและอุณหภูมิจุดแข็งตัวของน้ำมันลง ให้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ได้ โดยเทคนิคในขั้นตอนการผลิตขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่ จำนวนพันธะคู่ในโมเลกุล และปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น คุณสมบัติเฉพาะตัวของน้ำมันแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์พืชที่ให้น้ำมัน สภาวะอากาศ ปริมาณน้ำ ปริมาณแสง และลักษณะของดินที่ใช้เพาะปลูก คุณลักษณะที่ต่างกันั้นส่งผลต่อคุณภาพของน้ำไบโอดีเซลที่ผลิตได้ โดยทั่วไปน้ำมันพืชสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยตรงเนื่องจากว่ามีค่าความร้อนสูง แต่มีข้อจำกัดในด้านกายภาพบางประการ เช่น มีความหนืดสูง ค่าการระเหยตัวต่ำ ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และทำให้เกิดปัญหาอุดตันในเครื่องยนต์ ดังนั้น จึงได้มีการพัฒนาคุณภาพน้ำมันพืชให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันไบโอดีเซล ด้วยกระบวนการทางเคมีก่อนนำมาใช้น้ำมัน



ที่ผ่านกระบวนการทางเคมีแล้วสามารถนำมาใช้โดยการผสมกับน้ำมันดีเซลที่ได้มาจากการกลั่นปิโตรเลียม ในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้งานให้มากกว่าการใช้ไบโอดีเซลเพียงอย่างเดียว

ในการเปลี่ยนน้ำมันจากพืชไปเป็นน้ำมันไบโอดีเซลนั้น จะใช้สารในกลุ่มแอลกอฮอล์เป็นตัวเข้าทำปฏิกิริยา (Al-Widyan et al., 2002) ซึ่งสารแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะเป็นแอลกอฮอล์โมเลกุลโซ่ตรงที่มีจำนวนคาร์บอนอยู่ในช่วง 1 ถึง 8 อะตอม ที่นิยม ได้แก่ เมทานอล หรือ เอทานอล โดยเฉพาะเมทานอลจะนิยมใช้มากที่สุดเนื่องจากมีราคาถูกและเป็นแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เพราะเมื่อนำไปผลิตไบโอดีเซล จะทำปฏิกิริยาได้เร็วกว่าแอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ โดยอธิบายได้ตามหลักการของจลนศาสตร์เคมีที่ทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลง น้ำมันไบโอดีเซลที่มีคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้กับเครื่องยนต์สามารถทำได้ โดยใช้ปฏิกิริยาที่เรียกว่าปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) เป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนสารตั้งต้นไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นน้ำมันพวงเอสเทอร์ โดยการทำให้ปฏิกิริยาของไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์ ดังแสดงดังรูปที่ 1



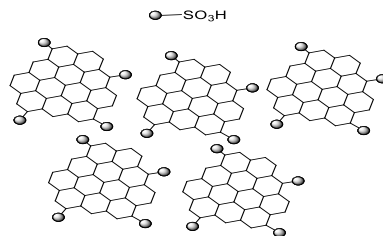
รูปที่ 1 แสดงการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน

ในการผลิตไบโอดีเซลในอดีตนั้นมักจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดแบบเป็นเนื้อเดียวกัน หรือที่มักจะเรียกว่าตัวเร่งชนิดเอกพันธ์ โดยแบ่งเป็นตัวเร่งเอกพันธ์ชนิดกรด และตัวเร่งเอกพันธ์ชนิดเบส การเริ่มใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด (Acid catalyst) ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล มักใช้ในกระบวนการบำบัดสารไขมันหรือกระบวนการเตรียมน้ำมันให้เหมาะสม (Pretreatment) ก่อนที่จะนำไปเข้าทำกระบวนการของการผลิตไบโอดีเซลที่มีคุณภาพนั่นเอง กล่าวคือการกำจัดกรดไขมันอิสระโดยเปลี่ยนเป็นน้ำมันให้อยู่ในรูปของไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน หากมีกรดไขมันอิสระในปฏิกิริยามากกว่า 2.5% จะพบว่าไม่สามารถใช้ตัวเร่งเบสในการนำมาเร่งปฏิกิริยาได้ เพราะอาจจะเกิดเป็นสบู่อันในปฏิกิริยาและจะทำให้ผลผลิตไบโอดีเซลที่ได้นั้นลดลง ดังนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลคือ กรดซัลฟิวริก (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ที่น่าจะนำมาใช้ได้ เนื่องจากมีการศึกษาแล้วพบว่ากรดตัวอื่น เช่น nitric acid, hydrochloric acid, formic acid และ acetic acid ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันที่ใช้ในกระบวนการของการผลิตไบโอดีเซลได้ นอกจากนี้ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียในการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งหมด จากตัวเร่งปฏิกิริยาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้แก่ ตัวเร่งเอกพันธ์ชนิดกรด ตัวเร่งเอกพันธ์ชนิดเบส การใช้เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลในจุดวิกฤตที่ยาวของ



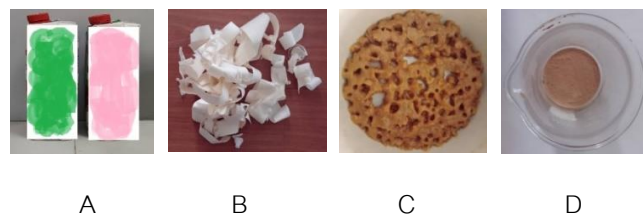
เมทานอล (Supercritical Alcohol Fluid Catalysis) การใช้เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลด้วยเอนไซม์ไลเปส (Lipase Enzyme Catalysis) และเทคโนโลยีล่าสุดคือการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดไม่เป็นเนื้อเดียวกันหรือที่เรียกว่าตัวเร่งแบบวิวิธพันธ์ โดยจะมีตัวเร่งแบบวิวิธพันธ์ชนิดกรดและวิวิธพันธ์ชนิดเบสมาใช้ในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งนับว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่สามารถผลิตไบโอดีเซลได้เปอร์เซ็นต์ที่สูง

ซึ่งในงานวิจัยนี้จะศึกษาการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดด้วยการตรึงหมู่ซัลโฟนิล ( $-SO_3H$ ) ลงบนวัสดุรองรับที่มีพื้นผิวเป็นของแข็ง (Solid Support) ซึ่งวัสดุรองรับจากธรรมชาตินั้นมีหลายชนิดส่วนใหญ่จะเป็นเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose) โดยก่อนหน้านี้ได้มีงานวิจัยที่ใช้ เส้นใยไผ่ เส้นใยอ้อย ใยฝ้าย ใยขนุน และใยดอกกรัก มาทำการตรึงหมู่กรดแล้ว แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้เส้นใยจากกระดาษจากวัสดุเหลือใช้ เป็นวัสดุรองรับ โดยเส้นใยกระดาษที่ใช้จะได้มาจากส่วนที่เป็นกล่องกระดาษบรรจุผลไม้ ที่ได้มาจากการคัดแยกขยะชุมชนในมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งก่อนนำมาใช้ต้องกำจัดส่วนที่เป็นผิวของกล่องกระดาษส่วนนอกส่วนนอก และแผ่นรองชั้นในส่วนที่อยู่ชั้นในออกไปก่อนโยนเนื้อกระดาษที่ได้จะประกอบไปด้วยส่วนของเส้นใย (Cellulose) เป็นองค์ประกอบทั้งหมด



รูปที่ 2 แสดงลักษณะการตรึงหมู่ซัลโฟนิลลงบนโครงสร้างของ Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

ในขั้นตอนการเตรียมวัสดุรองรับ จะมีการนำเส้นใยกระดาษไปทำการคาร์บอนไนท์ในเตาเผาความร้อนสูง (Carbonization) เพื่อทำการเปลี่ยนโครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose) ที่อยู่ในรูปของพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ให้ไปเป็นโครงสร้างของพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs) จากนั้นจึงมาทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98 เปอร์เซ็นต์ (conc.  $H_2SO_4$ ) เพื่อติดหมู่ซัลโฟนิล (Sulfonyl group;  $-SO_3H$ ) ลงบนวงอะโรมาติกของพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน โดยเส้นใยเซลลูโลสที่ได้มาแต่ละชนิดจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่ผลิต



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของวัสดุตั้งต้นกล่องบรรจุภัณฑ์ (A) วัสดุตั้งต้นเยื่อกระดาษ (B) เซลลูโลสที่แปรรูปแล้วที่จะนำมาใช้ในการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา (C) และตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้ (D)





ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเกิด 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน (Sulfonation) และอาจเกิดปฏิกิริยาไอซัลโฟเนชัน (O-Sulfonation) ขึ้นได้บริเวณปลายเส้นใยเซลลูโลสของใยเซลลูโลส ตรงตำแหน่งอะนอเมอร์คาร์บอนอะตอม (Anomeric carbon atom) ซึ่งเกิดจากความไม่สมบูรณ์ในขั้นตอนการคาร์บอนท์ หมู่ไอซัลโฟนิล (O-Sulfonyl group;  $-OSO_3H$ ) ที่เกิดขึ้นมีความเสถียรน้อยกว่าหมู่ซัลโฟนิลต่อการทำปฏิกิริยาด้วยความร้อนและน้ำ ดังนั้นการทดลองนี้จึงทำการควบคุมการคาร์บอนท์เส้นใยเซลลูโลส เพื่อให้เกิดเป็นพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน และต้องทำให้อุณหภูมิของวัสดุรองรับหลังการคาร์บอนท์จะมีโครงสร้างที่เล็ก อันเนื่องมาจากขนาดระนาบของวัสดุรองรับยิ่งเล็กลงจะทำให้ติดหมู่ซัลโฟนิลได้มากขึ้น ในขณะที่เดียวกันก็ต้องลดการเกิดปฏิกิริยาซัลโฟเนชันด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2 ดังนั้นการเลือกอุณหภูมิในการคาร์บอนท์ ให้เหมาะสมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการศึกษาดูเรื่องปฏิกิริยานี้

ส่วนพืชที่ให้น้ำมันจึงเป็นทางเลือกสำคัญอีกทางเลือกหนึ่ง ในการวางแผนพัฒนางานด้านการวิจัยในประเทศ เนื่องด้วยมาจากความหลากหลายและง่ายต่อใช้งานมากกว่าพลังงานทางเลือกชนิดอื่น ๆ และสามารถใช้ทดแทน สารเอสเทอร์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบันได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาพืชน้ำมันที่สามารถเพาะปลูกได้ในประเทศไทย คือ เมล็ดจากถั่วดาวอินคา (Sacha Inchi seed) ที่ได้มาจากน้ำมันที่หีบมาจากโรงงาน ในส่วนที่ไม่สามารถนำไปบริโภคได้ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงลักษณะผลถั่วดาวอินคาและน้ำมันถั่วดาวอินคาเกรด C

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Adventurer)
2. เตาเผาความร้อนสูง (Furnace, 100–1500 °C, บริษัท CARBOLITE)
3. เครื่องกวนสารและให้ความร้อน (Hotplate stirrer, บริษัท Heidolph) 4. เครื่องปั่นละเอียด
5. ขวดกักเก็บขนาด 50 มิลลิลิตร และ ขนาด 100 มิลลิลิตร



6. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น ปีกเกอร์ กรวยแยก ขวดกั่นกลม
7. โถดูดความชื้น (Desiccator)
8. เครื่อง Nuclear Magnetic Resonance (NMR, ความถี่ 400 MHz บริษัท Bruker รุ่น Advance 400)
9. เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR, บริษัท Perkin Elmer รุ่น Frontier)

#### วัตถุดิบและสารเคมี

1. เมทิลแอลกอฮอล์ (MeOH)
2. น้ำมันถั่วดาวอินคาเกรด C (ไม่สามารถนำมาบริโภคได้)
3. เยื่อกระดาษจากกล่องบรรจุผลไม้ (มาจากขยะชุมชนภายในมหาวิทยาลัย)
4. กรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ )
5. Amberlyst 15

#### วิธีการ

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

การศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาคาร์บอนเซชัน

นำกระดาษในส่วนที่เป็นเส้นใยมาตัดออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 3 เซนติเมตร (รูปที่ 3) นำส่วนที่เป็นเยื่อกระดาษส่วนที่อยู่ด้านในออกมา จากนั้นนำมาทำความสะอาดแล้วนำมาบดบั่นให้ละเอียด จากนั้นให้เอาไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะได้เส้นใยเยื่อกระดาษที่บริสุทธิ์ จากนั้นนำเส้นใยเยื่อกระดาษที่เตรียมไว้มา 300 กรัม ทำการเผาด้วยเตาเผาความร้อนสูง (Furnace) เป็นเวลา 5, 10 และ 15 ชั่วโมง ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 600, 700, 800, 900 องศาเซลเซียสภายใต้สภาวะที่ปราศจากก๊าซออกซิเจน เพื่อให้เส้นใยเซลลูโลสมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง โดยในขั้นตอนนี้ เยื่อกระดาษจะถูกใส่เอาไว้ในเบ้าหลอม (Crucible) และนำไปบรรจุไว้กลางภาชนะดินเผาทรงกลมมีฝาปิดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร สูง 35 เซนติเมตร ภายในภาชนะจะบรรจุทรายละเอียด (เพื่อลดปริมาณอากาศในภาชนะ) จากนั้นทำการอัดแก๊สไนโตรเจน (เพื่อไล่อากาศที่มีอยู่ในภาชนะ) ตรงบริเวณฝาภาชนะจะถูกบุด้วยชั้นของใยแก้ว เพื่อเป็นตัวป้องกันก๊าซออกซิเจน จากนั้นตัวภาชนะชั้นนี้จะถูกนำไปคาร์บอนไนต์ด้วยเตาเผาความร้อนสูง (Furnace) แล้วนำวัสดุที่ได้มาบดด้วยเครื่องบดแบบใช้ลูกบอลช่วยบด (Ball Mill) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำผงวัสดุที่ได้มาบดด้วยเครื่องร่อนแบบสั่น (Vibratory Sieve Shaker) ผ่านตะแกรงร่อน (Sieve) ขนาด 90 ไมโครเมตร (170 mesh) จากนั้นจึงเก็บผงตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้ เอาไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อรอนำไปการศึกษาผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาคาร์บอนเซชันในขั้นตอนต่อไป

การศึกษาผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาคาร์บอนเซชัน



การเตรียมการเผาเส้นใยเซลลูโลสด้วยความร้อนสูง และการจัดเก็บเช่นเดียวกัน แต่ตั้งอุณหภูมิการคาร์บอนไนท์เอาไว้คือ อุณหภูมิ 700, 800 และ 900 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการเผาเป็น เป็น 5, 10 และ 15 ชั่วโมง ดังแสดงการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเตาเผาความร้อนสูง ในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเตาเผาความร้อนสูง (Furnace)

#### การทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน (Sulfonation)

นำเยื่อกระดาษที่เตรียมไว้มาปริมาณ 20 กรัม ใช้เครื่องซึ่งชนิดละเอียด 3 ตำแหน่ง จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริก (98 %  $H_2SO_4$ ) จำนวน 200 มิลลิลิตร จะพบว่ากรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ) เข้มข้น 98 % โดยน้ำหนัก (จะมีความเข้มข้นในหน่วยโมลาร์เท่ากับ 18.3 M) จากนั้นทำการตั้งปฏิกิริยาแบบกะ (Batch Reaction) โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน ( $N_2$ ) รอให้สารที่ตั้งปฏิกิริยาเสร็จแล้วเย็นตัวลง จึงนำสารที่ได้มาเจือจางกับน้ำกลั่น จากนั้นกรองด้วยเครื่องกรองแบบดูดอากาศ (Suction filter) ล้างสารด้วยน้ำกลั่น จนกว่าสารที่ได้จะมีสภาวะเป็นกลาง นำไปอบให้แห้ง และนำมาจัดเก็บในโถอบความชื้น

#### การทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน

การทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ทำโดยการตั้งปฏิกิริยาแบบกะ (Batch Reaction) ประกอบด้วยตัวให้ความร้อนพร้อมตัวกวนสารแบบแม่เหล็ก (Heater & Magnetic Stirrer) โดยให้ความร้อนผ่านถาดอลูมิเนียมที่บรรจุทรายชนิดละเอียดและคนสารด้วยแท่งคนแม่เหล็กที่หมุนด้วยความเร็ว 500 รอบต่อนาที ใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยภายในขวดก้นกลม จะใส่สารที่ต้องการทำปฏิกิริยา ได้แก่ น้ำมันถั่วดาวอินคา 10.0 กรัม เมทิลแอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1 ต่อ 24 โดยน้ำหนัก และใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาจากวัสดุเยื่อเซลลูโลส 3% โดยน้ำหนัก ต่อจากนั้นจะเชื่อมต่อขวดก้นกลมด้วยตัวคลายความร้อน (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อน และควบแน่นสารระเหยด้วยน้ำหล่อเย็น โดยหลังจากเสร็จสิ้นปฏิกิริยาจะทำการหยุดปฏิกิริยาโดยการหยุดกวนสาร ลดอุณหภูมิ และแยกกรองเอาตัวเร่งปฏิกิริยารวพิษออกตามลำดับ น้ำมันที่ได้จะถูกวิเคราะห์อัตราส่วนของไบโอเอสเทอร์ด้วยเทคนิค  $^1H$  NMR สเปกโตรสโกปี (Jin et al., 2007)



รูปที่ 6 แสดงการตั้งปฏิกิริยาแบบกะ (Batch Reaction)

### ผลการศึกษา

การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาโดยการตรึงหมู่กรดลงบนวัสดุรองรับจากเส้นใยเซลลูโลส

ผลทดสอบความสามารถในการตรึงหมู่กรดลงบนวัสดุรองรับที่ผ่านการเตรียมมาด้วยวิธีต่างกัน ด้วยวิธีการไตเตรทแบบย้อนกลับ (Back Titration) โดยเทียบกับสารตัวเร่งมาตรฐาน Amberlyst 15 โดยจากการศึกษาความเข้มข้นกรดของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิคการไตเตรทแบบย้อนกลับ ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการคาร์บอนที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการตรึงหมู่กรดได้มากที่สุด และตัวเร่งปฏิกิริยาที่ตรึงหมู่กรดได้น้อยที่สุดคือตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ความร้อนสูงในการเผา ซึ่งอาจเกิดโครงสร้างของโซ่โพลีไซคลิกอะโรมาติกที่ซับซ้อนของไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon หรือ PAHs) ซึ่งเป็นลักษณะโดยทั่วไปของการเผาไหม้ของสารอินทรีย์ในธรรมชาติ จากงานวิจัยที่ทำการสืบค้นมาได้อธิบายลักษณะดังกล่าวไว้ว่าอาจเกิดขึ้นจากการคาร์บอนที่อุณหภูมิสูงจนสารเปลี่ยนไปเป็น PAHs จำนวนมากทำให้หมู่กรดไม่สามารถเข้าไปติดได้ เนื่องจากหมู่กรดต้องการบริเวณที่จะใช้สร้างพันธะยึดเกาะ และเนื่องจากลักษณะของ PAHs มีลักษณะเป็นแผ่นระนาบ แต่กรดที่จะเข้าไปยึดเกาะสามารถสร้างพันธะได้เพียงบริเวณขอบของ PAHs เท่านั้น ดังนั้นถ้าให้อุณหภูมิสูงมาก หรือนานพอจะทำให้ได้ PAHs ที่มีลักษณะที่เป็นแผ่นใหญ่ ทำให้สารที่เข้าไปยึดเกาะมีที่ยึดเกาะได้น้อย

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของตัวเร่งปฏิกิริยาจากเซลลูโลสด้วยการไตเตรทแบบย้อนกลับ (Back Titration)

ลำดับ	อุณหภูมิที่ใช้เผา	เวลาในการเผา	การตรึงหมู่กรด
ตัวอย่าง	(°C)	(Hour)	(mmol/g)
1	700	5	4.12
2	700	10	4.36



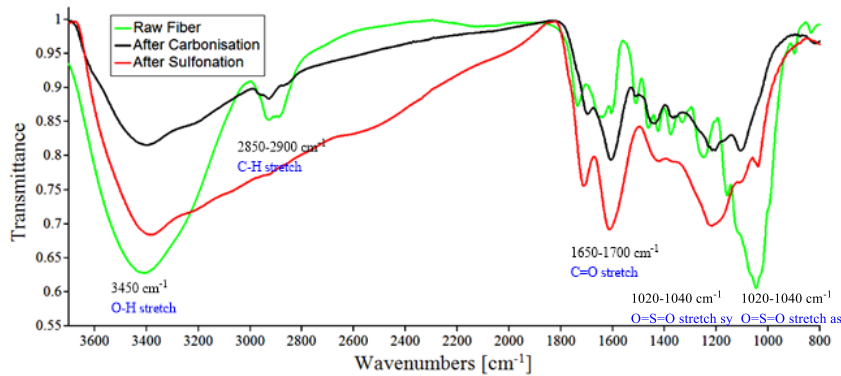
ลำดับ	อุณหภูมิที่ใช้เผา	เวลาในการเผา	การตรึงหมู่กรด
ตัวอย่าง	(°C)	(Hour)	(mmol/g)
3	700	15	4.76
4	800	5	6.89
5	800	10	6.56
6	800	15	5.97
7	900	5	3.08
8	900	10	3.14
9	900	15	2.83
AMB-15	-	-	4.72

ผลของวัสดุรองรับคาร์บอน (Carbonization) และการทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน (Sulfonation) เพื่อติดหมู่กรดด้วยเทคนิค FT-IR

จากผลการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างในการติดหมู่กรดด้วยเทคนิค FT-IR ในการศึกษาสิ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา นำมาเปรียบเทียบกับเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในการผลิตไบโอเอสเทอร์ และจากการเปรียบเทียบลักษณะของผล FT-IR พบว่า ลักษณะของเส้นใยของเยื่อกระดาษที่ยังไม่ผ่านปฏิกิริยาใดๆ เป็นเส้นใยธรรมชาติที่แสดงความเป็นเส้นใย (Cellulose) คือ แสดงหมู่ของ -O- stretching ของพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond) ของน้ำตาลที่ต่อกันเป็นเส้นใยที่ 1250, 1040  $\text{cm}^{-1}$  ชัดเจน ประกอบกับ C-H stretching, -OH stretching และ -OH bending ขึ้นที่ 1450, 3400 และ 1606  $\text{cm}^{-1}$  ตามลำดับ หลังจากทำการคาร์บอนที่ 800 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง เส้นใยเซลลูโลสจะสูญเสียน้ำออกไปและทำให้เกิดโครงสร้างของโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon; PAHs) ซึ่งเป็นลักษณะโดยทั่วไปของการเผาไหม้สารอินทรีย์ในธรรมชาติ จากตัวอย่างพบว่าสารเกิดการสูญเสียน้ำออกไปจริง สารมีความเป็นอะโรมาติกมากขึ้นสังเกตได้จาก C=C stretching ขึ้นที่ 1600 และ 1475  $\text{cm}^{-1}$  และมีลักษณะ C=O stretching ของหมู่อัลดีไฮด์และคีโตนซึ่งเกิดจากการคาร์บอนที่ ขึ้นที่ 1715 และ 1725  $\text{cm}^{-1}$  ตามลำดับ โดยเมื่อนำสารตัวอย่างไปทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชันเพื่อติดหมู่กรดซัลโฟนิล (-SO<sub>3</sub>H) จะพบว่าเกิดสัญญาณขึ้นอย่างชัดเจนที่ตำแหน่งประมาณ 1700  $\text{cm}^{-1}$  และ 1200  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งอาจกล่าวได้ว่ามีหมู่คาร์บอกซิลิกหรือหมู่ที่สั้นใกล้เคียงกับหมู่คาร์บอกซิลิกที่ C=O stretching ที่ 1730 และ C-O stretching ที่ 1210  $\text{cm}^{-1}$  และเกิดสัญญาณแบบ Overtone (การสั่นพ้องรูปแบบหนึ่งหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งคือการเกิด



Fermi resonance) ระหว่างการ blending ของ -OH กับ O=C โดยสิ่งที่ทำให้เกิดคือ พันธะไฮโดรเจนที่มันกระทำต่อกันทำให้เกิดแถบความถี่ (Broadband) ขึ้นที่ 2300-2700  $\text{cm}^{-1}$  เป็นแถบยาวติดต่อกันไปสัญญาณการสั่นของ O=S=O stretching จะขึ้นที่ 1377  $\text{cm}^{-1}$  และ S=O stretching แบบ asymmetric จะขึ้นที่ประมาณ 1200  $\text{cm}^{-1}$  และจากการศึกษาลักษณะการตีหมุ่กรดด้วยเทคนิค FT-IR จะพบว่า ลักษณะโดยทั่วไปของสัญญาณจากผลการทดลองบอกลักษณะของวัสดุรองรับที่สามารถตีหมุ่กรด (-SO<sub>3</sub>H) ได้เป็นอย่างดีสอดคล้องกันยกเว้นเส้นใยเซลลูโลสที่ผ่านการคาร์บอนที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จะพบว่ามีการสูญเสียส่วนที่เป็น -OH ไปเกิดเป็นโครงสร้างของโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon; PAHs) มากกว่าวัสดุรองรับชนิดอื่นที่คาร์บอนในอุณหภูมิที่น้อยกว่า



รูปที่ 7 ลักษณะโดยทั่วไปของสัญญาณ FTIR ของ เส้นใยเซลลูโลสปกติ (สีเขียว) เส้นใยที่ผ่านการคาร์บอนด้วยความร้อนสูง (สีดำ) และเส้นใยคาร์บอนที่ผ่านการตรึงด้วยหมู่กรดซัลโฟนิก (สีแดง)

ผลการทดสอบคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้จากเส้นใยเซลลูโลส

การทดลองในส่วนนี้จะใช้น้ำมันมาตรฐานของกรดไขมันโอเลอิก (Oleic acid) ทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ดังนั้นในการทดลองขั้นนี้ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น จะกระบวนการผลิตไบโอเอสเทอร์ โดยศึกษาโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากที่เตรียมจากวัสดุรองรับจากเยื่อกระดาษที่ผ่านการคาร์บอนที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการคาร์บอน 5 ชั่วโมง พบว่าอัตราส่วนของน้ำมันต่อเมทานอลที่เหมาะสมกับใช้ในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้ คือ อัตราส่วนน้ำมัน 1 ส่วนต่อเมทานอล 24 ส่วน โดยใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 80 องศาเซลเซียส โดยใช้ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้จากวัสดุเส้นใยเซลลูโลส 3% โดยน้ำหนัก ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง พบว่าการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 72.46 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง ดังแสดงผลในตารางที่ 2



ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (%Conversion) ของเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันมาตรฐานกรดไขมันโอเลอิก (Oleic acid) ที่ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา 3 %wt ที่อัตราส่วนต่างๆ ของ Oil:MeOH โดยใช้ตัวเร่งวิวิธพันธ์จากเชื้อกระดาษ

อัตราส่วนของ Oil:MeOH	1:15	1:18	5:21	1:24	1:27
% การเปลี่ยนแปลง	63.66%	67.36%	69.81%	72.46%	72.34%

ผลการทดสอบคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้มาทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันกับน้ำมันถั่วดาวอินคาเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยามาตรฐาน Amberlyst 15

เนื่องจากน้ำมันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาในการทดลองนี้ ใช้น้ำมันที่เป็นน้ำมันไตรกลีเซอไรด์ที่ได้มาจากถั่วดาวอินคา ดังนั้นในการทดลองจะใช้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะเป็นปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ศึกษาโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมจากวัสดุรองรับจากเส้นใยเซลลูโลสที่ผ่านการคาร์บอนที่อุณหภูมิ 700, 800 และ 900 องศาเซลเซียส (ใช้เวลาทำคาร์บอนที่ 5 ชั่วโมง) โดยนำมาทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันที่เวลา 24 ชั่วโมงและใช้ตัวเร่งปฏิกิริยามาตรฐานแอมเบอร์ลิสต์ 15 (Amberlys 15; AMB-15) เป็นตัวเปรียบเทียบ โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 3 % wt (โดยน้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ในปฏิกิริยา) และใช้แอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1:24 (อัตราส่วนโดยโมลทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า ในการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมจากเส้นใยเซลลูโลสที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะสามารถเร่งปฏิกิริยาได้พอประมาณ คือ 71.26 เปอร์เซ็นต์ ในการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมโดยการคาร์บอนที่เส้นใยเซลลูโลสที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จะสามารถเร่งปฏิกิริยาได้พอประมาณ คือ 78.42 เปอร์เซ็นต์พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง นำมาทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันที่เวลา 24 ชั่วโมง สามารถเร่งปฏิกิริยาพอสมควร คือ 64.83 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์จากเซลลูโลสที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เวลาทำคาร์บอนที่ 5 ชั่วโมง เมื่อนำมาทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ที่เวลา 24 ชั่วโมง สามารถเร่งปฏิกิริยาให้ได้ผลผลิตได้ดีที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3

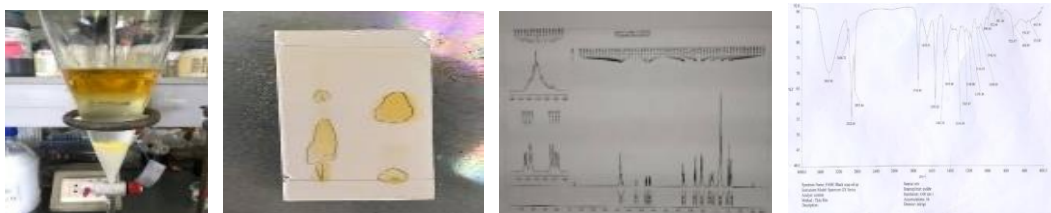


ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (Conversion) ของเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันไตรกลีเซอไรด์ ที่ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา 3 wt% ที่อัตราส่วนของ MeOH:Oil เท่ากับ 1:24 โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิธพันธ์ ที่ได้จากการเตรียมที่อุณหภูมิ 700, 800 และ 900 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ตัวเร่งปฏิกิริยา	MeOH:Oil	%การเปลี่ยนแปลงครั้ง	%การเปลี่ยนแปลงครั้ง	%การเปลี่ยนแปลงครั้ง
		ที่ 1 (700 °C)	ที่ 2 (800 °C)	ที่ 3 (900 °C)
ตัวเร่งวิธพันธ์จากเยื่อกระดาษ	1 : 24	71.26%	78.42%	64.83%
ตัวเร่งมาตรฐาน Amberlyst 15	1 : 24	93.76%	94.14%	94.62%

ผลการทดสอบการทำปฏิกิริยาซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้เทียบกับสารตั้งเร่งมาตรฐาน Amberlyst 15

จากการทดสอบความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อนำไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตไบโอเอสเทอร์ในชั้นอุตสาหกรรม เพื่อให้สะดวกในขั้นตอนการแยกสารเร่งปฏิกิริยาออกจากสารตั้งต้น โดยในการทดลองจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากวัสดุเส้นใยเซลลูโลสที่เตรียมด้วยการคาร์บอนที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 5 ชั่วโมง มาทำการทดลองทำปฏิกิริยาซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อทดสอบคุณภาพ และใช้แอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1:24 ทำปฏิกิริยากับน้ำมันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำซ้ำได้เพียง 4 ครั้ง หลังจากทดลองใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้ช่วยเร่งปฏิกิริยาการผลิตไบโอเอสเทอร์ซ้ำในครั้งที่ 4 จะพบว่าความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาจะลดลง และในการทดลองเร่งปฏิกิริยาการผลิตไบโอเอสเทอร์ซ้ำครั้งที่ 4 ตัวเร่งปฏิกิริยาทุกชนิดจะสูญเสียความสามารถในการเร่งปฏิกิริยามากที่สุด โดยเฉพาะตัวเร่งปฏิกิริยาจากเส้นใยเซลลูโลสที่เตรียมด้วยการคาร์บอนที่อุณหภูมิที่ 900 องศาเซลเซียส พบว่าจะสูญเสียความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาจะลดลง ตามลำดับ หลังจากการทดลองซ้ำครั้งที่ 3 ผ่านไป ส่วนสารตัวเร่งปฏิกิริยามาตรฐาน Amberlyst 15 จะใช้เร่งปฏิกิริยาได้ในครั้งแรกเท่านั้น จึงมีแนวโน้มที่จะสรุปได้ว่ามีหมู่ฟังก์ชันหรือโครงสร้างที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาในตอนแรกจะหลุดออกไป ทำให้ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาลดลง และได้แสดงขั้นตอนการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันและการวิเคราะห์สารผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยใช้โครมาโตกราฟีแบบผิวบาง (TLC) และใช้วิธีวิเคราะห์ทางนิวเคลียร์แมกเนติกสเปกโตรสโกปี (NMR) และเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FT-IR) ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงสารไบโอเอสเทอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน การวิเคราะห์สารที่ได้โดยใช้โครมาโตกราฟีแบบผิวบาง (TLC) การวิเคราะห์สารโดยใช้นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปี (NMR) และการวิเคราะห์สารโดยใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FT-IR)





## อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันมาตรฐานต่อเมทานอล พบว่าเมื่ออัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอลเพิ่มมากขึ้นพบว่าการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์เป็นอัลคิลเอสเทอร์จะเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือน้ำมันถั่วดาวอินคาต่อเมทานอลเท่ากับ 1:24 ใช้อุณหภูมิเท่ากับ 80°C ใช้ปริมาตรของตัวเร่งปฏิกิริยารวโรนิกซ์เท่ากับ 3 %wt ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนแปลงเป็นเมทิลเอสเทอร์ได้สูงสุดเท่ากับ 72.46% และจากการศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มีการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 2 ขบวนการ คือ ปฏิกิริยาคาร์บอนเซชัน ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลาคาร์บอนที่ 5 ชั่วโมง และปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน และจากการศึกษาความเข้มข้นของหมู่กรดซัลโฟนิกบนตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกันของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากเส้นใยเซลลูโลส และ Amberlyst 15 พบว่ามีความเข้มข้นเท่ากับ 6.89 และ 4.72 mmol/g ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR บนตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกันยืนยันมีหมู่ -O-SO<sub>3</sub>H stretching ตำแหน่งของสัญญาณขึ้นที่ตำแหน่งประมาณ 1700 และ 1200 cm<sup>-1</sup> และจากการศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้มาจากเส้นใยเซลลูโลสที่มาจากเส้นใยกระดาษ พบว่ามีประสิทธิภาพสูงในการใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยศึกษาอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันถั่วดาวอินคาต่อเมทานอล คือ 1:24 ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 3 %wt พบว่าเมื่อคำนวณสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยการใช้เทคนิค Nuclear Magnetic Resonance จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเมทิลเอสเทอร์สูงสุดเท่ากับ 78.42% โดยศึกษาการใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา 4 ครั้งพบว่า พบว่า การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์เป็นเมทิลเอสเทอร์ที่ลดลง ซึ่งอาจเกิดมาจากหลุดออกของหมู่ -SO<sub>3</sub>H บนวัสดุที่ใช้ตรึงในปฏิกิริยา

## สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองจะพบว่า จากการที่ได้ทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันมาตรฐานกรดไขมัน โอเลอิก (Oleic acid) ต่อเมทานอล พบว่าอัตราส่วนของน้ำมันมาตรฐานต่อเมทานอล ที่เหมาะสมกับการใช้ในขั้นตอนการทำปฏิกิริยาด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้ คือ อัตราส่วนน้ำมัน 1 ส่วนต่อเมทานอล 24 ส่วน โดยใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 80 องศาเซลเซียส ใช้ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้จากวัสดุเส้นใยเซลลูโลส 3% โดยน้ำหนัก และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าจะทำให้การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 72.46 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำสภาวะนี้มาใช้ในการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันกับน้ำมันถั่วดาวอินคา พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้จากเส้นใยเซลลูโลสจากเยื่อกระดาษที่นำมาผ่านการคาร์บอนที่อุณหภูมิ 800 องศา



เซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงสามารถนำมาเร่งในปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน โดยในปฏิกิริยาจะใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสและใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมงเท่ากัน สามารถผลิตสารเมทิลเอสเทอร์ได้สูงสุด 78.42 เปอร์เซ็นต์ และความสามารถของตัวเร่งที่ใช้ในปฏิกิริยาพบว่าทำซ้ำได้ 4 ครั้ง และการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์เป็นเมทิลเอสเทอร์จะลดลง โดยการศึกษาความเข้มข้นของหมู่กรดซัลโฟนิค ที่ตรึงอยู่บนตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ที่สังเคราะห์ได้ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลาคาร์บอนที่ 5 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR บนตัวเร่งปฏิกิริยา ยืนยันการสั่นของ O=S=O stretching จะปรากฏขึ้นที่  $1377\text{ cm}^{-1}$  และ Asymmetric S=O stretching จะปรากฏขึ้นที่  $1200\text{ cm}^{-1}$  และหมู่คาร์บอกซิลิก หรือหมู่ที่สั้นที่ใกล้เคียงกับหมู่คาร์บอกซิลิก ซึ่งจะปรากฏขึ้นที่ C=O stretching ที่  $1730$  และ C-O stretching ที่  $1210\text{ cm}^{-1}$

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย จากกองวิจัยของมหาวิทยาลัยนเรศวร จึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สุทธิชาติ เกิดผล และ ดร.ศุภนิมิตร เจียมพานิชยกุล ที่ได้ช่วยเหลือแนะนำข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือที่ต้องใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ ดร.พูลศักดิ์ สหกิจพิจารณ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และให้ความช่วยเหลือในการแก้ปัญหาต่างๆ และงานวิจัยในครั้งนี้ได้สำเร็จไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือจาก คุณวิชญสิทธิ์ อินทกุศล ที่ได้ช่วยเหลือในการหาข้อมูลทางวิชาการมาสนับสนุน ทางคณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

### เอกสารอ้างอิง

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2564). ข้อมูลพลังงานไทย. <https://www.eppo.go.th>, 1-8.

Abiodun, O. E., Adedoyin, A. J., & Frank, O. I.,(2019). Biodiesel production from Palm oil using heterogeneous basecatalyst. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 6(6), 80-90.

Al-Widyan, M. I., & Al-Shyoukh, A. O. (2002). Experimental evaluation of the transesterification of waste palm oil into biodiesel. *Bioresource technology*, 85(3), 253-256.

Jin, F., Kawasaki, K., Kishida, H., Tohji, K., Moriya, T., & Enomoto, H. (2007). NMR spectroscopic study on methanolysis reaction of vegetable oil. *Fuel*, 86(7-8), 1201-1207.



## การพัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวด

### วิจัย ในรูปแบบออนไลน์

ยุทธนา สงนรินทร์<sup>1\*</sup>

Development system for Set up a debtor and disbursement of annuities

Research fund

Yuttana songnarin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>สำนักงานอธิการบดี กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Office of the president Division of research and Innovation, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: yuttanas@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

ด้วยกระบวนการ การขอโครงสร้าง 3 มิติ การตั้งลูกหนี้ และการเบิกจ่ายเงินงวดโครงการวิจัยในปัจจุบัน ดำเนินการในรูปแบบของเอกสาร ซึ่งมีทั้งความล่าช้าในการดำเนินการและสิ้นเปลืองทรัพยากรเป็นอย่างมาก งานวิจัยสถาบันชั้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัยของมหาวิทยาลัยนเรศวร ให้รองรับการดำเนินการใน 3 ส่วนคือ 1.การยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติ 2.การยื่นคำขอตังลูกหนี้ 3.การยื่นคำขอนำส่งและออกใบเสร็จและการเบิกจ่ายเงินงวด ผ่านระบบออนไลน์ทดแทนการดำเนินการในรูปแบบเอกสารและเปรียบเทียบการใช้งานในรูปแบบออนไลน์และเอกสาร เพื่อเสนอให้ผู้บริหารพิจารณาการปรับใช้ทดแทนการดำเนินการในรูปแบบเอกสารต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาต่อยอดจากระบบบริหารโครงการวิจัยตามวงจรการพัฒนาแบบ (SDLC) โดยเริ่มทดลองใช้งานกับหน่วยงานร่อง 3 คณะคือ คณะวิทยาศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ พบว่า 1) การยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติ จากเดิมที่ต้องใช้ระยะเวลา 1-2 วัน ลดระยะเวลาเหลือเฉลี่ยประมาณ 1-3 ชม. และลดการใช้เอกสารจาก 10-30 แผ่น เป็นไม่ต้องใช้เอกสาร 2) การยื่นคำขอตังลูกหนี้ จากเดิม 1-3 วัน ลดระยะเวลาเหลือเฉลี่ยประมาณ 1 วัน และลดการใช้เอกสารจาก 20-50 แผ่น เป็นไม่ต้องใช้เอกสาร 3) การยื่นคำขอนำส่งเงินและออกใบเสร็จและการเบิกจ่ายเงินงวด จากเดิมระยะเวลาเฉลี่ย 23 วัน ลดระยะเวลาเหลือเฉลี่ยประมาณ 15 วัน โดยใช้เอกสารเพียง 3 หน้ากระดาษโดยประมาณ และผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานทั้ง 3 ส่วนอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ผลการศึกษาพบว่า การดำเนินการผ่านระบบออนไลน์มีความสะดวกและรวดเร็วกว่าแบบเอกสาร

คำสำคัญ: ระบบบริหารโครงการวิจัย การยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติ การตั้งลูกหนี้ออนไลน์ การนำส่งเงินและออกใบเสร็จและการเบิกเงินงวด



### Abstract

The process of submitting an application to the 3D structures, setting up a debtor, and disbursement of annuities research fund in present, Processed in the form of a document. It was both slow in execution and wasted a lot of resources. This research aimed to develop the project management system of Naresuan University to support operations in 3 parts: 1. Submitting an application to the 3D structures 2. Setting up a debtor 3. Submitting an application for money delivery, giving a receipt, and disbursement of annuities research fund via the online system instead of operating in the form of a document. And compare usage in online and document formats to propose to the management to consider adapting instead of the process in the form of documents. In a case study, the researcher developed the project management system according to System Development Life Cycle (SDLC). Started the trial with pilot units of 3 faculties: Faculty of Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, and Faculty of Engineering. The following results: 1) Submitting an application to the 3D structures from previously requiring 1-2 days, reducing the average time to about 1-3 hours, and reducing the use of documents from 10-30 sheets to no documents needed. 2) Submitting an application to set up a debtor in 1-3 days, reducing the average time to about 1 day and reducing the use of documents from 20-50 sheets to no documents needed. 3) Submitting an application to money delivery and disbursement of annuities research fund from the previous average of 23 days, the average duration was reduced to about 15 days by using only approximately 3 pages. And the results of the satisfaction assessment in all 3 parts were very satisfied.

**Keywords:** The research project management system, Submitting an application to the 3D structures, Online setting a debtor, Submitting an application for money delivery giving a receipt and disbursement of annuities research fund

### บทนำ

ด้วย มหาวิทยาลัยนเรศวรกำหนดให้โครงการวิจัยที่ได้รับทุนวิจัยจากแหล่งทุนภายนอกตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 เป็นต้นไป เงินงวดวิจัยที่แหล่งทุนจะโอนเข้ามาจะต้องโอนเงินงวดเข้าบัญชีกลางของมหาวิทยาลัยฯ ก่อนแล้วจึงจะดำเนินการเบิกจ่ายเข้าบัญชีโครงการวิจัยและนักวิจัยจะนำไปใช้ในการทำวิจัยต่อไป แต่เนื่องด้วยกระบวนการในการดำเนินการตั้งแต่แหล่งทุนโอนเงินยังมหาวิทยาลัยฯ จนกระทั่งนักวิจัยได้รับเงินใช้ระยะเวลาโดยเฉลี่ย 23 วัน และพบปัญหาในการดำเนินการ ดังนี้ 1.การระบุงบประมาณ จำนวนเงินและตัวอักษรผิด ต้องส่งเอกสารกลับไปแก้ไข 2.การแนบไฟล์เอกสารที่ไม่ครบถ้วน 3.ระยะเวลาในการดำเนินการใช้ระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนนานเกินไป 4.ไม่สามารถติดตามสถานะการดำเนินการที่เป็นปัจจุบันได้ ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวส่งผลต่อการดำเนินโครงการวิจัยของนักวิจัย

ผู้บริหารมหาวิทยาลัยฯ จึงได้กำหนดนโยบายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งกองการวิจัยและนวัตกรรม กองคลัง และคณะฯ ร่วมกันหาแนวทางแก้ไขปัญหานี้ โดยใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ช่วยให้ผู้ใช้สารสนเทศสามารถ



แก้ไขปัญหาทางธุรกิจที่ยุ่งยาก และซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ โดยไพบุลย์ เกียรติโกมล และณัฐพันธ์ เจริญนันท (2551) 1. ข้อมูลสารสนเทศ 2. องค์การและการบริหารจัดการ 3. เทคโนโลยีและอุปกรณ์ ประกอบกับพระราชบัญญัติการใช้เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ของหน่วยงานราชการ โดย Digital Government Standard (2564) ได้กล่าวถึง กฎหมายฉบับนี้จะกำหนดให้หน่วยงานรัฐที่อยู่ภายใต้บังคับต้องมีช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ในการติดต่อสื่อสาร ทั้งระหว่างหน่วยงานรัฐด้วยกัน, ระหว่างประชาชนกับหน่วยงานรัฐและผู้ประกอบการกับหน่วยงานรัฐ กำหนดวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งมาตรฐานข้อมูลด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับภาครัฐ เพื่อให้เชื่อมโยงข้อมูลและสามารถบริการประชาชนได้โดยสะดวกและปลอดภัย โดยปวรุตม์ พงศ์พุดมานนท์ (2564) กล่าวถึงการเตรียมความพร้อมของระบบก่อนที่จะพัฒนาเว็บไซต์ด้วย ASP.NET Core เป็นเทคโนโลยีจากค่าย ไมโครซอฟต์ (Microsoft) ใช้สำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ ทั้งนี้ ASP.NET Core สามารถพัฒนาได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Windows, Linux, Mac โดยภาษา C# และ Razor หรือจะเรียกว่าตัว ASP.NET Core คือ Open Source ของค่าย ไมโครซอฟต์นั่นเอง การเขียนโปรแกรมดังกล่าวใช้แนวคิดการเขียนโปรแกรมแบบ MVC (Model, View, Controller) ที่ช่วยให้ง่ายต่อการออกแบบ วิเคราะห์ และบำรุงรักษา Web Application) โดยใช้ Visual Studio Code บนแพลตฟอร์ม Windows และการใช้เครื่องมือของ DevExpress (2566) (DevExpress team) ในการพัฒนา รวมทั้งการสร้าง QR-Code เพื่อใช้ในการเข้าถึงไฟล์เอกสารแนบได้ง่ายขึ้นตามที่ Vithal Wadje (2566) ได้แนะนำขั้นตอนและวิธีการในการสร้าง QR-Code โดยใช้ ASP.NET Core ไว้ และนำหลักการในการพัฒนาระบบ ตามที่ วศิน พิเศษ และคณะ (2561) กล่าวว่า ในการพัฒนาระบบงาน จะมีวงจรการทำงานที่เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน ตั้งแต่เริ่มต้นว่าเริ่มทำอะไรบ้าง และเมื่อพัฒนาเสร็จแล้วจะต้องบำรุงรักษาหรือดูแลระบบต่อไปอย่างไร เพื่อให้ง่ายต่อการลงมือปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านี้จะสัมพันธ์กันตลอดเวลาจนกว่าระบบงานจะเสร็จสิ้น จึงเรียกว่า วงจรการพัฒนา หรือ SDLC (System Development Life Cycle) มี 7 ขั้นตอนประกอบด้วย 1.กำหนดปัญหา (Problem Definition) 2.วิเคราะห์ระบบ (Analysis) 3.ออกแบบระบบ (Design) 4. พัฒนาระบบ (Development) 5.ทดสอบระบบ (Testing) 6.ติดตั้งระบบ (Installation) และ 7.การบำรุงรักษา (Maintenance) มาใช้ในการพัฒนา



### วัตถุประสงค์และวิธีการ

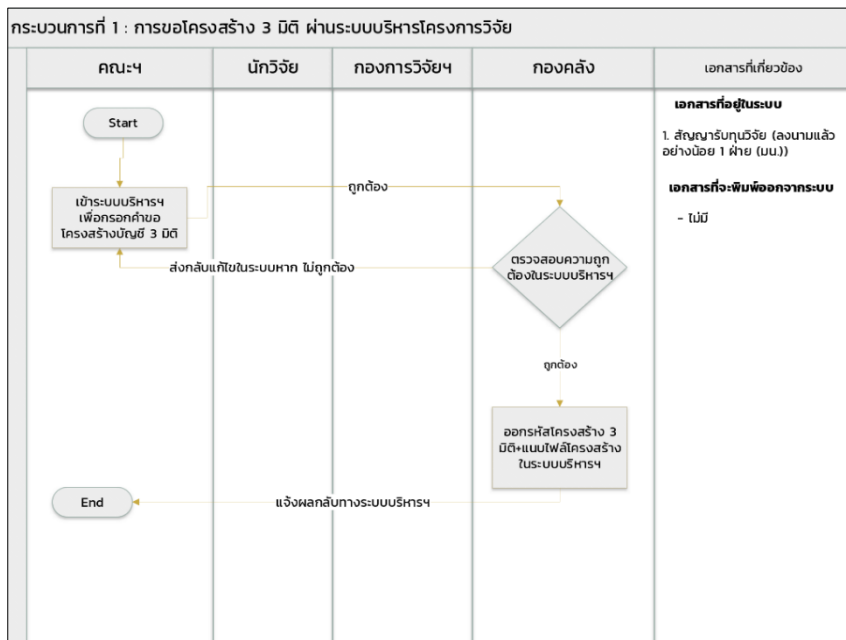
การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์ได้กำหนดขั้นตอนตามวัตถุประสงค์ 2 หัวข้อ ดังนี้

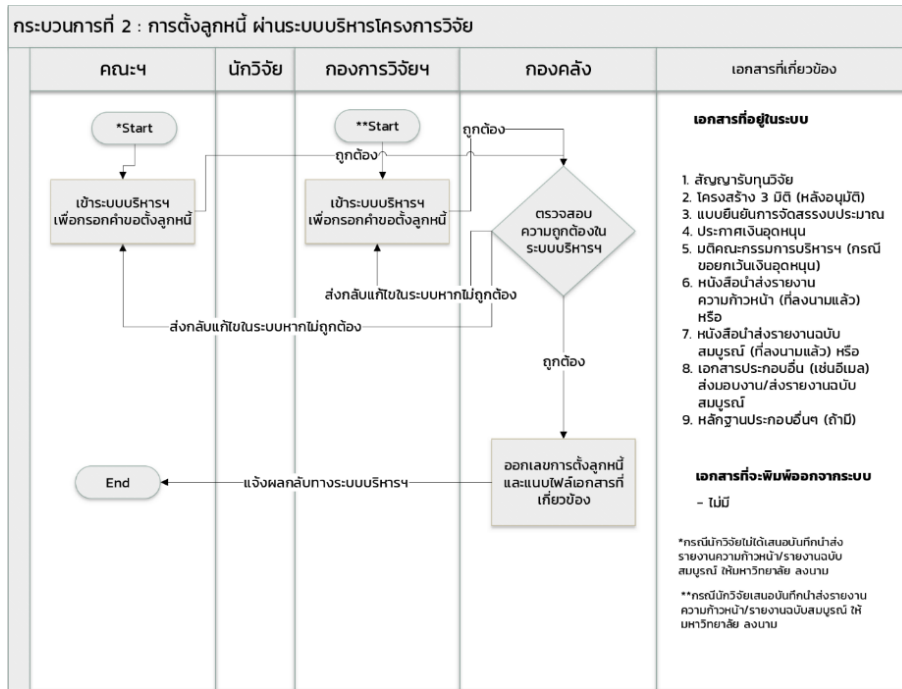
1. พัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัยให้รองรับ การยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติ การยื่นคำขอตั้งลูกหนี้ การยื่นคำขอนำส่งเงินและออกใบเสร็จและการเบิกจ่ายเงินงวด โดยกำหนดการพัฒนากระบวนการพัฒนาโดยใช้วงจรการพัฒนา (System Development Life Cycle : SDLC) เป็นแนวทางในการพัฒนา ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) การกำหนดปัญหา โดยศึกษาระบบงานเดิม การสอบถามข้อมูลการสัมภาษณ์ และสังเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อสืบค้นเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นความต้องการของระบบจากผู้ใช้

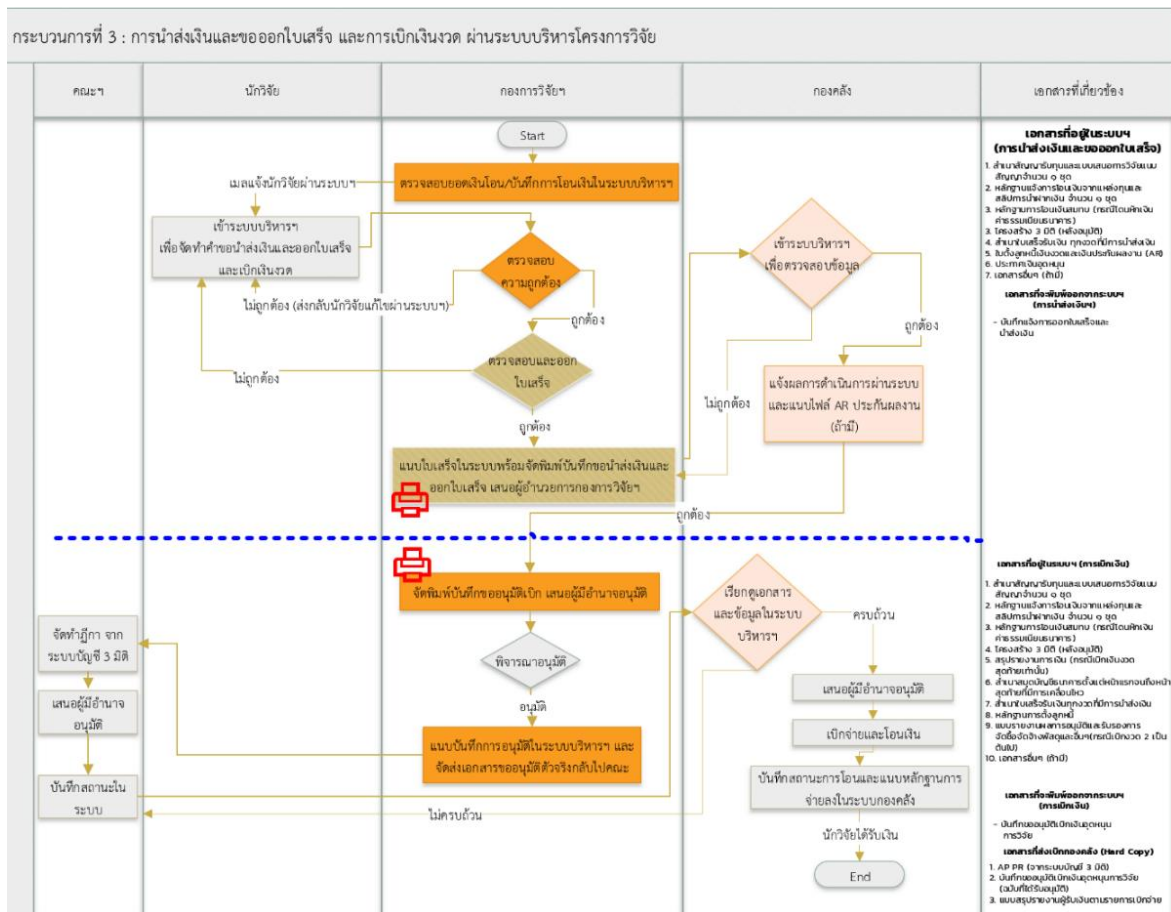
2) การวิเคราะห์ รวบรวมข้อมูลความต้องการจากการจากการศึกษากระบวนการทำงานปัจจุบัน และจัดประชุมผู้เกี่ยวข้องเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาร่วมกัน และนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์สรุปเป็นข้อกำหนดความต้องการของระบบใหม่ด้วยการพัฒนาแผนภาพการทำงาน (Data Flow)



รูปที่ 1 กระบวนการที่ 1 : การยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติผ่านระบบบริหารโครงการวิจัย



รูปที่ 2 กระบวนการที่ 2 : การยื่นคำขอตั้งลูกหนี้ผ่านระบบบริหารโครงการวิจัย



รูปที่ 3 กระบวนการที่ 3 : การยื่นคำขอนำส่งเงินและออกใบเสร็จและการเบิกจ่ายเงินงวด ผ่านระบบบริหารโครงการวิจัย

3) ออกแบบระบบ ประกอบด้วย



- การออกแบบฐานข้อมูล ในส่วนของฐานข้อมูลซึ่งผู้วิจัยได้ฐานข้อมูล SqlServer โดยการ  
ทำข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) จากนั้นกำหนดโครงสร้างของตาราง กำหนดคีย์ของตาราง กำหนด  
ความสัมพันธ์ของตาราง และจัดทำแบบจำลองโครงสร้างระบบฐานข้อมูล (ER Diagram)

- การออกแบบหน้าจอของระบบ ถูกออกแบบออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผู้ใช้งานระดับคณะ  
ผู้ใช้งานส่วนของกองการวิจัยและนวัตกรรม และส่วนของกองคลัง

4) การพัฒนาระบบ การพัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัย เพื่อดำเนินการในรูปแบบออนไลน์นี้ ใช้  
เครื่องมือในการพัฒนาคือ Microsoft visual studio .net ภาษา c# ใช้ลักษณะการเขียนในรูปแบบ OOP การเขียน  
โปรแกรมแบบวัตถุวิธินภาษาซีชาร์ป โดยแบ่งหน้าจอการทำงานของแต่ละฟังก์ชันให้มีลักษณะการทำงานไปในทิศทาง  
เดียวกัน ผู้พัฒนาฯ ใช้หลักการในการออกแบบหน้าจอการใช้งานที่ให้ผู้ใช้งานในแต่ละสิทธิ์เข้าใช้งานในรูปแบบที่  
เหมือนกัน แต่ใช้วิธีกำหนดการเข้าถึงจำนวนข้อมูลในแต่ละหน้าจอ ที่แตกต่างกันตามสิทธิ์ที่เข้าระบบ

5) การทดสอบระบบ ก่อนที่จะมีการใช้งานระบบจริงนั้น มีการทดสอบการใช้งานโดยบุคลากรกอง  
การวิจัยและนวัตกรรม จำนวน 2 ครั้ง โดยจำลองเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องและโครงการตัวอย่างมาทดสอบ และจัดฝึกอบรม  
การใช้งานให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องก่อนวันเปิดระบบ จำนวน 1 ครั้ง

6) การใช้งานจริง หลังจากทดสอบเสร็จสิ้น จึงเปิดระบบให้แก่ผู้ใช้ระบบได้ใช้งานจริง เข้าใช้งานได้  
ที่ <https://dri.research.nu.ac.th/researchfund/index.aspx>

7) การบำรุงรักษาและพัฒนาระบบต่อ หลังจากเปิดใช้งานระบบ ได้มีการจัดทำกลุ่มไลน์ของ  
ผู้ใช้งาน เพื่อแจ้งปัญหาจากการใช้งาน ซึ่งเมื่อมีการแจ้งปัญหาเข้ามาในกลุ่มไลน์ ผู้วิจัยก็จะดำเนินการแก้ไขในทันที  
เพื่อให้ระบบดำเนินการต่อได้จนสำเร็จ

## 2. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการดำเนินงานระหว่างรูปแบบออนไลน์และรูปแบบเอกสาร

### 2.1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง โดยการเลือกแบบเจาะจงดังนี้ ผู้ใช้งานประเภทผู้ประสานงานวิจัยคณะจำนวน 3 คน  
นักวิชาการเงินและบัญชีคณะจำนวน 3 คน นักวิชาการเงินและบัญชีกองคลังจำนวน 10 คน บุคลากรกองการวิจัยและ  
นวัตกรรมจำนวน 3 คน นักวิชาการเงินและบัญชีกองการวิจัยและนวัตกรรมจำนวน 1 คน รวมจำนวนทั้งหมด 20 คน

### 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และผลการวิเคราะห์

ระยะเวลาในการดำเนินการของแต่ละขั้นตอน





2.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการส่งแบบประเมินความพึงพอใจเข้าไปยังกลุ่มไลน์ของผู้ใช้งาน เมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนด จึงดำเนินการนำข้อมูลผลการประเมินความพึงพอใจที่ได้มาวิเคราะห์และแปลผลในเครื่องคอมพิวเตอร์

2.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS ในการแจกแจงความถี่ จำนวน ร้อยละ หาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

### ผลการศึกษา

ผลจากการพัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์ โดยแบ่งผลการศึกษออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ผลลัพธ์ของการพัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้งานได้ที่ <https://dri.research.nu.ac.th/researchfund/index.aspx> และสามารถดูคู่มือการใช้งานระบบได้ที่ <https://shorturl.at/jvAFY>

เมื่อดำเนินการเปิดใช้งานระบบจริงกับหน่วยงานนำร่อง 3 คณะ คือคณะวิทยาศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม 2566 เป็นต้นมา

โดยระบบมีฟังก์ชันการใช้งานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติ ส่วนที่ 2 การยื่นคำขอตังลูกหนี้ ส่วนที่ 3 การยื่นคำขอนำส่งเงินและออกใบเสร็จและการเบิกจ่ายเงินงวด โดยมีผลการใช้งานระบบดังนี้

#### 1.1 การยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติ

รายการคำขอโครงสร้างบัญชี 3 มิติ								
ปีงบประมาณ :		2566						
Enter text to search...								
รหัสโครงการ	ชื่อโครงการ	ชื่อหัวหน้าโครงการ	หน่วยงาน	วันที่ยื่นคำร้อง	สถานะ	เอกสารสัญญา	เอกสารโครงสร้าง 3 มิติ	เลขโครง
R2566A074	การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ		คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร	11/04/2023 11:11:00	อนุมัติโครงสร้าง			990100
R2566A078	การประเมินความยั่งยืนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์		คณะวิศวกรรมศาสตร์	01/05/2023 09:18:00	อนุมัติโครงสร้าง			990100

รูปที่ 4 หน้าจอแสดงรายการ การยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติ ในระบบบริหารโครงการวิจัย



### 1.2 การยื่นคำขอตั้งลูกหนี้

แสดงใบสถานะ:  ทั้งหมด  ยกริขัยยื่นคำร้องส่งไปกองคลัง  ส่งกลับคณะ/ยกริขัย แก้ไข  กองคลังอยู่ระหว่างการตรวจสอบเอกสาร  อนุมัติและออกเลขตั้งลูกหนี้  คณะ/ยกริขัยส่งกลับหลังแก้ไข

ค้นหาข้อมูล:

**แสดงข้อมูล**

รหัสโครงการ	ชื่อโครงการ	ชื่อหัวหน้าโครงการ	หน่วยงาน	วันที่ยื่นคำร้อง	วันที่อนุมัติ	งวดที่	จำนวนเงิน	ยอดเงินหัก 10%	สถานะการตั้งลูกหนี้	หมายเลขรายการลูกหนี้	ตรวจสอบข้อมูล/บันทึกรายการ
R2566A090	การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของโครงการพัฒนา...	ศาสตราจารย์ ดร.วิมล...	คณะเศรษฐศาสตร์	09/05/2023 15:42:00	10/05/2023 17:34:00	1	416.210.00	0.00	อนุมัติและออกเลขตั้งหนี้	AR0204066050020	
R2566A078	การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการพัฒนา...	ดร.วิมล...	คณะวิศวกรรมศาสตร์	08/05/2023 10:19:00	08/05/2023 16:13:00	1	150.000.00	0.00	อนุมัติและออกเลขตั้งหนี้	AR0204066050007	
R2566A016	การพัฒนาระบบงาน...	ดร.วิมล...	คณะวิทยาศาสตร์	03/05/2023 10:40:00	11/05/2023 19:46:00	1	189.000.00	0.00	อนุมัติและออกเลขตั้งหนี้	AR0204066050028	

รูปที่ 5 หน้าจอแสดงรายการ การยื่นคำขอตั้งลูกหนี้ ในระบบบริหารโครงการวิจัย

1. ข้อมูลคำขอตั้งลูกหนี้

รหัสโครงการ: R2566A078

ชื่อโครงการ: การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการพัฒนา...

ชื่อยกริขัยที่ได้รับทุน: ดร.วิมล... (คณะวิศวกรรมศาสตร์)

หน่วยงาน: คณะวิศวกรรมศาสตร์

งบประมาณ (รวมทั้งโครงการ): 1500.000.00

ปีที่ดำเนิน: 2566

วันที่เริ่มตั้งสัญญา: 25 เมษายน 2566 : วันที่สิ้นสุดสัญญา 24 เมษายน 2567 : วันที่สิ้นสุดสัญญาหลังขยาย (ถ้ามี)

แหล่งทุน: แหล่งทุนภายนอก (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.))

หน่วยงานที่ขอตั้งลูกหนี้: คำอธิบาย หมายถึงหน่วยงานที่เป็นคู่สัญญา (ชื่อแหล่งทุน) หรือกรณีไม่มีสัญญารับทุนจะหมายถึงหน่วยงานหรือองค์กรที่เงินมาจากวิจัย

วันที่ส่งมอบงาน (วันที่ในหนังสือส่งมอบงาน): 23/04/2023 00:00:00

หมายเหตุ: กรณีสัญญาระบุให้เบิกจ่ายหลังจากส่งมอบงานโดยไม่ต้องส่งรายงานก้าวหน้า ให้ระบุเป็นวันที่ส่งมอบงานในสัญญา

รูปที่ 6 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงการบันทึกข้อมูลการยื่นคำขอตั้งลูกหนี้ ในระบบบริหารโครงการวิจัย

### 1.3 การยื่นคำขอนำส่งเงินและออกใบเสร็จและการเบิกจ่ายเงินงวด

1. บันทึกคำร้องขอออกใบเสร็จและเบิกเงินงวด

รหัสโครงการ: R2566A090

ชื่อโครงการ: การวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการพัฒนา...

ชื่อยกริขัยที่ได้รับทุน: ดร.วิมล... (คณะวิศวกรรมศาสตร์)

งบประมาณ (รวมทั้งโครงการ): 1,173,722.88 (รวมทั้งค่ารับซื้อแบบแปลนอาคารศูนย์วิจัยและนวัตกรรมด้วย)

ปีที่ดำเนิน: 2566

วันที่เริ่มตั้งสัญญา: 10 เมษายน 2566 : วันที่สิ้นสุดสัญญา 9 เมษายน 2567 : วันที่สิ้นสุดสัญญาหลังขยาย (ถ้ามี)

แหล่งทุน: แหล่งทุนภายใน (มหาวิทยาลัยนเรศวร)

หมายเลขการตั้งลูกหนี้: AR0204066050020

งวด/รอบเงิน: 1 จาก 4

รูปที่ 7 ตัวอย่างหน้าจอการแสดงการบันทึกข้อมูลการยื่นคำขอนำส่งเงินและออกใบเสร็จและเบิกเงินงวด ในระบบบริหารโครงการวิจัย

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



2. ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้นผ่านแบบประเมินออนไลน์ (Google Form)

หลังจากที่เปิดใช้งานระบบมาระยะหนึ่งแล้ว มีผลการประเมินความพึงพอใจแสดงในตารางที่ 1 โดยผลการประเมินทุกหัวข้อมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.5 ซึ่งเป็นไปตามค่าสมมุติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน การพัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์ ในส่วนของการยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติ

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. การทำงานของระบบที่มีข้อความชัดเจน และง่ายต่อการใช้งาน	3.50	0.53	มาก
2. ความถูกต้องของข้อมูล	3.63	0.52	มาก
3. ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดขั้นตอนในการทำงาน	4.13	0.64	มาก
4. การประมวลผลข้อมูลที่รวดเร็ว	3.88	18.50	มาก
5. การเข้าถึงระบบที่เข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา	3.88	0.99	มาก
6. การจัดระดับความปลอดภัยหรือกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล	3.63	0.74	มาก
7. ความพึงพอใจต่อภาพรวมของระบบ	4.00	0.76	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน การพัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์ ในส่วนของการยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติ ของผู้ใช้งานจำนวน 20 คน พบว่า ข้อ 3 ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดขั้นตอนในการทำงานอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.13$ , S.D. = 0.64) รองลงมา ข้อ 7 ความพึงพอใจต่อภาพรวมของระบบ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.00$ , S.D. = 0.76) และน้อยที่สุด ข้อ 1 การทำงานของระบบที่มีข้อความชัดเจน และง่ายต่อการใช้งาน อยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 3.50$ , S.D. = 0.53)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน การพัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์ ในส่วนของการยื่นคำขอตั้งลูกหนี้

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. การทำงานของระบบที่มีข้อความชัดเจน และง่ายต่อการใช้งาน	3.63	0.92	มาก
2. ความถูกต้องของข้อมูล	3.75	1.04	มาก
3. ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดขั้นตอนในการทำงาน	4.50	0.53	มาก
4. การประมวลผลข้อมูลที่รวดเร็ว	4.13	0.64	มาก



ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปรผล
5. การเข้าถึงระบบที่เข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา	4.13	0.99	มาก
6. การจัดระดับความปลอดภัยหรือกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล	3.75	0.71	มาก
7. ความพึงพอใจต่อภาพรวมของระบบ	3.88	0.99	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน การพัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์ ในส่วนของการยื่นคำขอตั้งลูกหนี้ จากผู้ใช้งาน จำนวน 20 คน พบว่า ข้อ 3 ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดขั้นตอนในการทำงานอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X}=4.50$ , S.D. = 0.53) รองลงมา ข้อ 4 การประมวลผลข้อมูลที่รวดเร็ว มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X}=4.13$ , S.D. = 0.64) และน้อยที่สุด ข้อ 1 การทำงานของระบบที่มีข้อความชัดเจน และง่ายต่อการใช้งาน อยู่ในระดับมาก ( $\bar{X}=3.63$ , S.D. = 0.92)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานการขอโครงสร้าง 3 มิติ การพัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์ ในส่วนของการยื่นคำขอนำส่งเงินและออกใบเสร็จและการเบิกจ่ายเงินงวด

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปรผล
1. การทำงานของระบบที่มีข้อความชัดเจน และง่ายต่อการใช้งาน	3.88	0.83	มาก
2. ความถูกต้องของข้อมูล	3.75	0.71	มาก
3. ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดขั้นตอนในการทำงาน	4.13	0.83	มาก
4. การประมวลผลข้อมูลที่รวดเร็ว	4.00	0.93	มาก
5. การเข้าถึงระบบที่เข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา	3.88	0.99	มาก
6. การจัดระดับความปลอดภัยหรือกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล	3.75	0.46	มาก
7. ความพึงพอใจต่อภาพรวมของระบบ	4.00	0.76	มาก

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานการขอโครงสร้าง 3 มิติ การพัฒนาระบบบริหารโครงการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์ ในส่วนของการยื่นคำขอนำส่งเงินและออกใบเสร็จและการเบิกจ่ายเงินงวด จำนวน 20 คน พบว่า ข้อ 3 ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดขั้นตอนในการทำงานอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X}=4.13$ , S.D. = 0.83) รองลงมา ข้อ 7 ความพึงพอใจต่อภาพรวมของระบบ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X}=4.00$ , S.D. = 0.76) และน้อยที่สุด ข้อ 2 ความถูกต้องของข้อมูล อยู่ในระดับมาก ( $\bar{X}=3.75$ , S.D. = 0.71)



### อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาจากจำนวนโครงการวิจัยที่นำมาใช้งานผ่านระบบออนไลน์ ในส่วนการยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติ จำนวน 6 รายการ การยื่นคำขอตังลูกหนี้ จำนวน 9 รายการ และการยื่นคำขอนำส่งเงินและออกใบเสร็จและการเบิกจ่ายเงินงวด จำนวน 6 รายการ พบว่าการนำระบบมาใช้งานช่วยอำนวยความสะดวกและลดระยะเวลาลงดังนี้ 1) การยื่นขอโครงสร้าง 3 มิติ ลดลง ร้อยละ 75 2) การยื่นคำขอตังลูกหนี้ ลดลงร้อยละ 33 3) การยื่นคำขอนำส่งเงินและออกใบเสร็จและการเบิกจ่ายเงินงวด ลดลงร้อยละ 34 และยังช่วยประหยัดทรัพยากรโดยการลดการใช้กระดาษ โดยรวมร้อยละ 97

ทั้งนี้ในส่วนที่ต้องระวังและควรให้มีมาตรการที่รองรับการจับเก็บข้อมูลไม่ให้สูญหาย การจัดการระบบรักษาความปลอดภัยที่ไม่ให้ผู้ไม่หวังดีเข้ามาดึงข้อมูลหรือทำลายข้อมูล และระบบต้องพร้อมที่จะให้เรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ตลอดเวลา และนอกจากนี้การกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงที่รัดกุม ไม่ให้เกิดการแก้ไขหรือทำความเสียหายกับข้อมูลที่ได้ดำเนินการไปแล้ว รวมทั้งกำหนดให้มีการสำรองข้อมูลทุกวัน

### สรุปผลการศึกษา

1. ผลการพัฒนาระบบการพัฒนากระบวนการโครงการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์ ผู้วิจัยพัฒนาระบบตามวงจรการพัฒนากระบวนการ (SDLC) ตั้งแต่เริ่มต้นการพัฒนาจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ สามารถดำเนินการสำเร็จตามระยะเวลา และบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ใช้งาน มีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 20 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 90 เพศชายจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 10 เป็นผู้ใช้งานระดับทั่วไป

3. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบบริหารโครงการวิจัยเพื่อรองรับการตั้งลูกหนี้และการเบิกจ่ายเงินงวดวิจัย ในรูปแบบออนไลน์ จำแนกตามฟังก์ชันการใช้งาน พบว่า 1) การยื่นคำขอโครงสร้าง 3 มิติ มีความพึงพอใจของผู้ใช้งานมากที่สุด อยู่ในระดับมาก คือข้อ 3 ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดขั้นตอนในการทำงาน ( $\bar{X} = 4.13$ , S.D. = 0.64) 2) การยื่นคำขอตังลูกหนี้ มีความพึงพอใจของผู้ใช้งานมากที่สุด อยู่ในระดับมาก คือข้อ 3 ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดขั้นตอนในการทำงาน ( $\bar{X} = 4.50$ , S.D. = 0.53) 3) การยื่นคำขอนำส่งเงินและออกใบเสร็จและการเบิกจ่ายเงินงวด ความพึงพอใจของผู้ใช้งานมากที่สุด อยู่ในระดับมาก ข้อ 3 ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดขั้นตอนในการทำงานอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.13$ , S.D. = 0.83)



### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้บริหารมหาวิทยาลัย กองคลัง คณะวิทยาศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ร่วมกันกำหนดรูปแบบ การดำเนินงาน ให้ข้อเสนอแนะ และร่วมทดสอบและใช้งานระบบร่วมกัน

### เอกสารอ้างอิง

DevExpress team (2566). DevExpress.(Version 22.2.4.0) [โปรแกรมคอมพิวเตอร์]. สืบค้นจาก

<https://www.devexpress.com/support/demos/#aspnet>

Vithal Wadje (Aug 21, 2565). Creating QR Code In ASP. NET Core.

<https://www.c-sharpcorner.com/article/creating-qr-code-in-asp-net-core/>

ปวรุตม์ พงศ์พัฒนานนท์ (2564). การเตรียมความพร้อมของระบบก่อนที่จะพัฒนาเว็บไซต์ด้วย ASP. NET Core.

สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. <https://km.cc.swu.ac.th/archives/3224>

ไพบูลย์ เกรียรติโกมล และณัฐพันธ์ เซจรนนท์. (2551). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ. กรุงเทพมหานคร:

ซีเอ็ดยูเคชั่น

วศิน เพิ่มทรัพย์, ปัทมาภรณ์ พิมพ์ทานาม, วิโรจน์ ชัยมูล, สุพรรณษา ยวงทอง, และภาสกร พาเจริญ. (2561).

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

Digital Government Standard. (28 กันยายน 2564). พระราชบัญญัติการปฏิบัติราชการทางอิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ.

๒๕๖๕. [https://standard.dga.or.th/%E0%B8%84%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%](https://standard.dga.or.th/%E0%B8%84%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89/related-laws/5823/)

[87%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%](https://standard.dga.or.th/%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89/related-laws/5823/)

[B9%89/related-laws/5823/](https://standard.dga.or.th/%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89/related-laws/5823/)



## การยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยสารสกัดมะระขี้นก

นฤพร บังคำ<sup>1</sup>, นันทวัน หัตถมามา<sup>2</sup>, อนุพันธ์ กงบังเกิด<sup>1</sup> และ มลิวรรณ นาคขุนทด<sup>1\*</sup>

### Antifungal activity on anthracnose in Mango cv. Nam Dok Mai by bitter gourd extract

Narueporn Bongkham<sup>1</sup>, Nanthawan Hadthamard<sup>2</sup>, Anupan Kongbangkerdand<sup>1</sup>  
and Maliwan Nakkuntod<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี กาญจนบุรี 71000

<sup>1</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi, 71000

\*Corresponding author. E-mail: maliwann@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

มะม่วงน้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L. cv. ‘Nam Dok Mai’) ถือเป็นผลไม้ที่นิยมนำมารับประทานโดยมีชื่อเสียงทั่วโลก แต่ก็ประสบปัญหาเกี่ยวกับโรคแอนแทรคโนสที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ซึ่งทำให้ผลผลิตตกต่ำและมีผลกระทบต่อ การส่งออก ดังนั้นเพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้ จึงสนใจศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อราจากสารสกัดที่ได้จากผลมะระขี้นก ด้วยตัวทำละลายแอลกอฮอล์ โดยศึกษาผลของสารสกัดจากมะระขี้นกที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุมเชิงลบ), 50, 100, 500, 1000 ppm และ คาร์เบนดาซิม 0.015% (ชุดควบคุมเชิงบวก) ในการควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผิวของมะม่วงที่ได้รับการปลูกเชื้อ ในสภาพห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดมะระขี้นกที่ความเข้มข้น 500 ppm สามารถควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงได้ดีที่สุด ในวันที่ 3 และ 5 หลังปลูกเชื้อโดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่ 54.51% และ 43.31% ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้สารเคมีในการควบคุม ดังนั้นสารสกัดมะระขี้นกจึงจัดเป็นตัวเลือกที่ดี ตัวเลือกหนึ่งที่สามารถนำไปพัฒนาเป็นสารเคลือบผิวผลไม้เพื่อใช้ควบคุมโรคแอนแทรคโนสทดแทนสารเคมีเพื่อผลผลิตมีคุณภาพดีก่อน ส่งออกหรือขนส่งต่อไป

คำสำคัญ: มะม่วงน้ำดอกไม้ มะระขี้นก โรคแอนแทรคโนส สารสกัด คอลเลทโทไตรคัม



#### Abstract

Mango (*Mangifera indica* L. cv. ‘Nam Dok Mai’) is the most popular fruit all over the world but it often faces on anthracnose disease caused by *Colletotrichum* sp. which affects to low yield and against export. Hence, the crude extracts from bitter gourd (*Momordica charantia* L.) with alcohol solvents were prepared at 0 (Negative control), 50, 100, 500, 1000 ppm and Carbendazim 0.015% (Positive control) were used to control the infection of anthracnose disease and store at 28°C for 5 days. The efficacy of bitter gourd crude extracts on mango anthracnose inoculation on peel of mango in the level of laboratory, the result showed that the efficacy of bitter gourd extract at the concentration of 500 ppm could control the disease 3rd and 5th at 54.51% and 43.31% respectively. Thus, this pointed that bitter gourd extract is one of the best choices to develop an edible coating on fruits for replacing chemical treatment to obtain better quality before export or transportation.

**Keywords:** *Mangifera indica* cv. ‘Nam Dok Mai’, *Momordica charantia* L., Anthracnose disease, Extract, *Colletotrichum* sp.

#### บทนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ มีการส่งออกไปยังต่างประเทศอีกในปริมาณมากเนื่องจากเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่มีผู้บริโภคทั้งในรูปแบบผลสดและผลไม้แปรรูป โดยตลาดต่างประเทศที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ มาเลเซีย สิงคโปร์ ญี่ปุ่น และประเทศอื่นๆ ซึ่งในอนาคตมีแนวโน้มว่าจะมีปริมาณการส่งออกเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองเบอร์ 4 ที่มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นหอม และมีคุณค่าทางโภชนาการ จึงเป็นที่นิยมทั้งในประเทศและต่างประเทศ นั้นทำให้มะม่วงน้ำดอกไม้สีทองและมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองเบอร์ 4 มีปริมาณการส่งออกมากที่สุด (พนิดา ธรรมสุรักษ์ และสมิทธิณี ชาวศรี, 2565) แต่เนื่องจากมะม่วงน้ำดอกไม้ไม่มีลักษณะเปลือกบาง จึงทำให้ขี้าง่าย และง่ายต่อการติดโรคหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งโรคที่พบมากในมะม่วงคือ โรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum* sp. หลายชนิด เช่น *C. gloeosporioides*, *C. acutatum*, *C. siamense* และ *C. asianumand* (Laksanaphisut et al., 2019) ซึ่งการติดโรคแอนแทรคโนสนี้ทำให้ผลผลิตที่ได้เน่าเสียง่าย อายุการเก็บรักษาสั้น และไม่ทนทานต่อการขนส่ง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นข้อจำกัดในการส่งออกมะม่วงไปจำหน่ายต่างประเทศ ในอดีตและปัจจุบันเกษตรกรได้มีแนวทางในการกำจัดเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในมะม่วง โดยส่วนใหญ่เลือกใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดและควบคุมโรค ซึ่งนิยมใช้สารเคมีประเภทดูดซึม เช่น คาร์เบนดาซิม เบนโนมิล และไพโรคลอราซ เป็นต้น (นิพนธ์ วิสารทานนท์, 2542) เนื่องจากสารเคมีมีราคาถูก กำจัดโรคได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคสูง จึงทำให้เกษตรกรเลือกใช้สารเคมีในการควบคุมโรค ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้





มีการปนเปื้อนสารเคมี และมีสารเคมีตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก เมื่อมีการใช้สารเคมีในปริมาณมากและใช้กันอย่างต่อเนื่องอาจส่งผลเสียต่อระบบนิเวศ อีกทั้งยังทำให้เชื้อราต้องอาศัย จึงจำเป็นต้องใช้สารเคมีในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อกำจัดและควบคุมโรค ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มีการตกค้างของสารเคมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพในระยะยาวทั้งต่อเกษตรกรและผู้บริโภค เนื่องจากสารเคมีเหล่านี้เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย, ม.ป.ป.) การใช้สารสกัดจากพืชจึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่ถูกนำมาใช้ในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งในพืชบางชนิดมีองค์ประกอบของสารที่ช่วยในการยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียหลายชนิด นั้นทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับสารสกัดจากพืช และนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรมากขึ้น ซึ่งการนำสารสกัดจากพืชมาใช้ช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้อีกด้วยดังนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุน ลดสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม และควบคุมโรคแอนแทรกคโนสในมะม่วงที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา จึงได้มีการศึกษาสารสกัดจากพืชเพื่อนำมากำจัดและควบคุมโรค ในการศึกษาได้เลือกใช้มะระขี้นกซึ่งเป็นพืชที่ขึ้นได้ตามทั่วไปในธรรมชาติ สารสกัดจากมะระขี้นกนั้นได้ผ่านกระบวนการวิเคราะห์และทดสอบด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ พบว่ามะระขี้นกมีสารทุติยภูมิ (Secondary metabolite) หลายชนิด เช่น สารกลุ่มอัลคาลอยด์ ที่มีรสขม มีฤทธิ์เป็นด่าง เช่น สารซาโปนิน โกลโคไซด์ เป็นต้น จากรายงานของ Gupta et al. (2016) สารสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของมะระขี้นกที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล เพื่อยับยั้งการงอกของสปอร์และการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *Fusarium oxysporum* พบว่าสารสกัดจากใบ ลำต้น ผล และรากมะระขี้นกที่สกัดด้วยเอทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและยับยั้งการงอกของสปอร์ได้นอกจากนี้ยังพบว่ามะระขี้นกอุดมไปด้วยฟีนอล แทนนิน ฟลาโวนอยด์ และซาโปนิน ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์ในการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อรา อย่างไรก็ตามยังไม่เคยมีการรายงานการศึกษาผลของสารสกัดจากผลมะระขี้นกในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. มาก่อน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากมะระขี้นกในการควบคุมโรคแอนแทรกคโนสบนมะม่วงน้ำดอกไม้ที่มีสาเหตุจากเชื้อราชนิด *Colletotrichum* sp. อันจะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ถูกนำมาใช้ควบคุมเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคแอนแทรกคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้แทนสารเคมีที่ใช้กันในปัจจุบัน

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมเชื้อรา

ทำการแยกเชื้อราสาเหตุโรคพืชจากชิ้นส่วนของผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ติดโรคโดยใช้วิธี Tissue transplant นำส่วนของมะม่วงที่เป็นโรคมานัตเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 5x5 มิลลิเมตร ให้คาบต่อส่วนที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 10% เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นล้างชิ้นส่วนในน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง นำไปซบ



บนกระดาษที่ผ่านการฆ่าเชื้อให้แห้ง แล้วนำไปเลี้ยงบนอาหารสูตร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ และเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็ง (PDA) เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

## 2.2 การสกัดสารจากผลมะระขี้นกโดยใช้แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย

นำผลแก่ของมะระขี้นกที่มีลักษณะสีเขียวสด 1960 กรัม มาล้างด้วยน้ำยาล้างภาชนะ (Ingredients : Linear alkyl benzene sulfonate, sodium salt 12.8% w/w, Sodium lauryl ether Sulfate 3.5% w/w, Cocoamidopropyl Betaine 0.5% w/w) ให้สะอาดแล้วผึ่งไว้ให้แห้ง จากนั้นนำมาควั่นเอาเมล็ดออกจนหมด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นนำผลมะระขี้นกที่แห้งแล้วมาชั่งน้ำหนักและบดให้ละเอียดแล้วทำการสกัดด้วยวิธีการหมัก (Maceration) โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 95% เป็นตัวทำละลาย อัตราส่วน 1:4 โดยนำไปแช่ด้วยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน จากนั้นทำการกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำสารละลายที่ได้มาระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศแบบหมุน ที่อุณหภูมิ 45±3 องศาเซลเซียส ทำการระเหยจนตัวทำละลายระเหยออกไปจนหมด จากนั้นนำสารสกัดไประเหยจนตัวทำละลายแห้งด้วยวิธีการใช้ความเย็น (Freeze dryer) ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป

## 2.3 การเตรียมสารสกัดจากมะระขี้นก

เตรียม stock solution โดยการทดลองใช้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 0, 50, 100, 500 และ 1000 ppm โดยนำมาปรับความเข้มข้นร่วมกับ 1% Dimethyl sulfoxide (DMSO) ให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ จากนั้นผสมสารจับใบ (Active Ingredients : Blended of Surface-Active Agents 62% w/w, Inerts : Solubilizers and Couplers 38% w/w) ในอัตราส่วน 500 ไมโครลิตรต่อสารละลายสารสกัดจากมะระขี้นก 2000 มิลลิลิตร เพื่อลดแรงตึงผิว

## 2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากมะระขี้นกในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) แบ่งชุดการทดลองออกเป็นทั้งหมด 6 ชุดการทดลอง โดยในแต่ละชุดการทดลองมีตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งในการทดลองนี้กำหนดให้ชุดการทดลองที่ทำการพ่นด้วยน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุมเชิงลบ และชุดการทดลองที่พ่นด้วย Carbendazim 0.015% เป็นชุดควบคุมเชิงบวก จากนั้นทำการคัดเลือกมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้จากห้างสรรพสินค้าที่ปราศจากโรค มีขนาดและสีที่ใกล้เคียงกันนำผลมะม่วงที่ได้ไปล้างทำความสะอาดด้วยสารละลายโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ความเข้มข้น 10% นาน 2 นาที แล้วนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง การเพาะเชื้อราบนผลมะม่วงโดยดัดแปลงวิธีการจาก ปันรสี สุศิริรัตน์



และภัทรา พลับเจริญสุข (2555) หลังจากนั้นจึงให้แห้งแล้วทำความสะอาดผิวมะม่วงบริเวณที่จะทำการปลูกเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ 70% ทำแผ่นบนผิวมะม่วง 2 ตำแหน่ง คือ บริเวณกึ่งกลางค่อนไปทางขั้วผลและบริเวณกึ่งกลางค่อนไปทางปลายผล ขนาด 2x2 มิลลิเมตร จากนั้นนำ cork borer เจาะอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการเพาะเชื้อรานาน 5-7 วัน แล้วนำชิ้นวุ้นที่ได้วางคว่ำบนผิวหน้าลงที่บริเวณผิวมะม่วงที่ทำแผ่น นำมะม่วงที่ทำการปลูกเชื้อแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำผลมะม่วงที่ผ่านการปลูกเชื้อแล้วมาทำการพันสารสกัดจากมะระชั้นความเข้มข้น 0, 50, 100, 500 และ 1000 ppm นำผลมะม่วงไปผึ่งลมให้แห้ง จากนั้นนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน บันทึกผลขนาดของรอยโรคที่เกิดขึ้น โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยโรคบนผลมะม่วง ทั้ง 2 บริเวณในแต่ละชุดการทดลอง เปรียบเทียบกับขนาดของรอยโรคที่เกิดขึ้นบนผลมะม่วงในชุดควบคุมเชิงลบ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโต จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโต} = [(A-B) / A] \times 100$$

A = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดรอยโรคบนผลมะม่วงในชุดควบคุมเชิงลบ

B = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดรอยโรคบนผลมะม่วงที่เคลือบด้วยสารสกัดมะระชั้น

## 2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากมะระชั้นที่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. บนผลมะม่วงโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One way analysis of variance) ทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

## ผลการศึกษา

### 3.1 ผลการแยกเชื้อรา

จากการแยกเชื้อราจากมะม่วงที่เป็นโรค แล้วทำการเลี้ยงเชื้อบนอาหารสูตร PDA ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีการเจริญของเส้นใยเชื้อราสีขาว พู บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ต่อมาลักษณะเส้นใยเชื้อราเปลี่ยนเป็นสีขาวอมเทา และพบกลุ่มสปอร์สีส้มเรียงซ้อนกันเป็นวง เมื่อนำไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่า เส้นใยมีผนังกัน โคโรนเดียมีลักษณะเซลล์เดี่ยว ใส รูปร่างทรงกระบอก หัวมนท้ายมน ไม่มีผนังกัน ซึ่งคาดว่าเป็นเชื้อราในสกุล *Colletotrichum* sp.



### 3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดมะระขี้นกต่อการควบคุมโรคแอนแทรกคโนสจากเชื้อรา *Colletotrichum* sp. บนผลมะม่วง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดมะระขี้นกต่อการควบคุมโรคแอนแทรกคโนสจากเชื้อรา *Colletotrichum* sp. บนผลมะม่วงที่เคลือบด้วยสารสกัดมะระขี้นกที่ความเข้มข้น 0, 50, 100, 500 และ 1000 ppm นาน 5 วัน ผลการทดสอบพบว่าผลมะม่วงมีการเกิดโรคเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ลักษณะรอยโรคที่พบคือมีจุดสีน้ำตาลเข้ม รูปร่างไม่แน่นอน บริเวณตำแหน่งเพาะเชื้อ ในวันที่ 3 หลังการเก็บรักษามะม่วงที่เคลือบด้วยสารสกัดมะระขี้นกที่ความเข้มข้น 500 ppm มีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดรอยโรคน้อยที่สุด คือ  $11.05 \pm 0.22$  มิลลิเมตร และขนาดรอยโรคบนผลมะม่วงในชุดควบคุมเชิงลบและชุดควบคุมเชิงบวกมีค่าเฉลี่ย  $24.36 \pm 0.79$  และ  $9.08 \pm 0.19$  มิลลิเมตรตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P \leq 0.05$ ) และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรคพบว่า สารสกัดมะระขี้นกที่ความเข้มข้น 500 ppm สามารถควบคุมการเกิดโรคได้ดีที่สุดโดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรคที่ 54.51% เมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงที่เคลือบด้วยสารสกัดมะระขี้นกที่ความเข้มข้นอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบโรคขั้วเน่าที่มีลักษณะสีน้ำตาลเข้มบริเวณขั้วผลของมะม่วง (รูปที่ 1) ในทุก ๆ ความเข้มข้นรวมถึงมะม่วงในชุดควบคุมเชิงลบและมะม่วงในชุดควบคุมเชิงบวกอีกด้วย ในวันที่ 5 หลังการเก็บรักษา มะม่วงที่เคลือบด้วยสารสกัดมะระขี้นกที่ความเข้มข้น 500 ppm มีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดรอยโรคนบนผลมะม่วงน้อยที่สุด คือ  $30.05 \pm 0.46$  มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกันกับชุดควบคุมเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุมเชิงบวกและมะม่วงที่เคลือบด้วยสารสกัดที่ความเข้มข้น 100 และ 1000 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อนำข้อมูลมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรคพบว่าสารสกัดมะระขี้นกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของโคโลนีเชื้อรา *Colletotrichum* sp. โดยที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm ให้ผลการยับยั้งการเกิดโรคดีที่สุดและสารสกัดจากมะระขี้นกที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm ให้ผลการยับยั้งการเกิดโรคน้อยที่สุด (ตาราง 1)



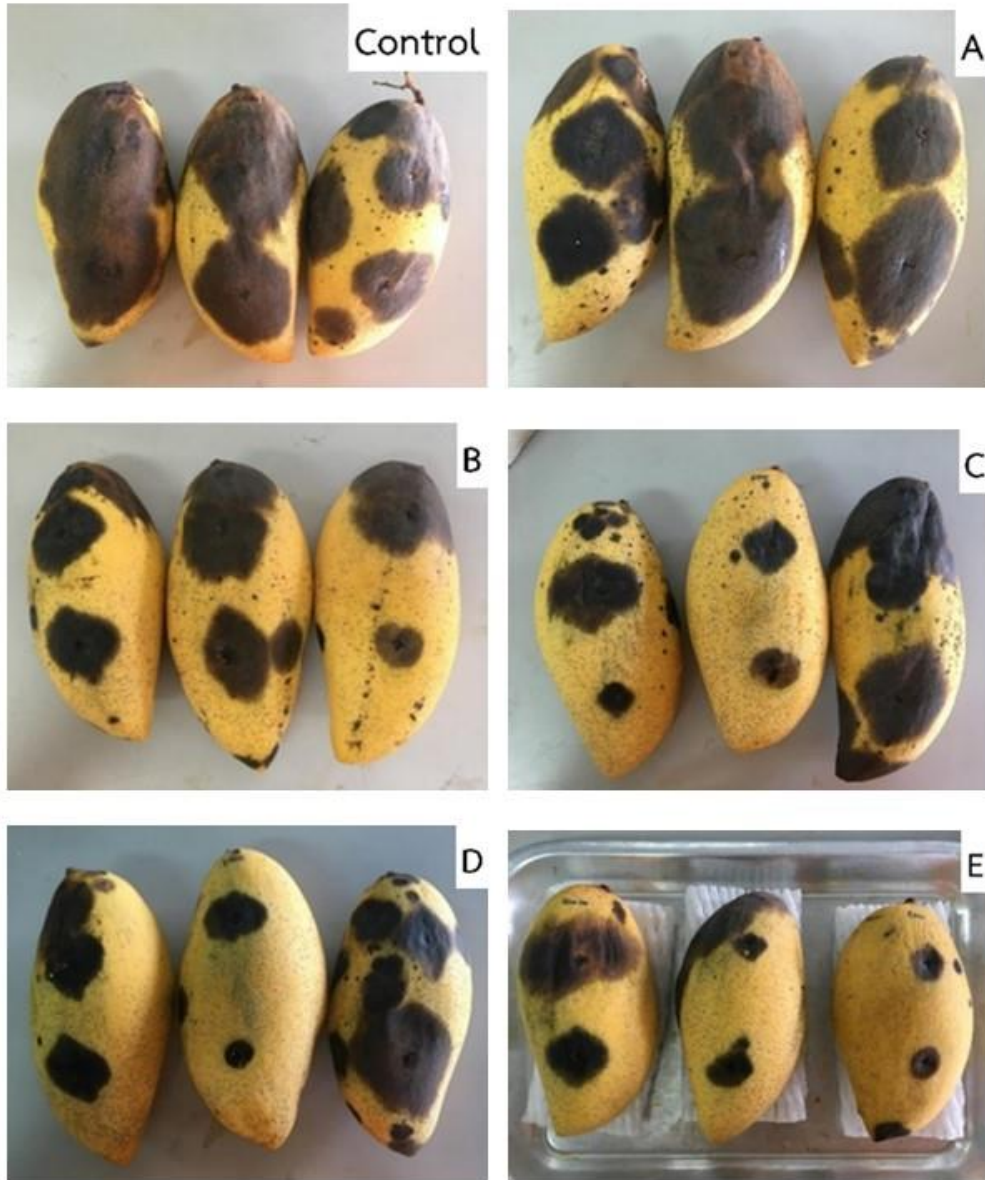
ตาราง 1 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากมะระขี้นกในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. บนผลมะม่วงเป็นเวลา 5 วัน

Treatment	day3		day5	
	Radial growth (mm)	Inhibition (%)	Radial growth (mm)	Inhibition (%)
Control	24.36±0.79 b	0.00%	53.80±0.59 c	0.00%
50 ppm	23.92±0.45 b	2.05%	46.90±0.40 bc	12.83%
100 ppm	12.50±0.28 ab	48.77%	34.00±0.32 ab	36.80%
500 ppm	11.05±0.22 ab	54.51%	30.50±0.46 a	43.31%
1000 ppm	15.08±0.26 ab	38.11%	32.00±0.51 ab	40.52%
Carbendazim (0.015%)	9.08±0.19 a	62.70%	28.70±0.63 a	46.65%

\*a-c มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $P \leq 0.05$ )



รูปที่ 1 ประสิทธิภาพของสารสกัดมะระขี้นกต่อการควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนสสาเหตุจากของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่บ่มเป็นเวลา 3 วัน (A) 50 ppm (B) 100 ppm (C) 500 ppm (D) 1000 ppm (E) Carbendazim 0.015%



รูปที่ 2 ประสิทธิภาพของสารสกัดมะระขี้นกต่อการควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนสสาเหตุจากของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุ โรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่บ่มเป็นเวลา 5 วัน (A) 50 ppm (B) 100 ppm (C) 500 ppm (D) 1000 ppm (E) Carbendazim 0.015%

### อภิปรายผลการศึกษา

จากการแยกเชื้อราจากมะม่วงที่เป็นโรคพบว่ามีการเจริญของเส้นใยเชื้อราที่มีลักษณะสีขาว ต่อมาลักษณะเส้นใยเชื้อราเปลี่ยนเป็นสีขาวอมเทาและมีการสร้างกลุ่มสปอร์สีส้มเป็นวงซ้อนกัน เส้นใยมีผนังกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Berecochea-López et al. (2015) ที่ได้พบว่า ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อ เริ่มแรกเชื้อราจะมีลักษณะสีขาวต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีขาวอมเทา และมีการสร้างกลุ่มสปอร์สีชมพูหรือสีส้ม โคนิเดียเป็นเซลล์เดี่ยว รูปร่างทรงกระบอก ลักษณะใส หัวมนท้ายมน และการศึกษาของ Rattanakreetakul et al. (2023)



ที่พบว่า เชื้อราในสกุล *Colletotrichum* sp. เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงในประเทศไทย และจากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดมะระขี้นกต่อการควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนสสาเหตุจากเชื้อรา *Colletotrichum* sp. บนผลมะม่วงพบว่าการใช้สารสกัดจากมะระขี้นกสามารถชะลอการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผิวมะม่วงได้ โดยสารสกัดจากมะระขี้นกที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm สามารถชะลอการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากมะระขี้นกที่ระดับความเข้มข้น 1000, 100 และ 50 ppm ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสารสกัดมะระขี้นกเป็นสารที่สามารถสลายตัวได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ จึงจำเป็นต้องใช้สารสกัดที่ความเข้มข้นสูงเพื่อให้ได้ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มาก แต่เนื่องด้วยสารสกัดจากมะระขี้นกไม่ละลายน้ำเมื่อนำไปปรับความเข้มข้นร่วมกับน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ จึงทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนเล็ก ๆ ซึ่งสารสกัดที่ความเข้มข้น 1000 ppm จับตัวเป็นก้อนที่มีขนาดใหญ่กว่าสารสกัดที่ความเข้มข้น 500, 100 และ 50 ppm ดังนั้นจึงทำให้สารสกัดที่ความเข้มข้น 500 ppm มีอนุภาคที่เล็กกว่าและมีปริมาณสารออกฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้มากกว่าสารสกัดจากมะระขี้นกที่ความเข้มข้น 1000 ppm ดังนั้นสารสกัดมะระขี้นกที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm จึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ และสามารถยับยั้งการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้ดีกว่าสารสกัดมะระขี้นกที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm ซึ่งองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของผลของมะระขี้นกพบว่ามีสาร Phenolics, Tanins, Flavonoids และ Saponins เป็นองค์ประกอบ (Medeiros et al., 2020) ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ก่อให้เกิดโรคแอนแทรคโนส (Vázquez-González et al., 2020) จากรายงานของ Gusmão et al. (2018) พบว่าสารสกัดของมะระขี้นกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ในสภาพทดลองและมีประสิทธิภาพในการลดความรุนแรงของรอยโรคแอนแทรคโนสในช่อดอกพุทธรักษา (*Heliconia psittacorum*) ได้อีกด้วย และสารสกัดมะระขี้นกที่ระดับความเข้มข้น 50 ppm มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อได้น้อยที่สุดเนื่องจากมีปริมาณสารออกฤทธิ์น้อยกว่าสารสกัดมะระขี้นกที่ความเข้มข้น 100, 500 และ 1000 ppm และในการทดลองนี้ได้ใช้ตัวอย่างมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุกที่ได้จากห้างสรรพสินค้าซึ่งถูกบ่มให้สุกมาแล้วจึงมีปริมาณน้ำตาลสูง และในการทดลองนี้ใช้การทำแผลขนาดใหญ่บนผลมะม่วงจึงทำให้เกิดสภาวะเครียด (stress) ของมะม่วงซึ่งอาจทำให้กลไกการป้องกันตัวเองลดลง ซึ่งมีส่วนที่ทำให้เชื้อที่แฝงมากับมะม่วงพัฒนาและเจริญอย่างรวดเร็ว (Rehman et al., 2021)



### สรุปผลการศึกษา

สารสกัดจากผลมะระชั้นกมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ได้ เมื่อปลูกเชื้อราบนผิวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และสเปรย์สารสกัดมะระชั้นกที่ระดับความเข้มข้น 0, 50, 100, 500 และ 1000 ppm เคลือบบนผิวมะม่วง พบว่าสารสกัดมะระชั้นกที่ความเข้มข้น 500 ppm สามารถควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้ดีที่สุด ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งในวันที่ 3 และ 5 หลังปลูกเชื้อที่ 54.51% และ 43.31% ตามลำดับ

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในผลมะระชั้นกที่สามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ที่ก่อให้เกิดโรคแอนแทรคโนส
2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวทำลายอื่น ๆ ในการสกัดสารเพื่อให้ได้ตัวทำลายที่เหมาะสมในการสกัดสารมากที่สุด
3. ผลงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลสารสกัดมะระชั้นกที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคในมะม่วงได้ ซึ่งเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ง่าย และมีราคาถูก หากนำสารสกัดที่ได้จากมะระชั้นกไปพัฒนาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวผลไม้ที่สามารถบริโภคได้ เพื่อลดการเกิดโรคของมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว และเพื่อลดสารพิษตกค้างในผลผลิตแล้ว จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่มะระชั้นกอีกด้วย

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- นิพนธ์ วิสารทนนท์. (2542). โรคมะม่วง (พิมพ์ครั้งที่ 1). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร ภาควิชาโรคพืช.
- ปັນรสี สุศิริรัตน์ และภัทรา พลับเจริญสุข. (2555). การใช้สารสกัดหยาบจากเปลือกว่านหางจระเข้เพื่อควบคุมโรคแอนแทรคโนสและโรคช้ำเน่าในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เขตอำเภอบางบาลบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
- พนิดา ธรรมสุรักษ์ และสมิทินี ชาวศรี. (2565). การผลิตมะม่วงคุณภาพเพื่อการส่งออก (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรมส่งเสริมการเกษตร.





ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย. (ม.ป.ป.). ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี;

Carbendazim. Chemtrack. <http://www.chemtrack.org/Chem-Detail.asp?ID=07513&>

NAME=CARBENDAZIM

Berecochea-Lopez, A., Ragazzo-Sánchez J., Allende-Molar, R., Avila-Quezada, G.D., & Calderon-

Santoyo, M. (2015). *Colletotrichum gloeosporioides* from mango Ataulfo: morphological, physiological, genetic and pathogenic aspects. *Journal of Research in Biology*, 5(2), 1641-1647.

Gupta, M., Sharma, S., & Bhaduria, R. (2016). In vitro efficacy of *Momordica charantia* extracts against phytopathogenic fungi, *Fusarium oxysporum*. *Journal of Biopesticides*, 9(1), 8-22.

Gusmão, J.R., Rodrigues, A.A.C., Lima Melo, L.G., Silva, E.K.C., Oliveira, A.C.S., Sardinha, D.H.S., & Braun, H. (2018). The use of plant extracts in anthracnose control in species of *Heliconia* (*Heliconia psittacorum* cv. Golden Torch and *Heliconia rostrata*). *African Journal of Agricultural Research*, 13(48), 2763-2770.

Laksanaphisit, S., Songkumarn, P., & Sangchote, S. (2019). Characterizations of *Colletotrichum* spp., pathogens on mango fruits (*Mangifera indica* L. cv. ‘Nam Dok Mai’). *Thai Agricultural Research Journal*, 37(2), 197-215.

Medeiros, J.G.F., Demartelaere, A.C.F., Silva, H.F., Silva, E.C., & Nascimento, L.C. (2020). Phytochemical survey and antifungal activity of plant extracts in angico seeds (*Anadenanthera colubrina* Vell. Brenan). *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 53941-53953.

Rattanakreetakul, C., Keawmanee, P., Bincader, S., Mongkolporn, O., Phuntumart, V., Chiba, S., & Pongpisutta, R. (2023). Two Newly Identified *Colletotrichum* Species Associated with Mango Anthracnose in Central Thailand. *Plants*, 12(5), 1130.

Rehman, A., Alam, M.W., & Mehboob, S. (2021). Stem end rot disease management strategies of mango fruit for export of quality mangos. *Ensuring Food Safety, Security and Sustainability through Crop Protection*, 5,7.

Vázquez-González, Y., Ragazzo-Sánchez, J. A., & Calderón-Santoyo, M. (2020). Characterization and antifungal activity of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) leaf extract obtained using conventional and emerging technologies. *Food Chemistry*, 330, 127211.



## การแยกเชื้อและระบุเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดต่างในข้าวที่ปลูกในแปลงทดลอง ของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ จังหวัดแพร่

กมลพร ปานง่อม<sup>1\*</sup>, ธัญยรัตน์ เชื้อสะอาด<sup>1</sup> และ ศิริโสภา อินชะ วรรณวงศ์<sup>2</sup>

### Isolation and Identification of Rice Dirty Panicle Disease in Phrae Rice Research Center, Phrae Province

Kamonporn Panngom<sup>1\*</sup>, Thunyarat Chuaesaard<sup>1</sup> and Sirisopha Inka Wannawong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

<sup>1</sup>Basic Science Group, Maejo University Phrae Campus, Phrae, 54140

<sup>2</sup>Crop Production Technology, Maejo University Phrae Campus, Phrae, 54140

\*Corresponding author. E-mail: kamompomp@gmail.com

#### บทคัดย่อ

โรคเมล็ดต่างข้าว เป็นโรคที่ก่อความเสียหายให้คุณภาพและปริมาณผลผลิตข้าวลดลง ทั้งยังส่งผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์และดัชนีการออกของเมล็ดพันธุ์ข้าว อาการโรค เมล็ดข้าวมีลักษณะจุดสีน้ำตาล เหลือง เทา ดำ หรือมีแผลบนเมล็ด ซึ่งอาการโรคมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และมีสาเหตุเกิดจากเชื้อราก่อโรคหลายชนิด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจ เก็บตัวอย่างข้าวที่เป็นโรคมะแยกและระบุเชื้อสาเหตุโรคในห้องทดลองด้วยวิธี agar planting method และสังเกตลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ผลการวิจัยพบว่าตัวอย่างข้าวที่เป็นโรคเมล็ดต่างจากแปลงทดสอบข้าวของศูนย์วิจัยข้าวแพร่นั้น สามารถแยกและระบุเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างได้จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ 1) *Curvularia lunata* โคลินมีลักษณะเป็นสีเทาและเปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อเจริญเต็มที่ เส้นใยพูนุ่ม ก้านชูโคนินเดี่ยวสีเข้ม โคนินเดี่ยวมีรูปร่างคล้ายเรือ มีจำนวน 4 เซลล์ย่อยต่อสปอร์ สองเซลล์ตรงกลางมีขนาดใหญ่สีน้ำตาลเข้ม เซลล์หัวท้ายใส ไม่มีสี 2) *Fusarium incarnatum* โคลินมีลักษณะเป็นสีขาว เส้นใยพูนุ่ม มีสปอร์แบบ macrospore รูปร่างโค้ง หัวท้ายแหลม มีขนาดประมาณ 5-7 เซลล์ ใสไม่มีสี และ 3) *Sarocladium oryzae* โคลินมีลักษณะสีส้มปนสีขาว ก้านชูสปอร์ มี phialides แตกเป็นกิ่งออกประมาณ 3-4 กิ่ง ที่ปลายมีลักษณะคล้ายปากแฉกสั้นๆ หนึ่งก้านสามารถ ผลิตสปอร์ใสได้หนึ่งสปอร์ สปอร์มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ไม่มีผนังกัน หัวท้ายมน เป็นเซลล์เดี่ยว

คำสำคัญ : โรคเมล็ดต่างในข้าว ข้าว *Curvularia lunata*, *Fusarium incarnatum*, *Sarocladium oryzae*



### Abstract

Dirty panicle disease in rice caused reductions in both grain yield and quantity. Also, it can reduce the percentage of seed germination and the germination index in rice. The symptom of disease was a spot of brown, yellow, gray, or black color on the seed coat, sometimes a scar. In addition, the disease expressed several symptoms depending on the growing area, and the disease was caused by several fungi. The purpose of this study is to survey, collect samples for isolation, and identify dirty panicle disease in rice growing in the experimental field of the Phrae rice research center by using agar planting method and an observation of the fungus morphology under microscopy. The results showed that the fungus pathogens identified from infected rice samples showed three species: 1) *Curvularia lunata*: the color of the fungus colony is gray and changes to black after fully growing; fluffy hyphae; navy conidia stalk; and boat-shaped conidia, which contain 4 cells per spore. Two cells in the middle were large and showed a heavy brown color, with no color in the head or tail of the cell. 2) *Fusarium incarnatum*: the color of the fungus colony is white and changes to black after fully growing; the hyphae are fluffy; the macrospore has a curved shape; the head and tail are sharp; the conidia spore contains 5–7 cells per spore. 3) *Sarocladium oryzae*: the color of the fungus colony has a mixing between orange and white; the conidia stalk contains phialides, which have 3–4 branches similar to the mouth of the vase; one branch produces one spore; the spore has a cylindrical shape; it is a single cell with no wall; and the head and tail are rounded.

**Key words:** Rice dirty panicle disease, *Oryza sativa*, *Curvularia lunata*, *Fusarium incarnatum*, *Sarocladium oryzae*

### บทนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักของประชากรโลก และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย การปลูกข้าวในบางพื้นที่ของเกษตรกรประสบกับปัญหาของผลผลิตต่ำและเมล็ดข้าวไม่ได้คุณภาพ เนื่องจากการระบาดของโรคและแมลงศัตรูข้าว โรคเมล็ดต่าง (dirty panicle disease) เป็นอีกโรคหนึ่งที่ทำความเสียหายให้กับข้าว ส่งผลทำให้ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดข้าวลดลงและไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และยังเป็นโรคที่สามารถถ่ายทอดจากข้าวรุ่นพ่อแม่สู่ข้าวรุ่นถัดไปผ่านทางเมล็ดได้อีกด้วย (Boonreung and Boonlertnirun. 2013) การระบาดของโรคเมล็ดต่างขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ลม ปริมาณน้ำฝน (Silodia et al., 2019) นอกจากนี้ยังมีรายงานพบว่าเชื้อสาเหตุก่อโรคเมล็ดต่างเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อราหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ *Alternaria padwickii*, (Ganguly) M.B. Ellis, *Curvularia lunata* (Wakk) Boedjin., *Cercospora oryzae* I. Miyake, *Helminthosporium oryzae* Breda de Haan, *Fusarium semitectum* Berk & Rav, *Fusarium moniliforme* J. Sheld, *Trichoconis padwickii* Ganguly และ *Sarocladium oryzae* Sawada (พรทิพย์ ถาวงค์. 2545; Kongcharoen et al., 2020) เมล็ดข้าวที่ติดเชื้อราสาเหตุโรค ทำให้เมล็ดมีลักษณะเป็นต่าง มีจุดสีน้ำตาล เหลือง เทา หรือดำ หรือเกิดแผล



ซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลทำให้อัตราการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวลดลง (Saechow et al., 2018) การแก้ปัญหาโรคเมล็ดต่างในข้าวปัจจุบันมีหลากหลายวิธีด้วยกัน เช่น การใช้สารเคมีในกลุ่มคาร์เบนดาซิมหรือแมนโคเซ็บ คลุกเมล็ดก่อนการนำไปปลูก หรือการควบคุมโรคแบบชีววิธีโดยการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาหรือแบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* spp. ซึ่งเป็นเชื้อปฏิปักษ์ต่อกลุ่มเชื้อราสาเหตุโรค อย่างไรก็ตามข้อเสียของการใช้สารเคมีทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีในสภาพแวดล้อมและเกิดการดื้อยาของเชื้อราก่อโรค (พรทิพย์ ถาวงค์, 2545 ; ศานิต สวัสดิ์กาญจน์ และสิริวรรณ สมิตธิอาภรณ์, 2554) ขณะที่การควบคุมโรคเมล็ดต่างโดยการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาอย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับสารเคมีนั้น มีขั้นตอนที่ซับซ้อน คือ ต้องฉีดพ่นต้นข้าวในหลายๆ ช่วงระยะด้วยกัน และต้องฉีดเชื้อปฏิปักษ์หลายครั้งต่อการปลูกข้าวในแต่ละรุ่น (จิระเดช แจ่มสว่าง และคณะ, 2555)

อย่างไรก็ตามเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดต่างในข้าวมีความหลากหลายชนิด และมีการแสดงอาการของโรคที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ประกอบกับข้าวที่เป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศและประสบปัญหาของโรคเมล็ดต่างในการปลูกข้าวของเกษตรกรที่ทำให้ผลผลิตไม่ได้คุณภาพต่อการจำหน่ายสู่ผู้บริโภค ทั้งยังลดอัตราการงอกของเมล็ดและต้นกล้าที่ได้จากเมล็ดที่เป็นโรคมีความผิดปกติ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจเก็บตัวอย่างข้าวที่เป็นโรคเมล็ดต่าง เพื่อนำมาแยกและระบุชนิดของเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างในข้าวที่มีสาเหตุจากเชื้อราหลายชนิดร่วมกัน โดยเชื้อราที่แยกและระบุชนิดได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปทดสอบการใช้เทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำในการทำลายและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราก่อโรค เพื่อหาแนวทางในการประยุกต์ใช้สำหรับการควบคุมการระบาดของโรคเมล็ดต่างในข้าวที่ถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดของข้าวที่ปลูกในจังหวัดแพร่

### วัตถุประสงค์และวิธีการ

#### การสำรวจและเก็บตัวอย่างข้าวที่เป็นโรคเมล็ดต่าง

จากการสำรวจการแพร่ระบาดของโรคเมล็ดต่างในเมล็ดข้าวจากข้าวพันธุ์ที่อยู่ในระหว่างการปรับปรุงพันธุ์ใหม่ ในแปลงทดสอบการปลูกข้าวของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ (Phrae rice research center) ในพื้นที่ตำบลแม่คำมี อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว เก็บโดยสุ่มจากแปลงทดลองในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวในการพัฒนาข้าวพันธุ์ใหม่ โดยหมายเลขข้าว คือ PRE12092 และ PRE12092 โดยสุ่มเก็บประมาณ 3-5 รวงต่อแปลง พบว่าต้นข้าวในแปลงทดลองมีการออกรวงของข้าวมีเมล็ดข้าวมีสีดำมาก โดยพบว่าเมล็ดข้าวมีลักษณะลีบและมีจุดดำสีน้ำตาลที่เปลือกเมล็ดข้าวทั่วทั้งเมล็ด จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างรวงข้าวที่เป็นโรคเมล็ดต่าง มาทำการศึกษาในห้องทดลองเพื่อทำการแยกและระบุเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่าง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะของต้นข้าวและรวงข้าวที่เมล็ดเกิดโรคเมล็ดต่างในแปลงทดลองการปรับปรุงพันธุ์ข้าวของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ โดย A, B คือ ลักษณะของต้นข้าวในแปลงทดสอบของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ และ C, D คือ ลักษณะของรวงข้าวที่เกิดโรคเมล็ดต่าง

### การแยกและระบุเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดต่างในข้าว

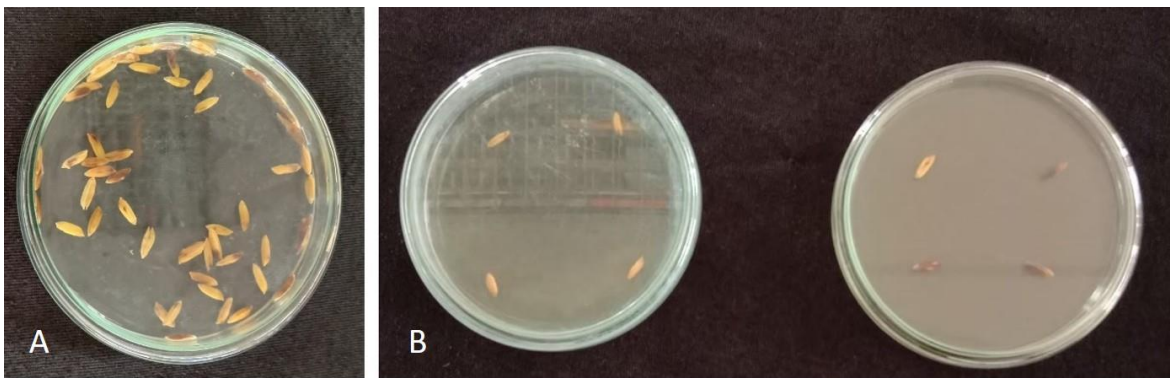
นำเมล็ดพันธุ์ข้าวมาทำการเพาะเชื้อและแยกเชื้อสาเหตุ เพื่อระบุจำนวนของเชื้อสาเหตุที่ก่อโรคเมล็ดต่างในข้าวจากตัวอย่างข้าว โดยแยกเป็นเชื้อเดี่ยวในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) เตรียมโดยมีส่วนผสมของ Potato Dextrose Broth และผงวุ้น (agar powder) จำนวนตามสูตร ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (pH 7.0±2) จากนั้นนำอาหาร PDA ไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันไอน้ำที่ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นลง และเทในจานเพาะเชื้อ รอจนอาหารแข็งตัว จากนั้นนำเมล็ดข้าวที่แสดงอาการของโรคเมล็ดต่าง มาทำการแยกเชื้อโดยวิธี Agar planting method โดยนำเมล็ดข้าวไปล้างด้วยสารละลาย 10% (v/v) คลอโรก (Clorox) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำมาล้างออกด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วเป็นเวลา 3 นาที แล้วนำเมล็ดข้าวไปวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยทำการวางเมล็ดจำนวน 4 เมล็ดต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ 1 จานเพาะเชื้อ ทำจำนวน 3 ซ้ำต่อหมายเลข จากนั้นทำการบ่มเชื้อราก่อโรคไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7-10 วัน เมื่อเชื้อเจริญออกมาจากเมล็ดข้าวใช้เข็มเย็บลินไฟให้ปลอดเชื้อตัดเอาปลายเส้นใยที่เจริญออกมาในแต่ละชั้นไปเลี้ยงบนอาหาร PDA อีกครั้ง โดยเลือกเอาไอโซเลท (isolate) ที่มีการเจริญดี และเก็บเป็น stock culture เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป จนกว่าจะได้เชื้อที่มีความบริสุทธิ์ จากนั้นนำเชื้อราไประบุชนิดของเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างในภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า และ 400 เท่า โดยสังเกตลักษณะสัณฐานวิทยาของกลุ่มเส้นใยและรูปร่างของสปอร์เชื้อรา



## ผลการศึกษา

### การศึกษาลักษณะอาการของโรคเมล็ดต่างในข้าว

จากการเก็บตัวอย่างข้าวที่แสดงอาการของโรคเมล็ดต่าง จากแปลงทดสอบการปรับปรุงพันธุ์ของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ ตำบลแม่คำมี อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ มาทำการศึกษาลักษณะอาการของโรค โดยทำการสังเกตและตรวจดูลักษณะอาการของโรคเมล็ดต่าง ณ ห้องปฏิบัติการโรคพืช อาคารกิตติพงษ์ วุฒิจำนงค์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ผลการทดลองพบว่า เมล็ดข้าวมีลักษณะเป็นจุดต่าง และเกิดรอยของสีน้ำตาลบนผิวเปลือกเมล็ดข้าวทั่วทั้งเมล็ด ส่วนของเนื้อเมล็ดมีลักษณะสี และพบสปอร์ของเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างในข้าวมีลักษณะเป็นเส้นใยสีขาว อยู่บริเวณรอบ ๆ ของเมล็ดข้าวที่อยู่บนรวงข้าวอีกด้วย จากนั้นทำการวางเมล็ดข้าวที่เป็นโรคเมล็ดต่างในข้าวบนผิวอาหารกึ่งแข็งชนิด PDA และทำการเลี้ยงเชื้อราที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทำการแยกเชื้อราก่อโรคให้บริสุทธิ์ รูปที่ 2



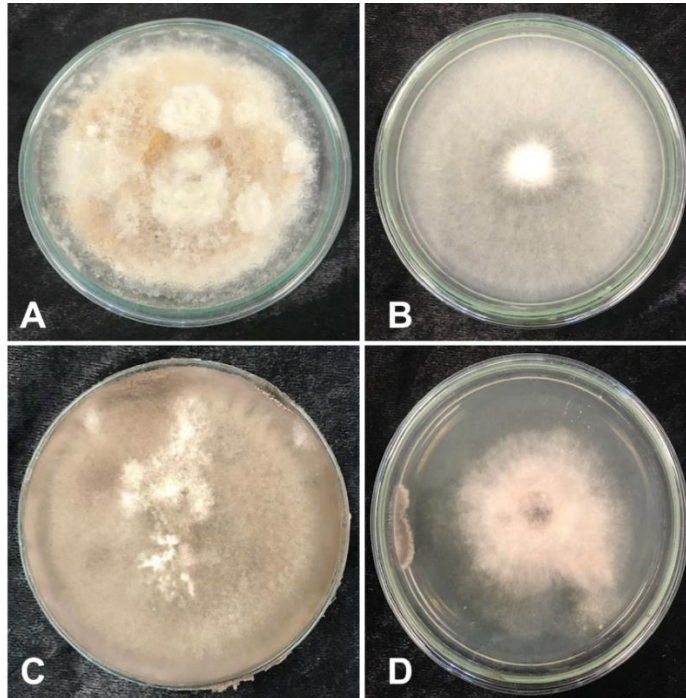
รูปที่ 2 ลักษณะของเมล็ดข้าวที่เกิดโรคเมล็ดต่าง ที่เก็บได้ในพื้นที่แปลงทดสอบการปลูกข้าวที่อยู่ระหว่างการปรับปรุงพันธุ์ข้าวของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ ตำบลแม่คำมี อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ โดย A คือ ลักษณะของเมล็ดข้าวที่เป็นโรคเมล็ดต่าง และ B คือ เมล็ดข้าวที่เป็นโรคเมล็ดต่างวางบนอาหาร PDA (ด้านหน้า และหลังจานเพาะเชื้อ) เพื่อการแยกเชื้อ

### การการแยกและระบุเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดต่าง

จากการสำรวจข้าวที่เป็นโรคเมล็ดต่างในระยะใกล้เก็บเกี่ยว พื้นที่แปลงทดลองการปลูกข้าวของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ ในอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ผลการทดลองพบว่า อาการต่างแสดงบนเปลือกหุ้มเมล็ดข้าว (glume) หรือบนเมล็ดข้าว (kemel) ที่อยู่ภายในเปลือก หรือเกิดขึ้นกับทั้ง 2 ส่วนของเมล็ด อาการบนเปลือกหุ้มเมล็ดมีหลายลักษณะอาการหรือหลายสี โดยพบแผลสีต่าง ๆ เช่น เป็นจุดสีน้ำตาลหรือดำ หรือมีลายสีน้ำตาลดำ หรือสีเทาปนชมพู ที่เมล็ดบนรวงข้าว (ภาพที่ 3) เพราะเชื้อราที่เข้าทำลายมีมากกว่าหนึ่งชนิด แต่ละชนิดจะให้อาการที่ปรากฏบนเมล็ดข้าวต่างกัน โดยเชื้อสาเหตุหลักของโรคเมล็ดต่างข้าวมีอย่างน้อยจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ *Curvularia lunata* (Wakk) Boedjin, *Cercospora oryzae* (I. Miyake), *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan), *Fusarium semitectum*



(Berk & Rav.), *Trichoconis padwickii* (Ganguly) และ *Sarocladium oryzae* (Sawada) โดยผลการแยกเชื้อโรคเมล็ดต่างข้าวได้เชื้อบริสุทธิ์ที่มีโคโลนีในลักษณะ 4 แบบ คือ 1. โคโลนีมีสีขาวฟูเล็กน้อย หลังจากนั้นเชื้อเริ่มสร้างสีน้ำตาลอ่อนบนโคโลนี (ภาพที่ 3A) 2. โคโลนีมีสีขาวฟู (ภาพที่ 3B) 3. โคโลนีมีสีเทา ฟู ตรงกลางโคโลนีมีสีขาว (ภาพที่ 3C) และ 4. โคโลนีมีสีขาวฟูปานกลาง เจริญเป็นวงชัดเจน (ภาพที่ 3D)

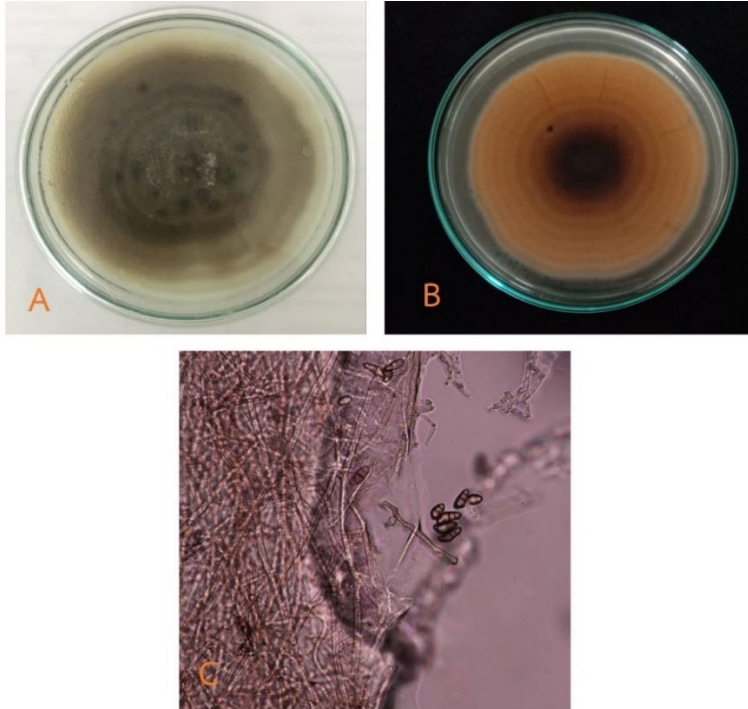


รูปที่ 3 ลักษณะโคโลนีเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างของข้าวจากแปลงทดสอบการปรับปรุงพันธุ์ข้าว ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ ตำบลแม่คำมี อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ที่เจริญบนอาหาร PDA ภายหลังจากเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 5 วัน โดย A คือ เชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างชนิดที่มีโคโลนีมีสีขาว ฟูเล็กน้อย และสร้างสีน้ำตาลอ่อน B คือ เชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างชนิดที่โคโลนีมีสีขาวฟู C คือ เชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างชนิดที่โคโลนีมีสีเทา ฟู และตรงกลางมีสีขาว และ D คือ เชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างชนิดที่โคโลนีมีสีขาวฟูปานกลาง และเจริญเป็นวงชัดเจน

การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่าง โดยการนำเชื้อราที่ได้จากการแยกเชื้อบริสุทธิ์มาจำแนกชนิดโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาจากการสังเกตลักษณะโคโลนี สี และศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound ที่กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุเท่ากับ 10X (100 เท่า) และ 40X (400 เท่า) โดยการทำสไลด์แบบกึ่งถาวร ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราก่อโรค ได้แก่ ลักษณะก้านชูโคนินเดีย (conidiophores) ลักษณะโคนินเดีย (conidia) ได้แก่ สี รูปร่าง จำนวนเซลล์ของโคนินเดีย ซึ่งเป็นลักษณะจำเพาะของแต่ละจีโนสและสปีชีส์ของเชื้อราทำการบันทึกข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ของเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่าง ผลการทดลองพบว่าสามารถระบุเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างในข้าวได้จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ 1) เชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างในข้าวชนิด *Curvularia lunata* โดยมีสัณฐานวิทยา



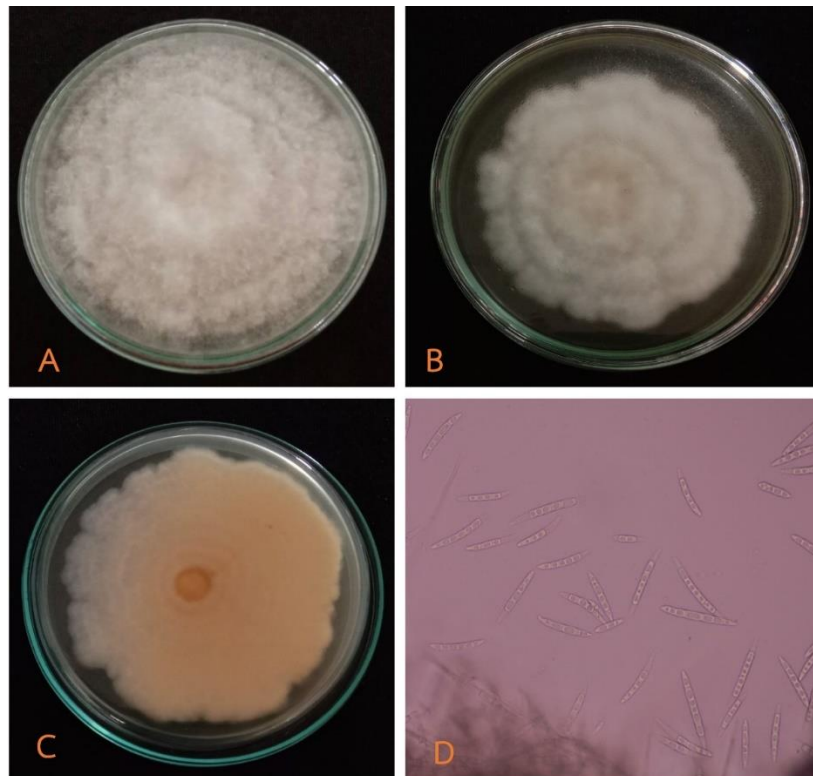
เด่น คือ มีลักษณะโคโลนีที่เจริญเติบโตเริ่มต้นเป็นสีเทาและกลายเป็นสีดำเมื่อเชื้อราเจริญเติบโตเต็มที่ มีเส้นใยฟูและนุ่ม เมื่อทำการตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า และ 400 เท่า พบว่า ก้านชูโคนินเดียมีสีเข้มและโคนินเดียมีรูปร่างคล้ายเรือ (boat shape) โครงสร้างของโคนินเดียมีจำนวน 4 เซลล์ โดยสองเซลล์ตรงกลางมีขนาดใหญ่และมีสีน้ำตาลเข้ม เซลล์หัวท้ายใสไม่มีสี ซึ่งลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราดังกล่าว มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Alex et al., (2013) ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *C. lunata* ที่แยกจากตัวอย่างพืช และดิน (รูปที่ 4A-4C)



รูปที่ 4 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างชนิด *C. lunata* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า ที่แยกได้จากข้าวในแปลงทดสอบพันธุ์ข้าว ของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ พื้นที่ตำบลแม่คำมี อำเภอมืองแพร่ จังหวัดแพร่ โดย A และ B คือ ลักษณะของโคโลนีบนอาหาร PDA และ C คือ โคนินเดียของเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างในข้าว

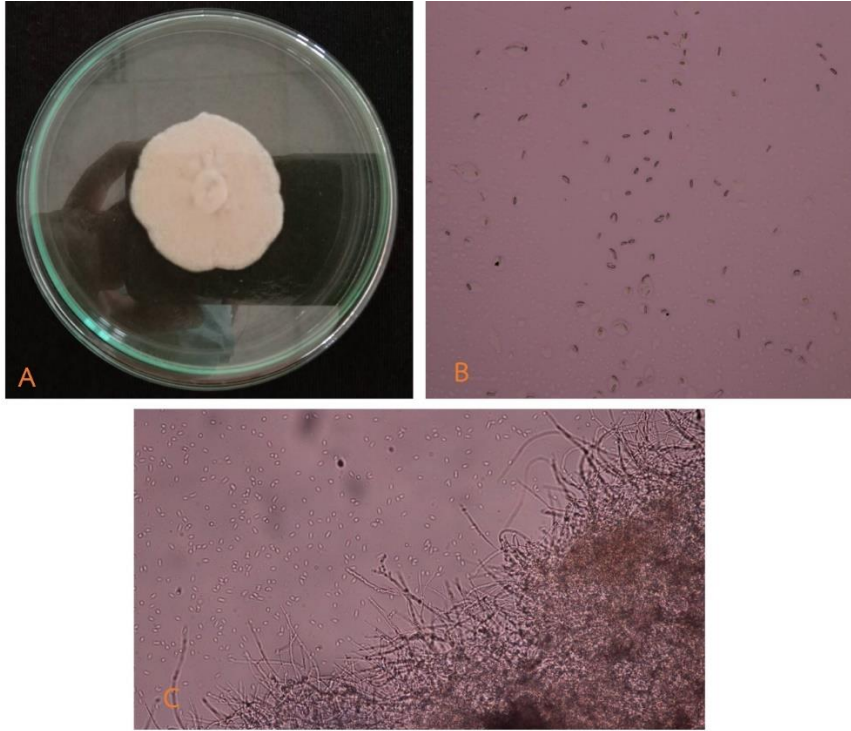
จากนั้นเมื่อทำการตรวจดูเชื้อราก่อโรคภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40X จากโคโลนีอีกลักษณะหนึ่ง (ภาพที่ 5B) พบลักษณะของเชื้อราที่มีความคล้ายคลึงกับลักษณะของเชื้อราในสกุล *Fusarium* sp. ซึ่งเชื้อราในกลุ่มดังกล่าว macroconidia ไม่พบการสร้าง microconidia (ภาพที่ 5) และเมื่อทำการระบุชนิดของเชื้อราพบว่าเป็นชนิด *Fusarium incarnatum* โดยลักษณะของโคโลนีเป็นสีขาว เส้นใยฟู และนุ่ม เมื่อตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่ามีสปอร์แบบ macrospore รูปร่างโค้ง (ภาพที่ 5D) หัวท้ายแหลม มี ขนาด 5 – 7 เซลล์ใสไม่มีสี (รูปที่ 5A-5D)





รูปที่ 5 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างชนิด *F. incarnatum* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า ในแปลงทดสอบพันธุ์ข้าว ของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ พื้นที่ตำบลแม่คำมี อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ A, B และ C คือ ลักษณะของโคโลนี บนอาหาร PDA และ D คือ โคนิเดียของเชื้อรา

จากการแยกเชื้อราจากเมล็ดต่างจากเมล็ดข้าวที่ก่อโรค พบเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างและสามารถระบุชนิดได้ คือ *Sarocladium oryzae* โดยลักษณะของโคโลนีมีสีส้มปนสีขาว เมื่อตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่า ลักษณะโคโลนี ก้านชูสปอร์ มี phialides แตกเป็นกิ่งออกมา 3-4 กิ่ง ที่ปลายมีลักษณะคล้ายปากแจกันสั้นๆ หนึ่งก้าน สามารถผลิตสปอร์ได้หนึ่งสปอร์ สปอร์มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ไม่มีผนังกัน หัวท้ายมน เป็นเซลล์เดี่ยวซึ่ง สอดคล้องกับรายงานของ Bigirimana et al., (2015) ที่ได้ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาไว้ จึงจำแนกให้เป็นเชื้อรา *S. oryzae* (รูปที่ 6A-6C)



รูปที่ 6 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างชนิด *Sarocladium oryzae* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400 เท่า ในแปลงทดสอบพันธุ์ข้าว ของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ พื้นที่ตำบลแม่คำมี อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ A คือ ลักษณะของโคโลนีบนอาหาร PDA B และ C คือ โคนิเดียมและก้านชูโคนิเดียม (conidia and conidiophores) ของเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างในข้าว

### อภิปรายผลการศึกษา

การสำรวจและเก็บตัวอย่างข้าวที่เกิดโรคเมล็ดต่างในแปลงทดสอบข้าวของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ พบว่าเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างนั้นทำความเสียหายให้กับผลผลิตของข้าว เนื่องจากเมล็ดข้าวมีลักษณะเป็นรอยจุดสีน้ำตาล และทำให้เมล็ดข้าวเกิดความเสียหาย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saechow et al., (2018) รายงานว่าโรคเมล็ดข้าวที่ติดเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดต่าง ทำให้เมล็ดมีลักษณะเป็นต่าง มีจุดสีน้ำตาล เหลือง เทา หรือดำ หรือเกิดแผลซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้จะส่งผลต่ออัตราการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวลดลง ซึ่งมีเชื้อสาเหตุของการก่อโรคหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อราที่ติดต่อผ่านทางเมล็ดข้าว (fungal seedborne disease) ที่ทำความเสียหายให้กับผลผลิตและคุณภาพของข้าวเป็นอย่างมาก มีสาเหตุเกิดจากเชื้อราจำนวน 6 ชนิดด้วยกัน คือ *C. lunata* (Wakk) Boed., *C. oryzae* I. Miyake, *H. oryzae* Breda de Haan, *F. semitectum* Berk & Rav, *T. padwickii* Ganguly และ *S. oryzae* Sawada เป็นโรคที่ทำให้ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดข้าวลดลง (ศานิต สวัสดิภาพญ์, 2555) เมล็ดลีบและเป็นหมัน (วนิดา ธรรมธะสาร และคณะ, 2562) และยังส่งผลต่อดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวที่ลดลง (Saechow et al., 2018) ซึ่งในการศึกษาการแยกและระบุเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างในข้าวของพื้นที่จังหวัด



แพร่ในฤดูหนาวครั้งนี้ พบว่าเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างมีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *F. incarnatum*, *S. oryzae* และ *C. lunata* ซึ่งสอดคล้องกับเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างในข้าวของประเทศไทยที่มีรายงานมาก่อนหน้านี้ มากกว่านี้จากการระบุเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่าง *C. lunata* ในครั้งนี้ ได้เปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราก่อโรคกับรายงานการวิจัยของ Alex et al., (2013) ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *C. lunata* ที่แยกจากตัวอย่างพืช และดิน ที่มีลักษณะสัณฐานวิทยาที่เหมือนกัน คือ โคลนินของเชื้อราเริ่มต้นเป็นสีเทาและกลายเป็นสีดำเมื่อเจริญเต็มที่ เส้นใยฟูและนุ่ม มีก้านชูโคนินเดี่ยวสีเข้ม และรูปร่างของโคนินเดี่ยวมีลักษณะ boat shape มีจำนวน 4 เซลล์ โดยสองเซลล์ ตรงกลางขนาดใหญ่สีน้ำตาลเข้ม เซลล์หัวท้ายใสไม่มีสี ในขณะที่เชื้อราชนิด *S. oryzae* ซึ่งมีลักษณะของโคลนินมีสีส้มปนขาว มีก้านชูสปอร์มี phialides แตกกิ่งออกมา 3-4 กิ่งที่ปลายมีลักษณะคล้ายปากแจกันสั้น ๆ หนึ่งก้านสามารถผลิตสปอร์ใสได้หนึ่งสปอร์ สปอร์มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ไม่มีผนังกัน หัวท้ายมน เป็นเซลล์เดี่ยว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Bigirimana et al., (2015) ที่ระบุลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราดังกล่าวข้างต้น อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าการระบาดของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดต่างในข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านความชื้นและฤดูฝน ซึ่งเชื้อโรคสามารถเข้าทำลายเมล็ดข้าวได้ดี โดยเฉพาะข้าวที่ปลูกในพื้นที่เขตร้อน (Silodia et al., 2019) นอกจากนี้เชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างจะเริ่มเข้าทำลายเมล็ดข้าวในระยะที่ต้นข้าวออกรวงในระยะน้ำนมและฝักตัวอยู่ภายในเมล็ดข้าว โดยจะแสดงอาการของโรคอย่างเด่นชัดเมื่อเมล็ดเริ่มสุกแก่ให้เก็บเกี่ยว และถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดได้ (วิลาสินี แสงนาค และคณะ, 2556 ; มณฑกานต์ จิตจำนงค์ และคณะ, 2565)

### สรุปผลการศึกษา

จากการสำรวจ แยกเชื้อ และระบุเชื้อสาเหตุโรคเมล็ดต่างของข้าวจากแปลงทดสอบปลูกข้าวคุณยวิชัยข้าวแพร่ อำเภอมืองแพร่ จังหวัดแพร่ สามารถแยกและระบุเชื้อราก่อโรคเมล็ดต่างได้อย่างน้อยจำนวน 3 ชนิด ได้แก่

- 1) *C. lunata* โคลนินมีสีเทาและกลายเป็นสีดำเมื่อเจริญเต็มที่ เส้นใยฟูและนุ่ม มีก้านชูโคนินเดี่ยวสีเข้มและมีรูปร่างคล้ายเรือ มีจำนวน 4 เซลล์ต่อสปอร์ โดยสองเซลล์ตรงกลางมีขนาดใหญ่สีน้ำตาลเข้ม เซลล์หัวท้ายใสไม่มีสี
- 2) *F. incarnatum* โคลนินมีสีขาว เส้นใยฟู และนุ่ม มี macrospore รูปร่างโค้ง หัวท้ายแหลมมีขนาด 5-7 เซลล์ต่อสปอร์ สปอร์ใสไม่มีสี และ 3) *S. oryzae* โคลนินมีสีส้มปนสีขาว ก้านชูสปอร์มี phialides แตกกิ่งประมาณ 3-4 กิ่ง ปลายมีลักษณะคล้ายปากแจกันสั้น ๆ หนึ่งก้านผลิตหนึ่งสปอร์ มีรูปทรงกระบอก ไม่มีผนังกัน หัวท้ายมน และเป็นเซลล์เดี่ยว โดยสามารถนำเชื้อราก่อโรคทั้ง 3 ชนิด ไปทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตด้วยเทคโนโลยีพลาสมาอุณหภูมิต่ำเพื่อการควบคุมโรคต่อไป



### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับการสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2565 (รหัสโครงการวิจัย มจ.1-65-024) และขอขอบคุณ นางพนนิภา ยาใจ นักวิจัยประจำศูนย์วิจัยข้าวแพร่ จังหวัดแพร่ ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการเก็บตัวอย่างข้าวที่เป็นโรคเมล็ดต่างในพื้นที่แปลงทดลองของศูนย์วิจัยข้าวแพร่ จังหวัดแพร่

### เอกสารอ้างอิง

- จิระเดช แจ่มสว่าง, วรณวิไล อินทนู, รัชมี จูติเกียรติพงศ์ และพรวามาศ เจริญรักษ์. (21-23 ธันวาคม 2555). ประสิทธิภาพของเชื้อชีวภัณฑ์เชื้อราไตรโคเดอร์มาปฏิปักษ์สายพันธุ์ 01-52 ชนิดผงแห้งในการเพิ่มผลผลิตและลดโรคเมล็ดต่างข้าวในสภาพแปลงนา. ใน สวทช(บ.ก.). รายงานสืบเนื่องจากการประชุมข้าวแห่งชาติครั้งที่ 2 มิติใหม่วิจัยข้าวไทย พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและการเปิดตลาดเสรีอาเซียน (น. 460-464). มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.
- มณฑกานต์ จิตจำนงค์, ภรภัทร สำอาง และรำไพ โกฏสืบ. (2565). ความหลากหลายของเชื้อราก่อโรคที่พบในข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ในพื้นที่ตำบลหนองกลับ อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 7(1), 30-44.
- พรทิพย์ ถาวงค์. (2545). ผลของโรคเมล็ดต่างที่มีต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว. *วารสารวิชาการเกษตร*, 20(2), 111-120.
- วนิดา ธรรมธะสาร, ศิริพร ดอนเหนือ, ศิริพร กอนินทร์ศักดิ์ และ จินตนา อันอาดม้งาม. (2562). การประเมินความต้านทานต่อโรคกาบใบเน่าและโรคเมล็ดต่างข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *Sarocladium oryzae*. *วารสารเกษตร*, 35(1), 113-123.
- วิลาสินี แสงนาค, ออวิษณุ โหมตเทศ และสร้อยยา ณ ลำปาง. (2556). ประสิทธิภาพของสารกำจัดเชื้อรา Prochloraz, Propiconazole+Difenoconazole และเชื้อแอคติโนมัยซีสต์ ในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดต่างของข้าว. *วารสารวิชาการเกษตร*, 31(3), 233-249.
- ศานิต สวัสดิ์กาญจน์. (2555). ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากพืช 10 ชนิดต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Curvularia lunata* สาเหตุโรคเมล็ดต่างของข้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 43(พิเศษ), 528-531.
- ศานิต สวัสดิ์กาญจน์ และสิริวรรณ สมิตธิอาภรณ์. (2554). ผลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดต่างของข้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 42(2), 169-172.



- Alex, D., Li, D., Calderone R., & Peters S. M. (2013). Identification of *Curvularia lunata* by polymerase chain reaction in a case of fungal endophthalmitis. *Medical mycology case reports*, 2, 137–140.
- Bigirimana, V. D. P., Hua, G. K., Nyamangyoku, O. I., & Hofte, M. (2015). Rice sheath rot: An emerging ubiquitous destructive disease complex. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1–16.
- Boonreung, C. & Boonlertnirun, S. (2013). Efficiency of chitosan for controlling dirty panicle disease in rice plants. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 8(5), 380–384.
- Kongcharoen, N., Kaewsalong, N., & Dethoup, T. (2020). Efficacy of fungicides in controlling rice blast and dirty panicle diseases in Thailand. *Scientific Reports*, 10(1), 1–7.
- Saechow, S., Thammasittirong, A., Kittakoop, P., Prachya, S., & Thammasittirong, S. N. R. (2018). Antagonistic activity against dirty panicle rice fungal pathogens and plant growth-promoting activity of *Bacillus amyloliquefaciens* BAS23. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(9), 1527–1535.
- Silodia, K., Bhale, M. S., & Koutu, G. K. (2019). Prevalence of dirty panicle disease of rice (*Oryza sativa* L.) in Madhya Pradesh. *International Journal of Chemical Studies*, 7(4), 767–772.



## การวางแผนทรัพยากรงานก่อสร้าง ด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร และการจัดการโครงการ

เอกลักษณ์ สีหาบุตร<sup>1\*</sup> และ ชัยวัฒน์ นุ่มทอง <sup>2</sup>

Building Information Modeling and Project Management System

Ekkaluck Seehabut<sup>1\*</sup> and Chaiwat Numthong <sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชลบุรี 20230

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชลบุรี 20230

<sup>1</sup>Engineering and Technology Management, Faculty of Engineering Sriracha, Kasetsart University Sriracha Campus, Chonburi 20230

<sup>2</sup>Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering Sriracha, Kasetsart University Sriracha Campus, Chonburi 20230

\*Corresponding author. E-mail: Ekkaluk.s@ku.th

### บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เสนอการประยุกต์เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารร่วมกับเทคนิคการวางแผนงานด้วยเทคนิคสายงานวิกฤติของการบริหารโครงการขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลและแลกเปลี่ยนระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเอกสารที่มีจำนวนมากและต้องมีการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยอยู่เสมอเมื่อมีการแก้ไขในระหว่างดำเนินโครงการ วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการโครงการ การควบคุมเวลาและต้นทุนในการดำเนินงานของงานโครงสร้างเหล็ก งานท่อแรงดัน ระบบปรับอากาศ และสุขาภิบาล ด้วยวิธีการประยุกต์ระบบสารสนเทศและแอปพลิเคชันเพื่อนำมาใช้ในการรายงานข้อมูลโครงการแบบเรียลไทม์และใช้ซอฟต์แวร์ธุรกิจอัจฉริยะเพื่อจัดทำรายงานที่ต้องการ โดยนำสารสนเทศที่ได้มาทำการตัดสินใจในงานด้านต่างๆ ผลลัพธ์งานวิจัยนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการโครงการงานก่อสร้าง จากการลดจำนวนเอกสารและข้อมูลที่ซ้ำซ้อนของรายละเอียดที่ถอดแบบมาจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เนื่องจากข้อมูลถูกแยกประเภทตามความต้องการใช้งาน เช่น งานผลิต งานจัดซื้อ งานตรวจสอบคุณภาพ งานติดตั้ง งานวางแผน จากวิธีการวิจัยนี้สามารถนำข้อมูลที่เข้ามาเชื่อมโยงกับกิจกรรมในการบริหารงานโครงการ นอกจากนี้ยังสามารถจัดเก็บข้อมูลเข้าระบบฐานข้อมูลที่สามารถแบ่งปันข้อมูลร่วมกันระหว่างหน่วยงาน และสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์และจัดทำรายงานเพื่อทราบสถานะโครงการ เวลาและต้นทุน เพื่อนำมาใช้สรุปผลการดำเนินงานในการตัดสินใจของระดับผู้บริหารโครงการ เช่น การปรับเพิ่ม - ลด จำนวนแรงงาน, ผลกระทบด้านเวลาและต้นทุนจากงาน เพิ่ม - ลด, สถานะด้านการเงินในระหว่างดำเนินโครงการ เป็นต้น

คำสำคัญ: การบริหารงานก่อสร้าง แบบจำลองสารสนเทศอาคาร การวิเคราะห์ข้อมูล สายงานวิกฤติ ควบคุมต้นทุน



### Abstract

This research article proposes the application of building information modeling technology in conjunction with the technique of planning with a critical path method of large – scale project management to connect information and exchange between relevant agencies including a large number of documents and must always be updated when the amendment during the project. This research objective is to increase project management efficiency. Time control and cost of operations of steel structure, pipe, pressure, air conditioning system and sanitation with the application of information systems and applications to be used to report real –time project information and use intelligent business software to prepare the desired report. By bringing the information that has been made in various fields This research results can increase the efficiency of construction project management. From reducing the number of documents and duplicate data of the details that are removed from the building information model due to being classified by the demand, such as production, purchase, quality inspection, installation and planning from this research method can be linked to the project management activities. In addition, data can be collected into the database system that can share information together between the agencies and able to data analyze and create reports to know the project status. Time and cost to be used to summarize the performance of the decision of the project management level, such as the increase – reduce the number of labor, time and cost effects from increased work – reduce financial status during the project, etc.

**Keywords:** Construction Project Management, Building Information Modelling, Data Analytics, Critical Path Method, Cost Control

### บทนำ

การวางแผนโครงการที่มีมูลค่าสูง และมีความซับซ้อนมาก ๆ พบว่าความละเอียดในการบริหาร จัดการโครงการยังไม่เพียงพอ ในการวิเคราะห์ปัญหาและการพยากรณ์ต่าง ๆ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อไปยังส่วนต่าง ๆ เช่น บริษัทผู้รับเหมา บริษัทที่ปรึกษา บริษัทเจ้าของโครงการ และอื่น ๆ ที่ ต้องทำงานให้สอดคล้องกันภายในโครงการก่อสร้าง เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของโครงการที่ได้กำหนดไว้ใน TOR (Terms of Reference) และข้อกำหนดต่าง ๆ เช่น กฎหมายก่อสร้าง กฎระเบียบข้อบังคับด้านความปลอดภัย มาตรฐานต่าง ๆ ในงานก่อสร้างซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งที่ต้องพิจารณาในงานก่อสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับ (ชยุตา จิรรัตนโสภณ, 2555) ระบบควบคุมต้นทุนของโครงการก่อสร้างของธุรกิจปิโตรเลียมและปิโตรเคมี โดยได้นำเทคนิค CPM เข้ามาช่วยในการบริหารจัดการ ทำให้ประสิทธิภาพในการบริหารต้นทุน มีค่าความคลาดเคลื่อนของต้นทุนไม่เกิน 5% จากที่ได้กำหนดไว้ตอนเริ่มต้นโครงการ การใช้เทคนิค CPM ในการบริหารโครงการก่อสร้างได้ถูกนำไปใช้ในหลากหลายลักษณะงาน (อาจอง สุขประเสริฐ, 2559) การประยุกต์เทคนิค PERT / CPM ในการจัดการกิจกรรมในงานก่อสร้างบ้านจัดสรร ทำให้สามารถเร่งรัดโครงการให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลา 130 วัน ที่ความน่าจะเป็น 96.02% นอกจากนี้



การใช้โปรแกรม Microsoft Project ในการบริหารโครงการแล้ว (Pramod et al., 2014) ใช้โปรแกรม Primavera P6 ช่วยในการวางแผนต้นทุนและวิเคราะห์ ทำให้สามารถแสดงสถานะการใช้งานงบประมาณ ที่วางแผนไว้เทียบกับผลการทำงานจริงและประสิทธิภาพการดำเนินงานได้อย่างแท้จริง การใช้เทคนิค CPM ร่วมกับโปรแกรม Microsoft Project

การรายงานผลการดำเนินงานยังพบว่าความละเอียดในการรายงานยังไม่ครอบคลุมในเรื่องต่างๆ เช่น จำนวนแรงงานที่ใช้จริง จำนวนเครื่องจักรที่ใช้จริง ต้นทุนในการดำเนินงานจริง และอื่นๆ เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์และพยากรณ์ ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการรายงานในรูปแบบการเขียนกระดาษซึ่งอาจจะทำให้มีอุปสรรคในการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นกระดาษจำนวนมาก ส่งผลให้สิ้นเปลืองพื้นที่และอุปกรณ์ในการจัดเก็บเอกสาร รวมถึงมีโอกาสที่จะเสียหายได้ (วารสาร ไทยปริษา, 2565) ได้นำโปรแกรม PowerBI ไปวิเคราะห์และรายงานผลในกระบวนการผลิต โดยนำข้อมูลจากฝ่ายต่างๆ เช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายวางแผน ฝ่ายควบคุมคุณภาพ และฝ่ายพัฒนากระบวนการ ผลพบว่า ฝ่ายวางแผนสามารถแก้ปัญหาในด้านการส่งสินค้าเกินกำหนดเวลา ฝ่ายผลิตสามารถช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการผลิตและการเผื่อรั่วของเสียในแต่ละวัน ฝ่ายควบคุมคุณภาพทำให้มีการควบคุมปัญหาที่เกิดขึ้น มองเห็นแนวโน้มของสาเหตุสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพเพื่อทำการเผื่อรั่วปัญหา และฝ่ายพัฒนากระบวนการสามารถนำข้อมูลไปดำเนินการแผนการพัฒนามีการหยุดงานของเครื่องจักรน้อยลง และมีการทบทวนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อลดระยะเวลาการหยุดงานของเครื่องจักรลงได้

การวางแผนการสั่งซื้อวัสดุภายในโครงการขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ทำให้จำนวนข้อมูลแบบงานจากฝ่ายออกแบบมีจำนวนมาก ส่งผลให้ฝ่ายโครงการต้องใช้ทรัพยากรบุคคลและระยะเวลาในการตรวจสอบ รวมถึงการสรุปการจัดซื้อวัสดุเกิดความจำเป็น ทำให้มีโอกาสที่จะได้รับข้อมูลที่ผิดพลาดได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อตรงไปสู่การวางแผนวัสดุเข้าไปถึงพื้นที่ก่อสร้างไม่ได้ตามเป้าหมายที่วางไว้รวมไปถึงต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการสั่งซื้อวัสดุที่ไม่ตรงตามความต้องการใช้งานจริงและต้นทุนในการใช้เครื่องจักรในการขนย้ายวัสดุและอุปกรณ์ (วิภาวี เป็นจุลสี และอุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ, 2563) ได้นำซอฟต์แวร์ ArchiCAD 22 ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ BIM มาใช้เปรียบเทียบปริมาณเหล็กที่ใช้ในโครงการก่อสร้าง โดยเทียบค่า จำนวนประมูล จำนวนจากโปรแกรม และจำนวนที่ใช้งานจริง ผลจากการวิเคราะห์พบว่า แบบจำลองเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร สามารถประหยัดเวลาในการถอดปริมาณวัสดุและภาพรวมของปริมาณใกล้เคียงกับที่ใช้ในงานจริง จากประสบการณ์ที่ผ่านมา ในโครงการขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่พบว่า ในขณะที่ดำเนินโครงการอยู่ เกิดการเปลี่ยนแปลงข้อมูลด้านวิศวกรรมอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อตรงไปสู่หน่วยงานต่างๆ เช่น หน่วยงานจัดซื้อ หน่วยงานโครงการ หน่วยงานคุณภาพ และอื่นๆ

ขั้นตอนการผลิตชิ้นงานยังพบข้อบกพร่องในการวางแผนการผลิต เช่น งานตัดแผ่นเหล็ก ที่ต้องวางแผนเหล็กเติมแผ่นเพื่อตัดชิ้นงานให้ได้จำนวนมากที่สุด ซึ่งต้องคำนึงถึงต้นทุนในด้าน ต่างๆ ของกระบวนการ เช่น ค่าแก๊ส





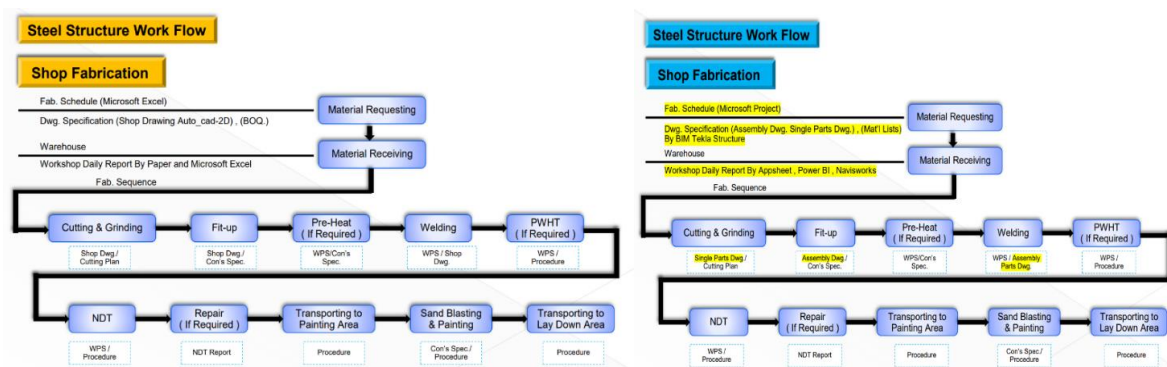
คำลม คำแรงงาน คำชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักร และอื่น ๆ รวมถึงงานเชื่อมประกอบชิ้นงาน ที่ต้องมีข้อมูลสัมพันธ์กันกับข้อมูลงานตัด เพื่อป้องกันการเบิกวัสดุไปใช้ในงานเชื่อมประกอบผิดพลาด ทำให้เกิดต้นทุนและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

ด้านกฎหมายและความปลอดภัยเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินโครงการเนื่องจากโครงการมีการย้ายสถานที่ ทำให้กฎและระเบียบของแต่ละพื้นที่แตกต่างกันออกไป หากไม่ศึกษาหรือไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขก็มีโอกาสที่จะถูกสั่งระงับโครงการได้ ปัจจุบันยังพบข้อบกพร่องน้อยอยู่เรื่อย ๆ ในลักษณะงาน ต่าง ๆ เช่น งานที่อับอากาศ งานบนที่สูง งานเครน งานระบบไฟฟ้า และอื่น ๆ ที่ทางกฎหมายบังคับให้ ผู้ปฏิบัติงานต้องผ่านการฝึกอบรมจากหน่วยงานที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานรัฐ หากไม่มีการศึกษาข้อมูลอาจทำให้เกิดต้นทุนเพิ่มในขณะดำเนินโครงการได้ (จิตรลดา โพธิ์วิจิตร และ จิรวัดน์ ตำริทอนันต์, 2563) ได้จัดทำ แอปพลิเคชันชื่อ Safety FIRST โดยรวบรวมกฎหมายความปลอดภัยในงานก่อสร้าง 56 ฉบับ ประกอบไปด้วย พระราชบัญญัติ 2 ฉบับ กฎกระทรวง 17 ฉบับ และประกาศ 37 ฉบับ เพื่อประโยชน์ด้านความสะดวกในการใช้งานของผู้ปฏิบัติงาน

ด้วยเหตุที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้งานวิจัยครั้งนี้จึงได้เกิดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ประสงค์นำเครื่องมือและเทคนิคต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้เพิ่มประสิทธิภาพในระบบการจัดการโครงการ ซึ่งต้องอาศัยศาสตร์ความรู้เดิม มารวมเข้ากับเทคโนโลยี นวัตกรรมสมัยใหม่ เพื่อให้เกิดความรวดเร็วและถูกต้อง สามารถแข่งขันในตลาดงานก่อสร้างได้

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

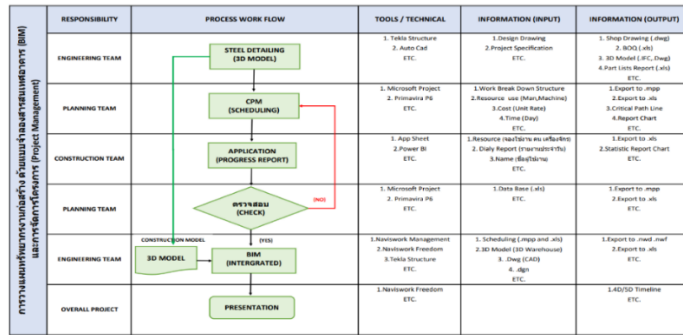
งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมในการให้รายละเอียดแบบงานโครงสร้างเหล็ก 3D. Tekla Structure 18.0 (BIM), งานวางแผนโครงการใช้เทคนิค CPM (Microsoft Project 2016), ส่วนการรายงานผลการดำเนินงานจะอยู่ในรูปแบบ 5D (Navisworks Management 2018) และ Application (Appsheet and Power BI) เพื่อเก็บข้อมูลมาประมวลผล



รูปที่ 1 Work Flow Fabrication Steel Structure การทำงานแบบเดิม และ หลังการปรับปรุง



จากรูปที่ 1 เป็นแผนผังการทำงาน Fabrication Steel Structure ก่อน - หลัง การปรับปรุงกระบวนการ ทำให้แผนงานมีความละเอียดมากขึ้น ด้วยการใช้โปรแกรม Microsoft Project 2016 ส่วนแบบงานที่ใช้ในการผลิตได้มีการแยกประเภทของแบบงานไว้ชัดเจน เช่น งานตัดแผ่นเหล็กใช้แบบ Single Part Drawing งานประกอบใช้แบบ Assembly Drawing งานติดตั้งใช้แบบ GA. Drawing ส่วนการบันทึกและรายงานผลด้วย Application ทำให้สะดวกและง่ายต่อการทำงาน



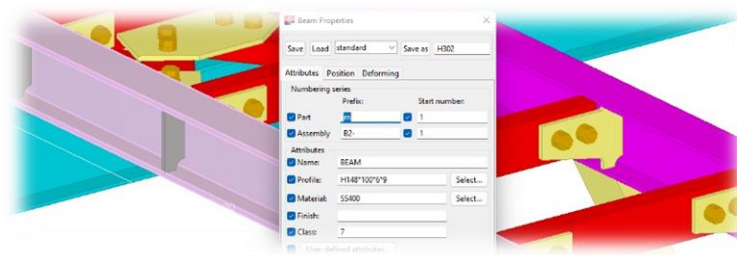
รูปที่ 2 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

จากรูปที่ 2 เป็นขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย โดยกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ เครื่องมือที่ใช้ข้อมูลนำเข้า และส่งออก รวมถึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในแต่ละกระบวนการ

### 1. การสร้างข้อมูลงานโครงสร้างเหล็กด้วยโปรแกรม Tekla Structure

#### 1.1 สร้าง 3D Model ด้วยโปรแกรม Tekla Structure 18.0

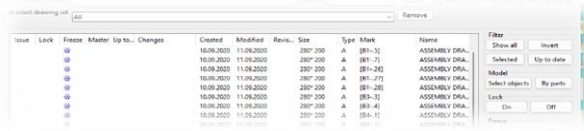
โดยอ้างอิงข้อมูลแบบงาน Design จากฝ่ายวิศวกรรมโครงสร้าง และ Typical Drawing of Steel Structure ที่ใช้ภายในโครงการรวมถึงการกำหนดหมายเลขของชิ้นงาน Numbering เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง ในกระบวนการผลิต



รูปที่ 3 การสร้าง 3D Model โครงสร้างเหล็กจากโปรแกรม Tekla Structure 18.0 และการตั้งค่า Numbering

#### 1.2 การ Generate แบบงานเพื่อใช้ในโครงการ

- แบบ General Drawing ใช้เพื่อบ่งชี้ตำแหน่งการติดตั้งโครงสร้างเหล็ก ใช้ในส่วนติดตั้งหน้างาน
- แบบ Assembly Drawing ใช้เพื่อประกอบชิ้นส่วนของงานเข้าด้วยกัน ใช้ในส่วนโรงงานผลิต
- แบบ Single Part Drawing ใช้เพื่อบอกขนาดและข้อมูลการวางแผนการตัดชิ้นงาน ใช้ในโรงงานผลิต



Project Name:	xxx
Equipment Name:	Pipe Stack 01
Date:	xxx

Profile	Grade	Qty	Length(mm)	Net Area(m <sup>2</sup> ) for one	Net Area(m <sup>2</sup> ) for all	Net Weight(kg) for one	Net Weight(kg) for all
H148*100*9	SS400	1	6925	19.97	19.97	62.31	623.92
H148*100*9	SS400	1	4130	2.77	11.07	33.64	334.58
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>32749</b>		<b>21.84</b>			<b>658.08</b>

รูปที่ 4 Drawing List และรายการวัสดุ ที่ได้จากการ Generate โปรแกรม Tekla Structure 18.0

### 1.3 การ Generate รายงานต่าง ๆ เพื่อใช้ในการบริหารโครงการ

การ Generate Material Report เพื่อใช้เป็นข้อมูลวางแผนการจัดซื้อวัสดุต่างๆภายในโครงการ ซึ่งจะมีรูปแบบในการที่หลากหลาย เช่น .xls .html .xsr และอื่นๆ ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

### 1.4 การ Export 3D Model ในรูปแบบไฟล์ต่างๆ

การ Export 3D Model ในรูปแบบ .IFC เพื่อให้โปรแกรมต่างๆสามารถเปิดได้ เช่น Navisworks Manage

## 2. การวางแผนงานโครงการด้วยเทคนิค CPM ด้วยโปรแกรม Microsoft Project 2016

### 2.1 วิเคราะห์สายงานวิกฤต (Critical Path Analysis)

เริ่มต้นจากการสร้าง WBS โดยกำหนดให้แบ่งเป็น 4 ระดับ โดยระดับบนสุดเป็นระดับโครงการ ได้แก่ Workshop, Site และหมวดงานย่อยของหมวดงานหลัก ของแต่ละหมวดงานหลัก เช่น Workshop แบ่งย่อยเป็นหมวดงาน Mat'l Received , Cutting , Drilling , Fit-Up , Weld , Painting ในการผลิต เป็นต้น

กำหนดวันเริ่มต้นของโครงการ 14/12/20 รวมถึงตั้งค่า ชั่วโมงการทำงานในแต่ละวันและวันหยุดตามปฏิทินลงในโปรแกรม จากนั้นกำหนดระยะเวลาในการทำงานของแต่ละกิจกรรมซึ่งต้องสอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด

Task Name	Duration	Start	Finish
PIPE RACK 01 (TTT PROJECT)	73 days	14/12/20	11/3/21
Work Shop (Fabrication Work)	48 days	14/12/20	10/2/21
Material Received	4 days	14/12/20	18/12/20

รูปที่ 5 การลงข้อมูล วันเริ่มต้นโครงการ และระยะเวลาในการทำงานแต่ละกิจกรรม

สร้างความสัมพันธ์ของงาน โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการทำงาน เช่น งานที่สามารถทำพร้อมกันได้ งานที่ต้องให้งานก่อนหน้าเสร็จก่อน งานที่ทั้ง 2 งานต้องเสร็จพร้อมกัน และอื่นๆ ตามความเหมาะสมในแต่ละกิจกรรม

Task ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Relationship
5	Beam	2 days	16/12/20	17/12/20	4SS+2 days
6	Bracing	2 days	17/12/20	18/12/20	5SS+1 day
7	Steel Plate	2 days	17/12/20	18/12/20	4

รูปที่ 6 การสร้างความสัมพันธ์งานลงในโปรแกรม Microsoft Project

กำหนดผู้รับผิดชอบ (Responsibility Assignment) ตามผังองค์กรโครงการ (Project Organization) ของทีมงานซึ่งจากการแบ่งหมวดหมู่ของโครงการจำเป็นต้องกำหนดความรับผิดชอบต่อโครงการในระดับต่างๆ

Task ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Resource
8	Column	3 days	14/12/20	16/12/20	Helper Shop[3]
9	Beam	2 days	16/12/20	17/12/20	Helper Shop[3]
10	Bracing	2 days	17/12/20	18/12/20	Helper Shop[3]

รูปที่ 7 กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบในแต่ละกิจกรรมในโปรแกรม Microsoft Project

(ยุทธนา เกษะกิ่ง, 2565) ได้อธิบายวิธีการและขั้นตอนการนำเสนอรายงาน จากโปรแกรม Microsoft Project 2016

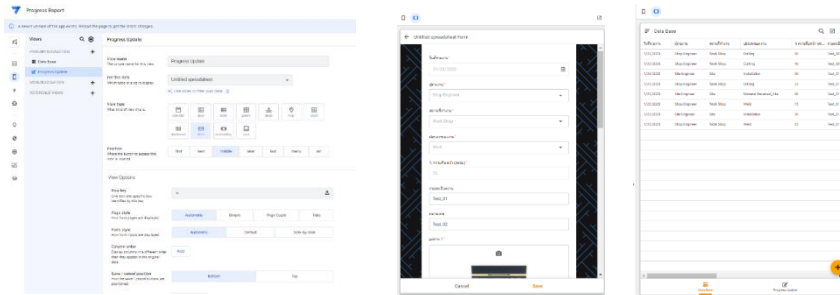


Task Name	Start	Finish	Start	Finish	Var	Var	Late Start	Late Finish	Free Slack	Total Slack
PIPE RACK 01 (TTT PROJECT)	14/12/20	11/3/21	NA	NA	0 days	0 days	14/12/20	11/3/21	0 days	0 days
Work Shop (Fabrication Work)	14/12/20	10/2/21	NA	NA	0 days	0 days	14/12/20	11/3/21	0 days	0 days
Material Received	14/12/20	18/12/20	NA	NA	0 days	0 days	14/12/20	11/3/21	0 days	0 days



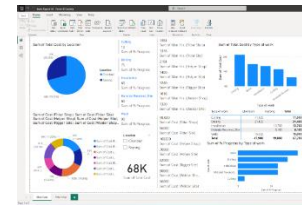
รูปที่ 8 Total Slack และ Network Diagram สายงานวิกฤต จากโปรแกรม Microsoft Project 2016

### 3. การใช้ Application (Appsheet) และ Software (Power BI) ในการเก็บข้อมูลและรายงานความคืบหน้าโครงการก่อสร้าง



รูปที่ 9 การปรับตั้งคำหน้า Report ต่าง ๆ เพื่อแสดงข้อมูลที่จำเป็นและหน้าจอตงแสดงผล (Appsheet)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	No.	Report Date	Report Time	Report By	Location	Type of work	% Progress	Fitter Shop	Unit Rate
2	1	23/1/2023	15:20:11	Shop Engineer	Chonburi	Drilling	50	3	500
3	2	23/1/2023	16:07:38	Shop Engineer	Chonburi	Cutting	10	2	500
4	3	23/1/2023	16:14:32	Site Engineer	Rayong	Installation	30	0	500
5	4	23/1/2023	16:18:32	Shop Engineer	Chonburi	Drilling	25	4	500
6	5	23/1/2023	16:22:27	Site Engineer	Rayong	Received_Site	60	0	500



รูปที่ 10 การ Report ผลการดำเนินงานด้วยโปรแกรม (Power BI)

จากรูปที่ 9 และ 10 เป็นการรายงานความก้าวหน้าประจำวันด้วย Application (Appsheet) โดยหัวหน้างานและฐานข้อมูลที่บันทึกได้ สามารถนำไปวิเคราะห์และแสดงผลด้วย โปรแกรม Power BI ขนาดของโครงการก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัย (Benjaoran et al., 2012) ได้ศึกษาระบบต้นทุนใน ธุรกิจก่อสร้างของผู้รับเหมา ขนาดกลางและขนาดเล็ก เพื่อควบคุมติดตาม การดำเนินงานภายในโครงการ โดยทำการเปรียบเทียบต้นทุน BOQ.(Budget) กับงานจริงด้วยวิธีสแกน Barcode ต้นทุนงานจริงแล้วทำการรวบรวม ข้อมูลไปเปรียบเทียบค่า โดยใช้เทคนิค Barcode-Based/Cost Code ผลลัพธ์ที่ได้คือ สามารถสอกลับเอกสารหลักฐานการทำงานได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว (Real - Time ERP.)

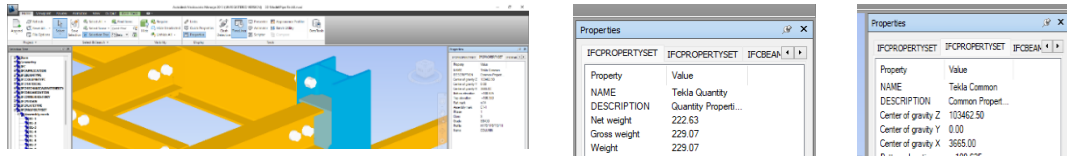
### 4. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในงานก่อสร้างโครงการ BIM (Building Information Modeling)

#### 4.1 ตรวจสอบรายละเอียด 3D Model ที่ได้

หลังจากได้รับ 3D Model (.NWD , IFC) จากทางผู้ออกแบบแล้ว ตรวจสอบรายละเอียดต่างๆของงาน โดยใช้โปรแกรม Navisworks Manage 2018 (สามารถ Download มาทดลองใช้ได้ 30 วัน) เช่น ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูล



ปัจจุบันหรือไม่ ความละเอียดของ LOD เพียงพอไหม หมายเลขชิ้นงานตรงตามตำแหน่งติดตั้งจริงไหม และอื่นๆ จากรูปที่ 11 ทำให้ทราบข้อมูล ต่างๆ เช่น น้ำหนัก, Part Mark, Assembly Number และอื่นๆ



รูปที่ 11 แสดงข้อมูลต่างๆ จาก 3D Model

#### 4.2 การนำเข้าแผนงานโครงการและการนำเสนอ (4D / 5D)

แผนงานโครงการที่ได้จากโปรแกรม Microsoft Project ต้องยืนยันความถูกต้อง ก่อนนำเข้าสู่โปรแกรม เพื่อให้สามารถนำเสนองานที่สอดคล้องกับงานจริง จากรูปที่ 12 เป็นการเชื่อมโยง 3D. เข้ากับแผนงานและต้นทุน



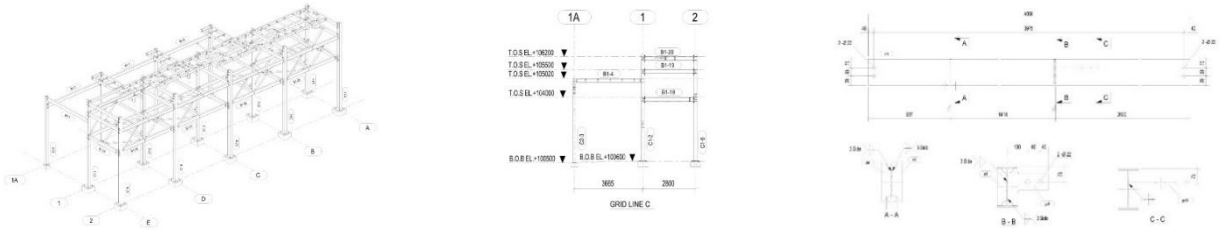
รูปที่ 12 แสดงการนำเข้าแผนงานแบบ 5D

นอกจากนี้แล้วภายในโครงการก่อสร้างยังมีการ Simulation ในหลายรูปแบบ (Heigermoser et al., 2019) จำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (DES) ในงานก่อสร้าง โดยใช้ BIM และการวางแผนเส้นทางการเคลื่อนที่ Rapidly Exploring Random Tree (RRT) ในแต่ละกิจกรรมในงานก่อสร้าง เช่น งานเจาะเสาเข็ม และรถบรรทุกวิ่งขนย้ายวัสดุต่างๆ ผลลัพธ์สามารถป้องกันผลกระทบด้านลบของความขัดแย้งด้าน เวลา - พื้นที่ ทำให้เกิดประสิทธิภาพด้านความปลอดภัย ในสถานที่ก่อสร้างที่แออัด ส่วนอุปสรรคของระบบ BIM (รัศรินทร์ โครตปาลี, 2559) ได้ศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับการนำระบบ BIM มาใช้ในประเทศไทย คือ 1. ทักษะคิดและมุมมองของบุคลากร 2. ในระหว่างการก่อสร้างผู้รับเหมาไม่ได้รับไฟล์ BIM และการลงรายละเอียดใน Model ให้เพียงพอต่อการใช้งานจริง 3. ความเหมาะสมของ Computer มีราคาสูง และลิขสิทธิ์

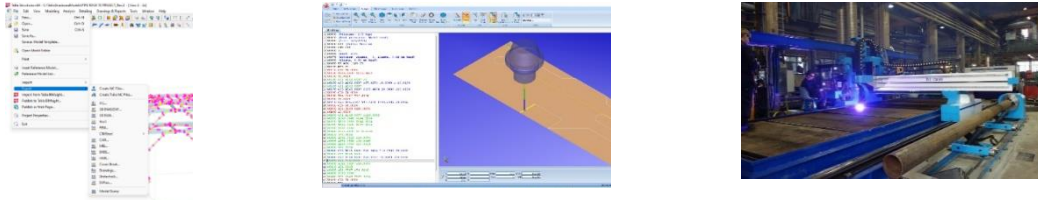
#### ผลการศึกษา

##### 1. ผลการดำเนินงานจากการใช้โปรแกรม BIM (Tekla Structure 18.0)

จากข้อมูลที่ได้จากการ Generate Report รายการวัสดุ ทำให้ส่วนงานต่างๆ เช่น ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายโครงการ สามารถวางแผน งบประมาณ ระยะเวลา ในการดำเนินงานได้อย่างแม่นยำและรวดเร็วมากขึ้น รวมถึงสามารถเชื่อมโยงข้อมูลไปยังส่วนงานการผลิต ที่ใช้เครื่องจักร CNC ในการตัด หรือเจาะได้ ทำให้ข้อมูลถูกส่งถ่ายไปยังส่วนงานอื่นๆ เช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายตรวจสอบ คุณภาพ มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น ดังที่ได้แสดงไว้ใน รูปที่ 13 และ รูปที่ 14



รูปที่ 13 แบบงานที่ใช้ประกอบและติดตั้งจากการ Generate Drawing



รูปที่ 14 การ Export ไฟล์ข้อมูลเพื่อนำไปเชื่อมโยงกับเครื่อง CNC

### 2. ผลการดำเนินงานด้านการวางแผนงานด้วยเทคนิค CPM (Microsoft Project 2016)

สามารถประเมินระยะเวลาและต้นทุนต่างๆที่ใช้ภายในโครงการได้ รวมถึงการวิเคราะห์สถานะของโครงการได้อย่างรวดเร็วและทันถ่วงที ส่งผลให้ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดผลกระทบต่อ ระยะเวลา และต้นทุน ที่ได้วางแผนไว้ลดน้อยลง รวมถึงสามารถนำเสนอขออนุมัติขยายสัญญาก่อสร้าง ในกรณีมีงาน เพิ่ม - ลด ดังที่ได้แสดงไว้ใน รูปที่ 15



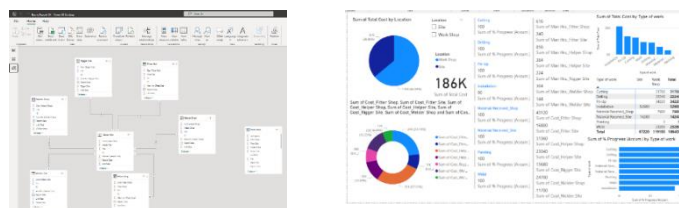
รูปที่ 15 รายงานต่างๆ ที่ได้จากโปรแกรม Microsoft Project 2016

### 3. ผลจากการใช้ Appsheet ในการเก็บบันทึกข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลงานด้วยโปรแกรม Power BI

การเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จาก Appsheet ในรูปแบบ .xls สามารถส่งต่อไปวิเคราะห์หรือรายงานผล ได้หลากหลายโปรแกรม เช่น ในงานวิจัยนี้ใช้ Power BI ในการนำเสนอข้อมูลที่บันทึกไว้ ดังรูปที่ 16 และ รูปที่ 17



รูปที่ 16 หน้าต่างรายงานและรูปแบบข้อมูลที่บันทึกได้จาก Application (Appsheet)

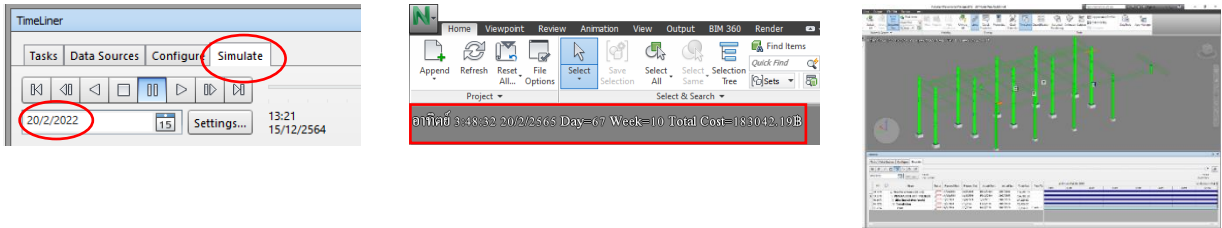


รูปที่ 17 หน้าต่างรายงาน Power BI ที่ได้จากการเชื่อมโยงข้อมูลจาก Appsheet



#### 4. ผลการดำเนินงานจากการใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศ BIM (Navisworks Manage 2018)

ผลจากการ Simulation สามารถเลือกแสดงผลการปฏิบัติงาน ณ เวลาใด ๆ ได้ ตามความต้องการเพียงแค่ ชัยับเลื่อนลูกศรไปยังช่วงเวลาที่ต้องการ ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 ภาพความคืบหน้างาน ณ วันที่ 20/2/2565

#### อภิปรายผลจากการศึกษา

##### 1. การเตรียมข้อมูลงานด้านการผลิตและติดตั้ง

หลังจากฝ่ายผลิตได้รับข้อมูลจากฝ่ายออกแบบด้านโครงสร้างเหล็กพร้อมรายการประกอบแบบ สิ่งที่สำคัญในการผลิตคือ ข้อมูลการสั่งซื้อวัสดุ ข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการผลิต เช่น แบบที่ใช้ในการตัด เชื่อมประกอบ และติดตั้ง การนำโปรแกรม Tekla Structure 18.0 มาใช้ แล้วทำการ Generate ข้อมูลต่าง ๆ เช่น แบบงาน 2 มิติ ข้อมูล BOQ และอื่น ๆ สามารถช่วยลดเวลาและจำนวนคนในการเขียนแบบและการถอดปริมาณวัสดุได้เป็นอย่างมาก รวมถึงกรณีมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลงานออกแบบจากผู้ออกแบบงานโครงสร้างเหล็ก ซึ่งภายในโครงการส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นประจำ มีโอกาส Update ข้อมูลล่าช้า และเกิดความผิดพลาดได้ หากใช้วิธีการงานแบบเดิม 2 มิติ

##### 2. การวางแผนงานโครงการก่อสร้าง

การวางแผนงานด้วยระบบสายงานวิกฤต หรือ เรียกสั้น ๆ ว่า การวางแผนแบบ CPM นับว่าเป็นวิธีการวางแผนงานที่ดีที่สุดแผนงานหนึ่งที่นิยมใช้วางแผนงานก่อสร้างกันโดยทั่วไป เพราะเป็นแผนงานที่สามารถแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างงานต่าง ๆ ได้ มีความสามารถแบ่งหน่วยงานย่อยได้ละเอียดกว่าแผนงานอื่น ๆ จึงเหมาะกับงานก่อสร้างที่มีขนาดใหญ่หรือมีความสลับซับซ้อนของลักษณะงานมาก โปรแกรม Microsoft Project 2016 มีกระบวนการทำงานหลัก 4 โมดูลคือ โมดูล 1 “ปริมาณงาน” โมดูล 2 “การวางแผนงาน” และโมดูล 3 “ความคืบหน้าโครงการ” ให้ทำการบันทึกข้อมูลเข้า แล้วโปรแกรมจะเชื่อมโยงข้อมูลและแสดงผลลัพธ์ของงานที่โมดูล 4 “รายงานผล” ในรูปข้อมูลตัวเลขและกราฟ บ่งบอกกิจกรรมงานล่าช้าหรือเร็วกว่าแผน เช่น จากงานวิจัยพบว่า ณ วันที่ 20/2/2021 ผลภาพรวมทั้งโครงการ ค่า SV = - 41,000 , ค่า SV% = -18% ,ค่า SPI = 0.82 ส่วนการวางแผนและติดตามควบคุมต้นทุน ได้ใช้วิธี Earned Value Analysis วิเคราะห์ เปรียบเทียบ 3 ค่าหลักคือ มูลค่าแผนงาน



มูลค่าผลงานและค่าใช้จ่ายจริงที่เกิดจากงาน โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ต้นทุน สามารถรับรู้สถานะเชิงเวลาของกิจกรรมงานหลักว่าช้าหรือเร็วกว่าแผน และสถานะต้นทุนของการใช้ทรัพยากรหลักว่าสูงกว่าแผนงานหรือไม่ จากผลการดำเนินงานวิจัยนี้พบว่า ณ วันที่ 20/2/2021 มีค่า BCWS = 225,000 ซึ่งหมายความว่า งานที่ควรทำได้คิดเป็นเงิน 225,000 บาท และ ค่า BCWP = 184,000 ซึ่งหมายความว่า งานที่ทำได้จริงคิดเป็นเงิน 184,000 บาท จึงสรุปได้ว่า ณ วันที่ 20/2/2021 งบประมาณที่ใช้ในการดำเนินโครงการยังไม่เกินที่ได้กำหนดไว้

### 3. การเก็บบันทึกข้อมูลและรายงานผลการก่อสร้าง

เนื่องจากโครงการก่อสร้างมีความซับซ้อนในการบริหารจัดการ และต้องมีการใช้ทรัพยากรที่หลากหลาย เช่น แรงงาน วัสดุ เครื่องจักร ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นต้นทุนในการก่อสร้างทั้งนั้น หากขาดการบริหารจัดการที่ดี ก็อาจทำให้งบประมาณที่ตั้งไว้ตอนเริ่มต้นโครงการ เกิดบานปลายได้ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมและติดตามสถานะต่างๆ ของงานได้ทันถ่วงที การนำ Appsheet และ PowerBI มาประยุกต์ใช้กับการเก็บบันทึกฐานข้อมูลแบบอัตโนมัติ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการพิมพ์ เช่น จากการดำเนินงานวิจัย ณ วันที่ 3/9/2023 ผู้รายงาน Shop Engineer สถานที่ทำงาน Workshop ประเภทงาน Cutting เปอร์เซ็นต์ความคืบหน้าของงาน 95% แรงงานที่ใช้ Fitter Shop 4 คน Helper Shop 4 คน ข้อมูลที่ได้ จะถูกนำไปวิเคราะห์และรายงานผล รูปแบบการรายงานผล สามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ส่วนการรายงานผลด้วยโปรแกรม Power BI เป็นการนำเสนอข้อมูลที่สะสมจาก Appsheet มาวิเคราะห์และรายงานผล จากงานวิจัย ณ วันที่ 15/12/2020 ถึง วันที่ 20/2/2021 ภาพรวมการใช้งบประมาณด้านแรงงานเป็นจำนวนรวมทั้งสิ้น 186,400 บาท โดยแยกเป็นรายการดังนี้ Cutting 31,760 บาท Drilling 22,240 บาท เป็นต้น

### 4. การนำเสนอความคืบหน้างานแบบภาพเสมือนจริง

ในงานก่อสร้างขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนของกิจกรรมงาน การเรียงลำดับของงานเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เพราะในแต่ละส่วนงานต้องทำงานประสานกัน เห็นภาพเดียวกัน Navisworks Manage 2018 สามารถนำเสนอความคืบหน้าของโครงการได้เสมือนจริง เมื่อเปรียบเทียบแผนงานกับ 3D Model จากการดำเนินงานวิจัย ณ วันที่ 20/2/2565 โครงการได้ดำเนินงานไปแล้ว 67 วัน เป็นอาทิตย์ที่ 10 ของโครงการ ภาพการ Simulation จะแสดงให้เห็นว่า มี Column ติดตั้งเสร็จสมบูรณ์แล้ว และงบประมาณรวมที่ใช้ทั้งสิ้น 183,042.19 บาท เป็นต้น

## สรุปผลจากการศึกษา

### 1. ด้านความพร้อมของข้อมูลในการผลิตและติดตั้ง

จากขั้นตอนงานเดิมหลังจากที่ได้รับข้อมูลจากฝ่ายออกแบบ วิศวกร หรือหัวหน้างาน จะถ่ายข้อมูลที่รับลงไปสู่นักงานผลิตเลย ซึ่งอาจยังขาดรายละเอียดในการทำงาน เช่น แผนกตัด แผนกเชื่อมประกอบ รวมไปถึง





แผนกตรวจสอบคุณภาพ ที่ต้องตรวจเช็คและบันทึกผล รวมไปถึงฝ่ายจัดซื้อที่ต้องเตรียมข้อมูล หลังใช้ Tekla Structure 18.0 ทำให้ข้อมูลงานมีความละเอียดและแม่นยำมากขึ้น เช่น แบบงานแยกประเภทการใช้และผู้ใช้ปฏิบัติงาน ทำให้ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น การสอบกลับเอกสารด้านคุณภาพมีประสิทธิภาพมากขึ้น

## 2. ด้านคุณภาพของแผนงาน

ภายในโครงการที่ไม่มีข้อกำหนดในด้านวิเคราะห์แผนงานและโปรแกรมที่ใช้ในการวางแผนงาน ในหลาย ๆ โครงการจะใช้วิธีการวางแผนด้วยโปรแกรม Excel ซึ่งหากนำไปใช้ในงานที่มีขนาดใหญ่ความซับซ้อนของงานมากอาจจะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลของโครงการไม่ครอบคลุมพอ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โปรแกรม Microsoft Project 2016 จะทำให้ผู้บริหารโครงการสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงด้านต่าง ๆ ในขณะดำเนินโครงการได้ เช่น การวิเคราะห์สายงานวิกฤต (CPM.), การวิเคราะห์ผลงานที่ทำได้ (Earned Value Analysis) เป็นต้น

## 3. ด้านการรายงานผลการดำเนินงาน

ในโครงการก่อสร้างต้องคิดค่าใช้จ่ายในด้านต่าง ๆ เช่น ค่าวัสดุ ค่าแรงงาน ค่าเช่าเครื่องจักร และอื่น ๆ ในตอนยื่นเสนอประมูลงาน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ทางผู้บริหารได้ประเมินไว้ หลังจบโครงการได้กำไรที่เปอร์เซ็นต์ การนำ Appsheet, PowerBI มาเก็บข้อมูลและรายงานผล ทำให้สามารถเปรียบเทียบข้อมูลยื่นเสนอประมูลงานกับข้อมูลงานจริง ยกตัวอย่าง เช่น การคิดค่าแรง จากเดิมที่ต้องรอข้อมูลจากฝ่ายบุคคล อาจต้องใช้เวลารอคอยนาน ซึ่งต่างจากการใช้ Application ในการรายงานผลทุกวัน จึงทำให้ผู้บริหารสามารถมองเห็นปัญหาและสามารถตัดสินใจได้ทันถ่วงที

## 4. ด้านการรายงานภาพเสมือนจริง

ผลจากการ Simulation ความคืบหน้างานด้วยโปรแกรม Navisworks Manage 2018 ทำให้ทุกฝ่ายภายในโครงการสามารถเข้าถึงความคืบหน้าของงานได้ลึกและละเอียดมากขึ้น เนื่องจากสามารถมองเห็นรูปร่างและขนาดได้อย่างชัดเจน ซึ่งปัจจุบันทางผู้ผลิตโปรแกรมได้พัฒนา Application ให้สามารถใช้ ipad หรือ Smart Phone เปิด Review ดูข้อมูลได้ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการส่งถ่ายข้อมูลจากผู้ออกแบบไปสู่หน่วยงานได้ง่ายและดียิ่งขึ้น

## ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผู้ใช้งานโปรแกรม Tekla Structure 18.0 , Microsoft Project 2016 , Navisworks Manage 2018 ต้องมีความรู้และประสบการณ์ในงานนั้น ๆ อยู่พอสมควร รวมถึงการฝึกอบรมให้ความรู้เพิ่มเติมกับผู้ใช้งาน การใช้เทคโนโลยี BIM ต้องได้รับความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่าย เพื่อรวบรวมข้อมูลมาไว้ในที่เดียวกัน ดังนั้นตัวแทนผู้ใช้ BIM ต้องสร้างความเข้าใจ และอธิบายวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ในการใช้งาน รวมถึงการนำโปรแกรมต่าง ๆ มาใช้ภายในโครงการต้องซื้อหรือเช่าลิขสิทธิ์ ซึ่งเป็นต้นทุนที่ต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าก่อนตัดสินใจ



### เอกสารอ้างอิง

- ชยุดา จิรรัตน์โสภณ. (2555). การสร้างระบบควบคุมต้นทุนของโครงการในงานก่อสร้างของธุรกิจปิโตรเลียมและปิโตรเคมี (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ยุทธนา เกาะกิ่ง. (2565). การวางแผนและบริหารโครงการด้วย Microsoft Project. หนังสือนิตยสารผู้จัดการ 360 ฉบับพิเศษ. กรุงเทพฯ : เอ็ม แอนด์ เอ็ม เลเซอร์พริ้นต์.
- รัชนีกร โคตรปาลี. (2559). แนวทางพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้าง (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- วิภาวี แป้นจุลสี และอุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ. (2563). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอาคารกับโครงการก่อสร้างจริง กรณีศึกษา โครงการ บูสท์ ฟิตเนสสยาม. บทความวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25. CEM17.
- วรกร ไทยปรีชา. (2565). การออกแบบแดชบอร์ดในโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับอุตสาหกรรมโดยใช้โปรแกรมพาวเวอร์บีไอ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร
- อาจอง สุขประเสริฐ. (2559). การประยุกต์เทคนิค PERT/CPM ในการจัดการกิจกรรมในงานก่อสร้างบ้านจัดสรร (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จิตรลดา โพธิ์จิตร และจิรวัดน์ ดำริห์อนันต์. (2563). ความปลอดภัยในงานก่อสร้าง : กฎหมายแนวทางป้องกันอุบัติเหตุและแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 12(2), 168-193
- Daniel, H., Borja, S., Ernest, A. & David, C. (2019). BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. *Automation in Construction. Journal homepage*, (104), 246-254
- Pramod, M., Phaniraj, K. & Srinivasan, V. (2014). Monitoring system for project cost control in construction industry. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3(7), 1487-1491
- Vacharapoom, B., Anucha, K., & Wisitsak, T. (2012). A Development of Practical Cost Control System for Small and Medium-Sized Contractors. *IACSIT International Journal of Engineering and Technology*, 4(3), 243-247



## การศึกษาการผลิตฟ้าทะลายโจรอบแห้งด้วยเตาอบในครัวเรือน

เพ็ญพิสุทธิ์ ทองหยวก<sup>1\*</sup>, สุวรรณิ พนมสุข<sup>2</sup>, จิรัชยา จิรตระการพิทักษ์<sup>1</sup>, ภัทรวดี คงทอง<sup>1</sup>,

วิภาวี สะค่อม<sup>1</sup> และ สุธิตา นาคสงศ์<sup>1</sup>

### Studying of *Andrographis paniculate* drying process by household oven

Penpisuth Thongyong<sup>1\*</sup>, Suwannee Panomsuk<sup>2</sup>, Jiratchaya Jiratrakarnphitak<sup>1</sup>,

Patarawadee Kongthong<sup>1</sup>, Wipawee Hakom<sup>1</sup> and Suttida Naksong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม 73000

<sup>2</sup>สาขาเภสัชกรรมอุตสาหการ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม 73000

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering and Management, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakorn Pathom, 73000

<sup>2</sup>Department of Industrial Pharmacy, Faculty of Pharmaceutics, Silpakorn University, Nakorn Pathom, 73000

\*Corresponding author. E-mail: Thongyong\_p@silpakorn.edu

#### บทคัดย่อ

สถานการณ์การระบาดของโรค COVID-19 ในระยะที่ผ่านมา พบว่าสามารถรักษาอาการป่วยของโรคได้ด้วยการรับประทานฟ้าทะลายโจรแบบแคปซูล โดยในฟ้าทะลายโจรมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์รักษา และบรรเทาอาการ COVID-19 คือ สารแอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) อย่างไรก็ตามแม้ยาดังกล่าวจะสามารถหาซื้อได้ในท้องตลาดทั่วไป ยังพบว่ามี การขาดตลาดและมีราคาสูงในช่วงงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตฟ้าทะลายโจรอบแห้งและบรรจุเป็นแคปซูลโดยใช้เตาอบที่มีอยู่ในครัวเรือน โดยเปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการผลิตด้วยเตาอบต่างชนิดกัน 3 แบบ และเลือกอุณหภูมิที่เตาสามารถทำได้โดยไม่ส่งผลให้สูญเสียสารสำคัญจากกระบวนการอบแห้ง ผลการศึกษาพบว่า เวลาที่เหมาะสมของเตาอบลมร้อน หม้ออบลมร้อน และหม้อทอดไร้น้ำมัน อุณหภูมิอบ 60 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 105, 31.667 และ 16.667 นาทีตามลำดับ โดยหม้ออบลมร้อนมีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุดและคุ้มทุนสูงสุด มีต้นทุนต่อเม็ด 0.195 บาท จุดคุ้มทุน 1,247 เม็ด และระยะเวลาคืนทุน 17 วัน ทั้งนี้ยังคงมีค่าเฉลี่ยของสารแอนโดรกราโฟไลด์คงอยู่หลังการอบ 5.14% โดยน้ำหนัก

คำสำคัญ: การทำแห้ง ฟ้าทะลายโจร ต้นทุน จุดคุ้มทุน



### Abstract

In the present, the symptoms of COVID-19 could be treated by taking Andrographis Paniculate capsules. Andrographis paniculate has Andrographolide, there was important substances that have therapeutic effect. However, Andrographis Paniculate capsules were purchased in the market. There were sometimes shortage and high prices. This research was to study the production of dried Andrographis paniculate using a household oven. By comparing the costs incurred by production with 3 different oven types and choosing the temperature that the oven can achieve without loss of important substances from the drying process. The study found that the optimum time of convection oven, convection oven and oil free fryer at baking temperature 60 °C were 105, 31.667 and 16.667 min respectively. It was found that hot air oven had the lowest production cost and the highest cost-effectiveness. The cost per tablet is 0.195 baht, the break-even point is 1,247 tablets, and the payback period was 17 days. However, the average remaining Andrographolide was 5.14% wt.

**Keywords:** Drying Process, Andrographis paniculate, Cost, Payback Period

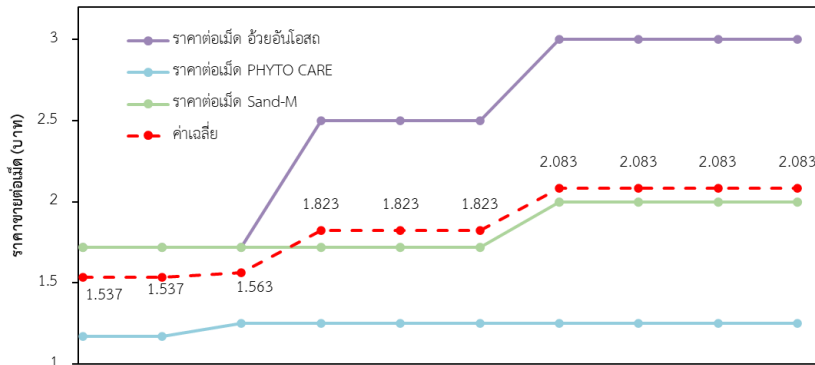
### บทนำ

เนื่องจากสถานการณ์ในปัจจุบันเกิดการระบาดของโรคโควิด-19 (COVID-19) ทำให้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรกลายเป็นสมุนไพรที่ได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างแพร่หลาย สมุนไพรชนิดนี้เป็นสมุนไพรที่มีฤทธิ์ลดไข้ ลดอาการปวด แก้อาการติดเชื้อ แก้อาการอักเสบ และมีการใช้สมุนไพรชนิดนี้ในตำรายาสมุนไพรไทย (Thai Herbal Pharmacopoeia, THP) (คณะอนุกรรมการจัดทำตำราอ้างอิงยาสมุนไพรไทย, 2558) เนื่องจากฟ้าทะลายโจรเป็นสมุนไพรที่มีรสขมทำให้ยากต่อการบริโภค สมุนไพรชนิดนี้จึงถูกแปรรูปเป็นรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้สามารถรับประทานได้ง่ายขึ้น เช่น แคปซูล ยาเม็ด และยาลูกกลอน เป็นต้น

จากการสำรวจราคาผลิตภัณฑ์แคปซูลฟ้าทะลายโจร ชนิดบดผง ในช่วงที่มีความต้องการซื้อสูง คือ สิงหาคม - ตุลาคม พ.ศ.2564 พบว่า ราคาของผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังรูปที่ 1 จึงศึกษากระบวนการผลิตฟ้าทะลายโจรอบแห้งด้วยเตาอบในครัวเรือน โดยเลือกศึกษากระบวนการอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรด้วยเตาอบลมร้อน หม้อทอดไร้น้ำมัน และหม้ออบลมร้อน เพื่อเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการบริโภค จัดทำได้ทำการสืบค้นข้อมูลและพิจารณาเลือกอบสมุนไพรชนิดนี้ที่อุณหภูมิคงที่ในทั้งสามกระบวนการ เป็นการกำหนดตัวแปรคงที่สำหรับ



ทำการหาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง และทำการคำนวณหาต้นทุนของแต่ละกระบวนการ รวมไปถึงการหาความคุ้มค่าในการอบแห้ง เพื่อพิจารณากระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปสมุนไพรฟ้าทะลายโจรต่อการบริโภค



รูปที่ 1 ราคาฟ้าทะลายโจรแบบเม็ดบรรจุแคปซูลจากการสำรวจที่มีขายในท้องตลาด

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังแสดงในรูปที่ 2 โดยนำใบและยอดของฟ้าทะลายโจรสด ทำการล้างในน้ำสะอาดและผึ่งแห้งเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปอบแห้งด้วยเตาอบ คือ เตาอบลมร้อน Memmert รุ่น UNB500 หม้ออบลมร้อน OTTO รุ่น CO-703A และ หม้อทอดไร้น้ำมัน OTTO รุ่น CO-765M ทำการอบฟ้าทะลายโจรที่เตรียมไว้ โดยอุณหภูมิที่ใช้สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ คือ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำอบแห้งพืช (วิภาวี เสาศิน และคณะ, 2549; สุวรรธณ ฐิระวิชชย์กุล และคณะ, 2556; Saohin et al., 2007; Kamel et al. 2013) และ 100 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เตาที่ใช้ศึกษาสามารถทำได้เท่ากันและเปรียบเทียบกันได้ เก็บข้อมูลน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการอบทุก ๆ 5 นาที เพื่อศึกษาเวลาที่เหมาะสมต่อการอบแห้งสำหรับเตาอบแต่ละชนิด และนำตัวอย่างฟ้าทะลายโจรอบแห้งไปตรวจสอบปริมาณสารสำคัญสารแอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) โดยใช้เทคนิค HPLC (High Performance Liquid Chromatography) เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตแคปซูลฟ้าทะลายโจรที่ผลิตด้วยเตาอบครัวเรือนกับราคาท้องตลาด พร้อมศึกษาระยะเวลาคืนทุน เพื่อเสนอแนวทางที่เป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับการผลิตแคปซูลฟ้าทะลายโจรเพื่อการบริโภค



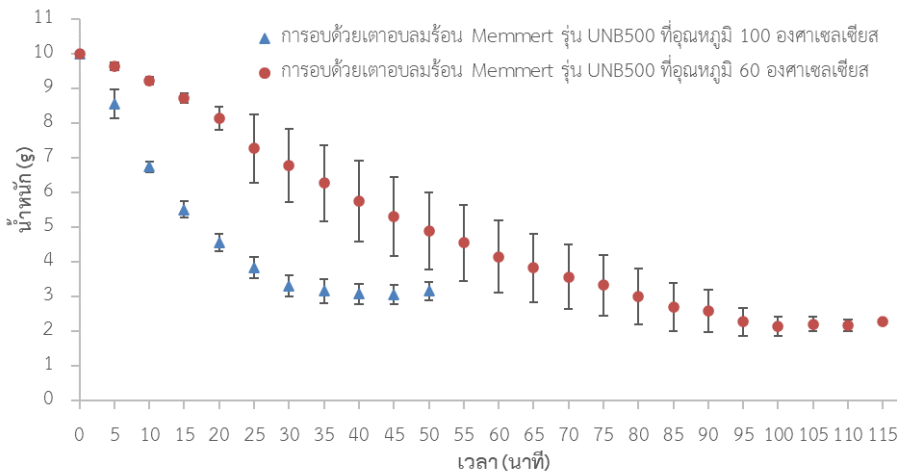
รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเพื่อศึกษาการอบแห้งฟ้าทะลายโจร



### ผลการศึกษา

#### การทดลองอบสมุนไพรฟ้าทะลายโจรด้วยเตาอบในครัวเรือน 3 แบบ

เมื่อทำการอบสมุนไพรฟ้าทะลายโจรด้วยเตาทั้ง 3 ประเภทแล้วเก็บข้อมูลเวลาและน้ำหนักตลอดการอบจน น้ำหนักคงที่ พบว่า เวลาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองของเตาอบลมร้อน หม้ออบลมร้อน และหม้อทอดไร้น้ำมันที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 105, 31.667 และ 16.667 นาทีตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 43.333, 26.667 และ 11.667 นาทีตามลำดับ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของฟ้าทะลายโจร เมื่ออบด้วยเตาอบลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 60 และ 100 องศาเซลเซียส โดยมีระยะเวลาการอบที่เปลี่ยนแปลงไป

#### การตรวจหาปริมาณสารสำคัญ

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า การอบแห้งฟ้าทะลายโจรโดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ช่วยให้กระบวนการอบแห้งใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามสิ่งที่ต้องคำนึงในการผลิตฟ้าทะลายโจรอบแห้งนั้นคือปริมาณสารสำคัญ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงเป็นการตรวจหาปริมาณสารสำคัญ คือ สารแอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) โดยใช้เทคนิค HPLC และเป็นตัวอย่างที่นำมาจากการอบด้วยเตาอบลมร้อนเท่านั้น เนื่องจากเป็นเตาที่ให้อุณหภูมิมคงที่ในการอบมากที่สุด จากผลการทดสอบพบว่า ฟ้าทะลายโจรอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์เฉลี่ยมากกว่า คือ 5.1392 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 1 การตรวจหาปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) ในตัวอย่างฟ้าทะลายโจรอบแห้งจากเตาอบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert

อุณหภูมิ (C°)	น้ำหนักตัวอย่างเฉลี่ย (mg)	ปริมาณสารสำคัญเฉลี่ยที่ตรวจพบ (mg)	เปอร์เซ็นต์ปริมาณสารสำคัญเฉลี่ยโดยน้ำหนัก (%w/w)
60	2,501.13	128.5389	5.1392
100	2,502.03	114.2677	4.5670

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



### วิเคราะห์ปริมาณสำหรับการการบริโภค

ปริมาณสารสำคัญที่ต้องบริโภคใน 1 มื้อสำหรับบรรเทาอาการไข้ของโรคโควิด-19 คือ ต้องมีสารแอนโดรกราโฟไลด์ 60 มิลลิกรัม (คณะอนุกรรมการจัดทำตำราอ้างอิงยาสมุนไพรไทย, 2558; Kasemsuk et al., 2017; จุฑามาศ สัตยวิวัฒน์, 2565) เมื่อเลือกบรรจุใส่ในแคปซูลเบอร์ 0 ที่สามารถบรรจุได้ 500 มิลลิกรัม ซึ่งจะได้ปริมาณสารสำคัญประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อแคปซูล ทำให้ปริมาณการบริโภคต่อมื้อเป็น 6 เม็ด

### การวิเคราะห์ต้นทุนการสำหรับอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

คำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการอบและปั่นบดฟ้าทะลายโจร โดยอ้างอิงราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยจากอัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย ซึ่งมีราคาหน่วยละ 2.349 บาท ตามข้อมูลจาก การไฟฟ้านครหลวง (2561) สามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นได้ดังตารางที่ 2 โดยนำค่าไฟฟ้าที่ใช้มาคำนวณเป็นต้นทุนของแคปซูลฟ้าทะลายโจรได้ (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2564; สุภาวี ทองขุนจันทร์, 2556) โดยต้นทุนของแคปซูลฟ้าทะลายโจร 1 เม็ด จะไปประกอบไปด้วย ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการอบและบดฟ้าทะลายโจรและค่าแคปซูลเบอร์ 0 ที่ใช้บรรจุฟ้าทะลายโจร ทั้งนี้การนำฟ้าทะลายโจรที่สามารถปลูกได้เองใช้ในการผลิตเป็นแคปซูลและเป็นการผลิตด้วยตนเอง จึงไม่นำมูลค่าดังกล่าวมาคำนวณเป็นต้นทุน

ตารางที่ 2 สรุปค่าพลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เมื่ออบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

รายการ	ยี่ห้อ	ค่าพลังงาน (Watt/Hour)	เวลาที่ใช้อบ (ชั่วโมง)	ค่าไฟต่อชั่วโมง (baht/hr)	ค่าไฟที่ใช้ (บาท)
เตาอบลมร้อน	Memmert	2,000	1.500	4.698	7.046
หม้ออบลมร้อน	OTTO	1,300	0.667	3.054	2.036
หม้อทอดไร้น้ำมัน	OTTO	1,500	0.333	3.524	1.175
เครื่องปั่น	OTTO	300	0.050	0.705	0.035

### การวิเคราะห์ความคุ้มค่าต้นทุนการทดลองอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

ใช้ข้อมูลราคาเตาที่ใช้ในการทดลอง (คิดการอายุการใช้งานตามระยะเวลาในการรับประกัน 1 ปี จากผู้ขาย) โดยพิจารณาอ้างอิงเวลาในการอบที่อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งฟ้าทะลายโจร 60 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์หาความคุ้มค่าต่อการลงทุน ด้วยการคำนวณจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน (สกันธ์ นัยนานนท์, 2559; สุภาวี ทองขุนจันทร์, 2556) ดังตารางที่ 3 พบว่า หากครัวเรือนไม่มีเตาอบสามารถลงทุนซื้อเตาอบเพื่อใช้ในการอบแห้งฟ้าทะลายโจรได้ โดยเลือกเป็นหม้ออบลมร้อนจะเป็นอุปกรณ์ที่สามารถคืนทุนได้เร็วที่สุด เมื่อเทียบกับเตาอบครัวเรือนชนิดอื่น ๆ

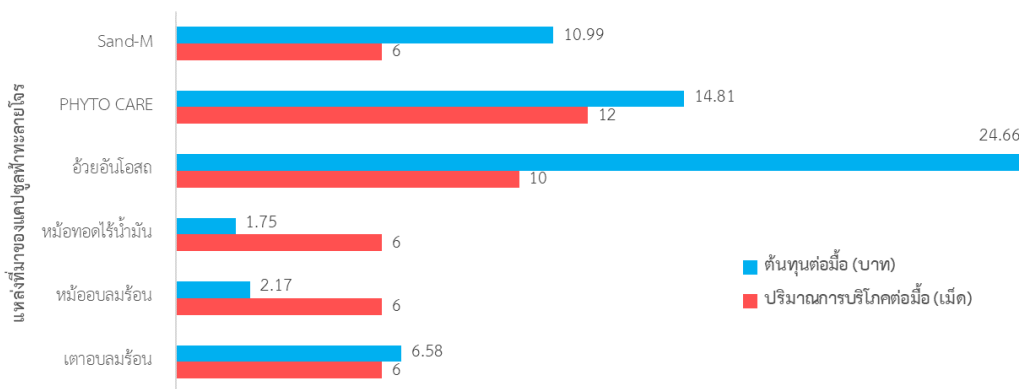


ตารางที่ 3 จุดคุ้มทุนในการผลิตแคปซูลฟ้าทะลายโจรและระยะเวลาคืนทุน

ประเภท	จุดคุ้มทุน (เม็ด)	ระยะเวลาคืนทุน (วัน)
เตาอบลมร้อน	46,445	228
หม้ออบลมร้อน	1,247	17
หม้อทอดไร้น้ำมัน	1,146	35

### อภิปรายผลการศึกษา

การใช้อุณหภูมิต่ำที่เสถียรคือ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่มีนักวิจัยจำนวนมากเสนอไว้สำหรับการอบแห้งสมุนไพรหลายชนิด และเป็นอุณหภูมิคงที่ต่ำสุดที่เตาอบครัวเรือนทั้ง 3 ประเภทที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ทำได้ แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับการอบแห้งฟ้าทะลายโจรอุณหภูมิต่ำที่แนะนำอยู่ที่ 50-60 องศาเซลเซียส จากผลการศึกษาของ Ibrahim, M. N., and Chong, G. H. (2008) การอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบสารแอนโดรกราโฟไลด์ 7.5-7.9% อย่างไรก็ตามการอบฟ้าทะลายโจรโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีสารแอนโดรกราโฟไลด์เพียง 5.14% แต่พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการบริโภคต่อมื้อตามที่ฉลากข้างกล่องฟ้าทะลายโจรที่ขายตามท้องตลาด 6-12 เม็ด ถือว่ามีความใกล้เคียงกันในปริมาณสาระสำคัญที่มีอยู่ใน 1 แคปซูล ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตและปริมาณการบริโภคของแคปซูลฟ้าทะลายโจรจากแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน

### สรุปผลการศึกษา

เมื่อพิจารณาด้านค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการบริโภคแคปซูลฟ้าทะลายโจรต่อมื้อจากรูปที่ 4 พบว่า การผลิตฟ้าทะลายโจรอบแห้งบรรจุแคปซูลเพื่อการบริโภคด้วยเตาอบในครัวเรือน ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายจากการซื้อจากท้องตลาดได้ร้อยละ 79.19 ทั้งนี้การใช้อุปกรณ์ตามที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่ในทุกครัวเรือนทำให้ง่ายต่อการทำแคปซูลฟ้าทะลายโจรได้





## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย นวัตกรรมและการสร้างสรรค์เชิงวิชาการ จากกองทุนสนับสนุนการวิจัย นวัตกรรม และการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

## เอกสารอ้างอิง

การไฟฟ้านครหลวง. (2561). การคำนวณไฟฟ้า ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย.

<https://www.mea.or.th/profile/109/111>

จุฑามาศ สัตยวิวัฒน์. (2565). ฟ้าทะลายโจร: งานวิจัยบูรณาการสู่การใช้รักษาโรคติดเชื้อโควิด-19. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยจุฬารักษ์*, 4(1), 1-14.

คณะอนุกรรมการจัดทำตำราอ้างอิงยาสมุนไพรไทย. (2558). ฟ้าทะลายโจร (FA THALAI CHON). *วารสาร การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก*, 13(3), 265-270.

สกนธ์ นัยนานนท์. (2559). การวิเคราะห์เปรียบเทียบความคุ้มค่าในการตัดสินใจลงทุนเครื่องจักรเคลื่อนที่บริเวณ ลานเก็บตู้คอนเทนเนอร์และคลังสินค้ากรณีศึกษา บริษัท XYZ [ปริญญาณิพนธ์]. มหาวิทยาลัยบูรพา

สถานบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2564). ค่าความค่าไฟฟ้าด้วยตนเองสามารถทำได้ อย่างไร. <https://erdi.cmu.ac.th/?p=564>

สุภวรรณ ภูริระวิชัยกุล, จุฑารัตน์ ทะสระระ, จุไรรัตน์ สุริยงค์, ปิยาภรณ์ ปานกำเนต และยุทธนา ภูริระวิชัยกุล. (2556). การอบแห้งใบเตยและตะไคร้เพื่อผลิตเป็นชาชงสมุนไพรด้วยแหล่งพลังงานความร้อนหลาย รูปแบบ. *การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 14 และระดับ นานาชาติ ครั้งที่ 6*, 570-577.

สุภาวี ทองขุนจันทร์. (2556). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนกะหล่ำปลีของเกษตรกรลาวภายใต้ข้อตกลงการผลิตในระบบพันธะสัญญาไทย-ลาว. *วารสารบริหารธุรกิจ : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*, 36(140), 56-70.

วิภาวี เสาทิน, อารี วัฒนรัตน์, ศุภร สองสีดา และปริณดา เนตรสง่า. (2549). สภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมในการ ผลิตแคปซูลขิง. *Isan Journal of Pharmaceutical Sciences (Isan J Pharm Sci)*, 2(2), 9-16.

Ibrahim, M. N., & Chong, G. H. (2008). Stability of andrographolide in *Andrographis paniculata* under selected storage conditions. *International Journal of Engineering and Technology (Int. J. Eng. Technol)*, 5(1), 69-73.



- Kamel, S. M., Thabet, H. A., & Algadi, E. A. (2013). Influence of drying process on the functional properties of some plants. *Chemistry and Materials Research*, 3(7), 1–8.
- Kasemsuk, T., Piyachaturawat, P., Suksen, K., Suksamram, A., & Saeeng, R. (2017). Synthesis of 14-deoxy-11,12-didehydroandrographolide analogues as potential cytotoxic agents for cholangiocarcinoma. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 27(23), 5139–5143.
- Saohin, W., Boonchoong, P., Iamlikitkuakoon, S., Jamnoiprom, I., & Mungdee W. (2007). Effects of drying temperature and residual moisture content of Fa-Tha-Li (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees) crude powder for capsule preparation. *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences (Thai J. Pharm. Sci.)*, 31, 28–35.



# การสร้างแบบจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ที่ดินต่อ ผลผลิตน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว โดยใช้แบบจำลอง InVEST

จรรย์ธร บุญญาภาพ<sup>1\*</sup> และ กิตตินันท์ มะโนวงษ์<sup>1</sup>

**Modelling the impacts of climate and land use change on water yield in in Huai**

**Krasiew Sub-watershed using InVEST Model**

Jaruntorn Boonyanuphap<sup>1\*</sup> and Kittinan Manowong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: charuntornb@nu.ac.th

## บทคัดย่อ

ผลผลิตน้ำทั้งที่ถูกปลดปล่อยและถูกกักเก็บในระบบนิเวศแต่ละประเภทล้วนมีความสำคัญต่อระบบสาธารณสุขโลก ซึ่งปัจจุบันปริมาณน้ำต้นทุนของเขื่อนกระเสียวเข้าขั้นวิกฤติมาหลายปี ไม่มีเพียงพอต่อการใช้ในระบบสาธารณสุขของภาคส่วนต่างๆ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประมาณปริมาณผลผลิตน้ำเชิงพื้นที่ระดับรายปีโดยใช้แบบจำลอง InVEST: Annual Water Yield ภายใต้ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศและสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตได้จำลองสถานการณ์ออกเป็น 2 สถานการณ์ ได้แก่ 1) การใช้ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มในอดีต (SC1) และ 2) การใช้ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย (SC2) และภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2 สถานการณ์ (RCP4.5 และ RCP8.5) ผลการศึกษา พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 และ 2584 ภายใต้สถานการณ์ SC1-RCP4.5, SC2-RCP4.5, SC1-RCP8.5 และ SC2-RCP8.5 มีปริมาณผลผลิตน้ำรายปีเฉลี่ยมากที่สุดคือพื้นที่ไร่ สัปดาห์ละ 2,010.42 , 1,500.08 , 1,488.47 1,501.20 และ 1,489.28 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่การประมาณผลผลิตน้ำในครั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่คาดว่าจะไหลลงสู่เขื่อนกระเสียวในแต่ละปีซึ่งมีปริมาณผลผลิตน้ำมากถึง 1,462.24, 1,244.07, 1,219.74, 1,193.99 และ 1,169.95 ล้านลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ การศึกษานี้สามารถใช้ชุดข้อมูลปริมาณผลผลิตน้ำรายปีเป็นข้อมูลพื้นฐานในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในอ่างเก็บน้ำกระเสียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ผลผลิตน้ำ แบบจำลอง InVEST สถานการณ์การทางเลือกการใช้ที่ดิน ภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



### Abstract

The water yield in the ecosystem both released and contained in each category. All of them are important to the public utilities, which at present, the amount of water costs of the dam has been in a critical stage for many years. There are not enough for use in the public utilities of various sectors. The purpose of this study was to estimate annual spatial water yield using the InVEST: Annual Water Yield model under climate factors and future land use scenarios. Two scenarios were simulated: 1) Land use trend or business as usual scenario (SC1) and 2) land use according to sugarcane market demand (SC2) and Representative Concentration Pathway two scenarios (RCP4.5 and RCP8.5). The results showed that Land use in 2021 and 2041 under the situation of SC1-RCP4.5, SC2-RCP4.5, SC1-RCP8.5 and SC2-RCP8.5 had the highest average annual water yield in the area of pineapple fields 2,010.42, 1,500.08, 1,488.47, 1,501.20 and 1,489.28 cubic meters per rai, respectively, while this estimate of water yield indicates the amount of water expected to flow into Krasiew Dam each year, which has a water yield of up to 1,462.24, 1,244.07, 1,219.74, 1,193.99 and 1,169.95 million cubic meters respectively. This study can use the annual water yield data set as the basic data for water resource management in Krasiew Reservoir efficiently.

**Keywords:** Water yield, InVEST Model, Land use scenarios, Representative Concentration Pathway

### บทนำ

น้ำถือเป็นปัจจัยหลักสำคัญมากทางด้านการพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคต โดยมีความมั่นคงทางน้ำที่เป็นเป้าหมายเชิงนโยบายหลัก โดยมีปัจจัยหลักที่ส่งผลมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปัจจัยเหล่านี้สามารถที่จะแปรผลเพื่อการประมาณต้นทุนทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับการจัดหาในอนาคตได้ (Daneshi et al., 2021) ผลผลิตที่เป็นรูปธรรมที่เห็นได้อย่างชัดเจนของกระบวนการปลดปล่อยน้ำจากระบบนิเวศต่างๆ ก็คือผลผลิตน้ำ (Water Yield) โดยที่ผลผลิตน้ำที่สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ จะมาจากการเกิดน้ำท่า (Runoff) ซึ่งเป็นกระบวนการที่น้ำฝนตกลงมาสู่ผิวดินแล้วไม่สามารถถูกกักเก็บไว้ในดินได้ เกิดการไหลไปที่จุดรวมน้ำแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ น้ำบนผิวดิน (Surface runoff) น้ำใต้ผิวดิน (Subsurface flow) และน้ำใต้ดิน (Groundwater flow) (พรวิษ เฉลิวงศ์, 2558) ผลผลิตน้ำ (Water Yield) ที่ได้มีความสำคัญต่อระบบสาธารณสุขโรค เช่น น้ำประปา น้ำในโรงงานอุตสาหกรรม หรือน้ำที่ใช้ในการเกษตร ซึ่งถูกจัดการด้วยระบบชลประทาน แต่หากไม่มีแหล่งปลดปล่อยน้ำที่มีคุณภาพแล้วลงสู่ระบบชลประทานแล้ว ระบบชลประทานก็จะเกิดความล้มเหลวไม่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ (ธรรมบุญ เต็มไชย, 2561)

การประเมินและการทำแผนที่ผลผลิตน้ำเชิงพื้นที่ที่มีความสำคัญยิ่งต่อการวางแผนและจัดการทรัพยากรน้ำ และยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในเชื่อมโยงกระบวนการวางแผนจัดการทรัพยากรที่ดินให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุนของ



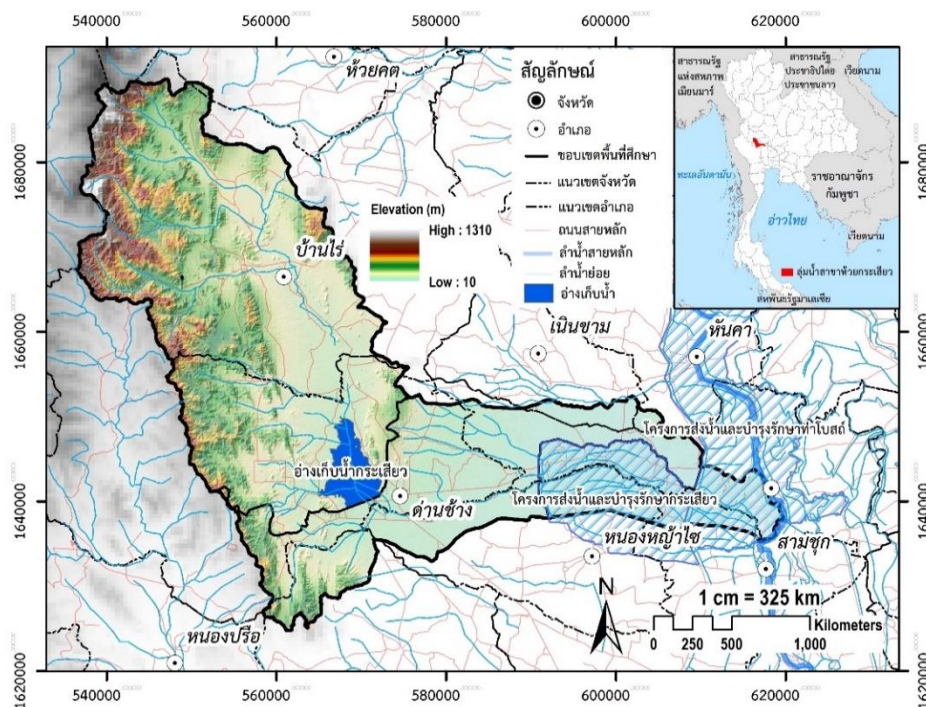
พื้นที่ลุ่มน้ำ ในปัจจุบันการพัฒนาของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศพบว่าแบบจำลองอุทกวิทยาเชิงกายภาพถูกนำมาใช้ในกระบวนการจำลองสถานการณ์ด้านอุทกวิทยาอย่างกว้างขวาง โดยแบบจำลอง InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs) : Water Yield model เป็นแบบจำลองเพื่อการประมาณปริมาณผลผลิตของน้ำในเชิงสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหรือระบบนิเวศที่แตกต่างกันภายในภูมิทัศน์นั้น (ศูนย์วิจัยและพัฒนา นวัตกรรมอุทยานแห่งชาติ, 2559) แบบจำลอง InVEST :Water Yield model คำนวณปริมาณผลผลิตน้ำในระดับช่องกริด (Pixel-scale calculations) ทำให้ทราบถึงความแตกต่างกันของปัจจัยขับเคลื่อนที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตน้ำในแต่ละช่องกริด เช่น ชนิดดิน ความลาดชันพื้นที่ ปริมาณน้ำฝน ชนิดของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่ ผลผลิตน้ำที่คำนวณจากแบบจำลอง InVEST แสดงถึงปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน (Running off) แต่ละช่องกริด ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างปริมาณน้ำฝนและการคายระเหย โดยแบบจำลอง InVEST ไม่ได้จำแนกปริมาณน้ำทั้ง 3 ส่วนที่ไหลบ่าของแต่ละช่องออกจากกัน ซึ่งได้แก่ น้ำไหลบ่าหน้าดิน น้ำไหลใต้ผิวดิน และน้ำที่ไหลใต้ดิน โดยน้ำทั้ง 3 ส่วนดังกล่าวจะไหลลงสู่ลำธารหรือทางระบายน้ำเพื่อเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำท่าหรือน้ำในลำน้ำ (Streamflow) ต่อไป

ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวอยู่ทางตอนกลางของประเทศไทย โดยเป็นพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำท่าจีน ห้วยกระเสียวเป็นลำห้วยที่มีความลาดชันมาก เมื่อเกิดฝนตกจะทำให้เกิดน้ำท่วมที่บริเวณตอนล่าง ส่งผลกระทบต่อพื้นที่เพาะปลูกและที่อยู่อาศัยให้เกิดความเสียหายอยู่เป็นประจำเกือบทุกปี และในระยะที่ไม่มีฝนตกเป็นเวลานานก็จะทำให้เกิดภาวะการขาดแคลนน้ำที่จะนำไปใช้ในภาคส่วนต่าง ๆ ในปัจจุบันแม้ว่า ระบบพยากรณ์อากาศจะสามารถให้ผลที่ค่อนข้างแม่นยำ แต่ก็ไม่สามารถคาดการณ์จากปริมาณน้ำฝนได้เพียงอย่างเดียวยังมีข้อมูลที่ยังขาดและจำเป็นต้องศึกษา เช่น ข้อมูลผลผลิตน้ำระดับรายเดือนที่ปล่อยจากระบบนิเวศและการใช้ที่ดิน บริเวณต้นน้ำ และ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอัตราผลผลิตน้ำระหว่างปีปัจจุบันและในอดีตเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้สนับสนุนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตน้ำของการใช้ที่ดินแต่ละประเภท โดยใช้แบบจำลอง InVEST : Water Yield model ทั้งนี้ ได้จำแนกการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ นาข้าว ไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ไร่อ้อย ไร่มันสำปะหลัง ไร่สับปะรด สวนยางพารา สวนปาล์มน้ำมัน ป่าไม่ผลัดใบ และป่าผลัดใบ ซึ่งชุดข้อมูลผลผลิตน้ำเชิงพื้นที่ระดับรายปีเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่ใช้สนับสนุนการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและทรัพยากรที่ดิน รวมถึงเตรียมความพร้อมสำหรับการป้องกันการขาดแคลนน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำท่าจีนมีเนื้อที่ 1,206,157.37 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมอำเภอด่านช้าง และอำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท และอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี โดยมีขอบเขตระหว่างละติจูดที่  $14^{\circ}.16' 37.92''$  ถึง  $15^{\circ} 16' 54.05''$  และลองจิจูด  $99^{\circ} 20' 19.89''$  ถึง  $100^{\circ} 6' 41.66''$  พื้นที่ตอนบนและฝั่งตะวันตกเป็นภูเขาลาดชัน พื้นที่ตอนบนฝั่งตะวันออกและตอนล่างเป็นที่ราบ ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยและการคายระเหยอ้างอิงรายปีเฉลี่ย เท่ากับ 1,454 และ 746 มิลลิเมตร ตามลำดับ เดือนกันยายนเป็นช่วงที่มีฝนตกหนักในพื้นที่ โดยมีปริมาณน้ำฝน 385 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 28.82 องศาเซลเซียส (ข้อมูลอุตุวิทยายปี 2564 จากกรมอุตุวิทยามหาวิทยาลัย)



รูปที่ 1 สภาพภูมิประเทศของพื้นที่สาขาห้วยกระเสียว ปี พ.ศ. 2564

### แบบจำลองการประมาณปริมาณผลผลิตน้ำรายปี ด้วย InVEST: Annual Water Yield

ปริมาณผลผลิตน้ำ (Water yield) คือผลผลิตน้ำในระบบนิเวศที่ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน ปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ปริมาณน้ำในดิน และการคายระเหยที่เกิดขึ้นจริง ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการ ประเมินปริมาณผลผลิตน้ำด้วยแบบจำลองผลผลิตน้ำรายปี (Annual Water yield) เป็นแบบจำลองสำหรับการศึกษาปริมาณน้ำ ในระบบนิเวศของซอฟต์แวร์ InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) โดยที่ปริมาณผลผลิตน้ำรายปี AWY(x) ของแต่ละจุดภาพ จะหาได้จากสมการ (1) (Sharp et al., 2016)



$$AWY(x) = \left(1 - \frac{AET(x)}{P(x)}\right) \cdot P(x) \quad (1)$$

โดย AWY(x) คือ ปริมาณผลผลิตน้ำรายปี (ลูกบาศก์เมตร); AET(x) คือ ปริมาณการคายระเหยที่เกิดขึ้นจริงของแต่ละจุดภาพ (Actual evapotranspiration) (มิลลิเมตร) ของแต่ละเดือน; P(x) คือ ปริมาณน้ำฝนรายปีของแต่ละจุดภาพ (Precipitation) (มิลลิเมตร)

สำหรับการใช้ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท พบว่าสัดส่วนของการคายระเหยของสมดุลน้ำ (Water balance)  $\frac{AET(x)}{P(x)}$ , ขึ้นอยู่กับ Budyko curve ของศักยภาพการระเหยที่เกิดขึ้นจริงและปริมาณน้ำฝน (Fu, 1981) และ (Zhang et al. 2004) ซึ่งคำนวณจากสมการ (2) (Sharp et al., 2016)

$$\frac{AET(x)}{P(x)} = 1 + \frac{PET(x)}{P(x)} - \left[1 + \left(\frac{PET(x)}{P(x)}\right)^\omega\right]^{\frac{1}{\omega}} \quad (2)$$

โดย PET(x) คือ ศักยภาพการคายระเหยรายเดือนของแต่ละจุดภาพ (Potential evapotranspiration) (มิลลิเมตร) ดังแสดงในสมการที่ (3) (Sharp et al., 2016)

$$PET(x) = K_c(Lu_x) \cdot ET_0(x) \quad (3)$$

โดย ET<sub>0</sub>(x) คือ การคายระเหยอ้างอิงของแต่ละจุดภาพ (Reference evapotranspiration) (มิลลิเมตร) เป็นผลมาจาก อุณหภูมิและรังสีดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศโลก ซึ่งคำนวณ จากวิธีการ “modified Hargreaves” (Talaee, 2014) ดังสมการ (4); K<sub>c</sub>(Lu<sub>x</sub>) คือ สัมประสิทธิ์การคายระเหยของการใช้ที่ดินของแต่ละจุดภาพ (Vegetation evapotranspiration coefficient) อ้างอิงข้อมูลจากหลายแหล่ง ซึ่งเป็นข้อมูลตามค่าช่วงอายุของพืช จึงจำเป็นต้องมีข้อมูลปฏิทินเพาะปลูกของพื้นที่ศึกษา เพื่อจัดการข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การคายระเหยตามช่วงอายุพืช

$$ET_0 = 0.0023 \times Ra \left[ \frac{T_{max} - T_{min}}{2} + 17.8 \right] + (T_{max} - T_{min})^{1/2} \quad (4)$$

โดยที่ T<sub>max</sub> คือ อุณหภูมิอากาศสูงสุด (°C); T<sub>min</sub> คือ อุณหภูมิอากาศต่ำสุด (°C); Ra คือ รังสีบนพื้นโลก (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)

ขณะที่ ω(x) เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่เป็นกายภาพ (Non-physical parameter) ซึ่งจำแนกลักษณะตามความสัมพันธ์ระหว่างภูมิอากาศและดินตามธรรมชาติ (Natural climatic-soil properties) ทั้งนี้ ω(x) เป็นพารามิเตอร์เชิงประจักษ์ (Empirical parameter) ที่ประมาณค่าได้จากฟังก์ชันเชิงเส้นระหว่างปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ (Available water content หรือ AWC) และ ปริมาณน้ำฝนของแต่ละจุดภาพ P(x) โดยที่ ω(x) และ AWC(x) ของแต่ละจุดภาพ โดยคำนวณได้จากสมการ (5) และสมการ (6) (Sharp et al., 2016) ตามลำดับ



$$\omega(x) = Z \frac{AWC(x)}{P(x)} + 1.25 \quad (5)$$

$$AWC(x) = \text{Min}(\text{Rest. Layer. Depth}, \text{root. depth}) \times PAWC \quad (6)$$

เมื่อ Z คือ ค่าคงที่ของฤดูกาล (Seasonality factor) ซึ่งเป็นรูปแบบของปริมาณน้ำฝนของพื้นที่นั้น ๆ และลักษณะทางอุทกธรณี (Hydrogeological characteristics) โดยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนเหตุการณ์ที่ฝนตกในรอบปี (N) สำหรับค่าคงที่ 1.25 คือ ค่าต่ำสุดของ  $\omega(x)$  ซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่งและไม่มีพืชพรรณชั้นปกคลุมผิวดิน (หรือ root depth มีค่าเป็นศูนย์); AWC(x) คือ โดยถูก กำหนดจากค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างความลึกของดินที่รากพืชสามารถหยั่งลงลึกไปถึงได้โดยไม่ถูกยับยั้งจากลักษณะทางกายภาพหรือทางเคมี (Root restricting layer depth: Rest Layer) กับความลึกของรากพืช (Vegetation rooting depth: Root depth) ซึ่งโดยทั่วไปกำหนดระดับความลึกที่พบมวลชีวภาพของรากพืช แต่ละชนิดร้อยละ 95 ดังแสดงในสมการ (5); PAWC (Plant available water capacity) เป็นความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ซึ่งโดยทั่วไป สามารถคำนวณได้จากส่วนต่างของความจุความชื้นสนาม (Field capacity) และจุดเหี่ยวถาวร (Permanent wilting point) ที่มีความผันแปรตามเนื้อดิน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้เทียบเคียงค่า PAWC จากการศึกษา ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร จากผิวดิน (ชนิดา จรรย์วรรณ และ กฤติโสภณ ดวงกมล, 2562); สำหรับ AET เป็นการคายระเหยรายเดือนที่เกิดขึ้นจริง (Actual evapotranspiration) ของแต่ละ จุดภาพ ซึ่งคำนวณได้จากค่าต่ำสุดระหว่างการคายระเหยอ้างอิงระดับรายเดือนของแต่ละจุดภาพ ( $ET_0(x)$ ) คูณกับ ค่าสัมประสิทธิ์การคายระเหยของการใช้ที่ดิน หรือสิ่งปกคลุมดิน ( $K_c(Lu_x)$ ) แต่ละประเภท กับค่าปริมาณน้ำฝน ดังแสดงในสมการ (7) (Sharp et al., 2016)

$$AET(x) = \text{Min}(K_c(Lu_x) \cdot ET_0(x), P(x)) \quad (7)$$

#### การประมาณปริมาณผลผลิตน้ำรายปี ด้วย InVEST: Annual Water Yield

ในการประมาณค่าปริมาณผลผลิตน้ำรายปี (Annual Water Yield) ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ได้จากผลการวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ โดยปริมาณผลผลิตน้ำ ปี 2564 ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่ตั้งอยู่รอบพื้นที่ลุ่มน้ำจำนวน 21 สถานี โดยจัดการข้อมูลให้เป็นปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยรายสถานี จากนั้นสร้างข้อมูล Raster ของปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย ด้วยการประมาณค่าช่วงเชิงพื้นที่ โดยเทคนิค Kriging กำหนดขนาดกริด 10 เมตร  $\times$  10 เมตร และมีข้อมูลที่จะต้องระบุตัวแปรอินพุตหลายตัว ดังแสดงในตารางที่ 1





ตารางที่ 1 ชุดข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง InVEST: Annual Water Yield

ข้อมูล	ปีที่บันทึกข้อมูล	แหล่งที่มา	เทคนิคการวิเคราะห์	ประเภทข้อมูล
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี (Precipitation)	2564	กรมอุตุนิยมวิทยา	Spatial interpolation (Kriging technique)	Raster
การคายระเหยอ้างอิงเฉลี่ยต่อปี (Evapotranspiration)	2564	-	Spatial interpolation (Kriging technique)	Raster
ความลึกของชั้นจำกัดราก (Root Restricting Layer Depth)	-	กรมพัฒนาที่ดิน	-	Raster
ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน (PAWC)	-	กรมพัฒนาที่ดิน	คำนวณจาก Field capacity - Permanent Wilting Point	Raster
การใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน (LU/LC)	2584	กรมพัฒนาที่ดิน	Supervised classification	Raster
ลุ่มน้ำ (Watersheds)	-	กรมพัฒนาที่ดิน	-	Vector
ตารางชีวกายภาพ (Biophysical Table)	-	-	-	CSV
ค่าสัมประสิทธิ์ Z	-	-	-	ตัวเลขช่วง 1-30

### การจัดทำภาพฉายอนาคตของรูปแบบการใช้ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง Markov chain และแบบจำลอง CLUMondo โดยใช้แบบจำลอง Markov chain คำนวณความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่ง โดยอาศัยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากในอดีตปี 2549 ถึงปี 2564 เป็นข้อมูลฐานสำหรับคาดการณ์พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต และใช้ CLUMondo (Dynamic conversion of land use and its effects) เป็นแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแบบพลวัตเชิงพื้นที่ โดยได้ถูกออกแบบให้สามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความเข้มข้นของการใช้ที่ดิน และสามารถสะท้อนบทบาทหน้าที่ของที่ดินได้ความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมในอนาคต (Land use requirement: demand) มีการกำหนดทางเลือกในการใช้ที่ดินในอนาคต เป็น 5 ทางเลือก (Scenarios) (ทศน์ศวี รัตนแก้ว และคณะ, 2565) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการเพียง 2 สถานการณ์ ได้แก่ 1) การใช้ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มการใช้ที่ดินในอดีต (Land use trend or business as usual scenario: SC1) และ 2) การใช้ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย (Sugarcane market-based scenario: SC2)

### การวิเคราะห์ภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Representative Concentration Pathway: RCP)

การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตด้วยแบบจำลองภูมิอากาศภายใต้การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบการพัฒนาดังกล่าวและเศรษฐกิจของโลกที่แตกต่างกัน โดยใช้ RCMs model ประกอบด้วย ACCESS, CNRM และ MPI โดยวิเคราะห์ภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2 สถานการณ์ ได้แก่ RCP 4.5 และ RCP 8.5 เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่ที่เรียกว่า Representative Concentration Pathway



RCP และตามด้วยตัวเลขที่แสดงถึงแรงบังคับ การแผ่รังสีโดยประมาณในปี ค.ศ. 2100 (พ.ศ. 2643) (อนัญญา ตังคเศรณี และคณะ, 2565)

### การเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตน้ำระหว่างปี 2564 และ 2584 ภายใต้สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตน้ำระหว่างปี 2564 และ 2584 อันเนื่องมาจากสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน 4 สถานการณ์ โดยแสดงผลด้วยการใช้ค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงผลผลิตน้ำระหว่างปี 2564 และ 2584 (WYCI) ของทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ที่ได้ดัดแปลงมาจากสมการของ Leh et al. (2013) ดังสมการ (8)

$$WYCI_i = \left[ \frac{WY_{FUT_i} - WY_{CUR}}{WY_{CUR}} \right] \quad (8)$$

โดยที่ WYCI คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงผลผลิตน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวระหว่างปี 2564 และ 2584 ภายใต้สถานการณ์ i (i=SC1-RCP4.5, SC1-RCP8.5, SC2-RCP4.5, SC2-RCP8.5); WY<sub>CUR</sub> คือ ปริมาณผลผลิตน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวปี 2564; WY<sub>FUT<sub>i</sub></sub> คือ ปริมาณผลผลิตน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวในอนาคต ปี 2584

### ผลการศึกษา

#### การใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564 และปี 2584 ภายใต้สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบ SC 1 และ SC 2

ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 และปี 2584 ภายใต้สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งแบบ SC 1 และ SC 2 พบว่า พื้นที่ไร่อ้อยมีเนื้อที่มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ป่าผลัดใบ ขณะที่สวนปาล์มน้ำมันมีเนื้อที่น้อยที่สุด ภายใต้สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2584 ทั้ง 2 รูปแบบ นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นที่ปลูกข้าวนาปีในปี 2584 มีเนื้อที่ลดลงประมาณร้อยละ 50 ของ ปี 2564 ดังแสดงในตารางที่ 2



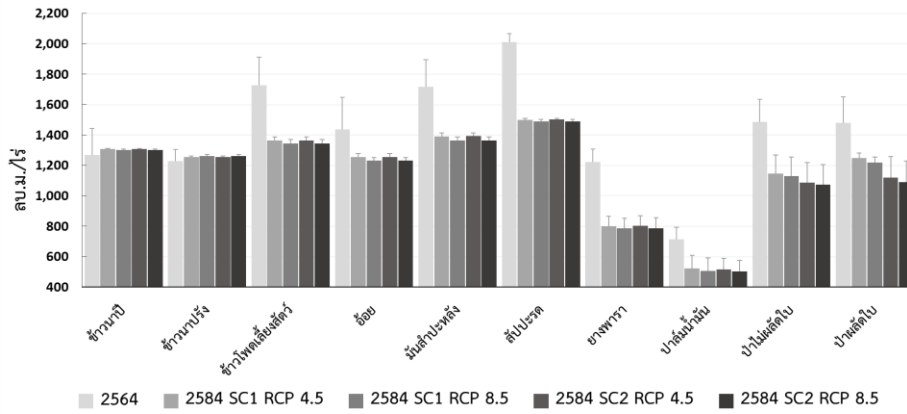
ตารางที่ 2 เนื้อที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 และ ปี 2584 ภายใต้สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบ SC 1 และ SC 2

ประเภทการใช้ที่ดิน	ตารางพื้นที่ การใช้ที่ดิน ปี 2564 และ ปี 2584 SC1 SC2		
	ปี 2564	ปี 2584	
		เนื้อที่ (ไร่)	SC 1 เนื้อที่ (ไร่)
ข้าวนาปี	18,519.19	10,228.13	9,497.69
ข้าวนาปรัง	76,860.56	89,950.00	86,685.38
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	24,686.00	23,805.13	20,965.31
อ้อย	418,582.00	426,664.00	434,292.81
มันสำปะหลัง	129,474.13	133,814.88	127,786.50
สับปะรด	11,472.44	12,799.19	10,985.63
ยางพารา	21,646.56	21,451.31	21,747.56
ปาล์มน้ำมัน	3,496.75	3,376.44	3,509.88
ป่าไม้ผลัดใบ	27,535.56	27,514.19	27,499.81
ป่าผลัดใบ	323,633.06	326,022.56	325,768.94

SC1 : สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มการใช้ที่ดินในอดีต; SC2 สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย

### อัตราผลผลิตน้ำของการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564 และปี 2584

พื้นที่ไร้อ้อยมีค่าเฉลี่ยของอัตราผลผลิตน้ำในปี 2564 สูงที่สุด (2,010.42 ลบ.ม./ไร่) รองลงมา ได้แก่ ไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และไร่มันสำปะหลัง (1,727.26 และ 1,718.29 ลบ.ม./ไร่) ขณะที่สวนปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ยของอัตราผลผลิตน้ำน้อยที่สุด ดังแสดงใน รูปที่ 2 รูปที่ 3 และ ตารางที่ 3 เนื่องจากบริเวณส่วนใหญ่ที่ปลูกไร่ สับปะรดและไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีสภาพความลาดชันสูง ประกอบกับเป็น บริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนรายปีมาก โดยเฉพาะบริเวณภูเขาสูงชันที่การปกคลุมเรือนยอดของพืชเศรษฐกิจมีค่อนข้างน้อย จึงส่งผลให้มีอัตราผลผลิตน้ำสูงกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่น ทำให้มีปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำได้เป็นจำนวนมาก สำหรับอัตราผลผลิตน้ำในปี 2584 พบว่าไร่สับปะรดมีค่าสูงสุดในทุกสถานการณ์เช่นเดียวกัน โดยสถานการณ์แบบ SC1-RCP4.5, SC1-RCP8.5, SC2-RCP4.5 และ SC2-RCP8.5 มีค่าเฉลี่ย 1,500.08 1,488.47 1,501.20 และ 1,489.28 ลบ.ม./ไร่ ตามลำดับ รองลงมา ได้แก่ ไร่มันสำปะหลัง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ขณะที่สวนปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ยของอัตราผลผลิตน้ำน้อยที่สุดในทุกสถานการณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2 ถึง รูปที่ 3 และ ตารางที่ 3



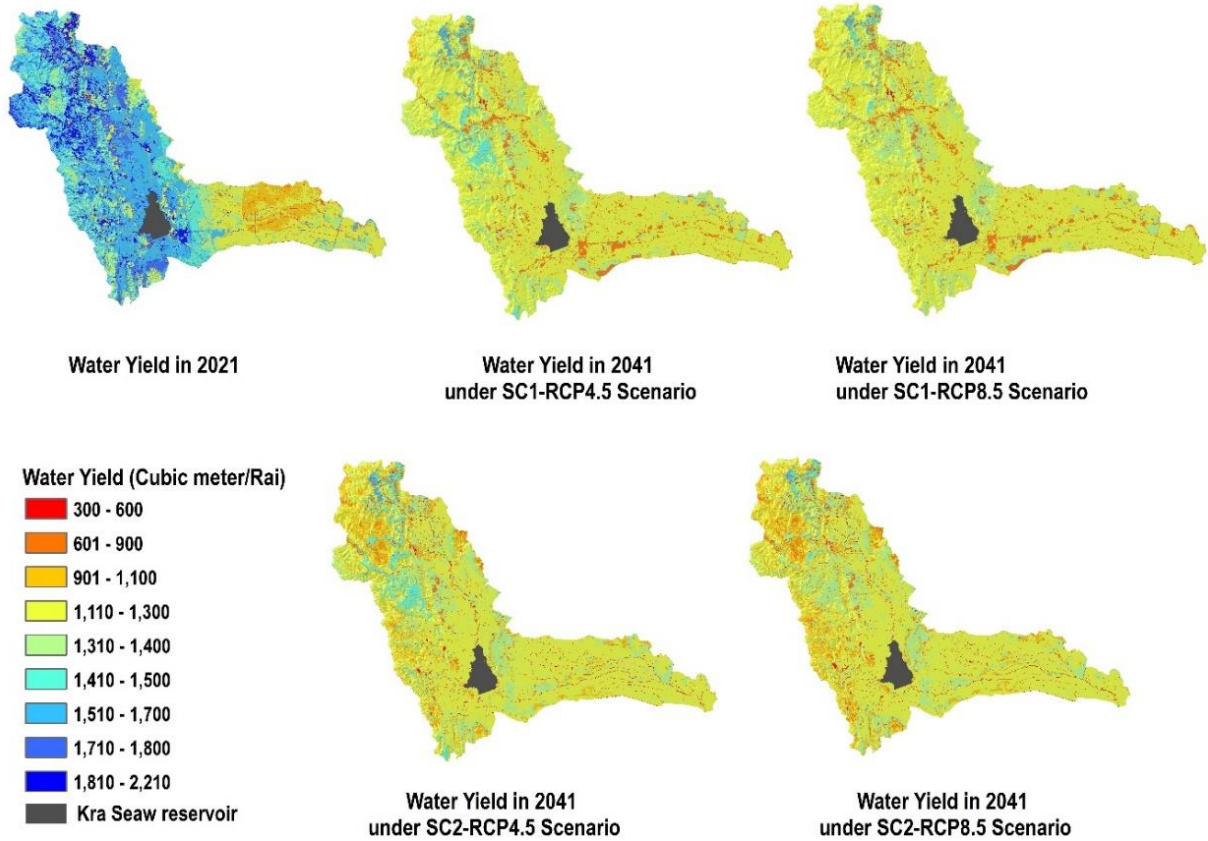
รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยอัตราผลผลิตน้ำเชิงพื้นที่ของการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564 และ 2584

หมายเหตุ : SC1 แสดงถึงสถานการณ์การใช้ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มการใช้ที่ดินในอดีต; RCP4.5, ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบ RCP 4.5; RCP8.5,ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบ RCP 8.5; SC2 แสดงถึงสถานการณ์การใช้ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย; RCP4.5, ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบ RCP 4.5; RCP8.5,ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบ RCP 8.5

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของอัตราผลผลิตน้ำของปี 2564 และปี 2584 จำแนกตามการใช้ที่ดินเกษตรกรรมประเภทหลักภายใต้สถานการณ์แบบ SC1-RCP4.5 SC1-RCP8.5 SC2-RCP4.5 และ SC2-RCP8.5

ประเภทการใช้ ที่ดิน	ปี 2564		2584							
			SC 1				SC 2			
	MEAN	S.D.	RCP4.5		RCP 8.5		RCP4.5		RCP 8.5	
ข้าวนาปี	1,269.35	173.61	1,307.05	4.25	1,301.20	6.80	1,306.90	4.24	1,301.35	6.90
ข้าวนาปรัง	1,230.12	75.42	1,255.93	6.99	1,260.26	11.77	1,255.75	6.92	1,260.36	11.87
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	1,727.26	184.59	1,365.27	22.48	1,345.42	25.05	1,364.84	23.38	1,344.88	25.80
อ้อย	1,436.69	210.88	1,254.05	23.20	1,232.24	19.76	1,254.30	23.26	1,232.49	19.94
มันสำปะหลัง	1,718.29	177.44	1,391.55	22.18	1,363.45	23.10	1,392.81	21.92	1,364.86	23.25
สับปะรด	2,010.42	57.45	1,500.08	9.74	1,488.47	13.81	1,501.20	9.12	1,489.28	13.15
ยางพารา	1,221.76	85.12	800.32	66.27	786.91	65.92	801.57	68.96	787.88	68.47
ปาล์มน้ำมัน	713.39	78.93	520.90	85.96	506.62	84.81	516.39	73.51	502.18	72.74
ป่าไม่ผลัดใบ	1,485.43	150.54	1,146.26	122.06	1,131.41	122.56	1,086.48	133.99	1,072.08	134.41
ป่าผลัดใบ	1,481.12	170.71	1,249.20	32.94	1,219.03	35.56	1,119.31	139.56	1,089.67	137.94

SC1 : สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มการใช้ที่ดินในอดีต; SC2 สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย; RCP4.5, การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบ RCP 4.5; RCP8.5 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบ RCP 8.5



รูปที่ 3 อัตราปริมาณผลผลิตน้ำปี 2564 และ ปี 2584 ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ภายใต้สถานการณ์แบบ SC1-RCP 4.5, SC1-RCP 8.5, SC2-RCP 4.5 และ SC2-RCP 8.5

**ปริมาณผลผลิตน้ำของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว**

ปริมาณผลผลิตน้ำของการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564 มีปริมาณ 1,556.79 ล้าน ลบ.ม. และ ปี 2584 เรียงตามสถานการณ์จากมากไปน้อย ได้แก่ SC1-RCP4.5, SC1-RCP8.5, SC2-RCP4.5 และ SC2-RCP8.5 (1,357.04 1,333.11 1,302.85 และ 1,279.20 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ) แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณผลผลิตน้ำของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564 และปี 2584

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี 2564 (ล้าน ลบ.ม.)	ปี 2584 (ล้าน ลบ.ม.)			
		SC 1		SC 2	
		RCP4.5	RCP 8.5	RCP4.5	RCP 8.5
ข้าวนปี	23.51	13.37	13.31	12.41	12.36
ข้าวนาปรัง	94.55	112.97	113.36	108.85	109.25
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	42.64	32.50	32.03	28.61	28.20
อ้อย	601.37	535.06	525.75	544.73	535.26
มันสำปะหลัง	222.47	186.21	182.45	177.98	174.41
สับปะรด	23.06	19.20	19.05	16.49	16.36
ยางพารา	26.45	17.17	16.88	17.43	17.13
ปาล์มน้ำมัน	2.49	1.76	1.71	1.81	1.76
ป่าไม่ผลัดใบ	40.90	31.54	31.13	29.88	29.48



ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี 2564 (ล้านบาท.ม.)	ปี 2584 (ล้านบาท.ม.)			
		SC 1		SC2	
		RCP4.5	RCP 8.5	RCP4.5	RCP 8.5
ป่าผลัดใบ	479.34	407.27	397.43	364.64	354.98
รวม	1,556.79	1,357.04	1,333.11	1,302.85	1,279.20

SC1 : สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มการใช้ที่ดินในอดีต; SC2 สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย; RCP4.5, การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบ RCP 4.5; RCP8.5 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบ RCP 8.5

### ดัชนีการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตน้ำของกลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวระหว่างปี 2564 และปี 2584

ดัชนีการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตน้ำในระหว่างปี 2564 และ ปี 2584 ภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศทั้ง 4 สถานการณ์ พบว่า ทุกสถานการณ์มีค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงติดลบ ซึ่งแสดงถึงปริมาณผลผลิตน้ำปี 2584 มีปริมาณน้อยกว่าปี 2564 โดยสถานการณ์ที่มีค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดคือ SC2-RCP8.5 รองลงมา ได้แก่ SC2-RCP4.5, SC1-RCP8.5 และ SC1-RCP4.5 (-0.18 -0.16 -0.14 และ -0.13 ตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ดัชนีการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตน้ำของกลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวระหว่างปี 2564 และปี 2584

ปี พ.ศ.	ภาพฉายขนาดของการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ภาพฉายขนาดของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ผลผลิตน้ำ (ล้านบาท.ม.)	การเปลี่ยนแปลง		
				ล้านบาท.ม.	WYCI	%
2564			1,556.79	0	0	0.00
2584	SC1	RCP 4.5	1,357.04	-199.74	-0.13	-12.83
		RCP 8.5	1,333.11	-223.68	-0.14	-14.37
	SC2	RCP 4.5	1,302.85	-253.94	-0.16	-16.31
		RCP 8.5	1,279.20	-277.58	-0.18	-17.83

หมายเหตุ : ตัวเลขที่ติดลบแสดงถึงอัตราผลผลิตน้ำที่ลดลงในปี 2584 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2564

### อภิปรายผลการศึกษา

การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพืชไร่มีอัตราผลผลิตน้ำค่อนข้างมากกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่น โดยพื้นที่ไร่สับปะรดมีค่าเฉลี่ยของอัตราผลผลิตน้ำมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการประมาณผลผลิตน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีตอนล่าง (สุระ พัฒนเกียรติ, 2561) ที่พบว่าการใช้ที่ดินประเภทไร่สับปะรดมีอัตราผลผลิตน้ำมากกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่น ซึ่งผลผลิตน้ำส่วนใหญ่มาจากปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดิน นอกจากนี้ การศึกษาผลผลิตน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกระเสียวตอนบนของ สุทธิพงษ์ มีสวัสดิ์ และคณะ (2565) ชี้ให้เห็นว่าไร่สับปะรดมีอัตราผลผลิตน้ำสูงกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่นเช่นเดียวกัน เนื่องจากบริเวณส่วนใหญ่ที่ปลูกไร่สับปะรดมีสภาพความลาดชันสูง ประกอบกับเป็นบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนรายปีสูง โดยเฉพาะบริเวณภูเขาสูงชันที่การปกคลุมเรือนยอดของพืชเศรษฐกิจมีค่อนข้างน้อย จึงส่งผลให้มีอัตราผลผลิตน้ำสูงกว่าการใช้ที่ดินประเภทอื่น



ปริมาณน้ำฝนรายปีเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตน้ำในปี 2584 ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตน้ำในปี 2584 มีปริมาณน้อยกว่าผลผลิตน้ำในปี 2564 ในทุกสถานการณ์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตทั้งแบบ RCP 4.5 และ RCP 8.5 มีปริมาณน้ำฝนน้อยลง และอาจส่งผลให้ปริมาณน้ำไหลลงในอ่างเก็บน้ำห้วยกระเสียวลดน้อยลงในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการประมาณผลผลิตน้ำในพื้นที่อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน (ธรรมบุญ เต็มไชย, 2561) ที่พบว่าปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำมีความแตกต่างกันตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

### สรุปผลการศึกษา

การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพืชไร่ โดยเฉพาะไร่สับปะรดและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีอัตราผลผลิตน้ำมากกว่าการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทอื่นและพื้นที่ป่าไม้ในทุกสถานการณ์ของเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศในอนาคต ปี 2584 เนื่องจากบริเวณที่ปลูกสับปะรดและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่ที่มีความลาดชันสูง ประกอบกับเป็นบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนรายปีมาก ขณะที่ สวนไม้เศรษฐกิจยืนต้น (สวนยางพารา และสวนปาล์ม น้ำมัน) มีอัตราผลผลิตน้ำน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากปลูกอยู่ในสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำและพื้นที่ราบลุ่ม

ปริมาณผลผลิตน้ำของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักภายในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวในปี 2584 ภายใต้ทุกสถานการณ์ มีปริมาณผลผลิตน้ำลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2564 ทั้งนี้ ปริมาณผลผลิตน้ำในปี 2584 มีนัยแสดงถึงปริมาณน้ำในอนาคตที่คาดว่าไหลลงสู่เขื่อนกระเสียวจะลดลง ชุดข้อมูลปริมาณผลผลิตน้ำของการใช้ประโยชน์ที่ดินเกษตรกรรมประเภทหลักจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่สามารถนำมาใช้คาดการณ์เบื้องต้นเกี่ยวกับปริมาณน้ำท่ารายปี ซึ่งเป็นปริมาณน้ำต้นทางที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำกระเสียวและอ่างเก็บน้ำแห่งอื่นบริเวณพื้นที่ต้นน้ำของกลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว นอกจากนี้ ชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลเสริมประกอบในการคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้สภาพภูมิอากาศที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว สำนักชลประทานที่ 10 กรมชลประทาน และองค์กรผู้ใช้น้ำสามารถนำชุดข้อมูลดังกล่าวไปบูรณาการร่วมกับฐานข้อมูลสารสนเทศที่มีอยู่เพื่อใช้คาดการณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนกระเสียวและวางแผนจัดสรรทรัพยากรน้ำในเขื่อนกระเสียวภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น



### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สวก.) ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัย สัญญาเลขที่ สัญญา POP6405032550 และขอขอบคุณโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว กรมพัฒนาที่ดิน และกรมชลประทาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลสภาพภูมิอากาศในปี 2584 ของพื้นที่ศึกษา

### เอกสารอ้างอิง

- ชนิดา จรรย์วรรณ และกฤติโสภณ ดวงมล. (2562). การประเมินรอบการให้น้ำระดับไร่นาโดยอาศัยสมบัติทางกายภาพของดิน. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ทศน์ศวี รัตนแก้ว, ศันสนีย์ อรัญวาสี, ชริกา คันทา, และฤทัย พริกมาก. (2565). การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินรอบอ่างเก็บน้ำ กรณีศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว(รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).
- ธรรมบุญ เต็มไชย. (2561). การศึกษาปริมาณน้ำทำในระบบนิเวศ อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน. วารสารนภาเพชร: *Journal of Thailand National Park Research*, 2(1), 46-65
- พรวิษ เฉลิมวงศ์. (2558). การประเมินปริมาณน้ำจากพื้นที่ป่าอนุรักษ์ด้วยแบบจำลอง InVEST [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมวิชาการเครือข่ายงานวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย: เรื่อง กรณีศึกษาอุทยานแห่งชาติแก่งกรุง จังหวัดสุราษฎร์ธานี. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมอุทยานแห่งชาติ. (2559). การประเมินปริมาณน้ำจากพื้นที่ป่าอนุรักษ์ด้วยแบบจำลอง InVEST: กรณีศึกษาลุ่มน้ำเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี. ศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมอุทยานแห่งชาติ จังหวัดสุราษฎร์ธานี.
- สุทธิพงษ์ มีสวัสดิ์, กิตติศักดิ์ พรหมโสภณ, ปรีดิพัทธ์ รูโปบล, และจรรย์ธร บุญญานุภาพ. (2565). การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตน้ำในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ด้วยแบบจำลอง InVEST Water Yield [วิทยานิพนธ์ปริญญาตรีไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร. หน้า 1-13.
- สุระ พัฒนเกียรติ. (2561). ความมั่นคงด้านน้ำและระบบนิเวศในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาเพชรบุรีตอนล่าง (Water and Ecosystem Security in Lower Part of Mae Nam Phetchaburi Subbasin). คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).  
[http://bedolib.bedo.or.th/pdf/uploads/ความมั่นคงด้านน้ำและระบบนิเวศ\\_อ.สุระ.pdf](http://bedolib.bedo.or.th/pdf/uploads/ความมั่นคงด้านน้ำและระบบนิเวศ_อ.สุระ.pdf)





อนัญญา ตังคเศรณี, กรตสุวรรณ โปธิสุวรรณ, ภัณฑิลา รามนันท์, ธนสิทธิ์ พรหมพิงค์, ธวัชชัย เปาทัย, และภาคภูมิ รัชวงษ์. (2565). การศึกษาการประเมินปริมาณน้ำและตะกอนในอ่างเก็บน้ำภายใต้สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป กรณีศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระ(รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).

Daneshi, A., Brouwer, R., Najafinejad, A., Panahi, M., Zarandian, A., & Maghsood, F. F. (2021).

Modelling the impacts of climate and land use change on water security in a semi-arid forested watershed using InVEST. *Journal of Hydrology*, 593(1), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125621>

Fu, B. P. (1981). On the calculation of the evaporation from land surface. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 5(1), 23-31. <https://doi:10.3878/j.issn.1006-9895.1981.01.03>

Leh, M.D.K., Matlock, M.D., Cummings, E.C., & Nalley, L.L. (2013). Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 165(1), 6-18. <https://DOI:10.1016/j.agee.2012.12.001>

Sharp, R., Tallis, H. T., Ricketts, T., Guerry, A. D., Wood, S. A., Chaplin, R., Nelson E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C. K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., Griffin, R., Glowinski, K., Chaumont, N., Perelman, A., Lacayo, M., Mandle L., Hamel, P., Vogl, A. L., Rogers, L., & Bierbower, W. (2016). *InVEST 3.3.2 User's Guide*. <http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/en/index.html>

Talae, P. (2014). Performance evaluation of modified versions of Hargreaves equation across a wide range of Iranian climates. *Meteorology and Atmospheric Physics* (2014), 126(1-2), 65-70. <https://doi:10.1007/s00703-014-0333-5>

Zhang, L., Hickel, K., Dawes, W. R., Chiew, F. H. S., Western, A. W., & Briggs, P. R. (2004). A rational function approach for estimating mean annual evapotranspiration. *Water Resources Research*, 40(2), 1-14. <https://doi.org/10.1029/2003WR002710>



## ความผันแปรทางพันธุกรรมและพารามิเตอร์ทางนิติวิทยาศาสตร์ของชาวส่วย

### จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

นงลักษณ์ ประชันธ์<sup>1\*</sup>, กัณหา มุยสุข<sup>2</sup>, ศุภรัตน์ ศรีทะวงษ์<sup>3</sup>, นิศารัตน์ ตั้งไฟโรจน์วงศ์<sup>1</sup>

และ วิภู กุตะนันท์<sup>4</sup>

### Genetic variation and forensic parameters of northeastern Thai Suay people

Nonglak Prakhun<sup>1\*</sup>, Kanha Muisuk<sup>2</sup>, Suparat Srithawong<sup>3</sup>, Nisarath Tungpairajwong<sup>1</sup>

and Wibhu Kutanan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

<sup>2</sup>ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

<sup>3</sup>กลุ่มวิจัยพัฒนาการตรวจสอบพืชและจุลินทรีย์ตัดแปรพันธุกรรม สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

<sup>4</sup>ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

<sup>2</sup>Department of Forensic Medicine, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

<sup>3</sup>Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Bangkok, 10900

<sup>4</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: nonglak.p@kkumail.com

#### บทคัดย่อ

ชาวส่วยเป็นกลุ่มชาติพันธุ์หนึ่งที่อาศัยอยู่ในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือภาคอีสานของประเทศไทย กระจายตัวอยู่ในจังหวัดสุรินทร์ ศรีสะเกษ และบุรีรัมย์ การศึกษาพันธุศาสตร์ประชากรก่อนหน้านี้ที่ทำการวิเคราะห์ไมโครแซตเทลไลท์ทางนิติวิทยาศาสตร์ ได้เน้นการศึกษาไปที่ประชากรชาวลาวอีสานซึ่งเป็นประชากรหลักในภาคอีสาน ในขณะที่กลุ่มชาติพันธุ์อื่นๆ ยังมีการศึกษาจำกัด งานวิจัยนี้จึงขยายการศึกษาความผันแปรและโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรในภาคอีสานด้วยเครื่องหมายไมโครแซตเทลไลท์ทางนิติวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างชาวส่วย จำนวน 85 คน จาก 3 ประชากรที่อาศัยในจังหวัดสุรินทร์ (ส่วย1 และส่วย3) และศรีสะเกษ (ส่วย2) ถูกนำมาหาจีโนไทป์ของไมโครแซตเทลไลท์บนออโตโซมด้วยชุดน้ำยา VeriFiler™ Plus PCR Amplification Kit (Applied Biosystem, USA) ซึ่งประกอบด้วยไมโครแซตเทลไลท์จำนวน 23 ตำแหน่ง ได้แก่ Penta D, Penta E, D18S51, D5S818, D16S539, D3S1358, D2S1338, TPOX, FGA, D1S1656, D10S1248, D7S820, D13S317, CSF1PO, D22S1045, D6S1043, TH01, D2S441, D8S1179, vWA, D19S433, D12S391 และ D21S11 ผลการศึกษาพบว่าไมโครแซตเทลไลท์ทุกตำแหน่งอยู่ในสมมูลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก



ในทุกประชากร ( $P > 0.002$ ) ค่า combine matching probability ในประชากรส่วยทั้ง 3 ประชากร มีค่าเท่ากับ  $5.34 \times 10^{-24}$ ,  $1.59 \times 10^{-20}$  และ  $1.54 \times 10^{-22}$  ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์นี้ระบุว่าไมโครแซตเทลไลท์ที่ศึกษาทั้ง 23 ตำแหน่ง มีประสิทธิภาพในการจำแนกบุคคลในงานนิติวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงว่าประชากรชาวส่วย 2 จากจังหวัดศรีสะเกษมีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำที่สุด และมีพันธุกรรมต่างจากชาวส่วย 1 และส่วย 3 จากจังหวัดสุรินทร์ ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของเจเนติกดริฟท์ของชาวส่วย 2 โดยสรุปรายงานค่าความถี่แอลลีลของไมโครแซตเทลไลท์ทั้ง 23 ตำแหน่งในประชากรภาคอีสานของประเทศไทย เป็นประโยชน์ต่องานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ทั้งในประเทศไทยและประเทศลาวซึ่งมีพรมแดนติดกันและมีกลุ่มชาติพันธุ์ที่คล้ายคลึงกัน

**คำสำคัญ:** ไมโครแซตเทลไลท์ นิติวิทยาศาสตร์ ชาวส่วย ออสโตรเอเชียติก ภาคอีสาน

### Abstract

Suay is one of the ethnic groups in Northeastern Thailand or Isan region. Suay people distribute in Surin, Sisaket and Buriram provinces. Previous population genetic studies on forensic microsattellites focused on Lao Isan who are the majority in the region whereas other minor ethnic groups are paucity in genetic studies. The present study expands the investigation on genetic variation and genetic structure of northeastern Thai populations using forensic microsattelite. Total 85 Suay individuals from three populations (Suay1 and Suay3 from Surin Province and Suay2 from Sisaket Province) were genotyped using VeriFiler™ Plus PCR Amplification Kit (Applied Biosystem, USA) that included 23 autosomal microsattelite loci, i.e. *Penta D*, *Penta E*, *D18S51*, *D5S818*, *D16S539*, *D3S1358*, *D2S1338*, *TPOX*, *FGA*, *D1S1656*, *D10S1248*, *D7S820*, *D13S317*, *CSF1PO*, *D22S1045*, *D6S1043*, *TH01*, *D2S441*, *D8S1179*, *vWA*, *D19S433*, *D12S391* and *D21S11*. There are no departed loci from the Hardy-Weinberg Equilibrium ( $P > 0.002$ ) even after applying Bonferroni correction. The combine matching probability are  $5.34 \times 10^{-24}$ ,  $1.59 \times 10^{-20}$  and  $1.54 \times 10^{-22}$  in Suay1, Suay2 and Suay3, respectively. The forensic results indicate effectiveness of this set of markers to distinguish individuals within population for forensic investigation. In addition, our results also show that Suay2 from Sisaket has lowest genetic diversity and genetically differs from other groups which probably driven by genetic drift. In sum, our report on allelic frequency of 23 microsattellites can be useful to forensic investigation in Thailand and Laos where is geographically and culturally shared with Thailand.

**Keywords:** microsattelite, forensic science, Suay, Austroasiatic, Isan region

### บทนำ

ชาวส่วย (Suay) หรือ กูย (Kui) เป็นกลุ่มชาติพันธุ์หนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ภาคอีสาน) ของประเทศไทย อาศัยอยู่ในบริเวณจังหวัดสุรินทร์ ศรีสะเกษ และบุรีรัมย์ มีจำนวนประชากรประมาณ 400,000 คน (Simons & Fennig, 2018) ภาษาพูดของชาวส่วยถูกจัดอยู่ในตระกูลภาษาออสโตรเอเชียติก (Austroasiatic family)



สาขามอญ-เขมร (Mon-Khmer branch) สาขาย่อยกะตู่ (Katuic sub-branch) ภาษาของชาวส่วยแตกต่างจากภาษาของชาวลาวอีसानที่ถูกจัดอยู่ในตระกูลภาษาไท-กะได (Tai-Kadai family) ซึ่งลาวอีसानเป็นประชากรหลักในภาคอีसानของไทย หลักฐานทางประวัติศาสตร์ระบุว่าชาวส่วยอพยพมาจากเมืองอัตตะบือ แขวงจำปาศักดิ์ และแขวงสาละวัน ประเทศลาว ช่วงประมาณปี พ.ศ. 2199 ถึง 2231 และเข้ามาตั้งถิ่นฐานทางตอนใต้ในภาคอีसानของไทย (สุริยารัตนกุล, 2531) ซึ่งนอกจากชาวส่วยและลาวอีसानแล้ว ยังมีกลุ่มชาติพันธุ์อื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ร่วมกันในบริเวณแห่งนี้ เช่น ชาวเขมร และชาวเยอ เป็นต้น (Simons & Fennig, 2018)

มีงานวิจัยก่อนหน้านี้ศึกษาความหลากหลายของดีเอ็นเอไมโทคอนเดรียบริเวณที่มีความหลากหลายสูง (hypervariable region I; HVR1) พบว่าชาวส่วยมีความสัมพันธ์ทางเชื้อสายฝ้ายมารดาใกล้ชิดกับชาวเขมรที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันในจังหวัดสุรินทร์ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่อาจสนับสนุนให้เกิดการผสมผสานทางพันธุกรรมระหว่างประชากรที่อาศัยอยู่ใกล้กัน (Kutanan et al., 2014) ในขณะที่การศึกษาความผันแปรไมโครแซตเทลไลต์บนออโทโซมที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ จำนวน 15 ตำแหน่ง ในชาวส่วยและเขมร จากจังหวัดสุรินทร์ พบว่าชาวส่วยมีโครงสร้างทางพันธุกรรมที่จำเพาะ แตกต่างจากชาวเขมรและประชากรอื่น ๆ ในภาคอีसान (Chantakot et al., 2017)

ไมโครแซตเทลไลต์ หรือ short tandem repeat (STR) เป็นลำดับเบสซ้ำอย่างต่อเนื่องที่เรียงต่อกันในทิศทางเดียวตลอด (tandem repeat) มีความยาวของลำดับเบสแกน (core sequence) ประมาณ 1 ถึง 6 เบส และมีจำนวนซ้ำประมาณ 40 ซ้ำ (Rosenberg et al., 2002) ในมนุษย์ไมโครแซตเทลไลต์ส่วนใหญ่กระจายทั่วทั้งจีโนมในบริเวณของดีเอ็นเอส่วนที่ไม่ใช่ยีน ทำให้ไม่ได้รับอิทธิพลของการคัดเลือกตามธรรมชาติ ความผันแปรของไมโครแซตเทลไลต์อยู่ในรูปแบบของการเพิ่มหรือหายไปของจำนวนซ้ำ ก่อให้เกิดรูปแบบของแอลลีลที่หลากหลายในแต่ละตำแหน่ง (Tautz & Schlötterer, 1994) นอกจากนี้ในขั้นตอนการทำปฏิบัติการสามารถใช้เทคนิคพื้นฐาน เช่น พีซีอาร์ และอิเล็กโทรโฟรีซิส (ไพจิตร สวัสดิสาร, 2547) และการวิเคราะห์ข้อมูลไมโครแซตเทลไลต์จะไม่ซับซ้อน ทำได้ง่าย และรวดเร็ว ดังนั้นจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านพันธุศาสตร์ประชากรและนิติวิทยาศาสตร์ (กรเกียรติ วงศ์ไพศาลสิน, 2013)

ที่ผ่านมาการตรวจพิสูจน์บุคคลและระบุความสัมพันธ์ทางสายเลือดทางนิติวิทยาศาสตร์จะอาศัยชุดน้ำยาที่หลากหลาย เช่น AmpFLSTR™ Identifiler™ Plus PCR Amplification Kits (Applied Biosystem), PowerPlex® 16 System Investigator (Promega) และ ESSplex SE QS Kit (Qiagen) ซึ่งชุดน้ำยาเหล่านี้มีจำนวนไมโครแซตเทลไลต์ประมาณ 15 ถึง 16 ตำแหน่ง (Westen et al., 2014) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มจำนวนตำแหน่งไมโครแซตเทลไลต์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกรณีการหาความสัมพันธ์ทางสายเลือดที่ซับซ้อน เช่น การตรวจสอบความเป็นพ่อ (paternity



testing) หรือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างเครือญาติ (Alsafiah et al., 2019; Osman & Alsafar, 2015) ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาชุดน้ำยาสำเร็จรูปที่เพิ่มจำนวนตำแหน่งไมโครแซตเทลไลท์ตามระบบของ The Combined DNA Index System (CODIS) และ European Standard Set (ESS) เช่น ชุดน้ำยา VeriFiler™ Plus PCR Amplification Kit (Applied Biosystem, USA) ที่ประกอบด้วยไมโครแซตเทลไลท์บนออโทโซม 23 ตำแหน่ง, เครื่องหมาย Y indel 1 ตำแหน่ง และ เครื่องหมายที่ใช้ระบุเพศ (Amelogenin) 1 ตำแหน่ง ซึ่งได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นชุดเครื่องหมายมีความหลากหลายสูงเมื่อใช้หลายตำแหน่งในการวิเคราะห์ตามมาตรฐานของ Scientific Working Group on DNA Analysis Methods (SWGAM) (Green et al., 2021; Janaahi et al., 2019)

ในภาคอีสานของไทย รายงานการศึกษาไมโครแซตเทลไลท์บนออโทโซมก่อนหน้านี้ มุ่งเน้นไปที่ชาวลาวอีสาน ในขณะที่ข้อมูลของกลุ่มชาติพันธุ์อื่น ๆ ยังมีจำนวนน้อย งานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการขยายการศึกษาไปยังกลุ่มชาติพันธุ์ชาวส่วยในพื้นที่ภาคอีสานของประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาค้างนี้ นอกจากได้ข้อมูลทางด้านพันธุศาสตร์ประชากรแล้ว รายงานค่าความถี่ของไมโครแซตเทลไลท์ที่ใช้ในงานนิติวิทยาศาสตร์ จำนวน 23 ตำแหน่ง จะเป็นประโยชน์ต่องานทางนิติวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยต่อไป

### วัตถุประสงค์และวิธีการ

#### 1. กลุ่มตัวอย่างและการเก็บตัวอย่าง

กลุ่มประชากรชาวส่วย จำนวน 3 หมู่บ้าน ที่ทำการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย ส่วย1 (Suay1) อำเภอสำโรงทาบ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 41 คน ส่วย2 (Suay2) อำเภอขุนธิ จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 23 คน และ ส่วย3 (Suay3) อำเภอสำโรงทาบ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 21 คน ซึ่งตัวอย่างดีเอ็นเอของ ส่วย1 ได้มาจากการวิจัยก่อนหน้านี้ (Chantakot et al., 2017) ส่วนประชากรส่วย2 และ ส่วย3 คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างใหม่

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่โครงการ HE622027 โดยอาสาสมัครจะลงนามในแบบฟอร์มยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย หลังจากให้สัมภาษณ์ประวัติครอบครัวเพื่อคัดกรองตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ อาสาสมัครต้องมีภูมิลำเนาในพื้นที่หมู่บ้านนั้นและมีบรรพบุรุษอย่างน้อยสองชั่วรุ่นที่มีภูมิลำเนาอยู่ในพื้นที่หมู่บ้านนั้นเช่นกัน ต้องไม่มีความสัมพันธ์ทางเครือญาติ (อย่างน้อยสองชั่วรุ่น) มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง และมีอายุระหว่าง 20 ถึง 80 ปี ในการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อบุกระพุ้งแก้ม จะใช้แปรงเก็บเยื่อบุกระพุ้งแก้ม (buccal collection brush) ถูบริเวณเนื้อเยื่อบุกระพุ้งแก้มประมาณ 40 ครั้ง จากนั้นนำแปรงเก็บตัวอย่างไปเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิตั้งที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป Genra Puregene Buccal Cell Kit (Qiagen, Germany)



## 2. การสกัดและวัดปริมาณดีเอ็นเอ

สกัดดีเอ็นเอจากเยื่อบุกระพุ้งแก้มด้วยชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป Genra Puregene Buccal Cell Kit จากนั้นวัดปริมาณดีเอ็นเอด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ MaestroNano รุ่น MN-913 (Maestrogen, Taiwan) เตรียมตัวอย่างดีเอ็นเอด้วยการเจือจางให้ให้มีปริมาณ 0.5 ถึง 1 นาโนกรัม ซึ่งเป็นช่วงปริมาณดีเอ็นเอที่เหมาะสมกำหนดตามที่ชุดน้ำยา VeriFiler™ Plus PCR Amplification Kit (Applied Biosystem)

## 3. การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ

เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธีมัลติเพล็กซ์พีซีอาร์ของไมโครแซตเทลโลด์บนออโทโซม จำนวน 23 ตำแหน่ง (Penta D, Penta E, D18S51, D5S818, D16S539, D3S1358, D2S1338, TPOX, FGA, D1S1656, D10S1248, D7S820, D13S317, CSF1PO, D22S1045, D6S1043, TH01, D2S441, D8S1179, vWA, D19S433, D12S391 และ D21S11) เครื่องหมาย Y indel 1 ตำแหน่ง และ เครื่องหมายที่ใช้ระบุเพศ (Amelogenin) 1 ตำแหน่ง โดยใช้ชุดสำเร็จรูป VeriFiler™ Plus PCR Amplification Kit (Applied Biosystem) ด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติรุ่น GeneAmp PCR system 9700 (Applied Biosystem, USA)

## 4. การวิเคราะห์ขนาดของไมโครแซตเทลโลด์

วิเคราะห์ขนาดของไมโครแซตเทลโลด์ด้วยเครื่องวิเคราะห์สารพันธุกรรม ABI3500 (Genetic Analyzer) (Applied Biosystem) โดยใช้ GeneScan-600 LIZ dye และ VeriFiler allelic ladder ซึ่งเป็นดีเอ็นเอที่ทราบขนาดสำหรับใช้เปรียบเทียบ อ่านและแปลผลที่ได้เป็นจีโนไทป์ด้วยโปรแกรม Gene Mapper v.3.7 (Applied Biosystem)

## 5. การวิเคราะห์ผลการศึกษา

ในการวิเคราะห์ผลจะใช้ไมโครแซตเทลโลด์บนออโทโซม จำนวน 23 ตำแหน่ง เท่านั้น และมีการวิเคราะห์ดังนี้ คือ

5.1 วิเคราะห์พารามิเตอร์ทางนิติวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ค่า power of discrimination (PD), matching probability (MP), power of exclusion (PE), polymorphic information content (PIC) และ typical paternity index (PI) ด้วยโปรแกรมออนไลน์ STRAF (Gouy & Zieger, 2017)

5.2 คำนวณค่าความหลากหลายทางพันธุกรรมของแต่ละประชากร เช่น จำนวนแอลลีลทั้งหมด ความถี่แอลลีล ค่าobserve heterozygosity ( $H_o$ ) และ expected heterozygosity ( $H_E$ ) ค่าความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity, GD) (Nei, 1987) และคำนวณความหลากหลายทางพันธุกรรม และค่า Hardy-Weinberg equilibrium (HWE) ของไมโครแซตเทลโลด์แต่ละตำแหน่ง ด้วยโปรแกรม ARLEQUIN 3.5.2.2 (Excoffier & Lischer, 2010)



5.3 คำนวณระยะห่างทางพันธุกรรม (genetic distance) ระหว่างประชากร แบบ  $F_{st}$  และคำนวณความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างประชากร (genetic differentiation) และระดับความเชื่อมั่น ( $P$ -value) ด้วยโปรแกรม ARLEQUIN 3.5.2.2 จากนั้นนำเมทริกซ์ของระยะห่างทางพันธุกรรมของทุกคู่ประชากรมาสร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประชากรแบบ multidimensional scaling (MDS) ด้วยโปรแกรม Statistica v.10 demo (Statsoft, Inc, United States) และสร้างแผนภาพต้นไม้แสดงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการแบบ neighbor joining (NJ tree) ด้วยโปรแกรม MEGA 11 (Tamura et al., 2021)

5.4 วิเคราะห์โครงสร้างทางพันธุกรรมและการจัดกลุ่มประชากร ด้วยวิธีการ Bayesian clustering method ในโปรแกรม STRUCTURE 2.3.4 ประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ 3 ชนิด คือ admixture, correlated allele frequencies และ LOCPRIOR model (Falush et al., 2003; Hubisz et al., 2009; Pritchard et al., 2000) โดยทำการรันโปรแกรมจำนวน 10 ชั่วโมง ตั้งแต่จำนวนกลุ่ม ( $K$ ) = 2 ถึง 10 และจะใช้จำนวน burn-in แต่ละรันเท่ากับ 100,000 ครั้ง ตามด้วยจำนวนชั่วโมง 200,000 ครั้ง เพื่อหาความเป็นไปได้ (posterior probability) ของแต่ละ  $K$  จากนั้นคำนวณหา  $K$  ที่เหมาะสมที่สุดในรูปแบบของ  $\Delta K$  ด้วยโปรแกรม Structure Harvester (Earl & vonHoldt, 2012) และสร้างรูปเพื่อแสดงข้อมูลการจัดกลุ่มโครงสร้างทางพันธุกรรม ด้วยโปรแกรม CLUMPAK (Kopelman et al., 2015)

## ผลการศึกษา

### 1. ค่าความถี่แอลลีลของไมโครแซตเทลไลต์บนออโทโซม จำนวน 23 ตำแหน่ง

เมื่อนำผลของข้อมูลจีโนไทป์มาวิเคราะห์ค่าความถี่แอลลีล พบว่า ประชากรส่วย1 (Suay1) จำนวน 41 คน มีแอลลีล ทั้งหมด 192 แอลลีล ตำแหน่ง  $D2S441$  และ  $FGA$  มีจำนวนแอลลีล สูงสุด (13 แอลลีล) ในขณะที่ตำแหน่ง  $D22S1045$  และ  $vWA$  มีจำนวนแอลลีล น้อยสุด (5 แอลลีล) ประชากรส่วย2 (Suay2) จำนวน 23 คน พบจำนวนแอลลีล ทั้งหมด 158 แอลลีล ตำแหน่ง  $D2S441$  และ  $CSF1PO$  มีจำนวนแอลลีลสูงสุด 12 แอลลีล และ  $D6S1043$  และ  $vWA$  มีจำนวนแอลลีล เพียง 4 แอลลีล ประชากรส่วย3 (Suay3) จำนวน 21 คน พบว่ามีจำนวนแอลลีลทั้งหมด 159 แอลลีล โดยพบจำนวนแอลลีลสูงสุด 12 แอลลีล ที่ตำแหน่ง  $D2S441$  และ  $FGA$  ในขณะที่ตำแหน่ง  $D13S317$  และ  $D8S1179$  มีจำนวนแอลลีลน้อยที่สุด เพียง 4 รูปแบบ

### 2. ค่าความหลากหลายทางพันธุกรรม

ผลการวิเคราะห์ค่าความหลากหลายทางพันธุกรรม (GD) พบว่า ค่า GD ในประชากรส่วย1 เท่ากับ  $0.7814 \pm 0.3878$  ซึ่งตำแหน่ง  $Penta E$  มีค่า GD สูงสุด (0.8657) และ  $TPOX$  มีค่าต่ำสุด (0.6332) ค่า  $H_o$  และ  $H_E$  มีค่าเท่ากับ 0.7753 และ 0.7856 ตามลำดับ สำหรับชาวส่วย2 มีค่าเฉลี่ย GD เท่ากับ  $0.7447 \pm 0.3737$  โดยค่า GD



สูงสุดที่ตำแหน่ง *FGA* (0.8686) และค่าต่ำสุดที่ตำแหน่ง *TPOX* (0.4667) ค่า  $H_0$  และ  $H_E$  เท่ากับ 0.7425 และ 0.7475 ตามลำดับ ค่าความหลากหลายทางพันธุกรรมของชาวส่วย3 มีค่าเฉลี่ย  $GD$  เท่ากับ  $0.7802 \pm 0.3916$  พบค่า  $GD$  สูงสุดเท่ากับ 0.8780 ที่ตำแหน่ง *DIS1656* และ ต่ำสุดเท่ากับ 0.5877 ที่ตำแหน่ง *TPOX* และชาวส่วย 3 มีค่า  $H_0$  และ  $H_E$  เท่ากับ 0.7930 และ 0.7803 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

### 3. ค่าพารามิเตอร์ทางนิติวิทยาศาสตร์

ในประชากรชาวส่วย1 ค่า  $MP$  อยู่ระหว่าง 0.0494 (*Penta E*) ถึง 0.1696 (*D3S1358*) ค่า  $PD$  มีช่วงระหว่าง 0.8043 ถึง 0.9399 ที่ตำแหน่ง *TPOX* และ *FGA* ตามลำดับ ค่า  $PIC$  ต่ำสุด (0.5724) ที่ตำแหน่ง *TPOX* และสูงสุดเท่ากับ 0.8416 ที่ตำแหน่ง *Penta E* นอกจากนี้ พบค่า  $PE$  อยู่ระหว่าง 0.1875 (*D10S1248*) ถึง 0.9007 (*FGA*) และ ค่า  $TPI$  มีค่าอยู่ระหว่าง 1.0000 (*D10S51248*) ถึง 10.2500 (*FGA*) เมื่อคำนวณค่า Combined  $MP$  ( $CMP$ ), Combined  $PD$  ( $CPD$ ) และ Combined  $PE$  ( $CPE$ ) พบว่ามีค่า 1 ใน  $5.34 \times 10^{-24}$ , 1.0000 และ 0.9999999963 ตามลำดับ

ในประชากรส่วย2 ค่า  $MP$  อยู่ระหว่าง 0.0586 (*FGA*) ถึง 0.3119 (*TPOX*) โดย ค่า  $PD$  ต่ำที่สุด พบในตำแหน่ง *TPOX* (0.6881) และสูงสุด พบที่ตำแหน่ง *FGA* (0.9414) ในขณะที่ค่า  $PIC$  ต่ำที่สุด พบที่ตำแหน่ง *TPOX* (0.4263) และสูงสุด พบที่ตำแหน่ง *FGA* (0.8936) นอกจากนี้ ค่า  $PE$  อยู่ระหว่าง 0.1087 (*CSF1PO* และ *D2S441*) ถึง 0.9116 (*D6S1043*) และ ค่า  $TPI$  อยู่ระหว่าง 0.8214 (*CSF1PO* และ *D2S441*) ถึง 11.5000 (*D6S1043*) ซึ่งผลของค่า  $CMP$ ,  $CPD$  และ  $CPE$  เท่ากับ 1 ใน  $1.59 \times 10^{-20}$ , 1.0000 และ 0.9999999976 ตามลำดับ

ค่า  $MP$  ในประชากรส่วย3 อยู่ระหว่าง 0.0703 (*Penta E* และ *Penta D*) ถึง 0.2336 (*CSF1PO*) ค่า  $PD$  ที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.7664 ที่ตำแหน่ง *Penta D* และ *Penta E* และสูงที่สุด เท่ากับ 0.9297 ที่ตำแหน่ง *CSF1PO* สำหรับค่า  $PIC$  พบว่าต่ำสุด เท่ากับ 0.5397 ที่ตำแหน่ง *TPOX* และสูงสุด เท่ากับ 0.8412 ที่ตำแหน่ง *DIS1656* นอกจากนั้นยังพบว่าค่า  $PE$  อยู่ระหว่าง 0.2580 (*TPOX*) ถึง 1.0000 (*DIS1656*) และ  $TPI$  อยู่ระหว่าง 1.1667 (*TPOX*) ถึง 10.5000 (*D8S1179*) ผลของค่า  $CMP$ ,  $CPD$  และ  $CPE$  มีค่า 1 ใน  $1.54 \times 10^{-22}$ , 1.00000, 1.00000 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)





ตารางที่ 1 ผลค่าเฉลี่ยความหลากหลายทางพันธุกรรม และพารามิเตอร์ทางนิเวศวิทยาศาสตร์

ประชากร	จำนวน คน	ค่าเฉลี่ย $H_E$	จำนวน แอลลีล	ค่าความ หลากหลาย ทาง พันธุกรรม (SD)	CMP	CPE	CPD	Loci departed from HWE
ส่วย1	41	0.78552	192	0.7814 (0.3879)	$5.34 \times 10^{-24}$	0.9999999996	1.000000	-
ส่วย2	23	0.74748	158	0.7447 (0.3737)	$1.59 \times 10^{-20}$	0.9999999976	1.000000	-
ส่วย3	21	0.78024	159	0.7802 (0.3916)	$1.54 \times 10^{-22}$	1.0000000000	1.000000	-

#### 4. ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างประชากร

ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างประชากรส่วยทั้ง 3 กลุ่ม ถูกนำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลจีโนไทป์ของประชากรชาวลาวอีสานและชาวลาว จำนวน 10 ประชากร ที่ได้จากการศึกษาก่อนหน้านี้ (Than et al., 2022) เพื่อนำเสนอในรูปแบบของ MDS และแผนภาพต้นไม้แสดงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการแบบ NJ

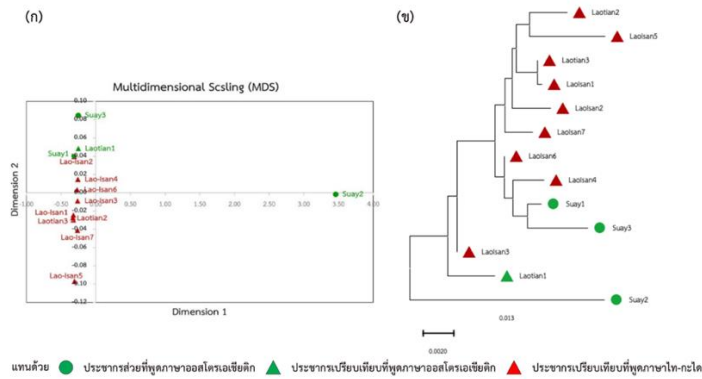
แผนภูมิ MDS ใน Dimension 1 (ภาพที่ 1ก) ระบุความแตกต่างของชาวส่วย2 จากประชากรอื่น ๆ อย่างชัดเจน แสดงถึงลักษณะพันธุกรรมที่จำเพาะของชาวส่วย2 ในขณะที่ Dimension 1 แสดงความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของชาวส่วย1และส่วย3 กับประชากรลาวจากประเทศลาวที่พูดภาษาออสโตรเอเชียติก (Laotian1) ในขณะที่ประชากรลาวที่พูดภาษาไทย-กะไดมีตำแหน่งบนแผนภูมิ MDS อยู่ใกล้บริเวณตรงกลางของแผนภาพแสดงถึงการมีพันธุกรรมที่ใกล้ชิดกัน ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการแบบ neighbor joining (ภาพที่ 1ข) ที่พบว่าประชากรส่วย1 และ ส่วย3 ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันและมีพันธุกรรมที่ใกล้ชิดกับชาวลาวอีสาน

#### 5. โครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากร

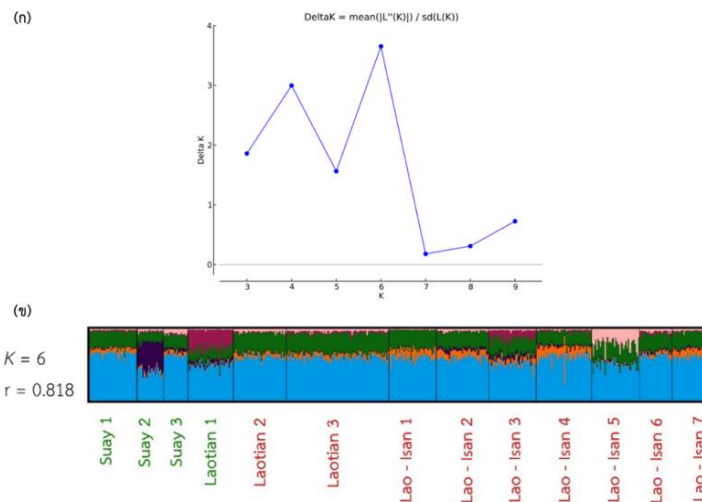
การประเมินโครงสร้างทางพันธุกรรมของชาวส่วยทั้ง 3 กลุ่ม จะทำร่วมกับประชากรเปรียบเทียบอื่น ๆ (Than et al., 2022) รวมทั้งหมด 13 ประชากร ผลการศึกษาด้วยโปรแกรม STRUCTURE 2.3.4 พบว่าค่า  $\Delta K$  สูงสุดพบที่  $K = 6$  ดังนั้น โครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรที่ศึกษาทั้งหมดสามารถแบ่งได้เป็น 6 กลุ่ม (ภาพที่ 2ก) และเมื่อพิจารณาที่  $K = 6$  พบว่าชาวส่วย 2 มีโครงสร้างทางพันธุกรรมแสดงด้วยสีน้ำเงินที่แตกต่างออกไปจากส่วยกลุ่ม



อื่น ๆ รวมทั้งลาวอีสานและชาวลาส่วนใหญ่ที่มีโครงสร้างพันธุกรรมที่คล้ายกัน (แสดงด้วยสีน้ำเงินและเขียว) และที่น่าสนใจคือ Laotian1 มีพันธุกรรมที่ต่างไปจากชาวลาอื่น ๆ (แสดงด้วยสีม่วง) (ภาพที่ 2ข)



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประชากร แบบ Multidimensional Scaling (MDS) (ก) และแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการแบบ neighbor joining (NJ) ของประชากรทั้งหมด 13 กลุ่ม (ข)



ภาพที่ 2 ค่า K ที่เหมาะสมโดยหาค่า  $\Delta K$  ด้วยโปรแกรม Structure Harvester (ก) และ Bar plot แสดงโครงสร้างทางพันธุกรรม ที่ K =6 ของประชากรที่ศึกษา จำนวน 13 ประชากร (ข)

### อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการวิเคราะห์สมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก (HWE) ของประชากรส่วยทั้ง 3 ประชากร หลังจากปรับด้วยค่า Bonferroni's correction ( $p = 0.05/23 = 0.002$ ) พบว่าไมโครแซตเทลไลต์ทุกตำแหน่งอยู่ในสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของไมโครแซตเทลไลต์ทุกตำแหน่งที่เหมาะสมในงานนิติวิทยาศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมในประชากรส่วยทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าทุกประชากรมีค่าเฮเทอโรไซโกซิตีสูงมากกว่า 0.7

กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ



( $H_E = 0.7856$ ,  $0.7475$  และ  $0.7803$  ตามลำดับ) โดยที่ตำแหน่ง FGA ( $H_E = 0.8558$ ), D2S441 ( $H_E = 0.8686$ ) และ D6S1043 ( $H_E = 0.8781$ ) มีค่าเฮเทอโรไซโกซิตีมากที่สุดในประชากรส่วย 1, ส่วย 2 และ ส่วย 3 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ใช้ชุดเครื่องหมายเดียวกัน (Than et al., 2022) ชาวส่วย 1 และส่วย 3 มีความหลากหลายทางพันธุกรรม ( $GD = 0.7814 \pm 0.3878$  และ  $0.7802 \pm 0.3916$  ตามลำดับ) สูงกว่าชาวส่วย 2 ซึ่งมีค่า GD เท่ากับ  $0.7447 \pm 0.3737$  (ตารางที่ 1) ค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงเดียวกันกับประชากรลาวอีสาน (Than et al., 2022)

เมื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางนิติวิทยาศาสตร์ในแต่ละประชากร พบว่า ค่า combined power of exclusion (CPE) หรือค่าที่ใช้ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ทางสายเลือด มีค่ามากกว่า  $0.999999976$  ในทั้งสามประชากร บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการระบุยืนยันตัวบุคคลและการทดสอบความสัมพันธ์ทางสายเลือด ในขณะที่ค่า combined power of discrimination (CPD) มีค่าสูงกว่า  $0.9999999999$  แสดงถึงโอกาสที่จีโนไทป์ทุกตำแหน่งของการสุ่มบุคคลสองคนใดก็ตามในแต่ละประชากรส่วยจะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ค่า combine matching probability (CMP) ด้วยไมโครแซตเทลไลต์บนออโทโซม จำนวน 23 ตำแหน่ง ในประชากรส่วยทั้ง 3 ประชากร ( $CMP = 5.34 \times 10^{-24}$ ,  $1.59 \times 10^{-20}$  และ  $1.54 \times 10^{-22}$  ตามลำดับ) มีค่าต่ำกว่าการรายงานก่อนหน้านี้ซึ่งวิเคราะห์ไมโครแซตเทลไลต์จำนวน 15 ตำแหน่ง ในหลายประชากรในภาคอีสาน (Chantakot et al., 2017; Srithawong et al., 2020) ซึ่งผลดังกล่าวแสดงว่าหากเพิ่มจำนวนไมโครแซตเทลไลต์ในการวิเคราะห์ โอกาสที่จะพบบุคคลในประชากรที่มีดีเอ็นเอเหมือนกันในประชากรลดลง จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

ผลการศึกษาโครงสร้างและความสัมพันธ์ระหว่างประชากร (ภาพที่ 1 และ 2) พบว่าชาวส่วย 1 และส่วย 3 มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ใกล้ชิดกัน และใกล้ชิดกับประชากรข้างเคียงลาวอีสาน ในขณะที่ชาวส่วย 2 มีโครงสร้างทางพันธุกรรมที่จำเพาะและมีค่าความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ค่อนข้างต่ำกว่าชาวส่วยอื่น ๆ (ตารางที่ 1) ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของเจเนติกดริฟท์ (genetic drift) หรือ การแยกตัวของประชากร (isolation) ซึ่งคล้ายกับประชากรที่พูดภาษาออสโตรเอเชียติกกลุ่มอื่น ๆ ในภาคอีสาน เช่น ญ้อกูร์ และ บรู เป็นต้น (Srithawong et al., 2020)

### สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ต้องการขยายการศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของไมโครแซตเทลไลต์บนออโทโซมในประชากรภาคอีสานของไทย โดยสนใจศึกษาชาวส่วยซึ่งมีภาษาพูดและวัฒนธรรมที่แตกต่างจากชาวลาวอีสาน นอกจากนั้นยังต้องการประเมินประสิทธิภาพของการเพิ่มจำนวนไมโครแซตเทลไลต์ทางนิติวิทยาศาสตร์ แม้ว่าชาวส่วยทั้ง 3 ประชากรจะเป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดียวกันแต่กลับมีลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะส่วย 2 ซึ่งอาจ



เกิดจากอิทธิพลของเจเนติกดริฟท์ ผลของความสัมพันธ์ระหว่างประชากรแสดงให้เห็นว่าเครื่องหมายทางพันธุกรรมชุดนี้สามารถใช้ศึกษาพันธุศาสตร์ประชากรได้ในระดับหนึ่ง เมื่อมีการเพิ่มจำนวนไมโครแซตเทลไลท์พบว่าค่าพารามิเตอร์ทางนิติวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไป (เช่น ค่า CMP ลดลง) สะท้อนถึงประสิทธิภาพของชุดเครื่องหมายทางพันธุกรรมในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น สำหรับรายงานความถี่แอลลีล ของไมโครแซตเทลไลท์ทั้ง 23 ตำแหน่งในภาคอีสานของไทย นอกจากจะเป็นประโยชน์กับงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์สำหรับประเทศไทยแล้ว ยังเป็นประโยชน์สำหรับประเทศลาวซึ่งมีพรมแดนติดกันและมีกลุ่มชาติพันธุ์ที่คล้ายคลึงกัน

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง ความผันแปรทางพันธุกรรมและพารามิเตอร์ทางนิติวิทยาศาสตร์ของชาวส่วยจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วิภู กุตะนันท์ ที่ให้ความกรุณาเป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณทีมงานผู้ช่วยวิจัย ดร.กัณหา มุขสุข และ ดร.ศุภรัตน์ ศรีทะวงษ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในการแก้ปัญหาขณะทำวิจัย รวมทั้ง ขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่เสียสละเวลาเข้าร่วมโครงการวิจัย สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและค่าใช้จ่ายในการทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- กรเกียรติ วงศ์ไพศาลสิน. (2013). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการหาลำดับสารพันธุกรรมรุ่นใหม่ ในงานนิติพันธุศาสตร์. *Thai Journal of Genetics, S.1* (Special Issue 1), 52.
- ไพจิตร สวัสดิสาร. (2547). การพิสูจน์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอในศาลในคดีอาญา (DNA fingerprint in court in criminal case). *วารสารดุลพินิจ, 51*(3), 22–44.
- สุริยา รัตนกุล, คุณหญิง. (2531). นานาภาษาในเอเชียอาคเนย์ ภาคที่ 1 ภาษาตระกูลออสโตรเอเชียติก และตระกูลจีนทิเบต. ศูนย์วิจัยวัฒนธรรมเอเชียอาคเนย์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- Alsafiah, H. M., Aljanabi, A. A., Hadi, S., AlturayEIF, S. S., & Goodwin, W. (2019). An evaluation of the SureID 23comp Human Identification Kit for kinship testing. *Scientific Reports, 9*(1), 16859.



- Chantakot, P., Pittayaporn, P., Srithongdaeng, K., Srithawong, S., & Kutanan, W. (2017). Genetic divergence of austroasiatic speaking groups in the northeast of Thailand: A case study on Northern Khmer and Kuy. *Chiang Mai Journal of Science*, *44*, 1279–1294.
- Earl, D. A., & vonHoldt, B. M. (2012). STRUCTURE HARVESTER: A website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. *Conservation Genetics Resources*, *4*(2), 359–361.
- Excoffier, L., & Lischer, H. E. L. (2010). Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular Ecology Resources*, *10*(3), 564–567.
- Falush, D., Stephens, M., & Pritchard, J. K. (2003). Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data: Linked Loci and Correlated Allele Frequencies. *Genetics*, *164*(4), 1567–1587.
- Gouy, A., & Zieger, M. (2017). STRAF—A convenient online tool for STR data evaluation in forensic genetics. *Forensic Science International: Genetics*, *30*, 148–151.
- Green, R., Elliott, J. L., Norona, W., Go, F., Nguyen, V. T., Ge, J., Short, M. L., Mulero, J. J., & Zhong, C. (2021). Developmental validation of VeriFiler™ Plus PCR Amplification Kit: A 6-dye multiplex assay designed for casework samples. *Forensic Science International: Genetics*, *53*, 102494.
- Hubisz, M. J., Falush, D., Stephens, M., & Pritchard, J. K. (2009). Inferring weak population structure with the assistance of sample group information. *Molecular Ecology Resources*, *9*(5), 1322–1332.
- Janaahi, N. A., Ghafri, R. A., & Qamar, S. A. (2019). Forensic evaluation of VeriFiler™ Plus 6-dye chemistry kit composed of 23 loci with casework samples. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, *7*(1), 892–896.
- Kopelman, N. M., Mayzel, J., Jakobsson, M., Rosenberg, N. A., & Mayrose, I. (2015). CLUMPAK: A program for identifying clustering modes and packaging population structure inferences across *K*. *Molecular Ecology Resources*, *15*(5), 1179–1191.
- Kutanan, W., Ghirotto, S., Bertorelle, G., Srithawong, S., Srithongdaeng, K., Pontham, N., & Kangwanpong, D. (2014). Geography has more influence than language on maternal genetic structure of various northeastern Thai ethnicities. *Journal of Human Genetics*, *59*(9), 512–520.



- Nei, M. (1987). *Molecular evolutionary genetics*. Columbia University Press.
- Osman, A. E., & Alsafar, H. (2015). Autosomal Short Tandem Repeat (STR) Variation Based on 15 Loci in a Population from the Central Region (Riyadh Province) of Saudi Arabia. *Journal of Forensic Research, 06*(01).
- Pritchard, J. K., Stephens, M., & Donnelly, P. (2000). Inference of Population Structure Using Multilocus Genotype Data. *Genetics, 155*(2), 945–959.
- Rosenberg, N. A., Pritchard, J. K., Weber, J. L., Cann, H. M., Kidd, K. K., Zhivotovsky, L. A., & Feldman, M. W. (2002). Genetic Structure of Human Populations. *Science, 298*(5602), 2381–2385.
- Simons, G. F., & Fennig, C. D. (2018). *Ethnologue: Languages of the World* (21<sup>st</sup> ed). SIL International.
- Srithawong, S., Muisuk, K., Srikumool, M., Mahasirikul, N., Triyarach, S., Sriprasert, K., & Kutanan, W. (2020). Genetic structure of the ethnic Lao groups from mainland Southeast Asia revealed by forensic microsatellites. *Annals of Human Genetics, 84*(5), 357–369.
- Tamura, K., Stecher, G., & Kumar, S. (2021). MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11. *Molecular Biology and Evolution, 38*(7), 3022–3027.
- Tautz, D., & Schlötterer, C. (1994). Simple sequences. *Current Opinion in Genetics & Development, 4*(6), 832–837.
- Than, K. Z., Muisuk, K., Woravatin, W., Suwannapoom, C., Srikumool, M., Srithawong, S., Lorphengsy, S., & Kutanan, W. (2022). Genetic Structure and Forensic Utility of 23 Autosomal STRs of the Ethnic Lao Groups From Laos and Thailand. *Frontiers in Genetics, 13*, 954586.
- Westen, A. A., Kraaijenbrink, T., Robles De Medina, E. A., Harteveld, J., Willemsse, P., Zuniga, S. B., Van Der Gaag, K. J., Weiler, N. E. C., Warnaar, J., Kayser, M., Sijen, T., & De Knijff, P. (2014). Comparing six commercial autosomal STR kits in a large Dutch population sample. *Forensic Science International: Genetics, 10*, 55–63.



# ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชของสารสกัดจากใบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ในพริก

ยุทธการ แซ่กือ<sup>1</sup>, อนาวินต์ จันสว่าง<sup>2</sup>, อาทิตยา แถลงกิจ<sup>3</sup>, นิชากร คอนดี<sup>2,3</sup>

และ สุพรรณิกา อินตะนนท์<sup>1,3\*</sup>

## Weed control efficiency of mango leaf extracts combined with biosurfactant in chili

Yutthakan Saekue<sup>1</sup>, Anawin Junsawang<sup>2</sup>, Atitaya Thalangkit<sup>3</sup>, Nichakorn Kondee<sup>2,3</sup>

and Suphannika Intanon<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>3</sup>ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์แห่งชาติ ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>3</sup>National Biological Control Research Center, Lower Northern Regional Center, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: suphannikai@nu.ac.th

### บทคัดย่อ

การใช้สารกำจัดวัชพืชชีวภาพเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์กำจัดวัชพืช อย่างไรก็ตาม การพัฒนาสารกำจัดวัชพืชชีวภาพเพื่อใช้ในระดับแปลงปลูกยังมีข้อจำกัด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชชีวภาพสกัดจากใบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพผลิตจากแบคทีเรีย *Brevibacterium casei* NK8 ในการควบคุมวัชพืชในพริก ในด้านอัตราและความถี่การฉีดพ่นที่เหมาะสม อายุการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพสาร ความเป็นพิษต่อพริก และการควบคุมวัชพืชในแปลงพริก ผลการศึกษาพบว่า การฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพที่ 1000 ลิตร/เฮกตาร์ ที่ความถี่ต่าง ๆ ลดน้ำหนักแห้งของกันจ้ำขาวได้อย่างน้อย 61.7% การเก็บรักษาสารกำจัดวัชพืชชีวภาพที่ 2, 4 และ 6 เดือน มีประสิทธิภาพในการควบคุมกันจ้ำขาวไม่แตกต่างกับสารที่ใช้หลังผสมทันที ( $p > 0.05$ ) การพ่นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพไม่มีผลต่อพริกในด้านความสูง และขนาดทรงพุ่มของต้นพริก แต่ลดการแตกกิ่งของพริกที่ 22.9–26% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ฉีดพ่นสาร และสารกำจัดวัชพืชชีวภาพมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชประเภทหญ้าและกกในแปลงปลูกพริกไม่แตกต่างจากการตัดและถอนวัชพืช แต่ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชประเภทใบกว้างน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น



ในช่วงแรกก่อนย้ายปลูกพริก สารกำจัดวัชพืชชีวภาพสกัดจากใบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพสามารถใช้ควบคุมวัชพืช และมีความเป็นพิษต่ำต่อพริก สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตพริกปลอดภัยต่อสารกำจัดวัชพืชได้

คำสำคัญ: การควบคุมวัชพืชโดยชีววิธี ความเป็นพิษ พริกหนุ่มเขียว สารกำจัดวัชพืชชีวภาพ อายุการเก็บรักษา

#### Abstract

Bioherbicide is an alternative weed control method to reduce the use of synthetic herbicides. However, the research and development of bioherbicides in the field trial have been limited. This research aimed to study the efficiency of mango leaf extract combined with biosurfactants from bacteria, *Brevibacterium casei* NK8 on weed control in chili. The experiments were conducted for evaluation the appropriate rate and frequency of bioherbicide use, effect of storage time on quality of bioherbicide, toxicity of bioherbicides on chili, and weed control efficacy of bioherbicide in the field trial. The results showed that the application rate of 160 L/hectare with various frequency of use reduced dry weight of *Bidens pilosa* at least 61.7%. The storage time at 2, 4, and 6 months did not affect the quality of bioherbicide in controlling of *B. pilosa* compared with after mixing ( $p>0.05$ ). The application of bioherbicide did not affect the height and canopy of chili plants but reduced branching at 22.9–26% compared with untreated control. In the chili field, bioherbicides provided a good control efficacy on grasses and sedges as well as mowing and hand weeding methods. However, the efficacy of broadleaf control of bioherbicide was less than mechanical control at time before transplanting chili seedlings. Bioherbicide from mango leaf extract combined with biosurfactants exhibited a good weed control efficacy and low toxicity on chili which can lead to future use for weed control in safety chili production.

**Keywords:** biological weed control, toxicity, green chili, bioherbicide, storage time

#### บทนำ

พริก (*Capsicum annum* L.) เป็นพืชผักเศรษฐกิจตระกูล Solanaceae ที่มีการบริโภคภายในประเทศและส่งออก ทั้งในรูปของผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง ในประเทศไทยพบพริกหลากหลายสายพันธุ์ ได้แก่ พริกขี้หนูผลใหญ่ พริกขี้ฟ้า พริกขี้หนูสวน และพริกหยวก (วีระ ภาคอุทัย และ เขียวรัตน์ ศรีสุวรรณนท์, 2557) อย่างไรก็ตาม ในการผลิตพริกพบว่าวัชพืชเป็นศัตรูพืชสำคัญที่ทำความเสียหายให้กับการผลิตพริก โดยวัชพืชในแปลงปลูกพริกจะทำให้ผลผลิตลดลง 60–80% (Khan et al., 2013) เนื่องจากวัชพืชจะแย่งแย่งน้ำ ธาตุอาหาร และแสงแดด รวมทั้งเป็นแหล่งอาศัยของแมลงและโรคที่เข้าทำลายพริกอีกด้วย ทำให้ต้นทุนการผลิตพริก ในด้านการจัดการศัตรูพืชสูงขึ้น (สิริชัย สาธุวิจารณ์ และ ทิพย์ดรุณี สิทธินาม, 2560) ในการป้องกันกำจัดวัชพืชใน





พริกนิยมใช้สารกำจัดวัชพืชเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและสะดวกรวดเร็ว อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีในระยะยาวก่อให้เกิดความเป็นพิษ เป็นอันตรายต่อเกษตรกรผู้ใช้และเกิดสารพิษตกค้างในพืชผลได้

สารกำจัดวัชพืชชีวภาพ (bioherbicides) เป็นสารสกัดจากพืชหรือจุลินทรีย์ที่มีฤทธิ์ในการควบคุมการเจริญเติบโตของวัชพืช เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภค สารกำจัดวัชพืชชีวภาพสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ทางอัลลีโลพาตีเป็นแนวทางหนึ่งที่มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเพื่อใช้แทนสารเคมีกำจัดวัชพืช และควบคุมวัชพืชบางชนิดที่ต้านทานสารกำจัดวัชพืช (Sobia et al., 2021) มีการรายงานประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชชีวภาพสกัดจากไบมะม่วงผสมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพผลิตจากแบคทีเรีย *Brevibacterium casei* NK8 ในการควบคุมวัชพืชระยะหลังออก ในระดับโรงเรือนทดลอง โดยพบว่าสารกำจัดวัชพืชชีวภาพดังกล่าวสามารถควบคุมวัชพืชก้นจ้ำขาว (*Bidens pilosa* L.) ได้ในระดับดี และลดการเจริญเติบโตของหญ้าตีนกา (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) (เจตนัสฤกษ์ อินทรานุช และคณะ, 2565) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการทดสอบประสิทธิภาพของสารในแปลงปลูก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชชีวภาพสกัดจากไบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพในการควบคุมวัชพืชในพริก โดยศึกษาอัตราและความถี่ในการฉีดพ่นสาร ประเมินอายุของการเก็บรักษาหลังผสมสาร ประเมินความเป็นพิษของสารที่มีต่อพริก และประเมินประสิทธิภาพสารในระดับแปลง เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาและต่อยอดการใช้สารสกัดจากไบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพในการกำจัดวัชพืชในการผลิตพริกปลอดภัยต่อไป

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

**การเตรียมสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดไบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ**

เตรียมสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดไบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ โดยใช้ไบมะม่วงบดแห้ง พันธุ์เขียวเสวย และพันธุ์น้ำดอกไม้ ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก สกัดด้วยน้ำผสมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพผลิตจากแบคทีเรีย *Brevibacterium casei* NK8 ที่ใช้กากสกัดน้ำมันรำข้าวเป็นสารตั้งต้นและเติมสารเติมแต่ง ตามสัดส่วนของ เจตนัสฤกษ์ อินทรานุช และคณะ (2565) และเก็บสารที่อยู่ในรูปพร้อมใช้ไว้ที่อุณหภูมิห้อง

**การศึกษาอัตราและความถี่ในการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดไบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่เหมาะสมในการควบคุมวัชพืชก้นจ้ำขาว**

ทำการศึกษาในโรงเรือน โดยเพาะเมล็ดก้นจ้ำขาว (*B. pilosa*) เก็บเมล็ดจากต้นที่พบในพื้นที่ ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก (16°44'04.9"N และ 100°11'36.2"E) เมื่อดันอ่อนมีอายุ 2 สัปดาห์ทำการย้ายปลูก



ใส่ถาดขนาด 20x20x5 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ถาดละ 9 ต้น ในสัปดาห์ที่ 3 หลังการเพาะ ทำการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดจากใบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ 3 อัตรา ได้แก่ 1) กรรมวิธีควบคุม ไม่ฉีดพ่นสาร, 2) อัตรา 500 ลิตร/เฮกตาร์ และ 3) อัตรา 1,000 ลิตร/เฮกตาร์ โดยมีการฉีดพ่นสาร 3 แบบ คือ 1) แบ่งครึ่งฉีด 2 ครั้ง แบบวันเว้นวัน, 2) แบ่งครึ่งฉีด 2 ครั้ง ติดต่อกัน 2 วัน และ 3) ฉีดพ่นครั้งเดียว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ หลังการฉีดพ่น 14 วัน ทำการประเมินประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชโดยวิธีประเมินด้วยสายตา ทำการตัดส่วนเหนือดินของวัชพืชไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และทำการชั่งน้ำหนักแห้ง

**การศึกษาอายุของการเก็บรักษาที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ**

ทำการศึกษาในโรงเรือน โดยเพาะเมล็ดวัชพืชทดสอบ ก้นจ้ำขาว (*B. pilosa*) หลังทำการเพาะเมล็ดได้ 7 วัน ทำการย้ายกล้า จำนวน 6 ต้น ลงในกระถางขนาด 20x20x5 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) หลังย้ายต้นกล้า 7 วัน ทำการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ อัตราที่ดีที่สุดจากการศึกษา ก่อนหน้าฉีดพ่นครั้งเดียว โดยแบ่งเป็น 5 กรรมวิธี ได้แก่ 1) กรรมวิธีควบคุมไม่ฉีดพ่นสาร 2) ใช้สารกำจัดวัชพืชชีวภาพทันทีหลังผสมสูตร 3) เก็บรักษาสารที่อุณหภูมิห้อง 2 เดือน ก่อนใช้ 4) เก็บรักษาสารที่อุณหภูมิห้อง 4 เดือน ก่อนใช้ และ 5) เก็บรักษาสารที่อุณหภูมิห้อง 6 เดือน ก่อนใช้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ หลังการฉีดพ่น 21 วัน ทำการตัดส่วนเหนือดินของวัชพืชไปอบที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักแห้ง

**การศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ต่อการเจริญเติบโตของต้นพริก**

ทำการศึกษาในโรงเรือน โดยเพาะเมล็ดพริกหนุ่มเขียว (จอมทอง 2 F1, บริษัท อีสท์ เวสต์ ซีด จำกัด, จ.นนทบุรี) หลังทำการเพาะเมล็ดได้ 30 วัน ทำการย้ายกล้า ลงกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว จำนวน 1 กล้า/กระถาง หลังย้ายต้นพริก 2 สัปดาห์ ทำการฉีดพ่นสาร โดยแบ่งเป็น 3 กรรมวิธี ได้แก่ 1) กรรมวิธีควบคุมไม่ฉีดพ่นสาร 2) กรรมวิธีฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพ และ 3) สารกำจัดวัชพืชกลูโฟซิเนต (Basta<sup>®</sup>X, Bayer, Thailand) อัตรา 750 กรัมสารออกฤทธิ์/เฮกตาร์ หลังจากนั้นวัดการเจริญเติบโตของพริก (ความสูง, ความกว้างทรงพุ่ม และการแตกกิ่ง) และประเมินความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชชีวภาพควบคุมวัชพืชที่มีต่อต้นพริก เปรียบเทียบกับกรรมวิธี



ควบคุมที่ฉีดพ่นด้วยน้ำกลั่น และประเมินการเจริญเติบโตและความเป็นพิษหลังฉีดพ่นในวันที่ 7, 15 และ 30 วัน โดยวิธีประเมินด้วยสายตาวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรรมวิธีละ 6 ซ้ำ

### การทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดไบโม่ม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพในแปลงปลูกพริก

ทำการศึกษาในแปลงปลูกพริกหนุ่มเขียว (ข้างสยาม 356, บริษัท ทีเอ็นเอส อินดัสตรี จำกัด, จ.สมุทรปราการ) ณ บ้านดงพิบูล ตำบลบึงพระ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก (16.751664, 100.288542) โดยแบ่งเป็น 2 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีควบคุม (เกษตรกรปฏิบัติ กำจัดวัชพืชด้วยวิธีกล) และกรรมวิธีทดสอบ (ฉีดสารกำจัดวัชพืชชีวภาพ) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ปลูกต้นพริก ซ้ำละ 40 ต้น ระยะห่างระหว่างต้น 50 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างแถว 100 เซนติเมตร ให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ ก่อนไถเตรียมแปลงทำการสำรวจชนิดวัชพืช และความหนาแน่นในแปลงปลูก และในกรรมวิธีทดสอบ ทำการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดไบโม่ม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิว อัตรา 1,000 ลิตรต่อเฮกตาร์ บันทึกข้อมูลการควบคุมวัชพืชในแปลงเกษตรกรปฏิบัติ จำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ ก่อนย้ายปลูกพริก หลังย้ายปลูกพริก 21 วัน และหลังย้ายปลูกพริก 42 วัน หลังฉีดพ่นสาร 14 วัน ทำการบันทึกข้อมูลประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช โดยสุ่มเก็บตัวอย่างวัชพืชในขนาดพื้นที่ 0.50x0.50 เมตร ในแต่ละซ้ำ โดยจำแนกเป็นวัชพืชวงศ์หญ้า ประเภทใบกว้าง และประเภทกก และตัดส่วนเหนือดินของวัชพืชมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง

### การประเมินประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช ประสิทธิภาพความเป็นพิษ และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การประเมินประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชโดยวิธีประเมินด้วยสายตา ใช้ระบบ 0-10 (กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2564) โดย 0= ควบคุมไม่ได้, 1-3= ควบคุมได้เล็กน้อย, 4-6= ควบคุมได้ปานกลาง, 7-9= ควบคุมได้ดี และ 10= ควบคุมได้สมบูรณ์ และประเมินความเป็นพิษโดยวิธีประเมินด้วยสายตา ใช้ระบบ 0-10 (กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2564) โดย 0= ไม่เป็นพิษ, 1-3= พิษเล็กน้อย, 4-6= พิษปานกลาง, 7-9= พิษรุนแรง และ 10= พิษปลูกตาย

นำข้อมูลน้ำหนักแห้งของวัชพืช ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช การเจริญเติบโตของพริกและความเป็นพิษของสารต่อพริก มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) และข้อมูลน้ำหนักแห้งของวัชพืชในแปลงปลูก เปรียบเทียบด้วยวิธี Student's T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรม R (R Core Team, 2022)



### ผลการศึกษา

#### อัตราและความถี่ในการฉีดพ่นสารสกัดจากใบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่เหมาะสมในการควบคุมวัชพืชก้นจ้ำขาว

สารสกัดจากใบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพในอัตราและความถี่ในการฉีดพ่นต่างๆ สามารถควบคุมก้นจ้ำขาวได้ทำให้น้ำหนักแห้งก้นจ้ำขาวลดลง 61.7%– 76.7% เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ฉีดพ่น (ตารางที่ 1) โดยอัตราการฉีดพ่น 1,000 ลิตรต่อเฮกตาร์ ฉีดพ่นครั้งเดียว ทำให้น้ำหนักแห้งของก้นจ้ำขาวลดลงมากที่สุด (76.7%) แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ฉีดพ่นอัตรา 1,000 ลิตรต่อเฮกตาร์ ที่ความถี่การฉีดพ่นอื่นๆ และการฉีดพ่นสารที่อัตรา 500 ลิตร/เฮกตาร์ ฉีดพ่นติดต่อกัน เมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชชีวภาพควบคุมวัชพืชจากใบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพต่อการควบคุมก้นจ้ำขาวด้วยสายตา ยืนยันว่าอัตราฉีดพ่น 1,000 ลิตรต่อเฮกตาร์ ฉีดพ่นครั้งเดียว มีประสิทธิภาพในการควบคุมก้นจ้ำขาวมากที่สุด จัดอยู่ในระดับควบคุมได้ดี

ตารางที่ 1 ผลของสารสกัดจากใบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพฉีดพ่นระยะหลังวัชพืชงอกที่อัตราฉีดพ่นและความถี่ต่างๆ ต่อน้ำหนักแห้งก้นจ้ำขาว (*Bidens pilosa* L.) และการประเมินประสิทธิภาพการควบคุม ที่ 14 วันหลังฉีดพ่นสาร โดยมีกรรมวิธีควบคุมไม่ฉีดพ่นสาร

กรรมวิธีทดสอบ	อัตรา (ลิตร/เฮกตาร์) x ความถี่การฉีด (ครั้ง)	น้ำหนักแห้ง (g) <sup>1/</sup>	ประสิทธิภาพการควบคุม <sup>2/</sup>
กรรมวิธีควบคุม	0	1.93 ± 0.17 a	0 e
อัตรา 500 ลิตร/เฮกตาร์ พ่นครั้งเดียว	500 x 1	0.85 ± 0.04 bc	3.33 ± 0.33 d
อัตรา 500 ลิตร/เฮกตาร์ พ่นติดต่อกัน	250 x 2	0.69 ± 0.19 cd	3.67 ± 0.67 cd
อัตรา 500 ลิตร/เฮกตาร์ พ่นวันเว้นวัน	250 x 2	1.12 ± 0.12 b	3.00 ± 0.00 d
อัตรา 1,000 ลิตร/เฮกตาร์ พ่นครั้งเดียว	1000 x 1	0.45 ± 0.05 d	7.33 ± 0.33 a
อัตรา 1,000 ลิตร/เฮกตาร์ พ่นติดต่อกัน	500 x 2	0.74 ± 0.09 bcd	5.67 ± 0.33 b
อัตรา 1,000 ลิตร/เฮกตาร์ พ่นวันเว้นวัน	500 x 2	0.73 ± 0.16 bcd	4.67 ± 0.33 bc

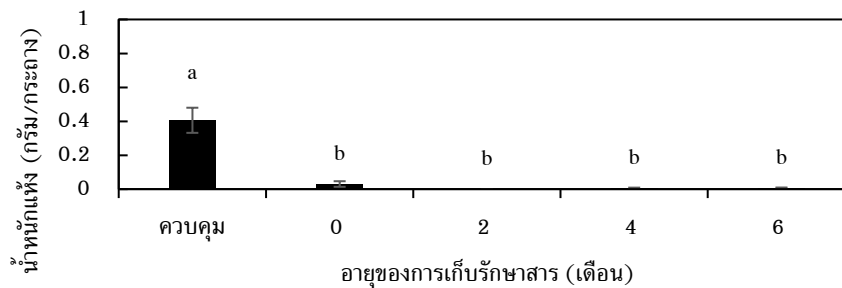
<sup>1/</sup>ตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ด้วยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

<sup>2/</sup>ประเมินด้วยสายตาตามระบบ 0-10 (กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2564) โดย (0=ควบคุมไม่ได้, 1-3=ควบคุมได้เล็กน้อย, 4-6ควบคุมได้ปานกลาง, 7-9 = ควบคุมได้ดี และ10=ควบคุมได้สมบูรณ์ )



## อายุของการเก็บรักษาที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

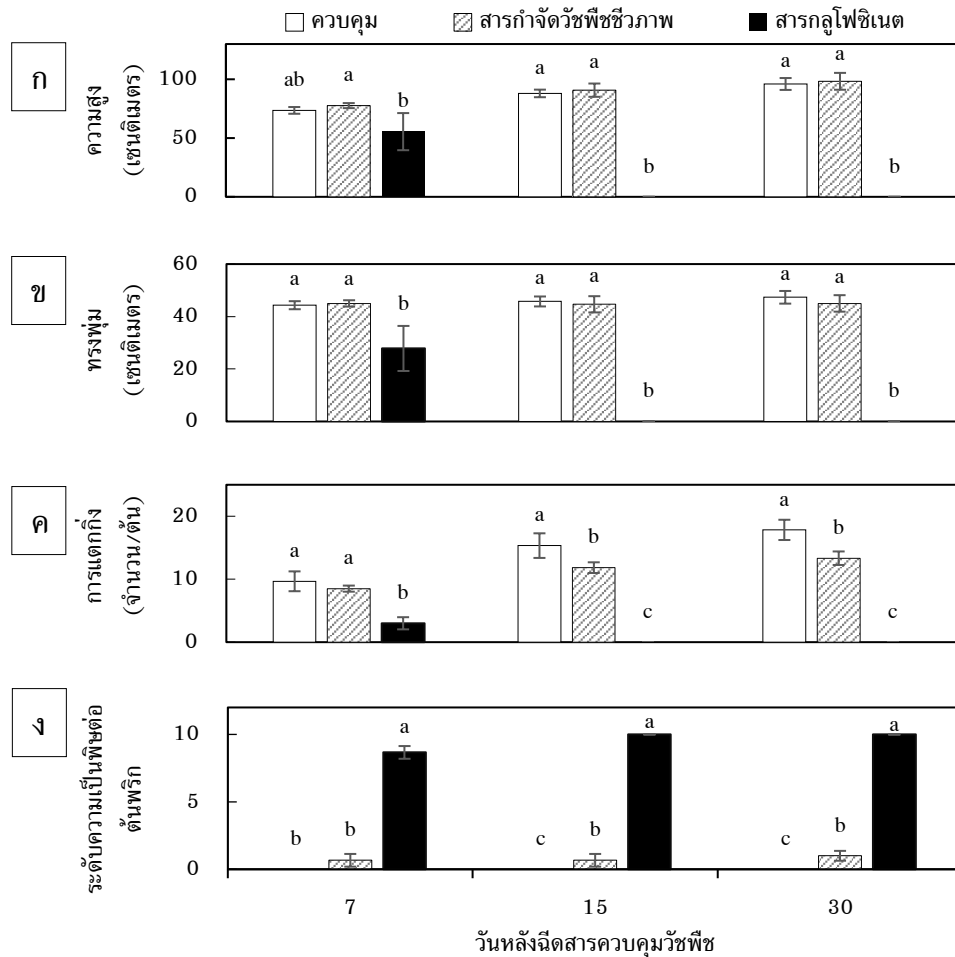
การฉีดพ่นสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ที่มีอายุการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่าการเก็บสารที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2, 4 และ 6 เดือน ให้ประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากการใช้สารทันทีหลังผสม (ภาพที่ 1) และสารกำจัดวัชพืชชีวภาพสามารถควบคุมกันจ้ำขาวโดยทำให้ น้ำหนักแห้งลดลง 92.7 – 100% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการควบคุมไม่ฉีดพ่นสารการเก็บสารที่อายุต่าง ๆ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1 น้ำหนักแห้งของกันจ้ำขาวหลังการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ในอายุของการเก็บรักษาต่าง ๆ โดย ควบคุม, 0, 2, 4, 6 คือ กรรมวิธีควบคุมไม่ฉีดพ่นสาร, การฉีดพ่นสารทันทีหลังผสมสูตร, การเก็บรักษาไว้ที่ 2, 4 และ 6 เดือน ตามลำดับ (ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)

## ความเป็นพิษของสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ต่อการเจริญเติบโตของต้นพริก

การศึกษาความเป็นพิษหลังการฉีดพ่นสารสกัดจากใบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่อัตรา 1,000 ลิตร/เฮกตาร์ ฉีดพ่นครั้งเดียวต่อการเจริญเติบโตของพริก พบว่า ในวันที่ 7 หลังฉีดพ่นสารกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยสารกลูโฟซิเนต ลดความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และการแตกกิ่ง คิดเป็น 24.6, 37.2 และ 67% ตามลำดับ (ภาพที่ 2) ในขณะที่กรรมวิธีที่ฉีดพ่นสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพไม่มีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของต้นพริก เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมฉีดพ่นด้วยน้ำ แต่ในวันที่ 15 และ 30 วัน หลังฉีดพ่นสารในแต่ละกรรมวิธี สารกลูโฟซิเนตมีความเป็นพิษรุนแรงทำให้ต้นพริกตาย ในขณะที่สารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพไม่ได้ส่งผลกระทบต่อความสูงและทรงพุ่มของพริก (ภาพที่ 2ก และ 2ข) แต่ลดการแตกกิ่งของพริก คิดเป็น 22.8 และ 26% ตามลำดับ (ภาพที่ 2ค) เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ฉีดพ่นสาร ความเป็นพิษของสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจัดอยู่ในระดับมีความเป็นพิษเล็กน้อยต่อต้นพริก (ภาพที่ 2ง)



ภาพที่ 2 ความเป็นพิษของสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของพริกหนุ่มเขียว ก) ความสูง ข) ความกว้างทรงพุ่ม ค) การแตกกิ่ง และ ง) ระดับความเป็นพิษต่อต้นพริก โดยการประเมินด้วยสายตา ใช้ระบบ 0-10 (กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2564) โดย 0= ไม่เป็นพิษ, 1-3= พิษเล็กน้อย, 4-6= พิษปานกลาง, 7-9= พิษรุนแรง และ 10= พืชปลุกตาย ที่ระยะเวลา 7, 15 และ 30 วัน ใช้กรรมวิธีที่ไม่ฉีดพ่นสาร และสารกำจัดวัชพืชกลูโฟซิเนต เป็น negative และ positive control ตามลำดับ (ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)

**ประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพในแปลงปลูกพริก**

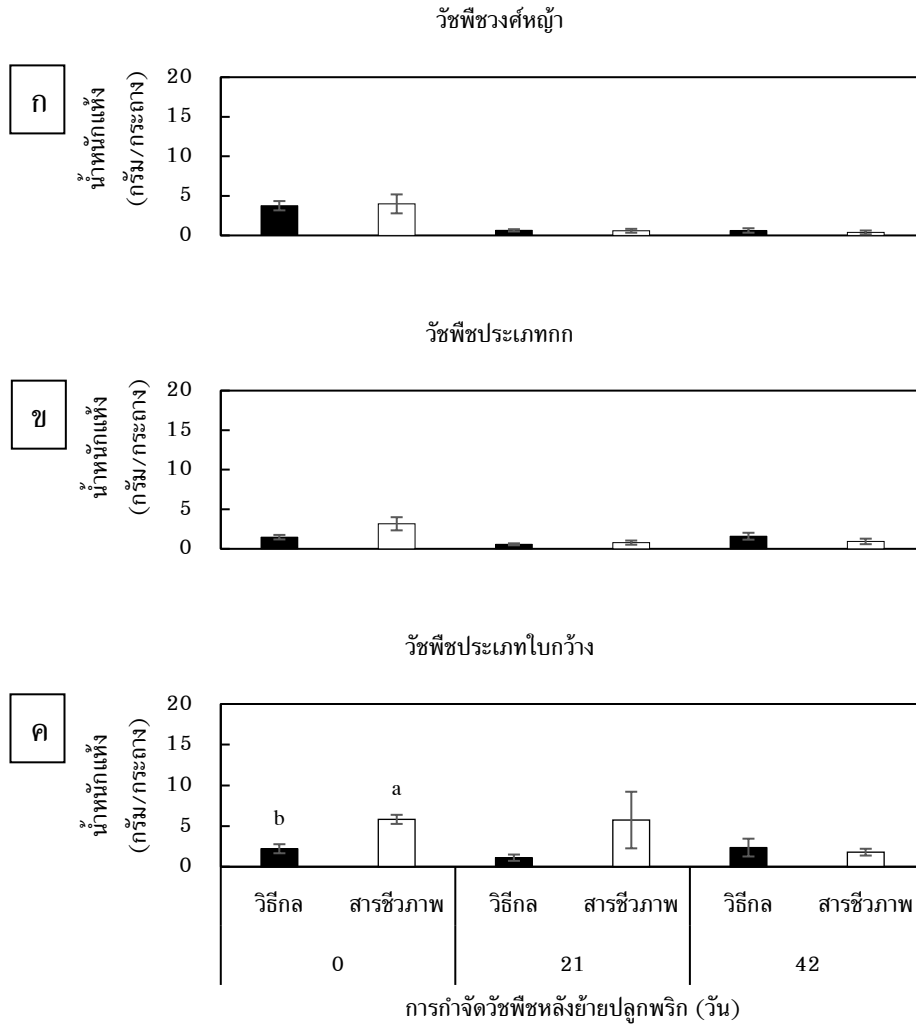
จากการสำรวจชนิดและความหนาแน่นของวัชพืชในแปลงพริกก่อนไถปลูก ณ บ้านดงพิบูล ตำบลบึงพระ อำเภอมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก พบวัชพืชทั้งหมด 12 ชนิด จัดจำแนกเป็นวัชพืชวงศ์หญ้า ประเภทใบกว้าง และวัชพืชประเภทก ก จำนวน 3, 5 และ 4 ชนิด ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดยในวัชพืชที่พบในปริมาณมาก 5 ลำดับแรก ได้แก่ กกดอกขาว, หมากลิ้นน้ำค้าง, กระจ่าจามใหญ่, หญ้าตีนกา และกกขนาก ที่ความหนาแน่น 1,768, 390, 244, 136 และ 80 ต้น/ตร.ม. ตามลำดับ



การประเมินประสิทธิภาพของสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพในการควบคุมวัชพืชในแปลงพริก เปรียบเทียบกับกรรมวิธีของเกษตรกรที่ใช้การตัดหญ้าและถอนหญ้าเพียงอย่างเดียว พบว่าสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพสามารถควบคุมวัชพืชวงศ์หญ้า และกก ไม่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี ในช่วงระยะเวลาก่อนย้ายปลูก, หลังย้ายปลูก 21 วัน และหลังย้ายปลูก 42 วัน (ภาพที่ 3ก, 3ข) ในขณะที่ประสิทธิภาพของสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพต่อวัชพืชประเภทใบกว้าง พบว่าในช่วงระยะเวลาก่อนย้ายปลูกมีประสิทธิภาพควบคุมวัชพืชประเภทใบกว้างได้น้อยกว่ากรรมวิธีกล แต่ช่วงหลังย้ายปลูก 21 วัน และหลังย้ายปลูก 42 วัน ประสิทธิภาพของสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพสามารถควบคุมวัชพืชใบกว้างไม่แตกต่างจากกรรมวิธีกล (ภาพที่ 3ค)

ตารางที่ 2 ชนิด ความหนาแน่นและน้ำหนักแห้งของวัชพืชที่พบในแปลงพริกในการศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

วงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ประเภท	ความหนาแน่น (ต้น/ ตร.ม.)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ตร.ม.)
Amaranthaceae	<i>Gomphrena celosioides</i> Mart.	บานไม่รู้โรยป่า	ใบกว้าง	16±0	9.5±0
Asteraceae	<i>Praxelis clematidea</i> (Griseb.) R.M.King & H.Rob.	สาบม่วง	ใบกว้าง	8±0	0.8±0
Brassicaceae	<i>Rorippa indica</i> (L.) Hiern	หญ้าผักกาดนก	ใบกว้าง	12±0	0.9±0
Cyperaceae	<i>Cyperus brevifolius</i> (Rottb.) Hassk.	กกดอกขาว	กก	1,768±45.3	35.5±13
Cyperaceae	<i>Cyperus difformis</i> L.	กกขนาก	กก	80±45.3	7.2±6.7
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	แห้วหมู	กก	66±53.7	8.6±8.8
Cyperaceae	<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl.	หนวดปลาชุก	กก	76±33.9	14.4±6.2
Poaceae	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	หญ้าข้าวนกสีชมพู	ใบแคบ	56±11.3	18.6±3.1
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	หญ้าตีนกา	ใบแคบ	136±90.5	40.6±43.7
Poaceae	<i>Leptochloa chinensis</i> (L.) Nees	หญ้าดอกขาว	ใบแคบ	62±0	41.3±0
Scrophulariaceae	<i>Lindernia antipoda</i> (L.) Alston	หมากลิ้นน้ำค้าง	ใบกว้าง	390±65.1	26.8±7.3
Scrophulariaceae	<i>Scoparia dulcis</i> L.	กระต่ายจามใหญ่	ใบกว้าง	244±0	11.4±8.9



ภาพที่ 3 น้ำหนักแห้งของวัชพืชจำแนกเป็น ก) วัชพืชวงศ์หญา ข) วัชพืชประเภทกก และ ค) วัชพืชประเภทใบกว้างในวันที่ 14 หลังจากทำการควบคุม เปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีกล และกรรมวิธีสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ โดยมีการควบคุมวัชพืช 3 ระยะ ได้แก่ 0 (ก่อนย้ายปลูกพริก), 21 และ 42 วัน หลังย้ายปลูกพริก (อักษรที่แตกต่างกันในช่วงวันหลังย้ายปลูกเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)

### อภิปรายผลการศึกษา

สารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชกันจ้ำขาว โดยอัตราและความถี่ที่ดีที่สุดในการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพ คือ 1,000 ลิตร/เฮกตาร์ ฉีดพ่นครั้งเดียว ซึ่งสามารถควบคุมกันจ้ำขาวได้ 76.7% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมไม่ฉีดพ่นสาร สอดคล้องกับการรายงานประสิทธิภาพสารโดย เจตน์สฤษฏ์ อินทรานุช และคณะ (2565) ที่พบว่า สารกำจัดวัชพืชชีวภาพสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ที่ 1,000 ลิตร/เฮกตาร์ ฉีดพ่นครั้งเดียว สามารถควบคุมวัชพืชประเภทหญ้าได้ โดยควบคุมหญ้าตีนกาได้ 78.8% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมไม่ฉีดพ่นสาร โดยอาการของกันจ้ำขาวหลังฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช





ชีวภาพใน 1 วัน จะเกิดอาการใบเหลือง จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแห้งและไหม้ คล้ายคลึงกับอาการความเป็นพิษที่ได้รับหลังจากฉีดพ่นสารในกลุ่มสารสัมผัสทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ (contacts-membrane disrupters) เช่น ไตควอต และ พาราควอต (ทศพล พรพรม, 2554) สารสกัดจากใบมะม่วงสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชทั้งในกลุ่มใบเลี้ยงเดี่ยว ใบเลี้ยงคู่ และกก โดยสารออกฤทธิ์จัดอยู่ในกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ เช่น coumaric, vanillic, caffeic, cinnamic, gallic, methyl gallate และ quercetin เป็นต้น (Kato-Noguchi and Kurniadie, 2020) โดยสารสกัดจากใบมะม่วงจากต่างสายพันธุ์ พบฤทธิ์ทางอัลลีโลพาตีที่ไม่แตกต่างกัน (Khan et al. 2013) ในขณะที่สารลดแรงตึงผิวชีวภาพผลิตจาก *B. casei* NK8 มีคุณสมบัติเหมือนกับสารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์ และมีข้อดี คือปลอดภัย ย่อยสลายทางชีวภาพ และทำงานในสภาวะวิกฤตได้ (กัญญารัตน์ สีขาว และ ณิชากร คอนดี, 2564) การผสมการใช้สารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพผลิตจาก *B. casei* NK8 ช่วยเสริมประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชชีวภาพในการกำจัดวัชพืชให้สูงขึ้น

หลังผสมสูตรให้อยู่ในรูปพร้อมใช้ สารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 6 เดือน โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมกันกำจัดวัชพืชทดสอบในสภาพโรงเรือนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หลังผสมทันที หรือที่อายุการเก็บรักษา 2 และ 4 เดือน สอดคล้องกับรายงานในการรักษาสภาพสารสกัดสระณะแห้งผสมสารเสริมประสิทธิภาพ โดยการเก็บรักษานาน 2, 4 และ 6 เดือน ยังคงให้ผลการยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าวัชพืช 3 ชนิด คือ ผักโขม ตีนตุ๊กแก และหญ้าตีนกาได้ 100% หลังทดสอบในห้องปฏิบัติการ (สุมาลี เม่นสิน และคณะ, 2564)

การทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชเพื่อขึ้นทะเบียน จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความเป็นพิษของสารต่อพืชปลูกประกอบกัน (กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2564) การพ่นสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพในพริก พบว่าไม่มีผลต่อพริกในด้านความสูง และขนาดทรงพุ่มของต้นพริก แต่ลดการแตกกิ่งของพริกที่ 22.9-26% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ฉีดพ่นสาร อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับผลความเป็นพิษสารกำจัดวัชพืชกลูโฟซิเนตซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชสังเคราะห์ พบว่าสารกลูโฟซิเนตมีความเป็นพิษต่อต้นพริกรุนแรง และทำให้พริกตาย เนื่องจากกลูโฟซิเนตจัดอยู่ในสารประเภทไม่เลือกทำลาย (nonselective herbicide) โดยมีกลไกการทำงานโดยยับยั้งการสร้างเอนไซม์ glutamine synthetase (GS) ซึ่งเป็นเอนไซม์หลักที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์กรดอะมิโน-กลูตามีน สารมีการเคลื่อนที่ได้อย่างจำกัดในพืช อาการความเป็นพิษในพืชจึงคล้ายกับสารประเภทสัมผัส (contact herbicides) (Shaner, 2014) โดยอาการความเป็นพิษของพริกที่เกิดจากการได้รับสารกำจัดวัชพืชจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกลไกการทำงานของสาร (Gilreath et al., 2001) การลดความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพสามารถทำได้โดยฉีดพ่นให้ละอองสารไม่สัมผัสกับพืชปลูก



สารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชประเภทหญ้าและกกในแปลงปลูกพริกไม่แตกต่างจากการตัดและถอนวัชพืช ( $p>0.05$ ) แต่ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชประเภทใบกว้างน้อยกว่ากรรมวิธีกลด้วยการถอนและตัดวัชพืช เนื่องจากชนิดวัชพืชประเภทใบกว้างในแปลงพริกมีความหนาแน่นมาก จึงทำให้การใช้สารกำจัดวัชพืชชีวภาพมีข้อจำกัด ซึ่งการถอนวัชพืชเป็นวิธีการกำจัดวัชพืชฤดูเดียวที่มีประสิทธิภาพสูง แต่เหมาะกับพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก และการตัดวัชพืชจะช่วยลดการขยายพันธุ์ของวัชพืชได้ชั่วคราว (รังสิต สุวรรณเชตนิคม, 2547) อย่างไรก็ตามในการกำจัดวัชพืชในแปลงปลูกพริกเพื่อลดการใช้สารเคมีให้มีประสิทธิภาพดี ควรใช้วิธีบูรณาการการจัดการวัชพืช ใช้สารกำจัดวัชพืชชีวภาพร่วมกับวิธีกลหรือเขตกรรม เช่น การคลุมแปลงปลูกด้วยพลาสติก การตัดหญ้าหรือตายหญ้าระหว่างร่องแปลง เป็นต้น

### สรุปผลการศึกษา

สารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากสารสกัดใบมะม่วงร่วมกับสารลดแรงตึงผิวชีวภาพมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช โดยอัตราและความถี่ในการฉีดพ่นสารที่ 1,000 ลิตร/เฮกตาร์ ฉีดพ่นครั้งเดียว มีประสิทธิภาพการควบคุมก้นจำขาวอยู่ในระดับดี อายุของการเก็บรักษาสารกำจัดวัชพืชชีวภาพ สารจะมีประสิทธิภาพใช้ได้ตั้งแต่หลังผสมสูตรจนถึงการเก็บรักษา 6 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง และช่วงเวลาการเก็บรักษาดังกล่าวสามารถควบคุมก้นจำขาว โดยทำให้น้ำหนักแห้งลดลง 92.7 – 100% เทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ฉีดพ่นสาร ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจัดอยู่ในระดับเป็นพิษเล็กน้อยต่อต้นพริก และการใช้สารกำจัดวัชพืชชีวภาพในแปลงปลูกพริก พบประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการกำจัดวัชพืชโดยวิธีกล โดยสามารถควบคุมวัชพืชประเภทใบกว้าง, กก และวัชพืชวงศ์หญ้าได้ สารกำจัดวัชพืชชีวภาพสกัดจากใบมะม่วงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพสามารถใช้ควบคุมวัชพืช และมีความเป็นพิษต่ำต่อพริก สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตพริกปลอดภัยต่อสารกำจัดวัชพืชได้

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณเย็น ขวัญพลอย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่แปลงปลูกพริก และสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ สำหรับการสนับสนุนงบประมาณแก่ศูนย์วิจัยควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีแห่งชาติ ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร ในการวิจัยภายใต้แผนโครงการ สัญญาเลขที่ N21A650767



## เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มวิจัยวัชพืช. (2564). คำแนะนำแผนและรายงานผลการทดลองประสิทธิภาพกำจัดวัชพืชเพื่อขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2564. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช (กรมวิชาการเกษตร).
- กัญญารัตน์ สีขาว และ ณิชากร คอนดี. (2564). การประยุกต์ใช้สารละลายจากฟองของสารลดแรงตึงผิวชีวภาพจาก *Brevibacterium casei* NK8 เป็นสารชีวภาพเสริมประสิทธิภาพทางการเกษตร. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาตินเรศวรวิจัยและนวัตกรรม ครั้งที่ 17 (น. 141-152). มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก.
- เจตน์สถุณี อินทรานุช, อนาวินต์ จันสว่าง, ณิชากร คอนดี, และสุพรรณิกา อินตะนันท์. (2565). ประสิทธิภาพของสารกำจัดวัชพืชชีวภาพจากไบโมาแมงผสมสารลดแรงตึงผิวชีวภาพในการควบคุมวัชพืชระยะหลังออก. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการนวัตกรรมการเกษตร และทรัพยากรธรรมชาติ ครั้งที่ 1 (น. 336-342). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.
- ทศพล พรพรหม. (2554). สารป้องกันกำจัดวัชพืช : หลักการและกลไกการทำลายพืช (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รังสิต สุวรรณเขตนิกม. (2547). สารป้องกันกำจัดวัชพืช : พื้นฐานและวิธีการใช้ (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วีระ ภาคอุทัย และเยาวรัตน์ ศรีวรานนท์. (2557). พริก ปลูกอย่างไรในภาวะโลกกำลังร้อน. กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- ลิริชัย สาธุจิราภรณ์ และทิพย์ตระกูลณี สิทธินาม. (2560). การจัดการวัชพืชแบบผสมผสานในพริก. กรมวิชาการเกษตร: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2560 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.
- สุมาลี เม่นสิน, กวีวัฒน์ บุญคาน, วิจิตรา บุรุษภักดี, และวราภรณ์ พรหมศร. (2564). โครงการวิจัยสารชีวภัณฑ์และสารทดแทนสารเคมีเกษตรเพื่อการเพาะปลูกพืชที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมบนพื้นที่สูง: แผนงานวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตรบนพื้นที่สูง. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน).
- Gilreath, J. P., Chase, C. A., & Locascio, S. J. (2001). Crop injury from Sublethal Rates of Herbicide. III. Pepper, *HortScience*, 36, 677-681.
- Kato-Noguchi, H. & Kurniadie, D. (2020). Allelopathy and allelopathic substances of mango (*Mangifera indica* L.). *Weed Biology and Management*, 20, 131-138.



Khan, A., Muhammad, S., Hussain, Z. & Khattak, A. M. (2013). Effect of different weed control methods on weeds and yield of chillies (*Capsicum annum L.*). *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 18, 71–78.

R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing Vienna, Austria.

Shaner, D.L. (2014). *Herbicide Handbook* (10th ed.). Weed Science Society of America.

Sobia, A., Saadia, N., Saira, K., Muhammad, R. A., Ahmed, A. & Zahid, A. (2021). Bioherbicidal activity and metabolic profiling of potent allelopathic plant fractions against major weeds of wheat—Way forward to lower the risk of synthetic herbicides. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1–19.



## ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+

### ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

ธัญญา เสริมชูธรรม<sup>1</sup>, นันทิมา นาคาพงศ์ อัศวรักษ์<sup>1</sup> และ วรรณญา อุบลคำ<sup>1\*</sup>

### Technology Acceptance Factor Affects Decision to Using Nu More+

### Application of Undergraduate at Naresuan University

Thananya Sroemchutham<sup>1</sup>, Nanthima Nakaphong Asvaraksha<sup>1</sup> and Waranya Ubomkham<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาบริหาร วิจัย และพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Administration research and development of Education, Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding Author, email: waranyau65@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี และการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ 2) เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ โดยกลุ่มตัวอย่างคือนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2565 จำนวน 375 คน เครื่องมือในการวิจัยใช้แบบสอบถามที่มีความตรงเชิงเนื้อหา ระหว่าง 0.67 ถึง 1.00 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์สถิติถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า 1) ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีโดยภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (M = 4.15, SD = 0.48) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (M = 3.66, SD = 0.27) รองลงมาคือ ด้านการรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน (M = 3.65, SD = 0.33) ด้านการรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย (M = 3.53, SD = 0.32) ตามลำดับ การตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ โดยภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (M = 3.65, SD = 0.30) 2) ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ 0.737 มีค่าอำนาจการพยากรณ์เท่ากับ 0.544 โดยปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกด้าน เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ด้านการรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน (X<sub>1</sub>) ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (X<sub>2</sub>) และด้านการรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย (X<sub>3</sub>) สามารถเขียนสมการพยากรณ์ในรูปของคะแนนมาตรฐานได้ดังนี้  $ZY = 0.324ZX_1^{**} + 0.302ZX_2^{**} + 0.232ZX_3^{**}$

คำสำคัญ: การยอมรับเทคโนโลยี การตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน แอปพลิเคชัน



### Abstract

The purposes of this research were 1) To study the technology acceptance factor and decision to using NU MORE+ application. 2) To study the influence of technology acceptance factor that affect the decision to using NU More+ application. The sample group was 375 undergraduate students in academic year 2022 at Naresuan University. The research tool used a questionnaire with content validity between 0.67 to 1.00. The data were analyzed by frequency, percentage, mean, standard deviation, and multiple regression statistical analysis. The findings were found that 1) The overall technology acceptance factor had an average score at a high level ( $M = 4.15$ ,  $SD = 0.48$ ). When considering each aspect, it was found that the perception of easy to use had the highest average score ( $M = 3.66$ ,  $SD = 0.27$ ) and followed by the perception of usefulness from use ( $M = 3.65$ ,  $SD = 0.33$ ) and the perception of security risk ( $M = 3.53$ ,  $SD = 0.32$ ). The decision to using the NU More+ application was found that the overall had an average score at a high level ( $M = 3.65$ ,  $SD = 0.30$ ). 2) The technology acceptance factor had a multiple correlation coefficient of 0.737 with a predictive power of 0.544. The technology acceptance factor that influences the decision to using the NU More+ application at the statistical significance of 0.01 level in all aspects. The descending order were the perception of usefulness from use ( $x_1$ ), the perception of easy to use ( $x_2$ ), the perception of security risk ( $x_3$ ). The forecasting equation in terms of standardized score were follows  $ZY = 0.324ZX_1^{**} + 0.302ZX_2^{**} + 0.232ZX_3^{**}$

**Keywords:** Accepting Technology, Decision to using Application, Application

### บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตประจำวันและการดำเนินธุรกิจมากขึ้น บทบาทของเทคโนโลยีจะไม่ได้จำกัดอยู่ที่ระดับของธุรกิจเท่านั้น แต่ได้แผ่ขยายเข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของบุคคลทั่วไป รวมถึงการศึกษา ดังนั้นจะเห็นได้จากการมีโทรศัพท์มือถือ การใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการติดต่อสื่อสาร เป็นต้น ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมกำลังขยายเป็นวงกว้าง ก่อให้เกิดการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี ตามนโยบายของภาครัฐที่ส่งเสริมการขับเคลื่อนประเทศไทยเข้าสู่ยุคดิจิทัลไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งการทำงาน การศึกษา และการใช้ชีวิตประจำวันในปัจจุบันเน้นการติดต่อสื่อสารผ่านช่องทางโซเชียลเป็นหลัก เพราะมีความรวดเร็วและช่วยจัดระเบียบข้อมูล สืบรองข้อมูล ตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังได้ และด้วยยุคสมัยและเทคโนโลยีการสื่อสารที่เปลี่ยนไป ทำให้เรามีพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน เพื่อปรับให้ทันกับยุคสมัยที่เปลี่ยนไป และในปัจจุบันไม่จำเป็นต้องทำงานหรือเรียนผ่านคอมพิวเตอร์อีกต่อไป แต่ยังสามารถทำผ่านทางแท็บเล็ตหรือว่าสมาร์ตโฟนได้เช่นกัน เพราะโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ ถูกสร้างเป็นแอปพลิเคชันในสมาร์ตโฟน ทำให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลถึงกันได้สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น และหากจะกล่าวถึงแอปพลิเคชัน คนส่วนใหญ่คงรู้จักดีในเรื่องของหน้าตาของแต่ละแอปพลิเคชันและประโยชน์ของแอป



พลิกเคชันผ่านอินเทอร์เน็ต ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่อำนวยความสะดวกในการสื่อสารที่ได้รับความนิยมมากในประเทศไทยในปัจจุบัน

แอปพลิเคชัน เอ็น ยู มอ พลัส เขียนเป็นภาษาอังกฤษ Application NU More+ คือแอปพลิเคชันทางเลือกใหม่ที่สะดวกยิ่งขึ้นต่อบริบทการใช้ชีวิต (Lifestyle) ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยเป็นความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยนเรศวรกับธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน) ซึ่งได้เริ่มเปิดให้นิสิตปริญญาตรีดาวน์โหลด (Download) ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2562 เป็นต้นมา และได้กระแสตอบรับดีมากจากนิสิตปริญญาตรีมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีจำนวนยอดดาวน์โหลด 15,979 ครั้ง จากนิสิตปริญญาตรีจำนวน 22,201 คน คิดเป็น 72 เปอร์เซ็นต์จากนิสิตปริญญาตรีจำนวนทั้งหมด (ข้อมูล ปี พ.ศ. 2561) และมียอดดาวน์โหลดสูงสุดใน App store ตั้งแต่วันที่ 23 พฤศจิกายน 2562 ยาวนานต่อเนื่อง 1 สัปดาห์ และในช่วงชำระเงินค่าลงทะเบียนเรียนของมหาวิทยาลัยนเรศวร เมื่อวันที่ 9 – 16 ธันวาคม 2565 ที่ผ่านมา พบว่ามีนิสิตปริญญาตรีชั้นปริญญาตรี ปริญญาโท ปริญญาเอก ชำระเงินผ่านทางแอปพลิเคชัน NU More+ จำนวน 2,547 รายการ คิดเป็นจำนวนเงิน 46 ล้านบาท และเป็นแอปพลิเคชันที่เชื่อมโยงกับบัตรประจำตัวนิสิตปริญญาตรีและช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัยนเรศวรทั้งทางด้านบริการทางการศึกษา ด้านที่พักอาศัยมีระบบจัดการห้องพัก ด้านสุขภาพ ด้านบริการทางการเงินเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน เค พลัส (Application K PLUS) ของธนาคารกสิกรไทย เป็นแพลตฟอร์มการเรียนรู้นับช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-learning) และข้อมูลที่เป็นประโยชน์ยังสามารถเป็นพื้นที่เพื่อการเรียนรู้นอกเหนือจากห้องเรียน (Co-learning Space) ได้ดีอีกด้วย (ไพศาล มุณีสว่าง, 2562)



รูปที่ 1 แอปพลิเคชัน เอ็น ยู มอ พลัส (Application NU More+)

การยอมรับเทคโนโลยีจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเลือกใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ซึ่งพรชนก พลาบุลย์ (2560) ได้กล่าวว่า “การยอมรับการใช้เทคโนโลยี หมายถึง กระบวนการทางจิตใจของบุคคลที่เริ่มต้นจากการเริ่มรู้เกี่ยวกับแนวความคิดใหม่และนำไปสู่การตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธเทคโนโลยีนั้นๆ” จากการสังเคราะห์งานวิจัยของ (ชยาภรณ์ กิตติพิธิชัย, 2559 ; สิทธิชัย ภูเขาแก้ว, 2561 ; รมยพร กิติเวียง และ สุทธิพงษ์ สุวรรณสาธิต, 2562



; ณรงค์เกียรติ อ่ำบุญ, 2563 ; อนาวิน ศักดิ์สูง อัครนิย ฌ น่าน และทัตษกร ศรีสุข, 2563) พบว่า การยอมรับเทคโนโลยีควรประกอบด้วยปัจจัยที่สำคัญ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน หมายถึง ผู้ใช้รับรู้ถึงประโยชน์ของแอปพลิเคชันที่มี ความสะดวกตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ ช่วยลดระยะเวลา ประหยัดค่าใช้จ่าย 2) การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน หมายถึง ผู้ใช้สามารถใช้แอปพลิเคชันได้โดยไม่ต้องอาศัยความรู้ด้านเทคโนโลยีมากนักในการเรียนรู้ด้วยตนเองที่จะใช้แอปพลิเคชัน มีการออกแบบนำใช้งาน ทันสมัย ขั้นตอนการใช้งานไม่มีความซับซ้อน รองรับการใช้งานได้หลากหลายระบบไม่จำกัดว่าจะเป็นระบบ Android และ IOS และสามารถใช้งานได้ทุกที่ ทุกเวลาที่มีอินเทอร์เน็ต 3) การรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย หมายถึง ผู้ใช้รับรู้ถึงมาตรการรักษาความปลอดภัยและความถูกต้องแม่นยำที่เกี่ยวข้องกับการทำธุรกรรมผ่านแอปพลิเคชัน รวมถึงการที่ผู้ใช้พิจารณาถึงผลลัพธ์หรือความเสี่ยงของความปลอดภัยในการเก็บข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้งาน การส่งหลักฐานยืนยันการชำระในรูปแบบใบเสร็จอิเล็กทรอนิกส์เมื่อใช้บริการชำระค่าธรรมเนียมการศึกษา การแจ้งเตือนเมื่อเข้าใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นการลงทะเบียนเรียน การชำระค่าธรรมเนียม การปกปิดข้อมูลส่วนตัว การกรอกข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งไม่มีรายละเอียดข้อมูลที่ลึกซึ้งและข้อมูลนี้ไม่สามารถนำไปใช้ในทางอื่น ๆ ได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชันในด้านต่าง ๆ ของการยอมรับเทคโนโลยีและเป็นแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชัน NU More+ ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้บริการที่เป็นนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร ต่อไป

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี และการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

#### วัตถุประสงค์และวิธีการ

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง  
ประชากร ได้แก่ นิสิตปริญญาตรีระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2565  
จำนวน 5,752 คน





กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นิสิตปริญญาตรีระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2565 ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณโดยใช้สูตรของทาโร่ ยามานะ (Taro Yamane, 1973) และการสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) จำนวน 375 คน

## 2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรพยากรณ์ ได้แก่ ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี ประกอบด้วยด้านการรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน และด้านการรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย

ตัวแปรเกณฑ์ ได้แก่ การตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามแนวคิดของลิเคิร์ต (Likert, 1967) ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ซึ่งแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ ระดับชั้นปี และคณะที่กำลังศึกษา

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน และด้านการรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย ที่มีข้อความจำนวน 24 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่มีข้อความจำนวน 7 ข้อ

## 4. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

1. การศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ หนังสือ เอกสาร Website ต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีเนื้อหาครอบคลุมปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+

2. สร้างแบบสอบถามเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบเนื้อหาและให้ข้อเสนอแนะ

3. นำแบบสอบถามผ่านการปรับปรุงแก้ไขและผ่านการพิจารณาลั่นกรองจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาข้อความแต่ละข้อความว่ามีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่

4. กำหนดเกณฑ์ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แล้ววิเคราะห์หา IOC มีค่าระหว่าง 0.67 ถึง 1.00 และนำแบบสอบถามมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาอีกครั้ง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น



5. นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try Out) กับนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 30 คน แล้ววิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาตามวิธีการของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีการยอมรับเทคโนโลยีเท่ากับ .81 และได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ เท่ากับ .76

6. นำแบบสอบถามที่ผ่านการทดลองใช้แล้ว มาปรับปรุงและจัดทำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยต่อไป

#### 5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขอนหนังสือจากทางคณะศึกษาศาสตร์เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. ติดตามรวบรวมเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง แล้วทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูลในแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืนมา จำนวน 375 ฉบับ คิดเป็น 100%

4. นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

#### 6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัย แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. สถิติเชิงพรรณนา (Description Statistics) การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามและตัวแปรที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ทราบลักษณะของการแจกแจงตัวแปรแต่ละตัวเป็นการวิเคราะห์ที่ใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของตัวแปรแต่ละตัวที่ใช้ในการศึกษาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติคำนวณ

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic) เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลระหว่างตัวแปรในรูปของการทำนายโดยประกอบด้วย การยอมรับเทคโนโลยีเป็นตัวแปรทำนาย และการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ เป็นตัวแปรเกณฑ์โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ด้วยเทคนิค Enter ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

#### ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 375 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 204 คน คิดเป็นร้อยละ 54.4 และเพศชาย จำนวน 171 คน คิดเป็นร้อยละ 45.6 ส่วนใหญ่ศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 3 จำนวน 129 คน คิดเป็นร้อยละ 34.4 รองลงมาชั้นปีที่ 2 จำนวน 105 คน คิดเป็นร้อยละ 28.8



ส่วนใหญ่ศึกษาอยู่คณะนิติศาสตร์ และคณะมนุษยศาสตร์ จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 12.00 เท่ากัน รองลงมา คณะเภสัชศาสตร์ จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 7.7 ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี และการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี และการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี	M	S.D.	ระดับ
<b>ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี</b>			
การรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน	3.65	0.33	มาก
การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน	3.66	0.27	มาก
การรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย	3.53	0.32	มาก
<b>รวม</b>	<b>4.15</b>	<b>0.48</b>	<b>มาก</b>
<b>การตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+</b>	<b>3.65</b>	<b>0.30</b>	<b>มาก</b>

จากตารางที่ 1 ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีโดยภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (M = 4.15, SD = 0.48) ซึ่งเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (M = 3.66, SD = 0.27) รองลงมาคือ ด้านการรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน (M = 3.65, SD = 0.33) ด้านการรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย (M = 3.53, SD = 0.32) ตามลำดับ และการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (M = 3.65, SD = 0.30)

3. ผลการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีกับการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตัวแปร	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y
<b>ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี</b>				
การรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน (X <sub>1</sub> )	1			
การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (X <sub>2</sub> )	.618**	1		
การรับรู้ความเสี่ยงด้านความปลอดภัย (X <sub>3</sub> )	.580**	.615**	1	



ตัวแปร	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y
การตัดสินใจเลือกศึกษาต่อ (Y)	.645**	.645**	.605**	1

\*\* ระดับนัยสำคัญที่ .01

จากตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีกับการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.580 ถึง 0.645 แสดงว่า ทุกคู่มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกระดับปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 3 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์หุคูณและอำนาจการพยากรณ์ของปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

Model	R	R Square	Adjusted R Square	F	Sig.
1	0.737	0.544	0.204	147.446**	.000

\*\* ระดับนัยสำคัญที่ .01

จากตารางที่ 3 ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์หุคูณกับการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หุคูณเท่ากับ 0.737 มีค่าอำนาจการพยากรณ์เท่ากับ 0.544 แสดงว่า ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ได้ร้อยละ 54.40

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี	b	S.E.	β	t	Sig	Collinearity Statistics	
						Tolerance	VIF
(ค่าคงที่)	.585	.150	-	3.911**	.000	-	-
การรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน (X <sub>1</sub> )	.288	.042	.324**	6.869**	.000	0.544	1.805
การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (X <sub>2</sub> )	.334	.054	.302**	6.215**	.000	0.519	1.926
การรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย (X <sub>3</sub> )	.216	.044	.232**	4.929**	.000	0.557	1.795

\*\* ระดับนัยสำคัญที่ .01

จากตารางที่ 4 การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นว่า ตัวแปรพยากรณ์ไม่มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (Multicollinearity) พิจารณาจากค่า VIF มีค่าไม่เกิน 10 และค่า Tolerance มีค่าไม่ต่ำกว่า 0.2 ซึ่งพบว่า ปัจจัยทุกตัวมีค่า VIF ตั้งแต่ 1.795 ถึง 1.926 และค่า Tolerance มีค่า 0.519 ถึง 0.557 แสดงว่าผ่านเกณฑ์ทุกค่า



จากการวิเคราะห์การถดถอยด้วยวิธี Enter พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ได้แก่ การรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน ( $X_1$ ) การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ( $X_2$ ) และการรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย ( $X_3$ ) ซึ่งปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่มีอิทธิพลส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ สูงสุดคือ การรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน ( $X_1$ ) เท่ากับ .324 รองลงมา คือ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ( $X_2$ ) เท่ากับ .302 และการรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย ( $X_3$ ) เท่ากับ .232 ตามลำดับ สามารถเขียนสมการพยากรณ์ในรูปของคะแนนดิบได้ดังนี้

$$Y = 0.585 + 0.334X_2^{**} + 0.288X_1^{**} + 0.216X_3^{**}$$

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ในรูปของคะแนนมาตรฐานได้ดังนี้

$$ZY = 0.324ZX_1^{**} + 0.302ZX_2^{**} + 0.232ZX_3^{**}$$

เมื่อการรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน ( $X_1$ ) เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยคะแนนมาตรฐาน ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ เพิ่มขึ้น 0.324 หน่วยคะแนนมาตรฐาน การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ( $X_2$ ) เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยคะแนน ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ เพิ่มขึ้น 0.302 หน่วยคะแนนมาตรฐาน และการรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย ( $X_3$ ) เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยคะแนน ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ เพิ่มขึ้น 0.232 หน่วยคะแนนมาตรฐาน ตามลำดับ

### อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร สามารถนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีและการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยี โดยภาพรวมค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก และการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีเป็นรายด้าน พบว่า ทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก โดยด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เนื่องมาจากการรับรู้ความง่ายในการใช้งานแอปพลิเคชัน NU More+ ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานแอปพลิเคชันได้โดยไม่ต้องอาศัยความรู้ด้านเทคโนโลยีมากนักในการเรียนรู้ด้วยตนเอง แอปพลิเคชัน NU More+ มีการออกแบบนำใช้งานทันสมัย ขั้นตอนการใช้งานไม่มีความซับซ้อน รองรับการใช้งานได้หลากหลายระบบไม่จำกัดว่าจะเป็นระบบ Android และ IOS สามารถใช้งานได้ทุกที่ ทุกเวลาในสถานที่ที่มีอินเทอร์เน็ต ซึ่งสอดคล้องกับ อนาวิน ศักดิ์สูง อัครนิษฐ์ ภู นาน และ ทักษกร ศรีสุข (2563) ได้ศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือและพฤติกรรมผู้บริโภคออนไลน์ที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการ



สั่งอาหารผ่านทางแอปพลิเคชันของผู้บริโภคในจังหวัดลำปาง พบว่า ระดับการยอมรับเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือของผู้บริโภคในจังหวัดลำปางโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการรับรู้ประโยชน์การใช้งานมีค่าเฉลี่ยในระดับสูงสุด รองลงมาด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน และด้านการรับรู้ความเข้ากันได้ ตามลำดับ

2. ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรีมหาวิทยาลัยนเรศวร ได้แก่ ด้านการรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน และด้านการรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย ทุกด้านส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยอิทธิพลของปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ สูงสุด คือ การรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน เนื่องมาจากการยอมรับเทคโนโลยีเป็นการวางแผนการใช้งานเทคโนโลยีใหม่ที่เป็นแอปพลิเคชัน NU More+ เป็นแพลตฟอร์มการเรียนรู้บนช่องทางอิเล็กทรอนิกส์ (e-learning) เป็นแอปพลิเคชันที่เชื่อมโยงกับบัตรนิสิตและช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัยทั้งทางด้านบริการทางการศึกษา เช่น การลงทะเบียนเรียน การรับข้อมูลข่าวสารและการเดินทาง ด้านที่พักอาศัยมีระบบจัดการห้องพักให้ข้อมูลด้านสุขภาพพร้อมระบบแจ้งเหตุฉุกเฉินที่เชื่อมต่อกับโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยเฉพาะด้านบริการทางการเงินเชื่อมต่อกับ Application K PLUS ของธนาคารกสิกรไทย และมีข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เช่น สัมมนาเอสเอ็มอี และบทความของศูนย์วิจัยกสิกรไทย สามารถเป็นพื้นที่เพื่อการเรียนรู้นอกเหนือจากห้องเรียน (Co-learning Space) นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ทำให้เกิดความสะดวกตอบสนองความต้องการได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ ช่วยลดระยะเวลา ประหยัดค่าใช้จ่าย เช่น สามารถลงทะเบียนเรียน รับรู้ข้อมูลข่าวสาร แผนที่เส้นทางบริการรถไฟฟ้า และชำระค่าธรรมเนียมการศึกษา เป็นต้น ดังนั้นแอปพลิเคชัน NU More+ ที่ตรงกับความต้องการของนิสิตปริญญาตรีส่วนใหญ่จึงทำการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชยาภรณ์ กิตติสิทธิชัย (2559) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการใช้งานกระเป๋าเงินอิเล็กทรอนิกส์ (E-Wallet) ในการซื้อสินค้าของผู้บริโภคในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งผลการศึกษพบว่า การยอมรับเทคโนโลยีด้านการรับรู้ถึงความมีประโยชน์จากการใช้งาน ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ด้านความไว้วางใจของผู้ใช้งาน ด้านการรับรู้ความเสี่ยง มีอิทธิพลต่อทัศนคติ และยังพบว่า ทัศนคติดีมีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการใช้งาน E-Wallet อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

### สรุปผลการศึกษา

การศึกษาปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ของนิสิตปริญญาตรีมหาวิทยาลัยนเรศวร สรุปผลการวิจัยว่า ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีโดยภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก



และการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ โดยภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ ได้ร้อยละ 54.40 ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน NU More+ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกด้าน และเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ด้านการรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน ( $X_1$ ) ด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ( $X_2$ ) และด้านการรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย ( $X_3$ ) สามารถเขียนสมการพยากรณ์ในรูปแบบของคะแนนมาตรฐานได้ดังนี้

$$ZY = 0.324ZX_1^{**} + 0.302ZX_2^{**} + 0.232ZX_3^{**}$$

### ข้อเสนอแนะ

#### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้

1.1 ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีในด้านการรับรู้ความเสี่ยงของความปลอดภัย มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด จึงควรพัฒนาปรับปรุงระบบความปลอดภัยและการเก็บฐานข้อมูลเป็นความลับ เพื่อให้ผู้ใช้เกิดความไว้วางใจและเชื่อถือในระบบของแอปพลิเคชัน NU More+ มากขึ้น

1.2 ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีในด้านการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด จึงควรพัฒนาแอปพลิเคชันให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้เองได้ง่าย ใช้งานได้ง่ายทุกที่ทุกเวลา ลดขั้นตอนลดความซับซ้อนในการใช้งาน

1.3 ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีในด้านการรับรู้ความมีประโยชน์จากการใช้งาน มีอิทธิพลที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน Nu More+ สูงที่สุด จึงควรพัฒนาแอปพลิเคชันให้อำนวยความสะดวกอย่างความหลากหลายและตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น พัฒนาเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับลักษณะพฤติกรรมของผู้ใช้อยู่เสมอ

#### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้แอปพลิเคชัน โดยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพที่มีการสัมภาษณ์เชิงลึก จะทำให้ได้ข้อมูลสารสนเทศที่มีความละเอียดลึกซึ้งและชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถเก็บรวบรวมคำแนะนำ คำติชม ความคิดเห็นสร้างสรรค์ใหม่ๆ ของผู้ใช้บริการ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาแอปพลิเคชันต่อไป

2.2 ควรขยายผลการศึกษานี้ไปยังด้านอื่นๆ ที่จะส่งเสริมหรือเป็นอุปสรรคต่อการใช้อุปกรณ์ นำไปสู่การพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อไป



### เอกสารอ้างอิง

- ชยาภรณ์ กิตติพิชัย. (2559). *ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการใช้งานกระเป๋าเงินอิเล็กทรอนิกส์ (E-Wallet) ในการซื้อสินค้าของผู้บริโภคในจังหวัดกรุงเทพมหานคร*. [การค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.] BU Research.  
<http://dspace.bu.ac.th/jspui/handle/123456789/3023>
- ณรงค์เกียรติ อ่าบุญ. (2563). *ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดสำหรับธุรกิจบริการและปัจจัยด้านการยอมรับเทคโนโลยีที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้ Application MyMo ของลูกค้าธนาคารออมสินในกรุงเทพมหานคร*. [การค้นคว้าอิสระหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.] BU Research. [http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/4866/1/narongkeart\\_aumb.pdf](http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/4866/1/narongkeart_aumb.pdf)
- พรชนก พลาบุญย์. (2558). *การยอมรับนวัตกรรมและเทคโนโลยีการใช้เทคโนโลยี และพฤติกรรมผู้บริโภคที่ส่งผลต่อความตั้งใจของประชาชนในการใช้บริการธุรกรรมทางการเงินผ่านระบบพร้อมเพย์ (PromptPay) ของรัฐบาลไทย*. [การค้นคว้าอิสระหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.] BU Research.  
<http://dspace.bu.ac.th/jspui/handle/123456789/2482>
- ไพศาล มณีสว่าง. (20 ธันวาคม 2562). *Application NU More+ (เอ็น ยู มอร์ พลัส)*. มหาวิทยาลัยนเรศวร.  
<https://www.nu.ac.th/?p=18982>
- รมยพร กิติเวียง และสุทธิพงษ์ สุวรรณสาธิต. (2562). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีแอปพลิเคชันทรูไอดี และเอไอเอสเพลย์*. *วารสารวิชาการ การจัดการภาครัฐและเอกชน*, 1(2), 1-9.
- สิทธิชัย ภูเขาแก้ว. (2561). *ปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการ Grab ของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร*. [การค้นคว้าอิสระหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.] BU Research. <http://dspace.bu.ac.th/handle/123456789/3353>
- อนาวิล ศักดิ์สูง อัครนิษฐ์ ฌ น่าน และ ทัดษกร ศรีสุข. (2563). *การยอมรับเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือและพฤติกรรมผู้บริโภคออนไลน์ที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการสั่งอาหารผ่านทางแอปพลิเคชันของผู้บริโภคในจังหวัดลำปาง*. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 6(3), 162-173.
- Likert, Rensis. (1967). *The Method of Constructing and Attitude Scale*. *Attitude Theory and Measurement*. Fishbein, Martin, Ed. New York: Wiley & Son.
- Taro Yamane. (1973). *Statistics: an introductory analysis*. New York: New York: Harper & Row.





## ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไบโอเอทานอลของเชื้อ

### *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088

ปริยานุช ศรีไพบูลย์<sup>1</sup>, ยูวดี คำแหง<sup>1</sup>, วรัญญา บินอนันต์<sup>1</sup>, จันท์เทวา ราชเจริญ<sup>1</sup>

และ ดวงใจ โอชัยกุล<sup>1\*</sup>

### Factor Affecting Bioethanol Production from *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088

Priyanuch Sripaiboon<sup>1</sup>, Yuwadee khamheang<sup>1</sup>, Waranya Binarnat<sup>1</sup>, Chantewa Rachjaroen<sup>1</sup>

and Duangjai Ochaikul<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

<sup>1</sup>Department of biology, Faculty of science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

\*Corresponding author. E-mail: Daungjai.oc@kmitl.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอเอทานอลของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 ในอาหารหมัก YFM เลี้ยงในสภาวะเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 96 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าการใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนให้ปริมาณ เอทานอลสูงกว่าน้ำตาลซูโครสและไซโลส ชั่วโมงที่ 48 ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด  $29.61 \pm 0.17$  กรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของยีสต์สกัดใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสม คือ 6 กรัมต่อลิตร ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด  $33.62 \pm 0.48$  กรัมต่อลิตร ที่ชั่วโมงที่ 48 ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสมคือ 250 กรัมต่อลิตร ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด  $36.87 \pm 0.38$  กรัมต่อลิตร ที่ 48 ชั่วโมงของการหมัก และเปรียบเทียบสภาวะในการหมักเอทานอล พบว่า การหมักในสภาวะเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ให้ปริมาณเอทานอล  $38.29 \pm 1.18$  กรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าการหมักในสภาวะนิ่ง จากผลการทดลองนี้พบว่าเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 สามารถผลิตเอทานอลได้ดี และสามารถผลิตได้สูงขึ้นในสภาวะที่มีปัจจัยที่จำเป็นต่อการหมักเอทานอลที่เหมาะสม ดังนั้นสามารถนำเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ไปใช้ในงานวิจัยขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อต่อยอดการผลิตเอทานอลในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ: ไบโอเอทานอล *Saccharomyces cerevisiae* แหล่งคาร์บอน สภาวะการหมัก ความเข้มข้นของยีสต์สกัด



#### Abstract

This research focused on optimization of bioethanol fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088. They were cultured in YFM broth with limited shaker conditions at 150 rpm for 96 hours fermentation period. The results have indicated that optimum carbon source of bioethanol fermentation was glucose. This carbon source obtained the maximum ethanol production, compared to those of sucrose and xylose. At 48 hr. incubation, the highest ethanol concentration of  $29.61 \pm 0.17$  g/L. Yeast extract was nitrogen source. Yeast extract concentration of 6 g/L gave the highest ethanol concentration of  $33.62 \pm 0.48$  g/L at 48 hours. Glucose was a substrate of ethanol fermentation. Glucose concentration of 250 g/L gave the highest ethanol concentration of  $36.87 \pm 0.38$  g/L at 48 hours. Comparison of still and shaking fermentation. Shake condition in higher ethanol concentration of  $38.29 \pm 1.18$  g/L at 48 hours. Based on these results, *S. cerevisiae* TISTR 5088 was able to produce higher yields in conditions with the necessary factors for optimum ethanol fermentation. Therefore, *S. cerevisiae* TISTR 5088 can be used in larger-scale research to further expand industrial-scale ethanol production.

**Keywords:** Bioethanol, *Saccharomyces cerevisiae*, Carbon source, Fermentation conditions, Yeast extract concentration

#### บทนำ

จากภาวะความขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิงในปัจจุบัน อาทิ ถ่านหิน ปิโตรเลียม น้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป แปรผกผันกับความต้องการของประชากรโลกที่มีอย่างไม่จำกัด จึงส่งผลทำให้เกิดภาวะขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิงในอนาคตอันใกล้ (สุภาวดี ผลประเสริฐ, 2557) นอกจากนี้พลังงานเชื้อเพลิงบางชนิดส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดมลภาวะต่าง ๆ มากมาย รวมถึงราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากทรัพยากรมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น จากภาวะวิกฤติดังกล่าวจึงทำให้มนุษย์เริ่มตระหนักถึงความสำคัญของพลังงานทางเลือกในรูปแบบอื่น ๆ โดยเฉพาะพลังงานชีวมวลเพื่อใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานทดแทนที่ได้จากธรรมชาติ (da Silva Fernandes et al., 2022) ไบโอเอทานอลเป็นพลังงานชีวมวลรูปแบบหนึ่ง สามารถผลิตได้จากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร จึงเป็นพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจ (Malik et al., 2020) ทั้งนี้ในปัจจุบันกระบวนการผลิตไบโอเอทานอลดังกล่าวมีต้นทุนสูง จึงมีการศึกษาหาสายพันธุ์ของยีสต์ที่สามารถผลิตไบโอเอทานอลได้ดี และศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณเอทานอลได้สูงขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนากระบวนการผลิตไบโอเอทานอลในอนาคตต่อไป (อัษฎาจุฑ อารีสิริสุข และคณะ, 2561)

ในการหมักไบโอเอทานอล น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญ สามารถนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมักเพื่อผลิต ABE (acetone, butanol and ethanol) โดยเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการไกลโคไลซิส เพื่อให้ได้อะตอมคาร์บอน ไปใช้ในกระบวนการหมักเพื่อเป็นเอทิลแอลกอฮอล์หรือเอทานอลต่อไป ความเข้มข้นของน้ำตาลมีผลต่อการ



ผลิตแอลกอฮอล์ (Anuradha et al., 1999) แต่ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงจะยับยั้งการเจริญของเซลล์ยีสต์ และการหมักเอทานอลของเซลล์ยีสต์ได้จึงควรศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสม ยีสต์สกัดเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญในการเลี้ยงจุลินทรีย์ โดยเป็นแหล่งสำคัญที่ช่วยในการเจริญ แบ่งเซลล์ และฟื้นฟูความสามารถในการเจริญเติบโตของยีสต์ การเลี้ยงจุลินทรีย์ในสภาวะเขย่า ทำให้เกิดการแพร่กระจายของสารตั้งต้นเข้าสู่เซลล์ได้ดีขึ้นโดยการถ่ายโอนมวลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์หรือผลพลอยได้ ทำให้เกิดการเจริญที่ดีขึ้น (Kotzamanidis et al., 2002)

โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการหมักไบโอเอทานอลโดยใช้เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 ซึ่งการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า เชื้อยีสต์ผลิตเอทานอลได้สูงกว่าเชื้อสายพันธุ์อื่นที่นำมาศึกษาในงานวิจัยจึงศึกษาผลกระทบต่อกระบวนการหมักไบโอเอทานอลจากเชื้อนี้ เช่น แหล่งคาร์บอน ความเข้มข้นของแหล่งคาร์บอน ความเข้มข้นของยีสต์สกัด และสภาวะการหมักแบบนิ่งและเขย่า เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

ยีสต์ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ถ่ายลงในอาหารเหลว YPD medium (Yeast Extract Peptone Dextrose medium) (ประกอบด้วย ยีสต์สกัด 10 กรัมต่อลิตร เปปโตน 20 กรัมต่อลิตร และกลูโคส 20 กรัมต่อลิตร) บ่มที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ให้ได้ 0.5 (จะมีเชื้อยีสต์  $1 \times 10^6 - 10^7$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร) จะได้หัวเชื้อยีสต์ใช้ในการทดลองต่อไป

### การเตรียมอาหารหมักและหมักเอทานอล

เตรียมอาหาร Yeast fermentation medium (YFM) ประกอบด้วยกลูโคส 150 กรัมต่อลิตร, เปปโตน 5 กรัมต่อลิตร, ยีสต์สกัด 6 กรัมต่อลิตร,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  4 กรัมต่อลิตร,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  2 กรัมต่อลิตร และ  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  1 กรัมต่อลิตร) ที่มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร บรรจุในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติมหหัวเชื้อเริ่มต้น บ่มเป็นเวลา 96 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างทุก 24 ชั่วโมงเพื่อวิเคราะห์ปริมาณเอทานอล ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำหนักเซลล์แห้งและค่าพีเอชของน้ำหมัก

### การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหมักไบโอเอทานอลโดยใช้ *S. cerevisiae* TISTR 5088

1. การศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสม เตรียมอาหาร YFM โดยแปรผันแหล่งคาร์บอน 3 ชนิดดังนี้ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลไซโลส และน้ำตาลซูโครส ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บรรจุในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร



นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติมห้วเชื้อเริ่มต้น บ่มเป็นเวลา 96 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างทุก 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ผลดังข้างต้น

2. การศึกษาผลของความเข้มข้นของยีสต์สกัด เตรียมอาหาร YFM โดยแปรผันความเข้มข้นของยีสต์สกัด ดังนี้ 0, 3 และ 6 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บรรจุในพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติมห้วเชื้อเริ่มต้น บ่มเป็นเวลา 96 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างทุก 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ผลดังข้างต้น

3. การศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสม เตรียมอาหาร YFM โดยแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ดังนี้ 150, 250, 300, 350 และ 400 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บรรจุในพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติมห้วเชื้อเริ่มต้น บ่มเป็นเวลา 96 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างทุก 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ผลดังข้างต้น

4. เปรียบเทียบสภาวะการหมักแบบนิ่งและเขย่า เตรียมอาหาร YFM ที่สภาวะที่เหมาะสม โดยบ่มในสภาวะเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เปรียบเทียบกับการหมักในสภาวะนิ่ง บ่มอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุก 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ผลดังข้างต้น

#### การวิเคราะห์ผล

1. วิเคราะห์น้ำหมักเซลล์แห้ง โดยนำน้ำหมักใส่ในหลอดเซนตริฟิวจ์ที่ผ่านการอบแห้งและชั่งน้ำหนักหลอดนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เทส่วนใสเก็บไว้ในขวดเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ในส่วนอื่นต่อไป และนำส่วนที่เป็นตะกอนเซลล์ในหลอดไปอบแห้งเพื่อวิเคราะห์น้ำหมักเซลล์แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำหลอดใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)

2. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ด้วยวิธี DNS (Miller, 1959) นำตัวอย่างน้ำหมักไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสที่ได้มาทำการเจือจางให้เหมาะสมแล้วทำการวิเคราะห์โดยการปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เติมน้ำ DNS reagent 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มเป็นเวลา 5 นาที แช่ในน้ำเย็นทันที จากนั้นเติมน้ำกลั่น 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส

3. วัดปริมาณเอทานอลด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC-2014) โดยใช้คอลัมน์ DB-1 กำหนดอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้ตัวตรวจวัดชนิด Flame Ionization Detector (FID) กำหนดอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส และใช้ก๊าซฮีเลียม เป็นเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase)



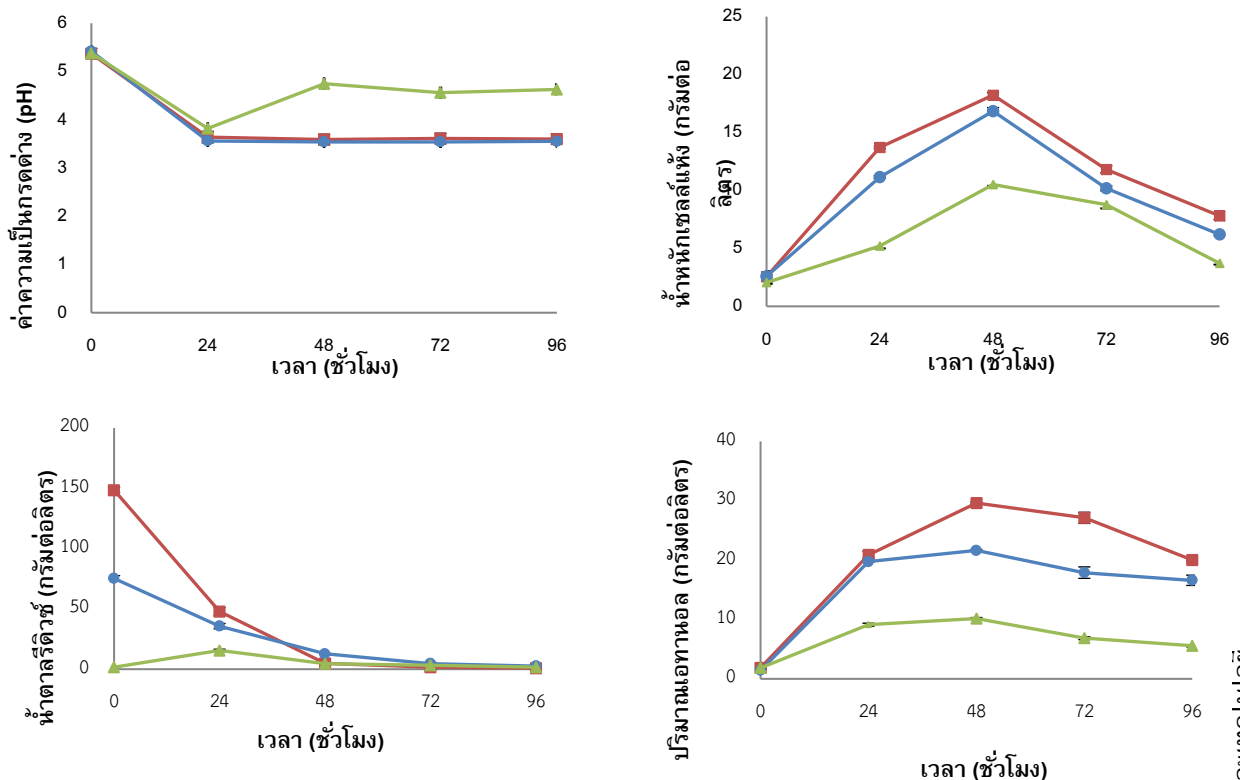
4. วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง pH meter (Mettler Toledo, Seven compact)

ผลการศึกษา

1. การศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสม

จากการทดลองพบว่า จากการหมักเอทานอลโดยใช้เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในอาหาร YFM ที่มีการเติมน้ำตาลชนิดต่างๆ สักระยะ เชื้อจะค่อยๆ เจริญเติบโตขึ้น ทำให้น้ำหนักเซลล์แห้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นที่ค่อยๆ ลดลง เนื่องจากถูกใช้ไปในกระบวนการเมแทบอลิซึม และเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอล สอดคล้องกับปริมาณเอทานอลที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนมีปริมาณเอทานอลสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 48 และค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นที่ค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งคงที่ ในชั่วโมงที่ 48 เช่นเดียวกัน เนื่องจากยีสต์ใช้น้ำตาลในการหมักจนหมดทำให้ปริมาณเอทานอลและค่าความเป็นกรดต่างคงที่

จากการศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสม พบว่า การหมักในอาหาร YFM ที่มีน้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด  $29.61 \pm 0.17$  กรัมต่อลิตร ในชั่วโมงที่ 48 ซึ่งสูงกว่าน้ำตาลชนิดอื่น ๆ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างกระบวนการหมักไปเอทานอลด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088

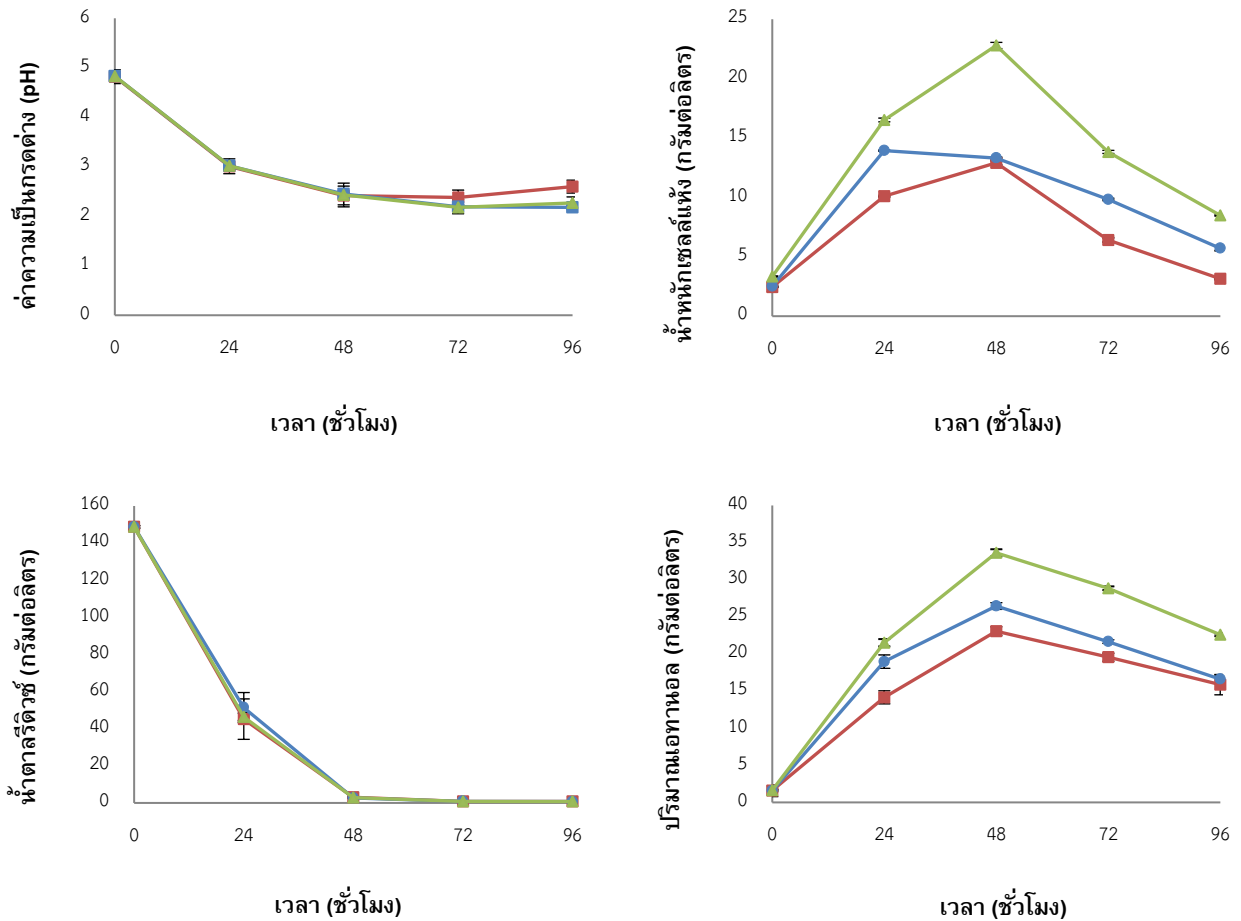
เมื่อ ใช้แหล่งคาร์บอนที่แตกต่างกัน ;

■ กลูโคส    ● ซูโครส    ▲ ไคโลส



## 2. การศึกษาผลของความเข้มข้นของยีสต์สกัด

จากการหมักเอทานอลโดยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในอาหาร YFM ที่มีความเข้มข้นของยีสต์สกัด ในปริมาณ 0 3 และ 6 กรัมต่อลิตร พบว่า การหมักในอาหาร YFM ที่ความเข้มข้นของยีสต์สกัด 6 กรัมต่อลิตร ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด  $33.62 \pm 0.48$  กรัมต่อลิตร ในชั่วโมงที่ 48 ซึ่งสูงกว่าความเข้มข้นของยีสต์สกัดอื่นๆ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างกระบวนการหมักไปเอทานอลด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088

เมื่อใช้ความเข้มข้นยีสต์สกัด (กรัมต่อลิตร) ที่แตกต่างกัน ;

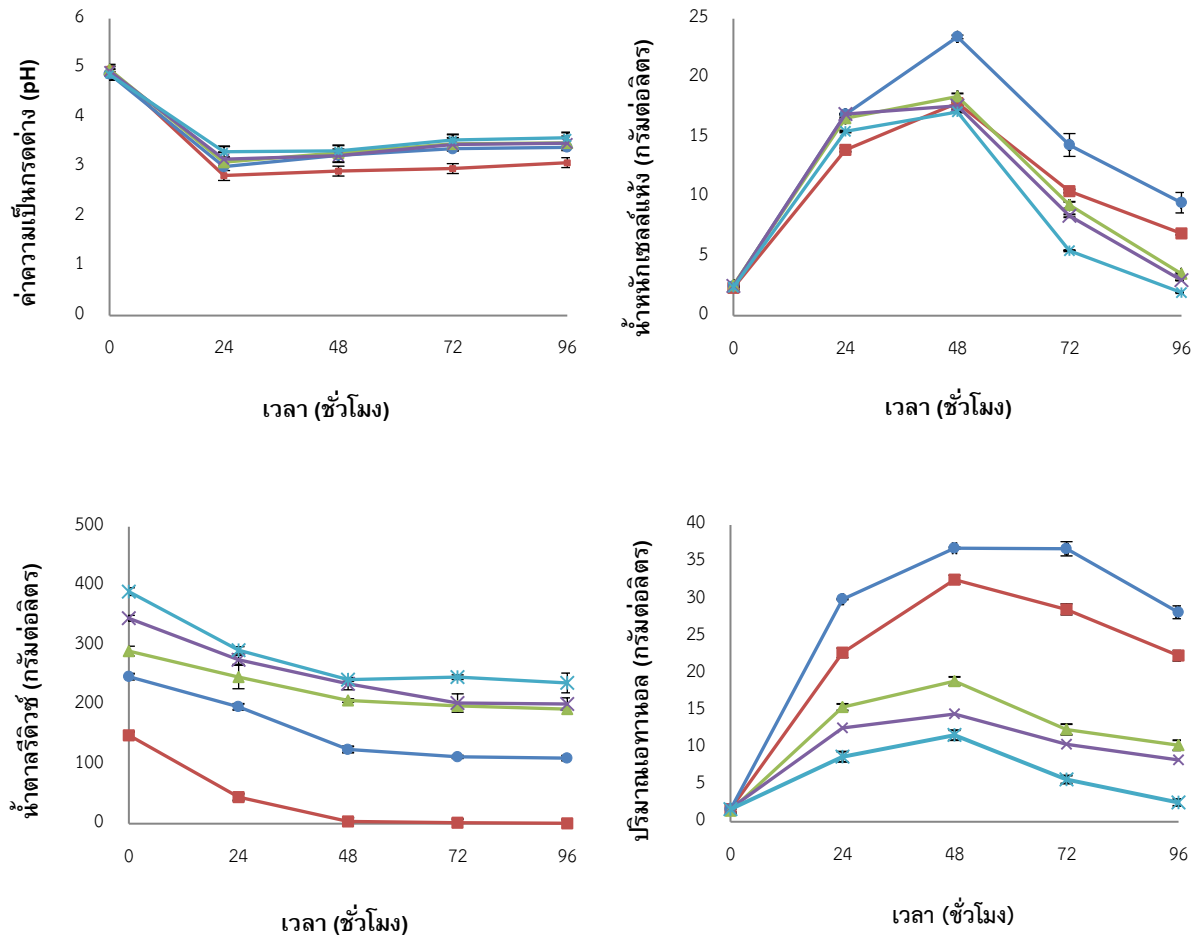
—■— 0      —●— 3      —▲— 6

## 3. การศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสม

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสม พบว่า จากการหมักเอทานอลโดยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในอาหาร YFM ที่ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส 250 กรัมต่อลิตร ให้ปริมาณเอทานอล



สูงที่สุด  $36.87 \pm 0.38$  กรัมต่อลิตร ในชั่วโมงที่ 48 ซึ่งสูงกว่าความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส 150 300 350 และ 400 กรัมต่อลิตร และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงดังรูปที่ 3



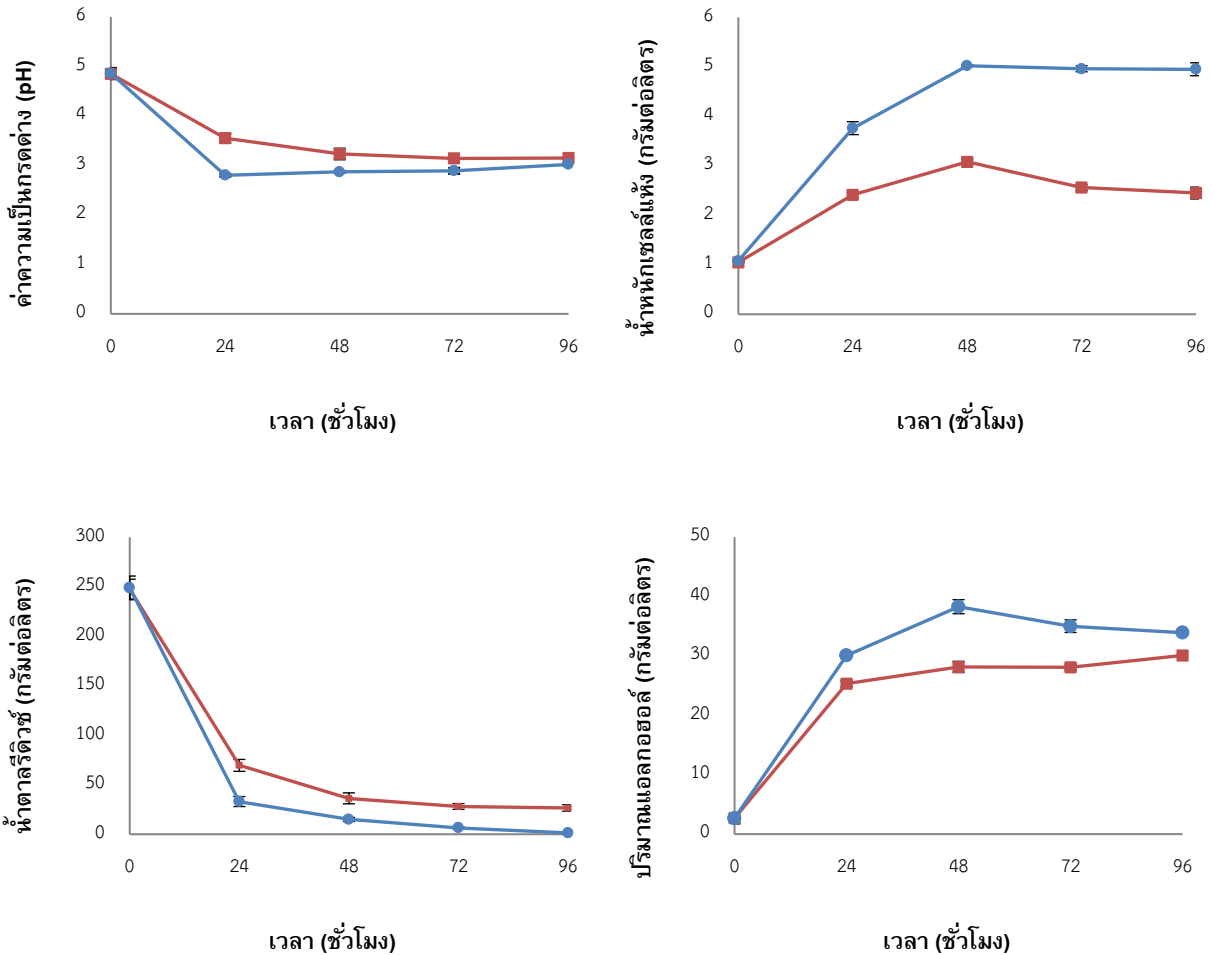
รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างกระบวนการหมักไบโอเอทานอลด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088

เมื่อใช้ความเข้มข้นน้ำตาลกลูโคส (กรัมต่อลิตร) ที่แตกต่างกัน ;

■ 150    ● 250    ▲ 300    × 350    \* 400

#### 4. เปรียบเทียบสภาวะการหมักแบบนิ่งและเขย่า

จากการศึกษาสภาวะการหมักแบบนิ่งและเขย่า พบว่า จากการหมักเอทานอลโดยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในอาหาร YFM ในสภาวะเขย่าให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด  $38.29 \pm 1.18$  กรัมต่อลิตร ในชั่วโมงที่ 48 และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับการหมักในสภาวะนิ่ง แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างกระบวนการหมักไบโอเอทานอลด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088

ในสภาวะนิ่งและสภาวะเขย่า ;

■ สภาวะนิ่ง    ● สภาวะเขย่า

#### อภิปรายผลการศึกษา

จากการทดลองพบว่า เมื่อหมักเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ในอาหาร YFM เชื้อจะค่อย ๆ เจริญเติบโตขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักเซลล์แห้งเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แปรผกผันกับปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นที่ค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากน้ำตาลถูกใช้ไปในกระบวนการไกลโคไลซิสและปฏิกิริยาการเปลี่ยนไพรูเวทเป็นเอทานอล ทำให้ปริมาณเอทานอลที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งคงที่ และค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นที่ค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งคงที่ เนื่องจากยีสต์ใช้น้ำตาลในการหมักจนหมด

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหมักเอทานอลของเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ที่หมักในอาหาร YFM พบว่า การหมักเอทานอลโดยใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุดที่ 48 ชั่วโมงของการหมัก คือ  $29.61 \pm 0.17$  กรัมต่อลิตร (ค่าผลได้เอทานอลต่อน้ำตาลที่ใช้ไป 0.21 กรัมเอทานอลต่อกรัม





น้ำตาล) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Dí'az-Nava et al., (2017) ศึกษาผลกระทบของแหล่งคาร์บอนต่อการเจริญเติบโตและการผลิตเอทานอลของยีสต์พื้นเมืองซึ่งแยกได้จากมันหวาน เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่า การหมักเอทานอลด้วยน้ำตาลกลูโคสให้ปริมาณเอทานอลสูงกว่า เนื่องจากยีสต์สามารถใช้น้ำตาลกลูโคสที่เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิด 6 คาร์บอนในกระบวนการเมแทบอลิซึมด้วยวิถีไกลโคไลซิสได้อย่างรวดเร็ว แตกต่างจากน้ำตาลชนิดอื่น เช่น น้ำตาลซูโครสที่เป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ที่ต้องถูกย่อยให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวก่อนเข้าสู่วิถีไกลโคไลซิส และน้ำตาลไซโลสที่เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิด 5 คาร์บอน (Malik et al., 2020) โดยน้ำตาลไซโลสจะถูกนำเข้าสู่เซลล์ผ่านทาง Hexose transporter แบบ Facilitated diffusion ซึ่งมีความจำเพาะต่อไซโลสน้อยกว่ากลูโคส 10-100 เท่า (Kotter and Ciriacy, 1993) และเข้าสู่วิถีการหมักน้ำตาลไซโลสโดยผ่านกระบวนการเพนโตสฟอสเฟต (Pentose phosphate pathway, PPP) ดังนั้น การนำไซโลสเข้าสู่เซลล์จึงเกิดหลังจากกลูโคสถูกใช้หมดแล้ว

จากการศึกษาความเข้มข้นของยีสต์สกัด ความเข้มข้น 6 กรัมต่อลิตร ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด โดยชั่วโมงที่ 48 ให้ปริมาณเอทานอล  $33.62 \pm 0.48$  กรัมต่อลิตร (ค่าผลได้เอทานอลต่อน้ำตาลที่ใช้ไป 0.23 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาล) เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของยีสต์ ดังนั้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแหล่งไนโตรเจนส่งผลให้ยีสต์เจริญเติบโตได้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sheikh et al., (2016) ที่ศึกษาความเข้มข้นของยีสต์สกัดในการหมักเอทานอลจากเปลือกมันฝรั่งเหลือทิ้ง โดยศึกษาความเข้มข้นในช่วง 0-8 กรัมต่อลิตร พบว่า ความเข้มข้นของยีสต์สกัดที่ 8 กรัมต่อลิตร ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับความเข้มข้นของยีสต์สกัดที่ 2 กรัมต่อลิตร ดังนั้นการเติมแหล่งไนโตรเจนที่มากเกินไป ไม่ได้ส่งผลต่อการผลิตเอทานอล และทำให้เพิ่มต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

จากการศึกษาความเข้มข้นของกลูโคสที่เหมาะสม คือ 250 กรัมต่อลิตรให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด  $36.87 \pm 0.38$  กรัมต่อลิตร ในชั่วโมงที่ 48 (ค่าผลได้เอทานอลต่อน้ำตาลที่ใช้ไป 0.27 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาล) *S. cerevisiae* TISTR 5088 สามารถเจริญและให้ผลผลิตเอทานอลสูงสุดที่เวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นปริมาณเอทานอลจะน้อยลง การใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสที่สูงเกินไป ทำให้การผลิตเอทานอลลดลง เนื่องจากความเข้มข้นของน้ำตาลที่สูงเกินไปส่งผลต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Taiwo (2020) ศึกษาการหมักเอทานอลด้วยน้ำตาลกลูโคสที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ตั้งแต่ 20-300 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร พบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้นที่มากกว่า 80 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ให้ปริมาณเอทานอลลดลง เนื่องจากความเข้มข้นของสับเตรทสูงเกินไป ทำให้การเจริญของเชื้อยีสต์ลดลง และการผลิตเอทานอลลดลงด้วย



โดยการหมักในสภาวะเขย่าจะให้ปริมาณเอทานอลสูงกว่าสภาวะนิ่ง โดยที่ชั่วโมงที่ 48 ให้ปริมาณเอทานอล  $38.29 \pm 0.18$  กรัมต่อลิตร (ค่าผลได้เอทานอลต่อน้ำตาลที่ใช้ไป 0.28 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาล) การหมักในสภาวะเขย่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์ได้ดีกว่าสภาวะนิ่ง เนื่องสภาวะเขย่าส่งผลต่อการเพิ่มออกซิเจนในกระบวนการหมัก (Kaneda, 2019) ทำให้ช่วงแรกของการหมักเชื้อยีสต์สามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้มีการผลิตเอทานอลได้สูงมากกว่าในสภาวะนิ่ง เนื่องจากการเลี้ยงจุลินทรีย์ในสภาวะเขย่า ทำให้เกิดการแพร่กระจายของสารตั้งต้นเข้าสู่เซลล์ได้ดีขึ้นโดยการถ่ายโอนมวลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์หรือผลพลอยได้ ทำให้เกิดการเจริญที่ดีขึ้น (Kotzamanidis et al., 2002)

### สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอเอทานอลของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5088 ในอาหารหมัก YFM เลี้ยงในสภาวะเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที โดยเก็บตัวอย่างทุก ๆ 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 96 ชั่วโมง พบว่า เชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ที่มีน้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด โดยชั่วโมงที่ 48 ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด  $29.61 \pm 0.17$  กรัมต่อลิตร และในการศึกษาความเข้มข้นของยีสต์สกัดใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสม คือ 6 กรัมต่อลิตร ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด  $33.62 \pm 0.48$  กรัมต่อลิตร ที่ชั่วโมงที่ 48 สำหรับการศึกษาคความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสที่เหมาะสมคือ 250 กรัมต่อลิตร ให้ปริมาณเอทานอลสูงสุด  $36.87 \pm 0.38$  กรัมต่อลิตร ที่ 48 ชั่วโมงของการหมัก และเมื่อเปรียบเทียบสภาวะในการหมักเอทานอล พบว่าการหมักในสภาวะเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ให้ปริมาณเอทานอล  $38.29 \pm 1.18$  กรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าการหมักในสภาวะนิ่ง ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 สามารถผลิตเอทานอลได้สูงขึ้น หากหมักในสภาวะที่มีปัจจัยที่จำเป็นต่อการหมักเอทานอลที่เหมาะสม ดังนั้นสามารถนำเชื้อ *S. cerevisiae* TISTR 5088 ไปใช้ในงานวิจัยขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อต่อยอดการผลิตเอทานอลในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทางคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยในการทำวิจัยเรื่องนี้ สัญญาทุนเลขที่ 2559-01-05-018



### เอกสารอ้างอิง

- สุภาวดี ผลประเสริฐ. (2557). การปรับสภาพวัตถุดิบพวกกลีโคเซลลูโลสสำหรับการผลิตเอทานอล. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 22(5), 641-649.
- อัษฎาวุธ อารีสิริสุข, ชุติมา รักกิจการพูล, สุกยา ฤทธิศร และ จันทิมา ทิมะ. (2561). การใช้ประโยชน์จากเศษน้ำย่อยแป้งที่เหลือจากโรงงานผลิตน้ำตาลเพื่อผลิตชีวมวลยีสต์: สภาวะที่เหมาะสม และจลนพลศาสตร์. *Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)*, 13(2), 180-196.
- Anuradha, R., Suresh, A. K., & Venkatesh, K. V. (1999). Simultaneous saccharification and fermentation of starch to lactic acid. *Process Biochemistry*, 35(3-4), 367-375.
- Dr'az-Nava, L. E., Montes-Garcia, N., Dom'nguez, J. M., & Aguilar-Uscanga, M. G. (2017). Effect of carbon sources on the growth and ethanol production of native yeast *Pichia kudriavzevii* ITV-S42 isolated from sweet sorghum juice. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 40(7), 1069-1077.
- da Silva Fernandes, F., de Souza, É. S., Carneiro, L. M., Alves Silva, J. P., de Souza, J. V. B., & da Silva Batista, J. (2022). Current Ethanol Production Requirements for the Yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Microbiology*. doi.org/10.1155/2022/7878830.
- Kaneda, A. (2019) *Indoor Air Monitoring of Ethanol and Benzene in a Pilot Winery Using Active Sampling*. [Master of Science in Civil and Environmental Engineering]. calpoly.edu.  
[https://digitalcommons.calpoly.edu › viewcontent](https://digitalcommons.calpoly.edu/viewcontent)
- Kotter, P & Ciriacy, M. (1993) Xylose fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 38, 776-783.
- Kotzamanidis, C. H., Roukas, T., & Skaracis, G. (2002). Optimization of lactic acid production from beet molasses by *Lactobacillus delbrueckii* NCIMB 8130. *World journal of Microbiology and Biotechnology*, 18(5), 441-448.
- Malik, K., Salama, E. S, Kim, T. H., & Li X. (2020). Enhanced ethanol production by *Saccharomyces cerevisiae* fermentation post acidic and alkali chemical pretreatments of cotton stalk lignocellulose. *International Biodeterioration & Biodegradation*. doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.104869.
- Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem*, 31(3), 426-428.



Sheikh, R. A., Al-Bar, O. A., & Soliman, Y. M. A. (2016). Biochemical studies on the production of biofuel (bioethanol) from potato peels wastes by *Saccharomyces cerevisiae*: effects of fermentation periods and nitrogen source concentration. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30(3), 497–505.

Taiwo, A. E. (2020). *Application of Bioprocess–Supercritical Fluid Extraction Techniques in the Production and Recovery of some Selected Bioproducts* (Doctoral dissertation, Cape Peninsula University of Technology).



# ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศต่อการเก็บรักษาตะกอนดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวโดยใช้แบบจำลอง InVEST Sediment retention

จรัณธร บุญญาภาพ<sup>1</sup> และ ดารารัตน์ ธนศรีวิวัฒน์<sup>1</sup>

**Impact of land use and climate change on sediment retention in Huai Krasiew**

**Sub-watershed using InVEST Sediment retention model**

Jaruntorn Boonyanuphap<sup>1\*</sup> and Dararat Thanasiwivat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

<sup>1</sup> Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000, Thailand

\*Corresponding author. E-mail address: charuntomb@nu.ac.th

## บทคัดย่อ

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวประสบปัญหาการสูญเสียตะกอนดินอย่างต่อเนื่อง การประเมินอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินของการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งในปัจจุบันและอนาคต ทำให้ได้ชุดข้อมูลสำคัญในการวางแผนการใช้ประโยชน์ด้านเกษตรกรรมที่ดิน เพื่อควบคุมการชะล้างพังทลายของดินของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวในอนาคต การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์การเก็บรักษาตะกอนและประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมต่อการเก็บรักษาตะกอนในอนาคตปี 2584 โดยใช้แบบจำลอง InVEST Sediment Delivery Ratio และได้จำลองสถานการณ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 2 สถานการณ์ ได้แก่ 1) การใช้ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มในอดีต (SC1) และ 2) การใช้ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย (SC2) พร้อมทั้งจำลองสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี 2584 แบบ RCP4.5 และ RCP8.5 ผลการศึกษา พบว่า การเก็บรักษาตะกอนดินในปี 2584 ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวมีปริมาณลดลงในทุกสถานการณ์ โดยปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินลดลงจากปี 2564 ประมาณร้อยละ 21.464 21.553 22.723 และ 22.811 ภายใต้สถานการณ์ SC1-RCP4.5 SC2-RCP4.5 SC1-RCP8.5 และ SC2-RCP8.5 ตามลำดับ ชุดข้อมูลการเก็บรักษาตะกอนดินในอนาคตของการใช้ที่ดินประเภทหลักเป็นข้อมูลสำคัญต่อการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

คำสำคัญ: InVEST Sediment Delivery Ratio การเก็บรักษาตะกอน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



### Abstract

Huai Krasiew Sub-watershed has been suffering from sediment loss. Assessing sediment retention rate of both current and future land use type can provide significant dataset for land use planning to control future soil erosion of Huai Krasiew Sub-watershed. This study aimed to predict sediment retention and to assess the impacts of climate change and land use change on future sediment retention in year 2041 using the InVEST Sediment Delivery Ratio model. The future land use was simulated into two scenarios, namely 1) Trend or business as usual scenario (SC1) and 2) Sugarcane market-based scenario (SC2), whereas two climate change scenarios, there are Representative Concentration Pathway 4.5 and 8.5 (RCP4.5 and RCP8.4, respectively), were selected for predicting future climate conditions of Huai Krasiew Sub-watershed. The results revealed that the land use in 2041 under the situation of SC1-RCP4.5, SC2-RCP4.5, SC1-RCP8.5 and SC2-RCP8.5 had sediment retention of 204.468 204.235 201.191 and 200.961 megatons respectively, with a decrease of about 21.464%, 21.553%, 22.723% and 22.811% respectively, compared with amount of sediment retention in 2021, respectively. Dataset of future sediment retention for each major land use type can be an important information for future land use planning of Huai Krasiew Sub-watershed.

**Keywords:** InVEST Sediment Delivery Ratio Soil, retention Representative, Concentration Pathway

### บทนำ

การเพิ่มผลผลิตของตะกอนเป็นปัญหาที่ทั่วโลกกังวล ซึ่งส่งผลให้เกิดการเสื่อมของคุณภาพน้ำและการตกตะกอนของดินในอ่างเก็บน้ำ และยังส่งผลกระทบต่อบริการกักเก็บตะกอนและการคุกคามต่อสุขภาพของระบบนิเวศในระยะยาว ระบบนิเวศทางธรรมชาติให้บริการต่าง ๆ มากมาย เช่น การกักเก็บคาร์บอน การควบคุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความหลากหลายทางชีวภาพและคุณค่าทางสุนทรียภาพ การทำงานของระบบนิเวศได้รับผลกระทบอย่างมากจากกระบวนการทางธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ตะกอนและการสะสมของสารอาหาร การตกตะกอนและความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำ (Mengmeng et al., 2021) โดยดินมีการให้บริการระบบนิเวศที่มีความสำคัญ ตั้งแต่การกักเก็บคาร์บอนไปจนถึงการจัดหาอาหารและควบคุมน้ำท่วม การพังทลายของดินคุกคามการให้บริการเหล่านี้และทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามธรรมชาติเป็นพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่ราบ สามารถเพิ่มอัตราการพังทลายของดินและในบางกรณีอาจคุกคามความยั่งยืนทางการเกษตรและผลประโยชน์ที่สังคมได้รับจากคุณภาพน้ำ (Sean et al., 2020) ปัญหาการกัดเซาะพังทลายของหน้าดินส่งผลให้เกิดการสูญเสียตะกอนดิน ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติและเกิดจากพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในลักษณะต่าง ๆ เช่น มีวิธีการปลูกพืชอย่างไม่เหมาะสม ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ดี รวมไปถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินผิดประเภทในด้านการเกษตร ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน



โดยง่าย (ศรายุทธ จุกกลับ และคณะ, 2565) การสูญเสียดินส่งผลโดยตรงต่อการบริการของระบบนิเวศทางดิน โดยจะสูญเสียพื้นที่ที่ดูดซับน้ำและธาตุอาหารในดิน ทำให้ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร และการผลิตภาคอุตสาหกรรมในฤดูแล้ง ขณะที่ช่วงฤดูฝนก่อให้เกิดน้ำป่าไหลหลากท่วมบ้านเรือนและส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงความเสียหายต่อความหลากหลายของพันธุ์พืชและสัตว์ซึ่งมีคุณค่าควรแก่การอนุรักษ์ (สุพิชชา จันทรโยธา และคณะ, 2565) จึงจำเป็นต้องลดการพังทลายของดินรวมทั้งการเก็บรักษาตะกอนดินเพื่อรักษาบริการของระบบนิเวศ คุณภาพของน้ำและผลผลิตทางการเกษตร

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวประสบปัญหาจากการสูญเสียตะกอนดิน เนื่องมาจากการกัดเซาะหน้าดินเมื่อฝนตกชุก (สุพิชชา จันทรโยธา และคณะ, 2565) ดังนั้น อัตราการตกสะสมของตะกอนดินจึงเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ซึ่งในปัจจุบันยังขาดข้อมูลอัตราการเก็บรักษาตะกอนในอนาคต อีกทั้งยังไม่มีผลการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ซึ่งชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อการวางแผนการจัดการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวในอนาคต (Birhan et al., 2023) จากปัญหาดังกล่าวจะเห็นได้ว่าพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวประสบปัญหาการสูญเสียตะกอนดินส่งผลให้เกิดปัญหาปริมาณน้ำต้นทุนของเขื่อนกระเสียวที่ไม่เพียงพอในการจัดสรรให้แก่ภาคส่วนต่างๆ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์การเก็บรักษาตะกอน และประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเก็บรักษาตะกอน โดยใช้แบบจำลอง InVEST : Sediment Delivery Ratio (SDR) ในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเหมาะสมตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต (พ.ศ. 2584) และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์จำลองแบบ RCP4.5 และ RCP8.5

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

### พื้นที่การศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว มีเนื้อที่ 1,930 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,206,250 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่อำเภอด่านช้าง เดิมบางนางบวช สามชุก หนองหญ้าไซ บ้านไร่ ห้วยคต จังหวัดอุทัยธานี อำเภอเนินขาม หันคา จังหวัดชัยนาท และอำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวมีขอบเขตระหว่างละติจูดที่  $14^{\circ}.16' 37.92''$  ถึง  $15^{\circ} 16' 54.05''$  และลองจิจูด  $99^{\circ} 20' 19.89''$  ถึง  $100^{\circ} 6' 41.66''$  ลักษณะภูมิประเทศ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบเรียบหรือค่อนข้างราบเรียบ ร่องลงมาเป็นพื้นที่สูงชันหรือพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย พื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดและพื้นที่เนินเขา ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวมีจุดต่ำสุดอยู่ที่ตำบลกระเสียว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี โดยมีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 13 เมตร



### แบบจำลอง InVEST : Sediment delivery ratio (SDR)

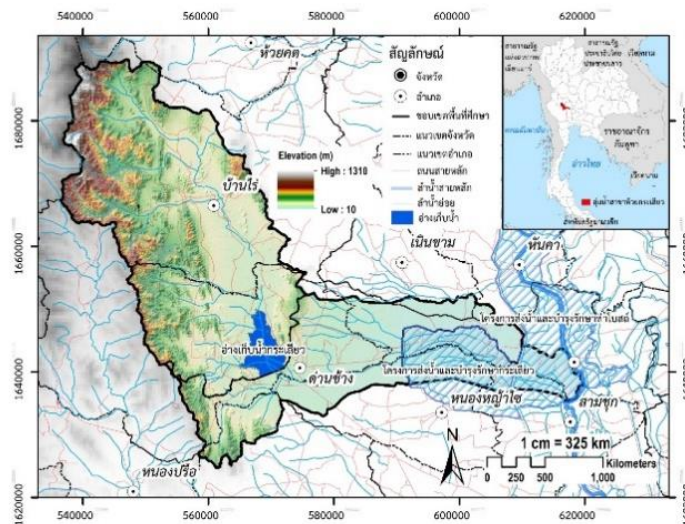
การศึกษาครั้งนี้ได้ประเมินปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดิน เฉพาะสำหรับการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรม ประเภทหลักในปี 2564 และในปี 2584 โดยใช้แบบจำลอง InVEST Sediment delivery ratio ซึ่งเป็นแบบจำลอง ที่อธิบายถึงการเชื่อมต่อทางอุทกวิทยา เพื่อจำลองผลผลิตของตะกอนต่อแหล่งน้ำ วิธีการเหล่านี้ได้มาจาก แบบจำลองการกักเก็บตะกอน InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs) (ศรายุทธ จุกกลับ และคณะ 2565; Sharp et al., 2016) ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$A = R * K * LS * C * P \quad (1)$$

โดยที่ A คือ ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เฮกตาร์/ปี); R คือ ปัจจัยชะล้างพังทลายของฝน (Rainfall erosivity factor) เป็นค่าดัชนีของการชะล้างพังทลายดินของฝนในปีที่มีฝนตกระดับปกติ (Normal year’s rain) (ตัน/เฮกตาร์); K คือ ปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (Soil erodibility factor) เป็นอัตราส่วนการสูญเสียดินต่อ หน่วยดัชนีการชะล้างสำหรับดินชนิดใดชนิดหนึ่ง; LS คือ ผลของปัจจัยระยะทางลาด (Slope length factor) และปัจจัย ความลาดชัน (Slope gradient factor) ซึ่ง LS เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิประเทศ คำนวนจากข้อมูลจำลอง ระดับความสูงเชิงเลข (Digital elevation mode: DEM); C คือ ปัจจัยผลจากการคลุมดินของพืชพรรณ; P คือ ปัจจัย ผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

### ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital elevation model : DEM)

ข้อมูลประเภท Raster ของข้อมูลระดับความสูง หน่วยเมตร ความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตร โดยที่ภายใน พื้นที่ มีระดับความสูงระหว่าง 80 – 1,426 เมตร เฉลี่ย 262.06 เมตร ซึ่งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 180.94 เมตร (ศรายุทธ จุกกลับ และคณะ 2565)



รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว



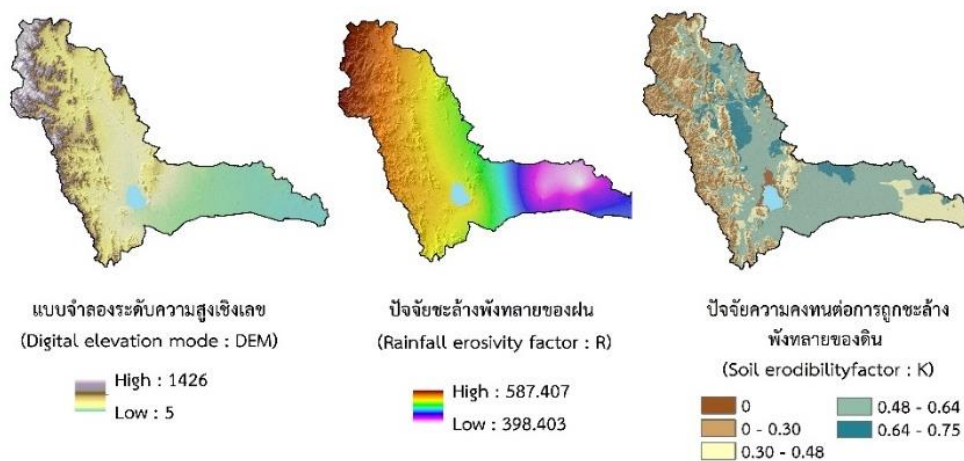


### ปัจจัยชะล้างพังทลายของฝน (Rainfall erosivity Index factor : R)

การประมาณปริมาณการสูญเสียดินด้วยสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ในครั้งนี้ได้ใช้ค่าปัจจัยชะล้างพังทลายของฝนของประเทศไทย (ตัน/เฮกตาร์/ปี) จากการศึกษาของ ชาญชัย และคณะ (2545) ดังสมการที่ (2)

$$R = 38.5 + (0.35 * \text{ชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี}) \quad (2)$$

โดยที่ชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนได้มาจากการข้อมูลน้ำฝน ของสถานีวัดน้ำฝนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว สร้างเป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่หน่วยมิลลิเมตร (Raster) บนซอฟต์แวร์ Arc map ด้วยวิธีการ Interpolation Kriging (Kriging) จากนั้นคำนวณค่าปัจจัยชะล้างพังทลายของฝนเชิงพื้นที่ด้วยเครื่องมือ Raster calculator จากสมการข้างต้น ด้วยสมการ “ $38.5 + (0.35 * \text{ชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี})$ ”



รูปที่ 2 แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (DEM) ปัจจัยชะล้างพังทลายของฝน (Rainfall erosivity factor : R) และปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (Soil erodibility factor : K) ภายในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว

### ปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (Soil erodibility factor : K)

ความแตกต่างของลักษณะเนื้อดิน โครงสร้างของดิน ความแน่นของดิน การยอมให้น้ำซึมได้และความสามารถในการซึมน้ำของผิวดินแต่ละชนิด คุณสมบัติเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดอัตราความคงทนของดินต่อการชะล้างพังทลายที่แตกต่างกันไป (พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์, 2546) การประมาณปริมาณการสูญเสียดินด้วยสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ในครั้งนี้ได้กำหนดค่า K ตามชุดดินภายในพื้นที่ลุ่มน้ำฯ อ้างอิงจากการศึกษาค่า K ของกลุ่มชุดดินภายในประเทศไทย และสร้างเป็นข้อมูล Raster ความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตร

### ข้อมูลการใช้ที่ดิน (Land Use)

ข้อมูลประเภท Raster ของการใช้ที่ดินปี 2549 และ 2564 ที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตร ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมพัฒนาที่ดิน โดยที่มีการใช้ที่ดินด้านการเกษตรประเภทหลัก 10 ประเภท ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง สับปะรด ยางพารา ปาล์มน้ำมัน ป่าไม่ผลัดใบและป่าผลัดใบ



### ข้อมูลชีวกายภาพของการพัดพาตะกอน (Biophysical Table)

ข้อมูลชีวกายภาพของการพัดพาตะกอน อยู่ในรูปแบบไฟล์ Comma separated value (CSV) ซึ่งเป็นตารางแสดงคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพในการพัดพาตะกอนของการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ได้แก่ ปัจจัยผลจากการคลุมดินของพืชพรรณ (คอลัมน์ “usle\_c”) และปัจจัยผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (คอลัมน์ “usle\_p”) (พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์, 2546)

### ค่าการไหลสะสม (Threshold Flow Accumulation)

การวิเคราะห์ค่าการไหลสะสมของข้อมูลทุก ๆ เซลล์ ไปยังเซลล์ที่มีความชันต่ำกว่าซึ่งเป็นจุดออกของน้ำเพื่อดูแนวทางการไหลสะสมของกลุ่มน้ำและสามารถประยุกต์หาพื้นที่ลุ่มน้ำหรือทางไหลออกของน้ำ (Outlet) การกำหนดค่าการไหลสะสมได้ทดลองสร้างเส้นลำน้ำให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ (DEM) และสอดคล้องกับข้อมูลเส้นทางลำน้ำ (Vector data) ของกรมชลประทาน โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5000 (จรัญธร บุญญาภาพ และคณะ, 2565)

### ข้อมูลการระบายน้ำ (Drainages)

กำหนดให้ข้อมูลประเภท Raster ของเส้นลำน้ำธรรมชาติ คลองส่งน้ำของระบบชลประทาน และถนนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว มีค่าเท่ากับ 1 และพื้นที่นอกจากที่กล่าวมามีค่าเท่ากับ 0 (Sharp et al., 2016)

### ค่าปรับเทียบในสมการ Borselli (Borselli k Parameter)

ค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบ (Calibration parameters) ที่กำหนดค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อมโยงทางอุทกวิทยา (Hydrologic connectivity) และอัตราส่วนการพัดพาธาตุอาหาร (NDR) กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2 (Default value) (จรัญธร บุญญาภาพ และคณะ, 2565)

### ค่าสูงสุดของอัตราการพัดพาตะกอน (Maximum SDR Value)

กำหนดค่าสูงสุดของอัตราการพัดพาตะกอน เท่ากับ 0.8 เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบ (k) เท่ากับ 2 และเมื่อกำหนดค่ากลางของดัชนีของการเชื่อมต่อสูงสุดและค่าต่ำสุด (ICO Parameter) เท่ากับ 0.5 (Sharp et al, 2016)

### ค่ากลางของดัชนีของการเชื่อมต่อในสมการ Borselli (Borselli ICO Parameter)

กำหนดค่ากลางของดัชนีของการเชื่อมต่อสูงสุดและค่าต่ำสุด (ICO Parameter) ให้มีค่าเท่ากับ 0.5 เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์การปรับเทียบ (k) เท่ากับ 2 (จรัญธร บุญญาภาพ และคณะ, 2565)

### ค่าสูงสุดของความยาวความชัน (Maximum L Value)

ค่าของ L มีค่าตั้งต้นคือ 122 แต่ค่าที่เหมาะสมจะมีค่าระหว่าง 122-333 (Sharp et al, 2016) โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าระหว่าง 122-333 คือ 212



ผลลัพธ์การเก็บรักษาตะกอนที่ได้จากแบบจำลอง InVEST: Sediment delivery ratio (SDR) คือ การเปรียบเทียบระหว่างการสูญเสียดินสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้ในสภาพที่ไม่มีสิ่งปกคลุมดินและการสูญเสียดินสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นได้ที่มีสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งการประเมินนี้ต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องจากไม่ได้พิจารณาการเก็บรักษาตะกอนดินที่ไหลผ่านจุดภาพ (จริณธร บุญญาภาพ และคณะ, 2565) ดังสมการที่ (3)

$$\text{Sediment retention} = (R * K * LS) - USLE \quad (3)$$

โดยที่ Sediment retention คือ ปริมาณการเก็บรักษาดิน (ตัน/เฮกแตร์/ปี)

**การเปลี่ยนแปลงปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินระหว่างปี 2564 และ 2584 ภายใต้สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**

การเปลี่ยนแปลงปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินระหว่างปี 2564 และ 2584 อันเนื่องมาจากสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน 4 สถานการณ์ โดยแสดงผลด้วยการใช้ค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงการเก็บรักษาตะกอนดิน (SRCI) ที่ได้ดัดแปลงมาจากสมการของ Leh et al. (2013) ดังสมการที่ (4)

$$SRCI_i = \left[ \frac{SR_{FUT_i} - SC_{CUR}}{SC_{CUR}} \right] \quad (4)$$

โดยที่  $SRCL_i$  คือ ดัชนีการเปลี่ยนแปลงการเก็บรักษาตะกอนดินของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวระหว่างปี 2564 และ 2584 ภายใต้สถานการณ์  $i$  ( $i=SC1-RCP4.5, SC1-RCP8.5, SC2-RCP4.5, SC2-RCP8.5$ );  $SR_{CUR}$  คือ ปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวปี 2564;  $SR_{FUT_i}$  คือ ปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวปี 2584

#### การจัดทำภาพฉายอนาคตของรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2584

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง Markov chain และแบบจำลอง CLUMondo โดยจะใช้ Markov chain คำนวณความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยอาศัยการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์การใช้ที่ดินในอดีต ในช่วงปี 2549 ถึงปี 2564 ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต และใช้ CLUMondo เป็นการจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแบบพลวัตเชิงพื้นที่ โดยออกแบบให้สามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์การใช้ที่ดิน ความเข้มข้นของการใช้ที่ดิน และสามารถสะท้อนบทบาทหน้าที่ของดินได้ การศึกษาครั้งนี้ กำหนดทางเลือกในการใช้ที่ดินในอนาคตของปี พ.ศ. 2584 ออกเป็น 2 สถานการณ์ (scenario) ประกอบด้วย 1) การใช้ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มในอดีต (Trend or business as usual scenario: SC1) 2) การใช้ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย (Sugarcane market-based scenario: SC2)



### ภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Representative Concentration Pathway

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยการปรากฏการณ์ของสภาพภูมิอากาศในอดีต และปัจจุบันโยงไปยังการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลอง จำนวน 3 models ประกอบด้วย ACCESS, CNRM และ MPI ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและได้ผลลัพธ์ เป็นปริมาณฝนรายวันล่วงหน้า 20 ปี ซึ่งกำหนด สถานการณ์ในการวิเคราะห์ 2 สถานการณ์ดังนี้ 1) Representative Concentration Pathway 4.5 (RCP4.5) วิธีที่แรงบังคับการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าเท่ากับ 4.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ในปี ค.ศ. 2100 และมีค่าคงที่หลังจากปี ค.ศ. 2100; 2) Representative Concentration Pathway (RCP8.5) วิธีแรงบังคับ การแผ่รังสีเพิ่มขึ้น จนมีค่าเท่ากับ 8.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ในปี ค.ศ 2100 และยังคงเพิ่มต่อไป (อนัญญา ตั้งคเสศณี และคณะ, 2565)

### ผลการศึกษา

การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 และปี 2584 ภายใต้สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบ SC1 และ SC2

สำหรับชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2564 และปี 2584 ภายใต้สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งแบบ SC1 และ SC2 ได้กำหนดใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลัก 10 ประเภท โดยพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ อ้อย รองลงมาคือพื้นที่ป่า และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินน้อยที่สุดคือ ปาล์ม น้ำมัน (ตารางที่ 1 ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 การใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลัก ปี 2564 และ ปี 2584 ภายใต้สถานการณ์ SC1 และ SC2

ประเภทการใช้ที่ดิน	ตารางพื้นที่ การใช้ที่ดิน ปี 2564 และ ปี 2584 SC1 SC2		
	ปี 2564	ปี 2584	
		เนื้อที่ (ไร่)	SC1 เนื้อที่ (ไร่)
ข้าวนาปี	18,519.25	10,228.13	9,497.69
ข้าวนาปรัง	76,860.56	89,950.00	86,685.38
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	24,686.06	23,805.13	20,965.31
อ้อย	418,593.38	426,675.56	434,304.38
มันสำปะหลัง	129,474.88	133,815.81	127,787.44
สับปะรด	11,472.44	12,799.19	10,985.63
ยางพารา	21,646.56	21,451.31	21,747.56
			(ต่อ/ ปาล์ม...)



ตารางพื้นที่ การใช้ที่ดิน ปี 2564 และ ปี 2584 SC1 SC2 (ต่อ)

ประเภทการใช้ที่ดิน	ปี 2584		
	ปี 2564	SC1	SC2
	เนื้อที่ (ไร่)	เนื้อที่ (ไร่)	เนื้อที่ (ไร่)
ป่าสนน้ำมัน	3,496.75	3,376.44	3,509.88
ป่าไม่ผลัดใบ	27,535.56	27,514.19	27,499.81
ป่าผลัดใบ	323,633.31	326,022.81	325,769.19

หมายเหตุ : SC1 แสดงถึงสถานการณ์การใช้ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มในอดีต; SC2 แสดงถึงสถานการณ์การใช้ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย

อัตราการเก็บรักษาตะกอนดินของการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564

การใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564 พบว่า พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบมีอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินมากที่สุด (1,193.448 ตัน/ไร่) รองลงมาได้แก่ พื้นที่ป่าผลัดใบและสวนยางพารา ขณะที่ ข้าวนาปรัง มีอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินน้อยที่สุด (8.001 ตัน/ไร่) (ตารางที่ 1 และ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินของการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564

ประเภทการใช้ที่ดิน	ปี พ.ศ. 2564			
	เนื้อที่ (ไร่)	อัตราการเก็บรักษาตะกอนดิน (ตัน/ไร่)	SD	ปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดิน (เมกกะตัน)
	ข้าวนาปี	18,519.250	17.975	82.508
ข้าวนาปรัง	76,860.563	8.001	39.84	0.615
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	24,686.063	112.923	276.654	2.788
อ้อย	418,593.375	42.305	123.412	17.709
มันสำปะหลัง	129,474.875	110.697	244.730	14.333
สับปะรด	11,472.438	126.486	219.218	1.451
ยางพารา	21,646.563	155.670	272.732	3.370
ป่าสนน้ำมัน	3,496.750	90.348	182.381	0.316
ป่าไม่ผลัดใบ	27,535.563	1,193.448	2,001.809	32.862
ป่าผลัดใบ	323,633.313	576.497	941.962	186.574
รวม	1,055,918.750			260.349

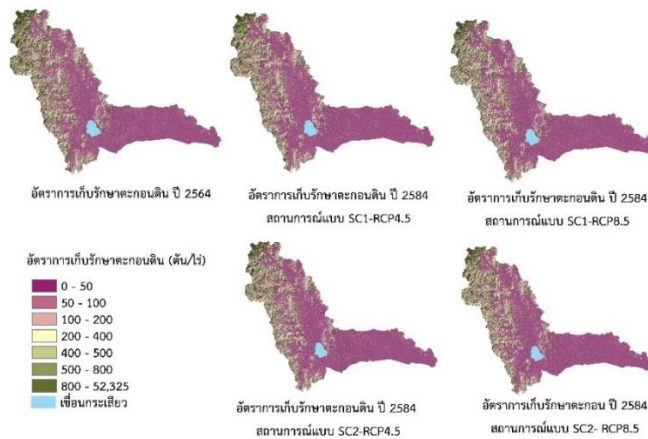
หมายเหตุ : การใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564



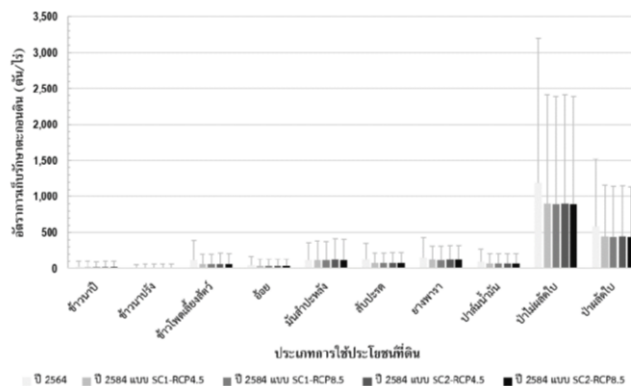
### อัตราการเก็บรักษาตะกอนดินของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2584

ภายใต้สถานการณ์ทั้งแบบ SC1-RCP4.5 และ SC1-RCP8.5 พบว่า พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินสูงที่สุดในปี 2584 (901.488 และ 892.822 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) รองลงมาได้แก่ ป่าผลัดใบและสวนยางพารา ขณะที่ ชั่วนาปรังมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินน้อยที่สุด (10.422 และ 10.420 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) (ตารางที่ 4)

นอกจากนี้ยังพบว่าภายใต้สถานการณ์แบบ SC2-RCP4.5 และ SC2-RCP8.5 พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินสูงที่สุดด้วยเช่นกัน (901.518 และ 892.855 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) รองลงมา ได้แก่ ป่าผลัดใบและสวนยางพารา ขณะที่ชั่วนาปรังมีอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินน้อยที่สุด (10.258 และ 10.257 ตัน/ไร่) (ตารางที่ 4)



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินเชิงพื้นที่ระหว่างปี 2564 และปี 2584 ภายใต้สถานการณ์แบบ SC1-RCP4.5 SC1-RCP8.5 SC2-RCP4.5 และ SC2-RCP8.5



รูปที่ 4 กราฟแสดงอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินเชิงพื้นที่ของการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในปี 2564 และ 2584

หมายเหตุ : SC1, สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินเหมือนกับแนวโน้มในอดีต; SC2, สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินตามความต้องการของตลาดอ้อย RCP4.5, ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบ RCP 4.5; RCP8.5, ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบ RCP 8.5

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ดัชนีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินของกลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวระหว่างปี 2564 และปี 2584

ดัชนีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินของระหว่างปี 2564 และปี 2584 พบว่า ภายใต้สถานการณ์แบบสถานการณ์ SC1-RCP4.5 SC2-RCP4.5 SC1-RCP8.5 และ SC2-RCP8.5 มีปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินที่ลดลงจากปี 2564 เท่ากับ 0.215 0.216 0.227 และ 0.228 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินน้ำของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลัก พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวระหว่างปี 2564 และปี 2584

ปี พ.ศ.	สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน	Representative Concentration Pathway	ปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดิน		การเปลี่ยนแปลง	
			ตัน	เมกกะตัน	%	SRCI
2564			260,349,203.71	260.349	0	0
2584	SC1	RCP 4.5	204,467,863.60	204.468	-21.464%	-0.215
		RCP 8.5	201,190,679.07	201.191	-22.723%	-0.227
	SC2	RCP 4.5	204,235,258.75	204.235	-21.553%	-0.216
		RCP 8.5	200,960,896.70	200.961	-22.811%	-0.228

หมายเหตุ : ตัวเลขที่ติดลบในตารางหมายถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ ปี 2565







### อภิปรายผลการศึกษา

จากการประมาณปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินในปี 2584 ภายในพื้นที่ของกลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว ด้วยแบบจำลอง InVEST : Sediment Delivery Ratio พบว่า ภายใต้สถานการณ์แบบ SC1-RCP4.5 มีการเก็บรักษาตะกอนมากที่สุด รองลงเป็นสถานการณ์แบบ SC2-RCP4.5 SC1-RCP8.5 และ SC2-RCP8.5 ตามลำดับ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ หากเปรียบเทียบกับ การเก็บรักษาตะกอนดินในการใช้ที่ดินปี 2564 จะพบว่า มีการกักเก็บตะกอนดินลดลง เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลต่อการเก็บรักษาตะกอนดิน สอดคล้องกับการศึกษาของ Birhan et al., (2023) นอกจากนี้การศึกษ้อัตราการเก็บรักษาตะกอนดินของการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลัก ปี 2565 และ ปี 2584 พบว่า พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ มีการเก็บรักษาตะกอนดินมากที่สุด รองลงมาเป็นป่าผลัดใบ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sean et al., (2020) กล่าวว่า ป่าถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการป้องกันการเคลื่อนตัวของดิน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ดินถูกกัดเซาะ ผ่นตกชุก และอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำ สิ่งนี้มีความหมายต่อกระบวนการตัดสินใจในการขึ้นว่าควรรักษาพื้นที่ปกคลุมตามธรรมชาติไว้ที่ใดหรือนำพื้นที่เกษตรกรรมออกจากการผลิตเพื่อลดการส่งตะกอนไปยังแหล่งน้ำให้น้อยที่สุด ในบริเวณพื้นที่กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินหลายสถานการณ์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศช่วยในการคาดการณ์ เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคต

### สรุปผลการศึกษา

การใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักปี 2584 ในพื้นที่กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวภายใต้สถานการณ์ SC1-RCP4.5 มีปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินสูงสุด ขณะที่ สถานการณ์ SC2-RCP8.5 มีปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินน้อยที่สุด นอกจากนี้ ปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินในปี 2584 ภายใต้ทุกสถานการณ์ มีปริมาณน้อยกว่าปี 2564 โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2584 ภายใต้สถานการณ์ SC2-RCP8.5 มีปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินลดลง 22.811% หรือ 200.961 เมกะตัน เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2564

ดัชนีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินระหว่างปี 2564 และ 2584 แสดงให้เห็นถึงปริมาณการเก็บรักษาตะกอนดินของพื้นที่กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวในอนาคตมีการเก็บรักษาตะกอนดินลดลง ชุดข้อมูลอัตราการเก็บรักษาตะกอนดินในปี 2564 และปี 2584 ของการใช้ที่ดินด้านเกษตรกรรมประเภทหลักในพื้นที่กลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถนำชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลเสริมประกอบในการคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้สภาพภูมิอากาศที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยกรมพัฒนาที่ดินและหน่วยงานในสังกัดสามารถใช้ชุดข้อมูลดังกล่าวร่วมกับคลังความรู้ขององค์กรที่มีอยู่



ในการกำหนดนโยบายการใช้ประโยชน์ที่ดินเชิงบูรณาการเพื่อการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวที่ต้องเน้นความสำคัญในการปกป้องรักษาทุนทางธรรมชาติและค่าบริการเชิงนิเวศ (Natural capital and ecosystem services) ให้เกิดความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ อันนำไปสู่ความสำเร็จในการบริหารจัดการทรัพยากร และสร้างแนวทางการจัดการปัญหาด้านทรัพยากรที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

### เอกสารอ้างอิง

จรรย์ธร บุญญานุภาพ, วันวิสาข์ ปั่นศักดิ์, จุรีพร ดวงกลาง, สุภาพร ปานสุข, ณิชภาส ศรีเลิศ, และพิสิษฐ์ พานิช.

(2565). การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการวางแผนการจัดการทรัพยากรที่ดินและทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์).

กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).

พิณทิพย์ อิติโรจนะวัฒน์. (2546). การประยุกต์ใช้สมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ในพื้นที่ลุ่มน้ำ Universal Soil Loss equation (USLE) Application in Watershed Area. เอกสารวิชาการ. กลุ่มวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สุพิชชา จันทโรยธา พงษ์แพทย์ เฟ่งวานิชย์ รวีวรรณ กฤษณานวัตร อารีรัตน์ อนุชน ดวงฤทัย มงคลเคหา ยุทธนา ตุ่มน้อย ธวัชชัย อธิพิพนธกร และศศิมลล ม่วงศรีจันทร์. (2565). การประเมินอัตราการสะสมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำด้วยเทคนิคเรดิโอเมตริกเพื่อสนับสนุนแผนการจัดการทรัพยากรดิน และน้ำในพื้นที่รับน้ำและอ่างเก็บน้ำ (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).

ชาญชัย ธนาวุธ เซวาน้อย เฉลิมชัย ซาลี นาวานุเคราะห์ และอับดุลเลาะห์ เบ็ญนุ้ย. (2545). ประเมินโอกาสในการเกิดการชะล้างพังทลายของดินในภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์.

ศรายุทธ จุลกลับ, กิตติศักดิ์พรหมโสภา, ปรีดิพัทธ์ รูโปบล, และ จรรย์ธร บุญญานุภาพ. (2565). การเปลี่ยนแปลงอัตราการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียวตอนบน โดยใช้แบบจำลอง InVEST Sediment Delivery Ratio [วิทยานิพนธ์ปริญญาตรีไม่ได้ตีพิมพ์. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อนัญญา ตังค์เศรณี กรตสุวรรณ โพธิ์สุวรรณ อัครา กิจพยุง ธนสิทธิ์ พรหมพิงค์ ภันทิลา รามนันท์ ทรงพล เพชรพลอย และอัจฉรา พิมพ์วาทิน (2565) การศึกษาการประเมินปริมาณน้ำและตะกอนในอ่างเก็บน้ำ ภายใต้



สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป กรณีศึกษาลุ่มน้ำสาขาห้วยกระเสียว (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์).

กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน).

Birhan G.T., Laurence G., Milos R., & Busnur R.M. (2023), Modelling the impacts of changing land use and climate on sediment and nutrient retention in Lake Tana Basin, Upper Blue Nile River Basin. *Ethiopia Ecological Modelling. Volume 482(1)*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2023.110383>. [110383]

Leh, M.D.K., Matlock, M.D., Cummings, E.C., & Nalley, L.L. (2013). Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa. *Agriculture Ecosystems & Environment, 165*, 6–18. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.12.001>

Mengmeng Z., Jinsong D., Yi L., Linjing Z., Shan H., & Wu Y. (2021), Evaluating combined effects of socio economic development and ecological conservation policies on sediment retention service in the Qiantang River Basin, China. *Journal of Cleaner Production. Volume 286(1)*. 124961. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124961>

Sean A.W., Peter C., James W., Michelle S., Jeremy B., Megan M., & Anne N. (2020), Sediment retention by natural landscapes in the conterminous United States. *Science of The Total Environment Volume 745(1)*. 140972. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140972>

Sharp, R., Tallis, H. T., Ricketts, T., Guerry, A. D., Wood, S. A., Chaplin, R., Nelson E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C. K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., Griffin, R., Glowinski, K., Chaumont, N., Perelman, A., Lacayo, M., Mandle L., Hamel, P., Vogl, A. L., Rogers, L., & Bierbower, W. (2016). InVEST 3.3.2 User’s Guide. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund. <http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/en/index.html>



## ผลกระทบของ Convergence Criteria, Node Spacing และ Initial Hydraulic Head

### ที่มีต่อ Iteration Number ในแบบจำลองน้ำบาดาลไฟไนต์ ดิฟเฟอเรนซ์

กิจการ พรหมมา<sup>1\*</sup>

## Effects of Convergence Criteria, Node Spacing, and Initial Hydraulic Head

### on Iteration Number in a Finite-Difference Groundwater Model

Kitchakarn Promma<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: kitpromma@yahoo.com

#### บทคัดย่อ

แบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลยอนิยมใช้ไฟไนต์ ดิฟเฟอเรนซ์ที่มีโนดอยู่กลางเซลล์ในการคำนวณระดับน้ำบาดาลเพื่อวาดตาข่ายการไหล วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือเพื่อเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณระดับน้ำบาดาล ด้วยการวนซ้ำ Gauss-Seidel และเพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่าคอนเวอร์เจนซ์ ระยะห่างระหว่างโนด และระดับน้ำบาดาลเริ่มต้นที่มีต่อจำนวนวนซ้ำ การทดสอบใช้ภาษาเบสิกเขียนโปรแกรม ได้แก่ 1) เซลล์ 4 x 4 ขอบเขตโนไฟวรอบโดเมน คอนเวอร์เจนซ์ 0.01 ระดับน้ำบาดาลเริ่มต้น 7 8 8 8.5 เมตร 2) เซลล์ 21 x 23 ขอบเขตระดับน้ำคั่งที่ขอบซ้ายและขวา ขอบเขตโนไฟวที่ขอบบนและล่าง คอนเวอร์เจนซ์ 1.0, 0.01 และ 0.001 ระยะห่างระหว่างโนด 100 และ 200 เมตร ระดับน้ำบาดาลเริ่มต้น 60 เมตร 3) ระยะห่างระหว่างโนด 200 เมตร ระดับน้ำบาดาลเริ่มต้น 75 และ 90 เมตร ผลการวิจัยพบว่า จำนวนวนซ้ำแปรผันตรงกับระดับน้ำบาดาลเริ่มต้นแต่แปรผกผันกับคอนเวอร์เจนซ์และระยะห่างระหว่างโนด

**คำสำคัญ:** การไหลของน้ำบาดาล ไฟไนต์ ดิฟเฟอเรนซ์ แบบจำลองนัมเมอร์คัล

#### Abstract

Popular groundwater flow models use block-centered finite differences to approximate hydraulic heads for drawing flownets. The objectives of this research are to write a computer code to calculate hydraulic heads using Gauss-Seidel iteration and to study the effects of convergence criteria, node spacing, and initial hydraulic heads on iteration number. The program was written in BASIC. Testing includes 1) cells 4 x 4, no-flow boundary around domain, convergence criteria 0.01, initial head 7, 8, 8



and 8.5 m 2) cells 21 x 23, constant-head boundary at left/right margins and no-flow boundary at top/bottom margins, convergence criteria 1.0, 0.01 and 0.001, node spacing 100 and 200 m, initial head 60 m 3) node spacing 200 m, initial head 75 and 90 m. Results show that the iteration number is directly proportional to the initial head but inversely proportional to the convergence criteria and node spacing.

**Keywords:** Groundwater Flow, Finite Difference, Numerical Model

## บทนำ

คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีระบบประมวลผลที่รวดเร็ว ทำให้สะดวกต่อการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อจำลองแบบการไหลของน้ำบาดาล การจำลองแบบมีประโยชน์ต่อการทำนายการไหลของระบบน้ำบาดาลในพื้นที่หนึ่ง ๆ (Alley and Emery, 1986, p. 226) ค่าที่ได้จากแบบจำลองนัมเมอร์คัลเป็นค่าประมาณ ไม่ใช่ค่าจริงวิธีหนึ่งที่น่าสนใจคือไฟไนต์ ดิฟเฟอเรนซ์ ขั้นตอนการจำลองมี 3 ส่วน ได้แก่ (1) การพัฒนาทฤษฎีพื้นฐานและสมการที่เกี่ยวข้อง (2) การเลือกใช้ matrix solving technique ที่จะคำนวณค่าระดับน้ำบาดาลในแต่ละพิกัด และ (3) การทดสอบแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลสมมุติ (Anderson and Woessner, 1992, p. 100) การจำลองแบบการไหลของน้ำบาดาลชนิดไฟไนต์ ดิฟเฟอเรนซ์เป็นการประมาณค่าระดับน้ำบาดาล มีผลลัพธ์เป็น hydraulic head เพื่อนำค่าไปวาดตาข่ายการไหลและบ่งชี้ทิศทางและความเร็วที่น้ำบาดาลไหลต่อไป

governing equation ที่ใช้จำลองแบบการไหลของน้ำบาดาลเกี่ยวข้องกับ Darcy's Law ซึ่งอธิบายว่าความเร็วการไหลของน้ำบาดาลแปรผันตรงกับ hydraulic gradient (Eq. 1)

$$q = n_e v = K \frac{\partial h}{\partial l} \quad (1)$$

โดยที่  $q$  = specific discharge  $n_e$  = effective porosity  $v$  = average linear velocity  $K$  = hydraulic conductivity  $h$  = hydraulic head  $l$  = distance

continuity equation กล่าวว่า ความแตกต่างระหว่าง mass flow rate ของ input และ output มีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของ mass storage ในเวลาที่ผ่านมา ถ้า input เท่ากับ output ก็จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ mass ในเวลาที่ผ่านมา ระบบนี้เรียกว่า steady-state condition เมื่อนำ Darcy's Law มาใช้ใน continuity equation ในระบบ steady-state condition จะเขียน differential equation สองมิติ  $x$   $y$  ได้ว่า (Eq. 2)

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \quad (2)$$

โดยที่  $h$  = hydraulic head  $x$  และ  $y$  = ระยะทาง เรียกสมการนี้ว่า Laplace's equation



แบบจำลองไฟไนต์ ดิฟเฟอเรนซ์มีประโยชน์ในงานน้ำบาดาลเพราะว่าช่วยคำนวณ hydraulic head ที่ node ของแต่ละเซลล์ Laplace’s equation เปลี่ยนรูปไปเป็นไฟไนต์ ดิฟเฟอเรนซ์สองมิติดังนี้ (Eqs. 3-4)

$$\frac{h_{i+1,j}+h_{i-1,j}-2h_{i,j}}{\Delta x^2} + \frac{h_{i,j+1}+h_{i,j-1}-2h_{i,j}}{\Delta y^2} = 0 \quad (3)$$

$$h_{i,j} = \frac{h_{i+1,j}+h_{i-1,j}+h_{i,j+1}+h_{i,j-1}}{4} \quad (4)$$

Eq. 4 คือคำตอบของ Laplace’s equation ที่เขียนแบบ block-centered finite difference ซึ่งมี node อยู่ตรงกลางของ cell Eq. 4 เรียกว่า five-star operator เพราะมีการนำค่า hydraulic head ของ node ข้างเคียง ทั้ง 4 ทิศมาใช้คำนวณ hydraulic head ของ node ตรงกลาง จึงคล้ายกับดาว 5 ดวง ผลลัพธ์ทุก node เขียนเป็น matrix สองมิติ x y ได้โดยใช้ indices i j แสดงแทน i = column j = row การคำนวณ Eq. 4 ใช้วิธี Gauss-elimination method หรือวิธี iteration

Gauss-Seidel iteration เป็นวิธี iteration ชนิดหนึ่งที่ยอมรับใช้ มีการประมวลผลจากซ้ายไปขวา จากบนลงล่าง มี iteration equation ดังนี้ (Eq. 5)

$$h_{i,j}^{m+1} = \frac{h_{i-1,j}^{m+1}+h_{i,j-1}^{m+1}+h_{i+1,j}^m+h_{i,j+1}^m}{4} \quad (5)$$

Eq. 5 ต้องใส่ค่า initial value  $h_{i,j}^m$  ในครั้งแรก การคำนวณดำเนินไปได้โดยไม่ต้องรอให้ทุก node มีค่า  $h_{i,j}^{m+1}$  ก่อนที่จะเลิกใช้ค่าเก่า  $h_{i,j}^m$  การประมวลผลยุติลงเมื่อสองรอบ iteration ติดกันที่ node เดิม node ใด node หนึ่งก็ได้มี hydraulic head แตกต่างกันน้อยกว่าค่า convergence criteria ค่า hydraulic head ที่ได้โดยวิธี Gauss-Seidel iteration จึงเป็น approximate value นอกจากนี้มีการกำหนด boundary condition ช้อนทับ node พอดี และกำหนด initial hydraulic head เสมอ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือเพื่อเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณ hydraulic head สองมิติ x y ด้วย Gauss-Seidel iteration และเพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงค่า convergence criteria node spacing และ initial hydraulic head ที่มีต่อ iteration number

### วัตถุประสงค์และวิธีการ

การทดสอบมี 3 ครั้ง เริ่มต้นจากออกแบบจำนวนเซลล์ กำหนดขอบเขตของโดเมน ป้อนค่าตัวแปรต่างๆ ประมวลผลให้ได้ระดับน้ำบาดาล และรายงานผล ดังนี้

1) การทดสอบที่ 1 ใช้ Gauss-Seidel iteration กับเซลล์ 4 x 4 คำนวณค่า hydraulic head จำนวน 4 ค่า ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมคือ Microsoft-DOS QuickBASIC 1.1 กำหนดให้มี no-flow boundary รอบโดเมน



ตั้งค่า initial hydraulic head มี convergence criteria 0.01  $i = \text{column}$   $j = \text{row}$  แล้วเปรียบเทียบ approximate hydraulic head ที่ได้จากโปรแกรมกับ exact hydraulic head ที่คำนวณด้วยวิธี Gauss-elimination โปรแกรมแสดงในรูปที่ 1

```
' Test 1 "Gauss-Seidel iteration"
,
CLS
' Matrix dimension
DIM H(4, 4)
' Boundary values for upper, lower, left, and right
READ H(1, 1), H(2, 1), H(3, 1), H(4, 1)
DATA 8.04,8.18,8.36,8.53
READ H(1, 4), H(2, 4), H(3, 4), H(4, 4)
DATA 6.82,7.56,7.99,8.29
READ H(1, 2), H(1, 3)
DATA 7.68,7.19
READ H(4, 2), H(4, 3)
DATA 8.41,8.33
' Initial guesses for interior points
READ H(2, 2), H(3, 2), H(2, 3), H(3, 3)
DATA 8.0,8.5,7.0,8.0
' Keep track of iteration number (M) and of largest difference (DIFMAX)
M = 0
10 DIFMAX = 0
M = M + 1
' Sweep interior points with five-star operator: "Gauss-Seidel Iteration"
FOR I = 2 TO 3
FOR J = 2 TO 3
OLDVAL = H(I, J)
H(I, J) = (H(I - 1, J) + H(I + 1, J) + H(I, J - 1) + H(I, J + 1)) / 4
DIF = H(I, J) - OLDVAL
IF DIF > DIFMAX THEN DIFMAX = DIF
NEXT J
NEXT I
' Do another iteration if largest difference affects second decimal place.
IF DIFMAX > .01 THEN 10
' Great job! Get a hard copy then.
PRINT TAB(30); "ANSWER TO TEST 1"
PRINT TAB(17); "Two-dimensional Distribution of Hydraulic Heads"
PRINT "distance between nodes = 100 m"
PRINT "unit of hydraulic heads = m"
PRINT "convergence criteria = 0.01"
PRINT "iteration number = "; M
PRINT
PRINT
FOR J = 1 TO 4
FOR I = 1 TO 4
PRINT USING "#.###      "; H(I, J);
NEXT I
PRINT
PRINT
NEXT J
END
```

รูปที่ 1 โปรแกรมจำลองแบบระดับน้ำบาดาลของการทดสอบที่ 1

2) การทดสอบที่ 2 เขียนโปรแกรมโดยใช้ Gauss-Seidel iteration ทดสอบไฟไนต์ ดิฟเฟอเรนซ์สองมิติ จำนวน cell 21 x 23 กำหนดให้มี constant head boundary ที่ขอบซ้ายและขอบขวา กำหนดให้มี no-flow boundary ที่ขอบบนและขอบล่าง มี convergence criteria 1.0, 0.01 และ 0.001 จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ iteration



number เมื่อเปลี่ยนค่า convergence criteria node spacing และ initial hydraulic head ยกตัวอย่างเช่น ครั้งที่ 1 สมมุติให้ initial hydraulic head มีค่า 60 m ทุก node มี grid spacing 100 m แล้วประมวลผลโดยใช้ convergence criteria 1.0, 0.01 และ 0.001 จดบันทึกค่า iteration number ครั้งที่ 2 เปลี่ยน grid spacing จาก 100 m เป็น 200 m ตัวแปรอื่นๆ คงเดิม จดบันทึกค่า iteration number โปรแกรมแสดงในรูปที่ 2

```
' TEST 2 "iteration number and convergence criteria"
,
  CLS
' Matrix dimension = 21 x 23
  DIM h(21, 23)
' Left and right boundary values (Lake, h = 60 m: River, h = 65 m)
  FOR J = 1 TO 23
    h(1, J) = 60
    h(21, J) = 65
  NEXT J
' Upper and lower boundary values (River, h = 0.0025 * DX + 60 m)
  DX = 100
  FOR I = 2 TO 20
    h(I, 1) = (.0025 * DX * (I - 1)) + 60
    h(I, 23) = (.0025 * DX * (I - 1)) + 60
  NEXT I
' Initial guesses for interior points = 60 m
  FOR J = 2 TO 22
    FOR I = 2 TO 20
      h(I, J) = 60
    NEXT I
  NEXT J
' Keep track of iteration number (M) and of convergence criteria (DIFMAX).
  m = 0
10  DIFMAX = 0
  m = m + 1
' Sweep interior points with five-star operator: "Gauss-Seidel iteration"
  FOR J = 2 TO 22
    FOR I = 2 TO 20
      OLDVAL = h(I, J)
      h(I, J) = (h(I - 1, J) + h(I + 1, J) + h(I, J - 1) + h(I, J + 1)) / 4
      DIF = ABS(h(I, J) - OLDVAL)
      IF DIF > DIFMAX THEN DIFMAX = DIF
    NEXT I
  NEXT J
' Do another iteration if difference affects convergence criteria.
  IF DIFMAX > 1 THEN 10
' Great job! Get your output file then.
  OPEN "D:hwmod 2a.txt" FOR OUTPUT AS #1
  PRINT #1, "ANSWER to TEST 2"
  PRINT #1, "Two-dimensional Distribution of Hydraulic Heads"
  PRINT #1, "Distance between nodes = 100 m"
  PRINT #1, "Unit of hydraulic heads = m"
  PRINT #1, "Initial heads = 60 m"
  PRINT #1, "Convergence criteria = 1.0"
  PRINT #1, "Number of iteration ="; m
  PRINT #1,
  PRINT #1,
  FOR J = 1 TO 23
    FOR I = 1 TO 21
      PRINT #1, USING "##.# "; h(I, J);
    NEXT I
    PRINT #1,
  NEXT J
  CLOSE #1
  END
```

รูปที่ 2 โปรแกรมจำลองแบบระดับน้ำบาดาลของการทดสอบที่ 2





3) การทดสอบที่ 3 สมมุติให้ initial head มีค่า 75 และ 90 m ใช้ grid spacing 200 m ประมวลผล โดยใช้ convergence criteria 1.0, 0.01 และ 0.001 จดบันทึก iteration number โปรแกรมแสดงในรูปที่ 3

```
' TEST 3 "iteration number/convergence criteria/initial hydraulic head"
,
CLS
' Matrix dimension = 11 x 12
DIM H(11, 12)
' Left and right boundary values (Lake, h = 60 m: River, h = 65 m)
FOR J = 1 TO 12
  H(1, J) = 60
  H(11, J) = 65
NEXT J
' Upper and lower boundary values (River, h = 0.0025 * DX + 60 m)
DX = 200
FOR I = 2 TO 10
  H(I, 1) = (.0025 * DX * (I - 1)) + 60
  H(I, 12) = (.0025 * DX * (I - 1)) + 60
NEXT I
' Initial guesses for interior points = 90 m
FOR J = 2 TO 11
  FOR I = 2 TO 10
    H(I, J) = 90
  NEXT I
NEXT J
' Keep track of iteration number (M) and of convergence criteria (DIFMAX).
M = 0
10 DIFMAX = 0
M = M + 1
' Sweep interior points with five-star operator: "Gauss-Seidel iteration"
FOR J = 2 TO 11
  FOR I = 2 TO 10
    OLDVAL = H(I, J)
    H(I, J) = (H(I - 1, J) + H(I + 1, J) + H(I, J - 1) + H(I, J + 1)) / 4
    DIF = ABS(H(I, J) - OLDVAL)
    IF DIF > DIFMAX THEN DIFMAX = DIF
  NEXT I
NEXT J
' Do another iteration if difference affects convergence criteria.
IF DIFMAX > 1 THEN 10
' Great job! Get a hard copy then.
LPRINT TAB(30); "ANSWER to TEST 3"
LPRINT TAB(17); "Two-dimensional Distribution of Hydraulic Heads"
LPRINT "distance between nodes = 200 m"
LPRINT "unit of hydraulic heads = m"
LPRINT "initial heads = 90 m"
LPRINT "convergence criteria = 1.0"
LPRINT "iteration number ="; M
LPRINT
LPRINT
FOR J = 1 TO 12
  FOR I = 1 TO 11
    LPRINT USING "##.## "; H(I, J);
  NEXT I
  LPRINT
  LPRINT
NEXT J
END
```

รูปที่ 3 โปรแกรมจำลองแบบระดับน้ำบาดาลของการทดสอบที่ 3



### ผลการศึกษา

ผลการวิจัยเป็นไปตามที่คาดไว้ กล่าวคือ ผลลัพธ์ของวิธีนัมเมอร์คัลจากโปรแกรมได้ค่าใกล้เคียงกับผลลัพธ์ของวิธีแอนาไลติคัล การประมวลผลมีจำนวนรอบของการวนซ้ำมากขึ้นเมื่อกำหนดให้ convergence criteria น้อย กริดถี่ และ initial head ห่างจากผลลัพธ์มาก ดังนี้

1) การทดสอบที่ 1 พบว่า hydraulic head ทั้ง 4 node มีค่าใกล้เคียงกัน ความแตกต่างอยู่ตรงทศนิยมตำแหน่งที่ 3 หรือ 4 (ตารางที่ 1) วิธี Gauss-Seidel iteration ยุติการประมวลผลรวดเร็ว

ตารางที่ 1 hydraulic head ของการทดสอบที่ 1

Node	hydraulic head (m)	
	Gauss-elimination method	Gauss-Seidel iteration
H (2, 2)	7.9325	7.9314
H (3, 2)	8.1875	8.1870
H (2, 3)	7.6825	7.6820
H (3, 3)	8.0475	8.0472

2) การทดสอบที่ 2 ตัวอย่าง output ของโปรแกรมการทดสอบที่ 2 แสดงในรูปที่ 4 พบว่า iteration number แปรผกผันกับ convergence criteria และ node spacing แต่ node spacing ไม่มีผลต่อ accuracy ที่ node เดียวกัน (ตารางที่ 2)

3) การทดสอบที่ 3 พบว่า iteration number แปรผันตรงกับ initial hydraulic head (ตารางที่ 2) ถ้า convergence criteria มีค่ามาก initial hydraulic head มีผลอย่างมากต่อผลลัพธ์ hydraulic head ที่จะคำนวณได้ ยกตัวอย่างเช่น convergence criteria 1 สำหรับ initial hydraulic head 70 m และ 90 m พบว่า hydraulic head หลาย node มีค่ามากกว่าใน constant head boundary จึงควรกำหนด initial hydraulic head อย่างเหมาะสม

ANSWER to TEST 2

Two-dimensional Distribution of Hydraulic Heads

distance between nodes = 100 m

unit of hydraulic heads = m

initial heads = 60 m

convergence criteria = 1.0

iteration number = 3

60.0	60.3	60.5	60.8	61.0	61.3	61.5	61.8	62.0	62.3	62.5	62.8
	63.0	63.3	63.5	63.8	64.0	64.3	64.5	64.8	65.0		
60.0	60.1	60.3	60.4	60.5	60.7	60.8	61.0	61.1	61.2	61.4	61.5
	61.7	61.8	61.9	62.1	62.2	62.4	63.0	63.9	65.0		
60.0	60.1	60.1	60.2	60.3	60.3	60.4	60.5	60.5	60.6	60.7	60.8
	60.8	60.9	61.0	61.0	61.1	61.3	62.0	63.4	65.0		
60.0	60.0	60.0	60.1	60.1	60.1	60.2	60.2	60.2	60.3	60.3	60.4
	60.4	60.4	60.5	60.5	60.5	60.7	61.5	63.1	65.0		





node spacing จาก 100 m เพิ่มขึ้นเป็น 200 m เมื่อคงค่า initial head 60 m convergence criteria 0.001 iteration number จาก 204 ลดลงเป็น 67 3) initial head จาก 60 m เพิ่มขึ้นเป็น 90 m เมื่อคงค่า node spacing 200 m convergence criteria 1.0 iteration number จาก 3 เพิ่มขึ้นเป็น 16

นอกจากนี้ ประเด็นที่พบในระหว่างการศึกษา ได้แก่ ข้อมูลทดสอบได้มาตรฐานหรือไม่เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ความไม่คุ้นเคยระบบปฏิบัติการ DOS การเลือกใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ การเชื่อมโยงกับโปรแกรม MODFLOW และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

1) ชุดข้อมูลทดสอบไม่มีตัวเทียบ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นการตั้งสมมุติขึ้นมาเอง อาจทำให้เกิดความไม่แน่ใจว่าผลการวิจัยน่าเชื่อถือหรือไม่ แต่ความสัมพันธ์ที่พบจากการวิจัยสอดคล้องกับในตำรา (Wang and Anderson, 1982, p. 132) การที่นักวิจัยแต่ละกลุ่มเลือกใช้ชุดข้อมูลทดสอบที่แตกต่างกันเป็นปัญหาสามัญในสาขาวิชา groundwater modeling

2) ความไม่คุ้นเคยระบบปฏิบัติการ DOS เวลาเขียน code ต้องเข้าออกสลับระหว่าง Windows และ DOS prompt โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการนำ output พิมพ์ลงกระดาษ ระบบปฏิบัติการ DOS ไม่ใช่ user-friendly environment ปัญหาข้อนี้ตรงกับที่พบในโปรแกรมยอดนิยม MODFLOW ซึ่งต้นฉบับที่แจกฟรีใช้ระบบปฏิบัติการ DOS (McDonald and Harbaugh, 1988, p. 95) จึงมีเอกชนสร้าง graphic user interface ระบบ WINDOWS มาประกอบใช้กับโปรแกรมแม่แล้วขาย software ดังเป็นที่ทราบกันดีในวงวิชาการ

3) การเลือกใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ในการเขียน code การวิจัยนี้เลือกใช้ภาษา BASIC ผู้ที่มีความคุ้นเคยภาษาอื่นจำเป็นต้องแปลง algorithm ไปใช้ในภาษาที่ตนเองถนัดใช้ จึงอาจเกิดปัญหา bug ขึ้นได้ในช่วงเริ่มต้นเขียน code

4) การเชื่อมโยงกับโปรแกรมยอดนิยม MODFLOW แม้ว่า Gauss-Seidel iteration ที่ใช้ในการวิจัยนี้ให้ผลการทดสอบดีและเข้าใจง่าย แต่ MODFLOW ไม่ได้ใช้ matrix solver ชนิดนี้ แต่มักใช้ Successive Over Relaxation ที่มีความซับซ้อนมากกว่า Gauss-Seidel iteration อีกทั้งตัวอย่างการใช้งาน MODFLOW ในภาคผนวกของคู่มือใช้ชุดข้อมูลที่ใหญ่ ซับซ้อน และต้องป้อนข้อมูลหลายไฟล์ (McDonald & Harbaugh, 1988, p. 187) ผู้ใช้งานจึงไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่พบในการวิจัยนี้ไปใช้ทันทีกับการสร้างความเข้าใจในการใช้ MODFLOW ได้

5) มีประโยชน์ในการเรียนการสอน โปรแกรมสั้นกระทัดรัด จึงเหมาะสมที่นำไปใช้ในการเรียนการสอน นิสิตนักศึกษาสามารถเลือกใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ตนเองถนัดแล้วทดสอบความสัมพันธ์ของ convergence criteria node spacing และ initial hydraulic head ที่มีต่อ iteration number



## สรุปผลการศึกษา

การวิจัยนี้บรรลุวัตถุประสงค์ ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณ hydraulic head สองมิติ x y ด้วย Gauss-Seidel iteration และได้เห็นผลลัพธ์ของการเปลี่ยนแปลงค่า convergence criteria node spacing และ initial hydraulic head ที่มีต่อ iteration number iteration number แปรผันตรงต่อ initial hydraulic head แต่แปรผกผันต่อ convergence criteria และ node spacing ค่าที่ควรใช้เพื่อจะได้ผลดีคือ convergence criteria 0.01 node spacing 200 m และ initial hydraulic head 75 m ซึ่งมี iteration number 58

## เอกสารอ้างอิง

- Alley, W. M., & Emery, P. A. (1986). Groundwater model of the Blue River Basin, Nebraska: Twenty years later. *Journal of Hydrology*, 85(1), 225–250.
- Anderson, M. P., & Woessner, W. W. (1992). *Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport*. San Diego, Academic Press.
- McDonald, M. G., & Harbaugh, A. W. (1988). *A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model*. US Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations 06-A1.
- Wang, H. F., & Anderson, M. P. (1982). *Introduction to Groundwater Modeling: Finite Difference and Finite Element*. New York, W. H. Freeman.



## ผลของกระบวนการเตรียมและการทำแห้งต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพและฤทธิ์ต้าน

### จุลชีพของน้ำมันจากหนอนทหารเสือ

กุลปรียา ทิมเครือจีน<sup>1\*</sup>, ชยพล ศรีพันนาม<sup>2</sup> และ ขนิษฐา รุตรัตนมงคล<sup>1</sup>

#### Effect of pre-treatment and drying process on physico-chemical properties and antimicrobial of black soldier fly larvae oil.

Kunpriya Thimkrueajeen<sup>1\*</sup>, Chayaphon Sriphanam<sup>2</sup> and Khanitta Ruttarattanamongkol<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Agro-Industry Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Department of Biochemistry Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: kunpriya.thim@gmail.com

#### บทคัดย่อ

หนอนทหารเสือ (*Hermetia illucens* L.) เป็นแมลงที่กำลังได้รับความสนใจจากทั่วโลก มีโปรตีนสูงถึง 42-56% และไขมัน 30-35% ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวสายกลางที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาประสิทธิภาพการสกัดไขมัน สมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำมันหนอนทหารเสือที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่แตกต่างกัน คือ การทำแห้งแบบลมร้อน รังสีอินฟราเรด ไมโครเวฟ และฟรีสตรราย สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์และศึกษาผลของการเป็นสารต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ผลการศึกษาพบว่าหนอนทหารเสือที่อบแห้งด้วยไมโครเวฟ มีประสิทธิภาพการสกัดดีที่สุดคือ 85.97 % โดยน้ำมันหนอนทหารเสือที่สกัดได้มีค่ากรดไขมันอิสระและค่าเปอร์ออกไซด์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันหนอนทหารเสือยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* และ *Salmonella typhimurium* แต่ไม่มีผลกับ *Pseudomonas aeruginosa* และ *Escherichia coli* โดยตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยบริเวณที่ยับยั้งอยู่ที่  $10.35 \pm 0.21$ ,  $8.60 \pm 0.28$  และ  $9.25 \pm 0.21$  มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังนั้นการมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ของน้ำมันหนอนทหารเสืออาจเป็นประโยชน์ในการผลิตยาหรือเครื่องสำอางในอนาคตได้

คำสำคัญ: หนอนทหารเสือ ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ สารสกัดหยาบ น้ำมันสกัด



### Abstract

Black Soldier Fly-BSF (*Hermetia illucens L.*) is gaining worldwide attention. It contains approximately 42–56% protein and 30–35% fat which medium chain fatty acid can inhibit the growth of microorganisms. This experimental research aims to study the oil extraction efficiency, physicochemical properties of Black Soldier Fly-BSF through different drying processes including hot air drying, infrared drying, microwave drying and freeze dried. extracting with organic solvents. and studying the effects of being an antimicrobial agent. The results showed that the microwave dried method is the best way to extract with an efficiency rate of 85.97%. The extracted oil of acid value, free fatty acid and peroxide value which has significant differences statistically ( $p < 0.05$ ). Additionally, it also had antimicrobial growth properties from; *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* and *Salmonella typhimurium* but were inactive against *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli*. The microwave dried generated the largest zones of inhibition, their mean size being  $10.35 \pm 0.21$ ,  $8.60 \pm 0.28$  and  $9.25 \pm 0.21$  mm, respectively. Therefore, the antimicrobial activity of Black Soldier Fly-BSF may be useful in pharmaceutical or cosmetic production in the future.

**Keywords:** Black soldier fly, Antimicrobial, Crude extract, Oil Extraction

### บทนำ

อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงแมลงในปัจจุบันอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมอาหารทั่วโลก มีการประมาณการว่าทั่วโลกมีแมลงทั้งหมดราว 2–8 ล้านชนิด ในจำนวนนี้ มีประมาณ 2,000 ชนิด ที่มนุษย์สามารถบริโภคเป็นอาหารได้ ซึ่งหนึ่งในแหล่งโปรตีนที่มีมูลค่าสูงและกำลังถูกกล่าวถึงเป็นจำนวนมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาคือแมลง แมลงเป็นสิ่งมีชีวิตที่สำคัญต่อประชากรโลก นอกจากสามารถเป็นแหล่งอาหารสำหรับมนุษย์ สัตว์เลี้ยงและปศุสัตว์ เช่น สุกร ไก่ และปลา เป็นต้น ยังสามารถใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบของโปรตีนทางเลือกที่ยั่งยืนได้อีกด้วย รวมทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างเศรษฐกิจโลกบนพื้นฐานทางชีวภาพ เนื่องจากแมลงเป็นสัตว์ที่ไม่สร้างก๊าซเรือนกระจกที่เป็นโทษต่อสิ่งแวดล้อม มีความต้องการน้ำและพื้นที่ในการเลี้ยงน้อย ตัวอย่างเช่น จิ้งหรีด หนอนนก และหนอนทหารเสือ โดยหนอนทหารเสือนั้นมีคุณสมบัติโดดเด่นในด้านความสามารถในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ ซึ่งเป็นการช่วยลดภาระด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากของเสียได้ Van Huis et al., (2013) รวมทั้งยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูงเช่น โปรตีน ไขมัน และไคติน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

หนอนทหารเสือ หรือหนอนแมลงวันลาย (Black Soldier Fly: BSF) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Hermetia illucens* อยู่ในวงศ์ Stratiomyidae สกกุล Diptera โดยในระยะตัวหนอน หนอนทหารเสือจะกินขยะอินทรีย์และสามารถย่อยสลายอินทรีย์วัตถุได้ และยังมีรายงานว่าหนอนทหารเสือนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยจะมีโปรตีน 42% ไขมัน



35% มีโอเมก้า 3, 6 และ 9 ในปริมาณสูง Sprangher et al., (2018) ให้พลังงานสูงถึง 2,900 แคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์ จากที่กล่าวมาข้างต้น หนอนทหารเสือจึงมีคุณสมบัติในการเป็นแหล่งอาหารที่ดี อย่างไรก็ตามการปริมาณไขมันที่สูงเกิน ส่งผลให้หนอนทหารเสือไม่เหมาะในการนำมาผลิตอาหารสัตว์ เนื่องจากปริมาณไขมันที่มากเกินไปจะมีผลในการขัดขวางกระบวนการบดวัตถุดิบให้เป็นผงในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นในการกำจัดไขมันส่วนเกินออก เพื่อให้สามารถใช้หนอนทหารเสือเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์เลี้ยง สัตว์น้ำและปศุสัตว์ได้ (Kim et al., 2019)

ทั้งนี้องค์ประกอบสำคัญที่พบในน้ำมันของหนอนทหารเสือ จากการศึกษาของ Spranghers et al., (2018) พบว่ามีองค์ประกอบที่สำคัญหลายชนิด เช่น Lauric acid (C12), Palmitic acid (C16), Linoleic acid (C18:2n6), Oleic acid (C18:1n9) โดยในองค์ประกอบน้ำมันทั้งหมด พบว่ามีปริมาณ Lauric acid สูงถึง 60% และ Dufour et al., (2007) รายงานว่า Lauric acid ยังมีความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ ดังนั้น การทราบผลของการเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นไปได้ของน้ำมันจากหนอนทหารเสือ อาจเป็นส่วนสำคัญที่สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าของหนอนทหารเสือ นอกเหนือจากการถูกใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ Spranghers et al., (2018) โดยงานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีการที่แตกต่างกันที่ส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมันในด้านต่าง ๆ เช่น คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ รวมไปถึงคุณสมบัติด้านการเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันที่สกัดได้จากหนอนทหารเสือเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากน้ำมันในอนาคต

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### 1. วัตถุดิบและการเตรียมตัวอย่าง

โดยวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ หนอนทหารเสือแช่แข็ง ระยะหนอนอายุการเก็บเกี่ยว 20-25 วัน จากฟาร์มต้นแบบที่พัฒนาจากโครงการ จากฟาร์มในจังหวัดนครสวรรค์ ประเทศไทย ทำการเตรียมตัวอย่างโดยนำหนอนทหารเสือที่ได้มาละลายในตู้เย็นเป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากวัตถุดิบ จากนั้นนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการให้ความร้อนโดยการต้มที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3-5 นาที เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

### 2. การวิเคราะห์ทางเคมี

#### 2.1. Proximate Composition

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยใช้เตาอบแบบลมร้อน ตามวิธี (AOAC, 2000), วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยใช้วิธี Kjeldahl method (AOAC, 2000), วิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC, 2000) ด้วย Soxhlet method โดย





ใช้ petroleum ether เป็นตัวทำละลาย, วิเคราะห์หาปริมาณเถ้า ตามวิธี (AOAC, 2000), วิเคราะห์หาปริมาณไขมันโดยใช้วิธีการสกัดด้วยกรด-ด่าง ตามวิธี (AOAC, 2000)

### 3. การเตรียมตัวอย่างและการสกัดน้ำมัน

ดำเนินการโดยการนำตัวอย่างหนอนทหารเสื่อที่ผ่านกระบวนการต้มมาผ่านกระบวนการทำแห้ง 4 วิธี คือ การทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยนำหนอนทหารเสื่อที่ผ่านการต้มแช่แข็งที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาทีแล้วทำให้แห้งแบบสุญญากาศ ตามวิธีของ Fombong et al., (2017) การทำแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับระบบสุญญากาศที่กำลัง 1200 วัตต์ และการทำแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนมีปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ระหว่าง 3-5%

น้ำมันสกัดจากหนอนทหารเสื่อดำเนินการโดยนำตัวอย่างหนอนทหารเสื่อที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทั้ง 4 วิธี มาบดให้ละเอียด ทำการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ซึ่งดัดแปลงวิธีการสกัดจาก Ugur et al., (2021) โดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างต่อสารละลายเท่ากับ 1:15 เขย่าด้วยเครื่อง shaker ที่ความเร็ว 230 rpm. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอนและส่วนใสที่ความเร็วรอบ 9,500 rpm เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนตะกอนและส่วนใสที่ได้มาระเหยตัวทำละลายออก เก็บส่วนของน้ำมันไว้ในขวดสีชา เติมนิโตรเจนเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของน้ำมัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

วิเคราะห์ประสิทธิภาพการสกัดด้วยการคำนวณ โดยใช้สูตร ดังนี้

$$\left( 100 \times \left( \left( \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนสกัด} \times \% \text{ไขมันก่อนสกัด}}{100} \right) - \left( \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังสกัด} \times \% \text{ไขมันหลังสกัด}}{100} \right) \right) \right) \left( \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนสกัด} \times \% \text{ไขมันก่อนสกัด}}{100} \right)$$

### 4. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันสกัดจากหนอนทหารเสื่อ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันโดยวิเคราะห์ค่า Acid value และ Free fatty acid โดยการไทเทรต ปริมาตรโดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ด้วยวิธีมาตรฐาน ISO 660:(2009) วิเคราะห์ค่า Peroxide value วิเคราะห์โดยวิธีการไทเทรตปริมาตรของไอโอดีนจากโพแทสเซียมไอโอไดด์ และใช้สารละลายน้ำแบ่งเป็นตัวบ่งชี้ตามวิธี ISO 3960:(2012) ซึ่งดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Saviane et al., (2021)



## 5. การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของน้ำมันสกัดจากหนอนทหารเสือ

การศึกษาครั้งนี้ทดสอบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียโดยใช้วิธี agar disc diffusion method เพื่อวัดขนาดโซนไฮสที่เกิดขึ้น โดยโซนไฮสที่เกิดขึ้นจะแสดงฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย และหาค่าความเข้มข้นของต่ำสุดของสารสกัดจากแมลงที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Minimum inhibitory concentration (MIC)) รายละเอียดดังนี้

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค โดยใช้วิธีของ Kirby-Bauer (agar well diffusion method) (Balouiri et al., 2016; Bagul and Sivakumar, 2016) แบคทีเรียก่อโรคที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* โดยการวัดโซนไฮสที่เกิดขึ้นซึ่งโซนไฮสที่เกิดขึ้นจะแสดงฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันสกัดหนอนทหารเสือ ทำการเตรียมเชื้อที่มีความเข้มข้น  $10^8$  CFU/ml โดยนำโคโลนีของจุลินทรีย์มาเพิ่มจำนวนในอาหาร nutrient broth(NB) หรือ Mueller-Hinton broth(MHB) 50 ml บ่มเชื้อไว้ในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเชื้อที่บ่มไว้มาเจือจางด้วยน้ำเกลือหรืออาหาร nutrient broth(NB) แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงให้มีค่าเท่ากับ 0.5 Mcfarland เมื่อได้ความเข้มข้นของเชื้อตามต้องการ นำเชื้อไปกระจายให้ทั่วจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller-Hinton agar(MHA) โดยใช้สำลีพันก้านด้วยวิธี Spread plate technique เจาะหลุมโดยใช้ cork borer ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรและนำสารสกัดที่ได้แต่ละชนิดในความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใส่ลงในหลุมบนจานอาหารในปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมงวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณไฮสที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร เปรียบเทียบกับ DMSO ความเข้มข้นที่ไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย

การทดสอบหาค่าความเข้มข้นที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ (Minimal inhibitory concentration: MIC) โดยการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารในระดับต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการเตรียมเชื้อที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.5 Mcfarland หรือ  $10^8$  CFU/mL ทดสอบโดยวิธี Broth micro dilution method ตามวิธีของ (Elshikh et al.,2016) โดยใช้อาหาร Mueller Hinton broth สำหรับการทดสอบในแบคทีเรีย โดยการปิเปิดอาหาร MHB ลงใน 96 well plate หลุมที่ 2-12 หลุมละ 50 ไมโครลิตร จากนั้นทำการเจือจางสารสกัดเป็นลำดับส่วน (Two fold dilution) โดยมีความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากับ 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125, 1.562, 0.781, 0.390, 0.195, 0.098 และ 0.048 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นเติมเชื้อจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้ใส่ลงในทุกหลุม (1-12) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาตรวจสอบการยับยั้งโดยการเติมสาร Resazurin ที่ความเข้มข้น 1% ลงในทุกหลุมหลุมละ 5 ไมโครลิตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของสาร Resazurin จากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู บันทึกผลการทดลอง



## 6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองทางสถิติ ทำการทดลอง 2-3 ซ้ำ รายงานผลลัพธ์เป็นค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance หรือ ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 การวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS

### ผลการศึกษา

#### 1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในหนอนทหารเสือ

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในหนอนทหารเสือ (% on a dry matter basis).

Black Soldier Fly	Composition (g./100 g. dm)					
	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Ash (%)	Carbohydrate (%)	Moisture content (%)	Crude fiber (%)
Non blanch	46.94	30.91	4.66	14.54	2.95	9.38
Blanch	50.15	27.32	8.01	13.58	0.94	10.69

หมายเหตุ : Non blanch หนอนทหารเสือแช่แข็งที่อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส, \* Blanch หนอนทหารเสือลวกด้วยน้ำเปล่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

หนอนทหารเสือที่ใช้ในการทดลองเป็นหนอนที่ผ่านการฆ่าด้วยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จึงมีความจำเป็นต้องมีการเตรียมตัวอย่างก่อนการศึกษาด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เพราะโดยทั่วไปแล้วหนอนทหารเสือจะถูกเลี้ยงด้วยเศษอาหารหรือขยะอินทรีย์ต่างๆ เพื่อเป็นการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ซึ่งจากตารางผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหนอนทหารเสือทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการต้ม พบว่า หนอนทหารเสือก่อนต้มมีปริมาณโปรตีน 46.49% ไขมัน 30.91% และหนอนทหารเสือหลังผ่านกระบวนการต้ม มีปริมาณโปรตีน 50.15% ไขมัน 27.32% ดังตารางที่ 1 ถึงแม้ว่าการต้มจะทำให้องค์ประกอบทางเคมีในหนอนทหารเสือเปลี่ยนไป แต่ขั้นตอนนี้ก็จำเป็นเพื่อให้ตัวอย่างมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในขั้นตอนต่อไป

#### 2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพการสกัดไขมันในหนอนทหารเสือ

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันก่อนหลังการสกัดและประสิทธิภาพการสกัดไขมันในหนอนทหารเสือ

ตัวอย่าง	ก่อนสกัด (%)	หลังสกัด (%)	ประสิทธิภาพการสกัด (%)
BSF HA 70	22.38 $\pm$ 0.22 <sup>c</sup>	7.06 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	73.00 $\pm$ 0.78 <sup>c</sup>
BSF IR 70	25.72 $\pm$ 0.17 <sup>b</sup>	4.54 $\pm$ 0.03 <sup>d</sup>	85.56 $\pm$ 0.53 <sup>a</sup>
BSF MW 1200	28.04 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>	4.89 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup>	85.97 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>
BSF Freeze Dry	21.63 $\pm$ 0.50 <sup>c</sup>	6.10 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>	77.08 $\pm$ 0.74 <sup>b</sup>

หมายเหตุ : วิเคราะห์ความแตกต่างในแนวตั้ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตัวอย่างเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p \leq 0.05$  เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan



จากการนำหนองหารเสื่อมาทำให้แห้งด้วยกระบวนการที่แตกต่างกัน แล้วนำมาบดให้ละเอียด นำไปวิเคราะห์ปริมาณไขมันก่อนสกัดด้วยวิธี Soxhlet หลังจากนั้นสกัดน้ำมันออกด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ทำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้าย จากนั้นนำผงที่ได้หลังสกัดไปวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยวิธี Soxhlet เช่นเดียวกัน เพื่อศึกษาผลของกระบวนการอบต่อประสิทธิภาพการสกัด จากตารางผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันก่อนและหลังการสกัดไขมันของหนองหารเสื่อที่ผ่านกระบวนการอบแห้ง พบว่า ตัวอย่างหนองหารเสื่อก่อนสกัดน้ำมันทุกตัวอย่างมีปริมาณ Crude Lipid อยู่ระหว่าง 21-28% โดยตัวอย่าง BSF MW 1200 มีปริมาณไขมันก่อนสกัดสูงสุด คือ  $28.04 \pm 0.21\%$  และหลังจากสกัดน้ำมันออกแล้วพบว่าทุกตัวอย่างมีปริมาณไขมันลดลงเหลืออยู่ประมาณ 4-7% ซึ่งตัวอย่าง BSF IR 70 มีปริมาณไขมันหลงเหลืออยู่ในกากหลังสกัดน้อยที่สุดคือ  $4.54 \pm 0.03\%$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการสกัดไขมันในหนองหารเสื่อด้วยวิธี ซึ่งตัดแปลงวิธีการสกัดจาก Ugur et al., (2021) พบว่า ตัวอย่างหนองหารเสื่อที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและรังสีอินฟราเรด มีประสิทธิภาพการสกัดสูงสุด คือ  $85.97 \pm 0.14$  และ  $85.56 \pm 0.53$  ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### 3. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันหนองหารเสื่อ

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันหนองหารเสื่อ

ตัวอย่าง	% Free Fatty Acid	Acid Value (mg./g. sample)	Peroxide Value (mEqv.O <sub>2</sub> /kg.)	ค่า pH
BSF HA 70	$76.59 \pm 0.40^b$	$152.37 \pm 0.72^b$	$0.89 \pm 0.15^a$	5.3
BSF IR 70	$72.72 \pm 0.42^c$	$144.65 \pm 0.82^c$	$0.88 \pm 0.11^a$	5.2
BSF MW 1200	$76.88 \pm 0.25^b$	$152.94 \pm 0.50^b$	$0.88 \pm 0.18^a$	5.2
BSF Freeze Dry	$106.90 \pm 0.40^a$	$212.66 \pm 0.80^a$	$0.97 \pm 0.30^a$	5.0

หมายเหตุ : วิเคราะห์ความแตกต่างในแนวตั้ง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตัวอย่างเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p \leq 0.05$  เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan

จากผลการการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันหนองหารเสื่อ พบว่า น้ำมันที่สกัดได้จากหนองหารเสื่อมีค่า acid value และ %Free Fatty Acid เกินมาตรฐานทุกตัวอย่าง โดยตัวอย่าง Freeze Dry มีค่า acid value และ %Free Fatty Acid สูงที่สุดอยู่ที่  $212.66 \pm 0.80$  และ  $106.90 \pm 0.40\%$  รองลงมาคือ ตัวอย่าง BSF MW 1200 และ BSF HA 70 แต่ตัวอย่าง BSF IR 70 มีค่า acid value และ %Free Fatty Acid ต่ำที่สุด คือ  $144.65 \pm 0.82$  และ  $72.72 \pm 0.42$  ตามลำดับ โดยผลของค่า acid value และ %Free Fatty Acid ของตัวอย่างน้ำมันหนองหารเสื่อทั้ง 4 ชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



#### 4. ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันโดยใช้วิธี Agar well diffusion

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันหนอนทหารเสือ

Treatments 1:1 (Oil : DMSO)	Inhibition zone (mm)				
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
BSF HA 70	8.70±0.57 <sup>R</sup>	8.15±0.07	10.70±0.42	9.75±0.21	8.90±0.14 <sup>R</sup>
BSF IR 70	8.50±0.14 <sup>R</sup>	8.50±0.14	10.10±0.14	9.05±0.49	8.48±0.04 <sup>R</sup>
BSF MW 1200	8.90±0.14 <sup>R</sup>	8.60±0.28	10.35±0.21	9.25±0.21	9.03±0.04 <sup>R</sup>
BSF Freeze Dry	7.90±0.14 <sup>R</sup>	7.55±0.21	9.75±0.35	9.85±0.21	8.35±0.21 <sup>R</sup>
DMSO 50%	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : R คือ เชื้อติดต่อฤทธิ์ของสารสกัด โดยมีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในโซนยับยั้ง, ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ แสดงในหน่วยเป็นมิลลิเมตร ± SD, - หมายถึง ไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบ

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อนำน้ำมันของหนอนทหารเสือมาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* และ *Pseudomonas aeruginosa* ทำการทดสอบโดยวิธี agar well diffusion โดยใช้ น้ำมันหนอนทหารเสือเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และใช้ DMSO ความเข้มข้นร้อยละ 50 เป็นตัวทำละลายในการทดสอบฤทธิ์ยับยั้ง จากตารางผลการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันหนอนทหารเสือ พบว่า น้ำมันที่สกัดจากหนอนทหารเสือมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella typhimurium* ยกเว้น *Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* โดยตัวอย่าง BSF MW 1200 มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยบริเวณที่ยับยั้งอยู่ที่ 8.60±0.28 ถึง 10.35±0.21 มิลลิเมตร ตามลำดับ

#### 5. ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Minimum inhibitory concentration; MIC)

ตารางที่ 5 แสดงระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันหนอนทหารเสือ

Treatments Bacteria	MIC reported in this study (mg/ml)				
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
BSF HA 70	-	12.50 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	-
BSF IR 70	-	12.50 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	-
BSF MW 1200	-	12.50 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	-
BSF Freeze Dry	-	12.50 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	12.50 <sup>a</sup>	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบ



จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารในระดับต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ minimum inhibitory concentration (MIC) ของน้ำมันจากหนอนทหารเสือบแห้ง 4 กระบวนการ พบว่า ความเข้มข้นต่ำสุดของตัวอย่างที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* อยู่ที่ 12.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับในแต่ละกระบวนการอบแห้งพบว่าความเข้มข้นของสารในระดับต่ำสุดที่สามารถยับยั้งได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่น้ำมันหนอนทหารเสือบแห้งทุกตัวอย่างไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* ได้ อาจเป็นผลมาจากสภาพภูมิอากาศ อาหารที่ใช้ในการเลี้ยง รวมไปถึงการสกัดน้ำมันที่มีผลต่อกรดไขมันที่สำคัญ ทำให้น้ำมันจากหนอนทหารเสือบแห้งมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้แตกต่างกันอีกด้วย

### อภิปรายผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในหนอนทหารเสือบแห้ง ดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าหนอนทหารเสือบแห้งที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณไขมันใกล้เคียงกับงานวิจัยของ (Park et al., 2013; Zulkifli et al., 2022; Caligiani et al., 2019) ที่รายงานว่าปริมาณไขมันในตัวอย่างอยู่ในช่วง 25-30% ซึ่งการลดลงของไขมันเป็นผลมาจากขั้นตอนในการต้ม โดยกระบวนการต้มอาจทำให้ไขมันบางส่วนระเหยออกสู่น้ำ ทำให้หลังผ่านกระบวนการต้มหนอนทหารเสือบแห้งมีปริมาณร้อยละของไขมันลดลง แต่มีปริมาณร้อยละของโปรตีน เยื่อใย และเถ้าเพิ่มขึ้น

2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการสกัดไขมันในหนอนทหารเสือบแห้ง ดังตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างหนอนทหารเสือบแห้งที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและรังสีอินฟราเรด มีประสิทธิภาพการสกัดสูงสุด ซึ่งจากการศึกษาของ (วัชรินทร์ ดงบัง, 2015) กล่าวว่ารังสีอินฟราเรดสามารถถ่ายความร้อนสู่อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถช่วยลดเวลาของกระบวนการทำแห้ง นอกจากนี้ผลผลิตหลังจากผ่านกระบวนการทางความร้อนแล้วมีคุณภาพดีกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน และ (สุวิทย์ แพงกันยา และคณะ, 2021) ได้ทำการทดลองการทำแห้งผักตบชวาด้วยไมโครเวฟ พบว่าคลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านเข้าไปในวัสดุได้โดยตรง ทำให้น้ำภายในวัสดุจะดูดซับคลื่นไมโครเวฟแล้วเปลี่ยนจากพลังงานจลน์เป็นพลังงานความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิภายในวัสดุจะเหวี่ยงออกไปสู่บริเวณผิวของวัสดุอย่างรวดเร็ว ทำให้อตัวอย่างหลังผ่านกระบวนการอบแห้งมีลักษณะที่พองตัว ซึ่งแตกต่างจากการทำแห้งด้วยลมร้อนที่เมื่อทำแห้งแล้วตัวอย่จะมีลักษณะลีบแบน และแข็งเมื่อนำมาสกัดน้ำมันจึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการสกัดไม่ดีเท่าที่ควร

3. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันหนอนทหารเสือบแห้ง ซึ่งผลของค่า acid value และ %Free Fatty Acid ที่สูงที่แสดงดังตารางที่ 3 เป็นผลมาจากการเก็บรักษาตัวอย่างซึ่งเป็นการเก็บแบบแช่แข็ง โดยกระบวนการแช่แข็งนี้ส่งผลให้เอนไซม์ Lipase ที่อยู่ในตัวอย่างยังคงทำงานอยู่ ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับ Caligiani et al., (2019)



ที่ทำการศึกษาผลของกระบวนการฆ่าและการเก็บตัวอย่างหนองทวารเสื่อ พบว่า %Free Fatty Acid ในตัวอย่างหนองทวารเสื่อที่ทำการฆ่าโดยการแช่แข็งและเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน มี %Free Fatty Acid สูงกว่า 90% แต่ค่าเปอร์ออกไซด์ยังต่ำกว่ามาตรฐานเนื่องจากเป็นน้ำมันที่สกัดใหม่จึงเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation ต่ำ ซึ่งตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 421) พ.ศ. 2564 ค่าเปอร์ออกไซด์ น้ำมันและไขมันจากสัตว์ ไม่เกิน 10 มิลลิสมมูลย์ต่อน้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม

4. ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันโดยใช้วิธี Agar well diffusion สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Saviane et al., 2021) ที่รายงานเกี่ยวกับกิจกรรมการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารของน้ำมันสกัดจากหนองทวารเสื่อ ผลการศึกษาพบว่า น้ำมันสกัดจากหนองทวารเสื่อมีความสามารถในการต้านจุลินทรีย์แกรมบวก คือ *Bacillus subtilis* และ *Staphylococcus aureus* โดยมีขนาดของเคลียร์โซนเท่ากับ 18.60 และ 12.60 ตามลำดับ และ (Auza et al., 2020) ที่รายงานเกี่ยวกับกิจกรรมการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของหนองทวารเสื่อ พบว่า สารสกัดจากหนองทวารเสื่อมีความสามารถในการต้านจุลินทรีย์แกรมลบ *Salmonella typhimurium* มีขนาดของเคลียร์โซนเท่ากับ 11.77±0.03 มิลลิเมตร (Tangwacharin and Khopaibool, 2012) ทำการศึกษาฤทธิ์ของกรดลอริกในน้ำมันมะพร้าว ที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ และรายงานว่าการละลายกรดลอริก สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต และฆ่าเชื้อเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยกลไกในการฆ่าเชือนั้นอาจเกิดขึ้นจากความสามารถของโมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) ในกรดไขมันที่ทำให้เซลล์ของแบคทีเรียเกิดการหดตัว และเกิดการแยกชั้นกันของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เชื้อแบคทีเรียตายในที่สุด แต่น้ำมันหนองทวารเสื่อไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบ คือ *Pseudomonas aeruginosa* และ *Escherichia coli* ได้ ซึ่งแบคทีเรียแกรมลบมีความทนทานต่อการรักษาอย่างสมบูรณ์ อีกทั้งสภาพแวดล้อมในการเลี้ยงที่ต่างกันส่งผลให้ความสามารถในการเป็นสารต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหนองทวารเสื่อดังกล่าวแตกต่างกัน สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารในระดับต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ minimum inhibitory concentration (MIC) ดังตารางที่ 5 และที่ความเข้มข้นของ DMSO คือร้อยละ 50 จากการทดลองดังตารางที่ 4 พบว่า Dimethyl sulfoxide (DMSO) ไม่พบโซนการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (สุจิตรา ยาหอม และรุ่งฤดี ทิวทอง, 2019) ที่ทำการศึกษผลการยับยั้งเชื้อของตัวทำละลาย DMSO ที่ความเข้มข้นต่างๆพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ การมีฤทธิ์ในการยับยั้งเป็นผลมาจาก สารละลายกรดลอริกที่มีอยู่ในน้ำมันหนองทวารเสื่อ



### สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษากระบวนการการทำแห้งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัด องค์ประกอบเคมี-กายภาพ และฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันสกัดจากหนอนทหารเสือ โดยรักษาคุณลักษณะของน้ำมันให้คงอยู่มากที่สุด พบว่า หนอนทหารเสือที่อบแห้งด้วยไมโครเวฟ และอินฟราเรดมีประสิทธิภาพการสกัดที่ดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันหนอนทหารเสื่อยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์แกรมบวกได้ดี จึงนับว่าเป็นสารสกัดทางเลือกหนึ่งที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากน้ำมันหนอนทหารเสือในอุตสาหกรรมการผลิตยา เครื่องสำอาง หรือการใช้แมลงเป็นส่วนหนึ่งของอาหารสัตว์ น้ำมันของแมลงเป็นตัวเลือกที่ดีมากที่จะใช้เป็นสารเติมแต่งอาหารสัตว์ หรือสารกันบูดอาหารสัตว์เลี้ยงในอนาคตได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่ออธิบายบทบาทของหนอนทหารเสือ และองค์ประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันอย่างครบถ้วน รวมไปถึงการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์เหล่านี้โดยไม่ต้องเติมตัวทำละลายเคมี เช่น DMSO

### กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยบัณฑิตศึกษาด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร(องค์การมหาชน) ปีงบประมาณ 2565 และจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2565 เลขที่สัญญา R2565B005 ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาเป็นอย่างดีเสมอมาจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- วัชรินทร์ ดงบัง. (2015). รังสี อินฟราเรดและการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. *Burapha Science Journal*, 18(2), 299-304.
- สุจิตรา ยาหอม และรุ่งฤดี ทิวทอง. (2019). ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบบใบเพกา. *KKU Science Journal*, 47(3), 459-467.





- สุวิทย์ แพงกันยา, อติศักดิ์ นาดกรณกุล, และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2021). การผลิตดักแด้ไหมกรอบโดยการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วม กับลมร้อน: Production of Crispy Pupae Silkworm Using Drying of Microwave Combined with Hot Air. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 26(3), 1476–1489.
- Auza, F. A., Purwanti, S., Syamsu, J. A., & Natsir, A. (2020, April). Antibacterial activities of black soldier flies (*Hermetia illucens*. 1) extract towards the growth of *Salmonella typhimurium*, *E. coli* and *Pseudomonas aeruginosa*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 492, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.
- Bagul, U.S. and Sivakumar, S. M. (2016). Antibiotic susceptibility testing: a review on current practices. *International Journal of Pharmaceutics*, 6(3): 11–17.
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of pharmaceutical analysis*, 6(2), 71–79.
- Caligiani, A., Marseglia, A., Sorci, A., Bonzanini, F., Lolli, V., Maistrello, L., & Sforza, S. (2019). Influence of the killing method of the black soldier fly on its lipid composition. *Food Research International*, 116, 276–282.
- Dufour, M., Manson, J. M., Bremer, P. J., Dufour, J. P., Cook, G. M., & Simmonds, R. S. (2007). Characterization of monolaurin resistance in *Enterococcus faecalis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(17), 5507–5515.
- Elshikh, M., Ahmed, S., Funston, S., Dunlop, P., McGaw, M., Marchant, R., & Banat, I. M. (2016). Resazurin-based 96-well plate microdilution method for the determination of minimum inhibitory concentration of biosurfactants. *Biotechnology letters*, 38, 1015–1019.
- Fombong, F. T., Van Der Borcht, M., & Vanden Broeck, J. (2017). Influence of freeze-drying and oven-drying post blanching on the nutrient composition of the edible insect *Ruspolia differens*. *Insects*, 8(3), 102.
- Kim, S. W., Jung, T. S., Ha, Y. J., Gal, S. W., Noh, C. W., Kim, I. S., Lee, J.H. & Yoo, J. H. (2019). Removal of fat from crushed black soldier fly larvae by carbon dioxide supercritical extraction. *J. Anim. Feed Sci*, 28(1), 83–88.
- Park, K., Choi, Y., Nam, S., Kim, S., Kim, S., Ma, Y., & No, S. (2013). Nutritional value of black



- soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) as a feed supplement for fish. *Journal of Sericultural and Entomological Science*, 51(2),95–98
- Saviane, A., Tassoni, L., Naviglio, D., Lupi, D., Savoldelli, S., Bianchi, G., Cortellino, G., Bondioli, P., Folegatti, L., Casartelli, M., Orlandi, V.T., Tettamanti, G. & Cappellozza, S. (2021). Mechanical processing of *Hermetia illucens* larvae and *Bombyx mori* pupae produces oils with antimicrobial activity. *Animals*, 11(3), 783.
- Spranghers, T., Michiels, J., Vrancx, J., Owyn, A., Eeckhout, M., De Clercq, P., & De Smet, S. (2018). Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 235, 33–42.
- Tangwatcharin, P., & Khopaibool, P. (2012). Activity of virgin coconut oil, lauric acid or monolaurin in combination with lactic acid against *Staphylococcus aureus*. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine & Public Health*, 43(4), 969–985.
- Ugur, A. E., Bolat, B., Oztop, M. H., & Alpas, H. (2021). Effects of high hydrostatic pressure (HHP) processing and temperature on physicochemical characterization of insect oils extracted from *Acheta domesticus* (house cricket) and *Tenebrio molitor* (yellow mealworm). *Waste and Biomass Valorization*, 12, 4277–4286.
- Van Huis, A., Van Isterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security (No. 171). Food and agriculture organization of the United Nations.
- Zulkifli, N. F. N. M., Seok-Kian, A. Y., Seng, L. L., Mustafa, S., Kim, Y. S., & Shapawi, R. (2022). Nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae processed by different methods. *Plos one*, 17(2), e0263924.



## ผลิตภัณฑ์น้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของสารสกัดมะระขึ้นกัยยังเชื่อในช่องปาก

อัฐพล เพ็ญศรี<sup>1</sup>, จันทรีทิภา จบศรี<sup>2</sup> และ มลิวรรณ นาคขุนทด<sup>1\*</sup>

### Mouthwash containing bitter melon extract against oral bacteria

Attapon Pensri<sup>1</sup>, Jantipa Jobsri<sup>2</sup> and Maliwan Nakkuntod<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup> ภาควิชาชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup> Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup> Department of Oral Biology, Faculty of Dentistry, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: maliwann@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

สุขภาพช่องปากเป็นสิ่งสำคัญต่อบุคลิกภาพและความมั่นใจ ดังนั้นปัญหาสุขภาพช่องปากซึ่งมีสาเหตุมาจากแบคทีเรียจึงเป็นสิ่งที่ควรป้องกัน โดยใช้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดและยับยั้งการสะสมของแบคทีเรียในช่องปาก แต่ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจในผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมากขึ้นเพื่อเลี่ยงการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผสมสารเคมีและผลข้างเคียงที่จะเกิด ดังนั้นน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดมะระขึ้นกัยจึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans* ของสารสกัดมะระขึ้นกัยในน้ำยาบ้วนปากด้วยวิธี Broth microdilution method จากการศึกษาพบว่าสารสกัดมะระขึ้นกัยที่ความเข้มข้น 50 25 และ 12.5 mg/ml สามารถยับยั้งเชื้อได้ แต่ไม่สามารถฆ่าเชื้อได้ โดยมีค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) เท่ากับ 12.5 mg/ml เมื่อเตรียมน้ำยาบ้วนปากในความเข้มข้นของสารสกัดที่ 2xMIC 1xMIC 0.5xMIC และ 0.25xMIC แล้วศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเชื้อเทียบกับน้ำยาบ้วนปากที่ไม่ผสมสารสกัด พบว่าน้ำยาบ้วนปากที่ไม่ผสมสารสกัดนั้นไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อ แต่เมื่อผสมกับสารสกัดมะระขึ้นกัยพบว่ามียุทธในการต้านเชื้อที่ความเข้มข้น 2xMIC และ 1xMIC อีกทั้งความเข้มข้นที่ 2xMIC ยังสามารถฆ่าเชื้อได้ เมื่อเทียบกับชุดควบคุมบวก (Chlorhexidine) และชุดควบคุมลบ (DMSO) โดยมีค่า Minimal Bactericidal Concentration (MBC) ที่ 25 mg/ml ซึ่งเดิมสารสกัดที่ความเข้มข้น 2xMIC ไม่สามารถฆ่าเชื้อได้ สรุปได้ว่าสารสกัดและเบสของน้ำยาบ้วนปากนั้นเสริมฤทธิ์กัน และน้ำยาบ้วนปากที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพดี เหมาะที่จะพัฒนาต่อหลังผ่านการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์แล้ว

คำสำคัญ: มะระขึ้นกัย, ต้านแบคทีเรีย, สารสกัดจากพืช



### Abstract

The oral hygiene is one important for a human's personality and confidence. So, oral health problems caused by bacteria should be prevented by using oral health care products. But nowadays, consumers are increasingly interested in natural products. To avoid using products that contained chemical substances and side effects that will occur. Therefore, a mouthwash containing bitter gourd extract was developed to study the antimicrobial activity of bitter gourd extract in mouthwash on *Streptococcus mutans* by broth microdilution method. In the results, the extracts concentrations at 50 25 and 12.5 mg/ml could inhibit the growth of *S. mutans* although they were not able to kill the bacteria. The minimum inhibitory concentration (MIC) of the extract showed at 12.5 mg/ml. Then the antibacterial activity of mouthwash containing bitter gourd extracts at 2xMIC 1xMIC 0.5xMIC and 0.25xMIC was performed and compared with mouthwash prepared without extracts (mouthwash base). The result showed that the mouthwash base could not inhibit bacteria growth. While mouthwash contained extract could inhibit the bacteria at concentrations 2xMIC and 1xMIC. And the concentration at 2xMIC was able to kill bacteria compared with the positive control (Chlorhexidine) and negative control (DMSO) with Minimal Bactericidal Concentration (MBC) at 25 mg/ml. This meant that the extract and base of mouthwash presented synergistic effects and disinfectant agents. Therefore, the mouthwash mixed with bitter gourd extract is good. It is effective and suitable for further development after the cytotoxicity test.

**Keywords:** Bitter gourd, Antimicrobial, Plant extract, *Momordica charantia* var. *muricata*

### บทนำ

สุขภาพช่องปากเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นปัญหาสุขภาพช่องปากจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง โดยโรคฟันผุและปัญหาปริทันต์เป็นปัญหาในช่องปากที่พบบ่อย และแพร่หลายทั่วโลก ซึ่งมีสาเหตุมาจากการย่อยเศษอาหารบริเวณคราบจุลินทรีย์บนผิวฟันของแบคทีเรีย โดยมีรายงานว่ามีการตรวจพบแบคทีเรียในช่องปากมากกว่า 700 ชนิด รวมถึง *Streptococcus mutans* ด้วย ซึ่งถือเป็นแบคทีเรียที่เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดฟันผุ (Larsen & Fiehn, 2017)

การกำจัดคราบจุลินทรีย์เหล่านี้ จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการควบคุมแบคทีเรียในช่องปาก ทำได้โดยการแปรงฟันและใช้ไหมขัดฟันอย่างสม่ำเสมอ แต่ความสะอาดนั้นจะขึ้นอยู่กับทักษะส่วนบุคคล อีกทั้งเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาด จากการศึกษาปัญหาสุขภาพช่องปากก็ยังคงแสดงให้เห็นถึงเวลาที่ใช้ในการแปรงฟันเฉลี่ยนั้นไม่เพียงพอ และไม่เหมาะสมในการกำจัดคราบจุลินทรีย์ได้ (Beals et al., 2000) ดังนั้นการใช้น้ำยาบ้วนปากร่วมด้วยถือว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่ช่วยทำความสะอาดช่องปาก ซึ่งได้รับการพิสูจน์แล้วว่าประสิทธิภาพในการป้องกันการสะสมของคราบจุลินทรีย์ (Wennström et al., 1987)



อย่างไรก็ตามน้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถควบคุมการเจริญและก่อตัวของคราบจุลินทรีย์ได้ดี เช่น น้ำยาบ้วนปากที่ผสมคลอโรเฮกซิดีน (Chlorhexidine) (Chye et al., 2019) ก็ยังมีผลเสีย เช่น การย้อมสีฟัน ทำให้การรับรสชาติผิดปกติ และระคายเคืองเยื่อเมือกในช่องปากอีกด้วย (Shah et al., 1993), (Marinone & Savoldi, 2000) อีกทั้งยังมีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ซึ่งหลายทฤษฎี หรืองานวิจัยไม่ยอมรับในการใช้แอลกอฮอล์ เนื่องด้วยผลข้างเคียงที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อฟันผิว (Penugonda et al., 1994) และยังมีโอกาสทำให้เกิดมะเร็งในช่องปากได้อีกด้วย (Smigel, 1991), (Llewelyn, 1994) ดังนั้นการใช้สารต้านจุลชีพอื่นที่มีผลข้างเคียงน้อยจึงค่อนข้างจำเป็น ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยมีกันมากขึ้น น้ำยาบ้วนปากที่ไม่มีส่วนผสมของสารเคมีจึงเป็นที่นิยม แต่ทว่าน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดจากธรรมชาติส่วนใหญ่ก็ยังมีส่วนผสมของสารป้องกันฟันผุอย่างฟลูออไรด์ ซึ่งเป็นพิษได้หากกลืนเข้าไปในปริมาณที่มากเกินไป โดยสมาคมทันตกรรมแห่งอเมริกาแนะนำว่าไม่ควรจ่ายฟลูออไรด์เกิน 120 mg (โซเดียมฟลูออไรด์ 264 mg) ในคราวเดียว (Bayless & Tinanoff, 1985) โดยมีรายงานการมีเมทาที่เกี่ยวข้องกับการกลืนกินยาสีฟันฟลูออไรด์ 68% น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ 17% และผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ผสมฟลูออไรด์อีก 15% และยังพบในเด็กที่อายุต่ำกว่า 6 ปี มากกว่า 80% (Shulman & Wells, 1997) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 6 ปี มีปัญหาการกลืนฟลูออไรด์ จึงไม่เหมาะสมกับน้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์ อีกทั้งยังมีการผสมเมนทอลในน้ำยาบ้วนปาก ซึ่งเมนทอลนั้นสามารถใช้เป็นสารหล่อเย็น และยาชาอ่อนๆ ที่ใช้เฉพาะจุดได้อีกด้วย (Clark et al., 2004) โดยผลข้างเคียงของเมนทอลจะส่งผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง และทำให้เกิดการตายของเซลล์ หรือเป็นพิษต่อเซลล์นั่นเอง (Faridi et al., 2011) อีกทั้งโอรเซทยังระคายเคืองทางเดินหายใจอีกด้วย (Wise et al., 2011) และเมื่อสูดดมเข้าไปจะส่งถึงการรับกลิ่นที่เพี้ยนไป โดยทำปฏิกิริยากับเซลล์ประสาทรับกลิ่นและเนื้อเยื่อทางเดินหายใจ (Willis et al., 2011)

การศึกษานี้จึงได้พัฒนาน้ำยาบ้วนปากที่ไม่ผสมสารที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ข้างต้นใด ๆ และเลือกใช้สารต้านจุลชีพที่สกัดได้จากมะระขี้นก ซึ่งมะระขี้นกนั้นได้มีการรายงานว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด รวมถึงเชื้อ *S. mutans* ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคฟันผุอีกด้วย (Qamar et al., 2020) แต่ด้วยรสขมของมะระขี้นกทำให้มีผู้บริโภคน้อย อีกทั้งการปลูกมะระขี้นกยังปลูกกันมาก บางฤดูกาลจะมีการปลูกมะระขี้นกมาก และทำให้เกิดผลผลิตมีมากเกินไปในท้องตลาด ส่งผลทำให้ผลผลิตราคาถูกลง อีกทั้งยังมีการเน่าเสีย เนื่องจากการล้นตลาดและไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์

ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้สารสกัดมะระขี้นกมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดมะระขี้นก และทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก เพื่อให้มีน้ำยาบ้วนปากที่ไม่ผสมสารเคมีที่อาจก่อให้เกิด



ผลข้างเคียงต่อผู้บริโภค และเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปในอนาคต อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสมุนไพรไทยอีกด้วย

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

#### 1. การเตรียมและการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดมะระขี้นก

##### 1.1 การเตรียมสารสกัดมะระขี้นก

นำผลมะระขี้นกที่ได้จากตลาดมาทำความสะอาด เอาเมล็ดออก จากนั้นหั่นแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อแห้งแล้วจึงนำมาบดให้ละเอียดและแช่ในตัวทำละลายเอทานอล 95% โดยอัตราส่วนผงมะระขี้นกต่อตัวทำละลาย 1 ต่อ 4 ทำ Maceration เป็นเวลา 5 วัน ใน Shaker incubator เพื่อให้ผงมะระขี้นกได้สัมผัสกับตัวทำละลายอย่างทั่วถึง แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง นำเฉพาะส่วนสารละลายไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary vacuum evaporator) ที่อุณหภูมิ 40–50 องศาเซลเซียส จนกว่าตัวทำละลายจะหมดแล้วได้เป็นสารสกัดหยาบ จากนั้นนำสารสกัดหยาบที่ได้ไป Freeze dry จนกระทั่งแห้งสนิท จากนั้นทำการละลายด้วย Dimethyl Sulfoxide (DMSO) ให้ได้ความเข้มข้น 200 mg/ml เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำมาใช้

##### 1.2 การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อในช่องปากของสารสกัดมะระขี้นก

เพาะเชื้อ *Streptococcus mutans* ที่ได้จาก Stock ของห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ลงในอาหารเหลว Brain heart infusion (BHI) บ่มที่ 5% CO<sub>2</sub> Incubator อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเจือจางและวัดความขุ่นของเชื้อให้เท่ากับ 0.5 Mc Farland โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer จากนั้นทดสอบฤทธิ์การต้านแบคทีเรียของสารสกัดมะระขี้นกในความเข้มข้นของสารสกัดเริ่มต้นเท่ากัน คือ 50 mg/ml โดยใช้ DMSO เป็นชุดควบคุมลบ โดยให้ความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ ความเข้มข้นที่อยู่ในสารสกัดคือ 25% และใช้ Chlorhexidine เป็นชุดควบคุมบวกให้ความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 0.2% จากนั้นทำ 2-fold dilution ให้ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องทดสอบ (Treatments) ลดลงเรื่อย ๆ จนถึง 0.048 % (20 เท่า) แล้วเลี้ยงร่วมกับเชื้อ *S. mutans* ที่ 5% CO<sub>2</sub> Incubator อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบการเจริญของเชื้อด้วยวิธีการ Drop plate จากนั้นนำไปบ่มที่ 5% CO<sub>2</sub> Incubator อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วสังเกตการเจริญของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และบันทึกผล ในแต่ละครั้งมีการทำ Contamination check โดยบ่มอาหารเหลวที่ไม่ได้เติมเชื้อ และอาหารเหลวที่เลี้ยงร่วมกับเชื้อ



แล้วทำการ Spread plate นำไปบ่มที่ 5% CO<sub>2</sub> Incubator อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตลักษณะของโคลินีบนอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อดูการปนเปื้อน และยืนยันชนิดของเชื้อที่ทดสอบ

### 1.3 การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (Minimal inhibitory concentration, MIC)

ปีเปตอาหารเหลวเลี้ยงเชื้อ BHI ลง 96 well microplate โดยหลุมแรกเติมสารละลายที่ต้องการจะทดสอบ (Treatments) และตัวควบคุม (controls) จากนั้นทำการเจือจางจากหลุมแรกไปถึงความเข้มข้นเจือจางที่ 20 เท่า โดยความเข้มข้นของสารละลายที่ทดสอบจะลดลงความเข้มข้นละ 2 เท่า เรียกว่า 2 - fold dilution จากนั้นทำการเติมเชื้อ *S. mutans* ลงในแต่ละหลุมที่ต้องการทดสอบเป็นปริมาตร 10 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้ววิเคราะห์ผลการเจริญเติบโตของเชื้อโดยการสังเกตลักษณะการขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อ เทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้เติมเชื้อ ถ้าอาหารเลี้ยงเชื้อขุ่นแสดงถึงการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. mutans* และทำการตรวจสอบเพื่อยืนยันผลการเจริญของเชื้อด้วยวิธีการ Drop plate จากนั้นนำไปบ่มที่ 5% CO<sub>2</sub> Incubator อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วสังเกตการเจริญของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และบันทึกผล ในแต่ละครั้งมีการทำ Contamination check โดยบ่มอาหารเหลวที่ไม่ได้เติมเชื้อ และอาหารเหลวที่เลี้ยงร่วมกับเชื้อ แล้วทำการ Spread plate นำไปบ่มที่ 5% CO<sub>2</sub> Incubator อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตลักษณะของโคลินีบนอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อดูการปนเปื้อน และยืนยันชนิดของเชื้อที่ทดสอบ

## 2. การเตรียมและการทดสอบฤทธิ์ของน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดมะระขี้นก

### 2.1 การเตรียมน้ำยาบ้วนปาก

เตรียมน้ำยาบ้วนปากโดยตัดแปลงมาจากสูตรของ ปันฐิตา กันทาเศษ และคณะ (2561) โดยทำการผสมเกลือแกง และ Baking Soda (Sodium Bicarbonate) จากนั้นละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วทำการนึ่งฆ่าเชื้อ เมื่อนำมาใช้ให้ผสมสารสกัดหยาบมะระขี้นกเพื่อให้ได้น้ำยาบ้วนปากทั้งหมด 5 สูตรดังตารางที่ 1 และเก็บไว้จนกว่าจะนำมาใช้

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของสารสกัดมะระขี้นกในน้ำยาบ้วนปากแต่ละสูตร

สูตรน้ำยาบ้วนปาก	ความเข้มข้นสารสกัด
สูตรที่ 1 (F1)	2xMIC
สูตรที่ 2 (F2)	1xMIC
สูตรที่ 3 (F3)	0.5xMIC
สูตรที่ 4 (F4)	0.25xMIC
สูตรที่ 5 (F5)	ไม่ผสมสารสกัด



## 2.2 การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อในช่องปากของน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดมะระขี้นก

เพาะเชื้อ *Streptococcus mutans* ที่ได้จาก Stock ของห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ลงในอาหารเหลว Brain heart infusion (BHI) บ่มที่ 5% CO<sub>2</sub> Incubator อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเจือจางและวัดความขุ่นของเชื้อให้เท่ากับ 0.5 Mc Farland โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer จากนั้นทดสอบฤทธิ์การต้านแบคทีเรียของน้ำยาบ้วนปากทั้ง 5 สูตร โดยใช้น้ำยาบ้วนปากสูตรที่ 5 (เบสของน้ำยาบ้วนปากที่ไม่ผสมสารสกัด) และ DMSO เป็นชุดควบคุมลบ และใช้ Chlorhexidine เป็นชุดควบคุมบวก แล้วเลี้ยงร่วมกับเชื้อ *S. mutans* ที่ 5% CO<sub>2</sub> Incubator อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบการเจริญของเชื้อด้วยวิธีการ Drop plate แล้วสังเกตการเจริญของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และบันทึกผล ในแต่ละครั้งมีการทำ Contamination check โดยบ่มอาหารเหลวที่ไม่ได้เติมเชื้อ และอาหารเหลวที่เลี้ยงร่วมกับเชื้อ แล้วทำการ Spread plate นำไปบ่มที่ 5% CO<sub>2</sub> Incubator อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตลักษณะของโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อดูการปนเปื้อน และยืนยันชนิดของเชื้อที่ทดสอบ

## 2.3 การระบุค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (Minimal inhibitory concentration, MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ (Minimal bactericidal concentration, MBC)

จากการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อในช่องปากของน้ำยาบ้วนปากทั้ง 5 สูตร ความเข้มข้นของน้ำยาบ้วนปากสูตรที่เริ่มมีการยับยั้งการเจริญของเชื้อจะถือว่าเป็นค่า MIC และความเข้มข้นต่ำที่สุดของน้ำยาบ้วนปากสูตรที่พบว่าไม่มีการเจริญของเชื้อจะถือว่าเป็นค่า MBC โดยจะสังเกตได้จากการเจริญ และลักษณะโคโลนีของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่นำไปบ่มที่ 5% CO<sub>2</sub> Incubator อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากการ Drop plate ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ และบันทึกผล ในแต่ละครั้งมีการทำ Contamination check โดยบ่มอาหารเหลวที่ไม่ได้เติมเชื้อ และอาหารเหลวที่เลี้ยงร่วมกับเชื้อ แล้วทำการ Spread plate นำไปบ่มที่ 5% CO<sub>2</sub> Incubator อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นสังเกตลักษณะของโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อดูการปนเปื้อน และยืนยันชนิดของเชื้อที่ทดสอบ

## 3. การทดสอบทางกายภาพของน้ำยาบ้วนปาก

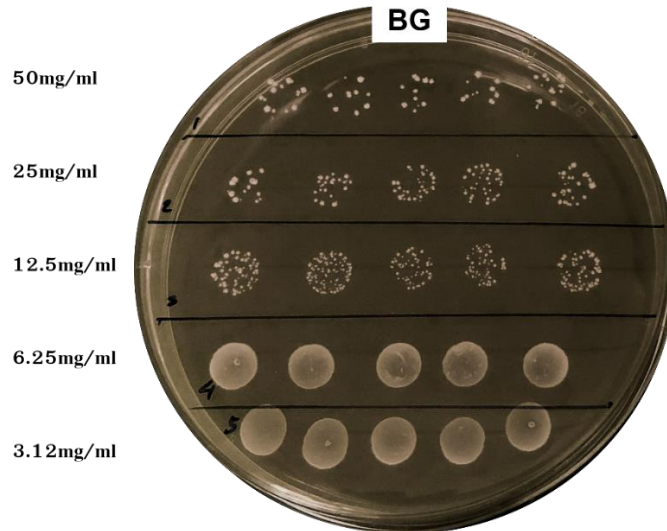
เมื่อได้ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าเชื้อได้แล้ว (MBC) นำน้ำยาบ้วนปากนั้นมาทดสอบทางกายภาพ เช่น ลักษณะของสารละลาย ค่า pH และการตกตะกอน โดยใช้น้ำยาบ้วนปากทั้งหมด 5 สูตร เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานของน้ำยาบ้วนปากที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด





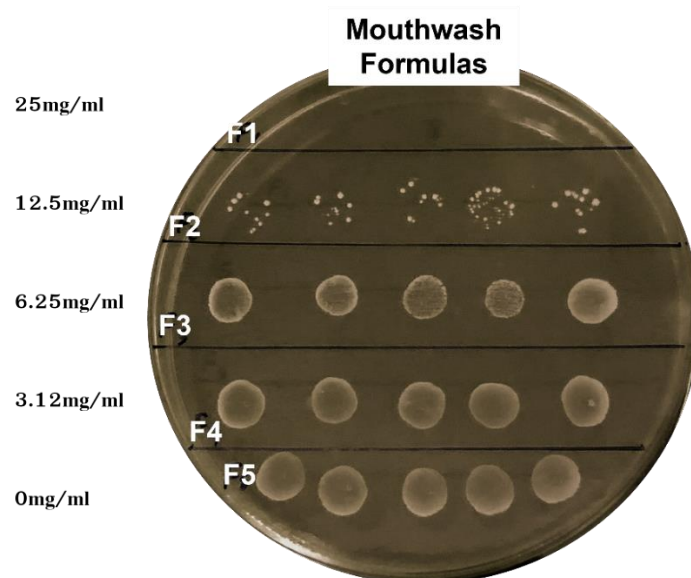
### ผลการศึกษา

จากการศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเชื้อ *S. mutans* ของสารสกัดมะระขี้นกเทียบกับชุดควบคุม พบว่าสารสกัดมะระขี้นกที่ความเข้มข้น 50 25 และ 12.5 mg/ml ดังรูปที่ 1 นั้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. mutans*



รูปที่ 1 การเจริญของเชื้อ *S. mutans* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI หลังจากทดสอบด้วยสารสกัดมะระขี้นก

โดยความเข้มข้นของสารสกัดมะระขี้นกที่ 12.5 mg/ml นั้นถือเป็นค่า MIC เนื่องจากเป็นความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ จากนั้นนำค่า MIC ที่ได้มาพัฒนาเป็นน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดทั้ง 5 สูตรที่มีความเข้มข้นจากสูตรที่ 1 ถึงสูตรที่ 4 เท่ากับ 25 12.5 6.25 และ 3.12 mg/ml ตามลำดับ และน้ำยาบ้วนปากสูตรที่ 5 (เบสของน้ำยาบ้วนปากที่ไม่ผสมสารสกัด) โดยนำไปทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อ *S. mutans* เทียบกับชุดควบคุม ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเจริญของเชื้อ *S. mutans* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI หลังจากทดสอบด้วยน้ำยาบ้วนปากแต่ละสูตร



พบว่าน้ำยาบ้วนปากสูตรที่ 1 (F1) และ น้ำยาบ้วนปากสูตรที่ 2 (F2) มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อ แต่สูตรที่ 3 4 และ 5 พบว่าไม่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อ โดยเฉพาะน้ำยาบ้วนปากสูตรที่ 5 (F5) จะสังเกตได้ว่าน้ำยาบ้วนปากที่ไม่ได้ผสมสารสกัดมะระขี้นกนั้น ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแต่อย่างใดซึ่งสังเกตได้จากการที่เชื้อแบคทีเรียนั้นมีการเจริญได้อย่างเต็มที่เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

จากนั้นทำการทดสอบความเข้ากันของน้ำยาบ้วนปากของแต่ละสูตร พบว่าน้ำยาบ้วนปากแต่ละสูตรนั้นมีความเข้าเป็นอย่างดี โดยมีลักษณะเป็นสารละลายใส ไม่มีตะกอน และเมื่อมีการทดสอบความเป็นกรด-ด่าง พบว่าน้ำยาบ้วนปากทั้ง 5 สูตรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 10.5 ดังตารางที่ 2 ตามที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำยาบ้วนปากแต่ละสูตร

สูตรน้ำยาบ้วนปาก	ค่า pH
สูตรที่ 1 (F1)	8.75
สูตรที่ 2 (F2)	9.00
สูตรที่ 3 (F3)	9.10
สูตรที่ 4 (F4)	9.12
สูตรที่ 5 (F5)	9.38

### อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาฤทธิ์การยับยั้งเชื้อ *S. mutans* ของสารสกัดมะระขี้นกและน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดมะระขี้นก พบว่าสารสกัดมะระขี้นกนั้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. mutans* แต่ไม่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ โดยสามารถยับยั้งเชื้อ *S. mutans* ได้ที่ความเข้มข้น 50 25 และ 12.5 mg/ml แต่เมื่อได้นำสารสกัดมะระขี้นกผสมกับเบสของน้ำยาบ้วนปากแล้วทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ พบว่าน้ำยาบ้วนปากสูตรที่ 1 (F1) และ น้ำยาบ้วนปากสูตรที่ 2 (F2) มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อ แต่สูตรที่ 3 4 และ 5 พบว่าไม่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อ โดยเฉพาะน้ำยาบ้วนปากสูตรที่ 5 (F5) จะสังเกตได้ว่าน้ำยาบ้วนปากที่ไม่ได้ผสมสารสกัดมะระขี้นกนั้น ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแต่อย่างใดซึ่งสังเกตได้จากการที่เชื้อแบคทีเรียมีการเจริญได้อย่างเต็มที่เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่เมื่อผสมสารสกัดมะระขี้นกเข้าไปในน้ำยาบ้วนปากพบว่าสารสกัดและเบสของน้ำยาบ้วนปากนั้นมีการเสริมฤทธิ์กันในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เมื่อเทียบผลของการยับยั้งเชื้อของสารสกัดเทียบกับผลของการยับยั้งเชื้อของน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดมะระขี้นกที่ความเข้มข้นของสารสกัดเดียวกันคือ 12.5 mg/ml นั้น พบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้นดังกล่าวคือ 12.5 mg/ml นั้นมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อได้ เนื่องจากสารสกัดมะระขี้นกมีสารสำคัญมากมาย (Singh et al., 2011) และยังมีการรายงานฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *S. mutans* ของสารสกัดมะระขี้นก (Mustaruddin & Hanindiya, 2022) และ (Copper oxide



nanoroide (Qamar et al., 2020) จากมะระขึ้นกอีกด้วย ถึงแม้ว่าสารสกัดมะระขึ้นกจะสามารถยับยั้งเชื้อได้ แต่ในการศึกษานี้สารสกัดมะระขึ้นกในความเข้มข้นที่ศึกษายังไม่มียฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* แต่เมื่อผสมสารสกัดเข้ากับเบสของน้ำยาบ้วนปากที่ความเข้มข้นของสารสกัดเดียวกับพบว่าน้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของสารสกัดมะระขึ้นกที่ความเข้มข้นดังกล่าวนั้นมียฤทธิ์สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* ได้ จึงสรุปได้ว่าน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดมะระขึ้นกนั้นมียฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. mutans* โดยมีค่า MIC ของน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดมะระขึ้นกอยู่ที่ 12.5 mg/ml อีกทั้งน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดมะระขึ้นกนั้นยังมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ *S. mutans* ได้อีกด้วย โดยมีค่า MBC อยู่ที่ 25 mg/ml และเมื่อนำน้ำยาบ้วนปากทั้ง 5 สูตรไปศึกษาทางกายภาพทั้งความเข้ากัน ลักษณะของสารละลาย การเกิดตะกอน และความเป็นกรด-ด่าง พบว่าน้ำยาบ้วนปากทั้ง 5 สูตรมีลักษณะเป็นสารละลายใส ไม่มีตะกอน และมีค่า pH อยู่ในช่วงที่กระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดไว้เรื่องคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำยาบ้วนปากตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 3749 (พ.ศ. 2550)

ฤทธิ์การยับยั้งเชื้อของน้ำยาบ้วนปากนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการใช้ จากรายงานการศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ของการต้านเชื้อแบคทีเรียของน้ำยาบ้วนปากของ กนกพร ปางสมบูรณ์ และคณะ (2544) พบว่าฤทธิ์การต้านเชื้อของน้ำยาบ้วนปากนั้นขึ้นอยู่กับเวลา ความเข้มข้น และชนิดของน้ำยาบ้วนปากอีกด้วย แต่ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นของน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดมะระขึ้นกเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาน้ำยาบ้วนปากผสมสารสกัดจากพืชสมุนไพรต่อไป เนื่องจากปัจจุบันน้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของสมุนไพรนั้นกำลังเป็นที่นิยม อีกทั้งยังเล็งปัญหาที่อาจเกิดจากองค์ประกอบทางเคมีในน้ำยาบ้วนปากต่อผู้บริโภค ปัจจุบันจึงมีผู้ศึกษาน้ำยาบ้วนปากที่ใช้สารสกัดจากสมุนไพรมากมาย เช่น น้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัด Tannins จาก *Quercus brantii* และน้ำมันหอมระเหยของ *Zataria multiflora* (Alipour et al., 2018) และน้ำยาบ้วนปากจาก *Zataria multiflora* (Mirzaei et al., 2022) อีกทั้งน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัด Pomegranate, Grape seed และ Guava extracts ก็ยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อในช่องปากได้อีกด้วย (Singla et al., 2018) จากการศึกษาจึงสรุปได้ว่าน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดจากพืชสมุนไพรนั้นเป็นที่นิยมและมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยให้กับผู้บริโภค หรือผู้ป่วยที่มีปัญหาในการใช้น้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของสารต้านเชื้อต่าง ๆ และ แอลกอฮอล์ที่ผสมอยู่ในน้ำยาบ้วนปากตามท้องตลาด

### สรุปผลการศึกษา

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนผสมของสารสกัดมะระขึ้นก และศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อในช่องปากพบว่าสารสกัดมะระขึ้นกนั้นมียฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* แต่ไม่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ แต่เมื่อผสมสารสกัดมะระขึ้นกเข้ากับเบสของน้ำยาบ้วนปากแล้วพบว่าน้ำยาบ้วนปากที่ผสมสารสกัดมะระขึ้นกสามารถฆ่าเชื้อ



แบคทีเรีย *S. mutans* ได้ โดยจะกล่าวได้ว่าสารสกัดกับเบสของน้ำยาบ้วนปากมีการเสริมฤทธิ์กัน และต้นแบบชิ้นนี้เหมาะที่จะพัฒนาต่อหลังจากผ่านทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์แล้ว เพื่อให้ได้ต้นแบบของน้ำยาบ้วนปากที่มีประสิทธิภาพ และเป็นไปตามมาตรฐานที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด

### กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบข้อบกพร่อง และชี้แนะแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องในการทำงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และ ภาควิชาชีววิทยาในช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ และสถานที่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- กนกพร ปรางสมบุรณ์, ดวงพร เกิดผล, และวี เกียรติไพศาล. (2544). การเปรียบเทียบประสิทธิผลในการลดเชื้อแบคทีเรียในช่องปากของการใช้น้ำยาบ้วนปาก คลอเฮกซิดีน 0.12 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก/ ปริมาตร และน้ำยาบ้วนปากสเปเชียล (คลอโรซีลีโนล 0.005 เปอร์เซ็นต์) ปริมาตร/ ปริมาตร. *สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. RK60.5, ก32*
- ปณัฐดา กันทาเศษ, ยุทธพงศ์ สุวรรณพงศ์, ยาวเรศร์ศรี เชื้อนจันธนาภ, วิจารณ์ ผิวอ่อน, และสุรัชย์ โกดิรัมย์. (2561). การศึกษาเปรียบเทียบผลของน้ำยาบ้วนปากสามสูตรของโรงพยาบาลจังหวัดน่านต่อการเกิดภาวะเยื่อช่องปากอักเสบในผู้ป่วยมะเร็งที่ได้รับยาเคมีบำบัด. *Thai cancer Journal, 38(3), 97-99.*
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3749 พ.ศ 2550. (2550, 16 ตุลาคม). *ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 124 ตอนพิเศษ 155 ง. หน้า 1-8.*
- Alipour, S., Dehshahri, S., & Afsari, A. (2018). Preparation and Evaluation of a Herbal Mouthwash Containing Oak Husk of *Quercus brantii* and *Zataria multiflora*. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products. 13(3), e13420.*
- Bayless, J.M., & Tinanoff, N. (1985). Diagnosis and Treatment of Acute Fluoride Toxicity. *The Journal of the American Dental Association. 100, 209-211.*



- Beals, D., Ngo, T., Feng, Y., Cook, D., Grau, D.G., & Weber, D.A. (2000). Development and Laboratory Evaluation of A New Toothbrush with A Novel Brush Head Design. *The American Journal of Dentistry*. 13, 5A-14A.
- Chye, R., Perrotti, V., Piattelli, A., Laculli, F., & Quaranta, A. (2019). Effectiveness of different commercial chlorhexidine-based mouthwashes after periodontal and implant surgery a systematic review. *Implant Dentistry*. 28, 74- 85.
- Clark, P.I., Gardiner, P.S., Djordjevic, M.V., Leischow, S.J., & Robinson, R.G. (2004). Menthol Cigarettes: Setting The Research Agenda. *Nicotine & Tobacco Research*. 6, 5-9.
- Faridi, U., Sisodia, B.S., Shukla, A.K., Shukla, R.K., Darokar, M.P., & Dwivedi, U.N. (2011). Proteomics Indicates Modulation of Tubulin Polymerization by L-Menthol Inhibiting Human Epithelial Colorectal Adenocarcinoma Cell Proliferation. *Proteomics*. 11(10), 2115-2119.
- Larsen, T., and Fiehn, N.E. (2017). Dental Biofilm Infections—an Update. *Acta Pathologica. Microbiologica, et Immunologica Scandinavica (APMIS)*. 125(4), 376-384.
- Llewelyn, J. (1994). Oral Squamous Cell Carcinoma. Mouthwashes May Increase Risk. *British Medical Journal*. 308(6942), 1508.
- Marinone, M.G., and Savoldi, E., (2000). Chlorhexidine and taste. Influence of mouthwashes concentration and of rinsing time. *Minerva Stomatologica*. 49, 221- 226
- Mirzaei, K., Fathi, A., Asadinejad, S.M., & Moghadam, N.C.Z. (2022). Study the antimicrobial effects of Zataria multiflora-based mouthwash on the microbial community of dental plaques isolated from children: A candidate of novel plant-based mouthwash. *Academic Journal of Health Sciences*. 37(3), 58-63.
- Mustaruddin, M., and Hanindiya, B. (2022). Antibacterial effectiveness test of ethanol extracts of pare fruit (*Momordica charan*) against *Streptococcus mutans*, the cause of dental caries in the pharmaceutical lab of efarina university pematang siantar. *Medalion Journal*. 3(2), 33-37
- Penugonda, B., Settembrini, L., Scherer, W., Hittelmann, E., & Strassler, H. (1994). Alcohol-containing Mouthwashes: Effect on Composite Hardness. *The Journal of Clinical Dentistry*. 5(2), 60-62.



- Qamar, H., Rehman, S., Chauhan, D.K., Tiwari, A.K., & Upmanyu, V. (2020). Green Synthesis, Characterization and Antimicrobial Activity of Copper Oxide Nanomaterial Derived from *Momordica charantia*. *International Journal of Nanomedicine*. 15, 2541–2553.
- Shah, H.M., Shah, M.N., Gokani, V.N., & Jethal, B.S. (1993). A Comparative, Qualitative and Quantitative Antimicrobial Efficacies of Mouthrinses Containing Chlorhexidine Gluconate and Essential Oils. *Indian Journal of Dental Research*. 4(3–4), 103–111.
- Shulman, J.D., and Wells, L.M. (1997). Acute Fluoride Toxicity from Ingesting Home-use Dental Products in Children, Birth to 6 Years of Age. *Journal of Public Health Dentistry*. 57(3), 150–158.
- Singh, J., Cumming, E., Manoharan, G., Kalasz, H., & Adeghate, E. (2011). Medicinal Chemistry of The Anti-diabetic Effects of *Momordica charantia*: Active Constituents and Modes of Action. *Open Medicinal Chemistry Journal*. 5, 70–77.
- Singla, S., Malhotra, R., Nd, S., & Saxena, S. (2018). Antibacterial Efficacy of Mouthwash Prepared from Pomegranate, Grape Seed and Guava Extracts against Oral Streptococci: An in Vivo Study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 42(2), 109–113.
- Smigel, K. (1991). High Alcohol Mouthwashes Are Under Scrutiny. *Journal of the National Cancer Institute*. 83(11), 751.
- Wennström, J.L., Dahlén, G., Gröndahl, K., & Heijl, L. (1987). Periodic Subgingival Antimicrobial Irrigation of Periodontal Pockets. II. Microbiological and Radiographical Observations. *Journal of Clinical Periodontology*. 14(9), 541–550.
- Willis, D.N., Liu, B., Ha, M.A., Jordt, S.E., & Morris, J.B. (2011). Menthol Attenuates Respiratory Irritation Responses to Multiple Cigarette Smoke Irritants. *Federation of American Societies for Experimental Biology Journal*. 25(12), 4434–44.
- Wise, P.M., Preti, G., Eades, J., & Wysocki, C.J. (2011). The Effect of Menthol Vapor on Nasal Sensitivity to Chemical Irritation. *Nicotine & Tobacco Research*. 13(10), 989–997.



# เศรษฐกิจหมุนเวียนของเหล็กประจุศูนย์เพื่อนำน้ำทิ้งอุตสาหกรรมกลับมาใช้ใหม่ และการลดการพึ่งพาเหมืองแร่

ปัญญาพล สีแก้วเขียว<sup>1</sup> และ ธนพล เพ็ญรัตน์<sup>1,2\*</sup>

## Circular Economy of Zerovalent Iron for Industrial Wastewater Reuse and Minimizing Mining Dependency

Panjapol Seekaewkhiaiw<sup>1</sup> and Tanapon Phenrat<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>หน่วยวิจัยเชิงบูรณาการด้านการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนและการนำทรัพยากรธรรมชาติกลับมาใช้ใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศเพื่อความยั่งยืนด้านสุขภาพ สิ่งแวดล้อมและอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Research Unit for Integrated Natural Resources Remediation and Reclamation (IN3R), Department of Civil Engineering, Faculty  
of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Center of Excellence for Sustainability of Health, Environment, and Industry (SHEI), Faculty of Engineering, Naresuan  
University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: pomphenrat@gmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการปรับพีเอช และการกำจัดโลหะพิษของน้ำในอ่างลุ่มน้ำโจนแห่งที่ 16 ที่มีสภาพเป็นกรดสูง และมีการปนเปื้อนโลหะหลายชนิด โดยมีค่าพีเอชเท่ากับ 2.91 ซึ่งเกิดจากการลักลอบทิ้งน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยทำการเปรียบเทียบสารที่ใช้ 3 ตัวในการบำบัดน้ำ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH), แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)<sub>2</sub>) และผงเหล็กประจุศูนย์ (ZVI) ซึ่งความสามารถในการปรับสภาพน้ำให้เป็นกลางนั้นจะต้องใช้สารเคมีต่าง NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub> เป็น 0.09 และ 0.08 ตามลำดับ และในส่วนของ ZVI พบว่าเหล็กที่ร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตรก็เพียงพอที่จะสามารถทำให้พีเอชเป็นกลางได้ ในส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะ ถึงสารเคมีต่างจะมีประสิทธิภาพการกำจัดโลหะต่าง ๆ ดีกว่า ZVI แต่การใช้ผงเหล็กนั้นจะไม่ทำให้เกิดความเป็นพิษที่มากขึ้น เช่น ไม่ทำให้เกิดตะกอนพิษในแหล่งน้ำที่บำบัด ซึ่งผงเหล็กสามารถกำจัดโลหะหนักในน้ำได้ดีโดยเฉพาะค่าของ Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup> และ Zn<sup>2+</sup> มีประสิทธิภาพการบำบัดถึง 99%, 96% และ 85% แต่บำบัด Mn<sup>2+</sup> ได้เพียง 17% จากผลการทดลองประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะของสารทั้ง 3 ตัวจะไม่สามารถทำให้น้ำผ่านมาตรฐานน้ำผิวดินได้ แต่หากต้องการให้ความเข้มข้นของโลหะหนักทุกตัวของน้ำปนเปื้อนผ่านค่ามาตรฐานต้องทำการบำบัดด้วย ZVI ซ้ำ 2 ครั้ง และพบว่าในการใช้ผงเหล็กร้อยละ 20 โดยมวลต่อปริมาตรเพียงพอที่จะสามารถทำให้พีเอชเป็นกลาง และสามารถกำจัดโลหะหนักในน้ำได้ 100%



คำสำคัญ: ผงเหล็กประจุศูนย์ (ZVI) การกำจัดโลหะหนัก การปรับสภาพให้เป็นกลาง

#### Abstract

The objective of this research was to study the efficiency of pH adjustment, and the removal of toxic metals from highly acidic water contaminated with many metals in the 16th Joan Basin. This water has a pH of 2.91, caused by the illegal dumping of water from industrial factories. The experiment will use 3 substances used in water treatment, namely sodium hydroxide (NaOH), calcium hydroxide ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), and zero-ion iron powder (ZVI). The ability to neutralize water requires NaOH,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  was 0.09 and 0.08, respectively, and in the ZVI section it was found that iron at 10%w/v was sufficient to neutralize the pH. In terms of metal removal efficiency Although alkaline chemicals have better metal removal efficiency than ZVI, the use of iron powder does not cause additional toxicity, for example, it does not cause toxic sludge in the treated water source. ZVI can remove heavy metals in water well, especially  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , and  $\text{Zn}^{2+}$ . The treatment efficiency is 99%, 96%, and 85%, but  $\text{Mn}^{2+}$  treatment is only 17%. From the experimental results, the metal removal efficiency of all 3 substances could not make the water pass the surface water standard. However, if the concentration of all heavy metals in contaminated water passed the standard value, ZVI treatment had to be repeated twice. It was also found that using 20% iron powder by mass per volume was enough to neutralize the pH, and can eliminate heavy metals in water 100%.

**Keywords:** Zero valent iron (ZVI), Heavy metals removal, Neutralization

#### บทนำ

สืบเนื่องมาจากการพัฒนาอย่างรวดเร็วของระบบเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนโดยการผลิตรายอุตสาหกรรม ภายหลังการปฏิวัติทางอุตสาหกรรม สารเคมีอันตรายหลายชนิดได้ถูกสังเคราะห์ขึ้น และถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิต รวมไปถึงกิจกรรมต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภทซึ่งก่อให้เกิดกากอุตสาหกรรมที่ปนเปื้อนด้วยสารเคมีอันตรายจำนวนมากในแต่ละวันและหากของเสียเหล่านี้ไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม จะนำไปสู่การปนเปื้อนสารอันตรายในสิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และระบบนิเวศอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (LaGrega et al., 2010) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกากของเสียจำพวกโลหะหนักที่ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ ซึ่งทำให้มีการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม และมีบางส่วนที่ตกตะกอนแล้วสะสมอยู่ในดิน น้ำหรือดินตะกอนที่อยู่ในน้ำ ส่งผลให้มีการสะสมอยู่ในร่างกายสัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในระบบนิเวศ (พรพิมล ผักไหม, 2559, น. 36-37) สิ่งเหล่านี้นำไปสู่การใช้ชีวิตในชีวิตประจำวันที่มีความเสี่ยงในการได้รับโลหะหนักผ่านการบริโภคอาหารหรือการดื่มน้ำที่มีการปนเปื้อน โดยเฉพาะในบริเวณที่มีโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีการลักลอบทิ้งหรือเกิดการรั่วไหลของเสียลงในพื้นที่สาธารณะ และเมื่อโลหะหนักถูกถ่ายทอดตามลำดับชั้นของห่วงโซ่อาหาร แนวโน้มการสะสมก็จะยิ่งเพิ่มสูงขึ้น





ในประเทศไทยได้มีการตรวจพบว่ามีสารปนเปื้อนของโลหะหลายชนิดที่เกินมาตรฐานน้ำผิวดิน เช่น อ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำโจนแห่งที่ 16 ที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงการตามพระราชดำริที่จะทำการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กไว้ตามบริเวณลำห้วยที่เป็นลำน้ำสาขาของลำน้ำโจน เพื่อเก็บกักน้ำไว้สำหรับส่งน้ำให้กับพื้นที่เพาะปลูกในเขตพื้นที่ของลุ่มน้ำโจนทั้งหมด ซึ่งปัจจุบันพบว่าสภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเป็นกรดสูง (พีเอช 2.91) และมีการปนเปื้อนโลหะหลายชนิด เช่น ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี เป็นต้น ส่งผลให้ชาวบ้านได้รับผลกระทบอันเนื่องมาจากชาวบ้านในพื้นที่มีการใช้น้ำในบริเวณนี้ในการอุปโภคและบริโภค กลายเป็นปัญหาที่ต้องการการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

โดยการศึกษาการปนเปื้อนโลหะและมีความเป็นกรดสูงในอ่างเก็บน้ำนี้มีความสำคัญมาก เพราะเป็นการสืบสวนสอบสวนเพื่อระบุโรงงานที่ปล่อยมลพิษนี้ นำมาสู่การเรียกค่าเสียหายกับโรงงานตามหลัก “ผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย” และนำไปสู่การเสือกวิธีในการปรับสภาพน้ำให้กลับมาดีขึ้น โดยน้ำที่มีลักษณะเป็นกรดสูงโดยทั่วไปนั้นจะสามารถปรับสภาพน้ำได้โดยการเติมสารที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง อาทิเช่น โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น และต่างที่เติมไปนี้ยังสามารถกำจัดโลหะที่ละลายน้ำด้วยวิธีการตกตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical Precipitation) หรือการทำให้เกิดการจับตัวเป็นก้อนด้วยสารเคมี (Chemical Coagulation) ซึ่งเป็นวิธีการทางเคมีโดยเติมสารเคมีลงในน้ำ เพื่อให้ทำปฏิกิริยากับโลหะหนักที่ละลายในน้ำ โดยจะเปลี่ยนโลหะหนักให้เป็นรูปที่ไม่ละลายน้ำจนเกิดเป็นตะกอนที่สามารถจมตัวได้ วิธีการเหล่านี้มีข้อดีคือเป็นวิธีการทางเคมีที่สามารถทำได้ง่าย หากแต่จะต้องใช้สารเคมีในปริมาณที่มากและจำเป็นต้องควบคุมค่าพีเอชของน้ำให้อยู่ในช่วงที่ทำให้มวลสารนั้นมีการละลายน้ำน้อยที่สุด ซึ่งการปรับสภาพน้ำด้วยสารเคมีต่างนั้นต้องพิจารณาจากหลายปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเนื่องจากความแตกต่างกันทางคุณสมบัติ ประสิทธิภาพในการบำบัด และปริมาณตะกอนที่เป็นพิษหลังการใช้สารด้วย ซึ่งจากข้อเสียจากการเติมสารเคมีต่างทำให้เกิดตะกอนพิษนั้น ทำให้เกิดแนวคิดที่จะบำบัดที่ทำให้เกิดความเป็นพิษในแหล่งน้ำที่น้อยลงด้วยการใช้เหล็กประจุศูนย์ (Zero Valent Iron หรือ ZVI) โดยที่ผงเหล็กที่ใช้เป็นกากของเสียอุตสาหกรรมในกระบวนการผลิตดีบุกปีน แบร์ริ่งส์ ซึ่งเป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วยการนำมาปรับพีเอช และกำจัดโลหะด้วยการดูดซับโลหะ (Adsorption) ออกจากน้ำของอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำโจนแห่งที่ 16 โดยการใช้ผงเหล็กประจุศูนย์นี้ ข้อดีคือไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการได้มา และไม่ทำให้เกิดตะกอนพิษที่มากขึ้นในแหล่งน้ำเดิม

จากสถานการณ์การปนเปื้อนของโลหะ และสภาพเป็นกรดของน้ำในอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำโจนแห่งที่ 16 นั้นเป็นเรื่องเร่งด่วนและมีความสำคัญที่ต้องทำการศึกษาและติดตามผลของโลหะในแหล่งน้ำ โดยคณะผู้วิจัยจะศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดโลหะพิษ การปรับพีเอช และความเป็นพิษที่เพิ่มขึ้นหลังทำปฏิกิริยา โดยการเปรียบเทียบการใช้ตัวกลาง 3 ตัว คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และผงเหล็กประจุศูนย์ที่เหมาะสมที่สุดกับแหล่งน้ำลุ่มน้ำโจนแห่งที่ 16 เพื่อที่จะนำไปเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบำบัดมากที่สุดและตัวกลางที่เหมาะสมที่สุดไปใช้ใน



แบบจำลองอ่างเก็บน้ำเพื่อศึกษาการใช้วิธีการบำบัดน้ำในพื้นที่จริง ซึ่งเทคโนโลยีในการบำบัดนี้สามารถนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้งโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมบริเวณอ่างเก็บน้ำ โดยเป็นการใช้หลักเศรษฐกิจหมุนเวียนของเหล็กประจุศูนย์ที่เกิดจากวัสดุเหลือใช้นำมาใช้ในการบำบัดน้ำ และในอนาคตจะนำผงเหล็กที่ใช้ในการบำบัดน้ำ(ผงเหล็กดูดซับโลหะหนักไว้เต็มที่แล้ว) มาใช้ประโยชน์ในการหลอมร่วมกับบอลูมิเนียมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพต่อไป

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### 1.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

- 1.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- 1.2 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )
- 1.3 ผงเหล็กประจุศูนย์จากผลิตลูกปืน แบริงส์ (ZVI Waste)
- 1.4 กรดไนตริกความเข้มข้น 65%

### 1.2 เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

- 2.1 เครื่องวัดพารามิเตอร์น้ำ (pH/EC/ORP)
- 2.2 เครื่อง Microwave digestion system
- 2.3 เครื่อง Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometer (ICP–OES)

### 1.3.2 วิธีการดำเนินงาน

#### 3.1 การคัดขนาดและการเตรียมผงเหล็กประจุศูนย์

การคัดขนาดผงเหล็กจะใช้วิธีร่อนแห้งโดยนำตัวอย่างผงเหล็กร่อนผ่านตะแกรกร่อนขนาด 4 มิลลิเมตรเพื่อแยกผงเหล็กออกจากเศษเหล็ก จากนั้นนำผงเหล็กที่ทำการร่อนมาล้างด้วยน้ำเพื่อขจัดความมัน และนำผงเหล็กที่ได้ไปอบด้วยเตาอบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เมื่อผงเหล็กแห้งแล้วให้นำเก็บใส่ภาชนะปิดสนิทก่อนนำไปใช้งานต่อไป

#### 3.2 การศึกษาคุณสมบัติของโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และผงเหล็กประจุศูนย์

ศึกษาคุณสมบัติของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) และผงเหล็กประจุศูนย์ (ZVI Waste) ในการบำบัดน้ำของอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำโจนแห่งที่ 16 ด้วยการวิเคราะห์การปรับพีเอช การกำจัดโลหะ และสภาพพื้นผิวของตัวกลางทั้ง 3 ชนิด ด้วยการทดลองแบบกะ (Batch test) โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 0.01, 0.03, 0.05, 0.07 และ 0.09 นอร์มอล และใช้ผงเหล็กประจุศูนย์ 1, 5, 10, 20, 30, 40 และ

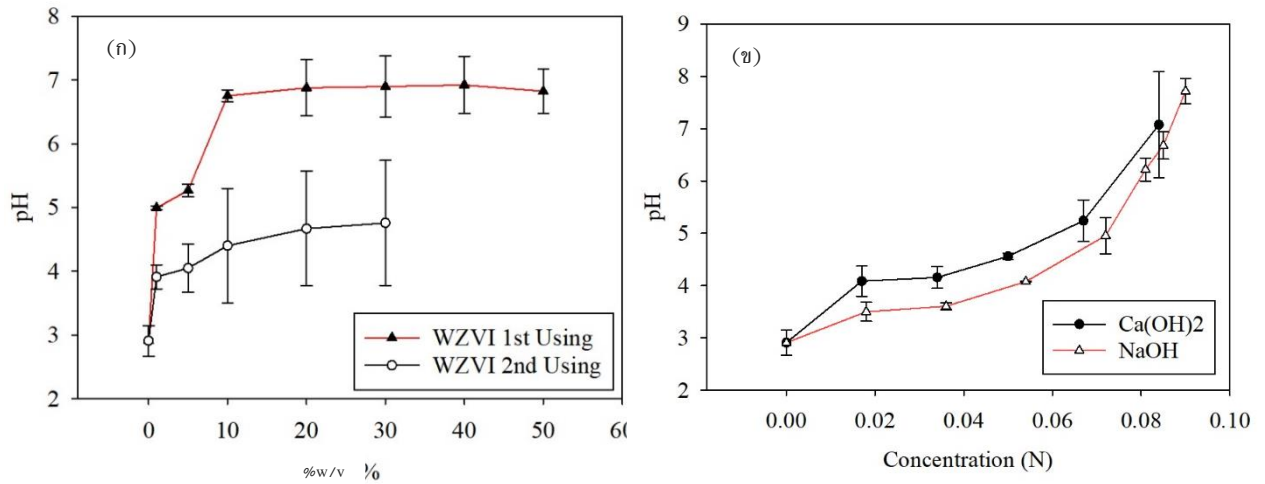


50 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วทำการกวนผสมด้วยเครื่องกวนความเร็ว 180–200 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (นิรามัย ไตรยวงศ์, 2558) จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วนำน้ำที่ผ่านการกรองไปวัดพีเอช และนำไปย่อยด้วยเครื่องย่อยด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave digestion System) และวิเคราะห์ปริมาณโลหะ ได้แก่ ทองแดง, เหล็ก, แมงกานีส, สังกะสี, โมลิบดีนัม, ตะกั่ว และสารหนู ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยเทคนิค ICP–OES (Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometer, ICP–OES) โดยใช้สารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.001, 0.01, 0.1, 0.5 และ 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) เพื่อนำไปสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve)

## ผลการศึกษา

### 2.1 การศึกษาคุณสมบัติของโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และผงเหล็กประจุศูนย์ผลการวัดค่าพีเอช

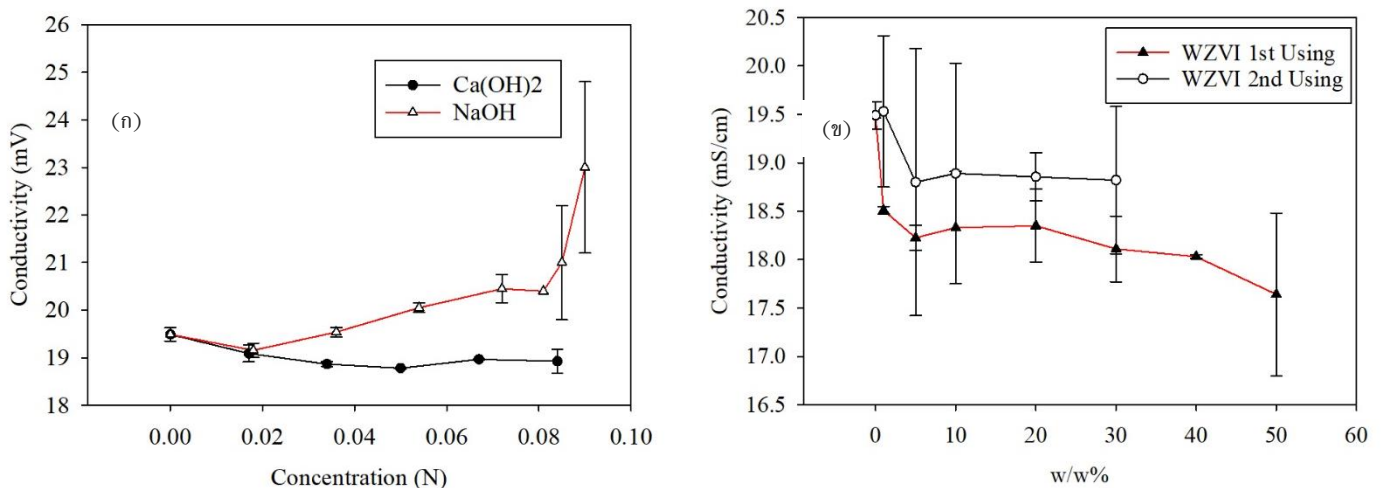
จากผลการทดลองกำจัดโลหะหนักโดยเหล็กประจุศูนย์จากโรงงานอุตสาหกรรม แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการปรับพีเอช ดังรูปที่ 1(ก) พบว่าค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำปนเปื้อนจากกลุ่มน้ำใจแห่งที่ 16 อยู่ที่ประมาณ 3 เมื่อใช้เหล็กประจุศูนย์สามารถปรับพีเอชพบว่าต้องเติมร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรจะปรับพีเอชให้ใกล้เคียงความเป็นกลางอยู่ที่ 6.76 และเมื่อเติมมากขึ้นเป็นร้อยละ 20 และ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรจะปรับพีเอชให้เป็น 6.88 และ 6.90 ตามลำดับ เมื่อนำผงเหล็กประจุศูนย์ที่ทำปฏิกิริยากับน้ำปนเปื้อนไปแล้วมาใช้ทำปฏิกิริยากับน้ำปนเปื้อนใหม่อีกรอบพบว่ายังมีศักยภาพในการปรับพีเอชได้อีก แต่ไม่สูงเท่าเดิม ยกตัวอย่างเช่น การใช้ผงเหล็กประจุศูนย์ร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในรอบที่ 2 ของผงเหล็ก จะปรับพีเอชให้เป็น 4.40, 4.67 และ 4.76 ตามลำดับ และในส่วนโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 0.02, 0.03, 0.05, 0.07, 0.09 N จะมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.59–6.55 ซึ่งมีค่าเป็นกรด ในขณะที่ความเข้มข้น 0.09 N มีค่าพีเอชเป็น 7 ซึ่งมีค่าเป็นกลาง ส่วนแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ที่ความเข้มข้น 0.02 0.03 0.05 และ 0.07 N มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3–6.6 ซึ่งมีค่าเป็นกรด ในขณะที่ความเข้มข้น 0.08 N มีค่าพีเอชเป็น 7.72 ซึ่งมีค่าเป็นกลาง ดังรูป 1(ข)



รูปที่ 1 (ก)กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ WZVI 1st Using และ WZVI 2nd Using และ (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ NaOH และ Ca(OH)<sub>2</sub>

## 2.2 ผลการวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีความสำคัญเนื่องจากเป็นตัวชี้วัดการบำบัดไอออนต่างๆ นอกเหนือจากโลหะหนักที่สนใจ ยิ่งค่าการนำไฟฟ้าต่ำแสดงว่ามีไอออนต่างๆ ถูกกำจัดออกไปมาก โดยจากการทดลองพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)<sub>2</sub>) มีค่าอยู่ในช่วง 18.9 - 19 mS/cm ดังรูปที่ 2(ก) และในส่วนของค่าการนำไฟฟ้าของผงเหล็กประจุศูนย์ และผงเหล็กประจุศูนย์ที่ใช้ซ้ำอีกครั้ง มีค่าอยู่ในช่วง 17.64-18.51 และ 18.82-19.53 mS/cm ดังรูปที่ 2 (ข)

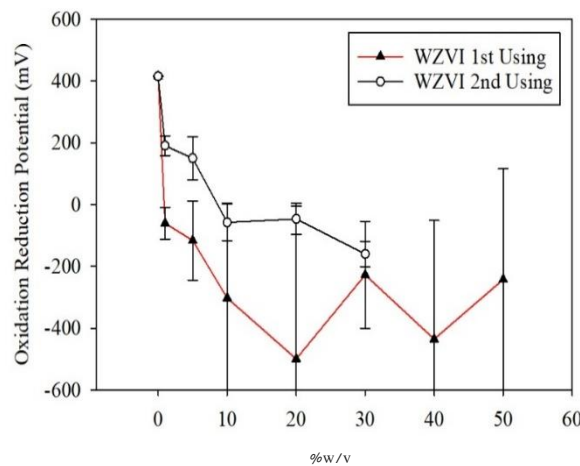


รูปที่ 2 (ก)กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Conductivity กับ Concentration ของ NaOH และ Ca(OH)<sub>2</sub> และ (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Conductivity กับ WZVI 1st Using และ WZVI 2nd Using



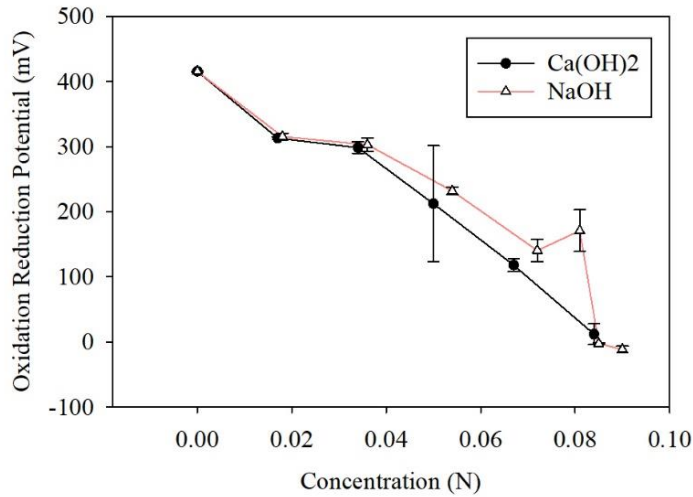
### 2.3 ผลการวัด Oxidation Reduction Potential (ORP)

ค่า ORP แสดงถึงความมีอยู่มาก หรือ มีอยู่น้อยของออกซิไดซิงเอเจนต์ (Oxidizing agents) ยิ่งค่า ORP เป็นบวกมาก ๆ แปลว่ามี Oxidizing agents มาก แต่หาก ORP ติดลบมาก ๆ แปลว่ามีรีดิวซิงเอเจนต์ (Reducing agents) มาก จากผลการทดลองวิเคราะห์ผล ORP พบว่าใน ผงเหล็กประจุศูนย์ในรอบที่หนึ่งที่มีความเข้มข้น 1, 5, 10 และ 20 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยมีค่า ORP เป็น -52.00, -128.00, -307.50 และ -495.00 มิลลิโวลต์ ซึ่งจะมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องแต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของผงเหล็กประจุศูนย์เป็น 30 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีค่าเพิ่มขึ้น เป็น -172.50 มิลลิโวลต์ จากนั้นที่ความเข้มข้น 40 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีค่าเป็น -385 มิลลิโวลต์ ซึ่งมีค่าลดลง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่ความเข้มข้น 50 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็น -358.50 มิลลิโวลต์ (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Oxidation Reduction Potential กับ WZVI 1st Using และ WZVI 2nd Using

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ในช่วงความเข้มข้นที่ 0.017 N มีค่า ORP อยู่ที่ 313 มิลลิโวลต์ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ขึ้นที่ความเข้มข้น 0.03, 0.05, 0.07 และ 0.08 ตามลำดับ จะพบว่าค่า ORP ลดลงอย่างต่อเนื่องดังรูปที่ 4 เช่นเดียวกับค่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 0.02 N มีค่า ORP เป็น 315.50 มิลลิโวลต์ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ขึ้นที่ความเข้มข้น 0.02, 0.04, 0.05, 0.07, 0.08, 0.09 และ 0.09N มีค่า ORP ลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Oxidation Reduction Potential กับ WZVI 1st Using

## 2.4 ผลการวิเคราะห์การลดลงของโลหะหนักในน้ำ

จากการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำปนเปื้อนก่อนการบำบัดฟื้นฟูด้วยเทคนิคต่างๆ พบว่ามีค่าความเข้มข้นของ ทองแดง ( $\text{Cu}^{2+}$ ) ในน้ำตัวอย่างอยู่ที่ 498.93 มิลลิกรัมต่อลิตร, เหล็ก ( $\text{Fe}^{2+}$ ) 1350.45 มิลลิกรัมต่อลิตร, แมงกานีส ( $\text{Mn}^{2+}$ ) 308.97 มิลลิกรัมต่อลิตร, สังกะสี ( $\text{Zn}^{2+}$ ) 140.80 มิลลิกรัมต่อลิตร, โมลิบดีนัม ( $\text{Mo}^{1+}$ ) 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร, ตะกั่ว ( $\text{Pb}^{2+}$ ) 5.07 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สารหนู ( $\text{As}^{3+}$ ) 1.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังรูปที่ 5 และตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโลหะในน้ำด้วย ZVI, NaOH และ  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

ชื่อสารเคมี	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Pb	As
ค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.10	-	1.00	1.00	-	0.05	0.01
Control	498.93	1350.50	308.97	140.79	0.11	5.07	1.01
ZVI 10 %w/v	0.44	1552.50	255.83	19.95	0.04	0.18	0.33
เปอร์เซ็นต์การกำจัดโลหะ	99.91	-	17.20	85.83	61.84	96.47	67.13
NaOH	2.49	3.04	61.62	0.39	0.01	0.04	0.04
เปอร์เซ็นต์การกำจัดโลหะ	99.50	99.78	80.06	99.73	89.92	99.27	96.12
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	0.12	1.15	0.35	0.26	0.00	0.04	0.05
เปอร์เซ็นต์การกำจัดโลหะ	99.97	99.97	99.89	99.82	100.00	99.31	95.55

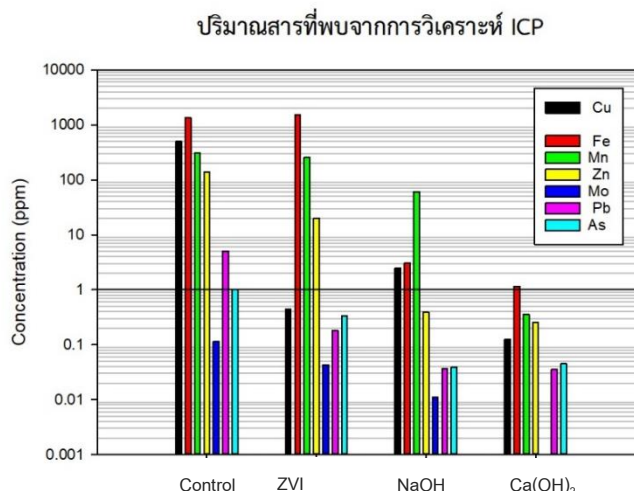


การทดลองใช้เหล็กประจุศูนย์ 10 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร บำบัดน้ำปนเปื้อนพบว่าสามารถลดความเข้มข้นของ  $\text{Cu}^{2+}$  ในน้ำลงเหลือ 0.44 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Fe}^{2+}$  1552.52 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Mn}^{2+}$  255.83 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Zn}^{2+}$  19.95 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Mo}^{1+}$  0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Pb}^{2+}$  0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร และ  $\text{As}^{3+}$  0.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังรูปที่ 5 และ ตารางที่ 1 โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด  $\text{Cu}^{2+}$  99.91%,  $\text{Mn}^{2+}$  17.20%,  $\text{Zn}^{2+}$  85.83%,  $\text{Mo}^{1+}$  61.84%,  $\text{Pb}^{2+}$  96.47% และ  $\text{As}^{3+}$  67.13%

การทดลองใช้ NaOH บำบัดน้ำปนเปื้อนพบว่าสามารถลดความเข้มข้นของ  $\text{Cu}^{2+}$  ในน้ำปนเปื้อนลงเหลือ 2.49 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Fe}^{2+}$  3.04 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Mn}^{2+}$  61.62 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Zn}^{2+}$  0.39 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Mo}^{1+}$  0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Pb}^{2+}$  0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และ  $\text{As}^{3+}$  0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังรูปที่ 5

และตารางที่ 1 โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด  $\text{Cu}^{2+}$  99.50%,  $\text{Fe}^{2+}$  99.78%,  $\text{Mn}^{2+}$  80.06%,  $\text{Zn}^{2+}$  99.73%,  $\text{Mo}^{1+}$  89.92%,  $\text{Pb}^{2+}$  99.27% และ  $\text{As}^{3+}$  96.12% จะเห็นได้ว่าเมื่อใช้เหล็กประจุศูนย์และโซเดียมไฮดรอกไซด์บำบัดน้ำปนเปื้อนโลหะและกรดความเข้มข้นสูงจะยังไม่ผ่านค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ)

การทดลองใช้  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  บำบัดน้ำปนเปื้อนพบว่าสามารถลดความเข้มข้นของ  $\text{Cu}^{2+}$  ในน้ำปนเปื้อน 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Fe}^{2+}$  1.15 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Mn}^{2+}$  0.35 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Zn}^{2+}$  0.26 มิลลิกรัมต่อลิตร,  $\text{Pb}^{2+}$  0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และ  $\text{As}^{3+}$  0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังรูปที่ 5 และ ตารางที่ 1 โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด  $\text{Cu}^{2+}$  99.97%,  $\text{Fe}^{2+}$  99.97%,  $\text{Mn}^{2+}$  99.89%,  $\text{Zn}^{2+}$  99.82%,  $\text{Mo}^{1+}$  100%,  $\text{Pb}^{2+}$  99.31% และ  $\text{As}^{3+}$  95.55% ซึ่งมีเพียงค่า  $\text{Mn}^{2+}$  และ  $\text{Zn}^{2+}$  เท่านั้นที่ผ่านค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินโดยกรมควบคุมมลพิษกำหนดค่ามาตรฐาน  $\text{Mn}^{2+}$  และ  $\text{Zn}^{2+}$  คือไม่เกิน 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนโลหะอื่นยังไม่ผ่านค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน



รูปที่ 5 กราฟแสดงปริมาณโลหะหนัก 7 ชนิด



### อภิปรายผลการศึกษา

#### 3.1 อภิปรายผลการศึกษาคคุณสมบัติของโซเดียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และผงเหล็กประจุศูนย์ผล การวัดค่าพีเอช

จากผลการทดลองเมื่อใช้เหล็กประจุศูนย์สามารถปรับพีเอชพบว่าต้องเติมร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จะปรับพีเอชให้ใกล้เคียงความเป็นกลางอยู่ที่ 6.76 และเมื่อเติมมากขึ้นเป็นร้อยละ 20 และ 30 โดยน้ำหนักต่อ ปริมาตรจะปรับพีเอชให้เป็น 6.88 และ 6.90 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปรับพีเอชด้วยผงเหล็กประจุศูนย์ทำได้ ง่ายกว่าการใช้ NaOH และ Ca(OH)<sub>2</sub> เนื่องจากหากเติมผงเหล็กมากเกินไปก็ไม่ทำให้พีเอชเป็นด่าง การนำไปใช้จึงไม่ จำเป็นต้องควบคุมพีเอชเข้มงวดเท่าการใช้สารเคมีต่าง จะเห็นได้ว่าใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณที่น้อยกว่า โซเดียมไฮดรอกไซด์ก็สามารถปรับพีเอชให้เป็นกลางได้ เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถแตกตัวให้ OH<sup>-</sup> ได้ 2 โมเลกุล เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)<sub>2</sub>) 1 โมเลกุล ขณะที่โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แตกตัวให้ OH<sup>-</sup> เพียง 1 โมเลกุล เมื่อใช้ NaOH 1 โมเลกุล

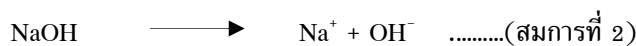
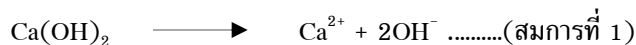
#### 3.2 อภิปรายผลการวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)

จากผลการทดลองสามารถใช้สารเคมีต่าง ค่าสภาพการนำไฟฟ้าเกือบจะคงที่เนื่องจาก OH<sup>-</sup> ไปจับกับ โลหะหนักในน้ำทำให้มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าลดลงแต่ในขณะเดียวกันก็มีการละลายของ Ca<sup>2+</sup> จาก Ca(OH)<sub>2</sub> ลงไปใน น้ำ (สมการที่ 1) ทำให้ค่าสภาพการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นมาหักล้างกันพอดีทำให้ค่าสภาพการนำไฟฟ้าคงที่ เมื่อเติม โซเดียมไฮดรอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นเดียวกันกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ค่าสภาพการนำไฟฟ้ายังไม่ค่อยเพิ่มเพราะ โซเดียมไฮดรอกไซด์แตกตัวได้ Na<sup>+</sup> และ OH<sup>-</sup> จับกับโลหะหนักได้ Na<sup>+</sup> ละลายออกมาแทน (สมการที่ 2) และในน้ำมี ไอออนลบตัวอื่นอยู่ด้วยเลยทำให้ค่าสภาพการนำไฟฟ้าไม่เพิ่ม แต่เพื่อที่จะทำให้พีเอชเป็นกลางจึงต้องใส่โซเดียม- ไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น (ด้วย Na(OH) = 1 โมลให้ OH<sup>-</sup> = 1 โมล ในขณะที่ Ca(OH)<sub>2</sub> = 1 โมล ให้ OH<sup>-</sup> = 2 โมล) ซึ่งก็ ทำให้ไอออนในน้ำเพิ่มขึ้นด้วยการละลายเพิ่มของ Na<sup>+</sup> ดังนั้นค่าการนำไฟฟ้าเมื่อใช้เหล็กประจุศูนย์บำบัดจะลดลง เมื่อใช้ปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้เหล็กประจุศูนย์นอกจากปรับพีเอชได้แล้วยังสามารถลดค่าการนำ ไฟฟ้าได้อีก ต่างจากการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ไม่ลดค่าสภาพการนำไฟฟ้า และโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่กลับเพิ่มค่า การนำไฟฟ้าให้สูงขึ้น ซึ่งนอกจากการทำปฏิกิริยารีดักชันของโลหะหนักเพื่อลดการละลายน้ำแล้ว เหล็กประจุศูนย์จะให้ ไอออน Fe<sup>2+</sup> ออกมาซึ่งนำไฟฟ้าได้น้อยกว่าไอออนโลหะหนักในน้ำเดิม จึงทำให้ในภาพรวมการนำไฟฟ้าของน้ำลดลง (Yao et al., 2020) จะเห็นว่าผงเหล็กที่ถูกกักขึ้นมาเพื่อนำมาลองปรับพีเอช และ ลดการนำไฟฟ้าซ้ำเป็นรอบที่ 2 จะ





เห็นได้ว่าสามารถปรับค่าพีเอช และการนำไฟฟ้าของน้ำได้ แต่ประสิทธิภาพไม่ดีเท่าครั้งแรก ทำให้สรุปได้ว่าผงเหล็กประจุศูนย์มีศักยภาพในการปรับเสถียรน้ำกรดที่ถูกลักลอบทิ้งได้เพียง 1 รอบการใช้งาน



### 3.3 อภิปรายผลการวัด Oxidation Reduction Potential (ORP)

ผลการทดลองยืนยันได้ว่าการใส่ผงเหล็กประจุศูนย์ลงไปนั้นสร้างสภาวะรีดิวซิง (สภาวะที่มีอิเล็กตรอนอยู่เยอะ) หากนำผงเหล็กประจุศูนย์มาใช้ซ้ำรอบที่สองที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร แม้พบว่าค่า ORP ยังลดลง (ORP เป็น 191, 150 และ -57 มิลลิโวลต์ มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ที่ความเข้มข้น 20 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากนั้นที่ความเข้มข้น 30 ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีค่าลดลงอยู่ที่ -159.50 มิลลิโวลต์ (รูปที่ 3) แต่การลดลงก็น้อยกว่าการใช้เหล็กประจุศูนย์ครั้งแรกมาก แสดงว่าศักยภาพในการสร้างสภาวะรีดิวซิงของผงเหล็กประจุศูนย์ในน้ำกรดปนเปื้อนถูกใช้จนเกือบหมดในการปรับเสถียรครั้งแรก

จากผลการทดลองสามารถบอกได้ว่าในช่วงแรกนั้นยังพบโลหะหนักในน้ำเป็นจำนวนมาก แต่เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทั้งสองตัวจะไปทำปฏิกิริยากับน้ำปนเปื้อนที่มีสภาพเป็นกรด ทำให้เป็นด่างมากขึ้น และตกตะกอนได้ดีขึ้น ค่า ORP จึงมีค่าลดลงเนื่องจากไอออนของโลหะหนักหลายตัวที่ตกตะกอนลงไปเป็นออกซิไดซิงเอเจนต์ (Oxidizing agents) ทำให้ในภาพรวมสภาวะเป็นรีดิวซิงมากขึ้น โดยจะเห็นได้ว่าลักษณะกราฟการลดลงของ ORP และการเพิ่มขึ้นกับพีเอช มีความสัมพันธ์กัน

### 3.4 อภิปรายผลการวิเคราะห์การลดลงของโลหะหนักในน้ำ

จากผลการทดลองสามารถบอกได้ว่าการบำบัด 1 รอบไม่ว่าจะด้วยผงเหล็กประจุศูนย์, โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)<sub>2</sub>) จะยังไม่ผ่านค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน อย่างไรก็ตามหากใช้ผงเหล็กประจุศูนย์ NaOH หรือ Ca(OH)<sub>2</sub> บำบัดน้ำซ้ำอีก 1 ครั้ง จะได้คุณภาพน้ำที่ผ่านค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน จะเห็นได้ว่าการใช้สารประกอบไฮดรอกไซด์เป็นสารตกตะกอน ตะกอนโลหะหนักไฮดรอกไซด์แต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายน้ำที่พีเอชต่างๆ ไม่เท่ากัน (Farley et al., 1985; de Repentigny et al., 2018) เนื่องจากสารประกอบไฮดรอกไซด์ของโลหะหนักจะละลายได้ดีทั้งในกรดแก่และเบสแก่ อาทิเช่น ไฮดรอกไซด์ของสังกะสีเมื่อละลายในกรดจะเกิดแคทไอออน คือ Zn<sup>2+</sup> และ Zn(OH)<sup>+</sup> หากละลายในเบสจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งเป็น



แอนไอออน คือ  $Zn(OH)_3^-$  และ  $Zn(OH)_4^{2-}$  หรืออาจกล่าวได้ว่าโลหะหนักจะละลายน้ำได้น้อยลงเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น จนถึงพีเอชที่ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำต่ำสุดและเมื่อเลยจุดนี้แล้วจะกลับมามีค่าละลายน้ำได้มากขึ้น โดยที่โลหะแต่ละชนิดชนิดจะมีค่าพีเอชที่ทำให้ความสามารถในการละลายต่ำสุดไม่เท่ากัน

สรุปผลการศึกษาการบำบัดพื้นผิวน้ำผิวดินในอ่างน้ำจืดที่ 16 ที่ปนเปื้อนจากการรั่วไหลของน้ำกรดปนเปื้อนโลหะหนักที่ถูกกักเก็บทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผ่านทางใต้ดิน โดยใช้ผงเหล็กประจุศูนย์ที่แปรผันความเข้มข้นของเหล็กเป็นร้อยละ 0.10, 1.00, 2.50, 5.00, 10.00, 20.00 และ 30.00 ที่เวลา 6 ชั่วโมงโดยที่ทำการตรวจวัดการลดลงของโลหะ 9 ชนิด ได้แก่  $Cu^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mo^{1+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $As^{3+}$  ได้ผลดังตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของผงเหล็กประจุศูนย์ปริมาณโลหะทั้ง 7 ชนิด ของน้ำในอ่างน้ำจืดที่ 16 มีค่าลดลง โดยที่โลหะหนัก ยกเว้นแมงกานีสถูกผงเหล็กประจุศูนย์ดูดซับได้ทั้งหมด จากการทดลองเมื่อใช้ความเข้มข้นของผงเหล็กเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าความเข้มข้นของแมงกานีส และโลหะหนักตัวอื่นที่พิจารณามีค่าต่ำกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าความเข้มข้นของผงเหล็กประจุศูนย์ 20 เปอร์เซ็นต์ เพียงพอต่อการใช้ในการบำบัดโลหะหนักและผ่านมาตรฐานน้ำผิวดินได้

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของน้ำผิวดิน (อ่างน้ำจืดที่ 16) ที่มีต่อความเข้มข้นของผงเหล็กประจุศูนย์

ตัวอย่าง (mg/L)	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	Pb	As
Control	29.18	16.25	79.32	25.21	ND	0.4	ND
NJ0.1%	0.77	99.88	18.44	ND	ND	ND	ND
NJ1%	0.77	50.86	11.45	ND	ND	ND	ND
NJ2.5%	ND	26.02	5	ND	ND	ND	ND
NJ5%	ND	22.56	6.84	ND	ND	ND	ND
NJ10%	ND	5.18	2.73	ND	ND	ND	ND
NJ20%	ND	5.05	ND	ND	ND	ND	ND
NJ30%	ND	3.47	ND	ND	ND	ND	ND

ND = Not Detected (<0.005 mg/l)



### สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองการบำบัดน้ำในอ่างลุ่มน้ำโจนแห่งที่ 16 ที่มีสภาพเป็นกรดสูง และปนเปื้อนโลหะหนักหลายชนิดโดยใช้ผงเหล็กประจุศูนย์มาใช้ในการปรับสภาพน้ำจะสรุปได้ดังนี้

1. การใช้เหล็กประจุศูนย์บำบัดน้ำปนเปื้อนจากอ่างน้ำโจนแห่งที่ 16 ในรอบแรกนั้น พบว่าเหล็กที่ร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตรก็เพียงพอที่จะสามารถทำให้พีเอชเป็นกลางได้
2. เมื่อนำเหล็กประจุศูนย์กลับมาใช้อีกครั้งพบว่าประสิทธิภาพในการปรับพีเอช และกำจัดโลหะหนักลดลง
3. สามารถกำจัดโลหะหนักในน้ำได้ดีโดยเฉพาะค่าของ  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  และ  $\text{Zn}^{2+}$  มีประสิทธิภาพการบำบัดถึง 99%, 96% และ 85% แต่บำบัด  $\text{Mn}^{2+}$  ได้เพียง 17% หากต้องการให้ความเข้มข้นของโลหะหนักทุกตัวของน้ำปนเปื้อนผ่านค่ามาตรฐานน้ำผิวดินต้องทำการบำบัดด้วยผงเหล็กประจุศูนย์ซ้ำ 2 ครั้ง
4. การใช้เหล็กประจุศูนย์บำบัดน้ำปนเปื้อนจากอ่างเก็บน้ำลุ่มน้ำโจนแห่งที่ 16 พบว่าเหล็กที่ 20% โดยมวลต่อปริมาตรเพียงพอที่จะสามารถทำให้พีเอชเป็นกลาง และสามารถกำจัดโลหะหนักในน้ำได้ 100%

### กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง “เศรษฐกิจหมุนเวียนของเหล็กประจุศูนย์เพื่อนำน้ำทิ้งอุตสาหกรรมกลับมาใช้ใหม่ และการลดการพึ่งพาเหมืองแร่” สำเร็จลุล่วงลงได้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนงานวิจัยจาก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลกรวมทั้งคณาจารย์ ได้กรุณาช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำ และชี้แนะแนวทางแก้ปัญหาอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือ สารเคมี และเครื่องแก้ว ตลอดจนเนื้อที่เพื่อสถานที่ทำการวิจัย ท้ายที่สุดคุณประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยฉบับนี้ ขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และขอขอบพระคุณ ผู้ที่เป็นเจ้าของแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ ของวิทยานิพนธ์งานวิจัย วารสาร และบทความที่นำมาอ้างอิงในการทำวิจัยฉบับนี้ ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- de Repentigny, C., Courcelles, B., & Zagury, G. J. (2018). Spent MgO-carbon refractory bricks as a material for permeable reactive barriers to treat a nickel- and cobalt-contaminated groundwater. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(23), 23205–23214.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-018-2414-3>



Farley, K. J., Dzombak, D. A., & Morel, F. M. (1985). A surface precipitation model for the sorption of cations on metal oxides. *Journal of colloid and interface science*, 106(1), 226–242.

[https://doi.org/10.1016/0021-9797\(85\)90400-X](https://doi.org/10.1016/0021-9797(85)90400-X)

LaGrega, M. D., Buckingham, P. L., & Evans, J. C. (2010). *Hazardous waste management* (2<sup>th</sup> ed.). Waveland Press.

Yao, B., Kuznetsov, V. L., Xiao, T., Slocombe, D. R., Rao, C., Hensel, F., & Edwards, P. P. (2020). Metals and non-metals in the periodic table. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 378(2180), 20200213. <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0213>

พรพิมล ผักไหม. (2559). การกำจัดสารตะกั่วปนเปื้อนในน้ำสังเคราะห์โดยใช้ถ่านลิกไนต์เคลือบเฟอร์รัสคลอไรด์. *วารสารวิจัย มช.(บศ)*, 16(4), 36–37.

นิรามย์ ไตรยวงศ์. (2558) *การกำจัดตะกั่วและแมงกานีสในน้ำใต้ดินด้วยเหล็กวาเลนซ์ศูนย์และฟีดาร์บี* [วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฌ์บัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.



## Putative leptospiral surface exposed outer membrane protein, LIP3228, reduces severity of nephritis in hamster model of leptospirosis

Saowaros Prasai<sup>1</sup>, Pat Komane<sup>2</sup>, Nuttapone Sanganjanavanich<sup>2</sup>, Sukon Boonke<sup>2</sup>,  
Teerasit Techawiwattanaboon<sup>3,4</sup>, Kanitha Patarakul<sup>3,4</sup> and Yaowarin Nakornpakdee<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup> Department of Pathobiology, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, 10400

<sup>2</sup> Armed Force Research Institute of Medicine Science (AFRIMS), Bangkok, 10400

<sup>3</sup> Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

<sup>4</sup> Chula Vaccine Research Center (Chula VRC), Center of Excellence in Vaccine Research and Development, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

\* Corresponding author. E-mail: yaowarin.nak@mahidol.ac.th

### Abstract

A newly predicted surface-exposed outer membrane protein (SE-OMP), LIP3228, has been successfully characterized. This protein has been found to be highly abundant and conserved SE-OMP among pathogenic *Leptospira*, a causative agent of leptospirosis. The objective of this study is to investigate the efficacy of rLIP3228, used as a subunit vaccine, in reducing the typical histopathological alterations associated with leptospiral burden in kidney. Hamsters were administered with either rLIP3228 or Tris buffer (negative control) adjuvanted with AddaVax, followed by challenge with virulent leptospires. Kidney samples were collected for histopathological examination of changes, such as nephritis and size of glomerulus, using periodic acid-Schiff (PAS) staining and leptospiral detection using quantitative polymerase chain reaction (qPCR). After three immunizations, rLIP3228 induced a high antibody titer in vaccinated hamsters but not protection from death. The administration with rLIP3228 induced a significant reduction in severity of nephritis in the infected hamsters when compared to the Tris buffer. However, the glomerulus size and renal colonization of leptospires in hamsters immunized with rLIP3228 or Tris buffer were not significantly different. These results indicated that rLIP3228 was immunogenic and partially protected from kidney damage following leptospiral infection better than Tris buffer. This study highlights the potential of rLIP3228 as a novel vaccine candidate for leptospirosis subunit vaccines.

**Keywords:** leptospirosis, rLIP3228, renal histopathological change, nephritis, leptospiral burden.



## Introduction

Leptospirosis, a zoonotic disease with a global presence, is primarily caused by a pathogenic spirochete bacterium belonging to the *Leptospira* genus. This disease has a broad impact on the health of both humans and animals, and it also carries economic implications, particularly in the livestock industry (Garba et al., 2017). Human leptospirosis follows a biphasic pattern, consisting of an acute phase characterized by nonspecific symptoms such as chills, severe headache, myalgia, and nausea. Additionally, there is an immune phase during which the disease can progress into a more severe form known as Weil’s syndrome (Vieira et al., 2014). While humans typically contract the disease incidentally through exposure to infected animal urine, indirect contact with contaminated environments can also result in infection. Pathogenic leptospires enter the human body through mucous membranes, conjunctiva of the eyes, and skin abrasions, and establish infection (Figueredo et al., 2017). Afterwards, they circulate within the bloodstream before spreading to various organs including kidneys, the most affected organ (Adler & de la Pena Moctezuma, 2010). *Leptospira* can colonize either the glomerulus or the peritubular capillaries (Haake & Levett, 2015), potentially leading to the development of edema, hyaline casts, tubular necrosis, interstitial nephritis, glomeruli alterations, and the infiltration of inflammatory cells (Chin et al., 2020).

Leptospiral outer membrane proteins (OMPs) that are exposed on the cell surface play a crucial role in facilitating interactions between the pathogen and the host, and they may also aid the pathogen in adhesion and colonization to host tissue, and evading immune responses (Daroz et al., 2021). A previous study has highlighted the high abundance of the leptospiral protein LIP3228 (Techawiwattanaboon et al., 2021). This protein was predicted as conserved leptospiral surface-exposed OMP. Several potential vaccine candidates had high abundance of surface-exposed epitopes, for instance LipL21, LipL41, and OmpL1 (da Cunha et al., 2019). These findings provide support for the use of high-abundance SE-OMPs in subunit vaccines, further justifying their inclusion as potential components. In this study, we examined the properties of recombinant LIP3228 (rLIP3228) and observed that it had the ability to minimize histopathological alterations typically associated with the presence of leptospiral burden in the kidney.



## Materials and Methods

### Vaccine Preparation and Hamster Immunization

The coding region of LIP3228 without signal peptide was cloned into pET24a expression vector and produced in *Escherichia coli* BL21 (DE3) pLysS (Novagen). The soluble protein was collected and used as a vaccine antigen in this study. Groups of female outbred golden Syrian hamsters, aged 5–6 weeks (5 hamsters per group), were subjected to intraperitoneal administration. One group received rLIP3228 (20 µg per hamster) combined with AddaVax adjuvant, while the other group received Tris buffer plus AddaVax, as a negative control. The immunizations were given by injecting a volume of 75 µl into the hind legs of the hamsters. This was done three times, with a two-week gap between each administration. Blood samples were taken from the lateral saphenous vein one week after the third immunization. Two weeks after the third immunization, the hamsters were exposed to a virulent strain of *L. interrogans* serovar Pomona by injecting  $100 \times LD_{50}$  ( $1 \times 10^3$  cells) into their peritoneal cavity. The hamsters were monitored daily for end-point criteria, as previously described (Coutinho et al., 2011). The hamsters that presented any of the end-point criteria or survived up to four weeks after challenge were humanely killed. Afterward, samples of kidney tissue were immediately obtained to detect the *Leptospira* DNA and perform a histopathological examination.

### Specific Antibodies Detection

Each well of microtiter plates was coated with either 500 ng of rLIP3228 or BSA at 4 °C overnight. Subsequently, the coated plates were blocked with 1% BSA in PBS containing 0.05% Tween 20 (PBST) before the addition of hamster sera, which were serially diluted from 1:500 to 1:312,500. The plates were then exposed to a 1:5,000 dilution of horseradish peroxidase (HRP)-labeled goat anti-hamster IgG antibody (BioLegend). All incubations were conducted at 37 °C for 1 hour, followed by three washes with PBST. The interaction between the sera and the antigens was assessed using the TMB Substrate Set (BioLegend), following the manufacturer's instructions.

### *Leptospira* Detection

Kidney tissue samples, weighing approximately 50 mg, were obtained from each hamster. The total DNA from the tissue was extracted utilizing the TissueLyser LT (Qiagen) and the QIAamp Fast DNA Kit (Qiagen), following the manufacturer's instructions. *Leptospira* DNA was identified using the QuantStudio 5



Real-Time PCR System (Applied Biosystems), along with the SsoAdvanced Universal SYBR Green Supermix (Bio-Rad) and specific primers designed to specifically amplify the LipL32 gene (Stoddard et al., 2009). Leptospiral DNA standard curve was created as previously described (Techawiwattanaboon et al., 2022).

### **Histopathological Analysis**

The kidney tissue samples from hamsters were preserved using a solution of 10% buffered formaldehyde, then embedded in paraffin, sliced into sections with a thickness of 4  $\mu\text{m}$ , and finally stained using periodic acid-Schiff (PAS) (Santos et al., 2010). The histopathology was observed in 5 fields per sample (Nair & Gomes-Solecki, 2020), under Nikon Upright Microscope ECLIPSE Ni-U coupled with CFI Plan Apochromat Lambda. The histopathological scoring was conducted based on the following criteria: (0) no seen infiltration of macrophages or lymphocyte; (1) the presence of infiltrates primarily composed of macrophages or lymphocytes confined to periarterial regions; (2) infiltrates spreading to other areas of the renal parenchyma with one to two lesions per field of view; and (3) the same type of lesion observed in more than two areas per field of view at 400 $\times$  magnification (Athanasio et al., 2008). Additionally, the size of glomeruli was measured in five fields per sample, and the average values were determined according to the methodology outlined (Nair & Gomes-Solecki, 2020).

### **Statistical analysis**

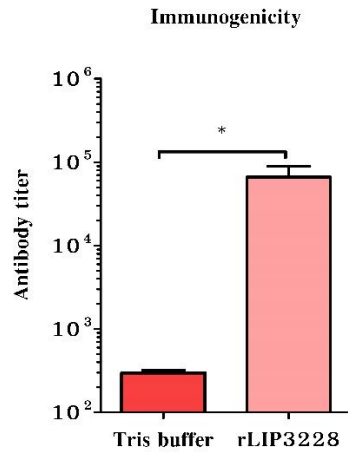
The statistical analysis of all experiments was conducted using GraphPad Prism software (version 5.3). The non-parametric Mann-Whitney test was used to test for differences between two groups. A significance level ( $P$  value) was less than 0.05.

## **Results**

### **Immunogenicity of rLIP3228 in hamsters**

ELISA was employed to measure the levels of LIP3228-specific antibodies in hamsters before challenge. The total levels of specific IgG antibodies in hamsters immunized with rLIP3228 in combination with AddaVax were notably higher compared to the antibody levels observed in the negative control group. This result indicated rLIP3228 was immunogenic and induced specific antibody in hamsters (Figure 1). Unfortunately, all hamsters reached the end-point criteria within 2 weeks after the challenge (data not shown).

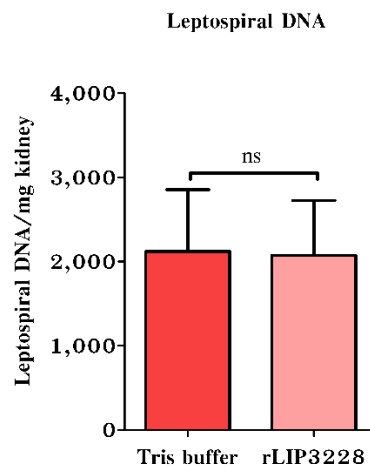




**Figure 1** Antibody levels of hamsters immunized with rLIP3228 or Tris buffer. The antibody titers after immunizations were evaluated by ELISA. The bar graph represents mean ± SD of antibody titers. The statistical analysis utilized a non-parametric Mann-Whitney test (\* $P < 0.05$ ).

#### The leptospiral burden in the kidney

The DNA of leptospires presenting in kidney tissue was examined using qPCR. The analysis revealed the detection of approximately  $2,119 \pm 735.5$  copies of leptospiral DNA in hamsters immunized with Tris buffer, while approximately  $2,075 \pm 651.9$  copies of leptospiral DNA were detected in hamsters immunized with rLIP3228. However, the result exhibited no significant ( $P$  value = 0.97) bacterial load of rLIP3228 immunized hamsters compared with Tris buffer (Figure 2).

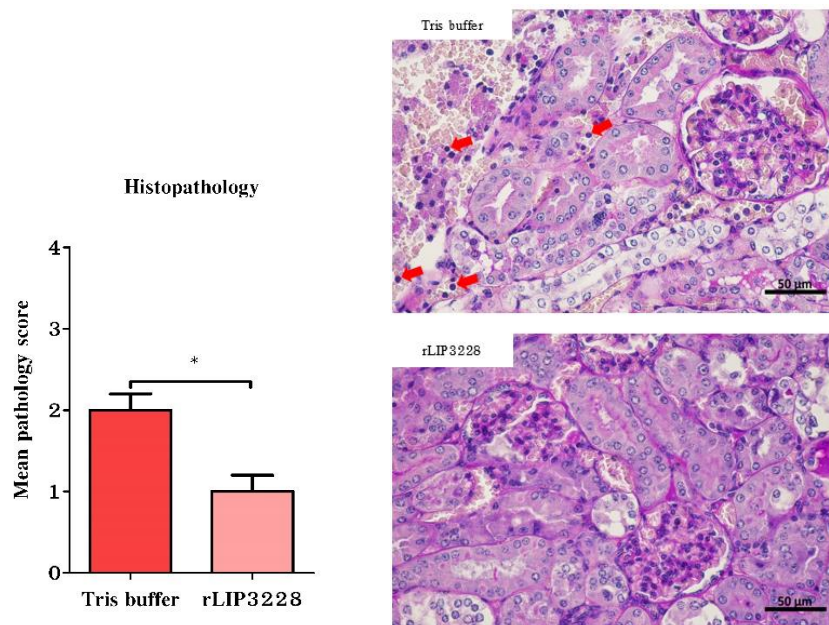


**Figure 2** Leptospiral DNA in kidney tissue. Leptospiral genome was quantitated by qPCR. The bar graph represents mean ± SD of leptospiral DNA copies per mg kidney tissue. The statistical analysis utilized a non-parametric Mann-Whitney test.

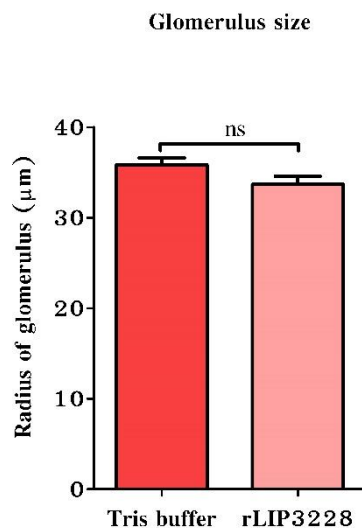
### Histopathology change in the kidney

Histopathological alterations in the kidney were examined using PAS staining under a light microscope. The assessment of histopathological changes included the presence of infiltrating inflammatory cells and alterations in glomerulus size. In all immunized hamsters, the kidney tissue exhibited histopathological indications of nephritis. The mean histopathological score of rLIP3228 and Tris buffer immunized groups were  $1.8 \pm 0.4$  and  $0.6 \pm 0.54$ , respectively. Importantly, the severity of nephritis was significantly reduced by rLIP3228 in comparison to Tris buffer ( $P$  value = 0.02) (Figure 3).

Regarding the changes in glomerulus size, PAS staining under a light microscope revealed a mean radius of  $35.81 \pm 0.78 \mu\text{m}$  for Tris buffer immunized hamsters and  $33.68 \pm 0.88 \mu\text{m}$  for rLIP3228 immunized hamsters. However, there was not significant difference between the two groups ( $P$  value = 0.74), as shown in Figure 4.



**Figure 3** Histopathological findings in hamster tissues. The histopathological scoring was followed based on the following criteria: (0) no seen infiltration of macrophages or lymphocyte; (1) the presence of infiltrates primarily composed of macrophages or lymphocytes confined to periarterial regions; (2) infiltrates spreading to other areas of the renal parenchyma with one to two lesions per field of view; and (3) the same type of lesion observed in more than two areas per field. The bar graph represent mean  $\pm$  SD of mean pathology score. The statistical analysis was performed by a non-parametric Mann-Whitney test ( $*P < 0.05$ ). Red arrows represent infiltrating inflammatory cells. Scale bars represent  $50 \mu\text{m}$  (PAS; magnification  $400\times$ ).



**Figure 4** Size of glomerulus in the kidney. The glomerulus size was observed after PAS staining. The bar graph represents the mean  $\pm$  SD radius of glomerulus. The statistical analysis utilized a non-parametric Mann-Whitney test.

### Discussion

The aim of this study was to assess the suitability of rLIP3228 as a potential vaccine candidate. Although rLIP3228 was immunogenic and induced specific antibody in hamsters, it did not confer protection against leptospiral infection. We hypothesized that the infection dosage used in our study was excessively high. Our results showed an agreement with a previous report which demonstrated that LigAc was able to induce a high antibody titer in hamsters but it did not protect the hamsters from death by leptospiral infection (Lucas et al., 2011). In other previous reports, although LigAc could induce antibody response and confer 100% protection in hamsters against lethal challenge, it was unable to completely prevent *Leptospira* renal colonization and pathological changes (Coutinho et al., 2011; Evangelista et al., 2017). These pieces of evidence implied that the protection might not depend on the level of antibodies. Nevertheless, it is crucial to consider the significance of renal colonization and kidney damage resulting from *Leptospira* infection. Reducing both of these factors might potentially improve survival rates during instances of low infection dosages. Therefore, our focus was on examining the leptospiral burden in the kidney. We observed the presence of leptospiral DNA in all tested hamsters, indicating that they were infected with leptospires. The level of leptospiral burden in these hamsters was not significant different between rLIP3228-immunized group and Tris buffer control group. This suggested that the immunization of rLIP3228 did not prevent leptospiral renal colonization. The previous study suggested



that qPCR is unable to distinguish whether the detected leptospiral DNA represents remnants of leptospire killed by the host immune system or viable live leptospire (Coutinho et al., 2011). We postulated that the high level of leptospiral DNA might be remnants of leptospire. However, to confirm this, additional investigation is needed to detect live leptospire in kidney sample by culture technique.

Next, we observed nephritis and size of glomerulus. The rLIP3228 exhibited the greater ability to reduce nephritis compared to the Tris buffer. Conversely, administration of the Tris buffer led to the development of severe nephritis. These findings are consistent with a previous study, which also demonstrated a reduction in the intensity of inflammation in immunized hamsters following the administration of Leucine-rich repeat (LRR) protein (Prapong et al., 2022). There were no significant differences observed in terms of glomerular size between the two groups. However, the size of glomerulus might not be a key factor in renal injury. It is essential to investigate other renal alterations, such as congestion in the glomerulus, collapse or dilatation of the Bowman's space, hemorrhage, and renal tubular damage with hyaline deposits (Philip et al., 2022).

### Conclusion

Our results suggest that rLIP3228 was immunogenic in hamster model. The immunization of rLIP3228 partially prevented kidney damage but did not affect renal colonization and size of glomerulus. Moreover, the reduced nephritis was not associated with bacterial load in the kidney. This study highlights the potential of rLIP3228 as a novel vaccine candidate for leptospirosis subunit vaccines. However, further optimization is required to improve the protective efficacy of this protein.

### References

- Adler, B., & de la Pena Moctezuma, A. (2010). *Leptospira* and leptospirosis. *Vet Microbiol*, 140(3-4), 287-296. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.03.012>
- Athanazio, D. A., Santos, C. S., Santos, A. C., McBride, F. W., & Reis, M. G. (2008). Experimental infection in tumor necrosis factor alpha receptor, interferon gamma and interleukin 4 deficient mice by pathogenic *Leptospira interrogans*. *Acta Trop*, 105(1), 95-98. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2007.09.004>



- Chin, V. K., Basir, R., Nordin, S. A., Abdullah, M., & Sekawi, Z. (2020). Pathology and Host Immune Evasion During Human Leptospirosis: a Review. *Int Microbiol*, *23*(2), 127–136.  
<https://doi.org/10.1007/s10123-019-00067-3>
- Coutinho, M. L., Choy, H. A., Kelley, M. M., Matsunaga, J., Babbitt, J. T., Lewis, M. S., Aleixo, J. A., & Haake, D. A. (2011). A LigA three-domain region protects hamsters from lethal infection by *Leptospira interrogans*. *PLoS Negl Trop Dis*, *5*(12), e1422.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001422>
- da Cunha, C. E. P., Bettin, E. B., Bakry, A., Seixas Neto, A. C. P., Amaral, M. G., & Dellagostin, O. A. (2019). Evaluation of different strategies to promote a protective immune response against leptospirosis using a recombinant LigA and LigB chimera. *Vaccine*, *37*(13), 1844–1852.  
<https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.02.010>
- Daroz, B. B., Fernandes, L. G. V., Cavenague, M. F., Kochi, L. T., Passalia, F. J., Takahashi, M. B., Nascimento Filho, E. G., Teixeira, A. F., & Nascimento, A. (2021). A Review on Host–*Leptospira* Interactions: What We Know and Future Expectations. *Front Cell Infect Microbiol*, *11*, 777709.  
<https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.777709>
- Evangelista, K. V., Lourdault, K., Matsunaga, J., & Haake, D. A. (2017). Immunoprotective properties of recombinant LigA and LigB in a hamster model of acute leptospirosis. *PLoS One*, *12*(7), e0180004.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180004>
- Figueredo, J. M., Siqueira, G. H., de Souza, G. O., Heinemann, M. B., Vasconcellos, S. A., Chapola, E. G. B., & Nascimento, A. (2017). Characterization of two new putative adhesins of *Leptospira interrogans*. *Microbiology (Reading)*, *163*(1), 37–51. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000411>
- Garba, B., Bahaman, A. R., Khairani-Bejo, S., Zakaria, Z., & Mutalib, A. R. (2017). Retrospective Study of Leptospirosis in Malaysia. *Ecohealth*, *14*(2), 389–398. <https://doi.org/10.1007/s10393-017-1234-0>
- Haake, D. A., & Levett, P. N. (2015). Leptospirosis in humans. *Curr Top Microbiol Immunol*, *387*, 65–97.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-662-45059-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-45059-8_5)
- Lucas, D. S., Cullen, P. A., Lo, M., Srikram, A., Sermswan, R. W., & Adler, B. (2011). Recombinant LipL32 and LigA from *Leptospira* are unable to stimulate protective immunity against leptospirosis in the hamster model. *Vaccine*, *29*(18), 3413–3418. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2011.02.084>
- Nair, N., & Gomes-Solecki, M. (2020). A Mouse Model of Sublethal Leptospirosis: Protocols for Infection with *Leptospira* Through Natural Transmission Routes, for Monitoring Clinical and Molecular Scores



- of Disease, and for Evaluation of the Host Immune Response. *Curr Protoc Microbiol*, 59(1), e127.  
<https://doi.org/10.1002/cpmc.127>
- Philip, N., Priya, S. P., Jumah Badawi, A. H., Mohd Izhar, M. H., Mohtarrudin, N., Tengku Ibrahim, T. A., Sekawi, Z., & Neela, V. K. (2022). Pulmonary haemorrhage as the earliest sign of severe leptospirosis in hamster model challenged with *Leptospira interrogans* strain HP358. *PLoS Negl Trop Dis*, 16(5), e0010409. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010409>
- Prapong, S., Tansiri, Y., Sritrakul, T., Sripattanakul, S., Sopitthummakhun, A., Katzenmeier, G., Hsieh, C. L., McDonough, S. P., Prapong, T., & Chang, Y. F. (2022). *Leptospira borgpetersenii* Leucine-Rich Repeat Proteins Provide Strong Protective Efficacy as Novel Leptospiral Vaccine Candidates. *Trop Med Infect Dis*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/tropicalmed8010006>
- Santos, C. S., Macedo, J. O., Bandeira, M., Chagas-Junior, A. D., McBride, A. J. A., McBride, F. W. C., Reis, M. G., & Athanazio, D. A. (2010). Different outcomes of experimental leptospiral infection in mouse strains with distinct genotypes. *J Med Microbiol*, 59(Pt 9), 1101–1106.  
<https://doi.org/10.1099/jmm.0.021089-0>
- Stoddard, R. A., Gee, J. E., Wilkins, P. P., McCaustland, K., & Hoffmaster, A. R. (2009). Detection of pathogenic *Leptospira* spp. through TaqMan polymerase chain reaction targeting the LipL32 gene. *Diagn Microbiol Infect Dis*, 64(3), 247–255.  
<https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2009.03.014>
- Techawiwattanaboon, T., Courant, T., Brunner, L., Sathean-Anan-Kun, S., Krangvichian, P., Iadsee, N., Nakornpakdee, Y., Sangjun, N., Komanee, P., Collin, N., Ruxrungtham, K., & Patarakul, K. (2022). Designing Adjuvant Formulations to Promote Immunogenicity and Protective Efficacy of *Leptospira* Immunoglobulin-Like Protein A Subunit Vaccine. *Front Cell Infect Microbiol*, 12, 918629.  
<https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.918629>
- Techawiwattanaboon, T., Thaibankluay, P., Kreangkaiwal, C., Sathean-Anan-Kun, S., Khaenam, P., Makjaroen, J., Pisitkun, T., & Patarakul, K. (2021). Surface proteomics and label-free quantification of *Leptospira interrogans* serovar Pomona. *PLoS Negl Trop Dis*, 15(11), e0009983.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009983>
- Vieira, M. L., Fernandes, L. G., Domingos, R. F., Oliveira, R., Siqueira, G. H., Souza, N. M., Teixeira, A. R., Atzingen, M. V., & Nascimento, A. L. (2014). Leptospiral extracellular matrix adhesins as mediators of pathogen–host interactions. *FEMS Microbiol Lett*, 352(2), 129–139.  
<https://doi.org/10.1111/1574-6968.12349>



## Study of chitosan hydrogel pads and analysis of production costs for business opportunities in pain relief pads

Pimpisa Pongpratead<sup>1</sup>, Pacharapa Parasri<sup>2</sup> and Phathairat Pongpratead<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Program in science technology and business enterprise, Department of Interdisciplinary Studies, Khon Kaen University Nong Khai Campus, Nong Khai, 43000

<sup>2</sup>Program in environmental science and natural resources, Department of Interdisciplinary Studies, Khon Kaen University Nong Khai Campus, Nong Khai, 43000

<sup>3</sup>Program in accountancy, Department of Interdisciplinary Studies, Khon Kaen University Nong Khai Campus, Nong Khai, 43000

\*Corresponding author. E-mail: phatpo@kku.ac.th

### Abstract

The market in Thailand now offers few options for selecting pain relief pads. Only muscle aches can be relieved with the pads. Other types of muscular discomfort necessitate the use of more specialist ointments, such as those brought on by muscle stress, office syndrome, bruising, swelling, etc. Therefore, the ointments should be selected based on the therapy requirements of their user. Chitosan hydrogel is an alternative material to form a plain gel pad that can apply with any ointments to support the user's requirements. This clarifies how utilizing chitosan hydrogel pads in place of pain treatment massage cream can extend the time that a medicine is effective. Additionally, this work provides applicable research that can promote Thailand's sustainable development goals by demonstrating how using chitosan can raise the value of shrimp trash. The chitosan hydrogel was made from a mixture of chitosan flakes dissolved in 1% acetic solution, glycerine, and gelatin to formulate the pads easier. The oilment will be spread on the surface of the pads when the users need it. The weight variation of the pads varied between  $2.2746 \pm 0.0017$  and  $2.2759 \pm 0.0002$  g. The pads' thickness varied between  $1.339 \pm 0.001$  and  $1.350 \pm 0.010$ . The statistical analysis of one-way ANOVA show how difference of all variation of the hydrogel pads for each condition. The price of the product, according to this study, is 5.95 baht for a single pad. The findings reveal the business possibility of investment in the pads for the investors that need to develop the new product. In addition, our research can help the investor to make a decision for investment.

Keywords: Chitosan Hydrogel Pads, Production Cost, Business Opportunities, Investment



## Introduction

In the previous study (Chuppawa, et al., 2022), it is discovered that muscle pain ranked third among the most common sickness found in the world. There is a rising trend in Thailand to report patients who have muscle pain related their occupation, such as computer work, manual labor, agriculture, etc (Chuppawa, et al., 2022). Therefore, the ointment or pain relief pads are needed to support the patients. At present, there are not many options for choosing pain relief pads in Thailand’s market. The pads are only used for relieving muscle aches. There are other varieties of muscular pain (Division of Complementary and Alternative Medicine, 2022), including those caused by muscle tension, office syndrome, bruises, swelling, etc., that call for more specialized ointments. The ointments should therefore be chosen based on the needs of their user for treatment. In order to get around this limitation on currently available pads on the market, chitosan pads (CP) based on chitosan hydrogel (Peers, et al., 2020) have been studied for this work to help patients who need pads for specific reasons other than pain therapy. Moreover, the chitosan hydrogel is used to encapsulate drug molecules (Ahmadi, et al., 2015) into polymeric chains that can protect drug release from rapid dissolution. As a result, this explains how using chitosan hydrogel pads instead of pain relief massage cream can prolong the duration of drug action.

Chitosan (CS) is a natural substance that is safe to use in a variety of sectors, including food, cosmetic, and medical ones. Because chitosan is made from shrimp waste, its application is the primary policy driver for promoting sustainable living. According to the quantity of shrimp produced (50,760 tons in the first three months of 2022) and exported in 2020 (149,490.99 tons) (Lungapon, 2022). So, adding value to shrimp trash will be a fascinating topic for Thailand’s sustainable development goals (SDGs). From chitosan flake, chitosan hydrogel can be produced and used in a variety of sectors, such as the pharmaceutical, food, and cosmetic industries (Zhao et al., 2018). In order to promote the “BCG model” for a sustainable existence, which combines the economy, circular economy, and green economy, chitosan application is crucial. Chitosan hydrogel is a gel with a polymer chain of chitosan that can capture and carry pharmaceuticals while regulating drug release. Hence, chitosan hydrogel pads can be employed locally and effectively distribute drugs.

Thailand has three well-known tropical pain treatment pad manufacturers: Tiger Balm, Neobun, and Salonpas. Table 1 displays the comparison for each brand. While there are numerous options for treating tropical discomfort. Users can spread the ointment onto the hydrogel pad shown to boost the effectiveness





of the massage cream. Instead of using massage cream, this method will help the ointment more active for 6 to 8 hours (Active for 15–30 minutes).

**Table 1.** The market comparison of pain relief pads in Thailand

Brand	Formula	Size (cm x cm)	Properties	Price (baht)/	Pieces/
				1 Package	1 Package
Tiger	Hot	7 x 10	Muscle pain relief	62	2
		10 x 14		82	2
	Cool	7 x 10		62	2
		10 x 14		82	2
Neobun	Hot	7 x 10	Muscle pain relief	40	2
		10 x 14		60	2
	Cool	7 x 10		40	2
		10 x 14		60	2
Salonpas		7 x 10	Muscle pain relief	129	5

This study's goals are to *i*) create chitosan hydrogel pads for use with any ointment for certain applications, *ii*) study the properties of the chitosan hydrogel pads, and *iii*) assess the product cost for an investment of business opportunities.

## Materials and Methods

### *Production of chitosan hydrogel pads*

The following is how the chitosan hydrogel pads were made. *(i)* 3 grams of chitosan flakes were dissolved in 100 mL of 1% acetic solution, and the mixture was agitated for three hours with a magnetic stirrer. *(ii)* Continuously pour 20 mL of glycerin into the chitosan hydrogel solution for 15 minutes. *(iii)* Continuously add 30 mL of 4% of gelatin solution to the chitosan hydrogel solution for 15 minutes. *(iv)* Spread 20 mL of the chitosan hydrogel solution on a rigid surface (Petri disk) with a diameter of 70 mm, and let it dry for 24 hours at room temperature. *(v)* Remove the chitosan hydrogel pad carefully. Then, users can choose any ointment and spread it on the surface of a chitosan hydrogel pad for pain relief.

### Study the properties of the chitosan hydrogel pads

Scaling 4 × 4 centimeters of chitosan hydrogel pads yields the weight variation (Buatum, et al, 2006). A vernier micrometer is used to measure the thickness of a chitosan hydrogel pad at five different locations (shown in Fig. 1) in order to determine the thickness variation (Buatum, et al., 2006). Weighing 4 x 4 dry chitosan hydrogel pads ( $W_{\text{dry-pads}}$ ) and soaking them in a closed system at room temperature for 24 hours will allow you to determine the amount of water that will be absorbed. Use filter paper to absorb any extra water after that, and then weigh the wet chitosan hydrogel pads ( $W_{\text{wet-pads}}$ ) once more. Equation 1 determines the water uptake percentage (Chopra, et al., 2022). All tests were performed in triplicate. To test the stability of the chitosan hydrogel pads, there are two conditions tested which are accelerated and normal tests. The normal test is to observe the weight of the 4 x 4 cm of the pads from the beginning to 2 months. The pads tested were kept in the closed box at the room temperature. For the accelerated test, the tested pads were kept at 60°C for 24 hours and they were moved to the refrigerator at 6°C for 24 hours. Then, the pads were tested as above described again for 5 rounds in total. Then, all pads tested were observed the weight variation, thickness variation, and % of water uptake. The average and standard deviation were calculated using the equation 2 and 3, respectively. Moreover, One-way analysis of variance (ANOVA) with post-hoc test is used to compare the average values for 3 conditions of pads (p-value < 0.05) using SPSS. This statistical analysis can determine whether there is any statistically significant differences among the three groups.

$$\text{Percentage of water uptake (\% of water uptake)} = (W_{\text{wet-pads}} - W_{\text{dry-pads}}) / W_{\text{dry-pads}} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

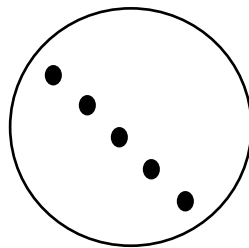


Figure 1. Five different locations for testing

$$\text{Average} = \sum_{n=1}^3 \frac{x_n}{N} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Standard Deviation} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (\text{Eq. 3})$$



### **Evaluation of production cost**

Product costs (PC) (Bragg, 2019) are those the cost incurred when a business manufactures goods. In this work, the PC per unit was calculated from the summation of direct material (DM), direct labor (DL), and manufacturing overhead (MOH) shown in Equation 2. DM is the materials and supplies that are consumed during the manufacture of products (Pongpratead, 2017). DL is the production or service labor that is assigned to a specific product, cost center, or work order. MOH is all indirect costs incurred during the production process.

$$PC = DM + DL + MOH \quad (\text{Eq. 2})$$

In addition, the break-even point (*BEP*) is also analyzed, shown in Equation 3, in this work. The *BEP* is the point at which total cost and total revenue are equal. This *BEP* is obtained from the ratio of total fixed cost (*TFC*) and unit contribution margin (*UCM*). The *TFC* consists of depreciation and maintenance. The *UCM* is a difference of sales price per unit (*SPU*) and variable cost per unit (*VCU*) as shown in Equation 4.

$$BEP = \frac{TFC}{UCM} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$UCM = SPU - VCU \quad (\text{Eq. 4})$$

The contribution margin ratio (*CMR*) is the ratio of the *UCM* and the *SPU* as shown in Equation 5.

$$CMR = \frac{UCM}{SPU} \quad (\text{Eq. 5})$$

## **Results**

### **Properties of chitosan hydrogel pads**

As depicted in Figure 2, the chitosan hydrogel pads are simply used and applied with any suitable ointment. Because it is flexible and clings to the skin so well, this chitosan hydrogel pad does not need to be plastered on top of



the chitosan hydrogel pad. It seems that only a small amount of ointment is needed to apply once to the pad and stay there all day. The produced chitosan hydrogel pads for this investigation were assessed using three physicochemical test parameters, as indicated in Table 2. These tests demonstrate the consistency and repeatability of the formulation preparation process. According to reports, the weight variation varied between  $2.2746 \pm 0.0017$  and  $2.2759 \pm 0.0002$  g. The pads' thickness varied between  $1.339 \pm 0.001$  and  $1.350 \pm 0.010$  mm. The amount of water absorbed ranged from  $63.37 \pm 0.00$  to  $67.42 \pm 0.26$ . The statistical analysis shows that only thickness variation is stable when compare between the new product and 2 months or acceleration conditions. However, the weight variation of the new product and 2 months are not significant different. The percentage of water uptake shows the significant difference between the new product and the other two conditions. These findings demonstrate the reproducibility and stability of the produced pads due to their low weight, thickness variation, and standard deviation. A slight difference in the water uptake exists between freshly produced pads and pads that have been produced for two months. The shelf life of pads, however, requires more time for testing to indicate expiration.



Figure 2. Using the chitosan hydrogel pads on the skin

Table 2. Average weight variation, thickness variation, and % of the water uptake for different durations. The differences are compared between New product vs 2 months and New product vs Acceleration.

	New product	2 months	Acceleration
Weight of pads (g)	$2.2759 \pm 0.0012$	$2.2746 \pm 0.0011$	$2.2716 \pm 0.0001^*$
Thickness (mm)	$1.3500 \pm 0.0718$	$1.3393 \pm 0.0718$	$1.3444 \pm 0.0540$
% of water uptake	$63.37 \pm 0.38$	$66.30 \pm 0.06^*$	$67.42 \pm 0.18^*$

(\*p<.05)

#### Evaluation of product cost and business opportunity

This work is applied research that can help prove that employing chitosan can increase the value of shrimp waste. In order to propose a business plan to start a company or an existing firm that wants to produce a new product,



we seek to assess the product costs. Variable costs and fixed costs are the two categories of product costs. The variable costs are the DM and DL. While the MOH can be split into fixed and variable costs. Utility ( $MOH_{UC}$ ) and packing ( $MOH_{PC}$ ) costs make up the MOH's variable costs, whilst maintenance ( $MOH_M$ ) and depreciation ( $MOH_D$ ) are its fixed costs. The  $MOH_M$  for 1 pad is 0.50 baht, while the  $MOH_D$  for the machinery and equipment is 1.00 baht. The material cost to make 1 pad of chitosan hydrogel is shown in Table 4 and totals 2.15 baht (DM). For one pad, the labor and utility costs are respectively 0.60 (DL) and 0.20 ( $MOH_{UC}$ ) baht. The packaging costs 1.50 ( $MOH_{PC}$ ) baht for 1 pad and comes with 10 pads in a carton.

As a result, the total VC for 1 pad is 4.45 baht. This information indicates that the price of the product is 5.95 baht for a single pad. We created the product's boxed packaging, which contains 10 pads. The BEP is calculated using the total fixed cost (TFC) ratio to the unit contribution margin (UCM). The TFC in this instance equals the sum of the  $MOH_M$  and  $MOH_D$ , which is 15,000 Thai Baht for a year. The VC is 44.50 baht a box, while the SPU is 149 baht. In order to achieve the BEP, which is equal to 144 boxes, the UCM will be equal to 104.50 baht for each box. According to the BEP results, in order for the company to break even, at least 144 boxes (21,456 baht) of the product must be sold. Additionally, the CMR percentage is 70.13, which is a very high benefit. Investment in the pad is a great opportunity for investors as a result.

**Table 4.** The production cost for a pad of 10 x 15 centimeters of chitosan hydrogel pads.

Ingredients	Weight/1 pad (g)	Price(baht)/g	Price/1 pad (baht)
Chitosan	0.40	3.21	1.28
Gelation solution	0.16	0.56	0.09
Citric acid	0.80	0.20	0.16
Glycerine	2.66	0.10	0.27
Water	17.25	0.02	0.35
	Total		2.15

### Discussion

As the muscle pain is one of the most symptom found, therefore investment of pain relief items would be interesting. It is found that market share of pain relief items is highest that is about 19–22 USD reported in 2018 (Marketing Pharmacist, n.d.). Therefore, our study would propose the chitosan pain relief pads because of above reasons.



Using chitosan hydrogel pads is easier and this product can add the value of the wasted shrimp that are the waste from industry in Thailand. Moreover, the method of producing the chitosan gel pads shows the reproducibility due to the low standard deviation for each production. However, the stability and shelf life of the pads still need more investigate. This work shows the price of the product is 5.95 baht for a single pad and the percentage of CMR is 70.13. However, the investors, who interest in develop this chitosan pads for their business, need to study more investment in the future.

### Conclusions

The goal of this effort is to investigate how to make chitosan hydrogel pads to use with painkilling ointment and to report the product costs as investment guidance. The chitosan hydrogel pads can also be used to apply cosmetics, though. As a result, investors who need to create new items for their businesses can find this work valuable. Because the weight and thickness changes are small compared to the characteristics of the new pads and 2-month-old pads, the results demonstrate the reproducibility and stability of the chitosan hydrogel pads. However, this work needs to investigate more other physicochemical properties to gain more information of the shelf life in the future. This research is just preliminary result of the cost to present the opportunity of the pain support products. The investors need more information about customers' behaviors and study more the other business factors before investment.

### Acknowledgements

The authors would like to thank faculty of Interdisciplinary studies to support the resource for experimental work.

### References

- Ahmadi, F., Oveisi, Z., Samani, S. M., & Amoozagar, Z. (2015). Chitosan based hydrogels: characteristics and pharmaceutical applications. *Research in Pharmaceutical Sciences*. 10(1), 1-16.
- Bragg, S. M. (2019). *Cost Accounting Fundamentals Essential Concepts and Examples*. (6<sup>th</sup> ed.). AccountingTools.



- Buatum, T., Jitpakdeebodin, S., & Jangwang, A. (2006). Development Study of Cosmetics Dermal Patch from Pectin. Prince of Songkla University.
- Chopra, H., Bibi, S., Kumar, S., Khan, M., Kumar, P., & Singh, I. (2022). Preparation and Evaluation of Chitosan/PVA Based Hydrogel Films Loaded with Honey for Wound Healing Application. *Gels*, 8, 111-123.
- Chuppawa, W., Tumbull, Ni., Chada, W., Sae-Ung, K., & Chooppava, C. (2022). Prevalence and work posture factors in relation to musculoskeletal disorders among sewing farmers. *Research and Development Health System Journal*, 15(1), 17-27.
- Division of Complementary and Alternative Medicine. (2022). *Statistical Report for Out Patient Department*.
- Lungapon, P. *Situation of Sea Shrimp product in 2021*. Retrieved April 22, 2023, from <https://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/Monthly%20report/Shrimp/1.กุ้งทะเล%203%20เดือน%2065.pdf>
- Marketing Pharmacist. *Pharmerging Markets*. Retrieved May 14, 2023, from <https://mktpharma.wordpress.com/tag/ตลาดยา>
- Peers, S., Montembault, A., & Ladaviere, C. (2020). Chitosan hydrogel for sustained drug delivery. *Journal of Controlled Release*, 326, 150-163.
- Pongpratead, P. (2017). *Managerial Accounting*. (2<sup>nd</sup> ed., pp. 1-357). P.S.copy
- Zhao, D., Yu, S., Sun, B., Gao, S., Guo, S., & Zhao, K. (2018). Chitosan based hydrogels: characteristics and pharmaceutical applications. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 10(1), 1-16.



## The combination of Torquinib increases Doxorubicin efficacy in MCF-7 breast cancer cells

Pimchanok Panpinyaporn<sup>1</sup>, Weerapach Lapasrujpong<sup>2</sup>, Chonnapat Naktubtim<sup>1</sup>  
and Witchuda Payuhakrit<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Pathobiology, Faculty of Science, Mahidol University, Ratchathewi, Bangkok, 10400

<sup>2</sup>Biomedical Science, Faculty of Science, Rangsit University, Mueang Pathumthani, Pathumthani, 12000

\*Corresponding author. E-mail: witchuda.pay@mahidol.ac.th

### Abstract

Breast cancer has been shown with a high incidence of cancer worldwide. The first line of drug therapy for breast cancer is Doxorubicin (DOX). This drug involves ATP-dependent-mTOR inhibition and affects intracellular production of reactive oxidative stress (ROS). Torquinib (TN) is one of the most effective mTOR inhibitors. The combination of DOX and TN may increase the efficacy of DOX via the upregulation of intracellular oxidative stress. The present study is aimed to investigate the combined effect of TN on DOX efficacy in MCF-7 cells. MTT was used for cell viability assay, and the oxidative stress was determined by DCFH-DA assay. The result shows that combining DOX with TN can significantly ( $p < 0.05$ ) decrease cell viability in MCF-7 cells compared to DOX treated alone. In the same way, DOX combination with TN can also significantly increase the ROS production in MCF-7 cells ( $p < 0.01$ ) when compared with DOX treated group. The increment level of TN-induced ROS may lead to toxicity to the cells, which eventually undergo a death signaling pathway. However, further experiments are needed to clarify the molecular mechanism.

**Keywords:** Breast cancer, Doxorubicin, Torquinib, ROS, mTOR

### Introduction

The mortality of breast cancer is still increasing worldwide. In 2018, International Agency for Research on Cancer (IARC) reported that 2.3 million people had been newly diagnosed with breast cancer, with a high fatality rate of 6.9%. Breast cancer has been shown with a higher incidence in low to mid-income countries with poor diagnosis and limitations in medical treatment access, which leads to more mortality rates and new incidence (Kashyap et al., 2022).





The most common drug to treat breast cancer and one of the first line drug therapy of breast cancers is Doxorubicin (DOX) which has a mechanism to cause DNA intercalation, inhibiting topoisomerase II and generating free radicals inside the breast cancer cells, especially reactive oxygen species (ROS) by altering the cellular homeostasis, leading to cancer cells death (Montalvo et al., 2020). The mammalian target of rapamycin (mTOR) is also one of the critical pathways for many solid cancer cell proliferation and growth, composed of mTORC1 and mTORC2. The low amount of ROS accumulation can recover the cell division and promote cell proliferation by mTORC1-dependent signaling pathway (Dermitt et al., 2017). The overproduction of ROS can damage proteins, lipids, and DNA, which leads to cell death, so ROS production can also be both advantageous and disadvantageous to cancer. (Nakamura et al., 2021)

Torquinib (TN) or PP242 is among the most effective and considered the earliest mTOR inhibitors (Feldman et al., 2009). TN was treated as effective after combination with bortezomib in multiple myeloma cell lines (Hoang et al., 2010). Moreover, TN was treated in colorectal cancer and showed inhibition of proliferation and reduction in survival and growth (Sun, 2013). DOX alone is reportedly less effective due to resistance by many pathways, as DOX is involved with ATP-dependent-mTOR inhibition and affect ROS production inside the cells. DOX can interfere with the resistance mechanism by inhibiting mTOR-inducing apoptosis in cardiomyocytes (Zhang et al., 2023). As mTOR is critically important in many types of cancer, it can be an alluring cancer therapeutic target (Chresta et al., 2010). The combination of DOX and TN may increase the efficacy of DOX. However, there was no study of the combination in breast cancer.

## Materials and Methods

### Cell culture

MCF-7 cell line was purchased from American Type Culture Collection (ATCC) and cultured in Eagle's minimum essential medium (EMEM) mixed with 10% w/v fetal bovine serum (FBS) and 1% w/v penicillin/streptomycin. The cells were incubated at 37 °C in a humidified incubator with 5% CO<sub>2</sub>.

### Cell viability by 3-(4,5-Dimethyl-2-yl)-2,5Diphenyltetrazolium Bromide (MTT) Assay

The cell viability was determined by using an MTT assay. MCF-7 cells were seeded with 2x10<sup>5</sup> cells/well into the 96-well plates. The experiments were studied in 2 parts, which are the cytotoxicity of DOX and TN



combination. The concentrations used in DOX toxicity were 0, 0.4, 2, 10, 50, and 100  $\mu\text{M}$ . And The concentrations used in DOX and TN combination were TN 1  $\mu\text{M}$ , TN 5  $\mu\text{M}$ , DOX 10  $\mu\text{M}$ , DOX 10  $\mu\text{M}$  +TN 1  $\mu\text{M}$ , and DOX 10  $\mu\text{M}$  +TN 5  $\mu\text{M}$ , which were added into 200  $\mu\text{l}$  media per well (N=3). Then incubated at 37°C in 5% CO<sub>2</sub> for 48 h. The media was removed and washed, then 100  $\mu\text{l}$  of MTT was added. Then incubated for 2 h, removed the media, and add 100  $\mu\text{l}$  of dimethyl sulfoxide (DMSO). Finally, the result was detected at 570 nm by a microplate reader (1420 Victor 2, Wallac, USA) (Aimvijarn et al., 2023 ; Xue & Kim, 2020 ; Naktubtim et al., 2022).

#### Cellular oxidative stress by Dichloro-dihydro-fluorescein diacetate (DCFH-DA) Assay

The  $2 \times 10^5$  cells/well of MCF-7 was seeded into a black 96 well plate and treated with different concentrations, which are DOX, TN, and DOX combination with TN (TN 1  $\mu\text{M}$ , TN 5  $\mu\text{M}$ , DOX 10  $\mu\text{M}$ , DOX 10  $\mu\text{M}$  +TN 1  $\mu\text{M}$ , and DOX 10  $\mu\text{M}$  +TN 5  $\mu\text{M}$ ) with 200  $\mu\text{l}$  media per well (N=3) and then incubated for 48h. After 48h, removed the media and washed with PBS, then added 10  $\mu\text{M}$  of 2',7'-Dichlorodihydrofluorescein diacetate (DCFH-DA; Sigma, USA) with 200  $\mu\text{l}$  media, then incubated for 1h. Finally, the result was analyzed with a fluorescent microplate reader (TECAN, USA) with an excitation wavelength of 485 nm and an emission wavelength of 530 nm (Aimvijarn et al., 2023).

#### Statistical analysis

The statistical comparison was performed using one-way ANOVA as a post hoc test of the Turkey HSD formula. Data showed mean  $\pm$  standard deviation (SD) of separate experiments (n=3). The difference in statistically significant was considered when the p-value was <0.05. \*p < 0.05, \*\*p < 0.01, \*\*\*p < 0.001, \*\*\*\* p < 0.0001

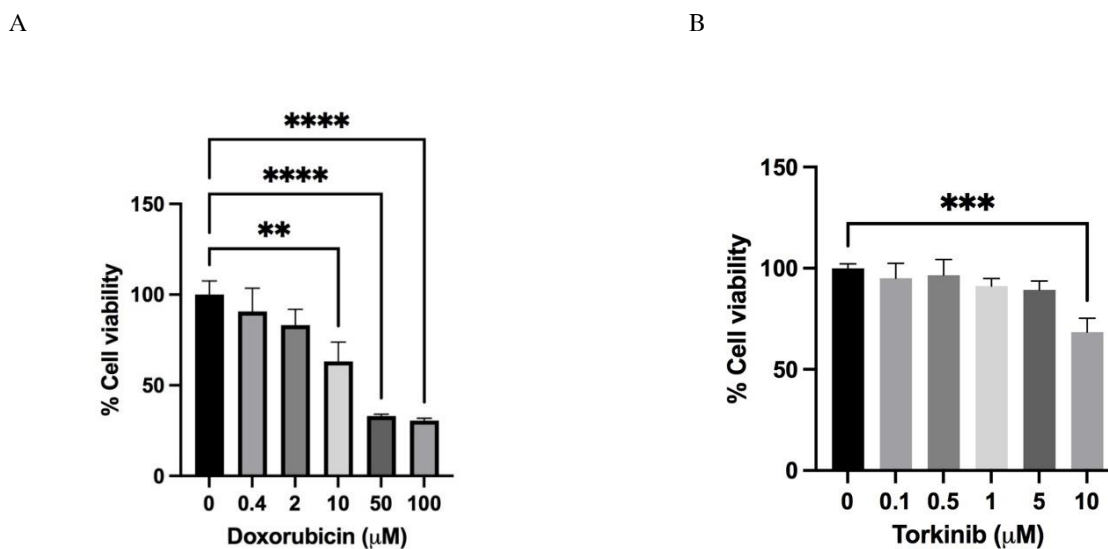
### Results

#### The cytotoxicity of Doxorubicin and Torkinib in MCF-7 cells.

To identify the cytotoxicity in the MCF-7 cells, Dox and TN were treated with different concentrations. The concentrations of DOX used in the MTT assay were control, 0.4, 2, 10, 50, and 100  $\mu\text{M}$ . The results demonstrated that the cell viability was significantly reduced and had cell viability of  $63.25 \pm 10.52$  (p<0.01),  $33.08 \pm 0.92$  (p<0.001),  $30.60 \pm 1.16$  (p<0.0001) at 10, 50 and 100  $\mu\text{M}$  of DOX, respectively (Figure 1A). These results



suggested that the DOX-induced cytotoxicity in MCF-7 cells is dose-dependent. In addition, TN had significantly reduced cell viability of  $68.29 \pm 5.65$  at  $10 \mu\text{M}$  and showed no cytotoxicity at doses  $0.1 - 5 \mu\text{M}$ , as shown in **Figure 1B**. Therefore, TN at  $1$  and  $5 \mu\text{M}$  were selected for combination with DOX for further experiments.



**Figure 1** Cytotoxicity of Doxorubicin and Torkinib in MCF-7 cells.

The bar graph demonstrates the percentage of cell viability (100% of control) of Doxorubicin in various concentrations ( $0, 0.4, 2, 10, 50, \text{ and } 100 \mu\text{M}$ ) at 48h (A). The percentage of cell viability (100% of control) of Torkinib in various concentrations at 48h (B). The data given are mean $\pm$ SD, N = 3. Significant differences \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.001$ , \*\*\*\*  $p < 0.0001$  ; one-way ANOVA.

**Combining Doxorubicin with Torkinib enhances the cytotoxicity of Doxorubicin in the MCF-7 cells.**

The cytotoxicity of MCF-7 was measured by a colorimetric method, MTT assay. The results showed the different conditions treated in MCF-7, including control, DOX  $10 \mu\text{M}$ , TN  $1 \mu\text{M}$ , TN  $5 \mu\text{M}$ , DOX  $10 \mu\text{M}$  +TN $1 \mu\text{M}$ , and DOX  $10 \mu\text{M}$  +TN $5 \mu\text{M}$ , respectively. Figure 2A shows pictures of MCF-7 cells after being treated with various concentrations and observed under the inverted microscope. The DOX shows fewer cells than the control, while the combination of TN shows fewer cells compared to the DOX-treated group. **Figure 2B** shows that the combination of Dox and TN at  $5 \mu\text{M}$  represents a significantly ( $p < 0.05$ ) reduced cell survival ( $45.20 \pm 9.54$ ) when compared with DOX treated group ( $64.49 \pm 5.71$ ). These results indicate the capability of TN to increase the efficacy of DOX in MCF-7 cells.

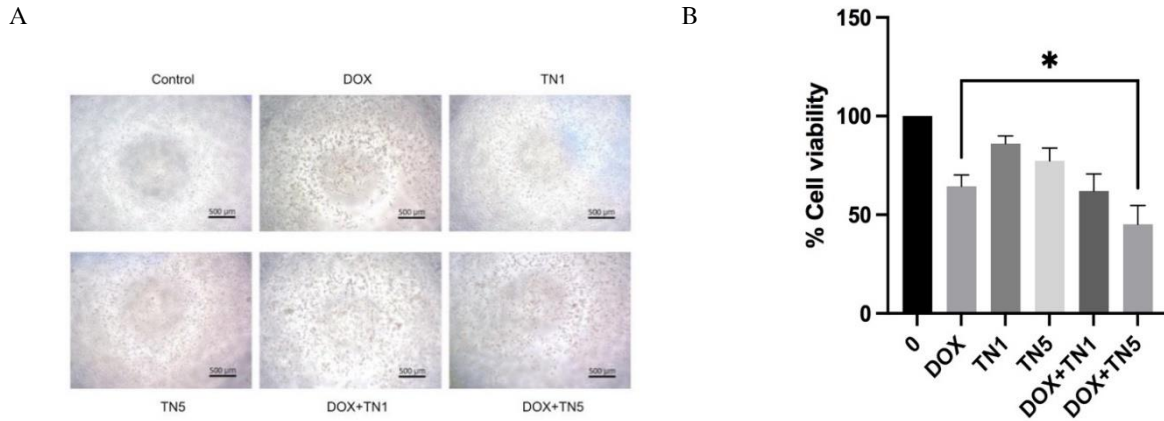


Figure 2 Doxorubicin combination with Torkinib increases cytotoxicity in MCF-7 cells.

The picture shows cells after being treated in MCF-7 cells for 48 hours and photographed under an inverted microscope, scale bar = 500  $\mu\text{m}$  (A). The bar graph reveals the percentage of cell viability (100% of control) of Doxorubicin and Torkinib in various concentrations (DOX 10  $\mu\text{M}$ , TN 1  $\mu\text{M}$ , TN 5  $\mu\text{M}$ , DOX 10  $\mu\text{M}$  +TN1  $\mu\text{M}$ , and DOX 10  $\mu\text{M}$  +TN5  $\mu\text{M}$ ) at 48h (B). The data given are mean $\pm$ SD, N = 3. Significant differences \*p < 0.05; one-way ANOVA. DOX = Doxorubicin, TN = Torkinib.

**The torkinib combination increases oxidative stress production in MCF-7 cells.**

The DCHF-DA is an assay to measure ROS production inside the cells. The results represented the MCF-7 treated with TN 1  $\mu\text{M}$ , TN 5  $\mu\text{M}$ , DOX 10  $\mu\text{M}$ , DOX 10  $\mu\text{M}$  +TN 1  $\mu\text{M}$ , and DOX 10  $\mu\text{M}$  +TN 5  $\mu\text{M}$ , respectively. The cellular oxidative stress of control had 100  $\pm$ 7.21, TN1 had 93.34 $\pm$ 1.05, TN5 had 91.19 $\pm$ 2.88, DOX alone had 72.77  $\pm$ 1.68, DOX+TN1 had 102.19 $\pm$ 6.66, and DOX+TN5 had 108.59 $\pm$ 8.32 as shown in Figure 3. In addition, TN1, and TN5 combination significantly increased ROS levels compared with DOX treated group at p<0.001, and p<0.0001, respectively.

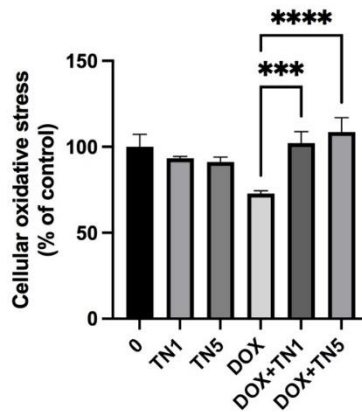


Figure 3 Combination of Torkinib increases ROS level in MCF-7 cells.



The bar graph demonstrates ROS levels of MCF-7 cells treated in various conditions (DOX 10  $\mu$ M, TN 1  $\mu$ M, TN 5  $\mu$ M, DOX 10  $\mu$ M +TN1  $\mu$ M, and DOX 10  $\mu$ M +TN5  $\mu$ M) for 48h. The results above are mean $\pm$ SD, n = 3. Significant differences \* \*\*p < 0.001, \*\*\*\* p < 0.0001; one-way ANOVA. DOX = Doxorubicin, TN = Torkinib.

### Discussion

Doxorubicin (DOX) in this experiment was used along with Torkinib (TN), the mTOR inhibitor. The cell viability of MCF-7 cells decreases after treatment with DOX in a dose-dependent manner. However, the combination of TN has shown significantly more efficacy in decreasing cell survival in MCF-7 cells. The ROS production in doxorubicin-treated MCF-7 showed a significantly reduced when compared with control. However, the ROS level increased after combination with Torkinib when compared with DOX-treated group.

Doxorubicin is in the anthracycline group, which can inhibit topoisomerase II, DNA intercalation. And DOX in an adequate amount can lead to ROS production, which can be toxic to the protein and cell membrane and alter cellular homeostasis, leading to cellular apoptosis. However, mTOR stimulated by the imbalance of ROS production can lead to cell death and promote cell proliferation and recover cell cycle division. Therefore, the higher level of ROS from TN induction may lead to the death signaling pathway. Our findings are consistent with previously studied that showed the resistant leukemia cells showed a significant level of glutathione (GSH), which can reduce ROS in DOX-treated-parent cells (Furusawaa et al., 2001). Otherwise, the detailed mechanism of ROS and mTOR needs further experiments to clarify the molecular mechanism.

The Torkinib used in this experiment is the earliest Torkinib, which has been treated in colorectal and showed an ability to reduce cell proliferation and cell survival (Sun, 2013). As inhibiting mTOR can lead to cell death, it may lead to a new strategy to overcome cancer resistance and benefit the patient suffering from breast cancer (Dermit et al., 2017). Nevertheless, the mechanism between ROS and DOX integration is still unknown. Interestingly, the ROS in the cell after being treated with a specific concentration of DOX has been decreasing, which normally DOX with a toxic dose should lead to higher ROS production and cause cell death (Ludke et al., 2017), on the contrary, this specific dose can minimize the ROS level, so the mechanism may be associated with chemoresistance, which is still fascinating to be understood.



### Conclusions

Doxorubicin (DOX) is one of the first-line drug therapy in the anthracycline anticancer group that affects DNA damage and increases ROS production. However, DOX has been reported to be resistant, which leads to challenges in treating breast cancer and finding a more effective treatment. The result shows that combining DOX with TN can decrease cell viability in the MCF-7 cells. Moreover, TN can also increase the ROS level in the MCF-7 cells compared to DOX alone, leading to cytotoxicity in the cells and may eventually undergo the death signaling pathway. The study showed that DOX combination with TN can increase DOX efficacy, and the mechanisms would be further investigated.

### Acknowledgments

This research project was supported by Mahidol University via Basic Research Fund: the fiscal year 2023, together with partially supported by the Graduate Studies of Mahidol University alumni association (GSMUAS). The Department of Pathobiology, Faculty of Science, Mahidol University provided the laboratory instruments.

### References

- Aimvijarn, P., Payuhakrit, W., Charoenchon, N., Okada, S., & Suwannalert, P. (2023). Riceberry Rice Germination and UVB Radiation Enhance Protocatechuic Acid and Vanillic Acid to Reduce Cellular Oxidative Stress and Suppress B16F10 Melanogenesis Relating to F-Actin Rearrangement. *Plants*, 12(3), 484. <https://doi.org/10.3390/plants12030484>
- Chresta, C. M., Davies, B. R., Hickson, I., Harding, T., Cosulich, S., Critchlow, S. E., Vincent, J. P., Ellston, R., Jones, D., Sini, P., James, D., Howard, Z., Dudley, P., Hughes, G., Smith, L., Maguire, S., Hummersone, M., Malagu, K., Menear, K., ... Pass, M. (2010). AZD8055 Is a Potent, Selective, and Orally Bioavailable ATP-Competitive Mammalian Target of Rapamycin Kinase Inhibitor with In vitro and In vivo Antitumor Activity. *Cancer Research*, 70(1), 288–298. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-09-1751>
- Dermitt, M., Casado, P., Rajeeve, V., Wilkes, E. H., Foxler, D. E., Campbell, H., Critchlow, S., Sharp, T. V., Gribben, J. G., Unwin, R., & Cutillas, P. R. (2017). Oxidative stress downstream of mTORC1 but



- not AKT causes a proliferative defect in cancer cells resistant to PI3K inhibition. *Oncogene*, *36*(19), 2762–2774. <https://doi.org/10.1038/onc.2016.435>
- Feldman, M. E., Apsel, B., Uotila, A., Loewith, R., Knight, Z. A., Ruggero, D., & Shokat, K. M. (2009). Active-site inhibitors of mTOR target rapamycin-resistant outputs of mTORC1 and mTORC2. *PLoS Biology*, *7*(2), 0371–0383. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000038>
- Furusawaa, S., Kimura, E., Kisara, S., Nakano, S., Murata, R., Tanaka, Y., Sakaguchi, S., Takayanagi, M., Takayanagi, Y., & Sasaki, K. I. (2001). Mechanism of resistance to oxidative stress in doxorubicin resistant cells. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, *24*(5), 474–479. <https://doi.org/10.1248/bpb.24.474>
- Hoang, B., Frost, P., Shi, Y., Belanger, E., Benavides, A., Pezeshkpour, G., Cappia, S., Guglielmelli, T., Gera, J., & Lichtenstein, A. (2010). Targeting TORC2 in multiple myeloma with a new mTOR kinase inhibitor. *Blood*, *116*(22), 4560–4568. <https://doi.org/10.1182/blood-2010-05-285726>
- Kashyap, D., Pal, D., Sharma, R., Garg, V. K., Goel, N., Koundal, D., Zaguia, A., Koundal, S., & Belay, A. (2022). Global Increase in Breast Cancer Incidence: Risk Factors and Preventive Measures. *BioMed research international*, *2022*. <https://doi.org/10.1155/2022/9605439>
- Montalvo, R. N., Doerr, V., Min, K., Szeto, H. H., & Smuder, A. J. (2020). Doxorubicin-induced oxidative stress differentially regulates proteolytic signaling in cardiac and skeletal muscle. *American Journal of Physiology–Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *318*(2), R227–R233. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00299.2019>
- Naktubtim, C., Payuhakrit, W., Uttarawichien, T., Hassametto, A., & Suwannalert, P. (2022). YAP, a novel target regulates F-actin rearrangement-associated CAFs transformation and promotes colorectal cancer cell progression. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *155*, 113757. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113757>
- Sun, S.-Y. (2013). mTOR kinase inhibitors as potential cancer therapeutic drugs. *Cancer Letters*, *340*(1), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.canlet.2013.06.017>



- Xue, X., & Kim, H. (2020). Detection of Total Reactive Oxygen Species in Adherent Cells by 2',7'-Dichlorodihydrofluorescein Diacetate Staining. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, 160, e60682. <https://doi.org/doi:10.3791/60682>
- Zhang, S., Wei, X., Zhang, H., Wu, Y., Jing, J., Huang, R., Zhou, T., Hu, J., Wu, Y., Li, Y., & You, Z. (2023). Doxorubicin downregulates autophagy to promote apoptosis-induced dilated cardiomyopathy via regulating the AMPK/mTOR pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 162, 114691. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.114691>
- Ludke, A., Akolkar, G., Ayyappan, P., Sharma, A. K., & Singal, P. K. (2017). Time course of changes in oxidative stress and stress-induced proteins in cardiomyocytes exposed to doxorubicin and prevention by vitamin C. *PLoS ONE*, 12(7), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179452>
- Nakamura, H., & Takada, K. (2021). Reactive oxygen species in cancer: Current findings and future directions. *Cancer science*, 112(10), 3945–3952. <https://doi.org/10.1111/cas.15068>





## การคัดแยกและการศึกษาคุณลักษณะของแบคทีเรียที่ทนต่อโพลีไซคลิกอะโรมาติก

### ไฮโดรคาร์บอนจากตัวอย่างดินทางการเกษตร

สิริกัญจน์ เล็กอุทัย<sup>1\*</sup>, เจษฎาภรณ์ รอดกำเนิด<sup>1</sup>, สุทธิรัตน์ สิทธิศักดิ์<sup>1</sup>,

ศิริวัฒน์ คูเจริญไพบุลย์<sup>1</sup>, จินตนา ว่องวิทย์การ<sup>1</sup>, ภัทรรัฐ จันทน์ฉายทอง<sup>2</sup> และ ระพี ธรรมมีภักดี<sup>1</sup>

### Isolation and characterization of PAH degrading bacteria from agricultural soil

Sirikran Lekuthai<sup>1\*</sup>, Jedsadaporn Redkimned<sup>1</sup>, Sutthirat Sitthisak<sup>1</sup>, Siriwat Kucharoenphaibul<sup>1</sup>,

Jintana Wongwigkarn<sup>1</sup>, Pattrarat Chanchaithong<sup>2</sup> and Rapee Thummeepak<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>ภาควิชาจุลชีววิทยาทางสัตวแพทย์ คณะสัตวแพทย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

<sup>1</sup>Department of microbiology and parasitology, Faculty Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

<sup>2</sup>Department of Veterinary Microbiology, Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

\*Corresponding author. Rapeet@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

สารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) เป็นหนึ่งในสารเคมีที่มีการสะสมในดินจากการเกษตร ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกแบคทีเรียจากตัวอย่างดินทางการเกษตรและศึกษาความสามารถในการทนต่อ PAHs โดยทำการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 29 ตัวอย่าง จากการคัดแยกพบแบคทีเรียจำนวน 15 ไอโซเลตที่สามารถเจริญบนอาหารที่ผสม Naphthalene ซึ่งเป็นสาร PAHs ชนิดหนึ่ง ที่ความเข้มข้น 200 µg/ml จากนั้นนำแบคทีเรียทั้ง 15 ไอโซเลตมาศึกษาระดับความเข้มข้นน้อยที่สุดของ Naphthalene ที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแต่ละไอโซเลตได้ (MIC<sub>Nap</sub>) โดยพบว่าแบคทีเรียที่แยกได้มีค่า MIC<sub>Nap</sub> ตั้งแต่ 200-6400 µg/ml ซึ่งมีแบคทีเรียจำนวน 9 ไอโซเลต ที่มีค่า MIC<sub>Nap</sub> สูงสุดที่ 6,400 µg/ml นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาและการทดสอบทางชีวเคมีที่คล้ายกัน จึงสุ่มคัดเลือกเชื้อจำนวน 4 ไอโซเลต มายืนยันจีโนมด้วยการหาลำดับเบสของยีน 16s rDNA พบว่าแบคทีเรียที่แยกได้จัดอยู่ในยีนส์ *Klebsiella spp.* จำนวน 3 ไอโซเลต และ *Enterobacter spp.* จำนวน 1 ไอโซเลต นอกจากนี้ยังพบว่า Naphthalene ที่ความเข้มข้น 6400 µg/ml เป็นระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าแบคทีเรียได้ทุกไอโซเลต การศึกษาลักษณะทางจีโนมไทป์ด้วยเทคนิค ERIC-PCR พบว่าเชื้อมีความหลากหลายทางพันธุกรรม การทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะจำนวน 6 กลุ่ม พบว่าเชื้อส่วนมากยังมีความไวต่อยาปฏิชีวนะ ดังนั้นผลการศึกษานี้จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับศักยภาพในการย่อยสลาย PAHs ชนิดอื่น ๆ เพื่อนำจุลินทรีย์ไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดได้ในอนาคต

คำสำคัญ: สารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน แนฟทาลีน ดินทางการเกษตร แบคทีเรีย



### Abstract

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) are toxic chemical compounds released and accumulated in agricultural soils. The purpose of this study were to isolate bacteria from agricultural soil samples and characterize the ability to tolerate PAHs. We collected 29 soil samples in agricultural areas of Uttaradit and Phitsanulok provinces. Among collected samples, we found 15 bacterial isolates exhibited growing on medium containing 200 µg/ml Naphthalene, a type of PAHs. All bacterial isolates were subjected to study the Minimum Inhibitory Concentrations of Naphthalene (MIC<sub>Nap</sub>) and found their MIC<sub>Nap</sub> were ranged from 200–6400 µg/ml. Due to all isolates with highest MIC<sub>Nap</sub> showed similarly profiles of microbiological and biochemical characteristics, we randomly selected 9 isolates for Genus identification. By analyzing the DNA sequences of 16S rDNA, found 3 and 1 isolates can be classified into *Klebsiella* spp. and *Enterobacter* spp., respectively. The concentration of Naphthalene at 6400 µg/ml effectively killed all selected bacterial isolates. Genotypic characterization by ERIC-PCR revealed that selected isolates were genetically distinct. In addition, the susceptibility of six antibiotic classes were also performed and found that almost isolates were still susceptible to all antibiotics tested. Therefore, the results of this work can be used as preliminary data for further study to explore the PAHs-degrading potential of selected bacterial isolates for applying in bioremediation in the future.

**Keywords:** Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs), Naphthalene, Agricultural soils, Bacteria

### บทนำ

สารประกอบโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) หรือ PAHs ประกอบด้วยวงเบนซีนตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป (Bouloubassi et al., 2012) เกิดจากกระบวนการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ และกิจกรรมของมนุษย์ โดย PAHs ชนิดที่พบมากที่สุด คือ Naphthalene ซึ่งเป็นสารที่ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ เช่น นำไปทำลูกเหม็นไล่แมลง หรือนำมาใช้ในการเกษตร เช่น สารกำจัดศัตรูพืช สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ ทำให้ตกตะกอนลงไปในตะกอนดิน เนื่องจากแนฟทาลีน (Naphthalene) เป็นกลุ่มสารพิษที่มีความคงตัวในสิ่งแวดล้อมสูง ย่อยสลายได้ยาก (Li et al., 2014) มีฤทธิ์เป็นสารก่อการกลายพันธุ์และสารก่อมะเร็ง จึงทำให้องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US-EPA) กำหนดให้ Naphthalene เป็นหนึ่งในสาร PAHs ที่เป็นอันตรายลำดับต้น ๆ เนื่องจากเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายและรวดเร็ว ถึงแม้ว่า PAHs มีความเป็นพิษแบบเฉียบพลันต่ำ แต่ส่งผลกระทบต่อในลักษณะเรื้อรัง จากการได้รับหรือสัมผัสในระยะยาว เช่น การสูดดมไอระเหยหรือเขม่าควันไฟ หรือโดยการสัมผัสทางผิวหนัง รวมทั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีภาวะมลพิษเป็นระยะเวลานาน จนเป็นสาเหตุให้เกิดโรคมะเร็ง การปนเปื้อนของ PAHs ในสิ่งแวดล้อม เนื่องจาก PAHs สามารถแพร่กระจายโดยการเกาะติดกับอนุภาคในชั้นบรรยากาศ และตกลงสู่พื้นดินตามแรงโน้มถ่วงของโลกหรือถูกชะลงมาสู่แหล่งน้ำและสะสมอยู่ในตะกอนดิน



และเนื่องจากประเทศไทยมีพื้นที่ในการทำการเกษตรส่วนมาก เกษตรกรส่วนใหญ่มักจะใช้ปุ๋ยหรือสารกำจัดศัตรูพืชที่มีส่วนประกอบของสาร Naphthalene มีสถานะเป็นของแข็งสีขาว มีกลิ่นฉุนเฉพาะ ทำให้ Naphthalene สามารถเข้าสู่สิ่งแวดล้อมในรูปของไอระเหยได้ ถ้าหากสูดดมหรือได้รับไอระเหยของ Naphthalene อาจเกิดอาการเวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ระคายเคืองต่อดวงตาและทางเดินหายใจได้ (วาริรัตน์ เลิศนที และคณะ, 2564)

การบำบัด PAHs แบบเดิมเป็นการจัดการพื้นที่ที่ปนเปื้อนโดยการควบคุมการแพร่กระจายของสารพิษจากแหล่งกำเนิด แต่ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่หลากหลาย เช่น การบำบัดฟื้นฟูทั้งในพื้นที่และนอกพื้นที่ โดยการกักเก็บหรือนำไปฝังกลบ เช่น การขุดดินที่ปนเปื้อนไปบำบัดจนสารพิษมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานและนำไปฝังกลบที่หลัง เป็นต้น (Wang et al., 2007) โดยกรมควบคุมมลพิษ (สุพัฒน พงษ์วงศ์วัฒนา และคณะ, 2553) ได้กล่าวถึง วัตถุประสงค์ของการวางแผนจัดการพื้นที่ปนเปื้อนเพื่อจัดการความเสี่ยงอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนและระบบนิเวศบริเวณนั้น และเป็นการเพิ่มคุณค่าของที่ดิน เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้มากขึ้น แต่ในปัจจุบันมีการบำบัด PAHs โดยวิธีทางชีวภาพ (Bioremediation) ซึ่งเป็นวิธีที่อาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในธรรมชาติ เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างสารอินทรีย์ที่เป็นอันตรายที่ปนเปื้อนให้มีระดับความเป็นพิษน้อยลงหรือหมดไป โดยจุลินทรีย์จะสามารถใช้สารปนเปื้อนเป็นแหล่งอาหาร แหล่งคาร์บอนและพลังงานสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและดำรงชีวิต (Boni et al., 1999) หรือวิธี Bio stimulation เป็นการเติมสารอาหารลงไป เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส การให้ออกซิเจน รวมถึงการเติมสารลดแรงตึงผิวซึ่งช่วยเพิ่มการละลายสารไฮโดรคาร์บอนลงในบริเวณที่ปนเปื้อนสารพิษ ทำให้แบคทีเรียย่อยสลายได้ง่ายขึ้น โดยวิธีนี้ช่วยกระตุ้นให้จุลินทรีย์ประจำถิ่นเจริญเติบโต และเพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพในการย่อยสลาย หรือวิธี Bioaugmentation เป็นการเติมจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการเปลี่ยนโครงสร้าง หรือย่อยสลายสารพิษ หรือเติมจุลินทรีย์ที่ได้รับการปรับปรุงสายพันธุ์โดยใช้เทคโนโลยีทางพันธุวิศวกรรมลงในบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารนั้น ๆ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการย่อยสลายสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม โดยในบริเวณดังกล่าวอาจไม่พบจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย จึงจำเป็นต้องอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่างถิ่นเพื่อกระตุ้นให้เกิดกระบวนการย่อยสลาย (Watanabe, 2001)

การบำบัดทางชีวภาพสามารถลดปริมาณ PAHs ได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังทำให้คุณภาพของดินดีขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศ เป็นที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ต่างๆ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ที่ได้มีการตัดแยกและศึกษาคุณลักษณะของแบคทีเรียที่ทนต่อ PAHs จากดินบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร เพื่อสามารถนำไปใช้ในการบำบัด PAHs ในอนาคตต่อไป



### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ทำการเกษตรโดยการสุ่มในจังหวัดอุดรดิตถ์และพิษณุโลกจำนวน 29 ตัวอย่าง นำตัวอย่างดิน 5 g ใส่ใน normal saline 20 ml ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน นำส่วนใส 10 ml ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ 2xTSB 10 ml บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาบ่ม นำไปใส่ในหลอดใหม่ 15 ml เพื่อนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 15,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสทิ้ง ใช้ normal saline ละลายตะกอน 15 ml จากนั้นเก็บไว้ในหลอด glycerol ที่มี TSB เก็บที่ -40 องศาเซลเซียส

การแยกแบคทีเรียที่สามารถย่อย PAHs เบื้องต้นด้วยวิธี Naphthalene agar plate assay โดยการนำ Sample enrichment ที่ได้ มาคัดเลือก 2 วิธี โดยวิธีหนึ่ง คือนำ Sample enrichment มา 5  $\mu$ l หยดลงบนอาหาร Naphthalene agar ทำการ cross streak เพื่อให้ได้โคโลนีเดี่ยว ส่วนวิธีที่สองนำ sample enrichment มาทำ 10-fold serial dilution ตั้งแต่  $10^{-1}$  ถึง  $10^{-6}$  แล้วนำเฉพาะตัวอย่างที่  $10^{-4}$  ถึง  $10^{-6}$  มาเกลี่ยบนจานอาหาร Naphthalene agar บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ถ้ามีแบคทีเรียที่สามารถทนต่อ Naphthalene ได้ให้นำโคโลนีเดี่ยวมาเก็บเป็น stock เชื้อ

การศึกษาระดับความเข้มข้นน้อยที่สุดของ Naphthalene ที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ด้วยวิธี Agar dilution assay เพื่อยืนยันความสามารถในการทนต่อ Naphthalene โดยการเตรียมอาหารแข็ง Minimal M9 ผสมกับ Naphthalene ที่ความเข้มข้น 200, 400, 800, 1600, 3200 และ 6400  $\mu$ g/ml และอาหาร Minimal M9 ที่ไม่ผสม Naphthalene ใช้เป็นตัวควบคุม จากนั้นนำ stock เชื้อที่แยกได้ มาเกลี่ยบนอาหาร TSA บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาปรับ McFarland ให้ได้เท่ากับ 0.5 และนำไปหยดลงบนอาหาร TSA ที่ผสมกับ Naphthalene ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 5  $\mu$ l และบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยบันทึกความเข้มข้นต่ำสุดที่ยังสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียหรือ Minimum inhibitory concentration of Naphthalene ( $MIC_{Nap}$ )

การศึกษาคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของเชื้อแบคทีเรียที่ทนต่อ Naphthalene ได้ โดยเลือกโคโลนีที่ได้มาทำการย้อมแกรมและทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี ดังนี้ Indole test, Oxidase test, Triple Sugar Iron (TSI) test และ Lactose fermentation

การสกัด DNA ด้วยชุดสกัดสำเร็จรูปและการหาลำดับเบส โดยคัดเลือกเชื้อที่ทนต่อ Naphthalene สูงที่สุด มาเลี้ยงใน TSB broth 5 ml เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดสำเร็จรูป Genomic DNA Isolation kit (PureDireX, BIO-HELIX Co.,LTD) โดยขั้นตอนตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต และละลายดีเอ็นเอกลับในน้ำกลั่นปริมาตร 100  $\mu$ l และตรวจสอบด้วยวิธี agarose gel electrophoresis โดยใช้กระแสไฟฟ้าที่ 95 โวลต์ เป็นเวลา 45 นาที



การระบุจีโนมของแบคทีเรียที่ทนต่อ Naphthalene ระดับสูงด้วยการหาลำดับเบส 16s rDNA โดยการเพิ่มปริมาณยีน 16S rRNA ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ 16s rRNA universal primers: 27F (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') และ 511R (5'-GCGGCTGCTGGCACR KAGT-3') ตั้งสภาวะการทำ PCR (Luang-In et al., 2019) ดังนี้ Initial denaturation 95 องศาเซลเซียส 5 นาที 1 รอบ, Denaturation 94 องศาเซลเซียส 1 นาที 36 รอบ, Annealing 55 องศาเซลเซียส 1 นาที, Extension 55 องศาเซลเซียส 1.50 นาที และ Final extension 72 องศาเซลเซียส 7 นาที จากนั้น ตรวจเช็ค PCR product ด้วยเทคนิค agarose gel electrophoresis โดยใช้กระแสไฟฟ้า 95 โวลต์ เป็นเวลา 45 นาที จากนั้น นำ PCR product ที่เหลือไปทำให้บริสุทธิ์ โดยการใช้ชุดทำบริสุทธิ์สำเร็จรูป Thermo Scientific GeneJET PCR Purification Kit และขั้นตอนการทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

การหาลำดับเบสด้วยวิธีดั้งเดิมและการระบุจีโนมของเชื้อ หลังจากที่ได้ PCR product ที่บริสุทธิ์แล้ว ทำการหาลำดับเบสด้วยวิธี Sanger sequencing โดยการส่ง PCR product ไปยังบริษัท Macrogen และนำผลลำดับเบสของยีน 16s rRNA มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล GenBank ด้วยวิธีการ BLASTn เพื่อทำการระบุจีโนมของเชื้อและเทียบลำดับเบสกับเชื้อ type strains

การศึกษาความเข้มข้นจาก MIC ของ Naphthalene (6400 µg/ml) ต่อการอยู่รอดของเซลล์แบคทีเรียที่แยกได้ โดยนำเชื้อที่ทนต่อ Naphthalene ความเข้มข้นสูงสุด แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เลี้ยงในอาหาร Minimal M9 โดยที่ไม่ใส่ Naphthalene (control) และกลุ่มที่เลี้ยงในอาหาร Minimal M9 ที่ผสม Naphthalene ความเข้มข้น 6400 µg/ml บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและเก็บตัวอย่างที่เวลา 5, 15 และ 30 นาที เมื่อครบเวลาทำการดูดตัวอย่างออกมา 100 µl เพื่อทำการเจือจางจนถึง  $10^{-7}$  แล้วจึงนำทุกความเจือจางมาหยดลงบนอาหาร MHA บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และบันทึกผลโดยการนับจำนวนโคโลนี CFU/ml

การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของเชื้อด้วยวิธี Enterobacterial Repetitive Intergenic Consensus-Polymerase Chain Reaction (ERIC-PCR) โดยนำ DNA ที่สกัดได้มาเพิ่มจำนวนด้วยวิธี ERIC-PCR โดยใช้ primer ERIC 2 primer : 5'- AAGTAAGTGACTGGGGTGAGCG-3' (Sedighi et al., 2020) และนำไปเข้าเครื่อง Thermal cycler ตั้งสภาวะการทำ PCR ดังนี้ Initial denaturation 95 องศาเซลเซียส 5 นาที 1 รอบ, Denaturation 94 องศาเซลเซียส 1 นาที, Annealing 45 องศาเซลเซียส 1 นาที, Extension 72 องศาเซลเซียส 2 นาที 45 รอบ และ Final extension 65 องศาเซลเซียส 16 นาที จากนั้นนำ PCR product ที่ได้ผสมกับ Novel Juice (Supplied in 6X Loading Buffer) 4 µl และตรวจเช็ค PCR product ด้วยเทคนิค agarose gel electrophoresis 95 โวลต์ เป็นเวลา 45 นาที เพื่อดูขนาดของ PCR product เพื่อหาความแตกต่างของแต่ละจีโนมไป



การทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อที่ทนต่อ Naphthalene โดยการเลี้ยงแบคทีเรียบนอาหาร MHA บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปรับ McFarland 0.5 ใช้สำลี swab เกลี่ยลงบนหน้าอาหาร MHA ให้ทั่ว จากนั้นนำ disk ยาทั้ง 9 ชนิด มาวางบนอาหารที่ swab แล้ว และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกผลโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone ที่เกิดขึ้นรอบ disk ยา โดยใช้เกณฑ์ CLSI ปี 2014 ในการแปลผล

### ผลการศึกษา

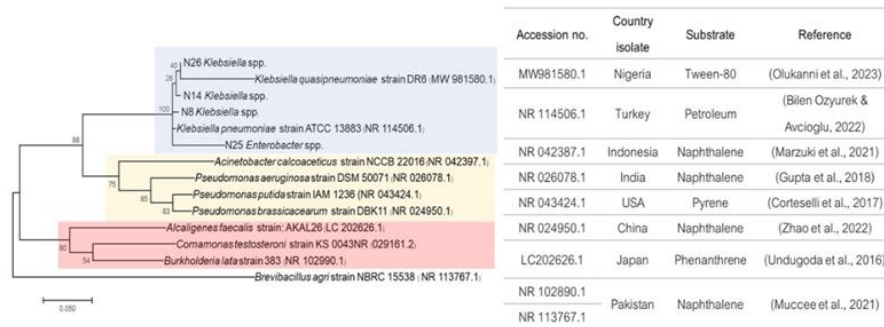
จากการเก็บตัวอย่างดินการเกษตรในจังหวัดอุดรดิตถ์และพิษณุโลก 29 ตัวอย่าง สามารถคัดแยกแบคทีเรียที่สามารถเจริญบนอาหาร M9 ที่ผสม Naphthalene 200 µg/ml ได้ 15 ไอโซเลต

การศึกษาระดับการทนต่อ Naphthalene โดยใช้ Naphthalene ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 200–6400 µg/ml พบว่า แบคทีเรียสามารถทนต่อ Naphthalene ( $MIC_{nap}$ ) ได้ถึง 6400 µg/ml มีเพียง 9 ไอโซเลต ลักษณะสัณฐานวิทยาทางจุลชีววิทยาของเชื้อแบคทีเรียที่ทนต่อ Naphthalene 6400 µg/ml พบว่าเชื้อทั้ง 9 ไอโซเลต มีโคโลนีสีขาวขุ่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร และมีรูปร่างท่อน ย้อมติดสีแกรมลบ (Gram negative) และการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี ทั้ง 3 ปฏิกิริยาพบว่า Indole test และ Oxidase test ให้ผลเป็นลบและการทดสอบ Lactose fermentation บนอาหาร Mac Conkey agar ให้โคโลนีสีชมพู และการทดสอบ Triple Sugar Iron (TSI) พบว่า มีแบคทีเรีย 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่สามารถสร้างก๊าซและกลุ่มที่ไม่สามารถสร้างก๊าซได้ เนื่องจากผลการย้อมแกรมและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีมีลักษณะที่คล้ายกัน จึงทำการคัดเลือกแบคทีเรียมา 4 ไอโซเลต เพื่อทำการระบุจีโนมของแบคทีเรียด้วยยีน 16s rDNA และแผนภูมิต้นไม้ โดยการทำให้ PCR พบว่า แบคทีเรียทั้ง 4 ไอโซเลต มีขนาด PCR product ประมาณ 500 bp จากนั้นจึงนำไปหาลำดับเบสด้วยวิธี sanger sequencing และนำมาเปรียบเทียบในฐานข้อมูล NCBI โดยใช้โปรแกรม Blast N โดยพิจารณาผลการทดสอบกับความคล้ายคลึงของจุลินทรีย์แต่ละสปีชีส์ในฐานข้อมูลด้วย % similarity ตั้งแต่ 95–97% ให้จำแนกเป็นจีโนมเดียวกัน (Alves, 2020) พบว่าแบคทีเรียที่แยกได้เป็น *Klebsiella spp.* 3 ไอโซเลต และเป็น *Enterobacter spp.* 1 ไอโซเลต จึงได้นำมาเปรียบเทียบกับเชื้อ type strains อีกครั้ง ดังที่แสดงในตารางที่ 1 และการศึกษาแผนภูมิต้นไม้ของแบคทีเรียที่แยกได้ 4 ไอโซเลต กับแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลาย Naphthalene จากการศึกษาก่อนหน้านี้ ดังที่แสดงในรูปที่ 1



ตารางที่ 1 แสดงค่าความเหมือนเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 4 ไอโซเลตกับเชื้อ Type strains

รหัส ไอโซเลต	% identity ของลำดับ 16s rDNA ของเชื้อทดสอบต่อเชื้อ type strains ต่างๆ								
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Klebsiella spallanzanii</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	<i>Enterobacter asburiae</i>	<i>Enterobacter Cloacae</i>	<i>Enterobacter Cloacae</i>	<i>Enterobacter asburiae</i>
	JCM 1662	DSM 30104	AF13098	SB6411	ATCC 13182	ATCC 35953	ATCC 13047	ATCC 23355	DSM 17506
N8	94.19%	98.94%	98.94%	97.03%	96.41%	97.76%	97.26%	97.01%	98.33%
N14	94.19%	98.12%	98.53%	96.86%	95.61%	98.51%	96.52%	96.77%	98.82%
N25	90.93%	92.90%	92.89%	93.10%	91.59%	95.66%	95.77%	97.02%	95.71%
N26	94.19%	97.76%	98.16%	96.53%	95.31%	98.51%	96.52%	96.77%	98.39%



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการระหว่างเชื้อที่แยกได้ และแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อย Naphthalene จากการศึกษาหน้าโดยใช้นิวคลีโอไทด์ 16S rDNA ส่วนตัวเลขกำกับเป็นร้อยละจำนวนร่วมกิ่งวิวัฒนาการ (bootstrap values)

ผลของความเข้มข้นของ Naphthalene ในระดับต่ำสุด (MBC) ที่สามารถฆ่าจุลินทรีย์ จากการนับ CFU/ml ที่เวลา 5, 15 และ 30 นาที พบว่า ที่ 5 นาทีแรก แบคทีเรียไอโซเลต N8 และ N14 ไม่สามารถทนต่อ Naphthalene ความเข้มข้น 6400 µg/ml ใดๆก็ตาม มีแบคทีเรียเพียง 2 ไอโซเลตที่สามารถทนต่อ Naphthalene ความเข้มข้น 6400 µg/ml ได้ ได้แก่ N25 และ N26 แต่จะมีปริมาณเซลล์ลดลงจาก  $10^6$  เหลือ  $10^3$  แต่เมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที ไม่พบแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ จึงสามารถสรุปได้ว่าไม่มีแบคทีเรียไอโซเลตใดที่สามารถทนต่อ Naphthalene ( $MBC_{Nap}$ ) ได้เลย ดังที่แสดงในตารางที่ 2

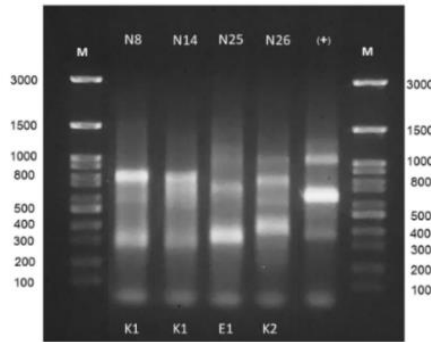
ตารางที่ 2 จำนวนโคโลนี (CFU/ml) ในแต่ละช่วงเวลา

Isolate	จำนวนโคโลนี (CFU/ml)					
	Control			Treated Naphthalene 6400 µg/ml		
	5 min	15 min	30 min	5 min	15 min	30 min
N8	$4 \times 10^6$	$4 \times 10^6$	$5 \times 10^6$	0	0	0
N14	$2 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$7 \times 10^6$	0	0	0
N25	$1 \times 10^7$	$3 \times 10^6$	$3 \times 10^6$	$0.9 \times 10^3$	0	0
N26	$2 \times 10^6$	$3 \times 10^6$	$2 \times 10^6$	$2.5 \times 10^3$	0	0

หมายเหตุ : 0 = ไม่มีแบคทีเรียเจริญ



จากการทำ ERIC-PCR ของแบคทีเรียที่ทน Naphthalene มีขนาด PCR product ระหว่าง 100 bp ถึง 1000 bp จึงสามารถจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อที่ทนต่อ Naphthalene ในระดับสูง ได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ ERIC-k1, ERIC-k2 และ ERIC-E1 ซึ่งแต่ละไอโซเลตมี ERIC-PCR รูปแบบที่แตกต่างกัน ดังนี้ ERIC-k1 คือ ไอโซเลต N8 และ N14 มีแถบขนาด 800,300,100 bp ไอโซเลต N26 คือ ERIC-k2 มีขนาด 1000, 800, 700, 200,100 bp และ N25 คือ ERIC-E1 มีขนาดประมาณ 700, 300, 100 bp ดังที่แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพ Agarose gel electrophoresis ที่แสดง ERIC-PCR patterns เลนส์ M : Marker 100 bp DNA Ladder

(Invitrogen™, US) เลนส์ (+) : positive

การทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อที่ทนต่อ Naphthalene ได้ในระดับสูง โดยใช้ยาทั้งหมด 6 กลุ่ม (9 ยา) ในเชื้อทั้งหมด 4 ไอโซเลต โดยใช้เกณฑ์ของ CLSI ปี ค.ศ. 2014 พบว่า แบคทีเรียทั้ง 4 ไอโซเลต ส่วนมากมีความไวต่อยาปฏิชีวนะ ยกเว้น N14 ที่ดื้อต่อยา Tetracycline ดังที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การแปลผลการทดสอบความไวต่อยา 6 กลุ่ม

กลุ่ม	สารต้านจุลชีพ	ผลการทำ disk diffusion (มิลลิเมตร)			
		N8	N14	N25	N26
Cephems	Ceftazidime	30 (S)	30 (S)	31 (S)	33 (S)
	Cefepime	33 (S)	35 (S)	34 (S)	34 (S)
Aminoglycosides	Amikacin	22 (S)	21 (S)	22 (S)	21 (S)
	Gentamicin	21 (S)	20 (S)	21 (S)	18 (S)

ต่อ/ Fluoroquinolones...





กลุ่ม	สารต้านจุลชีพ	ผลการทำ disk diffusion (มิลลิเมตร)			
		N8	N14	N25	N26
Fluoroquinolones	Ciprofloxacin	28	30	29	28
		(S)	(S)	(S)	(S)
Tetracyclines	Tetracycline	25	9	24	24
		(S)	(R)	(S)	(S)
	Tigecycline	23	23	24	24
		(S)	(S)	(S)	(S)
Polypeptide	Colistin	14	12	15	12
		(S)	(S)	(S)	(S)
Folate pathway antagonists	Trimethoprim/	29	0	27	30
	Sulfamethoxazole	(S)	(S)	(S)	(S)

หมายเหตุ : S = Susceptible (ไวต่อยา), R = Resistance (ดื้อต่อยา)

### อภิปรายผลการศึกษา

จากการเก็บตัวอย่างดินการเกษตรในจังหวัดอุดรดิตถ์และพิษณุโลก ทั้งหมด 29 ตัวอย่าง สามารถคัดแยกแบคทีเรียที่สามารถเจริญบนอาหารที่มี Naphthalene ได้ 15 ไอโซเลต เนื่องจากดินอุดมไปด้วยแร่ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชและยังทำหน้าที่เก็บกักน้ำ ซึ่งดินบริเวณการเกษตรจะมักมีการบำรุงดิน เช่น การใส่ปุ๋ย การปลูกพืชหมุนเวียนเพื่อรักษาสภาพของดิน จึงเหมาะที่จะเป็นแหล่งอาหารให้จุลินทรีย์ต่างๆ และเนื่องจากความหลากหลายของภูมิประเทศ ทำให้ดินในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน จังหวัดอุดรดิตถ์ตั้งอยู่ในเขตภาคเหนือตอนล่าง ดินส่วนมากจึงเป็นดินเหนียว (สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดอุดรดิตถ์, มปป.) ส่วนจังหวัดพิษณุโลกตั้งอยู่ในเขตภาคกลาง ดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียว จึงมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง (สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 2, มปป.)

จากการศึกษาระดับการทนต่อ Naphthalene ( $MIC_{Nap}$ ) ของแบคทีเรียทั้ง 15 ไอโซเลต พบว่า มีแบคทีเรียเพียง 9 ไอโซเลตที่สามารถทนต่อ Naphthalene ที่ความเข้มข้นสูงสุด 6400  $\mu\text{g/ml}$  ซึ่งทนได้มากกว่างานวิจัยของ Brunet-Galmés และคณะ (2012) ที่ได้ทำการคัดแยกแบคทีเรียจากทะเลเมดิเตอร์เรเนียนเพื่อนำมาทดสอบความสามารถในการย่อยสลาย Naphthalene ซึ่งพบว่าแบคทีเรียที่แยกได้คือ *Pseudomonas stutzeri* AN10 สามารถย่อย Naphthalene ที่ความเข้มข้น 250  $\mu\text{g/ml}$  แต่อย่างน้อยกว่างานวิจัยของ Marzuki และคณะ(2021) ที่ได้ทำการศึกษาก่อนการย่อย Naphthalene ของ *Bacillus sp.* strain AB353f และ *Acinetobacter Calcoaceticus* strain PHCDB14 ที่แยก



ได้จากฟองน้ำทะเล โดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR) และ Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS) ซึ่งพบว่าแบคทีเรียสามารถย่อยสลาย Naphthalene ได้ 10,000 ppm ( $1.0 \times 10^7$   $\mu\text{g/ml}$ ) ภายในเวลา 25 วัน

การศึกษาคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี พบว่าเชื้อทั้ง 9 ไอโซเลต เป็นแบคทีเรียแกรมลบ (gram negative) รูปร่างท่อน และทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี ได้แก่ Indole test, Oxidase test, Triple Sugar Iron (TSI) และการทดสอบการย่อยสลายน้ำตาลแลคโตส (Lactose fermentation) พบว่า แบคทีเรียทั้ง 9 ไอโซเลตให้ผลทางชีวเคมีที่คล้ายกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cruz และคณะ (2021) ที่ได้มีการเก็บตัวอย่างดินจากฟาร์มเกษตรอินทรีย์และฟาร์มทั่วไปในประเทศเอกวาดอร์ มาทั้งหมด 40 ตัวอย่าง ทำการคัดแยกแบคทีเรีย เพื่อนำมาทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยทดสอบความสามารถในการหมักน้ำตาลแลคโตสบนอาหาร MacConkey agar และการทดสอบ TSI พบว่า แบคทีเรียที่แยกได้จากดินส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ให้โคโลนีสีชมพูบนอาหาร MacConkey และมีผลการทดสอบ TSI เป็นลบ และพบว่าแบคทีเรียที่แยกได้จากดินเป็นกลุ่มของ Enterobacteriaceae เช่น *Enterobacter sp.*, *Escherichia sp.*, *Klebsiella sp.*, *Salmonella sp.* และ *Shigella sp.* ซึ่งเป็นกลุ่มที่สามารถก่อโรคในคนและสัตว์ได้ เนื่องจากคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี พบว่าแบคทีเรียทั้ง 9 ไอโซเลต ให้ผลการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่คล้ายกัน จึงทำการคัดเลือกแบคทีเรียมา 4 ไอโซเลต

จากนั้นนำทั้ง 4 ไอโซเลต มาระบุจีโนมด้วยยีน 16s rDNA โดยการเพิ่มจำนวนด้วยเทคนิค PCR เนื่องจากยีน 16s rDNA เป็นยีนที่พบในแบคทีเรียทุกชนิดมีลำดับนิวคลีโอไทด์และหน้าที่ของยีนไม่เปลี่ยนแปลง จึงเหมาะสำหรับการจัดจำแนกจุลินทรีย์ (ภรณ์ แก้วงาม, 2556) พบว่าทั้ง 4 ไอโซเลต มีขนาด PCR product ประมาณ 500 bp จึงได้ทำการส่ง sanger sequence ทั้ง 4 ไอโซเลตและนำมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NCBI พบว่าแบคทีเรีย 3 ไอโซเลต จัดเป็น *Klebsiella spp.* และ 1 ไอโซเลต จัดเป็น *Enterobacter spp.* จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบแบคทีเรียสามารถย่อย Naphthalene ส่วนใหญ่มักจะเป็น *Pseudomonas spp.* ยังไม่มีการค้นพบ *Klebsiella spp.* มากนัก เช่น การศึกษาของ Sushma Rani Tirkey และคณะ (2022) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการบำบัด Naphthalene ทางชีวภาพของจุลินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพและได้มีการศึกษาความเป็นพิษต่อพืชเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการกำจัดสารพิษของ Naphthalene โดยใช้ *Pseudomonas sp.* strain SA3 ซึ่งพบว่าแบคทีเรียสามารถย่อยสลาย Naphthalene ที่ความเข้มข้น  $500 \text{ mg L}^{-1}$  ได้ 6.8% เมื่อเทียบกับแบคทีเรียตามธรรมชาติ หรืองานวิจัยของ Baig และคณะ (2022) ที่ทำการแยก *Pseudomonas sp.* จากตัวอย่างดินบริเวณที่ปนเปื้อนน้ำมันปิโตรเลียม เพื่อนำมาศึกษาความสามารถย่อยสลายของ Naphthalene และ Pyrene ซึ่งพบว่าเป็น *Pseudomonas putida* และ *Pseudomonas aeruginosa* ที่สามารถย่อยสลาย Naphthalene และ Pyrene ได้ 92% และ 83% ตามลำดับ



การศึกษาผลของความเข้มข้นต่ำสุดของ Naphthalene ( $MBC_{Nap}$ ) ที่สามารถฆ่าจุลินทรีย์ พบว่าที่เวลา 5 นาทีแรก มีไอโซเลต N8 และ N14 ที่ไม่สามารถทนต่อ Naphthalene ความเข้มข้น 6400  $\mu\text{g/ml}$  เนื่องจาก Naphthalene ที่มีความเข้มข้นสูง ทำให้ไปยับยั้งกระบวนการหายใจในไมโทคอนเดรียได้ แต่ยังมีแบคทีเรียไอโซเลต N25 และ N 26 ที่สามารถทนต่อ Naphthalene ความเข้มข้น 6400  $\mu\text{g/ml}$  ได้ แต่จะมีปริมาณเซลล์ลดลงจาก  $10^6$  เหลือ  $10^3$  แต่เมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที ไม่มีแบคทีเรียไอโซเลตใดที่สามารถทนต่อ Naphthalene ในระดับสูงได้ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าแบคทีเรียสามารถนำ Naphthalene ไปใช้เป็นคาร์บอนและแหล่งพลังงานจนอาจทำให้เป็นพิษต่อเซลล์ของแบคทีเรียได้ (Park et al., 2004)

การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของแบคทีเรียทนต่อ Naphthalene ในระดับสูง ทั้ง 4 ไอโซเลต ด้วยเทคนิค ERIC-PCR มี PCR product ขนาดระหว่าง 100 bp ถึง 1000 bp และสามารถจำแนกจีโนมได้ 3 โทป์ แต่อย่างไรก็ตามเทคนิค ERIC-PCR ถึงแม้จะเป็นการศึกษาทางจีโนมที่ง่ายและสะดวก แต่มีข้อเสียคือให้รูปแบบลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่มีความคล้ายคลึงกัน ทำให้ความสามารถในการจำแนกตัว ดังนั้นหากต้องการนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดกลุ่มเชื้อโดยอาศัยความแตกต่างของรูปแบบจำแนกสายพันธุ์ของเชื้ออาจจำเป็นต้องแปลผลร่วมกับวิธีอื่น ๆ เช่น การทำ genotyping หรือการทำ PFGE (Pulsed field gel electrophoresis) ควบคู่กันไป

จากการทดสอบกับยาปฏิชีวนะทั้งหมด 6 กลุ่ม (9 ยา) พบว่า แบคทีเรียส่วนมากมีความไวต่อยาปฏิชีวนะ ยกเว้น N14 ที่ดื้อต่อยา Tetracycline เนื่องจาก *Klebsiella spp.* เป็นสาเหตุให้เกิดโรคปอดอักเสบ และ *Enterobacter spp.* ก่อให้เกิดโรคติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะและการติดเชื้อในกระแสเลือด จึงต้องมีการนำแบคทีเรียที่แยกได้มาทดสอบการดื้อต่อยาปฏิชีวนะก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในสิ่งแวดล้อม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณที่บำบัด และป้องกันไม่ให้แบคทีเรียที่จะนำไปใช้ ก่อโรคต่อคนและสัตว์ที่อยู่บริเวณโดยรอบหรือหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ ก็อาจใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษาการเบื้องต้นได้

### สรุปผลการทดลอง

จากการเก็บตัวอย่างดิน 29 ตัวอย่างจากพื้นที่ทำการเกษตรในจังหวัดอุดรธานีและพิษณุโลก นำมาคัดกรองความสามารถในการย่อย Naphthalene เบื้องต้น พบว่ามีแบคทีเรียสามารถเจริญบนอาหารที่ผสม Naphthalene ที่ความเข้มข้น 200  $\mu\text{g/ml}$  จำนวน 15 ไอโซเลต จากนั้นจึงนำแบคทีเรียที่แยกได้มาศึกษาความเข้มข้นน้อยที่สุดของ Naphthalene ที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ( $MIC_{Nap}$ ) พบว่าแบคทีเรียสามารถทนต่อ Naphthalene ที่ความเข้มข้นสูงสุด 6400  $\mu\text{g/ml}$  มีจำนวน 9 ไอโซเลต จากนั้นนำมาทดสอบคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาโดยการย้อมแกรมและทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี พบว่าเชื้อทั้ง 9 ไอโซเลตมีรูปร่างเป็นท่อน ย้อมติดสีแกรมลบและมีผลทางชีวเคมี



ที่คล้ายกัน จึงทำการสุ่มเลือกแบคทีเรียจำนวน 4 ไอโซเลต มาระบุจีโนมด้วยยีน 16s rDNA ทำให้สามารถจัดจีโนมเป็น *Klebsiella spp.* และ *Enterobacter spp.* การศึกษาผลของความเข้มข้นในระดับต่ำสุดของ Naphthalene ( $MBC_{Nap}$ ) ที่สามารถฆ่าจุลินทรีย์ได้ ซึ่งพบว่าเชื้อทั้งหมดไม่สามารถทนต่อ Naphthalene ความเข้มข้น 6400  $\mu\text{g/ml}$  ได้ การศึกษาลักษณะทางจีโนมไทป์ด้วยเทคนิค ERIC-PCR สามารถจำแนกจีโนมไทป์ได้เป็น 3 ไทป์ และการทดสอบความไวต่อยาปฏิชีวนะ พบว่าเชื้อทั้งหมดไวต่อยาปฏิชีวนะทุกตัวที่ทดสอบ แต่มีเพียงไอโซเลตเดียวที่ดื้อต่อยา tetracyclin

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้นิพนธ์ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรผู้ให้การสนับสนุนทางการเงินและเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิ อาจารย์จากภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- สุพัฒน์ หวังวงศ์วัฒนา, วิจารย์ สิมาฉายา, รังสรรค์ ปิ่นทอง, สุเมธา วิเชียรเพชร, อากาศรณ์ ศิริพรประสาร, ลักษณ์มี ไตเดอร์, สารินี จันทรประภา และ ชัยพร นพกิตติลาภ. (2553). คู่มือแนวทางการจัดการพื้นที่ปนเปื้อนสารอันตราย. (1). <https://www.pcd.go.th/>
- ภรณ์ แก้วราม. (2556). การศึกษาความหลากหลายของแบคทีเรียชอบร้อนสูงใน Order Thermotogales ที่แยกได้จาก นำฟุร้อนในประเทศไทยโดยวิธีการเพาะเลี้ยงและรอยพิมพ์นิ้วมือที่อาร์เอ็นเอสร้างจากเทคนิค Arbitrarily Primed PCR มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วาริรัตน์ เลิศนที, เยาวเรศ อุปมาพันธ์, ออร์ศ คงพานิช, พิชญ่า เขี่ยมสำอางค์, กิรณา รุณภัย และ วีรญา ปัญญาประพากร. (2564). ความปลอดภัยด้านเคมีวัตถุ. 26(2). <http://fdathaiteci.fda.moph.go.th/IndexFiles/document/>
- สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดอุตรดิตถ์. (มปป.). [http://r08.ldd.go.th/web\\_utt/soil\\_group/soil\\_utt.html](http://r08.ldd.go.th/web_utt/soil_group/soil_utt.html)
- สำนักงานวิจัยและพัฒนาที่ดินเขต 2. (มปป.). <https://www.doa.go.th/oard2/>
- Alves, R. (2020). Integrating metatranscriptomes and metagenomes for deconvolution of composition and expression in human gut and artificial communities



- Baig, Z. T., Abbasi, S. A., Memon, A. G., Naz, A., & Soomro, A. F. (2022). Assessment of degradation potential of *Pseudomonas* species in bioremediating soils contaminated with petroleum hydrocarbons. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 97(2), 455–465.
- Boni, M. R., Lombardi, G., & PETRANGELI PAPINI, M. (1999). Bioremediation of a phenol-contaminated soil as affected by nutrients content. *Journal of Solid Waste Technology and Management*, 26(2), 70–73.
- Bouloubassi, I., Roussiez, V., Azzoug, M., & Lorre, A. (2012). Sources, dispersal pathways and mass budget of sedimentary polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the NW Mediterranean margin, Gulf of Lions. *Marine Chemistry*, 142, 18–28.
- Brunet-Galmés, I., Busquets, A., Peña, A., Gomila, M., Nogales, B., García-Valdés, E., Lalucat, J., Bennasar. (2012). Complete genome sequence of the naphthalene-degrading bacterium *Pseudomonas stutzeri* AN10 (CCUG 29243). *Journal of Environmental Science and Health*, 55(7), 912–924.
- Cruz, D., Cisneros, R., Benítez, Á., Zúñiga-Sarango, W., Peña, J., Fernández, H., & Jaramillo, A. (2021). Degradation of fluorene and phenanthrene in PAHs-contaminated soil using *Pseudomonas* and *Bacillus* strains isolated from oil spill sites. *Journal of Environmental Management*, 232, 1–7.
- Li, X., Qin, G., Wang, Y., & Wei, W. (2014). Keggin-type phosphotungstic acid supported on mesoporous  $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  aerogel like beads and their application in the isopropylation of naphthalene. *Journal of sol-gel science and technology*, 72, 405–414.
- Luang-In, V., Yotchaisarn, M., Saengha, W., Udomwong, P., Deeseenthum, S., & Maneewan, K. (2019). Isolation and identification of amylase-producing bacteria from soil in Nasinuan Community Forest, Maha Sarakham, Thailand. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 12(3), 1061–1068.
- Marzuki, I., Nisaa, K., Asaf, R., Armus, R., Kamaruddin, M., Sapar, A., & Emelda, A. (2021). Biodegradation mechanism of naphthalene using marine sponge symbiotic bacteria. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 890, 1–11.
- Park, W., Jeon, C., Cadillo, H., DeRito, C., & Madsen, E. (2004). Survival of naphthalene-degrading



phenanthrene-degrading bacterium *Pseudomonas* sp. Lphe-2. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 55(5), 549-562.

Sedighi, P., Zarei, O., Karimi, K., Taheri, M., Karami, P., & Shokoohzadeh, L. (2020). Molecular typing of *Klebsiella pneumoniae* clinical isolates by Enterobacterial repetitive intergenic consensus polymerase chain reaction. *International Journal of Microbiology*, 2020, 1-5.

Tirkey, S. R., Ram, S., Mitra, M., & Mishra, S. (2022). Performance analysis of *Pseudomonas* sp. strain SA3 in naphthalene degradation using phytotoxicity and microcosm studies. *Biodegradation* (2022), 33(2), 169-180.

Wang, S., Sheng, Y., Feng, M., Leszczynski, J., Wang, L., Tachikawa, H., & Yu, H. (2007). Light-induced cytotoxicity of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons on the US EPA priority pollutant list in human skin HaCaT keratinocytes: Relationship between phototoxicity and excited state properties. *Environmental Toxicology: An International Journal*, 22(3), 318-327.

Watanabe, K. (2001). Microorganisms relevant to bioremediation. *Current Opinion in Biotechnology*, 12(3), 237-241.



การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมของยีนที่เกี่ยวข้อง  
ในกระบวนการไกลโคซิลเลชัน *GALNT1* ตำแหน่ง rs17647532  
กับการเกิดมะเร็งเต้านมในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย

มธุรส นาคหมู<sup>1</sup> และ เมธวี ศรีคำมูล<sup>1\*</sup>

Study of association between polymorphism in glycosylation-related gene

*GALNT1* rs17647532 and breast cancer incidence in Lower Northern Thailand

Maturros Nakmoo<sup>1</sup> and Metawee Srikummool<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of biochemistry, Faculty of medical science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: metaweers@nu.ac.th

บทคัดย่อ

มะเร็งคือโรคที่เซลล์ไม่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตได้เนื่องจากความผิดปกติของกระบวนการทางชีวเคมีภายในเซลล์ก่อให้เกิดการเพิ่มจำนวนที่ผิดปกติและยังเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตอันดับต้น ๆ มีการรายงานว่าพอลิมอร์ฟิซึมของยีนในกลุ่มไกลโคซิลเลชันเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะสำคัญ (hallmark) ของมะเร็งโดยตรง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพอลิมอร์ฟิซึมของยีน *GALNT1* กับการเกิดมะเร็งเต้านมในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย สำหรับยีน *GALNT1* นั้นเป็นยีนผลิตเอนไซม์ N-acetylgalactosamine-transferase 1 ทำหน้าที่เติมคาร์โบไฮเดรตลงบนสายโพลีเปปไทด์ในกระบวนการหลังการแปลรหัส การศึกษาครั้งนี้จึงตรวจสอบพอลิมอร์ฟิซึมในยีน *GALNT1* ตำแหน่ง rs17647532 จากผู้ป่วยมะเร็งเต้านมจำนวน 184 คน และคนปกติ 176 คน ในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยด้วยเทคนิค ARMs-PCR โดยผลการทดลองจะนำมาคำนวณความถี่อัลลีลในประชากรค่า odd ratio และนำไปเปรียบเทียบกับประชากรอื่น ๆ ผลการศึกษาพบว่าจีโนไทป์ TT มีการกระจายตัวมากที่สุดถึงร้อยละ 85.23 ซึ่งมีอัตราส่วนใกล้เคียงกับประชากรอื่น ๆ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมกับการเกิดมะเร็งเต้านมด้วยวิธี odd ratio พบว่าไม่มีสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่าพอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่ง rs17647532 ไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งเต้านมในประชากรภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย อย่างไรก็ตามกระบวนการไกลโคซิลเลชันมีกลไกที่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับยีนจำนวนมากจึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

คำสำคัญ: มะเร็งเต้านม *GALNT1* rs17647532 กระบวนการไกลโคซิลเลชัน ภาคเหนือตอนล่างประเทศไทย



### Abstract

Cancer is a disease in which cells grow uncontrollably due to abnormalities in the biochemical mechanisms that allow the cell to divide abnormally. Cancers are the top cause of death worldwide. Previous studies revealed that polymorphism in the glycosylation genes involves cancer hallmarks. The purposes of this study were to examine the association between the *GALNT1* gene and breast cancer incidence. The study sample was 184 breast cancer patients in lower-northern Thailand and 174 controls. The *GALNT1* gene produces N-acetylgalactosamine-transferase-1 enzyme that attaches glycan molecules to peptides following translation. In this study, we investigated the *GALNT1* rs17647532 from the breast cancer patients and the controls by the ARMS-PCR procedure. The Allele frequency and odds ratio (OR) were calculated and showed that the TT genotype is commonly found in lower-northern Thailand with an incidence as high as 85.23% of the population. This is a similar level to the incidence identified in other studies from some other countries. The OR analysis showed that the association between polymorphism and breast cancer was not significant. This result reveals that polymorphism in *GALNT1* rs17647532 is not associated with breast cancer in lower-northern Thailand. However, glycosylation processing is complicated and involves many genes that need more study.

**Keywords:** Breast cancer, *GALNT1*, rs17647532, Glycosylation, Lower Northern Thailand

### บทนำ

มะเร็งคือโรคที่เซลล์ไม่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตได้โดยเกิดจากความผิดปกติทางชีวเคมีภายในเซลล์ส่งผลทำให้เกิดเป็นก้อนเนื้อร้ายและเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการเสียชีวิตทั่วโลก (Ritchie et al., 2018) ในประเทศไทยมะเร็งเต้านมเป็นมะเร็งที่พบบ่อยที่สุดในเพศหญิงแต่ก็สามารถพบได้ในเพศชาย (วีรุฒิ อิมสำราญ และคณะ, 2557) สาเหตุของมะเร็งเต้านมเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น ระดับของฮอร์โมนเอสโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในเพศหญิง สภาพแวดล้อม รวมทั้งปัจจัยทางพันธุกรรมโดยเฉพาะยีนที่ควบคุมการเพิ่มจำนวนของเซลล์และการสื่อสารระหว่างเซลล์ กระบวนการไกลโคซิลเลชัน (glycosylation) คือการเติมคาร์โบไฮเดรตให้แก่สายเปปไทด์เป็นหนึ่งในกระบวนการที่เซลล์ใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างกัน โดยเซลล์มะเร็งสามารถใช้ในการพัฒนาและกระตุ้นให้แพร่กระจายไปยังอวัยวะข้างเคียงได้ มีงานวิจัยรายงานว่าเซลล์มะเร็งกระเพาะอาหารจะมีการแสดงออกของยีน *GALNT1* อย่างมากซึ่งยีนดังกล่าวจะถูกแปรรหัสเป็นเอนไซม์ N-acetylgalactosamine-transferase 1 ที่เร่งปฏิกิริยาการเติมน้ำตาล N-acetylgalactosamine ให้แก่สายเปปไทด์ส่งผลทำให้กระบวนการไกลโคซิลเลชันเกิดความผิดปกติและกระตุ้นการพัฒนาของมะเร็งได้ (Zhang et al., 2022) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าการยับยั้งการแสดงออกของยีน *GALNT1* ยังสามารถลดการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งตับชนิดคาร์ซิโนมาได้ (Huang et al., 2015)





Single nucleotide polymorphism (SNP หรือสไนป์ส) คือพอลิมอร์ฟิซึมที่มีการเปลี่ยนแปลงเบสหนึ่งตัวภายในดีเอ็นเอโดยพบการกระจายตัวมากกว่าร้อยละ 1 ของประชากร ซึ่งอัตราส่วนจะแตกต่างกันออกไปในแต่ละกลุ่มประชากร (Trent, 2005) พอลิมอร์ฟิซึมสามารถเกิดขึ้นได้หลายตำแหน่งบนดีเอ็นเอโดยส่วนมากมักจะเกิดขึ้นบริเวณ non-coding region และส่วนน้อยจะเกิดขึ้นบริเวณของ coding region และอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของยีนโดยอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของยีนหรือไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของยีนได้เช่นกัน (Albert, 2011) จากงานวิจัยของ Sellers et al. (2008) เสนอว่าพอลิมอร์ฟิซึมของยีนที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการไกลโคซิลเลชัน อาจก่อให้เกิดความผิดปกติของกระบวนการไกลโคซิลเลชันและอาจเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งได้ งานวิจัยดังกล่าวได้ทำการตรวจสอบตำแหน่งของพอลิมอร์ฟิซึมของยีนที่เกี่ยวข้องกับไกลโคซิลเลชันทั้งหมด 92 ตำแหน่งโดยผลการศึกษาพบถึง 19 ตำแหน่งใน 12 ยีนที่สัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งรังไข่และพบว่าเฉพาะยีน *GALNT1* ตำแหน่ง rs17647532 ลดความเสี่ยงของมะเร็งรังไข่มากที่สุด

สำหรับความสัมพันธ์ซึ่งเป็นสาเหตุทางพันธุกรรมพื้นฐานของโรคมะเร็งรังไข่กับมะเร็งเต้านมมีการอธิบายว่าเกี่ยวข้องกับยีนหลายกลุ่มร่วมกัน (Angeli et al., 2020; Hodgson and Turashvili, 2020; Ruiz et al., 2014) อย่างไรก็ตามรายงานการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมกับการเกิดมะเร็งเต้านมพบว่าส่วนใหญ่จะสัมพันธ์กับยีนในกลไกการควบคุมวัฏจักรเซลล์ การเพิ่มจำนวนเซลล์ การซ่อมแซมความเสียหายของเซลล์รวมทั้งการเกิดเซลล์ต้นกำเนิดมะเร็ง (Sapcharoen et al., 2019; Xu et al., 2018; Yang et al., 2019) แต่การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมของยีนในกระบวนการไกลโคซิลเลชันกับความเสี่ยงมะเร็งเต้านมยังไม่ชัดเจน อีกทั้งรายงานการศึกษาลักษณะนี้ในประชากรชาวไทยยังมีอยู่น้อยมาก ฉะนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงต้องการศึกษารูปแบบพอลิมอร์ฟิซึมของยีน *GALNT1* ตำแหน่ง rs17647532 ในผู้ป่วยมะเร็งเต้านมจากประชากรภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### 1. ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้ใช้ตัวอย่างเลือดของคนปกติ 176 ตัวอย่างและเลือดผู้ป่วยมะเร็งเต้านม 184 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 360 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างที่ได้รับจากโรงพยาบาลพุทธชินราช จังหวัดพิษณุโลก ตัวอย่างเลือดที่ได้จะนำมาสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัด G-spin™ total DNA Extraction Kit ของบริษัท iNiRON Biotechnology ประเทศเกาหลีใต้ ซึ่งการศึกษานี้ได้มีการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยนเรศวรเลขที่ COE008/2022



## 2. การตรวจสอบจีโนไทป์ด้วยเทคนิค ARMs-PCR

การตรวจสอบพอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่ง rs17647532 ในยีน *GALNT1* จะใช้เทคนิค amplification-refractory mutation system PCR หรือ ARMs-PCR ในปฏิกิริยา PCR จะใช้ปริมาตรสุทธิ 10 ไมโครลิตรประกอบด้วย 2X MyTaq™ HS Mix (BIOLINE, Canada) ARMs-PCR primers ความเข้มข้น 0.3 ไมโครโมลาร์ ดีเอ็นเอต้นแบบความเข้มข้น 20–50 ไมโครกรัม ใช้อุณหภูมิสำหรับทำ PCR คือ denaturation 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที annealing 54 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที และ extension 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที จำนวน 32 รอบ จากนั้นตรวจสอบผลจีโนไทป์ด้วยเทคนิคอะกาโรสเจลอิเล็กโตโฟริซิสความเข้มข้น 1.5 % ในสารละลาย TAE บัฟเฟอร์ สำหรับไพรเมอร์ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้รับการออกแบบใหม่ทั้งหมด โดยการเปลี่ยนเบสสองตัวสุดท้ายของไพรเมอร์ชนิด inner primer ทั้งสองสายตามวิธีการออกแบบ ARMs-PCR primers (Little, 1995; Medrano and Oliveira, 2014) โดยมีลำดับนิวคลีโอไทป์ดังตารางที่ 1

## 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์จีโนไทป์ที่ได้จะนำมาคำนวณหาความถี่อัลลีลและค่าสมดุลการกระจายตัวของอัลลีลในประชากรจากค่าสถิติ Chi-squared ( $X^2$ ) ที่ระดับความเชื่อมั่นน้อยกว่า 0.05 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ออนไลน์ GeneCalc (Birkowski and Miks, 2018) และคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบพอลิมอร์ฟิซึมกับการเกิดมะเร็งเต้านมด้วยค่า odd ratio ที่ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ออนไลน์ MedCalc (MedCalc, 2016) ศึกษาการกระจายความถี่อัลลีลโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลความถี่อัลลีลของยีน *GALNT1* ในประชากรกลุ่มอื่นจากฐานข้อมูลที่เคยมีรายงานไว้

## 4. การศึกษา systematic review

ทำการคัดกรองงานวิจัยเพื่อวิเคราะห์ systematic review จากฐานข้อมูลจาก 2 แหล่งคือ Google scholar และ PubMed โดยกำหนดงานวิจัยตีพิมพ์ตั้งแต่ปี.ศ. 2000 – 2020 ซึ่งตีพิมพ์เป็นภาษาอังกฤษทั้งหมดและประชากรในกลุ่มที่ศึกษาจะเกี่ยวข้องกับมะเร็งเต้านมหรือมะเร็งรังไข่ คำศัพท์ที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลจากฐานข้อมูลประกอบด้วย *GALNT1*, Breast cancer, Ovarian cancer, Odd ratio, rs17647532



ตารางที่ 1 ข้อมูลไพรเมอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบจีโนไทป์ตำแหน่ง rs17647532

SNP	Primer sequence 5' to 3'	Final	Specific	Control	Annealing
		conc. ( $\mu$ M)	Amplicon size (bp)	Amplicon size (bp)	temperature. (C°)
<b>GALNT1</b>	FO : TGCAGGCTACAAGGAGAACT	0.3	327		
<b>T&gt;C</b>	RO : TGAAAATCAGACTTGAAAAATGCT	0.3	(T allele)	408	64
<b>(rs17647532)</b>	FI : TTGCCTAACCCCTATGGTAGT	0.3	130		
	RI : TACGTAAAGGTA AAAAGTCAAGCTATTGG	0.3	(C allele)		

### ผลการศึกษา

#### 1. ผลจากการศึกษารูปแบบจีโนไทป์ตำแหน่ง rs17647532

จากการตรวจสอบจีโนไทป์ของพอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่ง rs17647532 ด้วยเทคนิค ARMs-PCR ในประชากรภาคเหนือตอนล่างทั้งสิ้น 360 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 2 พบว่าจีโนไทป์ TT คิดเป็นร้อยละ 87.50 จีโนไทป์ TC คิดเป็นร้อยละ 11.94 และจีโนไทป์ CC คิดเป็นร้อยละ 0.56 เมื่อพิจารณาการกระจายของความถี่อัลลีลคิดเป็น อัลลีล T และ อัลลีล C มีความถี่ 0.93472 และ 0.06528 ตามลำดับ การกระจายของความถี่อัลลีลดังกล่าวเมื่อทดสอบ Chi-square พบว่ามีค่า 0.162 ที่ p value = 0.92219 แสดงว่ามีการกระจายตัวเป็นไปตามสมมติฐานของ Hardy-Weinberg ที่ความเชื่อมั่น 0.05

#### 2. ความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมของยีนกับการเกิดมะเร็งเต้านม

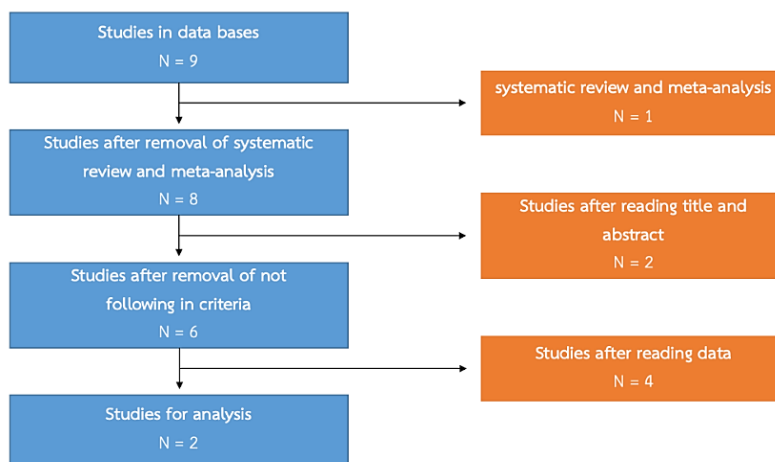
ผลการเปรียบเทียบพอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่ง rs17647532 ในยีน GALNT1 ระหว่างผู้ป่วยมะเร็งเต้านมและคนปกติ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของจีโนไทป์กับการเกิดมะเร็งเต้านมในทุกรูปแบบ ตามลำดับดังตารางที่ 2 ตารางที่ 2 ผลของยีน GALNT1 ตำแหน่ง rs17647532 โดยแสดงจำนวนจีโนไทป์และจำนวนอัลลีลของตัวอย่าง rs17647532

	Total n = 360	Control n = 176	Case n = 184	Odd ratio	p-value
	N, (%)	N, (%)	N, (%)	(95% CI)	< 0.05
<b>TT</b>	315 (87.50)	150 (85.23)	165 (89.67)		
<b>TC</b>	43 (11.94)	26 (14.77)	17 (9.24)	0.59 (0.31 to 1.13)	0.058
<b>CC</b>	2 (0.56)	0 (0.0)	2 (1.09)	4.54 (0.21 to 95.47)	0.329
<b>TC+CC</b>	45 (12.50)	26 (14.77)	19 (10.33)	0.66 (0.35 to 1.24)	0.102
<b>T</b>	673 (0.93472)	326 (0.92610)	347 (0.94290)		
<b>C</b>	47 (0.06528)	26 (0.07390)	21 (0.05710)	0.75 (0.41 to 1.37)	0.181



### 3. งานวิจัยที่ใช้ในการศึกษา systematic review

งานวิจัยทั้งหมดที่ค้นหาจากฐานข้อมูลตามข้อกำหนดในการศึกษา systematic review พบทั้งหมดจำนวน 9 เรื่อง เมื่อพิจารณาความเกี่ยวข้องของงานจากชื่อเรื่อง บทคัดย่อ ยืนยันที่เกี่ยวข้อง เนื้อหาและค่าทางสถิติทั้งหมด เหลือการศึกษาที่สอดคล้องกับเงื่อนไขทั้งสิ้น 2 งานวิจัย สำหรับใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่ง rs17647532 และการเกิดมะเร็งเต้านมดังรูปที่ 1 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบด้วยวิธี systematic review จะได้ผลการศึกษาคืองานวิจัยนี้ไม่พบความสัมพันธ์ของพอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่ง rs17647532 กับการเกิดมะเร็งเต้านมอย่างไรก็ตามพบว่าในงานวิจัยก่อนหน้ามีรายงานว่า ตำแหน่ง rs17647532 มีความสัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งรังไข่ในลักษณะ recessive model และพบว่าสามารถลดความเสี่ยงการเกิดมะเร็งรังไข่ได้ตามการศึกษาของ Sellers et al. (2008) ดังตารางที่ 3



รูปที่ 1 การคัดเลือกงานวิจัยที่จะนำเข้ามาในใช้ในการวิเคราะห์ systematic review สำหรับการศึกษาครั้งนี้

ตารางที่ 3 ตัวอย่าง, ชนิดของมะเร็ง, จีโนไทป์ที่พบ โมเดลที่ใช้แสดง, ค่า Odd ratio, 95% confident interval และ p-value ของการศึกษาทั้งหมด

Studies	Sample size	Cancer Type	Case		Control		Model	Odd ratio	95% CI	p-value
			TT/TC/CC	TT/TC/CC	TT/TC/CC	TT/TC/CC				
Present study	360	Breast cancer	165/17/2	150/26/0	recessive	4.54	0.21 – 95.47	0.329		
Phelan et al. (2010)	846	Ovarian cancer	314/70/1	378/71/12	recessive	0.14	0.02 – 1.14	NA		
Sellers et al. (2008)	1,967	Ovarian cancer	678/150/1	757/162/50	recessive	0.07	0.01–0.53	0.00017		



## อภิปรายผลการศึกษา

กระบวนการไกลโคซิลเลชันเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติสำคัญของมะเร็งหลายประการเนื่องจากเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลไกการทำงานของเซลล์และการสื่อสารระหว่างเซลล์ เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นในขั้นตอนการเติมน้ำตาลให้สายพอลิเปปไทด์จึงส่งผลกระทบต่อหน้าที่ของเปปไทด์และนำไปสู่ความผิดปกติของเซลล์ได้ (Lin et al., 2019) ในการเติมน้ำตาลจะมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องหลายชนิดเพราะเอนไซม์แต่ละชนิดจะมีความจำเพาะต่อน้ำตาลแตกต่างกันทำให้ยีนควบคุมการสร้างเอนไซม์มีหลายยีนเช่นกัน สำหรับยีน *GALNT1* เป็นยีนสำคัญที่เติมน้ำตาล N-acetylglucosamine ให้กับกรดอะมิโนเซอร์ีนหรือทรีโอนินในสายพอลิเปปไทด์ จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าการแสดงออกของยีน *GALNT1* สัมพันธ์เชิงบวกกับมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ (Ding et al., 2012) มะเร็งกระดูกและกล้ามเนื้อ (osteosarcoma) (Zhang et al., 2020) มะเร็งกระเพาะอาหาร (Zhang et al., 2022) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าพอลิเมอร์ฟิซึมของนิวคลีโอไทป์เดี่ยวในยีน *GALNT1* โดยเฉพาะที่ตำแหน่ง rs17647532 มีความสัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งรังไข่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในประชากรหญิงผิวขาวที่ไม่มีเชื้อสายฮิสแปดิกในประเทศสหรัฐอเมริกา (Phelan et al., 2010)

การศึกษาการกระจายตัวของความถี่อัลลีลของตำแหน่ง rs17647532 ในตัวอย่างจากประชากรคนไทย ในภาคเหนือตอนล่างในครั้งนี้นับว่าอัลลีลหลักของตำแหน่งนี้คืออัลลีล T ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ในฐานข้อมูลนิวคลีโอไทป์เดี่ยว และมีความถี่อัลลีลในประชากรใกล้เคียงกับข้อมูลความถี่อัลลีลหลักจากตัวอย่างประชากรอื่นในเอเชีย (National library of medicine, 2022)

อุบัติการณ์การเกิดมะเร็งเต้านมในภาคเหนือและภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยมีรายงานว่ามะเร็งเต้านมจัดอยู่ใน 3 อันดับแรกในเพศหญิงตั้งแต่พ.ศ. 2536 ถึงพ.ศ. 2555 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (Pongnikom et al., 2018) ดังนั้นความเข้าใจด้านกลไกการเกิดมะเร็งจึงอาจมีบทบาทสำคัญในการลดอัตราการเกิดโรครวมถึงอัตราการเสียชีวิตได้ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบพอลิเมอร์ฟิซึมของยีน *GALNT1* ตำแหน่ง rs17647532 กับความเสี่ยงการเกิดมะเร็งเต้านมในการศึกษานี้ไม่พบความสัมพันธ์ทางสถิติของปัจจัยพันธุกรรมที่ตำแหน่งดังกล่าวกับการเกิดมะเร็งเต้านมด้วยการใช้โมเดลรูปแบบต่าง ๆ ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าตำแหน่งดังกล่าวไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดมะเร็งเต้านมในประชากรภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย เมื่อทำการตรวจสอบผลการศึกษาเปรียบเทียบด้วยวิธี systematic review ยังไม่พบรายงานความสัมพันธ์ระหว่างพอลิเมอร์ฟิซึมของยีน *GALNT1* ตำแหน่ง rs17647532 กับความเสี่ยงการเกิดมะเร็งเต้านมในประชากรอื่นเช่นกัน แม้ว่าจะมีรายงานความสัมพันธ์ของตำแหน่ง rs17647532 กับความเสี่ยงการเกิดมะเร็งรังไข่ (Phelan et al., 2010) และมีหลายการศึกษาอธิบายถึงความเกี่ยวข้องของการเกิดมะเร็งเต้านมและมะเร็งรังไข่ทั้งทางปัจจัยทางพันธุกรรมและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม (Giri et al., 2019; Wooster and Weber, 2003)



การศึกษานี้ได้แสดงว่าการเกิดมะเร็งเต้านมและมะเร็งรังไข่มีความแตกต่างกันในเชิงปัจจัยพันธุกรรมซึ่งอาจนำไปสู่การศึกษาที่แตกต่างกันในอนาคต อย่างไรก็ตามกระบวนการไกลโคซิลเลชันเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนเกี่ยวข้องกับยีนจำนวนมาก จึงควรต้องมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมในยีนอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการไกลโคซิลเลชันกับการเกิดมะเร็งเต้านมเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่นำไปพัฒนาเป็นเครื่องหมายพันธุกรรมในการเฝ้าระวังการเกิดมะเร็งเต้านม ทั้งนี้จะช่วยลดความสูญเสียทั้งด้านงบประมาณและชีวิตของประชากรได้

### สรุปผลการศึกษา

การศึกษาพบว่าพอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่ง rs17647532 ในยีน *GALNT1* มีอัลลีล T เป็นอัลลีลหลัก และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมดังกล่าวกับการเกิดมะเร็งเต้านมในประชากรภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย

### กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจากมหาวิทยาลัยนเรศวรเลขที่ 2566C051

### เอกสารอ้างอิง

วีรุฒิ อิมสำราญ, อาคม ชัยวีระวัฒนะ, สมชาย ธนะสิทธิชัย, ปิยวัฒน์ เลาวหุตานนท์, ศุภพร แสงกระจ่าง, พงศธร ศุภอรรรถกร, ธวินทร์ อิงศิริโรรัตน์, จิตรภาพร ธนบดี, หัซซา ศรีปลั่ง, สุรพล เวียงนนท์ และดลสุข พงศ์นิกร. (2557). มะเร็ง. *การแพทย์ไทย 2554-2557*, (น.5/1 – 5/33).

<http://training.dms.moph.go.th/rtdc/storage/>

[app/uploads/public/59b/9e7/953/59b9e79536bef196682686.pdf](http://training.dms.moph.go.th/rtdc/storage/app/uploads/public/59b/9e7/953/59b9e79536bef196682686.pdf)

Albert, P. R. (2011). What is a functional genetic polymorphism? Defining classes of functionality. *Journal of psychiatry & neuroscience: JPN*, 36(6), 363.

Angeli, D., Salvi, S., & Tedaldi, G. (2020). Genetic Predisposition to Breast and Ovarian Cancers: How Many and Which Genes to Test?. *International journal of molecular sciences*, 21(3), 1128.

Bińkowski, J., Miks, S. (2018). Hardy-Weinberg equilibrium [Computer software]. Retrieved from: [www.gene-calc.pl/hardy-weinberg-page](http://www.gene-calc.pl/hardy-weinberg-page)



- Ding, M. X., Wang, H. F., Wang, J. S., Zhan, H., Zuo, Y. G., Yang, D. L., Liu, J. Y., Wang, W., Ke, C. X., & Yan, R. P. (2012). ppGalNAc T1 as a potential novel marker for human bladder cancer. *Asian Pacific journal of cancer prevention : APJCP*, 13(11), 5653–5657.
- Giri, K., Mehta, A., & Ambatipudi, K. (2019). In search of the altering salivary proteome in metastatic breast and ovarian cancers. *FASEB bioAdvances*, 1(3), 191.
- Hodgson, A., & Turashvili, G. (2020). Pathology of Hereditary Breast and Ovarian Cancer. *Frontiers in oncology*, 10, 531790.
- Huang, M. J., Hu, R. H., Chou, C. H., Hsu, C. L., Liu, Y. W., Huang, J., Hung, J. S., Lai, I. R., Juan, H. F., Yu, S. L., Wu, Y. M., & Huang, M. C. (2015). Knockdown of GALNT1 suppresses malignant phenotype of hepatocellular carcinoma by suppressing EGFR signaling. *Oncotarget*, 6(8), 5650–5665.
- Lin, Y. H., Zhu, J., Meijer, S., Franc, V., & Heck, A. J. (2019). Glycoproteogenomics: A Frequent Gene Polymorphism Affects the Glycosylation Pattern of the Human Serum Fetuin/ $\alpha$ -2-HS-Glycoprotein [S]. *Molecular & Cellular Proteomics*, 18(8), 1479–1490.
- Little, S. (1995). Amplification-refractory mutation system (ARMS) analysis of point mutations. *Current protocols in human genetics*, 7(1), 9–8.
- MedCalc. (2023). MedCalc Statistical Software [Computer software]. Retrieved from: [www.medcal.otg/calc/odds\\_ratio.php](http://www.medcal.otg/calc/odds_ratio.php)
- Medrano, R. F. V., & De Oliveira, C. A. (2014). Guidelines for the tetra-primer ARMS-PCR technique development. *Molecular biotechnology*, 56, 599–608.
- National library of medicine. (2022). *Reference SNP (rs) Report*. national library of medicine national center for biotechnology information. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs17647532>
- Phelan, C. M., Tsai, Y. Y., Goode, E. L., Vierkant, R. A., Fridley, B. L., Beesley, J., Chen, X. Q., Webb, P. M., Chanock, S., Cramer, D. W., Moysich, K., Edwards, R. P., Chang-Claude, J., Garcia-Closas, M., Yang, H., Wang-Gohrke, S., Hein, R., Green, A. C., Lissowska, J., Carney, M. E., ... Australian Ovarian Cancer Study Group (2010). Polymorphism in the GALNT1 gene and epithelial



- ovarian cancer in non-Hispanic white women: the Ovarian Cancer Association Consortium. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention*, 19(2), 600–604.
- Pongnikorn, D., Daoprasert, K., Waisri, N., Laversanne, M., & Bray, F. (2018). Cancer incidence in northern Thailand: Results from six population-based cancer registries 1993–2012. *International Journal of Cancer*, 142(9), 1767–1775.
- Ritchie, H., Spooner, F., & Roser, M. (2018). *Causes of death*. OurWorldInData.  
<http://ourworldindata.org/causes-of-death>
- Ruiz, A., Llorca, G., Yague, C., Baena, N., Viñas, M., Torra, M., Brunet, A., Seguí, M. A., Saigí, E., & Guitart, M. (2014). Genetic testing in hereditary breast and ovarian cancer using massive parallel sequencing. *BioMed research international*, 2014, 542541.
- Sapcharoen, K., Sanguanserm, P., Yasothornsrikul, S., Muisuk, K., & Srikummool, M. (2019). Gene Combination of CD44 rs187116, CD133 rs2240688, NF- $\kappa$ B1 rs28362491 and GSTM1 deletion as a potential biomarker in risk prediction of breast cancer in lower Northern Thailand. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP*, 20(8), 2493.
- Sellers, T. A., Huang, Y., Cunningham, J., Goode, E. L., Sutphen, R., Vierkant, R. A., Kelemen, L. E., Fredericksen, Z. S., Liebow, M., Pankratz, V. S., Hartmann, L. C., Myer, J., Iversen, E. S., Jr, Schildkraut, J. M., & Phelan, C. (2008). Association of single nucleotide polymorphisms in glycosylation genes with risk of epithelial ovarian cancer. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 17(2), 397–404.
- Trent, R. (2005). *Molecular medicine: genomics to personalized healthcare*. Elsevier.
- Wooster, R., & Weber, B. L. (2003). Breast and ovarian cancer. *New England Journal of Medicine*, 348(23), 2339–2347.
- Xu, G. P., Zhao, Q., Wang, D., Xie, W. Y., Zhang, L. J., Zhou, H., Chen, S. Z., & Wu, L. F. (2018). The association between BRCA1 gene polymorphism and cancer risk: a meta-analysis. *Oncotarget*, 9(9), 8681–8694.





- Yang, M., Du, X., Zhang, F., & Yuan, S. (2019). Association between BRCA1 polymorphisms rs799917 and rs1799966 and breast cancer risk: a meta-analysis. *Journal of International Medical Research*, 47(4), 1409–1416.
- Zhang, J., Wang, H., Wu, J., Yuan, C., Chen, S., Liu, S., Huo, M., Zhang, C., & He, Y. (2022). GALNT1 Enhances Malignant Phenotype of Gastric Cancer via Modulating CD44 Glycosylation to Activate the Wnt/ $\beta$ -catenin Signaling Pathway. *International journal of biological sciences*, 18(16), 6068–6083.
- Zhang, L., Lv, B., Shi, X., & Gao, G. (2020). High expression of N-acetylgalactosaminyltransferase 1 (GALNT1) associated with invasion, metastasis, and proliferation in osteosarcoma. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 26, e927837–1.



## ความสำเร็จของการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพื่อถอนฟันกรามบน:

### การศึกษาภาคตัดขวางคัดเลือกกลุ่มเปรียบเทียบ

ไพโรจน์ ศรีอรุณ<sup>1</sup> และลลิตกร พรหมมา<sup>1\*</sup>

## The Success of Buccal Local Injection for Maxillary Molar Extraction:

### The Prospective Selective Controlled Trial

Pairoje Sriaroon<sup>1</sup> and Lalitkorn Promma<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาศัลยศาสตร์ช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Oral Surgery, Faculty of Dentistry, Naresuan University, Maung, Phitsanulok 65000

\*Corresponding author. E-mail: lalitkorn@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

วิธีฉีดยาชาเฉพาะที่ทั่วไปเพื่อถอนฟันบนต้องฉีดทั้งด้านแก้มและด้านเพดานปาก แนวทางใหม่ได้ปรับเปลี่ยนวิธีฉีดยาชาเหลือเพียงเฉพาะด้านแก้ม เพื่อลดตำแหน่งการฉีดยาและความเจ็บปวดของผู้ป่วยด้านเพดานปาก ปัจจุบันวิธีนี้ยังถกเถียงถึงประสิทธิภาพต่อการถอนฟันบน การวิจัยนี้ศึกษาความสำเร็จของวิธีฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มเปรียบเทียบกับวิธีฉีดยาชาทั่วไปในการถอนฟันกรามบนโดยศัลยแพทย์ช่องปากคนเดียว ใช้ยาชา 4% articaine hydrochloride ผสมสารบีบหลอดเลือด epinephrine 1:100,000 โดยวิธีสุ่มแบ่งครั้งถอนฟันกรามบนข้างหนึ่งฉีดด้วยวิธีทั่วไปฉีดด้านแก้ม 0.6 มล. และด้านเพดานปาก 0.3 มล. อีกข้างฉีดเฉพาะด้านแก้ม 0.9 มล. ระยะเวลาศึกษา 2 ปี พ.ศ. 2563-2564 มีผู้ป่วย 208 คน เป็นชาย 90 คน (ร้อยละ 43.3) และหญิง 118 คน (ร้อยละ 56.7) อายุ 12-54 ปี (เฉลี่ย  $26.27 \pm 9.84$  ปี) วิธีฉีดยาชาทั่วไปประสบความสำเร็จในการถอนฟันกรามบน 208 ซี่ (ร้อยละ 100) วิธีฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มประสบความสำเร็จ 184 ซี่ (ร้อยละ 88.5) เป็นชาย 83 ซี่ (ร้อยละ 92.2) และหญิง 101 ซี่ (ร้อยละ 85.6) จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าวิธีฉีดยาชาทั่วไปประสบความสำเร็จในการถอนฟันกรามบนมากกว่าวิธีฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้ม อย่างไรก็ตามการถอนฟันกรามบนด้วยวิธีการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มประสบความสำเร็จมากกว่าร้อยละ 85 โดยสรุปวิธีฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มเป็นทางเลือกที่ดีในการฉีดยาชาเพื่อถอนฟันกรามบน

คำสำคัญ: การถอนฟันกรามบน การฉีดยาชาเฉพาะที่ การฉีดยาชาด้านแก้ม การฉีดยาชาด้านเพดานปาก



### Abstract

A conventional technique used for local anesthesia (LA) during maxillary tooth extraction involves infiltration from the buccal to palatal sites. Recently, a single buccal infiltration technique has been employed for LA during the extraction of maxillary teeth to reduce the site of injection and palatal pain. However, the use of the single buccal injection technique for maxillary tooth extraction remains controversial. Therefore, the objective of this study was to compare the success of the single buccal infiltration technique with the conventional technique of LA for maxillary molar extraction, performed by a certified oral surgeon. Four percent articaine hydrochloride with 1:100,000 epinephrine was used for LA. Tooth extractions were carried out through a randomly split mouth operation. In the conventional technique group, 0.6 ml was infiltrated at the buccal site and 0.3 ml at the palatal site, while the single buccal technique used 0.9 ml. Over a two-year period from 2020 to 2021, the study included 208 patients, comprising 90 males (43.3%) and 118 females (56.7%), aged between 12 and 54 years (with an average age of  $26.27 \pm 9.84$  years). The conventional technique resulted in successful maxillary molar extraction in all cases (100%). In contrast, the single buccal infiltration technique achieved success in 184 cases (88.5%), with 83 male (92.2%) and 101 female (85.6%) patients. The conventional technique exhibited a higher success for upper molar extraction compared to the single buccal infiltration technique. However, the success of the maxillary molar extraction procedure using the single buccal injection exceeded 85%. In conclusion, the single buccal injection is a good alternative for local anesthesia for maxillary tooth extractions.

**Keywords:** Maxillary Tooth Extraction, Local Anesthesia, Buccal Injection, Palatal Injection

### บทนำ

การถอนฟันเป็นหัตถการขั้นพื้นฐานในงานศัลยกรรมช่องปากของการรักษาทางทันตกรรม ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ทันตแพทย์ต้องมีความรู้หลายด้าน ได้แก่ กายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา วิทยาศาสตร์การแพทย์ อายุรศาสตร์ เภสัชศาสตร์ และศัลยศาสตร์ เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาที่ถูกต้อง เหมาะสม และมีความปลอดภัย การระงับความเจ็บปวดในขณะถอนฟันให้กับผู้ป่วยต้องอาศัยการฉีดยาเฉพาะที่เพื่อสะกดเส้นประสาทที่นำความรู้สึกของฟัน เหงือก และกระดูกเบ้าฟัน ซึ่งถูกเลี้ยงด้วยเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 คือ เส้นประสาท trigeminal โดยแยกเป็น 3 แขนง ได้แก่ แขนง ophthalmic แขนง maxillary และแขนง mandibular แขนง maxillary ทำหน้าที่เลี้ยงกระดูกขากรรไกรบนและใบหน้าส่วนกลาง ตามปกติการถอนฟันบนจำเป็นต้องระงับความรู้สึกของปลายประสาทด้วยการฉีดยาเฉพาะที่ วิธีทั่วไปคือ ฉีด 2 ด้าน ได้แก่ ด้านแก้มเพื่อระงับความเจ็บปวดของฟัน กระดูกเบ้าฟัน และเหงือกด้านแก้มจากการเลี้ยงด้วยเส้นประสาท superior alveolar และด้านเพดานปากเพื่อระงับความเจ็บปวดของเหงือกด้านเพดานปากส่วนหน้า



จากการเลี้ยวด้วยเส้นประสาท nasopalatine และเหงือกด้านเพดานปากส่วนหลังจากการเลี้ยวด้วยเส้นประสาท greater palatine

Uckan และคณะ (2007) ตั้งข้อสงสัยว่าถอนฟันกรามบนโดยฉีดยาชาแค่ด้านแก้มแต่ไม่ฉีดยาชาด้านเพดานปากได้หรือไม่ ซึ่งพบว่ามีความเป็นไปได้ในการถอนฟันบนด้วยการฉีดยาชาด้านแก้มโดยไม่ฉีดยาชาด้านเพดานปาก จึงเป็นคำถามให้ผู้วิจัยทบทวนความเกี่ยวข้องระหว่างการฉีดยาชาระดับความรู้สึกกับการถอนฟันบน ดังนี้ 1) การฉีดยาชาเฉพาะที่วิธีทั่วไปต้องฉีดยา 2 ตำแหน่ง คือด้านแก้มและด้านเพดานปาก ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกเจ็บ 2 ครั้ง 2) เปลือกกระดูกด้านแก้มบาง ทำให้ยาซึมผ่านไปยังด้านเพดานปากได้ง่าย 3) เหงือกด้านเพดานปากเป็นเหงือกที่แน่นและแข็งซึ่งทันตแพทย์ต้องออกแรงฉีดยาชามากและผู้ป่วยรู้สึกเจ็บมากกว่า เนื่องจากเป็นเยื่อบุผิวชนิด keratinized attached mucosa ทำให้ฉีดยาชาได้ยากกว่าด้านแก้มซึ่งเป็นเยื่อบุผิวชนิด non keratinized mucosa 4) การใช้เครื่องมือถอนฟันบนมักเข้าทำงานด้านแก้มมากกว่าด้านเพดานปาก จึงเกี่ยวข้องกับเหงือกและกระดูกเข้าฟันด้านแก้มมากกว่า ซึ่งเหงือกด้านแก้มบางกว่าจึงทำให้รู้สึกเจ็บได้มากกว่าเหงือกด้านเพดานปากที่หนากว่า 5) กระดูกเข้าฟันด้านแก้มหนาน้อยกว่ากระดูกเข้าฟันด้านเพดานปาก การถอนฟันบนจึงมักโยกรากฟันและทิศทางการถอนฟันออกไปทางด้านแก้มมากกว่าด้านเพดานปากที่มีกระดูกที่หนาและแข็ง จากประเด็นดังกล่าวจึงมีการศึกษาเพื่อยืนยันถึงประสิทธิภาพของการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มเพื่อถอนฟันบน เช่น การศึกษาของ Fan และคณะ (2009) เปรียบเทียบวิธีการฉีดยาชาแบบวิธีทั่วไปเทียบกับวิธีการฉีดยาชาด้านแก้ม พบว่าผู้ป่วยไม่เจ็บปวดในการถอนฟันบนทั้งสองข้าง ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Iyengar และคณะ (2021) พบว่าผู้ป่วยยังรู้สึกเจ็บในการถอนฟันบนจากการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้ม ซึ่งผู้ป่วยร้อยละ 74 ต้องฉีดยาชาด้านเพดานปากเพิ่ม อย่างไรก็ตามยังมีข้อถกเถียงถึงประสิทธิภาพของการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มเพื่อถอนฟันบน จึงนำมาซึ่งคำถามการวิจัยคือ ถ้าฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพียงด้านเดียวแล้วทำให้ชาทั้งฟัน กระดูกเข้าฟัน และเหงือกจะสามารถถอนฟันบนได้โดยผู้ป่วยไม่รู้สึกเจ็บและไม่ต้องฉีดยาชาด้านเพดานปากได้หรือไม่ การวิจัยนี้จึงศึกษาถึงความสำเร็จของการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพียงด้านเดียวเพื่อระงับความรู้สึกในการถอนฟันบน ซึ่งประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัยนี้คือ ลดตำแหน่งและความเจ็บปวดจากการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านเพดานปาก และทันตแพทย์ฉีดยาชาเฉพาะที่ได้ง่ายและสะดวกมากขึ้น

### วัตถุประสงค์และวิธีการ

1) งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องมาจากงานวิจัยของนิสิตทันตแพทย์ชั้นปีที่ 6 ที่ได้รับอนุมัติจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยนเรศวรในปีการศึกษา 2554 ซึ่งงานวิจัยเดิมเป็นการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มในการถอนฟันบนทั้งหมดโดยไม่มีการเปรียบเทียบกับวิธีฉีดยาชาทั่วไป มีผลการวิจัยพบว่าประสบความสำเร็จในการฉีดยาชา



เฉพาะด้านแกมร้อยละ 84.4 งานวิจัยนี้ต่อยอดโดยฉีดยาชาเปรียบเทียบกับ 2 วิธีในผู้ป่วยคนเดียวกัน ก่อนการฉีดยาชา ได้อธิบายวิธีดำเนินการวิจัย ผลดี-ผลเสีย การยินยอมและปฏิเสธเข้าร่วมวิจัย และผู้ป่วยสามารถเลือกออกจากกรวิจัย ได้ตลอดเวลาโดยไม่มีส่วนได้ส่วนเสียต่อการรักษา

2) การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (inclusion criteria)

- ผู้ป่วยที่ไม่มีโรคทางระบบที่เป็นอันตรายต่อการฉีดยาชาเฉพาะที่และการถอนฟัน และไม่ได้รับยาต้านการแข็งตัวของเลือด

- ผู้ป่วยมีฟันกรามบนซี่สุดท้ายทั้งสองข้าง (bilateral maxillary molars) ที่มีสภาพสมบูรณ์ไม่เป็นโรค

- ผู้ป่วยหรือผู้ปกครองของผู้ป่วยที่ยังไม่บรรลุนิติภาวะยินยอมเข้าร่วมการศึกษานี้

3) การคัดออกกลุ่มตัวอย่าง (exclusion criteria) ในฟันบนที่ถอนแล้วมีภาวะแทรกซ้อนที่อาจมีผลต่อกระทบต่อการฉีดยาชาเฉพาะที่และการถอนฟัน ได้แก่

- ฟันที่ถอนแล้วรากฟันหักจำเป็นต้องแคะรากฟันหักออก

- ฟันที่ถอนแล้วส่วนท้ายขากรรไกรบนหัก (fracture of maxillary tuberosity)

- ฟันที่ถอนแล้วกระดูกเบ้าฟันหักจนถึงพื้นโพรงอากาศขากรรไกรบน (fracture of maxillary sinus floor) ที่อาจทำให้เกิดรูทะลุช่องปาก-โพรงอากาศ (oroantral communication)

- ฟันที่ถอนแล้วมีเลือดออกมากจนต้องช่วยห้ามเลือดด้วยสารห้ามเลือด

4) วิธีการฉีดยาชาและการถอนฟันโดยศัลยแพทย์ช่องปากคนเดียวโดยวิธีการสูบบางแบ่งครึ่งปาก ด้วยยาชาเฉพาะที่ชนิดเดียวกันคือ 4% articaine ผสมสารบีบหลอดเลือด epinephrine hydrochloride 1:100,000 ซึ่งยาชาชนิดนี้มีข้อดีกว่ายาชาชนิดอื่นคือ มีค่า pKa 7.8 ทำให้ออกฤทธิ์เร็ว มีค่าการละลายในไขมัน (lipid solubility) สูงทำให้มีฤทธิ์ของยา (potency) สูงเนื่องจากยาชาจับกับผนังเซลล์ชั้น lipoprotein ได้มาก และมีค่าการจับกับโปรตีน (protein binding) สูงถึง 94% ซึ่งมากกว่ายาชา lidocaine ที่มีค่า 77% ทำให้ระยะเวลาการออกฤทธิ์ (duration) นานกว่า นอกจากนี้ยาชา articaine มีความเป็นพิษ (toxicity) น้อยกว่าเนื่องจากยาชาถูกทำลายได้เร็วกว่าจึงเหลือคั่งน้อย

5) กลุ่มควบคุมฉีดยาชาทั่วไป วิธีฉีดยาชาด้านแกม ใช้ mouth mirror ดึงเนื้อเยื่อด้านแกมให้ตึง ใช้เข็มฉีดยาชาเบอร์ 27 ขนาดยาว 21 มม. แทะเข็มฉีดยาที่ non attached mucosa ของส่วนทบเยื่อเมือก (mucobuccal fold) ใกล้กับปลายรากฟันบนที่จะถอน หันปลายตัดเข็ม (bevel) เข้าหากระดูก โดยปลายเข็มอยู่ชิดกับกระดูกให้มากที่สุด เรียกว่าวิธีการฉีดยาชาเหนือเยื่อหุ้มกระดูก (supraperiosteal injection technique) ดันยาชาอย่างช้า ๆ ปริมาตร 0.6 มล. และฉีดยาชาด้านเพดานปาก ใช้ด้าม mouth mirror กดเหงือกที่ห่างจากคอฟันลงมาประมาณ 5-10 มม. จนเหงือกซีด จึงแทงเข็มบริเวณนั้นจนปลายเข็มแตะกระดูกจึงดันยาชาอย่างช้า ๆ ปริมาตร 0.3 มล.



6) กลุ่มทดลองฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้ม ฉีดเฉพาะด้านแก้มทำเหมือน 5) แต่ใช้ยาชาปริมาตร 0.9 มล.

7) รอให้ชานาน 5 นาที ทดสอบการชาก่อนเริ่มถอนฟันกรามบนซี่สุดท้าย โดยใช้ explorer กดเหงือกของฟันกรามบนซี่สุดท้ายทั้งด้านแก้มและด้านเพดานปาก ถ้าผู้ป่วยไม่รู้สึกรู้สึกเจ็บทั้งสองด้านให้ถอนฟันกรามบนซี่สุดท้ายด้วยวิธีปกติ ถ้าถอนฟันออกมาได้โดยไม่ฉีดยาชาเพิ่ม แสดงว่าสำเร็จ ถ้าผู้ป่วยรู้สึกเจ็บในระหว่างถอนฟันและจำเป็นต้องฉีดยาชาเพิ่มด้านเพดานปาก แสดงว่าไม่สำเร็จ ให้ฉีดยาชาด้านเพดานปากเพิ่ม 0.3 มล. และทดสอบการชาด้านเพดานปากอีกครั้ง เมื่อผู้ป่วยไม่เจ็บจึงถอนฟันตามปกติ

### ผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนานำเสนอข้อมูลเป็นร้อยละของประชากร โดยบรรยายผลการวิจัยในภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างในผู้ป่วยที่คัดเลือกเฉพาะที่มีฟันกรามบนซี่สุดท้ายทั้งสองข้างและส้อมแบ่งครึ่งปากฉีดยาชา เปรียบเทียบผลความสำเร็จของการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพียงด้านเดียวในการถอนฟันกรามบนซี่สุดท้าย กับวิธีการฉีดยาชาทั่วไปคือฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มและด้านเพดานปาก

ระยะเวลาการศึกษา 2 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563-2564 ผู้ป่วยยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมด 208 คน เป็นผู้ป่วยชาย 90 คน (43.3%) และผู้ป่วยหญิง 118 คน (56.7%) ช่วงอายุ 12-54 ปี อายุเฉลี่ย  $26.27 \pm 9.84$  ปี ความสำเร็จทำให้ชาระหว่างถอนฟันกรามบนซี่สุดท้ายแบ่งตามวิธีการฉีดยาชาเฉพาะที่และเพศ (ตารางที่ 1) ฟันที่ฉีดยาชาด้วยวิธีทั่วไปทั้งหมด 208 ซี่ (100%) ทำให้ชาเพียงพอต่อการถอนฟันกรามบนซี่สุดท้ายสำเร็จทั้งหมด ฟันที่ฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มทั้งหมด 208 ซี่ (100%) ทำให้ชาสำเร็จ 184 ซี่ (88.5%) และชาไม่เพียงพอต่อการถอนฟันทำให้ต้องฉีดยาชาเพิ่มด้านเพดานปาก 24 ซี่ (11.5%) ในเพศชายที่ฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มสามารถถอนฟันกรามบนซี่สุดท้ายได้สำเร็จ 83 ซี่ (92%) และเพศหญิงที่ฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มสามารถถอนฟันกรามบนซี่สุดท้ายได้สำเร็จ 101 ซี่ (85.6%) พบว่าความสำเร็จของการทำให้ฟันกรามบนซี่สุดท้ายชาระหว่างถอนฟันด้วยการฉีดยาชาวิธีทั่วไปสูงกว่าวิธีฉีดเฉพาะด้านแก้ม อย่างไรก็ตามวิธีการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มมีความสำเร็จทำให้ชาในการถอนฟันกรามบนซี่สุดท้ายโดยรวมและแบบแยกเพศได้มากกว่าร้อยละ 85



ตารางที่ 1 จำนวนฟันกรามบนซี่สุดท้ายที่ถูกถอนโดยแบ่งตามวิธีการฉีดยาชาและเพศ

เพศ	ฉีดด้วยวิธีทั่วไป (ซี่)		ฉีดเฉพาะด้านแก้ม (ซี่)	
	ชาเพียงพอ	ฉีดยาชาเพิ่ม	ชาเพียงพอ	ฉีดยาชาเพิ่ม
ผู้ป่วยชาย	90	0	83	7
ผู้ป่วยหญิง	118	0	101	17
รวม	208 (100%)	0 (0%)	184 (88.46%)	24 (11.54%)

### อภิปรายผลการศึกษา

จากสมมติฐานการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพียงด้านเดียวโดยไม่ฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านเพดานปากร่วมด้วย สามารถระงับความรู้สึกในการถอนฟันกรามบนได้สำเร็จหรือไม่ จากการวิจัยในกลุ่มตัวอย่างประชากรผู้ป่วยที่แข็งแรง ไม่มีโรคทางระบบที่เป็นอุปสรรคต่อการฉีดยาชาเฉพาะที่และการถอนฟัน มีฟันกรามบนซี่สุดท้ายปกติทั้งสองข้างที่ต้องถอนฟันโดยวิธีการแบ่งครึ่งปากเปรียบเทียบการชาระหว่างการฉีดยาชาเฉพาะที่วิธีทั่วไปกับการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มพบว่า การฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพียงด้านเดียวทำให้ชาจนสามารถถอนฟันกรามบนได้สำเร็จร้อยละ 88.5 และไม่ชาจนต้องฉีดยาชาเฉพาะที่เพิ่มด้านเพดานปากจึงสามารถถอนฟันได้ร้อยละ 11.5 ความสำเร็จของการฉีดยาชาเฉพาะที่ทั่วไปทั้งด้านแก้มและด้านเพดานปากมากกว่าการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพียงด้านเดียว อย่างไรก็ตามการถอนฟันกรามบนซี่สุดท้ายโดยรวมและแบบแยกเพศด้วยวิธีการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มมีความสำเร็จมากกว่าร้อยละ 85

การศึกษาของ Badcock และคณะ (2007) เปรียบเทียบการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มด้วย lidocaine กับยาหลอกน้ำเกลือเพื่อถอนฟันบน พบว่าไม่มีความจำเป็นต้องฉีดยาชาเพิ่มด้านเพดานปากทั้งที่ฉีดยาชาด้วย lidocaine และน้ำเกลือ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Iyengar และคณะ (2021) พบว่าผู้ป่วยร้อยละ 74 ต้องฉีดยาชาด้านเพดานปากเพิ่มเนื่องจากยังรู้สึกเจ็บในการถอนฟันบนจากการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้ม ส่วนการศึกษาของ Özeç และคณะ (2010) พบว่าการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพียงด้านเดียวไม่พบการซึมผ่านของยาสชามายังด้านเพดานปากจากการตรวจด้วย magnetic resonance image และเมื่อทดสอบการกระตุ้นด้วยเครื่องมือปลายแหลม (needle-prick stimulation) พบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่มีอาการเจ็บที่ด้านเพดานปากภายหลังการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้ม ซึ่งมีค่า visual analog scale (VAS) ที่ฟันกรามน้อยบน  $86.33 \pm 39.45$  มม. ฟันกรามบน  $57.20 \pm 46.69$  มม. การศึกษาของ Darawade และคณะ (2014) พบว่ายาชานิต 4% articaine สามารถซึมผ่านเนื้อเยื่อเหงือกและกระดูกเข้าฟันด้านแก้มไปยังด้านเพดานปากได้ดีกว่ายาชานิต 2% lidocaine ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Sharma และคณะ (2014) พบว่าการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มในการถอนฟันหลังบน ยาชา 4% articaine ทำให้ชาได้มากกว่ายาชา 2% lidocaine แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Yadav และคณะ (2013) พบว่าถึงแม้จะฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้ม



ด้วย 2% lidocaine ก็สามารถทำให้ชาได้เพียงพอในการถอนฟันกรามบนซี่สุดท้าย ส่วนการศึกษาของ Lima-Junior และคณะ (2013) พบว่าความเข้มข้นของสารบิซฮอลอดเลียดในยาชาที่มีผลต่อการชาด้านเพดานปากเมื่อฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้ม โดยยาชาที่ผสมสารบิซฮอลอดเลียดมากกว่าคือ epinephrine ความเข้มข้น 1:100,000 ทำให้ด้านเพดานปากชาในการผ่าฟันคุดกรามบนซี่ที่สามที่มีการติดเชื้อฝาจอกอักเสบ (pericoronitis) มากกว่าสารบิซฮอลอดเลียดที่น้อยคือ epinephrine ความเข้มข้น 1:200,000 เนื่องจากปริมาณสารบิซฮอลอดเลียดที่มากกว่าจะทำให้ยาชากระจายตัวจากด้านแก้มไปยังด้านเพดานปากได้มากกว่า ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Yadav และคณะ (2013) พบว่าถึงแม้จะฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มด้วย 2% lidocaine ผสมสารบิซฮอลอดเลียด epinephrine ที่มีความเข้มข้นน้อยลงคือ 1:200,000 ก็สามารถทำให้ชาได้เพียงพอในการถอนฟันกรามบนซี่สุดท้าย ส่วนการศึกษาของ Lima-Junior และคณะ (2009) พบว่าความเข้มข้นของสารบิซฮอลอดเลียด epinephrine มีผลต่อระยะเวลาการออกฤทธิ์ของยาชา 4% articaine ที่ฉีดเฉพาะด้านแก้ม โดย epinephrine ความเข้มข้นสูงคือ 1:100,000 ทำให้ชาด้านเพดานปากได้มากกว่าและเร็วกว่าความเข้มข้น 1:200,000 และเมื่อเปรียบเทียบในความเข้มข้นของสารบิซฮอลอดเลียดเดียวกัน ถ้าวัดภายหลังการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มนาน 10 นาทีก่อนถอนฟันบนจะทำให้ชาได้มากกว่ารอนานเพียงแค่ 5 นาที

ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพียงด้านเดียวในการถอนฟันบน ได้แก่ 1) อายุของผู้ป่วยมีผลต่อความทึบและความหนาของเปลือกกระดูกขาฟัน จากการศึกษารองของ Areenoo และคณะ (2022) พบว่าสามารถถอนฟันกรามบนในผู้ป่วยเด็กด้วยวิธีการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มเทคนิค intra-septal แต่ไม่แนะนำให้ยึดวิธีการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มเป็นวิธีการอุดมคติในการรักษาฟันบนทุกกรณีของผู้ป่วยเด็ก 2) ความแตกต่างของบริเวณของกระดูกขากรรไกรบนที่ฉีดยาชา จากการศึกษารองของ Bataineh และ Al-Sabri (2017) พบว่าวิธีการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มไม่พบความแตกต่างของความเจ็บปวดระหว่างการถอนฟันหน้าบนและฟันหลังบน แต่ยังคงพบความเจ็บปวดเล็กน้อยแบบทนได้ถึงร้อยละ 90 ของผู้ป่วย ซึ่งมีเพียงร้อยละ 9.4 ที่ต้องฉีดยาชาเพิ่มด้านเพดานปาก 3) ชนิดของยาชาเฉพาะที่ จากการศึกษารองของ Kandasamy และคณะ (2015) พบว่าการถอนฟันบนที่ฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มด้วยยาชา articaine ประสบความสำเร็จในการมากกว่ายาชา lidocaine อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ Darawade และคณะ (2014) ยังเสริมอีกด้วยว่ายาชา articaine ใช้ปริมาณน้อยกว่า เริ่มชาเร็วกว่า ปริมาณการชามากกว่า และทำให้ชาได้นานกว่ายาชา lidocaine 4) ความเข้มข้นของสารบิซฮอลอดเลียดในยาชา จากการศึกษารองของ Lima-Junior และคณะ (2013) พบว่ายาชาที่ผสมสารบิซฮอลอดเลียด epinephrine มากกว่า ทำให้ด้านเพดานปากชา มากกว่าสารบิซฮอลอดเลียดที่น้อย และ 5) ระยะเวลาการออกฤทธิ์ของยาชา จากการศึกษารองของ Lima-Junior และคณะ (2009) พบว่าถ้าวัดภายหลังการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มนาน 10 นาทีก่อนถอนฟันบนจะทำให้ชาได้มากกว่ารอนานเพียงแค่ 5 นาที ดังนั้นปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งที่ช่วยในการพิจารณาในการเลือกวิธีการฉีดยาชาเฉพาะที่ก่อนการถอนฟันบน





ตั้งในการศึกษาของ Cui และคณะ (2018) ศึกษาการวิเคราะห์ทอิกิมาร (meta-analysis) พบว่าหลายการศึกษาสนับสนุนการฉีดยาเฉพาะที่ด้านแก้มโดยไม่ฉีดยาชาด้านเพดานปากสามารถระงับความเจ็บปวดในการถอนฟันบนได้ แต่แนะนำว่าควรคำนึงถึงความเจ็บปวดของผู้ป่วยระหว่างการถอนฟันมากกว่าการเจ็บจากการฉีดยาเพิ่มเติมด้านเพดานปาก จึงสนับสนุนให้มีการศึกษาในกลุ่มประชากรที่ใหญ่และคุณภาพการศึกษาที่สูงมากขึ้น

ข้อดีของการศึกษานี้คือเป็นการศึกษาแบบครึ่งปากเปรียบเทียบวิธีการฉีดยาชา 2 แบบในผู้ป่วยรายเดียวกัน และผู้วิจัยที่ฉีดยาชาและถอนฟันเป็นศัลยแพทย์ช่องปากคนเดียวกันที่มีชำนาญด้านศัลยกรรม จึงช่วยลดความแปรปรวนจากปัจจัยกวน แต่การศึกษานี้อาจเกิดข้อผิดพลาดได้จากอคติของผู้วิจัย เนื่องจากศัลยแพทย์ช่องปากจะทราบว่าการถอนฟันที่สุดท้ายแต่ละข้างถูกฉีดยาชาด้วยวิธีใด จึงอาจทำให้เกิดอคติทางบวกต่อวิธีการฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มในการถอนฟันที่สุดท้ายได้ ซึ่งอาจมีผลในทางบวกต่อกลุ่มทดลองได้ ข้อเสนอแนะคือให้มีการศึกษาต่อไปโดยวิธีอำพรางสองฝ่าย (double blind technique) โดยทันตแพทย์ที่ฉีดยาชาเป็นคนละคนกับทันตแพทย์ที่ถอนฟันบน หรือทำการทดลองวิธีการฉีดยาชาโดยทันตแพทย์ทั่วไปที่มีความชำนาญในการถอนฟันน้อยกว่าศัลยแพทย์ช่องปาก หรือเลือกใช้ยาชาชนิดอื่น ๆ เช่น mepivacaine รวมทั้งทำการทดลองฉีดยาชาเฉพาะด้านแก้มในการถอนฟันบนชนิดอื่น ๆ ต่อไป

### สรุปผลการศึกษา

ถึงแม้ว่าความสำเร็จของการฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพียงด้านเดียวในการถอนฟันกรามบนที่สุดท้ายมีน้อยกว่าการฉีดยาชาด้วยวิธีการทั่วไปทั้งด้านแก้มและด้านเพดานปากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การฉีดยาชาเฉพาะที่ด้านแก้มเพียงด้านเดียวสามารถระงับความรู้สึกในการถอนฟันกรามบนได้โดยไม่จำเป็นต้องฉีดยาชาเพิ่มเติมด้านเพดานปากมากกว่าร้อยละ 85 ดังนั้นทันตแพทย์สามารถเลือกใช้วิธีการฉีดยาชาเฉพาะที่ทางด้านแก้มเพียงด้านเดียวในการถอนฟันบนก่อน หากผู้ป่วยยังรู้สึกเจ็บด้านเพดานปากจึงค่อยฉีดยาชาเพิ่มเติมด้านเพดานปากต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทันตแพทย์หญิงอรจรรักษ์ วัชรวิริยะ เป็นอย่างสูงในการให้คำแนะนำ

### เอกสารอ้างอิง

Areenoo, P., Manmontri, C., Chaipattanawan, N., Chompu-Inwai, P., Khanijou, M., Kumchai, T., & Wongsirichat, N. (2022). Anesthetic efficacies of buccal with palatal injection versus buccal with



- intra-septal injection in permanent maxillary first molars of pediatric patients. *Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine*, 22(4), 239-254.
- Badcock, M. E., Gordon, I., & McCullough, M. J. (2007). A blinded randomized controlled trial comparing lignocaine and placebo administration to the palate for removal of maxillary third molars. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 36(12), 1177-1182.
- Bataineh, A. B., & Al-Sabri, G. A. (2017). Extraction of maxillary teeth using articaine without a palatal injection: A comparison between the anterior and posterior regions of the maxilla. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 75(1), 87-91.
- Cui, L., Zhang, Z., Huang, J., Yin, D., & Xu, L. (2018). Extraction of permanent maxillary teeth without palatal injection: A meta-analysis. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology*, 126(4), 187-195.
- Darawade, D. A., Kumar, S., Budhiraja, S., Mittal, M., & Mehta, T. (2014). A clinical study of efficacy of 4% articaine hydrochloride versus 2% lignocaine hydrochloride in Dentistry. *Journal of International Oral Health*, 60(5), 81-83.
- Fan, S., Chen, W., Yang Z., & Huang, Z. (2009). Comparison of the efficiencies of permanent maxillary tooth removal performed with single buccal infiltration versus routine buccal and palatal injection. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 107(3), 359-363.
- Iyengar, A. N., Dugal, A., Ramanojam, S., Patil, V. S., Limbhore, M., Narla, B., & Mograwala, H. M. (2021). Comparison of the buccal injection versus buccal and palatal injection for extraction of permanent maxillary posterior teeth using 4% articaine: A split mouth study. *Britist Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 59(3), 281-285.
- Kandasamy, S., Elangovan, R., John, R. R., & Kumar, N. (2015). Removal of maxillary teeth with buccal 4% articaine without using palatal anesthesia-A comparative double blind study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine, and Pathology*, 27(2), 154-158.
- Lima-Júnior, J. L., Dias-Ribeiro, E., de Araújo, T. N., Ferrieri-Rocha, J., Honfi-Junior, E. S., Sarmeto, C. F., Seabra, F. R., & de Sousa Mdo, S. (2009). Evaluation of the buccal vestibule-palatal diffusion



of 4% articaine hydrochloride in impacted maxillary third molar extractions. *Medicine Oral Patologia Oral Cirugia Buccal*, 14(3), 129-132.

Lima-Junior, J. L., Dias-Ribeiro, E., Ferrieri-Rocha, J., Soares, R., Gurgel Costa, F. W., Fan, S., & Sant'ana, E. (2013). Comparison of buccal infiltration of 4% articaine with 1:100,000 and 1:200,000 epinephrine for extraction of maxillary third molars with pericoronitis: A pilot study. *Anesthesia Progress*, 60(2), 42-45.

Özeç, I., Taşdemir, U., Gümüş, C., & Solak, O. (2010). Is it possible to anesthetize palatal tissues with buccal 4% articaine injection? *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 68(5), 1032-1037.

Sharma, K., Sharma, A., Aseri, M. L., Batta, A., Singh, V., Pilia, D., & Sharma, Y. K. (2014). Maxillary posterior teeth removal without palatal injection-Truth or myth: A dilemma for oral surgeons. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, 8(11), 1-4.

Uckan, S., Dayangac, E., & Araz, K. (2007). Is permanent maxillary tooth removal without palatal injection possible? *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 103(4), 733-735.

Yadav, S., Verma, A., & Sachdeva, A. (2013). Buccal injection of 2% lidocaine with epinephrine for the removal of maxillary third molars. *Anesthesia Progress*, 60(3), 95-98.



## อุบัติการณ์การดื้อยาในกลุ่มคาร์บาพีเนมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอนไซม์ และการดื้อยาต้านจุลชีพแทบทุกขนานของเชื้อ *Acinetobacter baumannii* ที่แยกได้จากตัวอย่างทางคลินิก

เจษฎาภรณ์ รอดกำเนิด<sup>1</sup>, นันทิพัฒน์ พัฒนโชติ<sup>3</sup>, เนาวรัตน์ วังนางดี<sup>3</sup>, สิริกาญจน์ เล็กอุทัย<sup>1</sup>, สุทธิรัตน์ สิทธิศักดิ์<sup>1</sup>, อัญชลี ฐานวิสัย<sup>1</sup>, สุภาพร ลำเลิศธน<sup>1</sup>, สุदारัตน์ อ่อนสุรทุม<sup>1</sup>, ภัทรรัฐ จันทรฉายทอง<sup>2</sup>, กัญฉนิภา ทศนภักดี<sup>1</sup>, รัตติญา ชิวพัฒน์<sup>1</sup> และ ระพี ธรรมมีภักดี<sup>1\*</sup>

### Emergence of enzyme-mediated carbapenem resistance and extensively-drug resistance in *Acinetobacter baumannii* clinical isolates

Jadsadaporn Redkimned<sup>1</sup>, Nuntiput Putthanachote<sup>4</sup>, Naowarut Wangnadee<sup>4</sup>, Sirikarn lekuthai<sup>1</sup>, Sutthirat Sitthisak<sup>2</sup>, Aunchalee Thanwisai<sup>2</sup>, Supaporn Lamlerththon<sup>2</sup>, Sudarat Onsurathum<sup>2</sup>, Pattrarat Chanchaithong<sup>3</sup>, Kannipa Tasanapak<sup>2</sup>, Rattiya Cheewapat<sup>2</sup> and Rapee Thummeepuk<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>2</sup>ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

<sup>3</sup>กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลร้อยเอ็ด 45000

<sup>1</sup> Microbiology and Parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phisanulok, 65000

<sup>2</sup> Veterinary Microbiology, Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

<sup>3</sup> Medical Technology, Roi Et Hospital, Roi Et, 45000

\*Corresponding author. E-mail: rapeet@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

*Acinetobacter baumannii* เป็นหนึ่งในแบคทีเรียก่อโรคที่สำคัญ เนื่องจากเชื้อนี้สามารถดื้อยาต้านจุลชีพได้หลายชนิด โดยเฉพาะในกลุ่มคาร์บาพีเนม ซึ่งเป็นยาที่นิยมใช้รักษาการติดเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดื้อยาต้านจุลชีพ และรูปแบบยีนที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยาในกลุ่มคาร์บาพีเนมของแบคทีเรีย *A. baumannii* จากตัวอย่างทางคลินิกของผู้ป่วยจากโรงพยาบาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยปี.ศ. 2020-2021 เก็บเชื้อ *A. baumannii* จำนวน 147 ไอโซเลต ซึ่งทุกไอโซเลตให้ผลบวกกับยีน *bla<sub>OXA-51</sub>* โดยไอโซเลตส่วนใหญ่แยกได้จากเสมหะร้อยละ 78.23 (115/147 ไอโซเลต) และอื่นๆ ร้อยละ 21.76 (32/147 ไอโซเลต) จากนั้นทดสอบการดื้อยาต้านจุลชีพ พบส่วนใหญ่ดื้อยา imipenem ร้อยละ 89.80 cefotaxime ร้อยละ 93.65 โดยมี



รูปแบบการดื้อยาต้านจุลชีพ 4 รูปแบบ ได้แก่ non-Multidrug resistant *A. baumannii* (non-MDRAB) ร้อยละ 7.48 (11/147 ไอโซเลต) Multidrug-resistant *A. baumannii* (MDRAB) ร้อยละ 19.73 (29/147 ไอโซเลต) Extensively-drug resistant *A. baumannii* (XDRAB) ร้อยละ 72.79 (107/147 ไอโซเลต) และ carbapenem-resistant *A. baumannii* (CRAB) ร้อยละ 91.16 (134/147 ไอโซเลต) จากนั้นนำเชื้อ CRAB มาศึกษากลไกการดื้อยา carbapenem ในระดับอนุชีววิทยา พบรูปแบบยีนที่มีความชุกมากที่สุดคือยีน *bla*<sub>OXA-23</sub> ร้อยละ 93.29 (125/134 ไอโซเลต) ยีน *bla*<sub>OXA-58</sub> ร้อยละ 2.24 (3/134 ไอโซเลต) ยีน *bla*<sub>NDM</sub> ร้อยละ 0.75 (1/134 ไอโซเลต) ยีน *bla*<sub>NDM</sub> ร่วมกับยีน *bla*<sub>OXA-58</sub> ร้อยละ 0.75 (1/134 ไอโซเลต) และไม่พบยีน 4/134 ไอโซเลต การศึกษานี้แสดงถึงอุบัติการณ์ดื้อยาของ CRAB และ XDRAB ทั้งสัมพันธ์กับกลไกหลักที่ทำให้เกิดการดื้อยา carbapenem ของ *A. baumannii* ในโรงพยาบาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

**คำสำคัญ:** อะซิเนโตแบ็กเตอ บาumannii ไอ carbapenem-resistant *A. baumannii* (CRAB) คาร์บาพีเนม

#### Abstract

*Acinetobacter baumannii* is one of the major pathogenic bacteria. Because of its ability to resist many antibiotics especially carbapenem which is known as drug of choice for several *A. baumannii* infection. This study aims to characterize antibiotic resistance mechanisms of carbapenem-resistant *A. baumannii* (CRAB) isolated from clinical samples obtained from a North-East hospital, Thailand. In 2020–2021, we collected 147 *A. baumannii* isolates. All isolates were positive for detection of *bla*<sub>OXA-51</sub>. Most of them were isolated from sputum (78.23%, 115/147 isolates) and others (21.76%, 32/147 isolates). Antibiotic susceptibility testing revealed that almost isolates were resistant to imipenem and cefotaxime with percents of 89.80 and 93.65, respectively. Characterization of antibiotic resistance patterns revealed 4 patterns including non-Multidrug resistant *A. baumannii* (non-MDRAB) 7.48% (13/147 isolates), Multidrug-resistant *A. baumannii* (MDRAB) 19.73% (29/147 isolates), Extensively-drug resistant (XDRAB) was found with the percent of 72.79% (107/147 isolates) and CRAB 91.16% (134/147 isolates). To study carbapenem resistance mechanism, CRAB isolates were subjected to PCR-detection of carbapenemase genes. The most prevalent gene patterns were *bla*<sub>OXA-23</sub> 93.29% (125/134 isolates), followed by *bla*<sub>OXA-58</sub> 2.24% (125/134 isolates), *bla*<sub>NDM</sub> 0.75% (1/134 isolates) and *bla*<sub>NDM</sub> plus *bla*<sub>OXA-58</sub> 0.75% (1/134 isolates). However, 4 of 134 isolates were negative for detection of all studies genes. The revealed the high incidence rate of CRAB and XDRAB. In addition, drug-inactivating enzyme was the major mechanism contributed to carbapenem resistance of *A. baumannii* in a North-East hospital, Thailand.

**Keywords:** *Acinetobacter baumannii*, carbapenem-resistant *A. baumannii* (CRAB), carbapenemase



## บทนำ

*A. baumannii* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อน ทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และเป็นสาเหตุสำคัญของ การก่อโรคในโรงพยาบาล ทางองค์การอนามัยโลกได้จัดให้เชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* ให้เป็นหนึ่งในแบคทีเรียก่อ โรคที่สำคัญในกลุ่ม ESKAPE (*Enterococcus faecium Staphylococcus aureus Klebsiella pneumoniae Acinetobacter baumannii Pseudomonas aeruginosa* และ *Enterobacter species*) และเป็นภัยคุกคามที่สำคัญอย่างรุนแรงต่อสุขภาพ โรงพยาบาล รวมทั้งผู้ป่วยที่มีการสอดใส่อุปกรณ์ทางการแพทย์ต่างๆ และจำเป็นต้องใช้ยาต้านจุลชีพชนิดใหม่อย่าง เร่งด่วน เนื่องจากเชื้อนี้สามารถดื้อต่อยาต้านจุลชีพได้หลายชนิด (WHO, 2017) ปัจจุบันทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย กำลังเผชิญปัญหาการดื้อยาต้านจุลชีพโดยเฉพาะยาในกลุ่มคาร์บาพีเนม ซึ่งเป็นยาที่นิยมใช้สำหรับการติดเชื้อ แบคทีเรียแกรมลบโดยเฉพาะ *A. baumannii* การแพร่กระจายของ carbapenem-resistant *A. baumannii* (CRAB) ที่ ผ่านมามีอัตราการดื้อยาต้านจุลชีพเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หากป้องกันไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้มีการแพร่กระจายของ CRAB ในผู้ป่วยเพิ่มขึ้น ดังรายงานการศึกษาในประเทศไทยมีการศึกษาการแพร่กระจายของ CRAB โดยพบร้อยละ 66.7 (Phumisantiphong et al., 2009) ร้อยละ 100 (Santajit et al., 2023) สหรัฐอเมริกา ร้อยละ 22 (Cai et al., 2017) และชาวดีอาร์เบย์ พบดื้อยา imipenem ร้อยละ 92 meropenem ร้อยละ 97.26 (Aloraifi et al., 2023) ซึ่ง ยาต้านจุลชีพ imipenem และ meropenem จัดอยู่ในกลุ่มคาร์บาพีเนม และเป็นยาในกลุ่มสำคัญที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่ ติดเชื้อชนิดนี้

เชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* มีกลไกการดื้อยาหลายรูปแบบซึ่งส่วนใหญ่ใช้กลไกการสร้างเอนไซม์ carbapenemase ที่ถูกควบคุมด้วยยีน  $bla_{OXA-23}$   $bla_{OXA-24}$   $bla_{OXA-51}$   $bla_{OXA-58}$  และ  $bla_{NDM}$  (Heritier et al., 2006) ออกมาทำลายโครงสร้างของยาในกลุ่ม  $\beta$ -lactamase ส่งผลให้เชื้อนี้สามารถดื้อต่อยาต้านจุลชีพกลุ่มนี้ได้ ดังเช่นใน ใต้หวัน พบโอโซเลตทั้งหมดมียีน  $bla_{OXA-51-like}$  และยีน  $bla_{OXA-23}$  ร้อยละ 93.5 ยีน  $bla_{OXA-24}$  ร้อยละ 4.6 และยีน  $bla_{IMP}$  ร้อยละ 0.9 (Hu et al., 2017) และประเทศไทยพบสายพันธุ์ CRAB ร้อยละ 84.9 สัมพันธ์กับการมียีน  $bla_{OXA-23}$  ร้อยละ 82.6 ยีน  $bla_{OXA-24}$  ร้อยละ 0.3 และ ยีน  $bla_{OXA-58}$  ร้อยละ 6.5 (Leungtongakam et al., 2018) จาก ที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* เป็นสาเหตุสำคัญของการติดเชื้อในโรงพยาบาล และคาดว่าจะมี อุบัติการณ์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การศึกษาลักษณะการดื้อยาต้านจุลชีพประกอบกับการศึกษาทางอณูชีววิทยาที่จะทำให้ทราบ ถึงกลไกการดื้อต่อยาต้านจุลชีพที่ระบาดในประเทศไทย จึงเป็นที่มาของการศึกษาค้นคว้าโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา การดื้อยาต้านจุลชีพ และรูปแบบยีนที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยาในกลุ่มคาร์บาพีเนม ของ *A. baumannii* ที่แยกได้จาก ตัวอย่างทางคลินิกของผู้ป่วยจากโรงพยาบาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### สายพันธุ์แบคทีเรีย

เชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* จำนวน 147 ไอโซเลต ที่แยกได้จากตัวอย่างผู้ป่วยจากโรงพยาบาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงปีค.ศ. 2020–2021

### การเตรียมดีเอ็นเอจากเซลล์แบคทีเรีย

เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* บนอาหาร Leeds Acinetobacter Agar Base (LAM) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง จากนั้นนำ 1 โคลนของแบคทีเรียมาเพาะเลี้ยงบนอาหาร Mueller Hinton agar (MHA) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และเก็บเซลล์แบคทีเรียที่เจริญบนอาหาร MHA ใส่หลอด microtube และเติมสารละลาย 0.85% NaCl 400 ไมโครลิตร และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12000 x g เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นดูดส่วนใสที่อยู่ด้านบนทิ้ง และเติม Tris EDTA (TE) buffer ปริมาตร 400 ไมโครลิตร ลงในตะกอนเซลล์ของแบคทีเรีย ผสมให้เข้ากัน และต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 15 นาที และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 12000 x g เป็นเวลา 3 นาที หลังจากนั้นเก็บส่วนใสด้านบนใส่หลอด microtube และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

### การทดสอบการดื้อยาต้านจุลชีพโดยวิธี Disc diffusion

เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำโคโลนีที่เจริญบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อมาปรับความหนาแน่นของเชื้อในสารละลายที่มี 0.85% NaCl ปริมาตร 5 มิลลิตร ให้ได้ความความหนาแน่นเทียบเท่ากับ 0.5 Mcfarland จากนั้นนำเชื้อป้าย (swab) บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA แล้วจึงนำยาต้านจุลชีพจำนวน 11 ชนิด ได้แก่ imipenem 10 µg/ml meropenem 10 µg/ml cefotaxime 30 µg/ml ceftriaxone 30 µg/ml cefepime 30 µg/ml amikacin 30 µg/ml ciprofloxacin 5 µg/ml levofloxacin 5 µg/ml trimethoprim/sulfamethoxazole 25 µg/ml tetracycline 30 µg/ml piperacillin/ tazobactam 110 µg/ml วางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA ที่ทำการป้ายเชื้อทดสอบแล้ว จากนั้นนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Hudzicki, 2009) บันทึกผลการทดสอบความไวต่อยาต้านจุลชีพ โดยการวัดโซนยับยั้ง (zone of inhibition) หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm) ตามมาตรฐานของ CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2021)

### การตรวจหายีน carbapenemase ด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction (PCR)

ตรวจหายีน carbapenemase เช่น ยีน *bla*<sub>OXA-23</sub> *bla*<sub>OXA-24</sub> *bla*<sub>OXA-51</sub> และ *bla*<sub>OXA-58</sub> ด้วยเทคนิค multiplex PCR โดยในหลอดปฏิกิริยาประกอบด้วยดีเอ็นเอของตัวอย่าง 2 µl และสารละลายที่ประกอบด้วย 10x PCR buffer 2.5 µl 10 mM dNTPs 0.5 µl Taq DNA polymerase 0.25 µl primers 25 pmol 0.25 µl ของไพรเมอร์แต่ละตัว



(ตารางที่ 1) แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 20  $\mu$ l กระบวนการทำ PCR ที่ 30 cycle ประกอบด้วย Initial denaturation ที่ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที denaturation ที่ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที annealing ที่ 58 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที extension ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และ final extension ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที

ตรวจหายีน *bla*<sub>NDM</sub> ด้วยเทคนิค PCR โดยในหลอดปฏิกิริยาประกอบด้วยดีเอ็นเอของตัวอย่าง 2  $\mu$ l และ สารละลายที่ประกอบด้วย 10x PCR buffer 2.5  $\mu$ l 10 mM dNTPs 0.5  $\mu$ l Taq DNA polymerase 0.5  $\mu$ l ไพโรเมอร์ แต่ละตัวปริมาณ 25 pmol 0.05  $\mu$ l (ตารางที่ 1) และเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 20  $\mu$ l กระบวนการทำ PCR ที่ 36 cycle ประกอบด้วย Initial denaturation ที่ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที denaturation ที่ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที annealing ที่ 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 วินาที extension ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที และ final extension ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที (Poirel et al., 2011) จากนั้นวิเคราะห์ขนาดของดีเอ็นเอโดยการทำให้ agarose gel electrophoresis

ตารางที่ 1 แสดงไพโรเมอร์สำหรับการตรวจหายีน carbapenemase ของ *A. baumannii*

Target gene	Amplicon size (bp)	Primer name	primer (5'- 3')	References	
<i>bla</i> <sub>OXA-23</sub>	501	OXA23-501F	GATCGGATTG-GAGAACCAGA	(Turton et al., 2006)	
		OXA23-501R	ATTTCTGA-CCGCATTCCAT		
<i>bla</i> <sub>OXA-24</sub>	249	OXA24-249F	TTCCCCTAACATGAATTTGT		
		OXA24-249R	GTACTAATCAAAGTTGTGAA		
<i>bla</i> <sub>OXA-51</sub>	353	OXA51-353F	TAATGCTTTGATCGGCCTTG		
		OXA51-353R	TGGATTGCACCTTCATCTTGG		
<i>bla</i> <sub>OXA-58</sub>	599	OXA58-599F	TGGCACGCAT-TTAGACCG		
		OXA58-599R	AAACCCACAT-ACCAACCC		
<i>bla</i> <sub>NDM</sub>	621	NDM-1 621F	GGTTTGGCGATCTGGTTTC		(Poirel et al., 2011)
		NDM-1 621R	CGGAATGGCTCATCACGATC		

#### การทดสอบการดื้อยาต้านจุลชีพโดยวิธี Broth microdilution

การหาค่าความเข้มข้นของยาที่ต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (Minimum Inhibitory Concentration: MIC) ด้วยวิธี Broth microdilution โดยเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ LBA บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำโคโลนีเดี่ยวมาเพาะเลี้ยงต่อในอาหาร Mueller Hinton broth (MHB) บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมงจนกว่าจะวัด OD ที่ 600 นาโนเมตร (nm) ได้ 0.1-0.08 จากนั้นนำมาทำ dilution จนได้เซลล์ประมาณ 10<sup>5</sup> CFU/ml และนำมาศึกษาหาค่า MIC ของ imipenem ในช่วงความเข้มข้นของยาระหว่าง 2-64  $\mu$ g/ml จากนั้นบ่มเพาะเชื้อที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นแปลผลการทดสอบของ imipenem เป็น susceptibility (MIC  $\leq$  2  $\mu$ g/ml) intermediate (MIC 4  $\mu$ g/ml) และ resistant





(MIC  $\geq 8$   $\mu\text{g/ml}$ ) โดยดูการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียจากความขุ่นภายในหลุมของแต่ละความเข้มข้นของยาต้านจุลชีพตามมาตรฐาน CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2021)

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรม StataE เวอร์ชัน 12.0 สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้ป่วย เชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ รวมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยที่ติดเชื้อ Carbapenem-resistant *A. baumannii* กับจำนวนไอโซเลตของแผนกอายุรกรรม และแผนกผู้ป่วยหนัก ด้วยการใช้สถิติแบบ Z-test โดยมีค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 (95% Confidence interval) และค่า p-value โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ p-value  $< 0.05$

### ผลการศึกษา

#### ชนิดและข้อมูลทางคลินิกของเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii*

เชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* จำนวน 147 ไอโซเลต จากโรงพยาบาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากการยืนยันสปีชีส์ด้วยการตรวจหายีน *bla<sub>OXA-51</sub>* พบร้อยละ 100 จัดเป็น *A. baumannii* โดยพบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่พักรักษาตัวในแผนกอายุรกรรมร้อยละ 57.14 และแผนกผู้ป่วยหนักร้อยละ 42.86 โดยส่งตรวจจากตัวอย่างทางคลินิกส่วนใหญ่ คือเสมหะ (sputum) ร้อยละ 78.23 ตามด้วยตัวอย่างทางคลินิกอื่นๆ ร้อยละ 21.76 เช่น เลือด ร้อยละ 7.48 ปัสสาวะร้อยละ 6.80 หนองร้อยละ 2.04 เป็นต้น และผู้ป่วยมีอายุเฉลี่ย 59.88 ปี ( $\leq 1-90$ ) (ตารางที่ 2) ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลของเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* จำนวน 147 ไอโซเลต จากโรงพยาบาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

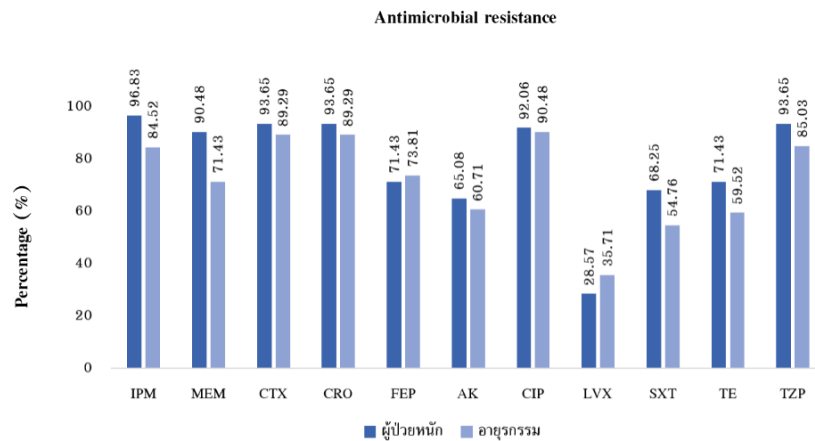
ข้อมูลทางคลินิก	ร้อยละ (จำนวนไอโซเลต)
อายุ	
น้อยกว่า 1-30 ปี	10.89 (16/147 ไอโซเลต)
31-60 ปี	30.61 (45/147 ไอโซเลต)
61-90 ปี	58.50 (86/147 ไอโซเลต)
เพศ	
ชาย/หญิง	71.42 (105/147 ไอโซเลต)/ 28.57 (42/147 ไอโซเลต)
ชนิดตัวอย่าง	
เสมหะ/อื่นๆ	78.23 (115/147 ไอโซเลต)/ 21.76 (32/147 ไอโซเลต)
แผนก (wards)	
ผู้ป่วยหนัก/อายุรกรรม	42.86 (63/147 ไอโซเลต)/ 57.14 (84/147 ไอโซเลต)

#### การทดสอบการดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* โดยวิธี Disc diffusion

การทดสอบการดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* ทั้ง 147 ไอโซเลต พบผู้ป่วยที่ติดเชื้อจาก *A. baumannii* แสดงการดื้อยาต้านจุลชีพทั้ง 11 ชนิด โดยพบเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* ดื้อต่อยา cefotaxime มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 91.16 (134/147 ไอโซเลต) รองลงมาคือ imipenem ร้อยละ 89.80 (132/147 ไอโซเลต) piperacillin/tazobactam ร้อยละ 85.03 (125/147 ไอโซเลต) meropenem ร้อยละ 79.59 (117/147 ไอโซเลต) เมื่อนำมาจำแนกการดื้อยาต้านจุลชีพในแต่ละแผนกพบว่าแบคทีเรีย *A. baumannii* แสดงการดื้อยาต้านจุลชีพ



imipenem cefotaxime ceftriaxone piperacillin/tazobactam ciprofloxacin และ meropenem ในแผนกอายุรกรรม และแผนกผู้ป่วยหนักมากกว่าร้อยละ 80 (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงการดื้อยาต้านจุลชีพของแบคทีเรีย *A. baumannii* จำนวน 147 ไอโซเลต ในแผนกผู้ป่วยหนัก (63 ไอโซเลต) และแผนกอายุรกรรม (84 ไอโซเลต) โดยวิธี Disc diffusion: imipenem (IPM); meropenem (MEM); cefotaxime (CTX); ceftriaxone (CRO); cefepime (FEP); amikacin (AK); ciprofloxacin (CIP); levofloxacin (LVX); trimethoprim/sulfamethoxazole (SXT); tetracycline (TE); piperacillin/tazobactam (TZP)

### รูปแบบการดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อ *A. baumannii*

จากการทดสอบการดื้อยาต้านจุลชีพโดยวิธี disc diffusion พบแบคทีเรีย *A. baumannii* แสดงการดื้อยาต้านจุลชีพทุกชนิดในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อนำมาจัดรูปแบบการดื้อยาต้านจุลชีพของแบคทีเรีย *A. baumannii* สามารถจัดรูปแบบการดื้อยาได้ทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่ non-Multidrug resistant *A. baumannii* (non-MDRAB) ร้อยละ 7.48 Multidrug-resistant *A. baumannii* (MDRAB) ร้อยละ 19.73 Extensively-drug resistant *A. baumannii* (XDRAB) ร้อยละ 72.79 และ Carbapenem-resistant *A. baumannii* (CRAB) ร้อยละ 91.16 (ตารางที่ 3)

รูปแบบการดื้อยาแบบ CRAB ที่พบในแผนกอายุรกรรมคิดเป็นร้อยละ 54.48 และแผนกผู้ป่วยหนัก ร้อยละ 42.52 เมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแผนกอายุรกรรม และแผนกผู้ป่วยหนัก พบว่าการแพร่กระจายของ CRAB มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.032) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 แสดงรูปแบบการดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* ของแผนกอายุรกรรม และแผนกผู้ป่วยหนัก

Wards	ร้อยละ (จำนวนไอโซเลต)			
	Non-MDRAB	MDRAB	XDRAB	CRAB
อายุรกรรม	63.64 (7/11)	72.41 (21/29)	52.34 (56/107)	54.48 (73/134)
ผู้ป่วยหนัก	36.36 (4/11)	27.59 (8/29)	47.66 (51/107)	42.52 (61/134)

non-Multidrug resistant *A. baumannii*; non-MDRAB, Multidrug-resistant *A. baumannii*; MDRAB, Extensively-drug resistant *A. baumannii*; XDRAB, Carbapenem-resistant *A. baumannii*; CRAB

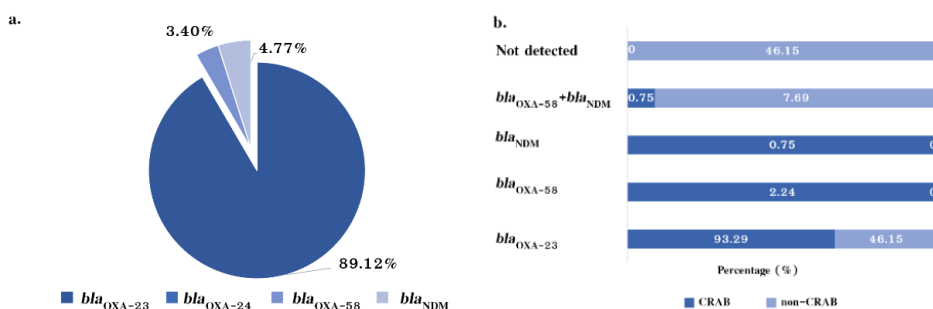


ตารางที่ 4 แสดงความแตกต่างของ carbapenem-resistant *A. baumannii* (CRAB) ของแผนกอายุรกรรม และแผนกผู้ป่วยหนัก

Wards	Isolates	CRAB (%)	p-value
อายุรกรรม	73/134	54.48	0.032
ผู้ป่วยหนัก	61/134	42.52	

#### การตรวจหายีน carbapenemase โดยเทคนิค PCR

การตรวจหายีนที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยาในกลุ่มคาร์บาพีเนมของเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* ทั้ง 147 ไอโซเลต พบยีน  $bla_{OXA-23}$  ร้อยละ 98.12 (131/147 ไอโซเลต) ตามด้วยยีน  $bla_{NDM}$  ร้อยละ 4.77 (7/147 ไอโซเลต) และยีน  $bla_{OXA-58}$  ร้อยละ 3.40 (5/147 ไอโซเลต) อย่างไรก็ตามการศึกษารังนี้ไม่พบยีน  $bla_{OXA-24}$  ในทุกไอโซเลต (รูปที่ 2a.) และจากการทดสอบการดื้อยาต้านจุลชีพในกลุ่มคาร์บาพีเนมโดยวิธี disc diffusion พบเชื้อที่จัดเป็น CRAB จึงนำมาจัดรูปแบบยีนดื้อยาของ CRAB ได้ทั้งหมด 5 รูปแบบ ได้แก่ ยีน  $bla_{OXA-23}$  ร้อยละ 93.29 (125/134 ไอโซเลต) ยีน  $bla_{OXA-58}$  ร้อยละ 2.24 (3/134 ไอโซเลต) ยีน  $bla_{NDM}$  ร้อยละ 0.75 (1/134 ไอโซเลต) และยีน  $bla_{OXA-58}$  ร่วมกับยีน  $bla_{NDM}$  ร้อยละ 0.75 (1/134 ไอโซเลต) และไม่พบยีนร้อยละ 2.98 (4/134 ไอโซเลต) ทั้งนี้พบ 13 ไอโซเลตที่ไม่แสดงการดื้อยาต้านจุลชีพกลุ่มคาร์บาพีเนม จากการทดสอบการดื้อยาต้านจุลชีพโดยวิธี disc diffusion แต่ให้ผลเป็นบวกกับยีน  $bla_{OXA-23}$  ร้อยละ 46.15 (6/13 ไอโซเลต) ยีน  $bla_{OXA-58}$  ร่วมกับยีน  $bla_{NDM}$  ร้อยละ 7.69 (1/13 ไอโซเลต) และไม่พบยีน carbapenemase ใดเลย ร้อยละ 46.15 (6/13 ไอโซเลต) (รูป 2b.)



รูปที่ 2 แสดงยีนดื้อยาต้านจุลชีพกลุ่มคาร์บาพีเนมของเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* โดย Multiplex PCR (a.) และรูปแบบยีน carbapenemase ของ CRAB 134/147 ไอโซเลต และ non-CRAB 13/147 ไอโซเลต (b.)

#### การทดสอบการดื้อยาต้านจุลชีพ imipenem โดยวิธี Broth microdilution

จากการทดสอบการดื้อยาต้านจุลชีพโดยวิธี disc diffusion และการตรวจการมีอยู่ของยีน carbapenemase ทั้ง 147 ไอโซเลต พบเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* แสดงการดื้อต่อยา imipenem ถึงร้อยละ 96.83 และสัมพันธ์กับการมียีน carbapenemase โดยพบยีน  $bla_{OXA-23}$  เป็นหลัก จึงมีการทดสอบต่อเพื่อยืนยันการดื้อต่อยา imipenem ด้วยวิธี Broth microdilution ซึ่งพบว่าเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* แสดงการดื้อยา imipenem ร้อยละ 97.95 (144/147



ไอโซเลต) และพบว่าไอโซเลตที่จัดเป็น CRAB (134/147 ไอโซเลต) แสดงการดื้อยา imipenem ร้อยละ 97.76 (131/134 ไอโซเลต) โดยมีค่า MIC<sub>50</sub> ของการดื้อยา imipenem แต่ละไอโซเลต เท่ากับ  $\geq 64$   $\mu\text{g/ml}$  (ตารางที่ 5) ตารางที่ 5 แสดงค่า Minimum inhibitory concentration (MIC<sub>50</sub> และ MIC<sub>90</sub>) ของการดื้อยาด้านจุลชีพ imipenem ของไอโซเลตที่จัดเป็น carbapenem-resistant *A. baumannii* (CRAB)

	Break point ( $\mu\text{g/ml}$ )		MIC range ( $\mu\text{g/ml}$ )	MIC ( $\mu\text{g/ml}$ )		% Resistant
	S	R		MIC <sub>50</sub>	MIC <sub>90</sub>	
Imipenem	$\leq 2$	$\geq 8$	$\geq 8 - \geq 64$	$\geq 64$	$\geq 64$	97.95

Minimum inhibitory concentration; MIC, ( $\mu\text{g/ml}$ ); MIC<sub>50</sub> คือ ค่า MIC ของ CRAB แต่ละไอโซเลต; MIC<sub>90</sub> คือค่า MIC ของ CRAB แต่ละไอโซเลต

### อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาในครั้งนี้พบผู้ป่วยติดเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* มีอายุเฉลี่ยของผู้ป่วยทั้งหมดคือ 59 ปี โดยผู้ป่วยส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไปร้อยละ 58.50 สอดคล้องกับรายงานในปีค.ศ. 2021 มีการรายงานว่าผู้ป่วยที่มีอายุตั้งแต่ 60 ไปขึ้นไปมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อดื้อยามากกว่าผู้ป่วยที่มีอายุน้อยกว่า เนื่องจากระบบต่างๆ ในร่างกายของผู้ป่วยสูงอายุมีประสิทธิภาพในการทำงานลดลง จึงมีโอกาสในการรับเชื้อสูงขึ้น (สุกัญญา บุญล้ำ, 2021) เชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* จำนวน 147 ไอโซเลต พบมาจากผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรม และแผนกผู้ป่วยหนัก จากโรงพยาบาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยไอโซเลตส่วนใหญ่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจเสมหะโดยพบมากกว่าร้อยละ 70 สอดคล้องกับการศึกษาในปีค.ศ. 2016 จากโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ที่พบว่าสิ่งส่งตรวจส่วนใหญ่แยกได้จากเสมหะมากถึงร้อยละ 53 (Juntanawiwa et al., 2016)

การทดสอบการดื้อยาด้านจุลชีพของเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* โดยวิธี Disc diffusion พบเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* แสดงการดื้อยาด้านจุลชีพ imipenem มากที่สุดมากกว่าร้อยละ 90 สอดคล้องกับศูนย์เฝ้าระวังเชื้อดื้อยาด้านจุลชีพแห่งชาติที่มีการวิเคราะห์การติดเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* ที่ดื้อต่อ imipenem ตั้งแต่ปีค.ศ. 2000 ร้อยละ 5.8-ร้อยละ 74.1 ในปีค.ศ. 2021 (ศูนย์เฝ้าระวังการติดเชื้อดื้อยาด้านจุลชีพแห่งชาติ, 2021) ทั้งนี้พบ CRAB มากกว่าร้อยละ 91.15 จากแผนกอายุรกรรมมากกว่าร้อยละ 50 และแผนกผู้ป่วยหนักมากกว่าร้อยละ 40 สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าในประเทศไทย ปีค.ศ.2022 ซึ่งพบ CRAB ร้อยละ 50 (Wasuanankun et al, 2022) และรายงานความชุกของ CRAB ในประเทศซาอุดีอาระเบีย พบดื้อยา imipenem ร้อยละ 92 meropenem ร้อยละ 97.26 (Aloraifi et al., 2023) ในปีค.ศ. 2023 โรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราชได้มีการศึกษาเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* จำนวน 995 ไอโซเลต พบว่าร้อยละ 100 แสดงการดื้อยาในกลุ่มคาร์บาพีเนม (Santajit et al., 2023)



การตรวจหายีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอนไซม์ carbapenemase ของเชื้อ CRAB ด้วยเทคนิค PCR พบว่าทั้ง 147 ไอโซเลตให้ผลบวกกับยีน  $bla_{OXA-51}$  เนื่องจากยีน  $bla_{OXA-51}$  เป็นยีนที่พบโดยธรรมชาติ (intrinsic) ของเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* และพบยีน  $bla_{OXA-23}$  มากกว่าร้อยละ 90 และยีน  $bla_{OXA-58}$  ร้อยละ 2.99 แต่ไม่พบยีน  $bla_{OXA-24}$  ในทุกไอโซเลต อย่างไรก็ตามการศึกษาค้นพบยีน  $bla_{NDM}$  ร้อยละ 1.49 ซึ่งการพบยีน carbapenemase เหล่านี้แสดงให้เห็นถึงเชื้อ CRAB มีการดื้อต่อยาต้านจุลชีพโดยอาศัยกลไกการสร้างเอนไซม์ทำลายยาต้านจุลชีพกลุ่มคาร์บาพีแนม โดยยีน  $bla_{OXA}$  type จะแปลรหัสเป็นเอนไซม์ OXA-type ต่าง ๆ เช่น OXA-23 OXA-24 OXA-51 และ OXA-58 หรือเรียกเอนไซม์กลุ่มนี้ว่า ออกซาซิลลิเนส (oxacillinases) (Feizabadi et al., 2008) สอดคล้องกับการศึกษาใน *A. baumannii* ประเทศไต้หวันพบยีน  $bla_{OXA-51}$  ทุกไอโซเลต และยีน  $bla_{OXA-23}$  ร้อยละ 85.70 (Chen et al., 2018) ปาเลสไตน์พบยีน  $bla_{OXA-23}$  ร้อยละ 82.6 และยีน  $bla_{OXA-58}$  ร้อยละ 3 (Handal et al., 2017) ในปีค.ศ. 2021 พบไอโซเลตที่มียีน  $bla_{OXA-23}$  ร้อยละ 90 (Abbaszadeh et al., 2021) ประเทศไทยพบยีน  $bla_{OXA-23}$  ร้อยละ 92.5 และ  $bla_{OXA-58}$  ร้อยละ 1.48 (Khuntayaporn et al., 2021) และโรงพยาบาลมหาราชนครศรีธรรมราชได้มีการศึกษาเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* พบทุกไอโซเลตมียีน  $bla_{OXA-51}$  ในทุกไอโซเลต ยีน  $bla_{OXA-23}$  ร้อยละ 93.60 และยีน  $bla_{NDM}$  ร้อยละ 21.21 (Santajit et al., 2023) ทั้งนี้เชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* มีกลไกการดื้อยาหลายรูปแบบ เช่น การมี efflux pump หรือการมีโปรตีน OmpA ซึ่งช่วยลดการแพร่กระจายของยาในกลุ่ม  $\beta$ -lactam เป็นต้น ทำให้อาจตรวจไม่พบยีน  $bla_{OXA}$  ในบางไอโซเลตที่มีรูปแบบการดื้อยา imipenem ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

การศึกษาในครั้งนี้แสดงผลของรูปแบบการดื้อยาต้านจุลชีพและจีโนมไทป์ ของเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจส่งผลต่อการรักษาผู้ป่วยที่ติดเชื้อแบคทีเรีย *A. baumannii* ทำได้ยากขึ้น และในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษายีนที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยาในกลุ่มคาร์บาพีแนมชนิด oxacillinases เป็นหลัก แต่ยังไม่พบบางไอโซเลตที่ตรวจไม่พบยีนในกลุ่มนี้ ทางผู้วิจัยจึงอยากเสนอแนะแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมเชิงลึกในระดับอนุชีววิทยาเพื่อให้ทราบกลไกการดื้อยาต้านจุลชีพทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เพื่อป้องกันการกระจายของเชื้อดังกล่าวต่อไป

### สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อ *A. baumannii* ทั้ง 147 ไอโซเลต ภายในโรงพยาบาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยสามารถจัดรูปแบบการดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อ *A. baumannii* ได้ 4 รูปแบบ ได้แก่ non-MDRAB MDRAB XDRAB และ CRAB ซึ่งอุบัติการณ์การดื้อยาในกลุ่มคาร์บาพีแนม ของโรงพยาบาลแห่งนี้พบมากกว่าร้อยละ 90 โดย CRAB มีการแพร่กระจายในแผนกอายุรกรรม มากกว่าร้อยละ 50 และสัมพันธ์กับการมียีน carbapenemase โดยพบความชุกของยีน  $bla_{OXA-23}$  เป็นส่วนใหญ่



### กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ และบรรลุวัตถุประสงค์ได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก ดร. ระพี ธรรมมีภักดิ์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนการดูแลเอาใจใส่ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า กราบขอบพระคุณคณะกรรมการทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง และโดยอ้อมที่คอยให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และให้กำลังใจเสมอมา

### เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์เฝ้าระวังการติดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพแห่งชาติ. (2021). สถานการณ์การดื้อยาต้านจุลชีพ.  
<https://doi.org/http://narst.dmsc.moph.go.th/>
- สุกัญญา บุญล้ำ. (2021). ปัจจัยเสี่ยงต่อการติดเชื้อดื้อยาในไอซียูศัลยกรรม 2 โรงพยาบาลสุราษฎร์ธานี. *วารสารศาสตร์สุขภาพและการศึกษา*, 1(1), 28-39.
- Abbaszadeh, F., Hasani, A., Rezaee, M. A., Sadeghi, J., Hasani, A., Oskouee, M. A., & Vahhabi, A. (2021). Genetic characterization of extensive drug resistant *Acinetobacter baumannii*: an appalling impediment. *Folia Medica*, 63(5), 726-737.
- Aloraifi, R. I., Alharthi, A. F., Almfleh, A. A., Alamri, A. H., Alobud, A. S., Bawazeer, R. A., Alswaji, A. A., Alalwan, B., Aldriwesh, M. G., & Al Johani, S. M. (2023). Prevalence of carbapenem non-susceptible gram-negative bacteria at tertiary care hospitals in Saudi Arabia. *Cureus*, 15(1).
- Cai, B., Echols, R., Magee, G., Arjona Ferreira, J. C., Morgan, G., Ariyasu, M., Sawada, T., & Nagata, T. D. (2017). Prevalence of carbapenem-resistant gram-negative infections in the United States predominated by *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Open forum infectious diseases*, 4(3), 176.
- Chen, C.-H., Kuo, H.-Y., Hsu, P.-J., Chang, C.-M., Chen, J.-Y., Lu, H. H.-S., Chen, H.-Y., & Liou, M.-L. (2018). Clonal spread of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* across a community hospital and its affiliated long-term care facilities: a cross sectional study. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 51(3), 377-384.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2021). *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing 31<sup>st</sup> ed. CLSI supplement M100*.
- Feizabadi, M., Fathollahzadeh, B., Taherikalani, M., Rasoolinejad, M., Sadeghifard, N., & Aligholi, M. (2008). Antimicrobial susceptibility patterns and distribution of *bla<sub>OXA</sub>* genes among *Acinetobacter* spp. Isolated from patients at Tehran hospitals. *Jpn J Infect Dis*, 61(4), 274-278.
- Handal, R., Qunibi, L., Sahouri, I., Juhari, M., Dawodi, R., Marzouqa, H., & Hindiyeh, M. (2017). Characterization of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* strains isolated from hospitalized patients in Palestine. *International journal of microbiology*, 2017, 1-7.



- Heritier, C., Poirel, L., & Nordmann, P. (2006). Cephalosporinase over-expression resulting from insertion of IS<sub>Aba1</sub> in *Acinetobacter baumannii*. *Clinical microbiology and infection*, *12*(2), 123–130.
- Hu, Y.-F., Hou, C. J.-Y., Kuo, C.-F., Wang, N.-Y., Wu, A. Y.-J., & Leung, C.-H. (2017). Emergence of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* ST787 in clinical isolates from blood in a tertiary teaching hospital in Northern Taiwan. *Microbiology, Immunology and Infection* *50*, 640–645.
- Hudzicki, J. (2009). Kirby–Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. *American society for microbiology*, *15*, 55–63.
- Juntanawiwa, P., Thunyaharn, S., Visawapoka, U., Samosornsuk, W., & Samosornsuk, S. (2016). Prevalence of OXA-type carbapenemase genes in carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* isolates from patients in intensive care unit at Phramongkutklo Hospital. *Archives of Allied Health Sciences*, *28*(2), 120–128.
- Khuntayaporn, P., Kanathum, P., Houngsaitong, J., Montakantikul, P., hirapanmethee, K. T., & Chomnawang, M. T. (2021). Predominance of international clone 2 multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* clinical isolates in Thailand: a nationwide study. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, *20*, 1–11.
- Leungtongkam, U., Thummeepak, R., Wongprachan, S., Thongsuk, P., Kittit, T., Ketwong, K., Runcharoen, C., Chantratita, N., & Sitthisak, S. (2018). Dissemination of *bla*<sub>OXA-23</sub>, *bla*<sub>OXA-24</sub>, *bla*<sub>OXA-58</sub>, and *bla*<sub>NDM-1</sub> Genes of *Acinetobacter baumannii* Isolates from Four Tertiary Hospitals in Thailand. *Microbial Drug Resistance*, *24*(1), 55–62.
- Phumisantiphong, U., Diraphat, P., Utrarachkij, F., & Uaratanawong, S. (2009). Clonal spread of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* in the patients and their environment at BMA. *J Med Assoc Thai*, *92*(7), S173–180.
- Poirel, L., Walsh, T. R., Cuvillier, V., & Nordmann, P. (2011). Multiplex PCR for detection of acquired carbapenemase genes. *Diagnostic microbiology and infectious disease*, *70*(1), 119–123.
- Santajit, S., Bhoopong, P., Ngoen, T. K., Tunyong, W., Horpet, D., Paehoh-ele, W., Zahedeng, T., Pumira, P., Sookrung, N., Hinthong, W., & Indrawattana, N. (2023). Phenotypic and Genotypic Investigation of Carbapenem-Resistant *Acinetobacter baumannii* in Maharaj Nakhon Si Thammarat Hospital Thailand. *Antibiotics*, *12*, 580.
- Turton, J. F., Ward, M. E., Woodford, N., Kaufmann, M. E., Pike, R., Livermore, D. M., & Pitt, T. L. (2006). The role of IS<sub>Aba1</sub> in expression of OXA carbapenemase genes in *Acinetobacter baumannii*. *FEMS microbiology letters*, *258*(1), 72–77.
- Wasuanankun, S., Phumisantiphong, U., & Tantracheewathorn, T. (2022). Epidemiologic Study of Ventilator Associated Pneumonia in Neonatal Intensive Care Unit. *Journal of Urban Medicine*, *66*(1).
- WHO. (2017). Global priority list of antibiotic-resistant bacteria to guide research, discovery, and development of new antibiotics. *Who*, *2017*, 1–7.



## Development of computational thinking learning activities using phenomenon-based learning with innovative project-based learning to enhance learning and innovation skills for 2<sup>nd</sup> year junior high school students

Sudarat Wongyos<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Chiang Rai Municipality School 5 Denha, Chiang Rai, 57000

\*Corresponding author. E-mail: mssuda33@gmail.com

### Abstract

The purposes of this research were: (1) Develop efficient computational thinking learning activities for 2<sup>nd</sup>-year junior high school students to enhance learning and innovation skills, using phenomenon-based learning and innovative project-based learning (target: 80/80 effectiveness criteria); (2) Study on the effects of learning activities based on computational thinking to enhance learning and innovation skills; and (3) Evaluate student satisfaction with the learning activities and their perceived impact on learning and innovation skills development. The research sampling group consisted of 40 students studying in the 2<sup>nd</sup> year of junior high school at Chiang Rai Municipality School 5 Denha during the 1st semester of 2021. They were selected using the cluster random sampling method, and the chosen classroom was 2/3. The research instruments consisted of related lesson plans, learning achievement test, learning and innovation skills test, and a satisfaction questionnaire. Data were collected by evaluating the results both during and after the use of the learning activities. Statistical data were analyzed using percentage, mean, standard deviation (S.D.), and the Dependent Sample T-test. The research results showed the following: (1) The efficiency values (E1/E2) of the learning activities were 86.82/86.77, which were higher than the effective criteria of 80/80, indicating greater satisfaction; (2) The achievement posttest scores and the learning and innovation skills test scores were higher than the specified standard criteria of a 70% threshold and statistically significant at the .01 level. The achievement learning test score was 86.77 percent, and the learning and innovation skills test score was 86.48 percent; and (3) The overall satisfaction level of the students after learning was the highest (mean = 4.63, S.D. = 0.49).

**Keywords:** Computational thinking, Phenomenon-based learning, Project-based learning, Learning and Innovation skills





## Introduction

Technology plays a crucial role in education management, enhancing teaching and learning processes. It serves as a medium for conveying information, improving efficiency, and promoting sustainable education. This aligns with the learner-centric approach (Ministry of Education, 2009). In the 21st century, education has evolved to emphasize not only core content but also essential skills including life and career skills, learning and innovation skills, and information, media, and technology skills (Partnership for 21st Century Skills, 2009). It was consistent with (Panich, 2011) referred to 21st century learning method, which learning in the students should learn themselves. Teachers can only guide to design activities that allow each student to assess their own learning progress. Content learning should prioritize core subjects, while integrating 21st-century skills like computational thinking, which enhances problem-solving and analytical abilities (Wing, 2013)

Finland has introduced Phenomenon-based Learning (PhenoBL) as a modern educational approach, which was officially incorporated into the new Basic Education Core Curriculum in 2014 (Zhukov, 2015). This approach utilizes multidisciplinary learning modules and integrated teaching across subjects through Phenomenon-based projects. Students explore authentic phenomena holistically, focusing on real-life issues to develop transversal competencies and create meaningful educational experiences (Silander, 2015; Mahawijit, 2017). Phenomenon-based Learning incorporates a Project-based learning approach rooted in constructivist theory. It enables learners to progress collaboratively and at their own pace, emphasizing pragmatism and following students' interests. This approach fosters systematic learning, allowing students to discover new knowledge through hands-on experiences. It aligns with John Dewey's concept of "Learning by doing," which views education as a process of living rather than mere preparation for the future (Efstratia, 2014). In the 21st century, the development of learning and innovation skills is crucial for Thai youth to enhance their economic and social competitiveness. Effective learning designs are necessary to cultivate students' abilities in learning and innovation. This entails a problem-solving-oriented learning process that emphasizes the practical application of knowledge to real-world challenges, enabling students to develop essential competencies (Office of the National Economic and Social Development Board, 2011). To promote computational thinking and innovation skills, learning activities should focus on encouraging self-directed learning and collaboration among students (Krulik & Rudnick, 1993). Student-centered learning is essential in educational activities, as it recognizes the



potential of all students to learn and grow. Phenomenon-based Learning (PhenoBL) and Project-based Learning (PBL) are integrated teaching methods rooted in constructivist theory. PhenoBL revolves around authentic phenomena, while PBL enables students to explore these phenomena through collaborative projects. This approach fosters cross-disciplinary learning, student autonomy, and the development of 21st-century skills. Overall, these innovative approaches create meaningful and authentic learning experiences that nurture curiosity, creativity, and problem-solving abilities in students.

At Chiang Rai Municipality School 5 Denha, the Computing Science course for second-year junior high school students had an assessment revealing that students scored only 67% in learning achievement for Unit 1: Learning of Computational Thinking. Additionally, their scores on the learning and innovation skills test were below the school’s internal quality assessment threshold of 70%.

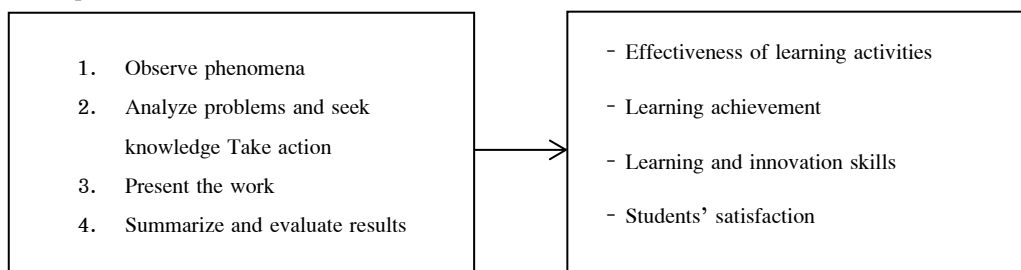
The researcher emphasizes the importance of computational thinking in education and proposes a project-based learning approach with an innovation focus for second-year junior high school students. The objective is to enhance learning and innovation skills, improve learning achievement scores, and develop students’ ability to lead fulfilling lives in society.

#### Research Objectives

1. Develop efficient computational thinking learning activities for 2<sup>nd</sup>-year junior high school students to enhance learning and innovation skills, using phenomenon-based learning and innovative project-based learning (target: 80/80 effectiveness criteria).
2. Study on the effects of learning activities based on computational thinking to enhance learning and innovation skills
3. Evaluate student satisfaction with the learning activities and their perceived impact on learning and innovation skills development.

#### Materials and Methods

##### Conceptual Framework





## Research Instrument

### 1. Research instruments

1.1 The seven lesson plans, combining phenomenon-based learning and innovative project-based learning, were divided into 14 periods, with each plan allotted two 50-minute periods. Expert evaluation of the lesson plans revealed a high level of appropriateness, with an average score of 4.92.

1.2 The computational thinking learning activities for 2<sup>nd</sup>-year junior high school students involved phenomenon-based learning and innovative project-based learning. The activities included decomposition, pattern recognition, abstraction, algorithm, innovative project design, innovative project creation, and presentation of innovative projects. Five experts evaluated the lesson plans, yielding an average score of 4.93. The subsequent implementation with a different group of students resulted in an efficiency score of 86.51/86.04, surpassing the efficiency criterion of 80/80.

### 2. Data collecting instrument

2.1 A learning achievement test comprising 40 multiple-choice items was developed to evaluate students' learning outcomes following their engagement in computational thinking activities. The test specifically focused on the Learning of Computational Thinking unit. Five experts evaluated the index of item objective congruence (IOC) Tuntavanitch & Jindasri (2018) ensuring appropriateness with IOC values ranging from 0.60 to 1.00. During the trial run, the test demonstrated a moderate difficulty index (P: 0.20–0.80), good discriminant ability (R: >0.30), and high reliability coefficient of 0.92 (KR-20 formula) (Kuder and Richardson, 1937).

2.2 The learning and innovation skill test comprised 40 multiple-choice items evaluated for item objective congruence (IOC) by five experts, based on Tuntavanitch and Jindasri's (2018) guidelines. The IOC values ranged from 0.60 to 1.00. The test items exhibited a difficulty index (P) ranging from 0.45 to 0.70, a discriminant index (R) ranging from 0.34 to 0.86, and a high reliability coefficient of 0.95.

2.3 The satisfaction questionnaire used a 5-level rating scale to assess students' perception of learning through computational thinking activities employing phenomenon-based learning and innovative project-based learning. The questionnaire underwent evaluation for item objective congruence (IOC) by five experts, following



the guidelines of Tuntavanitch and Jindasri (2018). The IOC values ranged from 0.65 to 1.00, and the questionnaire demonstrated a high reliability coefficient of 0.95.

#### Data Collection

1. Gathered data through focus group discussions in March 2020 to understand the needs of administrators and teachers who taught Computational Science at Chiang Rai Municipality School 5 Denha.
2. Designed and developed computational thinking learning activities, evaluated by experts for item objective congruence and conducted a trial run with an experimental group of students from April to September 2020.
3. Assessed the efficiency of the computational thinking learning activities by analyzing the results of the activities and the learning achievement of the sampling group. Collected data from learning achievement and learning and innovation skill tests from June to September 2021.
4. Assessed satisfaction by collecting data from the sampling group, administrators, and teachers after implementing the computational thinking learning activities in September 2021.

#### Data analysis

1. Content analysis will be used for the fundamental data analysis of the computational thinking learning activities.
2. Instrument quality analysis will assess validity and reliability, including content validity, item objective congruence (IOC), and reliability of various components such as lesson plans, learning achievement, satisfaction questionnaire, and learning and innovation skills test.
3. Efficiency analysis will calculate the percentage of improvement or success achieved through the computational thinking learning activities.
4. Comparative analysis will compare learning achievement and learning and innovation skills using statistical methods such as T-test, mean, percentage, and standard deviation (S.D.) against a criterion of 70 percent.
5. Satisfaction analysis will calculate the mean and standard deviation (S.D.) of the collected satisfaction data.

#### Research Methods

Step 1: involves gathering basic information and understanding the needs of three teachers who teach Computing Science at Chiang Rai Municipality School 5 Denha. This includes analyzing educational policy and



the National Education Plan, examining the Basic Education Core Curriculum and learning standards, evaluating teaching and learning management in the Computing Science course, and studying theories and research related to computational thinking learning activities. Interviews with the teachers are conducted to gather their needs and perspectives on developing computational thinking learning activities.

Step 2 involves designing and developing computational thinking learning activities using phenomenon-based learning with innovative project-based learning to enhance learning and innovation skills. The methods used in this step include designing comprehensive lesson plans, developing research instruments (learning achievement assessment, learning and innovation skills test, and students' satisfaction questionnaire), validating the instruments with experts, implementing the instruments through an experiment with 2<sup>nd</sup>-year junior high school students, and analyzing the collected data using percentages and means. The results are presented through tables and lectures to provide a clear overview of the effectiveness of the learning activities.

Step 3: this study aimed to assess the effectiveness of computational thinking learning activities. It involved 36 students in their second year of junior high school at Chiang Rai Municipality School 5 Denha. The students were selected from two-thirds of the classrooms using cluster random sampling. The research employed various methods, including the application of computational thinking learning activities aligned with Unit 1: Computational Concepts of the Core Curriculum of Basic Education 2008 and the Learning Standard Benchmarks and Indicators of the Science and Technology Department (3<sup>rd</sup> revised edition). The study evaluated the effectiveness of these activities and assessed learning achievement and innovation skills. It also involved comparing students' learning achievement and innovation skills against a specified 70 percent threshold. Data analysis was conducted using means, standard deviation, and T-tests. The results were presented through tables and lectures.

Step 4: assessed student satisfaction with computational thinking learning. A satisfaction questionnaire was used, and statistical analysis included percentage, mean, and standard deviation (S.D.). Results were presented through tables and lectures.



### Results

The research developed computational thinking learning activities using phenomenon-based learning with innovative project-based learning to enhance learning and innovation skills for 2<sup>nd</sup>-year junior high school students. The activities included Decomposition, Pattern Recognition, Abstraction, Algorithm, Innovative project design, Innovative project creation, and Presentation of innovative projects. The efficiency evaluation of these activities is summarized in Table 1.

**Table 1 :** The efficiency scores of the computational thinking learning activities.

Efficiency	Number of Student	Score	Average score	Percentage	Meaning
During class/Process (E <sub>1</sub> )	36	280	34.73	86.82	Higher
After class/Result (E <sub>2</sub> )	36	40	34.71	86.77	Higher
$E_1/E_2 = 86.82/86.77$					

The efficiency scores of the computational thinking learning activities for Decomposition and Pattern Recognition were 86.82% and 86.77% respectively, indicating their high effectiveness in enhancing learning and innovation skills for 2<sup>nd</sup>-year junior high school students. However, the efficiency scores for other activities were not provided.

Regarding learning achievement, the comparative results of the posttest after using computational thinking learning activities are presented in Table 2.

**Table 2 :** Comparative results of learning achievement (posttest) specified with 70% standard criteria.

Grade	Number of Student	Average	Percentage	Standard Deviation	t
After learning	36	34.71	86.77	1.50	26.82
70 % standard criteria	36	28.00	70.00	-	

\*\*Statistically significant at .01 level



Table 2 is showed the learning achievement scores from using computational thinking learning activities surpassed the required 70% standard criteria with statistical significance at the .01 level, indicating a significant improvement in learning and innovation skills.

Regarding the learning and innovation skills, the comparative results of the posttest after using computational thinking learning activities are presented in Table 3.

**Table 3 :** The comparative results of the learning and innovation skills specified with 70% standard criteria

Grade	Number of Student	Average	Percentage	Standard Deviation	t
After learning	36	25.94	86.48	162.	18.31
70 % standard criteria	36	21.00	70.00	-	

\*\*Statistically significant at .01 level

Table 3 demonstrates that the learning and innovation skills of 2<sup>nd</sup>-year junior high school students significantly exceeded the 70% standard criteria after implementing the computational thinking learning activities.

Regarding students’ satisfaction, the information indicates a high level of satisfaction after learning the computational thinking activities. However, no specific details or data were provided regarding students’ satisfaction.

**Table 4 :** Students’ satisfaction results after learning computational thinking learning activities.

Assessment	$\bar{X}$	S.D.	Meaning
Learning activities	4.69	0.48	Highest
Assigned activities	4.61	0.49	Highest
Measurement and Evaluation	4.60	0.49	Highest
<b>Overall average</b>	<b>4.63</b>	<b>0.49</b>	<b>Highest</b>

Table 4 showcases the overall highest level of students’ satisfaction with the computational thinking learning activities. The mean satisfaction score was 4.63, with a standard deviation of 0.49. This indicates a generally high level of satisfaction among the 2<sup>nd</sup>-year junior high school students who participated in the program.



## Discussion

1. The seven learning activities include decomposition, pattern recognition, abstraction, algorithm, innovative project design, innovative project creation, and presentation. These activities promote problem-solving, individual and group work, and enable students to find their own solutions. The development of computational thinking learning activities using phenomenon-based learning and innovative project-based learning for 2<sup>nd</sup>-year junior high school students enhances problem-solving skills, understanding of problems, and the ability to find correct answers. It involves both individual and group work, promoting collaboration and teamwork among students. This approach has been validated by Weerasin and Akthimakul (2019) research, which showed a success rate of 86.82/86.77, surpassing the effectiveness criteria of 80/80. The success of the computational thinking learning activities can be attributed to the systematic approach used in the development process. This involved studying the curriculum, analyzing relevant documents and research, aligning with learning standards, and ensuring expert review. The efficiency of the activities, which utilized project-based learning with 5 STEPs and coaching, resulted in a success rate of 86.82/86.77, surpassing the effectiveness criteria of 80/80. Another study by Jantorn et al., (2019) on a computer learning activity set based on constructivist theory also showed an efficiency rate of 83.45/81.40, exceeding the effectiveness criteria.

2. The efficiency evaluation of the computational thinking learning activities exceeded the required 70% standard criteria, with statistical significance at the .01 level. The success can be attributed to the student-centered learning management process, which enhances learning and innovation skills through engaging in innovative-based learning. Students effectively understood the lessons and completed their tasks within the given timeframe. These findings align with the research conducted by Pitchayapusit and Lincharoen (2020), which showed significantly higher learning and innovation skills results, surpassing statistical significance at the .05 level. The learning activities designed according to the STEM approach aimed to develop three key learning and innovation skills: creativity and innovation skills, creative thinking skills and problem-solving, and communication and cooperation. These activities challenged students to integrate their knowledge and skills, leading to the generation of unique ideas and solutions. The comparative results of the computational thinking learning activities with innovation project-based learning exceeded the 70% standard criteria with statistical significance at the .01 level. This success can be attributed to the easy understanding of the learning management





processes and the students' curiosity in identifying and exploring problems. The incorporation of social media platforms allowed students to exchange ideas, solve problems confidently, and take pride in their problem-solving abilities. The research conducted by Wongsawang & Panwattanaphisut (2021) showed that project-based learning improved learning skills and innovation among nursing students. Similarly, Techaphol et al., (2021) found that knowledge inquiry and phenomenon-based learning enhanced learning and innovations skills toward Science Learning among Mathayomsuksa 2 students. Another study by Butkatunyoo, (2018) demonstrated that phenomenon-based learning facilitated the development of 21st century skills among graduate students pursuing a master's degree in early childhood education, leading to meaningful learning and recognition of practical applications.

3. The study found that students were highly satisfied with the computational thinking learning activities. This high satisfaction can be attributed to the development of students' learning abilities and innovation skills, which facilitated their continuous progress. This finding is consistent with the research by Khamanee (2017) on problem-based instruction and its impact on learners' understanding and thinking skills. It also aligns with the study by Mahawijit (2019) which demonstrated high satisfaction with phenomenon-based learning combined with active learning. Moreover, the findings of Dewantara et al. (2019) support this notion, as their study on information perception of students using phenomenon-based learning revealed that 77.65% of students experienced the highest level of happiness, 19.91% of students felt happy, and only 2.44% of students were less happy with the learning management results.

### Conclusions

1. The computational thinking learning activities using phenomenon-based learning with innovative project-based learning to enhance learning and innovation skills of 2<sup>nd</sup>- year junior high school students consists of 7 learning activities: 1) Decomposition 2) Pattern Recognition 3) Abstraction 4) Algorithm 5) Innovative project design 6) Innovative project creation and 7) Presentation of innovative projects. The efficiency scores of the computational thinking learning activities that is equal to 86.82 and 86.77 percent in respectively that higher than the effective criteria of 80/80.



2. The achievement test (posttest) score and the learning and innovation skills after using the computational thinking learning activities was higher than the required 70% standard criteria with statistical significance at the .01 level.

3. The overall highest students' satisfaction level after learning via the computational thinking learning activities using phenomenon-based learning with innovative project-based learning to enhance learning and innovation skills of 2<sup>nd</sup> year junior high school students

### Suggestions

Suggestions for applying research findings:

1. The computational thinking learning activities should be integrated into other learning processes to enhance a wider range of skills.

2. The application of computational thinking learning activities should be expanded to different subjects and units to foster academic achievement.

Suggestions for further research:

Based on the findings of promoting learning skills and innovation through learning activities, it is evident that there is limited development in critical thinking and problem-solving skills. Therefore, future research should focus on enhancing critical thinking skills and problem-solving abilities to a higher level.

### References

- Butkatunyoo, O. (2018). Learning management using phenomenon-based learning to create a holistic perspective and access to the real world of learners. *Journal of Education Chulalongkorn University*, 46(2), 348-365.
- Dewantara, I., Suandi, I. N., Rasna, I. W., & Putrayasa, I. B. (2019). Cultivating students' interest and positive attitudes towards Indonesian language through phenomenon-text based information literacy learning. *International Journal of Instruction*, 12(2), 147-162.
- Efstratia, D. (2014). Experiential education through project-based learning. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 152, 1256-1260.



- Jantorn, S., Thammasarunyakun, N., Prasarn, O., & Anupapsanyakorn, P. (2019). Development of Continuous Computer-based Learning Activities based on Creative Thinking Theory to Enhance Creative Thinking Skills of Grade 10 Students. *Research Journal of Social Sciences and Humanities*, 3(2), 19-30.
- Khamanee, T. (2017). Teaching Science : Knowledge for the learning process effective. Bangkok : Chulalongkorn University.
- Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1993). Reasoning and Problem Solving: A Handbook for Elementary School Teachers. Massachusetts: Allyn and Bacon.
- Kuder, G. F., & Richardson, M. W. (1937). The theory of estimation of test reliability. *Psychometrika*, 2(3), 151-160.
- Mahawijit, P. (2017). Learning innovation from Finland. *IPST Magazine*, 45(209), 40-45.
- Mahawijit, P. (2019). Application of phenomenon-based learning concepts with proactive learning in elementary education to enhance learning skills in the 21st century. *Journal of Education, Khon Kaen University*, 42(2), 73-90.
- Ministry of Education. (2009). Core Curriculum for Basic Education, B.E. 2551 (2008 AD). Bangkok: Cooperative League of Thai Farmers Limited.
- Office of the National Economic and Social Development Board. (2011). National Economic and Social Development Plan, 4th Edition 10 (B.E. 2550-2554). Bangkok: Office of the Prime Minister.
- Panich, W. (2011). Guidelines for learning management for the ASEAN Community. Bangkok: Agricultural Cooperatives Association of Thailand Limited.
- The Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills. (2009). Framework for 21st Century Learning. Battelle for Kids. <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>
- Pitchayapusit, W., & Lincharoen, W. (2020). The development of learning activities in chemistry course on chemistry reaction rates according to the STEM education guidelines to promote learning and innovation skills for grade 5 secondary school students. *Social Sciences Research and Academic Journal*, 15(3), 89-104.



Silander, P. (2015). Phenomenon based learning. Phenomenal Education.

<http://www.phenomenaleducation.info/phenomenon-based-learning.html>

Tuntavanitch, P., & Jindasri, P. (2018). The real meaning of IOC. *Journal of Educational Measurement Mahasarakham University*, 24(2), 3-12

Techaphol, P., Nantachat, K., & Passako, S. (2021). Development of learning activities by applying knowledge seeking together with phenomenon-based learning that promotes analytical thinking ability and attitude towards science learning of Mathayomsuksa 2 students. *Journal of Teacher Education Udon Thani Rajabhat University*, 19(1), 120-130.

Weerasin, W., & Akthimakul, S. (2019). Developing a learning activity series using problem-solving processes as a base for the study of electromagnetic waves. *Narathiwat Rajanagarindra University Journal*, 6(2), 48-59.

Wing, J. M. (2013). Computational thinking. Carnegie Mellon University School of Computer science. <https://www.cs.cmu.edu/~15110s13/Wing06-ct.pdf>.

Wongsawang, N., & Panwattanaphisut, S. (2021). The effect of using project-based learning on learning skills and innovation based on student feedback. *Journal of King Mongkut's College of Nursing, Phetchaburi Province*, 4(1), 130-143.

Zhukov, T. (2015). Phenomenon-based Learning: What is PBL?. Noodle.

<https://www.noodle.com/articles/phenomenon-based-learning-what-is-pbl>.



## Development of PARTNER model for new normal administrative school to enhance educational quality at Chaing Rai municipality school 8 Banmai

Mongkol Baisaeng<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Chiang Rai Municipality Office, Chiang Rai Municipality School 8 Banmai, Chiang Rai, 57100

\* Corresponding author. E-mail: Mongkolbaisang@gmail.com

### Abstract

The purposes of this research were as follows: 1) to study the current conditions, problems, and needs in the development of the PARTNER Model for the New Normal administrative school, aiming to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai, 2) to develop the PARTNER Model, 3) to apply the PARTNER Model in order to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai and 4) to evaluate the PARTNER Model. The research was conducted using Research and Development methods. The research instruments included satisfaction questionnaires, semi-structured interview forms, an outline assessment, a manual of the PARTNER Model, and suitability and possibility evaluation forms. Data analysis and statistics involved content analysis, percentages, and standard deviation. The research results showed that the PARTNER Model for the New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai consisted of five main components: principles and reasons, objectives, the PARTNER Model itself, administrative mechanisms, and success criteria. The evaluation by experts confirmed that the PARTNER Model received the highest level of appropriateness and feasibility. After implementing the model in the academic year 2022, it was found to be highly appropriate according to stakeholders and the operators expressed the highest level of satisfaction.

**Keywords :** Model of school administration, New Normal Administration, to enhance educational quality

### Introduction

Schools enhance education through reforms to improve quality and develop competent individuals. The National Education Plan prioritizes 21st-century skills, social norms, good health, and moral ethics. Key factors for success include high standards, aligned curriculum, resources, innovative teaching, appropriate assessments, and effective evaluations (Uppamaiathichai, 2017; Niyamabha, 2021). Past educational reforms in Thailand faced challenges due to centralized administration, political influence, and other factors (Manokarn, 2018). Innovative learning approaches are crucial to address these issues and foster 21<sup>st</sup>-century skills among students.



In the modern world, 21st-century skills such as studiousness, creative thinking, collaboration, technology proficiency, and desirable attitudes are vital (Saavedra & Opfer, 2012). Complex thinking, learning, and communication are the most important skills for students today, emphasizing active learning over memorization. Education management plays a crucial role in equipping individuals for ongoing changes, emphasizing lifelong learning and breaking away from traditional paradigms (Office of the Basic Education Commission Ministry of Education, 2018). Understanding departmental needs and management guidelines is essential for effective school education policies (Education Council Secretariat Ministry of Education, 2015). Community-Based Learning (CBL) integrates Project-Based Learning (PBL) and Place-Based Learning (PBL) to manage learning in connection with community organizations and mechanisms (Phanich, 2014). Unlike traditional Reception Learning, CBL promotes Discovery Learning, encouraging learners to actively explore knowledge and develop problem-solving skills (Janjamsai, 2015). CBL aligns with the Basic Education Core Curriculum 2008, fostering competencies in communication, thinking, problem-solving, life skills, and technology (Phanich, 2014).

The COVID-19 outbreak has necessitated the adoption of the “New Normal” lifestyle in Thai society, impacting the education system. Technology skills have become crucial, and education management needs to incorporate new technologies for accessible teaching and learning (Wiratkasem, 2021). Effective management of students is essential, including preventive measures and support to address challenges from changing social conditions (Suwannik, 2021). In the New Normal, educational institutions must adhere to quality standards outlined in the National Education Act, with decentralization of administration and education management (Section 39). The government aims to enhance education quality and standards, expand access to quality learning, and encourage societal participation in educational administration and management through educational reform frameworks (The Secretariat of the Council of Education, 2009). The goal is to prepare for 21st-century changes and create an environment that fosters the development of individuals and society (The Office for National Education Standards and Quality Assessment (Public Organization), 2013).

Chiang Rai Municipality School 8 Banmai has prioritized quality education by implementing a parallel curriculum in collaboration with Ongkharak Demonstration School, Srinakharinwirot University. The curriculum focuses on innovation, teaching in Thai and English, and includes Math, Science, and Phonics taught by foreign



English-speaking teachers. Active learning methods are employed, promoting hands-on experiences and student engagement. The school aims to develop knowledgeable, skilled students with strong moral values, ethics, discipline, and environmental awareness. The sufficiency economy philosophy is integrated into teaching methods, fostering students' potential and aligning with international standards for practical application.

### **Materials and Methods**

#### Research purposes

1. To study the current conditions, problems and needs in the development of PARTNER Model for New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai
2. To develop and check the development of PARTNER Model for New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai
3. To apply the PARTNER Model in order to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai
4. To evaluate PARTNER Model for New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai

#### Research Methods

The PARTNER Model for improving educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai followed a Research and Development approach. The process involved four steps:

Step 1: Research analysis (R1) examined the current and desired situations for implementing the New Normal administrative school model at the school.

Part 1: Studying the educational administration concepts, quality management using the Deming cycle, the New Normal administrative school concept, and model development.

1. Methods: The researcher used research and data analysis methods to synthesize components and indicators for the model. This led to the creation of a conceptual framework and a questionnaire to assess the current and desired conditions for the New Normal administrative school.

2. Population and sample group: The study population included 2 school administrators, 20 teachers, 15 basic education committees, and 487 parents of students. The sample group consisted of 2 school



administrators, 20 teachers, and 15 basic education committees. Data were collected from 215 individuals and parents, and the sample was compared to the total population using Krejcie and Morgan’s table (Krejcie & Morgan, 1970).

3. Research instrument: A questionnaire was developed to evaluate the current and desired conditions for implementing the New Normal administrative school model at a specific school. The questionnaire used a 5-level Likert scale for estimation (Likert, 1932). The development and quality inspection of the questionnaire involved studying school administration concepts, synthesizing components into a framework, and having it reviewed by five experts. The questionnaire items were selected based on content validity criteria, and revisions were made based on expert recommendations. A trial of the questionnaire was conducted with 20 teachers, and its reliability was assessed using Cronbach’s alpha coefficient, (Cronbach, 1970).

4. Data collection: A meeting was organized with teachers and parents to clarify the research objectives related to enhancing educational quality through the New Normal administrative school approach at the specific school. Data were collected from the designated sample group, ensuring the completeness of the questionnaire.

5. Data analysis: The researcher performed data analysis using frequency distribution and percentages. An essay included a table to present the analyzed needs and prioritize the model. The Modified Priority Needs Index (PNI) technique was utilized to identify and compare differences.

Part 2) The researcher studied three Best Practice model administrative schools from 2018 to 2020. The schools selected were Chiang Rai Municipality School 7 Fangmin, Chiang Rai Municipality School 1 Srikird, and Chiang Rai Municipality School 2 Nong Bua.

1. Method: The researcher conducted interviews with one school administrator and one assistant director from each of the Best Practice schools, totaling six participants.

2. Research instrument: A semi-structured interview form was used for the research. The form was developed, edited based on expert recommendations, and reviewed to ensure alignment with objectives and terminology definitions. Questions with a concordance value of 0.60 or higher were selected.

3. Data collection: Individual interviews were conducted with the informants from the selected schools. Detailed notes, a voice recorder, and a camera were used to accurately document the provided information.





4. Data analysis: Content analysis was performed on the interviews, with a specific focus on the Best Practice model administrative schools.

Step 2 : Development of school administration model (Development : D1)

1. Method : The initial phase of the study involved reviewing theories, concepts, documents, and existing research to inform the development of the PARTNER Model for a New Normal administrative school. Data analysis and feedback from a focus group of nine experts were used to revise and improve the model's outline. A comprehensive manual was prepared, providing guidance on the application of the developed PARTNER Model at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai to enhance educational quality.

2. Research instrument: An assessment form and a manual were created to evaluate the development of the PARTNER Model and its impact on educational quality at the school, as well as to provide guidance on its implementation.

3. Data collection: Data collection involved presenting the PARTNER Model's development outline to the experts in a focus group discussion, using the generated assessment form to gather feedback. The collected data were categorized into quantitative and qualitative parts, which were analyzed using appropriate methods. Based on the experts' recommendations, necessary improvements were made to the model. As a result, a comprehensive PARTNER Model for a New Normal administrative school to enhance educational quality was developed. The researcher has completed this phase and is ready to proceed to the next step.

Step 3 : Try out (Research : R2)

A trial of the PARTNER Model for New Normal administrative school was conducted at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai to enhance educational quality. A One Group Post-test Only design was used, and content analysis was performed on important documents to extract practical lessons. The following steps were followed:

1. Method: The implementation of the Model manual and evaluation methods was explained to the assistant director, teachers, and the basic education committee of Chiang Rai Municipality School 8 Banmai. The relevant parties proceeded with the implementation based on the Model manual. The PARTNER Model for New Normal administrative school at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai was analyzed.



2. Research instrument: Content analysis was performed, involving the assistant director, teachers, and the basic education committee of Chiang Rai Municipality School 8 Banmai as the relevant parties.

3. Data collection: Data was collected through content analysis from 2 school administrators, 20 teachers, and 15 basic education committee members in the first semester of the academic year 2020, after implementing the PARTNER Model.

4. Data Analysis: The collected data was divided into quantitative and qualitative parts. Quantitative data was analyzed using methods such as averaging and calculating standard deviation. Qualitative data was analyzed through content analysis.

#### Step 4 : Study of evaluation result (Development : D2)

The aim of this step was to verify the suitability and feasibility of the PARTNER Model for the New Normal administrative school, specifically in enhancing educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai. The evaluation involved various stakeholders, including school administrators, teachers, the basic education committee, and students' parents who participated in the trial during the academic year 2022. The assessment followed these steps:

1. Method : The PARTNER Model and its manual were examined for suitability and feasibility, and the satisfaction of school administrators, teachers, basic education committees, and students' parents was evaluated.

2. Population and sample group : The population consisted of 2 school administrators, 20 teachers, 15 basic education committee members, and 487 students' parents. The sample group included 2 school administrators, 20 teachers, and 15 basic education committee members. Data collection involved 215 individuals and parents, and the sample size was determined using Krejcie and Morgan's table.

#### 3. Research Instrument

3.1 A suitability and feasibility evaluation form, along with recommendations, was used to assess the PARTNER Model's applicability and feasibility for enhancing educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai.

3.2 A satisfaction questionnaire specifically designed to evaluate the PARTNER Model's impact on educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai.



4. Data collection: Data were collected from school administrators, teachers, basic education committee members, and parents of students. The researcher scheduled appointments to gather data from the designated sample group.

5. Data analysis: The collected data was analyzed using basic statistical measures such as mean and standard deviation. Higher average scores indicated the feasibility and effectiveness of the PARTNER Model in improving educational quality. The satisfaction level with the model was determined by analyzing data from part 1 of the satisfaction questionnaire, using percentages and a 5-level rating scale. The results were presented in tables, providing a comprehensive overview of satisfaction levels across different aspects of the model.

## Results

The researcher summarized the findings of the development of the PARTNER Model for New Normal administrative school at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai into four sections:

### Section 1: Results of Basic Data Analysis for the Development of School Administration Model

#### 1. Conceptual Framework for New Normal Administrative School to Enhance Educational Quality

1.1 The school administration at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai adhered to Office of the Basic Education Commission (2007) for decentralized administration and education management. These regulations covered academic administration, budget management, personnel management, and general administration.

1.2 The researcher developed an educational quality framework by conducting a literature review, analyzing government education policies, and conducting expert interviews to synthesize the gathered data.

2. Results of the Study on Current and Desirable Conditions for New Normal Administrative School to Enhance Educational Quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai.

2.1 The study revealed a high overall level of educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai's New Normal administrative school. General administration, personnel administration, budget management, and academic administration were ranked in descending order. Desirable characteristics were prioritized over academic achievement.

2.2 The New Normal administrative school demonstrated highly desirable conditions for improving educational quality, with general administration being the strongest aspect. The study also identified the need for



academic administration, budget management, personnel management, and general administration, and emphasized the importance of learning achievement for education quality. For more details, refer to Tables 1 and 2.

**Table 1 :** The current and desirable conditions for New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai.

School Administration	Current conditions			Desirable conditions			PNI <sub>modified</sub>	Priority
	$\bar{X}$	S.D.	Interpretation	$\bar{X}$	S.D.	Interpretation		
Academic administration	3.75	0.74	High	4.65	0.53	Highest	0.234	1
Budget management	3.82	0.76	High	4.62	0.53	Highest	0.232	2
Personnel management	3.80	0.79	High	4.67	0.57	Highest	0.221	3
General administration	3.74	0.74	High	4.71	0.50	Highest	0.217	4
<b>Total</b>	<b>3.77</b>	<b>0.75</b>	High	<b>4.66</b>	<b>0.53</b>	Highest	<b>0.226</b>	

**Table 2 :** The current and desirable conditions for New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai.

Quality of education	Current conditions			Desirable conditions			PNI <sub>modified</sub>	Priority
	$\bar{X}$	S.D.	Interpretation	$\bar{X}$	S.D.	Interpretation		
Learning achievement	3.72	0.73	High	4.67	0.54	Highest	0.238	1
Desirable characteristics	3.84	0.76	High	4.69	0.52	Highest	0.211	2
<b>Total</b>	<b>3.78</b>	<b>0.74</b>	High	<b>4.68</b>	<b>0.53</b>	Highest	<b>0.224</b>	

The tables indicate that the current conditions and desirable conditions at the New Normal administrative school in Chiang Rai Municipality School 8 Banmai were both at high levels. Table 1 highlights that academic administration had the highest level of need, as determined by the Modified Priority Needs Index (PNI<sub>modified</sub>) technique, with a PNI index of 0.234. In Table 2, the quality of education, particularly learning achievement, was identified as having the highest level of need, with a PNI index value of 0.238.

3. The study identified three model schools, namely Chiang Rai Municipality School 7 Fangmin, Chiang Rai Municipality School 1 Srikird, and Chiang Rai Municipality School 2 Nong Bua, which demonstrated best practices in enhancing educational quality during the period of 2018 to 2020. The key components of these practices include clear objectives, a participatory management process, successful school administrators with leadership skills, active collaboration among teachers, dedicated involvement of stakeholders, and continuous follow-up supervision.



## **Part 2 : Results of development of PARTNER Model for New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai**

1. The PARTNER Model, developed based on the Deming Cycle and participatory management, has successfully enhanced educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai. The model comprises five components, including principles, objectives, mechanism system, success conditions, and a 7-step method called the “PARTNER Model.” P is for Step 1; Policy, Plan, and Participation, A is for Step; Access of Action, R is for Step 3; Run and Resilience, T is for Step 4; Trust, N is for Step 5; New Normal, E is for Step 6; Environment and R is for Step 7; Reporting.

2. Experts have determined that the New Normal administrative school at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai is highly appropriate for enhancing educational quality.

## **Part 3 : Experiment results of New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai**

In the first semester of the academic year 2022, school administrators at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai implemented the “PARTNER Model” by aligning policies and organizing activities to enhance learning management. Teachers collaborated to improve learning achievement, utilizing digital technology and diverse media for active learning. Continuous improvement of teaching skills, classroom research, and tutoring were encouraged. Advisors supported students’ learning, and parents supervised and assisted with at-home lessons. The model received positive evaluations for content suitability and quality assessment in 2022.

## **Part 4 : Evaluation results of New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai**

1. The evaluation results of the suitability and feasibility of the New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai demonstrated the highest overall level of appropriateness and feasibility.

2. The satisfaction evaluation results regarding the use of the New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai indicated the highest overall level of benefit.



3. The evaluation of the New Normal administrative school to enhance educational quality at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai also revealed high average scores on the basic national test (O-NET) for grade 6 students in the academic year 2022, which were higher than the national average in all subjects.

### Discussion

1. The school was evaluated and identified as requiring improvements in all areas, which is consistent with the challenges highlighted by Poomsida et al. (2021) in small school administration. Academic administration was emphasized as the most crucial aspect, aligning with the perspective of Hoy & Miskel (2007) on effective teaching management. (Poomsida et al., 2021; Hoy & Miskel, 2007)

2. The PARTNER Model was introduced to improve educational quality at the school. It comprises five components and has been evaluated by experts, who found it highly appropriate. The model's development approach aligns with the qualitative data-based methodology used by Boonklang et al. (2017) in their study on educational quality management. Additionally, Phoket (2021) proposed a similar administrative model that was positively assessed for its appropriateness.

3. The implementation of the PARTNER Model at Chiang Rai Municipality School 8 Banmai aimed to enhance educational quality, and the internal quality assessment conducted in 2022 indicated a very good level of achievement. This aligns with Worarat (2017) research, which demonstrated the effectiveness of a school administration model in improving educational quality and student achievement. The school has prioritized activities such as classroom research, learning material development, school environment enhancement, and community involvement. (Worarat, 2017)

4. The assessment of the PARTNER Model at Chiang Rai Municipality School 8 resulted in highly positive outcomes. The researcher conducted a comprehensive study, including document analysis, research, interviews, and focus group discussions. The qualitative data indicated that the model aligns well with best practices and is appropriate for the school context. Similar findings were reported by Wattana (2018) regarding the accuracy, appropriateness, feasibility, and benefits of a school administration model. (Wattana, 2018)



### Conclusions

1. Prioritizing academic administration is crucial for improving students' education and achievements, leading to overall student success.

2. Schools should establish Professional Learning Communities (PLCs) to promote teachers' professional development and enhance education quality. Collaboration, active participation, and open communication among administrators, teachers, personnel, and stakeholders are essential.

3. By focusing on effective teaching, maximizing students' potential, and creating a comprehensive and supportive learning environment, schools can enhance educational quality, leading to academic success, personal growth, and holistic development of learners.

### Suggestion

1. Prioritize Academic Administration: Focus on enhancing academic administration to improve academic achievements.

2. Strengthen PLCs: Encourage collaboration among teachers through Professional Learning Communities (PLCs) to enhance instructional practices and support professional development.

3. Enhance Community Engagement: Foster partnerships between the school and the community to increase participation in educational initiatives and extracurricular activities.

### References

- Boonklang, D., Chaisuwan, S., Nakwiche, K., & Chuanchom, S. (2017). The Development of Educational Quality Management Models of Educational Institutions Under the Local Administrative Organization in the Northern Region. *Journal of Nakhonratchasima College*, 11(2), May - August.
- Cronbach, L. J. (1970). *Essentials of psychological testing* (3<sup>rd</sup> ed.). New York: Harper & Row.
- Education Council Secretariat Ministry of Education. (2015). *Guidelines for the Development of Basic Education Learner Competency*. Bangkok: 21 Century Company Limited.
- Hoy, W. K., & Miskel, C. G. (2007). *Educational Administration: Theory, Research and Practice* (6<sup>th</sup> ed.). McGraw-Hill.



- Janjamsai, M. (2015). The Project of Taking off the Experience of Community-based Learning Management: A Case Study of the Integration of Architectural Design Learning Management with Housing Development for Low-income People. *Phranakhon Rajabhat Research Journal*, 10(1), 143-156.
- Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607-610.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1-55.
- Manokarn, M. (2018). Basic Education Reform and Area-Based Education Management. *Journal of Education*, 19(1), 1-15.
- Niyamabha, A. (2021). A New Normal of Educational Institution Administrative Model to Desirable Educational Quality in a Changing Context. *Journal of Education, Thammasat University*, 14(2) (Jul.-Dec.), 2021.
- Office of the Basic Education Commission. (2007). Guidelines for decentralization of administrative power and education management for the Board Area Office education and educational establishments in accordance with the Ministerial Regulations prescribing the criteria and methods for decentralizing the administration and management of education. Bangkok: Office of the Basic Education Commission.
- Office of the Basic Education Commission Ministry of Education. (2018). *Promoting Thai Secondary Education 4.0 for Employment in the 21<sup>st</sup> Century*. Bangkok: Thailand Agricultural Cooperative Society Printing Press.
- Phanich, W. (2014). *Creating Learning for the 21<sup>st</sup> Century*. Bangkok: Siam Commercial Foundation.
- Phoke, T. (2021). Administrative Models for Development to Quality Schools at Ban Donyang School. Chiang Rai Primary Educational Service Area Office, Region 4. *Journal of Social Sciences and Buddhist Anthropology*, 6(1), January 2021.
- Poomsida, T., Phim Usaho, C., & Siribunpitak, P. (2021). A Study of the Current and Desirable Conditions of Small School Administration to Raise the Quality of Education. *Chulalongkorn University Journal of Education*, 49(2), April - June.





- Saavedra, A. R., & Opfer, V. D. (2012, April). *Teaching and Learning 21st Century Skills: Lessons from the Learning Sciences*. Asia Society. Retrieved from <https://asiasociety.org/education/teaching-and-learning-21st-century-skills>
- Suwannik, S. (2021). *How will the world change after the end of COVID-19?*. Retrieved from [https://www.bot.or.th/Thai/ResearchAndPublications/article/Page/Article\\_30Mar2020.aspx](https://www.bot.or.th/Thai/ResearchAndPublications/article/Page/Article_30Mar2020.aspx)
- The Office for National Education Standards and Quality Assessment (Public Organization). (2013). *The Manual of Assessor for Vocational Education Three External Assessment*. Bangkok: The Office for National Education Standards and Quality Assessment (Public Organization). [in Thai]
- The Secretariat of the Council of Education. (2009). *The Research Summary Report Evaluating the Administrative Reform: Decentralization and Strength of Education Areas*. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House. [In Thai]
- Uppamaiathichai, T. (2017). *Fundamentals of Educational Management* (2nd ed., revised edition). Bangkok: Chulalongkorn University Printing House.
- Wattana, A. (2018). *School Management Model Towards Excellence of Schools Under the Provincial Administrative Organization*. [Ph.D. dissertation]. Nakhon Sawan Rajabhat University.
- Wiratkasem, T. (2021). The Development of Participation Model in Moral and Ethical Behavior in the New Normal Way of Life of Wat Pho Municipal School Students. *Chonburi Province Academic Journal of Santa Phon College*, 7(2), 114-127.
- Worarat, P. (2017). *The development of school administration model towards ASEAN quality of schools under the Kalasin Provincial Administrative Organization* [Unpublished doctoral thesis]. Mahasarakham Rajabhat University.



## The design thinking applied to digital platform for Recycle Business

### at Tha Pho Sub-District Communities.

Sariya Kruayim<sup>1</sup>, Wasin Liampreecha<sup>1</sup> and Suttida Chaisri<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Digital Business, Faculty of Business, Economics and Communications, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: suttidac@nu.ac.th

#### Abstract

This paper discusses the application of design thinking principles to develop a digital recycling platform for the Tha Pho Sub-district in Thailand. The sub-district faces challenges in managing its digital waste and lacks user-centered design in existing recycling initiatives. The study aims to overcome these challenges by creating a user-friendly and impactful platform using the design thinking process. The design thinking process involves five stages: empathize, define, ideate, prototype, and test. In the empathize stage, researchers engage with the local community, stakeholders, and waste management organizations to understand their needs and pain points. The defined stage synthesizes the insights gained to identify key problem areas and establish user requirements specific to the Tha Pho community. The ideation stage encourages the generation of innovative ideas that consider the local context, cultural norms, and technological infrastructure. Prototyping allows for the translation of these ideas into tangible digital experiences, enabling iterative feedback and refinement. The prototypes are then tested with the community, stakeholders, and waste management organizations to evaluate usability and effectiveness. Applying design thinking principles to the digital platform development in Tha Pho can effectively address the specific challenges faced by the community. By focusing on the needs and motivations of the locals, the platform can encourage active participation, collaboration, and the adoption of sustainable digital practices. Context-sensitive design is emphasized, ensuring that the platform is tailored to the unique needs of the Tha Pho community. Finally, the platform's goal is to foster engagement, promote sustainable behaviours, and leverage local resources to create a more environmentally conscious digital ecosystem in Tha Pho. In conclusion, this study highlights the importance of user-centred design and its potential for developing effective solutions in the field of waste recycling.

**Keywords:** Design thinking, Digital platform, Recycle Business



## Introduction

The recycling business is an integral part of the global economy, contributing to environmental sustainability and the conservation of natural resources. It encompasses various processes such as collection, sorting, processing, and marketing of recyclable materials. By offering practical solutions for waste management, recycling reduces carbon footprints, lessens the amount of waste going to landfills, and minimizes the need for raw material extraction. This industry covers a wide array of materials, including paper, plastics, metals, electronics, glass, textiles, and hazardous waste. Each material requires specific techniques and equipment for processing, making the recycling business complex and dynamic. Despite its challenges, the rewards are substantial. Not only does it provide environmental benefits, but it also presents significant economic opportunities. Local jobs can be created, economic growth can be stimulated, and entrepreneurs and investors can find a reliable source of income. The increasing global focus on sustainability has further boosted the growth potential of the recycling industry. With the rise of new markets for recycled materials, there are expanded opportunities for businesses and individuals involved in the recycling sector.

Digital platforms have become a fundamental element of the recycling business, utilizing advanced technologies to enhance effectiveness and productivity. Through AI-powered sorting machines and innovative methods for material recovery and reuse, these platforms are shaping the future of recycling. Just as digital platforms have transformed other industries, they are now revolutionizing the recycling sector.

In recent times, digital platforms have emerged as influential tools for improving efficiency, transparency, and stakeholder engagement within the recycling industry. By harnessing technology, these platforms connect various stakeholders, streamline operations, and generate positive outcomes in waste management and resource conservation. They enable effective communication between recyclers, waste collectors, manufacturers, and consumers, facilitating the smooth flow of recyclable materials throughout the value chain. Additionally, these digital platforms provide valuable data insights, enabling businesses to optimize their operations and make informed decisions. They promote collaboration and knowledge sharing, fostering innovation and driving continuous improvement within the recycling industry. As the recycling business continues to grow and evolve, the integration of digital platforms will be instrumental in unlocking new opportunities, improving sustainability practices, and achieving a greener and more sustainable future.



### Recycle business in Thailand.

Thailand, a country known for its natural beauty and rich cultural heritage, is also facing significant challenges in waste management and environmental sustainability. In recent years, there has been a growing emphasis on recycling and promoting a circular economy in the country. The recycle business in Thailand has gained momentum, with various initiatives and efforts aimed at improving waste management practices and maximizing resource recovery (The Thailand Board of Investment, 2023). At this point is an overview of the recycle business in Thailand:

**Government Initiatives:** The Thai government has implemented several policies and regulations to promote recycling and waste reduction. The Ministry of Natural Resources and Environment, along with other government agencies, has launched initiatives such as the National Roadmap on Plastic Waste Management and the 3Rs (Reduce, Reuse, Recycle) (Das et al., 2019) Program. These initiatives aim to enhance waste management infrastructure, encourage recycling activities, and create a more sustainable waste management system in the country (Towprayoon et al., 2005).

Waste separation and collection systems are vital to recycling in Thailand. The government encourages citizens to segregate waste into categories like plastics, paper, glass, and metals through campaigns. Local authorities and private companies have expanded waste collection services to efficiently collect and transport recyclable materials, supporting the recycling industry in Thailand.

Thailand has developed recycling facilities and infrastructure to support the recycling industry. Recycling plants and centers have been established nationwide to process and transform recyclable materials into valuable resources. These facilities utilize various technologies to sort, clean, and process different types of waste, enabling the recovery of materials for reuse or recycling.

Plastic waste management is a priority in Thailand due to its environmental impact. The government has implemented measures such as promoting biodegradable and compostable plastics, imposing plastic bag bans, and introducing extended producer responsibility schemes. These initiatives aim to reduce plastic consumption, encourage recycling, and promote the adoption of sustainable alternatives.

Public awareness and education campaigns are key in promoting recycling practices in Thailand. Organizations, NGOs, and environmental groups actively educate the public on recycling, waste separation, and responsible waste



management through media, community events, and educational programs. These initiatives aim to raise awareness and promote sustainable waste practices.

**Circular Economy Initiatives:** The concept of a circular economy, which focuses on minimizing waste generation and maximizing resource utilization, is gaining traction in Thailand. Circular economy initiatives promote initiatives such as product stewardship, eco-design, and the development of markets for recycled materials. These efforts aim to create a closed-loop system where materials are continuously reused or recycled, reducing dependence on virgin resources and minimizing environmental impacts.

**Economic Opportunities:** The recycle business in Thailand presents significant economic opportunities. It contributes to job creation, particularly in waste collection, sorting, and recycling operations. Recycling businesses also benefit from the growing demand for recycled materials from local and international markets. By investing in recycling infrastructure and technology, entrepreneurs and investors can tap into these opportunities and contribute to the country's sustainable development.

In conclusion, the recycle business in Thailand is gaining momentum as the country strives to improve waste management practices and transition towards a circular economy. Government initiatives, public awareness campaigns, and the development of recycling infrastructure are driving the growth of the recycling industry. By embracing recycling practices, Thailand can address its waste management challenges, conserve resources, and mitigate environmental impacts, contributing to a more sustainable future.

### **Design Thinking**

Design thinking has emerged as a popular approach for problem-solving and innovation in various fields. It is a human-centered and iterative process that emphasizes empathy, collaboration, and creativity. This literature review provides an overview of key concepts, applications, and benefits associated with design thinking (Brown, 2008).

**Definition and Core Principles:** Design thinking is a problem-solving methodology that places the needs and experiences of users at the forefront of the design process. It involves a holistic and iterative approach, encompassing stages such as empathizing, defining, ideating, prototyping, and testing. Key principles of design thinking include user-centricity, collaboration, experimentation, and a bias towards action.



**Applications across Industries:** Design thinking has gained traction across various industries, including product design, service design, business strategy, healthcare, education, and social innovation. Its adaptable nature allows it to be applied to diverse challenges, ranging from developing innovative products to reimagining customer experiences.

**User-Centered Approach:** One of the core tenets of design thinking is the emphasis on understanding the needs, desires, and pain points of users. This user-centered approach involves engaging in empathetic research, conducting interviews, and observing user behavior to gain insights and generate solutions that truly address user needs.

**Iterative and Collaborative Process:** Design thinking promotes an iterative and collaborative approach to problem-solving. It encourages diverse perspectives, multidisciplinary collaboration, and rapid prototyping. The iterative nature allows for continuous refinement and improvement based on user feedback and testing.

**Creativity and Innovation:** Design thinking fosters a culture of creativity and innovation. It encourages the exploration of multiple ideas, the freedom to challenge assumptions, and the willingness to take risks. By promoting divergent thinking and reframing problems, design thinking enables the discovery of novel and breakthrough solutions.

**Problem Framing and Synthesis:** Design thinking emphasizes the importance of properly framing problems to ensure effective solutions. It encourages practitioners to delve deep into problem spaces, identify root causes, and reframe challenges to uncover new insights and opportunities. This problem framing stage helps avoid superficial solutions and leads to more impactful outcomes.

**Human-Centered Design:** Design thinking places a strong emphasis on human needs and experiences. It aims to create products, services, and experiences that are meaningful, intuitive, and enjoyable for users. By focusing on empathy and understanding, design thinking helps build products and services that truly resonate with users.

**Benefits and Impact:** The literature highlights several benefits associated with design thinking. These include improved user satisfaction, increased innovation and creativity, enhanced team collaboration and communication, and the ability to address complex and ambiguous problems effectively. Design thinking has also shown promise in driving positive social impact by tackling societal challenges and promoting inclusivity.

In conclusion, the literature on design thinking showcases its value as an approach for problem-solving and innovation. Its user-centered, iterative, and collaborative nature allows for the development of creative and impactful solutions across various domains. As organizations increasingly recognize the importance of human-centered design and innovation, design thinking continues to gain prominence as a powerful methodology for addressing complex challenges.



### Importance of Web Applications for Recycling Businesses

Web applications have become essential tools for recycling businesses, offering a range of benefits that improve efficiency, enhance customer experience, and increase market reach. Centralized data management enables businesses to better track and analyze key metrics, leading to informed decision-making and continuous improvement. Automation of processes streamlines operations, reducing manual effort and improving response times. Web applications also provide a user-friendly platform for customers to access information, manage accounts, and provide feedback, ultimately enhancing the overall customer experience. (Sotnik et al., 2023) Additionally, web applications expand a recycling business's market reach by creating an online presence that attracts new customers and partnerships. By showcasing sustainability initiatives and unique value propositions, businesses can increase their visibility and drive growth. With these advantages, web applications are crucial for the success of recycling businesses in an increasingly digital world.

Web applications offer recycling businesses the ability to gather and analyze valuable data, providing insights into customer behaviors, waste patterns, and market trends. This data facilitates evidence-based decision-making, process optimization, and service improvements. Additionally, web applications can educate and engage individuals and communities through educational content, recycling guides, and interactive features, promoting environmental awareness and behavior change. By embracing web applications, recycling businesses can streamline operations, enhance customer experience, drive sustainability, and contribute to a more environmentally conscious society.

### Research Objectives

1. To conduct user research to understand the needs, preferences, and expectations of the target audience for the web application.
2. To Identify their pain points, desired features, and usability requirements to inform the design and development process.
3. To conduct user testing, card sorting, and wireframing to create a user-friendly and intuitive navigation structure.
4. To implement analytics and user feedback mechanisms to gather insights and make data-driven decisions for future enhancements and optimizations.



## Materials and Methods

In applying design thinking to the development of a web application, understanding user needs, desires, and expectations is essential. Several research methods can be employed to gather insights and inform the design process.

User interviews provide an opportunity to engage potential users in in-depth discussions, uncovering their goals, challenges, and preferences related to the web app. By exploring user behaviors, motivations, and pain points, valuable insights into their needs and expectations can be gained.

User testing allows for the observation of users as they interact with prototypes or the actual web app. Through usability testing sessions, feedback can be collected, highlighting usability issues and areas for improvement. This firsthand feedback from users helps guide design decisions and ensure a user-centered approach.

Web analytics tools offer valuable data on user behavior and usage patterns once the web app is launched. This data can provide insights into how users engage with the application and inform further design iterations.

Collecting user feedback through surveys, feedback forms, or customer support channels provides additional insights. Analyzing this feedback allows for continuous improvement and addressing user needs throughout the design and development process.

By employing these research methods, a design thinking approach can be effectively applied to create a web application that meets user needs, expectations, and desires. The researchers employ qualitative research methodology to conduct a descriptive study in Tha Pho community Phitsanulok Province. Tha Pho community was selected as the study area, being the largest community in the region, and having an average daily waste volume of 25 tons. Additionally, each community in Phitsanulok Province has shops that purchase recyclable waste, and a significant amount of waste is generated daily. Moreover, the province serves as a central hub for recyclable waste from the southern region. Hence, the researchers opt to focus on studying waste management and recycling practices in Phitsanulok Province.

### Data Collection

For data collection, the researchers selected participants who are directly involved in the recycling process, including four entrepreneurs, two store employees, and 10 customers who sell recyclable items. These individuals possess valuable insights and experiences that are pertinent to the research objectives.





1. The researchers considered certain characteristics of the participants. This selection criterion aims to facilitate data gathering by identifying individuals who are well-versed in recycling practices and can provide relevant information.
2. The researchers efficiently collect data that is aligned with the research objectives. During the data collection phase, the researchers employed interviews and observations as primary research methods.
3. Interviews serve to engage with participants and elicit their perspectives, experiences, and opinions regarding recycling. Structured or semi-structured interview formats utilized to ensure consistency and to obtain specific information.
4. the interviews were recorded to accurately capture their responses.

#### **Research tools**

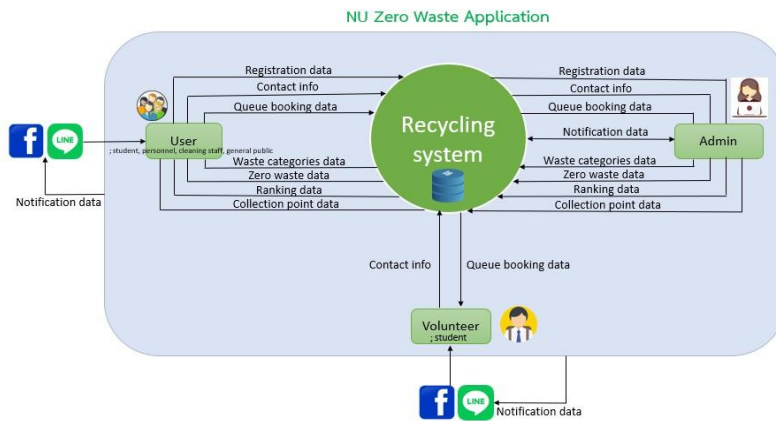
The researchers opted to utilize semi-structured in-depth interviews as the primary data collection method based on previous research (IET software, 2019). These interviews foster a comfortable and engaging environment, enabling the researcher to explore specific topics in detail. In addition to the interviews, the researchers also observe the participants' behaviors, attitudes, needs, beliefs, values, and personalities. This comprehensive approach allows for a multifaceted understanding of the participants' perspectives. The interview questions are carefully crafted to align with the research objectives, ensuring clarity and relevance. Furthermore, the researchers go beyond asking surface-level questions by probing deeper into the underlying reasons behind the participants' responses. This approach enables a thorough exploration of the subject matter and facilitates rich data collection for the study.

Through the analysis of data gathered from an open-ended questionnaire, the researcher identified several challenges faced in working with web applications for waste trading. These challenges were identified from the perspectives of both service providers and users. The challenges included the need for a scheduling system to book a queue for selling recyclables, a points accumulation feature to encourage user engagement, information about the location and timings for waste purchases, an in-app notification system through social media or SMS, unique QR codes assigned to user accounts, a chatbot feature for user-admin communication, a Frequently Asked Questions (FAQ) section for user guidance, a feature to schedule recyclables exchange directly from the homepage, an account page displaying the user's transaction balance, and a ranking system showcasing the volume of waste traded by each user. Additionally, a search



feature to find project activities was also highlighted as necessary. These insights provide valuable guidance for the development of effective web applications for waste trading.

The gathered data was then analyzed to optimize the system further. The researcher collected the system user requirements and defined the scope of work according to the system’s user groups. These groups were categorized into four main roles: 1) System Administrators, 2) Users, 3) Volunteers, and 4) Waste Trading Entrepreneurs.



Based on the feedback received, the researcher has developed a conceptual framework for the new system.

The operational procedures are outlined below:

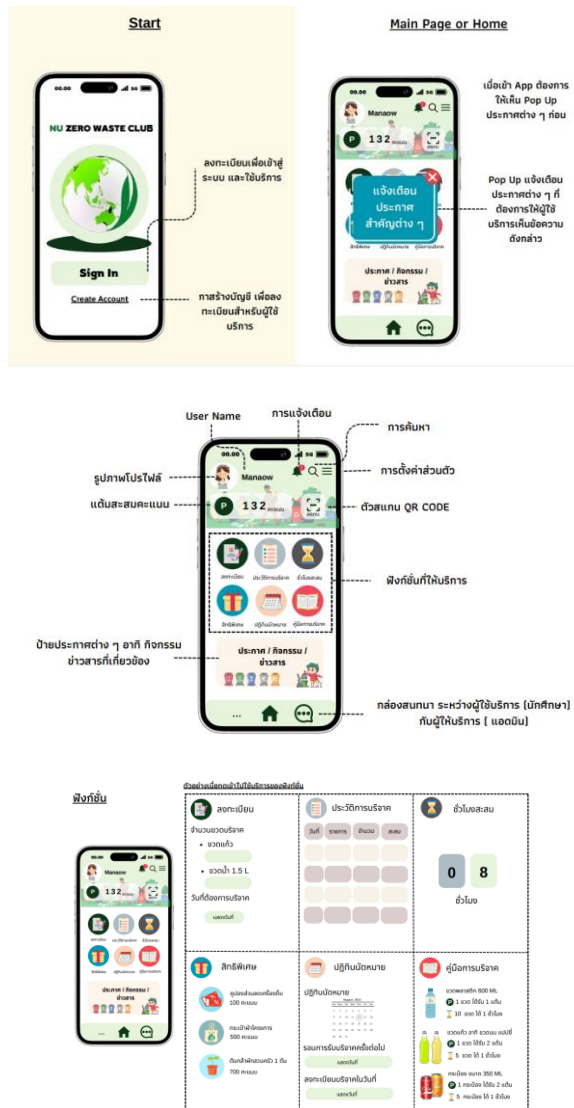
The system administrator is responsible for managing system data. This includes tasks such as adding new waste items, registering users, and assigning appropriate permissions within the system.

Users interested in participating in waste trading are required to register and log into the system. Once logged in, they can manage personal information, oversee waste data, and handle notifications through LINE and Facebook. Furthermore, users will have the ability to track the status of each trading step, as well as review their sales history.

The system sends notifications to the admin’s LINE, allowing them to review information within the system and approve requests as necessary. The system also sends notifications to the seller’s LINE when a buyer expresses interest in purchasing and picks up items at the location specified in the web application.

### Results

The researcher has successfully developed a system in the form of a web application. This system has been coded using HTML and PHP languages, with MySQL employed for database management. For notifications, the Line API has been integrated into the application. The system features an operational interface for ease of use.



The application of design thinking theory in the development of a recycling web application can yield several significant benefits. The finding is consistent with Johnson et al. (2022).

**User-Centric Approach:** Design thinking places a strong emphasis on understanding users’ needs and experiences. This approach ensures that the recycling web application is easy to use, engaging, and effectively meets the needs of its users.

**Innovation:** By encouraging ideation and challenging assumptions, design thinking can lead to innovative features and solutions that make the recycling web application stand out in the market and offer unique value to its users (Carlgen, Rauth & Elmquist, 2016)



Sustainability: Design thinking can help in creating solutions that not only meet user needs but also contribute positively to the environment. By focusing on recycling, the web application can promote sustainable practices and make a significant impact on waste management efforts.

### Discussion

The case study conducted in the Tha Pho sub-district of Phitsanulok Province highlights the use of a web application to streamline recycling business services. By integrating with popular messaging platforms, the application aims to enhance communication and notification processes for system administrators, sellers, and buyers within the community. This approach emphasizes efficiency, time reduction, and improved user experience. Applying design thinking to education or web application design offers several advantages. It enables researchers to approach problems analytically, gaining a deeper understanding of underlying issues. Design thinking facilitates comprehensive knowledge acquisition, uncovering hidden problems that may have been initially overlooked. By identifying core problems, researchers can devise systematic solutions. This approach encourages a thorough analysis of potential solutions from different perspectives, promoting effective problem-solving. The iterative nature of design thinking ensures all possibilities are explored, increasing the likelihood of successful outcomes.

### Conclusions

The findings therefore confirm previous results that indicated the problem-Solving by design thinking provides a framework for identifying, understanding, and addressing problems. This can help in overcoming challenges such as increasing user participation, simplifying the recycling process, or enhancing communication between different users and stakeholders. (Pusca & Northwood, 2018). As Smith et al. (2023) claim, acquisition to take sustainability. Therefore, design thinking can help in creating solutions that not only meet user needs but also contribute positively to the environment. By focusing on recycling, the web application can promote sustainable practices and make a significant impact on waste management efforts.



### Recommendations

For the Tha Pho community's waste trading web application, it is recommended to integrate notification features through popular messaging platforms such as Line and Facebook. This will provide users with convenient and quick access to information and updates regarding waste trading in the community. Additionally, it is important to address any operational errors in the system and ensure its proper functioning before deploying it for actual use.

Further research should focus on the development and enhancement of the system. Specifically, it is suggested to enable users to log in using their existing accounts from other communities. This will facilitate seamless participation and encourage wider adoption of the waste trading system. Furthermore, exploring opportunities to digitize and integrate other service systems within the Tha Pho community will help create a comprehensive digital platform that supports various community needs and enhances overall efficiency.

### References

- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard business review*, 86(6), 84.
- Carlgren, L., Rauth, I., & Elmquist, M. (2016). Framing design thinking: The concept in idea and enactment. *Creativity and innovation management*, 25(1), 38–57.
- Das, S., Lee, S. H., Kumar, P., Kim, K. H., Lee, S. S., & Bhattacharya, S. S. (2019). Solid waste management: Scope and the challenge of sustainability. *Journal of cleaner production*, 228, 658–678.
- IET Software. (2019). Mobile Applications for Encouraging Eco-friendly Behaviour: A Survey. *IET Digital Library*. Retrieved from <https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-sen.2018.5077>.
- Johnson, D., Thompson, A., & Henderson, M. (2022). Impact of Web-Based Recycling Applications on Recycling Behaviors. *Journal of Environmental Psychology*, 75, 102–113.
- Pusca, D., & Northwood, D. O. (2018). Design thinking and its application to problem solving. *Global Journal of Engineering Education*, 20(1), 48–53.



- Smith, R., Brown, S., & Jones, C. (2023). User Satisfaction with Web-Based Recycling Applications: A Survey Study. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 30(1), 48–58.
- Sotnik, S., Shakurova, T., & Lyashenko, V. (2023). Development Features Web-Applications. *International Journal of Academic and Applied Research*, 7(1), 79–85.
- The Thailand Board of Investment (2023). *Waste Management in Thailand*. Retrieved 12 June 2023, from [https://www.boi.go.th/index.php?page=waste\\_management\\_in\\_thailand](https://www.boi.go.th/index.php?page=waste_management_in_thailand).
- Towprayoon, S., Chaiprasert, P., & Visvanathan, C. (2005). Enhancement of Waste-Related Business through Industrial Symbiosis: Case Study in Thailand. *The Journal of Material Cycles and Waste Management*, 32(3), 223–234. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-004-0120-x>



## The study on cultural resources supports “Active Aging” in the management of cultural tourism at Wiang Lo Ancient Town in Phayao Province.

Dujluedee Kongsuwan<sup>1\*</sup>, Waranya Prommasakha Na Sakon Nagon<sup>1</sup>  
and Kasira Phiwongkun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Sociology and Anthropology, Faculty of Social Sciences, Chiangrai Rajabhat University, Chiangrai, 57100

<sup>2</sup>Department of Graphic Design, School of Computer and Technology Sciences, Chiangrai Rajabhat University, Chiangrai, 57100

\*Corresponding author. E-mail: dujluedee@gmail.com

### Abstract

This study examines the role of cultural resources in supporting “Active Aging” within the context of cultural tourism management at Wiang Lo Ancient Town in Phayao Province. The research focuses on the significance of cultural resources, which consists of the elements as follow: historical and archaeological sites, local wisdom and social networks, and the indigenous people. These elements promote the well-being and engagement of older adults in tourism activities, highlighting the importance of preserving and promoting cultural heritage. The study proposes the use of a 6-component community capacity analysis framework (6A) for effective management at a medium level, facilitating effective cultural tourism management. By assigning specific roles to community members based on their age groups and participation in tourism management, individuals of all ages can develop self-reliance. This approach positively impacts Active Aging, promotes stability among the elderly, and reduces ageism towards this demographic. The findings of this study provide valuable insights into the relationship between cultural resources, Active Aging, and tourism management. By leveraging the cultural resources and engaging all generations, cultural tourism can enhance the overall quality of life for older adults and foster a sense of community pride and empowerment.

**Keywords:** cultural resources, Active Aging, ageism, 6-component community capacity analysis base (6A)

### Introduction

The research was conducted in collaboration with the communities residing in the Wiang Lo Ancient Town area, specifically the Wiang Lo and Hong Hin subdistrict municipalities of Jun District, Phayao Province. The objective of the research was to explore methods for managing cultural resources and utilizing them as a foundation for the development of creative products and services in the cultural tourism management of Wiang Lo Ancient Town. Additionally, the study aimed to develop the potential of individuals from “the three age



*groups*”: the elderly, the working-age, and the youth. This town holds a rich historical identity spanning from late prehistoric times to the present, with numerous archaeological findings and antiquities discovered, some of these artifacts are exhibited at the Community Information Center located at Wat Sri Pingmuang in the study area (Boonyai, 2015; Avom, 2017; Office of Fine Arts No. 7 Chiangmai, 2021). Furthermore, the communities are also endowed with various cultural resources (Kongsuwan, 2020). These resources have led the elderly members of the community to come together under the name “Wiang Lo Community Tourism Group.” They engage in simple guided tours of historical sites using sidecar motorcycles (*saleng*). This demonstrates that these community resources possess power and value that can be utilized to drive social processes, contributing to the overall strengthening of the community. Particularly during the transition to an aging society, it cannot be denied that the effects of becoming an elderly society create various impacts, including issues that may arise from ageism towards the elderly. Hence, it becomes the basis for conducting collaborative research among “*the three age groups*” to propose strategies for preparing and addressing potential issues that may arise. The aim is to create a perception of entering an elderly society that possesses sustained power or “Active Aging,” as mentioned by Sindercharuk et al., (2015) when discussing the preparations for entering the elderly society in China and the United States through social funds and cultural activities, empowering and adding value to the elderly in society.

In this study, the researcher will employ the concept of Active Aging among the elderly as the primary framework for harnessing the potential of older individuals in collaboration with others. By using the 6A components to assess the potential of tourist attractions in cultural tourism management within the study area, several challenges have been identified. These challenges lead to the research question: “***How can the communities in Wiang Lo Ancient Town collaborate with research partners to effectively manage cultural resources by leveraging the collective power of “the three age groups” to enhance cultural tourism while preserving cultural resources?***”

## Materials and Methods

1. To conduct preliminary data analysis and engage in field visits using ethnographic methods to assess accelerated communities and identify the cultural resources of the study area through participatory and non-participatory observation methods, formal and informal interviews, and the study of community history, community calendar,





and community map. This will provide a foundation for further research, planning, and decision-making regarding the management of cultural tourism based on the unique cultural resources of the community.

2. To collaborate with research partners in managing cultural resources using the “7Act” activity model proposed by Prichanjit (2004). This holistic approach encompasses research, valuation, conservation, business activities, knowledge dissemination, rules enforcement, and restoration. By leveraging the expertise and resources of all stakeholders involved, this collaborative effort aims to achieve effective and sustainable management of cultural resources in the study area.

3. To facilitate community forums and SWOT analysis sessions, engaging research partners and community members in a participatory process. This allows for the exchange of ideas, identification of strengths, weaknesses, opportunities, and threats, and the development of strategies for managing cultural tourism that are inclusive and sustainable.

4. To recognize the significance of cultural resources and its transmission between generations, particularly focusing on the role of the elderly. By actively involving the elderly in the research process and emphasizing their role as cultural transmitters, intergenerational understanding, cultural continuity, and the preservation of cultural heritage can be fostered. Additionally, the evaluation of the potential of tourism resources based on the six attributes (6A) provides insights into their attractiveness to tourists and identifies areas for improvement in managing and promoting cultural tourism assets. Simultaneously, cultural commoditization is another issue in understanding cultural tourism, involving the process of transforming culture into commercial goods and commodities (Aneksuk, 2016). In this context, culture being treated as a commodity signifies an ambition for freedom from moral control. This ambition is driven by the prioritization of monetary gain as a means to dominate culture, rather than fostering cultural exchange based on relationships (Jatuworapruet, 2008).

5. To assess the power status of the elderly using the six elements of aging with potential identified from the perspective of Thai elders. These elements include self-reliance, participation and contribution to society, spiritual growth, maintaining a health-promoting lifestyle, continuous learning, and building good family relationships (Thanakwang et al., 2014). By assessing these elements, researchers can understand the capabilities and potentials of the elderly population in Wiang Lo Ancient Town and develop strategies to empower and support them in cultural tourism management.



## Results

As mentioned earlier, this research aims to explore how cultural resources are managed and utilized as a foundation for developing creative products and services in the cultural tourism management of Wiang Lo Ancient Town. It harnesses the potential of individuals from “*the three age groups*.” The research results are as follows:

1. The cultural resource: the expansion of cultural resources can be categorized into three groups. *Firstly*, cultural resources can be classified into groups based on more than 1,000 years of history (Figure 1) and culture within the study area’s economic and cultural community calendar. These groups serve as a framework for planning and organizing cultural tourism activities. *The second* group consists of local knowledge and wisdom, encompassing 24 different aspects that form 10 groups of cultural resource networks. *Lastly*, the indigenous people are represented by a group of 30 individuals who possess expertise in 14 different types of local wisdom, as mentioned above.

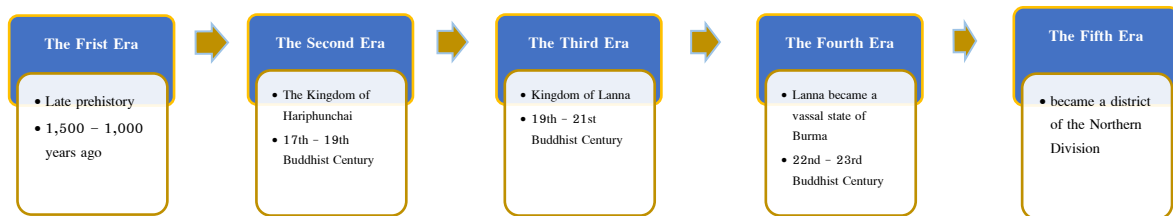


Figure 1 Historical timeline of Wiang Lo Ancient Town, Kaewkham et al., 2023 : p.284.

According to the cultural resources mentioned above, can be managed using the principles of cultural resource management, specifically the “7Act” activity model proposed by Prichanjit (2004), which involves dividing into two groups. *Firstly*, the “Wiang Lor Craft” group focuses on producing three types of products: embroidered fabric products, DIY products, and basketry products, which showcase the identity of Wiang Lo. By utilizing the skills and knowledge of the elderly, working-age group, and youth. *Secondly*, the “Wiang Lo Community Tourism Enterprises” leverage the potential of the elderly as an important force, which provides valuable insights, historical knowledge, and cultural experiences to enhance the tourism offerings in the area. The collaboration between “*the three age groups*” ensures a holistic approach to cultural tourism management, combining traditional wisdom with innovative ideas. Both working groups contribute to the empowerment of local stakeholders and the sustainable development of the area. Through the utilization of cultural resources and the active involvement of different generations, the community can achieve economic growth, cultural preservation, and a sense of pride in their heritage.



2. How are cultural resources managed and utilized as a foundation for developing creative products and services in the cultural tourism management of Wiang Lo Ancient Town?

The analysis of the potential of communities in cultural tourism management using the “6A” indicator reveals several findings. The attraction element, which captures the interest of tourists, is strongly related to the unique activities, architectural features present in Wiang Lo Ancient Town, traditions, and historical background contribute to its appeal as a cultural tourism destination. The culture and traditions, particularly those shared by storytellers from different generations, have been developed through collaboration, ensuring that they meet the activity needs of tourists. In terms of amenities and ancillary services, the community performs well, offering facilities and services that enhance the overall tourist experience. However, the accommodation component shows room for improvement, particularly in handling larger numbers of tourists. Accessibility to Wiang Lo Ancient Town can be challenging for tourists who do not have private transportation, as the options for public transportation may be limited. Moving between archaeological sites within the area can also be inconvenient without private vehicles. To address this, the community provides bicycle or “Saleng” services for transportation.

This research adopts the perspective of Prichanjit (2004) to explore and analyze the outcomes of the study, contributing to a better understanding of how to harness and manage the cultural capital in the Wiang Lo Ancient Town. Ultimately, this will enhance its cultural tourism offerings and overall sustainability. The community also possesses strengths that serve as valuable cultural resources. By managing this knowledge and capital in a holistic manner, there is an opportunity for education, extension, value creation, and entrepreneurial development within community-based tourism. It has been found that most of the narratives are based on the history of people, societies, economies, cultures, mysteries, and religious beliefs, which contribute to the understanding of the local society and their homeland. The focus of this study is on the archaeological sites within the three tourist routes (see Figure 2).



Figure 2: The three tourist routes of Wiang Lo Ancient Town, as depicted in Kaewkham et al., 2023: pp. 157-159.



3. Developing the potential of the elderly in cultural tourism management through Active Aging demonstrates significant outcomes.

The concept of Active Ageing represents the well-being of the elderly and aims to improve the quality of life for older people worldwide as The World Health Organization (WHO) expects that these pillars—good health, participation, and security—will serve as means to enhance the quality of life for the elderly. This aligns with the six elements that enhance the state of aging with potential from the perspective of Thai elderly individuals, as identified by Thanakwang et al. (2014). By working with the community and involving all “*the three age groups*.” This collaborative approach allows for the harmonization of the cooperation and potential of each age group, leading to comprehensive and inclusive cultural resource management. By involving all generations, the community can tap into the collective wisdom and strengths of each age group, ensuring a holistic and inclusive approach to cultural resource management. Through the “Working Group,” which includes the “Wiang Lo Craft” and the “Wiang Lo Community Tourism Enterprise,” the potential of the elderly is utilized as an important force, with each group recognizing the significant role played by the elderly. In the context of this study, the findings will be compiled into a “Wiang Lo Storytelling Handbook”, which will be shared with educational institutions in the area. This handbook will serve as a resource for further academic development, allowing schools to incorporate the knowledge of Wiang Lo’s archaeology and culture into their curriculum. Additionally, educational institutions can invite community “storytellers,” who possess in-depth knowledge and are akin to indigenous people or “Kru Phoompanya” in Thai, to directly engage with the youth, fostering a deeper understanding and appreciation for Wiang Lo’s heritage.

### Discussion

Based on the results of the above study, the concept of Active Aging among the elderly is used as the main framework for developing the potential of the elderly, along with “*the three age groups*.” Component 6A is employed to assess the potential of tourist attractions in cultural tourism management within the study area, and cultural resource management principles (7 Act.) are applied to address the research questions. The results of the study can be discussed in detail as follows:



1. The management of cultural resources by “7 Act.”

1.1 Research studies and knowledge creation: The primary focus is on studying and understanding the existing assets and knowledge related to traditions, archaeological sites, and local history. This knowledge is then utilized to enhance tourism experiences and leverage the “social memory” of the community. The study presents narratives and storytelling, which are compiled into a “Wiang Lo Storytelling Handbook,” as mentioned earlier.

1.2 Assessing the value and potential of cultural resources can bring benefits to the community and the public as a whole in various areas. This collaborative approach allows for the harmonization of cooperation and the utilization of the potential of each age group. As a result, it leads to comprehensive and inclusive cultural resource management that benefits the community in several ways. By involving all generations, the community can tap into the collective wisdom and strengths of each age group, ensuring a holistic and inclusive approach to cultural resources management.

1.3 Implementation of related business activities: In light of the liberal capitalist development trend and the challenges posed by the COVID-19 pandemic, the research team recognizes the importance of creating business activities related to cultural resources that can generate income for the community. By adopting a business-to-business (B2B) approach, the team aims to foster collaborations between district communities and tour agencies, creating sustainable linkages that benefit both the community and the public. By integrating the principles of responsible tourism, community empowerment, and equitable benefit sharing, these business activities can contribute to the overall well-being of the community while preserving and promoting cultural heritage.

1.4 Preservation and conservation are vital for maintaining the physical condition and value of cultural resources, especially for educational purposes and customized guided tours according to the type of cultural resources. In the study area today, the Fine Arts Department is responsible for preserving and conserving cultural resources in collaboration with communities.

1.5 Enforcement of rules, regulations, ordinances, and other agreements. It is important for the sustainable management cultural resources. These can take various forms, such as agreements among community members, rules set by local groups, clubs, associations, foundations, or people’s organizations, as well as laws imposed by the government.



1.6 The dissemination of knowledge and information is a crucial aspect of cultural resource management in Wiang Lo Ancient Town. The community employs various channels and mediums to promote and share the rich heritage and tourism potential of the area include public relations media, standby photography, Wiang Lo Ancient Town Route Map, E-book titled “Wiang Lo Storytelling Handbook,” guidebook specifically designed for the three age groups, and Facebook fan page. These initiatives help raise awareness, attract tourists, and foster a deeper appreciation for the cultural heritage of Wiang Lo.

1.7 Restoration, reproduction, or reconstruction: Indeed, certain cultural capitals within a community may no longer serve their traditional functions due to modern advancements and changes in society. However, these cultural assets can still be preserved, redefined, and utilized in meaningful ways. In the case of study area, traditional tools like basketry that are no longer in practical use can be transformed into souvenir production (Figure 3). By repurposing these cultural capitals into souvenirs, they not only retain their cultural significance but also serve as tangible reminders of the unique identity of Wiang Lo Ancient Town. This allows tourists to engage with and appreciate the community’s heritage while also supporting local economic development through the sale of these souvenirs.



Figure 3 The indigenous, basketry can be transformed into souvenir production. Photographed by Kongsuwan, 2023.

The process of restoring, reproducing, or reconstructing cultural resources involves adding value and redefining the roles and functions of these assets within the present context. This creative approach ensures that cultural heritage is not lost but rather adapted and made relevant to contemporary needs and interests. By incorporating these reimagined cultural capitals into souvenir production. This not only contributes to the preservation and promotion of the community’s cultural heritage but also adds value to the tourism industry and supports the local economy. As Pattamasiriwat (2004) proposes, the value of cultural capital lies in the transfer of knowledge embedded within individuals and its role as a tool for human development, fostering a sense of mutual pride among people in society. This concept helps reduce conflicts and prevent the exploitation of common resources,



thus promoting social harmony. Additionally, it contributes to enhanced local understanding through cultural learning, utilizing tourism as a means of coordination to foster societal equilibrium by creating public goods and services that can be shared collectively. By implication, Aneksuk (2016) states that cultural tourism is intertwined with the meaning, specifically the Wiang Lo Craft. Additionally, cultural tourism can be seen as the use of cultural capital as a link between tourists as visitors and locals as hosts. Therefore, it can be said that the consumption of cultural goods has a broad meaning in the trading of goods. Being a product of culture gives culture its identity through the formation, definition, and differentiation of goods.

## 2. Active Aging in Wiang Lo Ancient Town:

2.1 Considering the concept of authority in line with the indicators that the World Health Organization (WHO) has emphasized for the development of the elderly, it is supported through three key pillars: health, engagement, and security. This is in line with the data on the state of the elderly in Wiang Lo Ancient City, which aligns with the six indicators that promote the empowerment of potential elders, as observed from the perspective of Thai elders (Thanakwang et al., 2014). This holistic approach ensures that the elderly population in Wiang Lo receives the necessary care, support, and opportunities to maintain their physical and mental well-being, actively participate in community activities, and feel secure within their environment. The involvement of the elderly in the Wiang Lo community, particularly as members of the Community Tourism Enterprise group and storytellers, provides them with the opportunity to serve as “Kru Phoompanya” – knowledgeable mentors – to students in educational institutions. Actively participating in both formal and informal social activities, including volunteering, encourages the elderly to play an active role in community development and enhances their overall sense of empowerment. By involving the elderly in community-based initiatives and promoting their active participation, Wiang Lo Ancient Town not only taps into their wealth of knowledge and experience but also fosters a sense of purpose, social connectedness, and continued personal growth for the elderly population. It is a testament to the community’s commitment to promoting the well-being and empowerment of its aging members. Cultural tourism in Wiang Lo Ancient Town can be an important driver for Active Aging. The preservation and promotion of cultural resources and activities can create opportunities for the elderly to actively participate in community life. Engaging the elderly as storytellers, cultural educators, or guides tour allows them to share their knowledge and experiences with visitors, contributing to intergenerational learning and meaningful social interactions.



Furthermore, cultural tourism and cultural commoditization of Wiang Lo Ancient Town can bring economic benefits to the community. By showcasing the unique cultural heritage of the area, attracting tourists, and offering cultural tourism products and services, the community can generate income and employment opportunities. This not only supports the local economy but also provides opportunities for the elderly to be actively involved in tourism-related activities, contributing to their overall well-being and empowerment.

2.2 Oral history of Wiang Lo Ancient Town through interviews and storytelling sessions, community members can share their insights, perspectives, and unique narratives, contributing to a more holistic understanding of Wiang Lo Ancient Town’s cultural heritage. By emphasizing the importance of oral history, the community can foster intergenerational exchange and bridge the gap between different age groups. Younger generations can learn from the wisdom and experiences of older community members, gaining a deeper appreciation for their cultural heritage and developing a sense of connection to their roots. This collaboration among “*the three age groups*” is essential for assessing the value and potential of existing cultural resources in Wiang Lo Ancient Town. By harnessing the collective knowledge, skills, and perspectives of different age groups, the community can effectively develop and manage its cultural resources. To accelerate the development of tourism management elements in the area which is important to strive towards meeting the standards of community-based tourism management.

In line with the World Health Organization’s focus on the well-being of the elderly, it is essential to support their physical health, mental well-being, and overall quality of life. The three pillars of health, participation, and security are integral to achieving this. By involving the elderly as storytellers or “Kru Phoom Panya” in community tourism enterprises, they can actively contribute to the education and enrichment of younger individuals. This intergenerational exchange not only enhances the educational experience but also fosters a sense of inclusivity and social engagement for the elderly. Encouraging the elderly to participate in informal social activities and volunteering is vital for their well-being and community development. Overall, the integration of education, participation, and community engagement in the preservation and utilization of cultural resources in Wiang Lo Ancient Town contributes to the holistic development of individuals, the community, and the promotion of cultural heritage for future generations.





### Conclusions

Overall, the study of cultural identity in the context of Wiang Lo Ancient Town demonstrates how cultural resources can be leveraged to support Active Aging and sustainable cultural tourism. By preserving and promoting cultural resources, involving the elderly in tourism activities, Wiang Lo Ancient Town can serve as a model for other communities seeking to harness the power of cultural tourism for the benefit of their aging population and overall community development. The study addresses two issues: *Firstly*, Active Aging, the involvement of the elderly in cultural tourism activities provides opportunities for them to actively participate in community life, share their knowledge and experiences, and engage in intergenerational learning and social interactions. *Second*, economic benefits, cultural tourism and cultural commoditization generates income and employment opportunities for the community by showcasing the unique cultural heritage of the area, attracting tourists, and offering cultural tourism products and services, the community can contribute to the local economy and provide opportunities for the elderly to be actively involved in tourism-related activities.

### Suggestions

Local educational institutions should play a role in providing English language literacy support to volunteer tour guides. As the tourist route expands and the target audience becomes more diverse, it is essential for the working group to be prepared with language proficiency. By enhancing English language skills, tour guides can effectively communicate with a wider range of tourists, enhancing their experience and satisfaction.

### Acknowledgments

This research received financial support from the National Research Council for the fiscal year 2022.

### References

- Aneksuk B. (2016). Unit 2: Contemporary Issues in Cultural Tourism. in Aneksuk B. (Eds.), *Visiting Homes: Concepts and Theories of Cultural Tourism* (2<sup>nd</sup> ed.). (pp. 39-76). Naresuan University Publishing House.



- Avorn C. (2017). *A Study of Fine Arts Heritage in Wiang Lor Ancient Town: Art Forms and Ancient Site Assumptions*. (Research Report). Bangkok: Research and Innovation Promotion Board.
- Boonyai S. (2015). *Guidelines for the Development of Sustainable Tourism in Wianglor, Chun District, Phayao Province* [Unpublished master's thesis]. Chulalongkorn University.
- Jatuworapruet T. (2008). *Ethnic Identity and the Commodification Process: Politics and Culture of Ethnic Groups in the Context of Tourism*. In Santasombhut Y. (Eds.), *Power, Territory, and Ethnic Identity: Politics and Culture of the Nation-State in Thai Society, Volume No. 2*, (pp. 171–222). Princess Maha Chakri Sirindhorn Anthropology Centre.
- Kaewkam P., Kongsuwan D., & Prommasakha Na Sakon Nakon W. (2023). *Research Report on Capacity Building to Enhance Active Ageing in the Elderly for Cultural Tourism Management by the participation of “Three Generation” in Wiang Lor Ancient Town, Chun District, Payao Province* (Draft Complete Research Report). Chiang Rai Rajabhat University.
- Kongsuwan D. (2020). *Research Report on Wiang Lor Cultural Capital Management, Jun District, Phayao Province For community sustainability according to the 20-year national strategy* (Research Report). Chiang Rai Rajabhat University.
- Office of Fine Arts No. 7 Chiangmai. (2021). *Excavation Report Town Wiang Lor Town Wall (Excavation Holes 1 – 8)*. Department.
- Pattamasiriwat D. (2004). *Social Capital and Cultural Capital in the Economic System and New Era Management*. Faculty of Management and Information Science, Naresuan University.
- Prichanjit S. (2004). *Community Revitalization through Archaeological and Museum Resource Management: A Concept. Methods and experiences from Nan Province*. Learning Enhancement for Community Health.
- Sindecharuk T., Chuanwan S., & Tharawiwat K. (2015). *Elderly in Chinese Society: Prototype Care and Social Activities*. The Thailand Research Fund (TRF).
- Thanakwang, K., Isaramalai, S. A., & Hatthakit, U. (2014). *Development and psychometric testing of the active aging scale for Thai adults*. *Clinical Interventions in Aging*, (9), 1211–1221.



# การคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทย ตามพระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ. 2557 (2014)

สน นิลศรี<sup>1\*</sup>

## Protection of Rights of the Destitute in Thailand According to the Protection of Helpless Persons Act B.E. 2557 (2014)

Son Ninsri<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชารัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Political Science and Public Administration, Faculty of Social Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: ninsri1973@gmail.com

### บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยตามพระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ. 2557 (2014) มีวัตถุประสงค์การศึกษา ดังนี้ (1) เพื่อศึกษาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยตามพระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ. 2557 (2014) (2) เพื่อศึกษาปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทย และ (3) เพื่อเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทย งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการศึกษาจากเอกสาร (Documentary Research) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยรูปแบบพรรณนาวิเคราะห์ (Descriptive Analysis) ผลการศึกษาพบว่า ประเทศไทยมีสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง 11 แห่งในการดำเนินงานคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งกระจายไปตามภูมิภาคต่างๆของประเทศ มีหน่วยงานและคณะกรรมการ รวมถึงงบประมาณ กองทุนและเครือข่ายการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งจัดตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ. 2557 ปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งคือปริมาณและคุณภาพของทรัพยากรการทำงานที่มีอยู่อย่างจำกัดทำให้ประสิทธิภาพการดำเนินงานไม่บรรลุตามวัตถุประสงค์ของนโยบายรัฐ ดังนั้นรัฐบาลต้องแก้ไขปัญหาโดยสนับสนุนและส่งเสริมงบประมาณและบุคลากรให้เพียงพอต่อการดำเนินงานขององค์กรซึ่งจะช่วยให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างประสบความสำเร็จ

คำสำคัญ: คนไร้ที่พึ่ง คนเร่ร่อน/คนไร้บ้าน การคุ้มครอง สิทธิมนุษยชน พระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ. 2557

### Abstract

This research illustrates the protection of rights of the destitute in Thailand according to the Protection of Helpless Persons Act B.E. 2557 (2014). The objectives of the study are as follows: (1) to study the protection of rights of the homeless in Thailand according to the Protection of the Helpless Act B.E. 2557 (2014), (2) to study the problems on protecting the



homeless in Thailand, and (3) to suggest solutions on protecting the homeless in Thailand. This is qualitative research using documentary research methodology with descriptive analysis. The study found that there are 11 homeless shelters operating to protect the rights of the destitute across different regions of the country. The organizations, committees, budgets, funds, and working networks to protect the destitute are established according to the Protection of Helpless Persons Act B.E. 2557 (2014). The problems of protecting the rights of the destitute depend on the quantity and quality of resources. The limited work that resulted in the effectiveness of operations did not achieve the objectives of the government policy. Therefore, to solve these problems, the government must support and promote the mobilization of sufficient financial and human resources to carry out the organization's tasks and contribute to the success of the operation.

**Keywords:** Destitute, Homeless, Protection, Human Rights, Protection of Helpless Persons Act B.E. 2557

## บทนำ

จากสภาวะการณ์ความผันผวนทางเศรษฐกิจ สาธารณสุข สังคมและการเมืองในโลกปัจจุบัน ปัญหาคนไร้ที่พึ่ง นับเป็นปัญหาหนึ่งที่ต้องได้รับการเยียวยาแก้ไขเป็นการเร่งด่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มคนเร่ร่อน คนไร้บ้าน ครอบครัวเร่ร่อน ผู้ติดสุรา ผู้ป่วยข้างถนน ผู้พันโทษและคนใช้ที่สาธารณะหลับนอน เนื่องจากบุคคลเหล่านี้อยู่ในสถานะที่เปราะบางไม่อาจช่วยเหลือตนเองได้ ขาดความมั่นคงในการดำรงชีวิตได้อย่างปกติสุข ไม่มีที่อยู่อาศัยที่เหมาะสม ไม่สามารถหารายได้เพียงพอแก่การดำรงชีพ ตลอดจนเป็นบุคคลที่ไม่สามารถประกอบอาชีพได้ บุคคลเหล่านี้นอกจากจะไม่มีความสามารถในการช่วยเหลือตนเองได้แล้ว ยิ่งไปกว่านั้นยังไม่สามารถพึ่งพาบุคคลอื่นได้อีกด้วยทำให้มีชีวิตความเป็นอยู่อย่างแร้นแค้นยากลำบากมีมาตรฐานการดำรงชีวิตที่ต่ำกว่าบุคคลทั่วไป หากปัญหาคนไร้ที่พึ่งไม่ได้รับการแก้ไขจะนำไปสู่ปัญหาสังคมอื่น ๆ ที่เลวร้ายและรุนแรงมากยิ่งขึ้น เช่น ปัญหายาเสพติด อาชญากรรม การค้ามนุษย์ และปัญหาความเหลื่อมล้ำเป็นอาทิ คนไร้บ้านเป็นส่วนหนึ่งที่สะท้อนถึงความบกพร่องของการคุ้มครองสิทธิมนุษยชนและระบบสวัสดิการของรัฐ คนไร้บ้านจึงเป็นกลุ่มคนเปราะบางในสังคมซึ่งด้อยโอกาสและขาดแคลนปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิต ไม่ว่าจะเป็นที่อยู่อาศัย การเข้าถึงแหล่งงาน การเข้ารับบริการทางสาธารณสุขและสิทธิสวัสดิการขั้นพื้นฐานต่างๆของรัฐที่พึงได้รับ สำหรับสถิติคนไร้บ้านในกรุงเทพมหานครของเครือข่ายด้านคนไร้บ้าน เมื่อวันที่ 4 กันยายน 2558 พบว่ามีจำนวน 1,307 คน และในปีพ.ศ. 2563 ถึง 2565 พบว่ามีคนไร้บ้านในพื้นที่สาธารณะเฉลี่ยปีละ 1,346 คน (มติชน ออนไลน์, 2566) ซึ่งตัวเลขดังกล่าวอาจมีความคลาดเคลื่อนและน้อยกว่าความเป็นจริง อย่างไรก็ตามควรจะต้องจัดทำฐานข้อมูลและนับจำนวนคนไร้บ้านอย่างเป็นระบบเพราะตัวเลขจำนวน



คนไร้บ้านจะสะท้อนให้เห็นปัญหาความเหลื่อมล้ำทางสังคมและการแก้ไขความยากจนของกลุ่มเปราะบางต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนอีกด้วย

รัฐบาลไทยมีหน้าที่ตามรัฐธรรมนูญในการคุ้มครองสิทธิมนุษยชนของปวงชนชาวไทยทุกคนโดยปราศจากการเลือกปฏิบัติซึ่งรวมถึงการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งด้วยเช่นกัน เพื่อให้การดำเนินงานคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยเป็นระบบและมีประสิทธิภาพจึงนำมาสู่การตราพระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ. 2557 ขึ้น ดังนั้นจึงนำมาสู่การตั้งคำถามว่าสถานการณ์การคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยตั้งแต่การตราพระราชบัญญัติฉบับนี้มาเป็นเวลาเกือบครบรอบ 10 ปีแล้วมีผลการดำเนินงานเป็นเช่นไร มีอุปสรรคปัญหาอะไรบ้างและควรมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาอย่างไรเพื่อให้การดำเนินงานคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ คือ (1) เพื่อศึกษาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยตามพระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ. 2557 (2) เพื่อศึกษาปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทย และ (3) เพื่อเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทย สำหรับขั้นตอนและระเบียบวิธีวิจัย (Methods and Research Methodology) เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เก็บข้อมูลจากเอกสาร (Documentary Research) เป็นหลักและนำมาวิเคราะห์ในรูปแบบพรรณนา (Analytical Description) เพื่อตอบคำถามตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลจากเอกสารทุติยภูมิ (Secondary Documents) เช่น หนังสือ วารสาร บทความ รายงาน งานวิจัย ข่าวสารจากสื่อสิ่งพิมพ์และสื่อออนไลน์ เป็นต้น โดยสืบค้นและเก็บข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2565 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2566 เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วจึงนำมาวิเคราะห์ในรูปแบบพรรณนาวิเคราะห์ เป็นเทคนิคและวิธีการทั่วไปที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเอกสารเช่นนี้

### ผลการศึกษา

ผลการศึกษตามวัตถุประสงค์การวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- (1) การคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยตามพระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ. 2557



ในอนาคตปัญหาคนเร่ร่อนจะกระจายตัวและมีการเคลื่อนย้ายไปอยู่ได้ทุกที่และยังพบปัญหาใหม่ว่ามีชาวต่างชาติออกมาเร่ร่อนในเมืองท่องเที่ยวเพิ่มมากขึ้นด้วย จึงจำเป็นต้องกำหนดรูปแบบการทำงานให้ชัดเจนมากขึ้น และสร้างรูปแบบการทำงานเป็นเครือข่าย โดยร่วมกับหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้มีความพร้อมในการให้ความช่วยเหลือและเตรียมพร้อมรองรับกับปัญหาที่อาจจะเพิ่มขึ้นโดยคาดว่าเมื่อเปิดเสรีอาเซียนจำนวนคนเร่ร่อนที่เป็นต่างชาติอาเซียนก็จะเพิ่มขึ้นไปด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีกฎหมายคุ้มครองให้คนไร้ที่พึ่งสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างปกติสุขมีปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตและสามารถฟื้นฟูสภาพร่างกายและจิตใจตลอดจนความเป็นอยู่ให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้เช่นเดียวกับบุคคลทั่วไป โดยกำหนดวิธีการคุ้มครองไว้อย่างชัดเจนและเหมาะสมจึงมีกฎหมายว่าด้วยการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและการสร้างโอกาสในสังคมให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

(1.1) สารสำคัญของพระราชบัญญัติ คนไร้ที่พึ่งหมายความว่าบุคคลซึ่งไร้ที่อยู่อาศัยและไม่มีรายได้เพียงพอแก่การยังชีพและให้รวมถึงบุคคลที่อยู่ในสภาวะยากลำบากและไม่อาจพึ่งพาบุคคลอื่นได้ การคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งหมายความว่าการจัดสวัสดิการสังคม การเสริมสร้างสมรรถภาพทาง ร่างกายและจิตใจ การรักษาพยาบาล การส่งเสริมการศึกษาและอาชีพ การส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างโอกาสในสังคม การพัฒนาคุณภาพชีวิต การสนับสนุนให้คนไร้ที่พึ่งมีงานทำและมีที่พักอาศัย และการป้องกันมิให้มีการเลือกปฏิบัติที่ไม่เป็นธรรมต่อคนไร้ที่พึ่ง องค์กรสาธารณประโยชน์หมายความว่าองค์กรภาคเอกชนที่ได้รับการรับรองให้ดำเนินงานด้านการจัดสวัสดิการสังคมตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการจัดสวัสดิการสังคม องค์กรสวัสดิการชุมชนหมายความว่า องค์กรภาคประชาชนที่จัดตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ในการจัดสวัสดิการสังคมให้แก่สมาชิกในชุมชนหรือปฏิบัติงานด้านการจัดสวัสดิการสังคมของเครือข่ายองค์กรสวัสดิการชุมชนและได้รับการรับรองให้ดำเนินงานด้านการจัดสวัสดิการสังคมตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการจัดสวัสดิการสังคม (พระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง, 2557)

(1.2) คณะกรรมการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง คณะกรรมการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งประกอบด้วยรัฐมนตรีว่าการกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์เป็นประธานกรรมการ ปลัดกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์เป็นรองประธานกรรมการ ปลัดกระทรวงการคลัง ปลัดกระทรวงมหาดไทย ปลัดกระทรวงยุติธรรม ปลัดกระทรวงแรงงาน ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ปลัดกระทรวงสาธารณสุข ผู้อำนวยการสำนักงบประมาณ ผู้บัญชาการตำรวจแห่งชาติ และกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้งไม่เกินสิบเอ็ดคนเป็นกรรมการ ให้อธิบดีกรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการเป็นกรรมการและเลขานุการและให้อธิบดีกรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการแต่งตั้งข้าราชการของกรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการอีกไม่เกินสองคนเป็นผู้ช่วยเลขานุการ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้ง ให้แต่งตั้งจากผู้มีความรู้และความเชี่ยวชาญด้านการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง การสังคมสงเคราะห์ การพัฒนาสังคมหรือการจัดสวัสดิการสังคม ซึ่งไม่เป็นข้าราชการที่มีตำแหน่งหรือเงินเดือนประจำ พนักงานหรือลูกจ้าง



ของหน่วยงานของรัฐ เว้นแต่ผู้สอนในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ โดยในจำนวนนี้ต้องแต่งตั้งจากผู้แทนองค์กร  
 สาธารณประโยชน์จำนวนสองคนและผู้แทนองค์กรสวัสดิการชุมชนสองคน กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้งมี  
 วาระอยู่ในตำแหน่งคราวละสองปี ในกรณีที่กรรมการพ้นจากตำแหน่งก่อนวาระ ให้รัฐมนตรีแต่งตั้งผู้อื่นเป็นกรรมการ  
 แทนได้ และให้ผู้ซึ่งได้รับแต่งตั้งอยู่ในตำแหน่งเท่ากับวาระที่เหลืออยู่ของกรรมการซึ่งตนแทน คณะกรรมการมีอำนาจ  
 หน้าที่ดังต่อไปนี้ (๑) เสนอนโยบายและมาตรการเกี่ยวกับการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งต่อคณะรัฐมนตรีเพื่อพิจารณา และ  
 มอบหมายให้หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องรับไปดำเนินการ (๒) เสนอความเห็นต่อคณะรัฐมนตรีให้มีหรือปรับปรุง  
 กฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ หรือ มติคณะรัฐมนตรีที่สนับสนุนนโยบายและมาตรการเกี่ยวกับการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง  
 (๓) ประกาศกำหนดประเภทหรือลักษณะของบุคคลที่อยู่ในสภาวะยากลำบากและไม่อาจพึ่งพาบุคคลอื่นได้ เพื่อให้  
 การคุ้มครองตามกฎหมาย (๔) ประกาศกำหนดหลักเกณฑ์การคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง (๕) ประกาศกำหนดมาตรฐาน  
 การปฏิบัติงานของสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง (๖) ประกาศกำหนดหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขการสนับสนุนการ  
 ดำเนินการแก่หน่วยงานของรัฐ องค์กรสาธารณประโยชน์ องค์กรสวัสดิการชุมชน องค์กรภาคเอกชนอื่น สถาบัน  
 ศาสนา กลุ่มคนไร้ที่พึ่ง หรือกลุ่มบุคคลในการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง (๗) ประกาศกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการ  
 ร้องเรียน (๘) ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของหน่วยงานของรัฐ องค์กรสาธารณประโยชน์ องค์กรสวัสดิการชุมชน และ  
 องค์กรภาคเอกชนอื่น เพื่อให้เกิดความร่วมมือในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง (๙) ติดตาม  
 ตรวจสอบ และประเมินผลในการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง (๑๐) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กฎหมายกำหนดให้เป็นอำนาจ  
 หน้าที่ของคณะกรรมการหรือตามที่คณะรัฐมนตรีมอบหมาย สำหรับการประชุมของคณะกรรมการต้องมีกรรมการมา  
 ประชุมไม่น้อยกว่ากึ่งหนึ่งของจำนวนกรรมการทั้งหมดจึงจะเป็นองค์ประชุม การลงมติของที่ประชุมให้ถือเสียงข้าง  
 มาก ให้มีการประชุมคณะกรรมการไม่น้อยกว่าปีละสามครั้งและให้คณะกรรมการมีอำนาจแต่งตั้งคณะอนุกรรมการ  
 เพื่อปฏิบัติการอย่างหนึ่งอย่างใด ให้กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการทำหน้าที่เป็นสำนักงานเลขานุการ มีอำนาจหน้าที่  
 ดังต่อไปนี้ (๑) รับผิดชอบงานธุรการ งานประชุม และกิจการต่างๆ ที่เกี่ยวกับงานของคณะกรรมการและ  
 คณะอนุกรรมการ และรวบรวมข้อมูล ศึกษา วิจัย และพัฒนางานเกี่ยวกับการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง (๒) ประสานงาน  
 กับหน่วยงานของรัฐ องค์กรสาธารณประโยชน์ องค์กรสวัสดิการชุมชน และ องค์กรภาคเอกชนอื่น เพื่อดำเนินการ  
 จัดทำนโยบายและมาตรการเกี่ยวกับการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งเสนอต่อคณะกรรมการและดำเนินการให้มีการปฏิบัติตาม  
 นโยบายและมาตรการเกี่ยวกับการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง (๓) เผยแพร่ข้อมูลข่าวสารและรายละเอียดของนโยบายและ  
 มาตรการเกี่ยวกับการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง (๔) ติดตาม ตรวจสอบและประเมินผลการปฏิบัติตามนโยบายและ  
 มาตรการเกี่ยวกับการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งและศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง กระทรวงการพัฒนา  
 สังคมและความมั่นคงของมนุษย์ มีหน้าที่ดำเนินการจัดตั้งสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งหรือสถานสงเคราะห์เป็นสถาน



คุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง โดยเสนอต่อคณะกรรมการเพื่อพิจารณาประกาศการจัดตั้งสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง การจัดตั้งสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งให้กำหนดขอบเขตพื้นที่ให้การคุ้มครองไว้ด้วย โดยให้กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการมีหน้าที่รับผิดชอบการดำเนินงานของสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งมีอำนาจหน้าที่ในการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งดังต่อไปนี้ (๑) ตรวจสอบและติดตามสภาพและปัญหาเกี่ยวกับคนไร้ที่พึ่งในเขตพื้นที่รับผิดชอบ (๒) สืบเสาะข้อมูลเกี่ยวกับคนไร้ที่พึ่งที่ขอรับการคุ้มครองหรือที่ถูกส่งตัวมายังสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งและให้การคุ้มครอง รวมทั้งการรับตัวคนไร้ที่พึ่งไว้ (๓) จัดให้มีที่พักอาศัย อาหาร และเครื่องนุ่งห่มที่เหมาะสมและถูกสุขลักษณะ จัดให้มีการตรวจสุขภาพกายและสุขภาพจิต ฝึกอบรมและฝึกอาชีพ รวมทั้งหาอาชีพให้คนไร้ที่พึ่ง (๔) ประสานงานเพื่อจัดส่งคนไร้ที่พึ่งไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบในกรณีที่มีกฎหมายเฉพาะ เพื่อคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งประเภทนั้น (๕) ให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือคนไร้ที่พึ่งในด้านการศึกษา การดำรงชีวิต ด้านกฎหมาย หรือด้านอื่น เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างปกติสุขเช่นเดียวกับบุคคลทั่วไป (๖) ติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลในการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง การปฏิบัติงานของสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งให้เป็นไปตามมาตรฐานที่คณะกรรมการกำหนด ทั้งนี้ ให้คำนึงถึงการส่งเสริมให้คนไร้ที่พึ่งสามารถดำรงชีวิตอิสระในชุมชนและการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นของคนไร้ที่พึ่งด้วย

(1.3) สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง ให้กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์สนับสนุนให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น องค์กรสาธารณประโยชน์ องค์กรสวัสดิการชุมชน องค์กรภาคเอกชนอื่น สถาบันศาสนา หรือกลุ่มคนไร้ที่พึ่ง จัดให้มีการดำเนินการในลักษณะเดียวกับสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งหรือมีส่วนร่วมในการให้การคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งอาจจัดให้มีศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง เพื่อดำเนินการให้การคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งและทำหน้าที่เป็นเครือข่ายให้สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งในเขตพื้นที่หรือสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งอื่น ศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่งมีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้ (๑) สืบเสาะและติดตามสภาพและปัญหาเกี่ยวกับคนไร้ที่พึ่ง (๒) สืบเสาะข้อมูลเกี่ยวกับคนไร้ที่พึ่งที่ขอรับการคุ้มครองหรือที่ถูกส่งตัวมายังศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง และให้การคุ้มครองในเบื้องต้นแก่คนไร้ที่พึ่ง รวมทั้งรับตัวคนไร้ที่พึ่งไว้ (๓) ประสานงานเพื่อจัดส่งคนไร้ที่พึ่งไปยังสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง (๔) ให้การคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งตามที่สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งมอบหมายหรือตามที่ศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่งเห็นสมควร (๕) ในกรณีที่หน่วยงานของรัฐ องค์กรสาธารณประโยชน์ องค์กรสวัสดิการชุมชน องค์กรภาคเอกชนอื่น สถาบันศาสนา กลุ่มคนไร้ที่พึ่ง หรือกลุ่มบุคคลจัดให้มีการดำเนินการในลักษณะเดียวกับศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์อาจพิจารณาให้การสนับสนุนด้านการเงินหรือด้านอื่น ทั้งนี้ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่คณะกรรมการกำหนด ให้สำนักงานพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์





จังหวัด ศูนย์พัฒนาสังคมประจำจังหวัด หรือส่วนราชการอื่นที่ปลัดกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์กำหนด เป็นศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง

(1.4) การคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง คนไร้ที่พึ่งมีสิทธิขอรับการคุ้มครองจากสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งหรือศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง ในกรณีที่พนักงานเจ้าหน้าที่ได้รับแจ้งหรือพบเห็นคนไร้ที่พึ่ง ให้พนักงานเจ้าหน้าที่มีหน้าที่ให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลือ ตลอดจนจัดส่งคนไร้ที่พึ่งไปยังสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งหรือศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง ให้สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งหรือศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่งให้การคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง โดยพิจารณาตามความเหมาะสมของสภาพและปัญหาของคนไร้ที่พึ่ง ทั้งนี้ตามหลักเกณฑ์ที่คณะกรรมการกำหนด ในกรณีที่บุคคลใดถูกกล่าวหาในความผิดเกี่ยวกับการพักอาศัยในที่สาธารณะตามกฎหมายหรือข้อบัญญัติท้องถิ่น หากเจ้าหน้าที่ตามกฎหมายหรือข้อบัญญัติท้องถิ่นนั้นเห็นว่าบุคคลดังกล่าวมีลักษณะเป็นคนไร้ที่พึ่งและสมควรได้รับการคุ้มครอง ในสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง ให้เจ้าหน้าที่ส่งตัวคนไร้ที่พึ่งนั้นไปยังสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งหรือศูนย์คุ้มครอง

คนไร้ที่พึ่ง ทั้งนี้โดยความยินยอมของคนไร้ที่พึ่ง คนไร้ที่พึ่งซึ่งจะเข้าพักอาศัยในสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง จัดให้ต้องจัดทำข้อตกลงเข้าร่วมการอบรมเพื่อฟื้นฟูสภาพร่างกายและจิตใจ การประกอบอาชีพและทำงาน ทั้งนี้ตามหลักเกณฑ์ที่สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งกำหนด ในกรณีที่เห็นสมควรสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งอาจจัดให้คนไร้ที่พึ่งจัดทำข้อตกลงในการขอรับการคุ้มครองอื่นด้วยก็ได้และในกรณีที่คนไร้ที่พึ่งปฏิเสธการจัดทำข้อตกลงหรือฝ่าฝืนข้อตกลง สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งอาจงดให้การคุ้มครองบางประการแก่คนไร้ที่พึ่งผู้นั้นได้ ในระหว่างการเข้าร่วมการ ฝึกอาชีพ และการเริ่มต้นการประกอบอาชีพ คนไร้ที่พึ่งอาจได้รับเงินช่วยเหลือในการยังชีพตามระเบียบที่คณะกรรมการกำหนด สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง ศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง หรือสถานที่รับคนไร้ที่พึ่งไว้ทำงานต้องปกปิดข้อมูลส่วนบุคคลของคนไร้ที่พึ่ง เว้นแต่เป็นการเปิดเผยตามที่กฎหมายกำหนด ในกรณีคนไร้ที่พึ่งไม่ได้รับการคุ้มครองหรือได้รับการปฏิบัติที่ไม่เหมาะสมจากสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งหรือศูนย์คุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง อาจร้องเรียนต่อคณะกรรมการตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่คณะกรรมการกำหนดได้

## (2) ปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทย

สถานการณ์การละเมิดสิทธิของคนไร้ที่พึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 ช่วงเวลา คือ

(2.1) ช่วงแรก การละเมิดสิทธิในขั้นตอนการแรกรับคัดกรองนั้นจากการศึกษาพบว่ายังไม่มีสถิติที่บ่งชี้ถึงจำนวนข้อร้องเรียนและรับแจ้งความจากกลุ่มคนไร้ที่พึ่ง เนื่องจากคนไร้ที่พึ่งส่วนใหญ่มีสภาพที่ป่วยเป็นจิตเวชหลายคนติดสุรา ทำให้ไม่สามารถจดจำได้ว่า ตนเองโดนทำร้ายหรือถูกปฏิบัติที่ไม่เป็นธรรมจากพนักงานเจ้าหน้าที่หรือจากคนไร้ที่พึ่งด้วยกันเองจึงยากต่อการสืบหาข้อเท็จจริงถึงสาเหตุในการโดนทำร้ายหรือเกิดการกระทำที่ละเมิดสิทธิได้ในขั้นตอนนี้ ในส่วนของเจ้าหน้าที่เทศกิจและเจ้าหน้าที่ตำรวจที่ทำหน้าที่ในการเชิญตัวมาคัดกรองนั้นมีระเบียบ



ปฏิบัติที่ต้องคำนึงถึงการคุ้มครองสิทธิและเสรีภาพของคนไร้ที่พึ่ง ส่วนใหญ่ได้ตระหนักและระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงการละเมิดสิทธิ โดยเฉพาะกรณีการกระทำรุนแรงต่อร่างกายและจิตใจ อย่างไรก็ตามมีบางประเด็นที่ยังต้องแก้ไขในเรื่องของสิทธิทางกระบวนการยุติธรรมที่ต้องได้รับความคุ้มครองต่อคนไร้ที่พึ่งเช่นกัน คือสิทธิในการที่จะไม่ถูกค้นตัว ไม่ถูกจับกุม ในที่นี้หากต้องทำการค้นตัวหรือจับตัวจากเจ้าหน้าที่ตำรวจ ต้องได้รับการบอกกล่าวหรือการชี้แจงสาเหตุของการค้นตัวจับตัวมาเพื่อป้องกันการละเมิดสิทธิขั้นพื้นฐานและการปฏิบัติที่ไม่เหมาะสมต่อคนไร้ที่พึ่ง ซึ่งขั้นตอนนี้มักไม่มีคนไร้ที่พึ่งคนใดทราบเนื่องจากไม่รู้สิทธิของตนเองที่ต้องได้รับการคุ้มครองและเจ้าหน้าที่บางคนยังคงกระทำการละเมิดสิทธิด้วยการค้นตัวและจับตัวโดยปราศจากการแจ้งถึงสาเหตุและเหตุผลของการจับกุม เนื่องจากมองว่าคนไร้ที่พึ่งเหล่านี้ ส่วนใหญ่ความรู้น้อยและไม่กล้าที่จะฟ้องร้องหรือแจ้งความใด ๆ

(2.2) ช่วงที่สอง การละเมิดสิทธิในศูนย์คุ้มครองและสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง จากการศึกษาพบว่าตั้งแต่มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ.2557 ยังไม่พบการร้องเรียนกรณีการละเมิดสิทธิอันเกิดจากเจ้าหน้าที่กระทำความรุนแรงต่อร่างกายและจิตใจของผู้รับบริการ พบเพียงข้อร้องเรียนด้านการจัดสวัสดิการด้านอาหาร เช่น ชนิดและปริมาณของอาหารตามที่หน่วยงานสามารถจัดสรรให้ตามมาตรฐานและงบประมาณที่ได้มาจากส่วนกลางเท่านั้น อย่างไรก็ตามการเบียดบังทุจริตและหาผลประโยชน์ในสถานคุ้มครองยังมีอยู่บ้าง โดยเฉพาะเรื่องสิ่งของบริจาคจากประชาชนทั่วไปที่นำมาให้กับผู้รับบริการแต่ไม่ถึงมือผู้รับบริการ การทุจริตของเจ้าหน้าที่ เช่น การทุจริตเงินสงเคราะห์คนไร้ที่พึ่งเมื่อปี พ.ศ.2561 การระงับการใช้โทรศัพท์ส่วนตัวของผู้รับบริการ การกำหนดให้มีการฝึกทักษะวิชาชีพเพียงขั้นมาตรฐานโดยไม่สร้างทางเลือกในการฝึกทักษะอาชีพที่ผู้รับบริการสนใจรายบุคคล ยังมีอุปสรรคในการแสดงความคิดเห็นหรือการร้องเรียนบ้างเพราะผู้รับบริการส่วนใหญ่ป่วยจิตเวช เป็นผู้สูงอายุ มีการศึกษาในระดับประถมศึกษา จึงขาดทักษะการสื่อสารในการเขียนร้องเรียนและบางครั้งเกรงกลัวการไม่ได้รับสิทธิ ด้านอื่น ๆ หากร้องเรียนต่อคณะกรรมการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง

นอกจากนี้ยังมีปัญหาการขาดบุคลากรหรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน ได้แก่ นักสังคมสงเคราะห์ นักจิตวิทยา นักกายภาพบำบัด นักโภชนาการ พยาบาลวิชาชีพ นักกิจกรรมบำบัด ในการดำเนินกิจกรรมเพื่อพัฒนาและฟื้นฟูศักยภาพของกลุ่มผู้รับบริการ อีกทั้งบุคลากรหรือเจ้าหน้าที่ภายในองค์กรควรมีแนวทางเฉพาะด้านหรือเทคนิคในการดูแลและพูดคุยต่อกลุ่มผู้รับบริการเพื่อให้กลุ่มผู้รับบริการไม่รู้สึกถึงความแบ่งแยกและน้อยเนื้อต่ำใจต่อสถานภาพของตนเอง

ทัศนคติของเจ้าหน้าที่ พนักงานภายในและภายนอกสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งควรมีทัศนคติที่ดี เข้าใจถึงสภาพปัญหาสภาวะความเจ็บป่วยทางจิตและความบอบบางหรือความอ่อนไหวทางความรู้สึกของผู้รับบริการซึ่งส่งผลต่อการแสดงออกและคำพูดที่เหมาะสมต่อการพูดคุยกับผู้รับบริการเพื่อให้ผู้รับบริการมีความรู้สึกที่ดีต่อบุคลากรใน

กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์



องค์กรและบุคคลในสังคม การแสดงออกถึงทัศนคติเชิงบวกต่อกันจะช่วยเสริมสร้างสันติภาพและความสงบสุขในสังคมได้ โดยเฉพาะผู้รับบริการที่มีสภาวะความเจ็บป่วยทางจิตควรได้รับการดูแลและการพูดคุยด้วยบทสนทนาเฉพาะทางโดยนักจิตวิทยาเพื่อให้ผู้พูดได้เข้าใจถึงความรู้สึกและความต้องการของผู้รับบริการที่มีสภาวะเจ็บป่วยทางจิตอย่างแท้จริงและเพื่อหลีกเลี่ยงการเพิ่มความเจ็บป่วยทางจิตให้แก่ผู้รับบริการจากบทสนทนาทางลบที่อาจส่งผลกระทบต่อจิตใจของผู้รับบริการได้

### (3) แนวทางแก้ไขปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทย

แนวทางการแก้ไขปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งคือการประสานความร่วมมือระหว่างสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากอุปสรรคประการหนึ่งของการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งคือการขาดเอกสารสำคัญประกอบการคัดกรอง เช่น บัตรประจำประชาชน บัตรประจำตัวผู้สูงอายุ บัตรประจำตัวผู้พิการ ใบรับรองแพทย์และประวัติการรักษากรณีมีความเจ็บป่วยเรื้อรังทั้งสุขภาพกายและจิตเป็นต้น การแก้ไขปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องมีการประสานความร่วมมือระหว่างสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งกับหน่วยงานภายนอกโดยเฉพาะการขอรับเอกสารที่จำเป็น เช่น เอกสารทางทะเบียนราษฎรจากกรมการปกครอง บัตรประจำตัวผู้สูงอายุจากกรมกิจการผู้สูงอายุ(ผส.) บัตรประจำตัวผู้พิการจากกรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ (พท.) เป็นต้น วิธีการดังกล่าวจะช่วยให้การประเมินและคัดกรองของทีมสหวิชาชีพเกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและยังส่งเสริมให้เกิดการได้รับสิทธิสูงสุดต่อผู้รับบริการในแง่ของการประสานส่งต่อไปยังหน่วยงานที่ผู้รับบริการมีกฎหมายเฉพาะคุ้มครองในกรณีที่ไม่มีเอกสารสำคัญเกี่ยวกับผู้รับบริการเช่น ไม่มีสิทธิการรักษาพยาบาลเนื่องจากไม่ปรากฏว่าเป็นพลเมืองสัญชาติไทย เป็นต้น เงื่อนไขดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการสร้างความร่วมมือระหว่างกรมการปกครองเพื่อสืบค้นฐานข้อมูลทางทะเบียนราษฎรในระหว่างการขอรับการคุ้มครองความเป็นพลเมืองชั่วคราวเพื่อให้ผู้รับบริการสามารถเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาล สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งจำเป็นต้องสร้างความร่วมมือกับโรงพยาบาลด้วยการจัดทำบันทึกข้อตกลง (Memorandum of Understanding: MOU) เพื่อสร้างระบบการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งร่วมกับหน่วยงานที่มีขอบข่ายการทำงานคาบเกี่ยวกัน เช่น โรงพยาบาลด้านจิตเวชของกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุขสำหรับการดูแลผู้รับบริการที่มีอาการป่วยทางจิตเวช การขอความอนุเคราะห์ตรวจสุขภาพประจำปีโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น

#### (3.1) ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

(3.1.1) สร้างความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งแก่บุคลากรทุกฝ่ายอย่างมีทิศทางที่สอดคล้องกัน เนื่องจากการปฏิบัติงานจำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้แบบสหวิชาชีพ (Multidisciplinary) เช่น แพทย์ พยาบาล นักสังคมสงเคราะห์ นักพัฒนาสังคม นักจิตวิทยา เป็นต้น ดังนั้นการจัดทำแนวทางหรือคู่มือ



การปฏิบัติงานจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการลดปัญหาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชมพูนุช พัฒนพงษ์ติลล, 2558)

(3.1.2) จัดสรรงบประมาณดำเนินงานเพื่อพัฒนาองค์การให้มีประสิทธิภาพ เช่น การจัดซื้อครุภัณฑ์ สำนักงาน การปรับปรุงระบบการรักษาความปลอดภัยของอาคารสถานที่ การจ้างเหมาพนักงานบริการ เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงการจัดสรรงบประมาณดำเนินงานพัฒนาผู้รับบริการให้สอดคล้องตามความต้องการของแต่ละบุคคลเพื่อสร้างระบบการปกป้องคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งให้มีความหลากหลายของกิจกรรมการให้บริการอย่างเหมาะสมกับทุกเพศและทุกวัย

(3.1.3) ประสานความร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งหน่วยงานภายในกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ ได้แก่ กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้พิการ กรมกิจการผู้สูงอายุ กรมกิจการสตรีและสถาบันครอบครัว เป็นต้น รวมถึงหน่วยงานภายนอกกระทรวง ได้แก่ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงมหาดไทย กระทรวงยุติธรรม องค์การสาธารณะประโยชน์ องค์การสวัสดิการชุมชน เป็นต้น เพื่อสร้างระบบการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งให้เกิดประสิทธิภาพโดยเฉพาะการส่งเสริมการเข้าถึงการบริการของรัฐและฐานข้อมูลทางทะเบียนราษฎร

(3.1.4) เสริมสร้างและพัฒนาคุณภาพชีวิตการทำงาน (Work-life Balance) สำหรับบุคลากรอย่างครอบคลุม เช่น การจัดฝึกอบรมบุคลากรเพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน การพัฒนาศักยภาพความเป็นผู้นำ การปรับปรุงระบบสวัสดิการสังคม เป็นต้น การเสริมสร้างและพัฒนาคุณภาพชีวิตการทำงานจะช่วยสร้างหลักประกันความมั่นคงแก่บุคลากรในองค์การให้ปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(3.1.5) ธารงค์ประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างทัศนคติเชิงบวกแก่สังคมที่มีต่อผู้รับบริการให้สามารถรองรับการส่งกลับคืนสู่สังคมได้อย่างปกติสุข เช่น การสร้างความเข้าใจอย่างถูกต้องว่าคนไร้ที่พึ่งมิใช่ขยะสังคม หากแต่เป็นพลเมืองที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาสังคมโดยเฉพาะการบำเพ็ญสาธารณะประโยชน์ในชุมชน

### (3.2) ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ

(3.2.1) จัดประชุมหารือระหว่างเจ้าหน้าที่ของรัฐทุกฝ่ายที่ดำเนินงานคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่ง เช่น นักสังคมสงเคราะห์ นักพัฒนาสังคม นักจิตวิทยา พยาบาล แพทย์ เป็นต้น การบูรณาการองค์ความรู้จากหลากหลายวิชาชีพ นอกจากจะช่วยกำหนดแนวทางปฏิบัติงานให้สอดคล้องกันยังนับว่าเป็นกระบวนการสร้างสภาพแวดล้อมให้เกิดองค์การแห่งการเรียนรู้ร่วมกันอีกด้วย (Learning Organization)

(3.2.2) จัดทำคำขออนุมัติงบประมาณเพิ่มเติมจากหน่วยงานของรัฐ เช่น สำนักงบประมาณ เป็นต้น โดยขออนุมัติตามความต้องการและความจำเป็นอย่างเหมาะสม ในขณะที่เดียวกันสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งต้องจัดทำแผนการ



ใช้จ่ายงบประมาณอย่างเข้มงวดโดยคำนึงถึงความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด (กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการ, 2563)

(3.2.3) จัดทำแผนการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งทั้งแผนระยะสั้น แผนระยะกลาง และแผนระยะยาว ที่เรียกว่าแผนปฏิบัติการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งเชิงบูรณาการเพื่อรองรับพันธกิจและอำนาจหน้าที่ของหน่วยงานภายนอกกรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(3.2.4) จัดทำระบบการประเมินคุณภาพชีวิตของบุคลากรเพื่อทราบปัญหาและความต้องการโดยการสำรวจเบื้องต้นไปจนถึงการทำวิจัยเต็มรูปแบบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ผู้บริหารองค์กรหาแนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตการทำงานได้อย่างเหมาะสม

(3.2.5) จัดโครงการหรือกิจกรรมให้ผู้รับบริการได้บำเพ็ญสาธารณะประโยชน์ เช่น การขุดลอกคูคลอง การปลูกป่า การเก็บขยะ เป็นต้น เพื่อเสริมสร้างการมีส่วนร่วมในการพัฒนาสังคมและส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีต่อผู้รับบริการ นอกจากนี้ควรสนับสนุนให้ผู้รับบริการมีส่วนร่วมในกิจกรรมของชุมชน เช่น การเข้าร่วมงานประเพณี และเทศกาลประจำปีและการแสดงความคิดเห็นในกระบวนการประชาพิจารณ์ของชุมชน เป็นต้น

### อภิปรายผลการศึกษา

อภิปรายผลการศึกษาวิจัยดังนี้ (1) การดำเนินงานคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยเป็นไปตามพระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ. 2557 แต่ผลการดำเนินงานประสบความสำเร็จหรือไม่ (2) ปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยพบว่ามีกรร้องเรียนน้อยมากเนื่องจากอุปสรรคในการสื่อสารของผู้รับบริการ อย่างไรก็ตามยังมีข่าวการทุจริตของเจ้าหน้าที่สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งถูกนำเสนอให้รับทราบผ่านสื่อมวลชนเป็นครั้งคราว (3) แนวทางการแก้ไขปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยน่าทำทนาย อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นเพียงการศึกษาจากเอกสารเท่านั้น หากต้องการข้อมูลที่ละเอียดลึกซึ้งและรอบด้านควรใช้วิธีการเก็บข้อมูลโดยการลงพื้นที่เพื่อสังเกตการณ์และการสัมภาษณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการวิจัยให้ดียิ่งขึ้น

### สรุปผลการศึกษา

สรุปผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้ (1) การดำเนินงานคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยเป็นไปตามพระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พ.ศ. 2557 กล่าวคือมีการจัดตั้งหน่วยงานคณะกรรมการ งบประมาณ กองทุนและองค์กรเครือข่าย รวมถึงมีนโยบายและแนวทางอย่างชัดเจนเพื่อดำเนินการ



คุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยโดยมีสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง 11 แห่ง ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการตามภูมิภาคต่างๆทั่วประเทศ (2) ปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทย พบว่ามีปัญหาการละเมิดสิทธิของคนไร้ที่พึ่ง 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงแรก การละเมิดสิทธิในขั้นตอนการแรกรับและคัดกรองคนไร้ที่พึ่ง และช่วงที่สอง การละเมิดสิทธิในสถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง สำหรับปัญหาในการดำเนินงานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งคือขาดแคลนทรัพยากรที่จำเป็นในการปฏิบัติงานเช่น งบประมาณและบุคลากร (3) แนวทางการแก้ไขปัญหาการคุ้มครองสิทธิของคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทยคือรัฐบาลต้องสนับสนุนงบประมาณและบุคลากรที่จำเป็นในการปฏิบัติงาน รวมถึงการสร้างเครือข่ายที่เข้มแข็งระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งในประเทศไทย

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้องรวมถึงบุคลากรทุกท่านเช่น สถานคุ้มครองคนไร้ที่พึ่งวังทอง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก และกองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนในการเขียนงานวิจัยและบทความนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณคณบดีคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่เป็นแรงผลักดันงานวิจัยนี้ เนื่องจากคณบดีคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรไม่อนุญาติให้ขยายระยะเวลางานวิจัยของข้าพเจ้าเพิ่มเติมอีก 6 เดือนอย่างไม่เป็นธรรมจึงเป็นผลให้ข้าพเจ้าต้องคืนเงินทุนวิจัยให้กับคณะสังคมศาสตร์ทุกบาททุกสตางค์และข้าพเจ้าต้องดำเนินการวิจัยด้วยทุนส่วนตัวของข้าพเจ้าเองจนประสบความสำเร็จ

### เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการ. (2563). แผนปฏิบัติราชการและแผนการใช้จ่ายงบประมาณประจำปี.

<https://dsw.go.th/Data/ContenttableFiles/Files/aa0ojhld.pdf>

ชมพูนุช พัฒนพงษ์ดิถลก. ( 2558). แนวทางการพัฒนาการปฏิบัติงานของทีมสหวิชาชีพในการช่วยเหลือผู้ถูกกระทำด้วยความรุนแรงในครอบครัวของศูนย์พิทักษ์สิทธิเด็กและสตรีโรงพยาบาลสังกัดกรุงเทพมหานคร.

[วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์]. TU Digital Collections.

[http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2015/TU\\_2015\\_5105034424\\_3202\\_2115.pdf](http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2015/TU_2015_5105034424_3202_2115.pdf)

พระราชบัญญัติการคุ้มครองคนไร้ที่พึ่ง พุทธศักราช 2557. (16 ธันวาคม 2557). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 131 ตอนที่ 83 ก หน้า 1-9.

มติชน ออนไลน์. (23 พฤษภาคม 2566). มาแล้ว! ขบวนการ ‘นับจำนวนคนไร้บ้าน’ ตระเวน 200 เส้นทางสำรวจปมเหลื่อมล้ำในสังคม. <http://www.matichon.co.th/local/quality/life>



## การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

ปานัท กระจ่างฉาย<sup>1</sup>, ภัสราภรณ์ ตรัสมา<sup>1</sup>, ประนอม บุญธรรม<sup>1</sup>, พรญา ปุยสูงเนิน<sup>1\*</sup>,

เกตสุดา จันปาน<sup>1</sup> และ จุฑาธิป ประดิพัทธ์นฤมล<sup>1</sup>

### Local Wisdom Knowledge Management Latch of Banana Stalk

#### At Nakhon Thai District, Phitsanulok Province.

Panat Krajangchai<sup>1</sup>, Phatcharaphorn Trasama<sup>1</sup>, Pranom Boontham<sup>1</sup>, Poraya Puysungnoen<sup>1\*</sup>,

Ketsuda Janpan<sup>1</sup> and Chuthatip Pradipatnaruemol<sup>1</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรรัฐประศาสนศาสตรบัณฑิต คณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Bachelor of Public Administration, Faculty of Social Sciences and Local Development, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: Poraya.p@psru.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่องนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาตามวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น การแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก 2) เพื่อศึกษากระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก โดยมีกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักในการศึกษา สมาชิกทั้งหมด จำนวน 12 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ นักปราชญ์ชุมชน ผู้นำชุมชน ผู้นำท้องถิ่น และเยาวชน ซึ่งได้จากการถูกคัดเลือกมาแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือการวิจัยใช้เป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่ง โครงสร้าง เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก และการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยใช้แนวทางการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า 1) ในพื้นที่ตำบลนครไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และ ตำบลนาบัว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ได้มีการรวบรวมองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกไว้ มีวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการแทงหยวก คือ มีดแทงหยวกแบบด้ามคดและด้ามตรง และหยวกกล้วยตานี ขั้นตอนการแทงหยวก โดยเริ่มจากการคัดเลือกหยวกกล้วย การทำพิธีไหว้ครุมีการกล่าวบทสวดมนต์คาถาและเริ่มการแทงหยวกไปตามลวดลายที่เราต้องการ ลวดลายที่ใช้ในการแทงหยวกที่นิยมใช้มี 4 ลวดลาย คือ 1) ลายพันปลา 2) ลายพันสาม 3) ลายน่องสิงห์ และ 4) ลายเครือเถา 2) กระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก ตำบลนครไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และตำบล นาบัว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ประกอบด้วย จำนวน 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการถ่ายทอดความรู้แบบควบคุมชี้แนะ 2) ด้านการ ถ่ายทอดความรู้แบบอำนวยความสะดวก และ 3) ด้านการถ่ายทอดความรู้แบบร่วมมือกัน ปัญหาส่วนใหญ่คือขาดเยาวชนมาสืบทอด และ สืบสานเพราะการแทงหยวกเป็นงานที่มีความละเอียด ประณีต และต้องใช้เวลา จึงทำให้กลุ่มชาวบ้าน เยาวชน หรือบุคคลส่วนใหญ่ไม่ได้ ตระหนักถึงความสำคัญและคุณค่าของงานแทงหยวก



คำสำคัญ: การจัดการความรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น การแทงหยวก

#### Abstract

This research study the research team studied according to the objectives as follows. 1) To study and gather knowledge local wisdom Latch of Banana Stalk At Nakhon Thai District, Phitsanulok Province. 2) To study the process of transferring knowledge local wisdom Latch of Banana Stalk At Nakhon Thai District, Phitsanulok Province. with the main informants in the study There are 12 members in total, divided into 4 groups: community philosopher community leader local leader and juvenile. obtained from a specific interview. The research tool was a semi-structured interview. data collection by in-depth interviews. Descriptive analysis was used to analyze research data. research results found. 1) in Nakhon Thai Subdistrict, Nakhon Thai District, Phitsanulok Province, Nong Kathao Subdistrict, Nakhon Thai District, Phitsanulok Province and Na Bua Subdistrict, Nakhon Thai District, Phitsanulok Province. There is a collection of local wisdom knowledge latch of banana stalk. There are materials and equipment used latch of banana stalk is 1) serrated pattern 2) three tooth pattern 3) Singha pattern and 4) molding pattern 2) The process of transferring local wisdom knowledge latch of banana stalk. Nakhon Thai Subdistrict, Nakhon Thai District, Phitsanulok Province, Nong Kathao Subdistrict, Nakhon Thai District, Phitsanulok Province and Na Bua Subdistrict, Nakhon Thai District, Phitsanulok Province. Consists of 3 sides is 1) Guided knowledge transfer 2) Facilitated knowledge transfer 3) Knowledge transfer in cooperation. But most of the problems are lack of youth to inherit and carry on because stabbing stalks is a delicate and delicate work and takes time. As a result, villagers, youth groups, or most individuals do not realize the importance of and the value of gambling.

**Keywords:** Knowledge Management, Local Wisdom, Latch of Banana Stalk

#### บทนำ

สังคมปัจจุบันมีเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในทุกด้าน เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ช่วยความสะดวกสบายมากขึ้น ในอดีตภูมิปัญญาจัดเป็นมรดกทางความคิดของชุมชนทางสังคมที่คงอยู่คู่สังคมไทยเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันวิถีการดำเนินชีวิตที่เชื่อมโยงกับประวัติศาสตร์สืบต่อกันมา ทำให้เกิดเป็นภูมิปัญญาที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาและพัฒนาชีวิตของคนในท้องถิ่น (จักรพันธ์ โสมะเกษตริณ, 2551, น. 1) ในบางพื้นที่ได้มีการสร้างภูมิปัญญาของชุมชนตนเองขึ้น เรียกว่า ภูมิปัญญาท้องถิ่น (Local Wisdom) สะท้อนถึงเรื่องราวที่ผสมผสานกับองค์ความรู้ ขนบธรรมเนียมประเพณี ความเชื่อทางศาสนา ภาษาและวรรณกรรม ศิลปะโบราณ การละเล่น รวมถึงวิทยาการ ซึ่งความรู้และสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนเกิดจากภูมิปัญญาและประสบการณ์ของคนในชุมชนหรือท้องถิ่นทั้งสิ้น ทั้งนี้เพื่อให้ตอบสนองการดำรงชีวิตในด้านต่าง ๆ ของชุมชน นอกจากนี้ภูมิปัญญาท้องถิ่นยังสะท้อนให้เห็นถึง





ความสัมพันธ์ระหว่างคนกับคน คนกับธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อม และคนกับสิ่งที่เหนือธรรมชาติ รวมไปถึงกิจกรรมทุกอย่างในการดำรงชีพของคนในชุมชน ภูมิปัญญาท้องถิ่นจัดเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนและสังคม ทั้งในด้านเศรษฐกิจและด้านสังคม แต่ในกระแสโลกาภิวัตน์มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสังคม เศรษฐกิจ วัฒนธรรมประเพณีต่างๆ ส่งผลให้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเริ่มสูญหายไป เพราะความเร่งรีบทางด้านพิธีการ เวลา และมีกระแสของวัฒนธรรมใหม่ๆ หลังไหลมาจึงเป็นเหตุให้สังคมไทยเป็นสังคมที่มีการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการดำรงชีวิต เพื่อความสะดวก และประหยัดเวลาในการทำสิ่งต่างๆ ขณะเดียวกันจึงไม่อาจจะเลยในการอนุรักษ์ด้านต่างๆ ได้แก่ ประเพณี วัฒนธรรม สังคมวิถีชีวิต และศิลปะควบคู่กัน (ประภัสสร ทองยินดี, 2558)

ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกประดับแลแห่นาค เป็นเอกลักษณ์ของชาวนครไทย เพราะการแห่นาคของชาวอำเภอนครไทย จะใช้แลซึ่งเป็นคานหามสำหรับให้แห่นาคขึ้นนั่ง และแห่รอบชุมชนก่อนที่จะเข้าสู่พิธีกรรมของการบวชนาคตามประเพณีท้องถิ่น มีการนำความรู้จากปราชญ์ท้องถิ่นใกล้เคียงและต่างพื้นที่มาประยุกต์ใช้ในการทำแลแห่นาค ทำให้แลแห่นาคของคนนครไทยมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่ใช้ศิลปะการแทงหยวกเป็นเอกลักษณ์ที่โดดเด่น

ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกเริ่มสูญหายไปตามวัยของช่างแทงหยวก โดยในปัจจุบันก่อเกิดวิทยาการสมัยใหม่ เยาวชนส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เนื่องจากเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิต เพื่อทำให้ศิลปะการแทงหยวกนั้นยังคงอยู่ควรมีการส่งเสริมในทุกๆ ด้าน ทั้งทางด้านตัวบุคคล การดูแลและสนับสนุนให้องค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการแทงหยวกที่พอจะเป็นแหล่งความรู้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจในการศึกษาเรื่องการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก โดยทำการรวบรวมองค์ความรู้ที่มีอยู่ในส่วนของแต่ละพื้นที่ในอำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งกระจุกกระจายอยู่ในตัวบุคคลหรือเอกสาร สืบค้นและสอบถามข้อมูลจากนักปราชญ์ชุมชน ผู้นำชุมชน และผู้อาวุโสภายในชุมชนมาพัฒนาให้เป็นระบบ ทั้งนี้อันจะก่อให้เกิดการอนุรักษ์ และคงไว้ซึ่งประเพณี วัฒนธรรม และศิลปะควบคู่กันไป

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อศึกษากระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก



## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยเรื่อง การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก คณะผู้วิจัยใช้การวิจัยแบบเชิงคุณภาพ การสัมภาษณ์แบบเจาะจงเพื่อให้ทราบถึงประเด็นรายละเอียดที่สำคัญและมีความครอบคลุมในการศึกษาองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก คณะผู้วิจัยได้มีขั้นตอนและระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

### ผู้ให้ข้อมูลหลัก

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักในการศึกษา จำนวน 12 คน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 นักปราชญ์ชุมชน หมู่ที่ 6 บ้านหัวร่อง ตำบลนครไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก หมู่ที่ 13 บ้านโนนมะเกลือ ตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และหมู่ที่ 13 บ้านไร่พัฒนา ตำบลนาบัว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 3 คน โดยเป็นนักปราชญ์ชุมชนที่ได้สืบทอดภูมิปัญญาการแทงหยวกมาจากรุ่นสู่รุ่น เป็นผู้ที่มีความรู้ความชำนาญเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการแทงหยวก กลุ่มที่ 2 ผู้นำชุมชน หมู่ที่ 6 บ้านหัวร่อง ตำบลนครไทย อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก หมู่ที่ 13 บ้านโนนมะเกลือ ตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และหมู่ที่ 13 บ้านไร่พัฒนา ตำบลนาบัว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 3 คน กลุ่มที่ 3 ผู้นำท้องถิ่น นายกเทศมนตรี ตำบลนครไทย อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก นายกองค้การบริหารส่วนตำบลหนองกะท้าว อำเภอ นครไทย จังหวัด พิษณุโลก และนายกองค้การบริหารส่วนตำบลนาบัว อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 3 คน กลุ่มที่ 4 เยาวชน หมู่ที่ 6 บ้านหัวร่อง ตำบลนครไทย อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก หมู่ที่ 13 บ้านโนนมะเกลือ ตำบลหนองกะท้าว อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก และหมู่ที่ 13 บ้านไร่พัฒนา ตำบลนาบัว อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก เป็น เยาวชนที่อยู่ในพื้นที่ที่มีการแทงหยวก และมีความสนใจ จำนวน 3 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 1. แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ประกอบด้วยแนวคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก 2. กล้องถ่ายภาพ เพื่อใช้ในการบันทึกภาพภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกของนักปราชญ์ชุมชน อุปกรณ์ที่ใช้ และขั้นตอนการแทงหยวก ประเพณีวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้องกับการแทงหยวก 3. เครื่องบันทึกเสียง เพื่อใช้บันทึกเสียงขณะสัมภาษณ์

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยจะประยุกต์ใช้การศึกษาภาคสนาม โดยเก็บรวบรวมข้อมูลบริบทของชุมชน ในมิติทางสังคม และวัฒนธรรมภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการแทงหยวกของตำบลนครไทย ตำบลหนองกะท้าว และตำบลนาบัว ทางด้านการศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ และด้านการศึกษากระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ ด้วยวิธีการ ดังนี้



1) การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลบริบทของชุมชนในมิติทางสังคม และวัฒนธรรมภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการแทงหยวกของตำบลนครไทย ตำบลหนองกะท้าว และตำบลนาบัว ที่เน้นถึงการจัดการความรู้ การรวบรวมความรู้จากตัวบุคคล และกระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ โดยสัมภาษณ์นักปราชญ์ชุมชน ผู้นำชุมชน ผู้นำท้องถิ่น และเยาวชน ทั้ง 3 ตำบล จำนวน 12 คน โดยสัมภาษณ์จำนวน 3 ครั้งด้วยกัน ครั้งที่ 1 เป็นการลงพื้นที่สัมภาษณ์เพื่อศึกษาถึงกระบวนการจัดการความรู้ การรวบรวมองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการแทงหยวก ครั้งที่ 2 เป็นการลงพื้นที่สัมภาษณ์เพื่อศึกษาถึงกระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการแทงหยวก และครั้งที่ 3 เป็นการลงพื้นที่สัมภาษณ์เก็บตกข้อมูลที่มีข้อสงสัย และขาดตกบกพร่อง

2) การศึกษาจากเอกสาร (documentary research) โดยคณะผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการความรู้ กระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากหนังสือเอกสารวิชาการบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องกับผู้วิจัยศึกษา

### ผลการศึกษา

การวิจัยเรื่อง การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก 2. เพื่อศึกษากระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 พบว่า

#### 1. วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการแทงหยวก

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก โดยผู้สัมภาษณ์ให้ข้อมูล นำมาสรุปได้ว่า นักปราชญ์ชุมชน ตำบลนครไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก นักปราชญ์ชุมชน ตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และนักปราชญ์ชุมชน ตำบลนาบัว อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก มีวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการแทงหยวกที่เหมือนกัน คือ หยวกกล้วยตานี และมีดแทงหยวก เป็นมีดปลายแหลมที่ตีขึ้นจากเหล็กเนื้อดี ซึ่งช่างแทงหยวกแต่ละท่านจะสั่งทำเป็นพิเศษ โดยด้านจับจะเป็นแบบด้ามตรง และแบบด้ามคด ทำจากไม้ประดู่ และไม้พะยุง ในแต่ละช่างจะใช้มีดแทงหยวกที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับความถนัดของแต่ละคน แต่ส่วนมากนิยมใช้มีดแทงหยวกแบบด้ามคดเพราะจับถนัดมือมากกว่า ส่วนในการเรียกชื่อมีดในท้องถิ่นจะเรียกว่ามีดแทงหยวก หรือมีดกรูหยวก



ภาพที่ 1 มีดแทงหยวก  
แบบด้ามตรง  
ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2566



ภาพที่ 2 มีดแทงหยวก  
แบบด้ามคด  
ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2566



ภาพที่ 3 หยวกกล้วยตานี  
ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2566

## 2. ขั้นตอนการแทงหยวก

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก โดยผู้สัมภาษณ์ให้ข้อมูล นำมาสรุปได้ว่า นักปราชญ์ชุมชน ตำบลนครไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก นักปราชญ์ชุมชน ตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และนักปราชญ์ชุมชน ตำบลนาบัว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลกมีขั้นตอนและวิธีการแทงหยวกประกอบแล้หน้าค โดยเริ่มจากการเลือกหยวกกล้วยที่เหมาะสม คือ กล้วยตานี เพราะมีความเหนียว เนื้อหยวกละเอียด และมีสีขาวนวล เมื่อจัดหาหยวกกล้วยตานี และมีดสำหรับแทงหยวกครบถ้วนแล้ว ก่อนที่จะลงมือแทงหยวกข้างอาวุโสในกลุ่มช่างที่มาช่วยงานจะทำพิธีไหว้ครู หรือ ยกครู ซึ่งชาวตำบลนครไทย ตำบลหนองกะท้าว และตำบลนาบัว จะเรียกพิธีกรรมนี้ว่า “การเข้าคาย” มีอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ คือ พานบายศรี ชัน นามนต์ เทียนไข ด้ายแดง ด้ายขาว ยาสูบ และเงินจำนวนหนึ่งตามแต่ช่างจะเป็นผู้กำหนด โดยช่างตำบลนครไทย และตำบลหนองกะท้าวใช้เงิน จำนวน 32 บาท ส่วนช่างตำบลนาบัวใช้เงิน จำนวน 300 บาท จากนั้นช่างจะทำพิธีกรรมกล่าวบทสวดมนต์คาถาที่จดจำมาจากพรพรบุรุษ โดยเชื่อว่ามนต์คาถาจะช่วยให้การแทงหยวกประสบความสำเร็จ ได้ลวดลายที่สวยงามตามความต้องการ จากนั้นนำน้ำมันตมาประพรมที่ต้นกล้วย และเริ่มการแทงหยวกไปตามลวดลายที่ต้องการ หรือตามที่ได้กำหนดไว้



ภาพที่ 4 ทำพิธีการไหว้ครู และกล่าวบทสวดมนต์  
คาถาที่จดจำมาจากพรพรบุรุษ  
ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2566



ภาพที่ 5 การประพรมน้ำมันต  
ก่อนลงมือแทงหยวก  
ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2566



ภาพที่ 6 เริ่มการแทงหยวกไปตาม  
ลวดลายที่ได้กำหนดไว้  
ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2566



ภาพที่ 7 แลหน้าคทึ่ประดับ  
ตกแต่งด้วยการแทงหยวก  
ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2566

### 3. ลวดลายการแทงหยวก

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก โดยผู้สัมภาษณ์ให้ข้อมูล นำมาสรุปได้ว่า นักปราชญ์ชุมชน ตำบลนครไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก นักปราชญ์ชุมชน ตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และนักปราชญ์ชุมชน ตำบลนาบัว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก มีลวดลายการแทงหยวกที่นิยมใช้ 4 ลวดลาย คือ 1) ลายฟันปลา เป็นลายที่มีหนึ่งยอดเป็นลวดลายเบื้องต้น สำหรับผู้ที่เริ่มฝึกหัดแทงหยวกจะต้องฝึกฝนให้เกิดทักษะความชำนาญ ขนาดของฟันจะต้องเท่ากันทุกซี่ แขนงเป็นเส้นตรงไม่คดโค้ง และต้องฉลุให้เท่ากันทั้งสองด้าน 2) ลายฟันสาม เป็นลายที่มีสามยอดเป็นลวดลายอีกแบบหนึ่งที่ช่างแทงหยวกนิยมใช้กันทุกท้องถิ่น ลายฟันสามเมื่อแทงและแยกออกจากกันแล้วสามารถนำไปใช้ได้ทั้งสองข้าง 3) ลายน่องสิงห์หรือแข้งสิงห์ เป็นลายที่ประกอบส่วนที่เป็นเสาและนิยมใช้กันในทุกท้องถิ่นไม่แตกต่างกันลายน่องสิงห์เป็นลายที่แทงยาก กล่าว คือในการฉลุลายน่องสิงห์เป็นการฉลุเพียงครั้งเดียวแต่เมื่อแยกออกจากกันจะ ได้ลายทั้งสองด้านและทั้งสองด้านจะต้องเท่ากันเช่นเดียวกับลายสาม แต่ลายน่องสิงห์เป็นลายตั้งประกอบเสาด้านซ้ายและด้านขวา 4) ลายเครือเถา เป็นลายที่มีความสำคัญเนื่องจากการแทงกระทำได้ยาก ส่วนฐานออกแบบลวดลายแตกต่างกันไปแต่ละบุคคล ช่างแทงหยวกมักจะออกแบบลวดลายมีความวิจิตรพิสดาร เพราะลายเครือเถาเป็นลายที่จะแสดงฝีมือของช่างแต่ละคนเป็นพิเศษ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประกวดประชันฝีมือกันอีกนัยหนึ่ง



ภาพที่ 8 ลายฟันปลา  
ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2566



ภาพที่ 9 ลายฟันสาม  
ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2566



ภาพที่ 10 ลายเครือเถา  
ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2566



ภาพที่ 11 ลายน่องสิงห์  
ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2566

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พบว่า กระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ประกอบด้วย จำนวน 3 ด้าน ได้แก่

### 1. ด้านการถ่ายทอดความรู้แบบควบคุมชี้นำ

โดยตำบลนครไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก มีการจัดอบรม และเขียนแผนงานของงบประมาณจากหน่วยงานมาอบรมให้ความรู้แก่คนในชุมชน โรงเรียน และหน่วยงานต่าง ๆ ลงผลงานผ่านสื่อโซเชียลมีเดียเพื่อเผยแพร่การเรียนรู้ส่วนตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และตำบลนาบัว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก มีการเรียนรู้จากนักปราชญ์ชุมชน โดยเน้นที่การสอนและให้ความรู้ การปฏิบัติให้เป็นตัวอย่าง ให้ปฏิบัติตาม และมีการบอกการสอนจริงในกิจกรรมประเพณีในหมู่บ้าน และวิทยากรให้ความรู้เป็นวิทยากรมอบความรู้ในโรงเรียนต่างๆ ในงานประเพณีบวชนาคของชาวอำเภอนครไทย โดยสอนขั้นตอนหรือวิธีการแทงหยวกให้แก่ กลุ่มชาวบ้านหรือเยาวชน โดยถ่ายทอดจากการปฏิบัติจริง ลงมือทำจริง สอนแบบตัวต่อตัว ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายของการแทงหยวกอย่างละเอียด และครบทุกขั้นตอน

### 2. ด้านการถ่ายทอดความรู้แบบอำนวยความสะดวก

โดยตำบลนครไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก สร้างแรงจูงใจให้กับคนรุ่นหลังได้เห็นถึงคุณค่าของภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก เชิญนักปราชญ์ชุมชนมาเป็นวิทยากรมอบความรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการแทงหยวกให้แก่ เยาวชน กลุ่มชาวบ้าน ภายในชุมชน สาธิตขั้นตอนวิธีการแทงหยวก เพื่อที่จะได้เห็นถึงคุณค่า และอยากที่จะสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกให้คงอยู่สืบไป ส่วนตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และตำบลนาบัว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ส่งเสริมสร้างและแสวงหาความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการแทงหยวกภายในชุมชน โดยเชิญนักปราชญ์ชุมชนมาเป็นวิทยากรมอบความรู้ให้แก่ น้อง ๆ เยาวชน และกลุ่มชาวบ้าน



### 3. ด้านการถ่ายทอดความรู้แบบร่วมมือกัน

โดยนักปราชญ์ชุมชน ผู้นำท้องถิ่น ผู้นำชุมชน ตำบลนครไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และนักปราชญ์ชุมชน ผู้นำท้องถิ่น ผู้นำชุมชน ตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก มีการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกไว้ภายในชุมชนเพื่อให้เยาวชนกลุ่มชาวบ้านได้เข้ามาศึกษาและเรียนรู้ร่วมกัน ส่วนนักปราชญ์ชุมชน ผู้นำท้องถิ่น ผู้นำชุมชน ตำบลนาบัว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ไม่ได้มีการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกไว้ แต่จะเป็นการรวมกลุ่มของผู้สูงอายุที่รู้เรื่องเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกเพื่อเข้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยน้องๆ นักเรียน เยาวชน และกลุ่มชาวบ้าน ผู้นำชุมชน และผู้นำท้องถิ่น ที่สนใจสามารถเข้ามาศึกษาและเรียนรู้ร่วมกันได้

#### อภิปรายผลการศึกษา

การวิจัยเรื่อง การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก มีการอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ ดังนี้ ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 พบว่า การศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก ตำบลนครไทย ตำบลหนองกะท้าว และตำบลนาบัว มีวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการแทงหยวกที่เหมือนกัน คือ หยวกกล้วยตานี และมีดแทงหยวก เป็นมีดปลายแหลมที่ตีขึ้นจากเหล็ก ซึ่งช่างแทงหยวกแต่ละท่านจะสั่งทำเป็นพิเศษ โดยด้านจับจะเป็นแบบด้ามตรง และแบบด้ามคด ทำจากไม้ประดู่ ไม้พะยุง และสำหรับขั้นตอนการแทงหยวกเริ่มจากการเลือกหยวกกล้วยที่เหมาะสม คือ กล้วยตานี เพราะมีความเหนียว เนื้อหยวกละเอียด และมีสีขาวนวล เมื่อจัดหาหยวกกล้วยตานี และมีดสำหรับแทงหยวกครบถ้วนแล้ว ก่อนที่จะลงมือแทงหยวกช่างแทงหยวกจะทำพิธีไหว้ครู หรือ ยกครู ซึ่งชาวตำบลนครไทย ตำบลหนองกะท้าว และตำบลนาบัว จะเรียกพิธีกรรมนี้ว่า “การเข้าคาย” มีอุปกรณ์ที่ใช้ คือ พานบายศรี ชันนํ้ามนต์ เทียนไข ด้ายแดง ด้ายขาว ยาสูบ และเงินจำนวนหนึ่งตามแต่ช่างจะเป็นผู้กำหนด โดยช่างตำบลนครไทย และตำบลหนองกะท้าวใช้เงิน จำนวน 32 บาท ส่วนช่างตำบลนาบัวใช้เงิน จำนวน 300 บาท จากนั้นช่างจะทำพิธีกรรมกล่าวบทสวดมนต์คาถาที่จดจำมาจากพรรพบุรุษ โดยเชื่อว่า มนต์คาถาจะช่วยให้การแทงหยวกประสบความสำเร็จ ได้ลวดลายที่สวยงามตามความต้องการ และลวดลายการแทงหยวกมีลวดลายการแทงหยวกที่นิยมใช้ 4 ลวดลาย คือ 1) ลายพันปลา เป็นลายที่มีหนึ่งยอดเป็นลวดลายเบื้องต้นสำหรับผู้เริ่มฝึกหัดแทงหยวกจะต้องฝึกฝนให้เกิดทักษะความชำนาญ ขนาดของฟันจะต้องเท่ากันทุกซี่ แขนงเป็นเส้นตรงไม่คดโค้ง และต้องฉลุให้เท่ากันทั้งสองด้าน 2) ลายพันสาม เป็นลายที่มีสามยอดเป็นลวดลายอีกแบบหนึ่งที่ช่างแทงหยวกนิยมใช้กันทุกท้องถิ่น ลายพันสาม เมื่อแทงและแยกปลายออกจากกันแล้วสามารถนำไปใช้ได้ทั้งสองข้าง 3) ลายน่องสิงห์หรือแข้งสิงห์ เป็นลายที่ประกอบส่วนที่เป็นเสาและนิยมใช้กันในทุกท้องถิ่นไม่แตกต่างกันลายน่องสิงห์เป็นลายที่แทงยาก กล่าว



คือในการฉลุลายน่องสิงห์เป็นการฉลุเพียงครั้งเดียวแต่เมื่อแยกออกจากกันจะ ได้ลายทั้งสองด้านและทั้งสองด้าน จะต้องเท่ากันเช่นเดียวกับลายสาม แต่ลายน่องสิงห์เป็นลายตั้งประกอบเสาด้านซ้ายและด้านขวา 4) ลายเครือเถา เป็นลายที่มีความสำคัญเนื่องจากการแทงกระทำได้ยาก ส่วนฐานออกแบบลวดลายแตกต่างกันไปแต่ละบุคคล ช่างแทงหยวกมักจะออกแบบลวดลายมีความวิจิตรพิสดาร เพราะลายเครือเถาเป็นลายที่จะแสดงฝีมือของช่างแต่ละคนเป็นพิเศษ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประกวดประชันฝีมือกันอีกนัยหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พงกษา ดอกกุหลาบ (2562) ที่ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การจัดการความรู้เพื่อสืบสานศิลปะการแทงหยวกสกุลช่างเพชรบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อออกแบบกระบวนการจัดการความรู้ศิลปะการแทงหยวกสกุลช่างเพชรบุรี 2) รวบรวมองค์ความรู้ศิลปะการแทงหยวกสกุลช่างเพชรบุรีให้เป็นระบบและสกัดองค์ความรู้ศิลปะการแทงหยวกสกุลช่างเพชรบุรีที่มีความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ มีประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้ และดำเนินการเผยแพร่ผ่านสื่อเทคโนโลยีที่เหมาะสม และ 3) สืบสานศิลปะการแทงหยวกสกุลช่างเพชรบุรีผ่านกระบวนการจัดการความรู้ โดยการจัดตั้งชุมชนแห่งการเรียนรู้ประสานกับเครือข่ายช่างแทงหยวกสกุลช่างเพชรบุรีและสกุลช่างอื่นๆ ซึ่งผลของการออกแบบได้รูปแบบการจัดการความรู้เพื่อสืบสานศิลปะการแทงหยวกสกุลช่างเมืองเพชรบุรีประกอบด้วยกิจกรรมการจัดการความรู้ 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) สกัดขุมความรู้ 2) สร้างสมุดบันทึกขุมความรู้ 3) เทคนิคถ่ายทอดต่อยอดขุมความรู้ 4) ร้อยเรียงเรื่องราวแก่นความรู้ 5) กลั่นกรองสู่ขุมความรู้ที่แท้จริง 6) จัดการสื่อสารขุมความรู้ และ 7) สืบสานพลังขุมความรู้ผลจากการสร้างแก่นสาระให้เป็นองค์ความรู้ที่ได้ในขั้นสุดท้ายประกอบด้วย 10 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมายของศิลปะการแทงหยวก 2) ประวัติความเป็นมาของศิลปะการแทงหยวกสกุลช่างเพชรบุรี 3) เอกลักษณ์ของศิลปะการแทงหยวกสกุลช่างเพชรบุรี 4) ลวดลายที่ใช้ในศิลปะการแทงหยวกสกุลช่างเพชรบุรี 5) ดันกล้วยที่ใช้ในการแทงหยวก 6) วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการแทงหยวก 7) พิธีไหว้ครูก่อนการแทงหยวก 8) ขั้นตอนกระบวนการแทงหยวก 9) เทคนิควิธีการที่สำคัญในการแทงหยวก และ 10) เส้นทางสู่การเป็นผู้สืบสานศิลปะการแทงหยวก

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พบว่า กระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก ตำบลนครไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และตำบลนาบัว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ 1) ด้านการถ่ายทอดความรู้แบบควบคุม ชี้นำ เป็นการมุ่งศึกษาถึงกระบวนการถ่ายทอดความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกในรูปแบบการควบคุมชี้นำ มีการจัดอบรม และเขียนแผนงานของงบประมาณจากหน่วยงานมาอบรมให้ความรู้ และเป็นวิทยากรให้ความรู้ในเรื่องของภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Brundage and Mackeracher (1980) การถ่ายทอดความรู้แบบควบคุมชี้นำ (Directing) ช่วยให้ผู้เรียนรู้ได้รับทักษะและความรู้เฉพาะที่จำเป็นในการทำกิจกรรมโดยผู้ถ่ายทอดให้ข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหาสาระในเรื่องที่เรียนรู้ในเวลาสั้น ๆ ต้องเสียเวลาค้นคว้าด้วยตนเองสร้างความเชื่อมั่น





และคุณค่าให้แก่ตัวเอง 2) ด้านการถ่ายทอดความรู้แบบอำนวยความสะดวก เป็นการมุ่งศึกษาถึงกระบวนการถ่ายทอด ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกในรูปแบบอำนวยความสะดวก มีการส่งเสริมสร้าง และสร้างแรงจูงใจให้กับคนรุ่นหลัง ได้เห็นถึงคุณค่า การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก แสวงหาความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้าน การแทงหยวกภายในชุมชน โดยมีนักปราชญ์ชุมชนมาเป็นวิทยากรมอบความรู้ให้แก่้อง ๆ เยาวชน และกลุ่มชาวบ้าน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Brundage and Mackeracher (1980) การถ่ายทอดความรู้แบบอำนวยความสะดวก (Facilitating) ผู้เรียนรู้พบความหมายใหม่เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เจตคติ ทักษะและวิถีปฏิบัติการจากสิ่งที่เรียนรู้ เป็นการผสมผสานสิ่งที่ผู้เรียนเคยเรียนหรือมีประสบการณ์มาก่อนเข้ากับสิ่งที่เรียนรู้ใหม่เป็นการถ่ายทอดความรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนามโนภาพแห่งตน 3) ด้านการถ่ายทอดความรู้แบบร่วมมือกัน มีการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้ภูมิปัญญา ท้องถิ่นการแทงหยวกไว้ภายในชุมชนเพื่อที่ให้ เยาวชนกลุ่มชาวบ้าน ได้เข้ามาศึกษาและเรียนรู้ร่วมกัน และมีการร่วม กลุ่มของผู้สูงอายุที่รู้เรื่องเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกเพื่อเข้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันโดยน้อง ๆ นักเรียน เยาวชน และกลุ่มชาวบ้าน ผู้นำชุมชน และผู้นำท้องถิ่น ที่สนใจสามารถเข้ามาศึกษา และเรียนรู้ร่วมกันได้ ซึ่ง สอดคล้องกับแนวคิดของ Brundage and Mackeracher (1980) การถ่ายทอดความรู้แบบร่วมมือกัน (Collaborating) เป็นกระบวนการถ่ายทอดที่ผู้ถ่ายทอดและผู้เรียนรู้ร่วมกันแสวงหาความรู้และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ผู้ถ่ายทอดต้อง ทำตัวเป็นผู้ที่เรียนรู้คนหนึ่งเหมือนกับผู้เรียนรู้อื่น ๆ

### สรุปผลการศึกษา

การวิจัยเรื่อง การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก  
สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ผลการสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับการศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก ตำบลนครไทย อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก ตำบลหนองกะท้าว อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก และตำบล นาบัว อำเภอ นครไทย จังหวัดพิษณุโลก พบว่า การศึกษาและรวบรวมองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกของ ทั้งสามตำบลที่กล่าวมาข้างต้น มีวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการแทงหยวก ขั้นตอนการแทงหยวก และลวดลายที่ใช้ในการแทง หยวกที่เหมือนกัน คือ มีดแทงหยวกแบบด้ามตรง และด้ามคด ซึ่งทำจากไม้ประดู่ ไม้พะยุง และหยวกกล้วยตานี และมีขั้นตอนและวิธีการแทงหยวกประดับแลหน้าค โดยเริ่มจากการเลือกหยวกกล้วยที่เหมาะสม คือ กล้วยตานี เพราะมีความเหนียว เนื้อหยวกละเอียด และมีสีขาวนวล เมื่อจัดหาหยวกกล้วยตานี และมีดสำหรับแทงหยวกครบถ้วน แล้ว ก่อนที่จะลงมือแทงหยวกช่างอาวุโสในกลุ่มช่างที่มาช่วยงานจะทำพิธีไหว้ครู หรือ ยกครู ซึ่งชาวตำบลนครไทย ตำบลหนองกะท้าว และตำบลนาบัว จะเรียกพิธีกรรมนี้ว่า “การเข้าค้าย” มีอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ คือ พานบายศรี ชันนำ



มนต์ เทียนไข ด้ายแดง ด้ายขาว ยาสูบ และเงินจำนวนหนึ่งตามแต่ข้างจะเป็นผู้กำหนด โดยข้างตำบลนครไทย และตำบลหนองกะท้าวใช้เงิน จำนวน 32 บาท ส่วนข้างตำบลนาบัวใช้เงิน จำนวน 300 บาท จากนั้นข้างจะทำพิธีกรรมกล่าวบทสวดมนต์คาถาที่จดจำมาจากพรพรบุรุษ โดยเชื่อว่า มนต์คาถาจะช่วยให้การแทงหยวกประสบความสำเร็จ ได้ลวดลายที่สวยงามตามความต้องการ และมีลวดลายการแทงหยวกที่นิยมใช้ 4 ลวดลาย คือ 1) ลายฟันปลา 2) ลายฟันสาม 3) ลายน่องสิงห์ และ 4) ลายเครือเถา

ผลการสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกตำบลนครไทย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และตำบลนาบัว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก พบว่า ในพื้นที่ตำบลนครไทย ตำบลหนองกะท้าว และตำบลนาบัว มีกระบวนการถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ 1) ด้านการถ่ายทอดความรู้แบบควบคุมชี้แนะ 2) ด้านการถ่ายทอดความรู้แบบอำนวยความสะดวก และ 3) ด้านการถ่ายทอดความรู้แบบร่วมมือกัน โดยทั้งสามตำบลที่กล่าวมามีลักษณะการถ่ายทอดที่คล้ายกัน โดยการที่ผู้นำท้องถิ่น และผู้นำชุมชน ได้มีการประสานกับทางโรงเรียนให้มีการจัดอบรมการให้ความรู้เรื่องภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก กับโรงเรียนภายในชุมชนของแต่ละชุมชน และมีการจัดตั้งศูนย์การเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกโดยมีนักปราชญ์ชุมชนเป็นวิทยากรให้ความรู้ สาธิตขั้นตอนการแทงหยวกอย่างละเอียด แต่ปัญหาส่วนใหญ่ขาดเยาวชนมาถ่ายทอด และสืบสาน เพราะงานแทงหยวกเป็นงานประณีต ต้องใช้ความละเอียดและความอดทนสูงมาก และยังต้องใช้เวลานาน เยาวชนจึงไม่ได้สนใจและไม่ให้ความสำคัญ

### ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้

1. ควรศึกษาองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เข้าใจอย่างกระจ่างชัดก่อนที่จะนำมาจัดเก็บ และรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ
2. หากกระบวนการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกเกิดปัญหา และมีอุปสรรค ควรเลือกใช้วิธีการแก้ไข โดยส่งเสริมสร้างแรงจูงใจให้คนรุ่นหลังเห็นถึงคุณค่าของงานแทงหยวก

### ข้อเสนอแนะเพื่องานวิจัย

1. ควรมีการศึกษาการรวบรวมองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวก ในพื้นที่ที่มีการแทงหยวกเพิ่มเติม เพื่อเป็นการจัดเก็บ และรวบรวมข้อมูลการแทงหยวกในแต่ละพื้นที่ให้เป็นระบบ สามารถสืบค้นได้ง่าย



2. ควรมีการศึกษาการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นการแทงหยวกในพื้นที่ที่มีการแทงหยวกเพิ่มเติม เพื่อสามารถนำมาประยุกต์ และปรับใช้ในการถ่ายทอดให้แก่บุคคลที่มีความสนใจ

#### เอกสารอ้างอิง

จักรพันธ์ โสมเกษตริณ .(2551). การจัดการภูมิปัญญาท้องถิ่นศรีสะเกษ เพื่อการแข่งขันอย่างยั่งยืน (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: สำนักงานวิจัยแห่งชาติ.

ประภัสสร ทองยินดี. (2558). ภูมิปัญญาไทย : องค์ความรู้ที่มีคุณค่าและประโยชน์ต่อสังคมไทย. มหาวิทยาลัย

สุโขทัยธรรมมาธิราช. [http://www.stou.ac.th/study/sumrit/1058\(500\)/page3-10-58\(500\).html](http://www.stou.ac.th/study/sumrit/1058(500)/page3-10-58(500).html)

พฤษภา ดอกกุหลาบ. (2562). การจัดการความรู้เพื่อสืบสานศิลปะการแทงหยวกสกุลช่างเพชรบุรี. มหาวิทยาลัย

ราชภัฏธนบุรี. [https://so02.tci-thaijo.org/index.php/human\\_dru/article/view/251119/174165](https://so02.tci-thaijo.org/index.php/human_dru/article/view/251119/174165)

Brundage, D.H. & D. Mackeracher. (1980). *Adult learning Principles and their. Application to*

*program Planning*. Toronto : the Ontario Institute for Studies In Education.



## การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญ

### กรณีศึกษาวิสาหกิจกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา

#### ตำบลทองแห่ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก

มณฑนา สินจ้าง<sup>1\*</sup>, ชลดา กรุดเพชร<sup>1</sup>, ศลิษา เรืองจันทร์<sup>1</sup> และ จุฑาธิป ประดิพัทธ์นฤมล<sup>1</sup>

#### Knowledge Management of Local Wisdom in Fresh Sugar Cane Production in

#### Ban Lao Khwan A Case Study: Kwanjai Phatthana Agricultural Housewives,

#### in Thongthae Sub-district, Wat Bot District, Phitsanulok Province

Mantana Sinjang<sup>1\*</sup>, Chonlada Krutphet<sup>2</sup>, Sarisa Rueangchan<sup>3</sup>, and Chuthatip Pradiphatnaruemol<sup>4</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรรัฐประศาสนศาสตรบัณฑิต คณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Bachelor of Public Administration Program, Faculty of Social Sciences and Local Development, Phibunsongkhram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: mantana.s@psru.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษากระบวนการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญ กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา ตำบลทองแห่ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก 2) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นประสบความสำเร็จ กรณีศึกษาวิสาหกิจ กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา ตำบลทองแห่ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก เป็นการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ กลุ่มตัวอย่าง 14 คน โดยใช้การสัมภาษณ์กึ่งมีโครงสร้างแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า 1) กระบวนการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น มี 3 ด้าน ที่สำคัญ (1) ด้านการสร้างและแสวงหาความรู้ (2) ด้านการจัดการความรู้ให้เป็นระบบ (3) ด้านการประมวลและกลั่นกรองความรู้ มีผลต่อกระบวนการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น หน่วยงานภาครัฐมีส่วนสนับสนุนให้ความรู้และทรัพยากรต่างๆ เป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น และผู้วิจัยจึงรวบรวมข้อมูลจัดการองค์ความรู้ เพื่อยกระดับขั้นตอนการทำงานกลุ่ม ช่วยพัฒนาคน พัฒนางาน และ รักษาไว้ซึ่งภูมิปัญญาท้องถิ่น ทำให้ได้มาซึ่งชุดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น 2) แนวทางการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดให้ประสบความสำเร็จมี 2 ปัจจัยที่สำคัญ (1) วัฒนธรรมองค์กร (2) โครงสร้างพื้นฐานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเป็นสำคัญ ที่สร้างการขับเคลื่อนกลุ่ม และหน่วยงานรัฐเป็นผู้สนับสนุนทรัพยากรที่จำเป็นต่อการพัฒนาวิสาหกิจชุมชน ก่อให้เกิดการทำงานของกลุ่มที่เกิดประสิทธิภาพและนำไปสู่แนวทางการความสำเร็จของกลุ่มได้อย่างยั่งยืน



คำสำคัญ การจัดการความรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น น้ำตาลสด กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรวัยใจพัฒนา

### Abstract

The objectives of this research were to 1) study the process of knowledge management of local wisdom in fresh sugar cane production in Ban Lao Khwan; and 2) study the successful approaches to local wisdom in a case study of Kwanjai Phatthana agricultural housewives in Thongthae sub-district, Wat Bot district, Phitsanulok province. This was qualitative research, and the data were collected from 14 samples by semi-structured interview; as a result, the study revealed the outcome below. 1) There were three important aspects in the local wisdom knowledge management process, consisting of (1) knowledge creation and finding, (2) knowledge management, and (3) knowledge compiling and filtering, that affected the local wisdom knowledge management process. The public agencies also support the knowledge information and resource as a crucial step in the management process, and the researcher gathered the data to manage the knowledge to elevate the work process of collaborative groups, workforce and job development, and preservation of local wisdom, obtaining the body of knowledge of local wisdom in fresh sugar cane production in Ban Lao Khwan to become more concrete. 2) For the approaches for managing the local wisdom for fresh sugar cane production to be achieved, they require two significant factors: 1) organizational culture; and 2) infrastructure of the community enterprise group, which are important parts of driving the community. Also, the public agencies support the resource that is necessary for the development of community enterprises, which could contribute to effective group work and lead to sustainable and successful approaches.

**Keyword:** knowledge management, local wisdom, fresh sugar cane, Kwanjai Phatthana agricultural housewives

### บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีความเจริญรุ่งเรืองและมีเอกลักษณ์เฉพาะอันโดดเด่นที่สืบทอดมาจากบรรพบุรุษนานนับพันปี ภูมิปัญญาทางศิลปะ วัฒนธรรม และขนบธรรมเนียมประเพณีซึ่งเป็นเอกลักษณ์ที่โดดเด่นของไทยและแตกต่างจากชนชาติอื่น ๆ ประเทศไทยยังคงเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนวิถีชีวิตของท้องถิ่นและการเจริญเติบโตของทรัพยากรธรรมชาติ (วินัย วีระพัฒนานนท์, 2555)

จะกล่าวถึงจังหวัดพิษณุโลกที่ตั้งอยู่บริเวณภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก มีต้นตาลโตนดเป็นต้นไม้คู่บ้านคู่เมืองมาช้านาน นับเป็นที่มาแห่งภูมิปัญญาที่สั่งสมสืบทอดมาหลายชั่วอายุคน เฉกเช่นเดียวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีต้นตาลโตนดเป็นส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ



แม้สังคมไทยในปัจจุบันจะเปลี่ยนแปลงไปจากอดีตเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากชาติตะวันตก แต่ภูมิปัญญาไทยยังคงหลงเหลืออยู่ การถ่ายทอดให้แก่กันและกันในลักษณะของคนรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง หากแต่ยังขาดการรวบรวมและจัดการความรู้ที่เป็นระบบเท่าที่ควร ดังเช่นนักวิชาการภาณุวิชช์ นีรานนท์ (2564) กล่าวว่าการจัดการความรู้มีความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง และงานวิจัยของจุฑารัตน์ นกแก้ว (2564) ได้ศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่นต้นตาลโตนของไทย พบว่าต้นตาลเป็นทรัพยากรท้องถิ่นที่มีคุณค่าและเอกลักษณ์เฉพาะที่มีการพัฒนาการมายาวนาน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อชุมชนและสังคมต่อไป

ทั้งนี้การจัดการความรู้จึงเปรียบเสมือนการศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่น ทั้งยังคงอนุรักษ์แนวทางการนำเอากระบวนการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่สอดคล้องกับบริบททางสังคม รวมทั้งทุนทางธรรมชาติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษากระบวนการจัดการความรู้ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นการผลิตน้ำตาลสด เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตน้ำตาลสดในอยู่ในรูปแบบข้อมูลสารสนเทศ และสามารถที่จะนำไปเป็นแนวทางในการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดให้กับผู้ที่สนใจต้องการจะศึกษา แต่หากไม่มีการจัดการความรู้ในเรื่องของการผลิตน้ำตาลสดนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาตามมา นั่นคือ ความรู้ที่สูญหายไปตามกาลเวลา เนื่องจากปราชญ์ชาวบ้านถึงแก่กรรมโดยไม่ได้ส่งต่อความรู้ให้แก่คนรุ่นหลัง ดังนั้นเราจึงควรจัดการความรู้ในเรื่องของการผลิตน้ำตาลสดให้อยู่ในระบบสารสนเทศเพื่อจะได้ส่งทอดให้กับคนรุ่นหลังหรือผู้สนใจ ถือเป็นภาระอนุรักษ์สิ่งที่มีอยู่ในชุมชนเพื่อไม่ให้สูญหายไป

#### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญ กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา ตำบลทองแท้ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อศึกษาแนวทางจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นประสบความสำเร็จ กรณีศึกษาวิสาหกิจกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา ตำบลทองแท้ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก

#### ขอบเขตด้านพื้นที่

พื้นที่ในการศึกษา ได้แก่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา ตั้งอยู่หมู่ที่ 3 บ้านเหล่าขวัญ

ตำบลทองแท้ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก

#### ขอบเขตประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ

เกณฑ์การเลือกกรณีศึกษาการคัดเลือกพื้นที่สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงคัดเลือก คือ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา หมู่ที่ 3 บ้านเหล่าขวัญ ตำบลทองแท้ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก เป็นกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทำการวิจัยอย่างเฉพาะเจาะจง โดยมีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกกรณีศึกษา ดังนี้



- เป็นพื้นที่ที่มีการส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสด โดยมีเกณฑ์ในการแบ่งคือ กลุ่มภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดที่มีมานานและมีการสืบทอด ซึ่งภูมิปัญญาในการศึกษาค้นคว้าได้ด้วยวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา หมู่ที่ 3 บ้านเหล่าขวัญ ตำบลทองแท้ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก

- เป็นพื้นที่ที่มีความน่าสนใจ มีบริบทของพื้นที่ที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยต้นตาลจำนวนมากมายที่ปลูกกันไว้ในทุ่งนาของชาวบ้าน เป็นพื้นที่ที่ตั้งของโรงงานผลิตน้ำตาลสดและยังเป็นศูนย์การเรียนรู้ที่สามารถเข้าไปศึกษาค้นคว้าได้ด้วยตนเอง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นตำบลทองแท้ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ส่งเสริมให้นำความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นมาต่อยอดให้เกิดอาชีพแก่คนในท้องถิ่น และประเด็นศึกษาที่น่าสนใจ คือ ศึกษาขั้นตอนการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญ ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา ตำบลทองแท้ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก นอกจากนี้ การศึกษาในพื้นที่ดังกล่าวนี้จะทำให้ทราบถึงกระบวนการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นและแนวทางแห่งความสำเร็จของการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ผู้ให้ข้อมูลหลักและเกณฑ์การเลือกการวิจัยดังนี้ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยประชากรกลุ่มเป้าหมายจำนวนทั้งหมด 14 คน และการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงนี้ได้พิจารณาจากกลุ่มที่มีความเกี่ยวข้อง และมีความเชี่ยวชาญในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง เพื่อการได้มาซึ่งข้อมูลที่ชัดเจนและสามารถนำคำตอบมาวิเคราะห์ร่วมกับทฤษฎีแนวคิดเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยมีกลุ่มตัวอย่างดังต่อไปนี้

หน่วยงานรัฐที่เข้ามาสนับสนุนหน่วยงานหลัก ได้แก่

- 1) นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรประจำตำบล ทองแท้ จำนวน 1 คน คือ นางสาวจิตติมา กลางจิต
- 2) รองนายกองค์การบริหารส่วนตำบล หมู่ที่ 3 จำนวน 1 คน คือ นายประสิทธิ์ คงจันทร์
- 3) นักพัฒนาการอำเภอวัดโบสถ์ จำนวน 1 คน คือ นายจักรพันธ์ ปัญโญนนท์

หน่วยงานหลัก ได้แก่

- 1) ผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 3 บ้านเหล่าขวัญ จำนวน 1 คน คือ นายวีระศักดิ์ ดีเหม็น
- 2) กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนาทั้งหมด จำนวน 10 คน ได้แก่ (1) นางประโลม ทองดอนคำ ตำแหน่งประธานกลุ่ม (2) นางสาวศร ทองดอนคำ ตำแหน่งสมาชิก (3) นางละเอียด หมั่นเหม็น ตำแหน่งสมาชิก (4) นางสาวราญ หมั่นเหม็น ตำแหน่งสมาชิก (5) นางวรรณณี มีทั้ง ตำแหน่งกรรมการ (6) นางลัดดา โพธิ์ทอง ตำแหน่งสมาชิก (7) นางทองสุข วงศ์เสนา ตำแหน่งผู้ควบคุมการผลิต (8) นางพุ่ม สังข์ชัย ตำแหน่งคุมสต็อกสินค้า (9) นางสาวคนธ์ กันพัก ตำแหน่งกรรมการ (10) นายสำเร็จ ทองดอนคำ ตำแหน่งผู้ดูแลอาคารโรงงาน



## วัตถุประสงค์และวิธีการ

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการศึกษาการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญ เป็นการแสวงหาคำตอบของคำถามงานวิจัยที่ได้ตั้งไว้ โดยเลือกแนวทางการวิจัยเชิงคุณภาพจะทำให้ได้ทราบถึงข้อมูลเชิงลึก มุ่งศึกษาวิเคราะห์การดำเนินงานการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญ ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการดำเนินงานการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญ จากนั้นนำไปสังเคราะห์ร่วมกับผลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) จากผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key Informants) เพื่อให้เกิดรูปแบบหรือแนวทางการแสวงหาการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสด เพื่อหาข้อมูลสรุปรวมถึงปัญหาและข้อเสนอแนะดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การศึกษาเชิงคุณภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเพื่อมาตอบคำถามงานวิจัยในครั้งนี้ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วางแผนการดำเนินงานตามขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญ ของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา ตำบลทองแท้ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก
- 2) สร้างแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง
- 3) เก็บรวบรวมข้อมูล
- 4) สัมภาษณ์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างตามที่กำหนดไว้พร้อมกับการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม
- 5) วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการศึกษาจากการสัมภาษณ์เชิงลึก
- 6) จัดทำรูปเล่มและเสนอรายงานวิจัย

### เครื่องมือในการวิจัย

แบบสัมภาษณ์ (Interview form) เป็นแบบสัมภาษณ์เชิงลึกแบบกึ่ง โครงสร้างชนิดปลายเปิด (Structure In - depth Interview) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาข้อมูลที่จะทำให้ทราบหรือแสดงนัยให้ทราบถึงสภาพทั่วไปของการดำเนินงานการจัดการความรู้ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญ กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา โดยดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยการทบทวนวรรณกรรม เพื่อกำหนดประเด็นหลักในการสัมภาษณ์ตามกรอบแนวคิดในการวิจัยระบุรายการข้อมูลที่ต้องการของแต่ละประเด็น
- 2) จัดทำร่างแบบสัมภาษณ์และรายการคำถามแต่ละประเด็น
- 3) ตรวจสอบหาคุณภาพด้านความเที่ยงตรงของแบบสัมภาษณ์โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ





4) แก้ไขและปรับปรุงให้เป็นแบบสัมภาษณ์ฉบับสมบูรณ์แล้วจึงนำไปเก็บข้อมูล

**ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล**

1) การรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากหนังสือ เอกสารวิชาการบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องผู้วิจัยศึกษา

2) การเก็บข้อมูลภาคสนามเชิงคุณภาพ เป็นการเก็บข้อมูลในรูปแบบการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เป็นวิธีการสัมภาษณ์ที่ต้องการรายละเอียดมากที่สุดในเรื่องที่ผู้ศึกษาต้องการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ชัดเจน ครบถ้วนตามประเด็นที่ศึกษา

(1) ขั้นตอนเตรียมการสัมภาษณ์ ได้แก่ ก่อนลงสนามในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีวิธีโดยการสัมภาษณ์ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการนัดหมายในเวลาสถานที่ที่จะสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญโดยผู้วิจัยได้ศึกษาประเด็นคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญพร้อมเตรียม

(2) ขั้นตอนการสัมภาษณ์ ได้แก่ ก่อนการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้สนทนาร่วมกันกับผู้ให้สัมภาษณ์พร้อมแจ้งวัตถุประสงค์ของการสัมภาษณ์อธิบายเหตุผลและขออนุญาตใช้เครื่องบันทึกเสียงในขณะที่สัมภาษณ์รวมทั้งแจ้งให้ทราบว่าข้อมูลต่าง ๆ ที่บันทึกเสียงไว้โดยผู้วิจัยจะเก็บไว้เป็นความลับทั้งนี้หากผู้สัมภาษณ์ไม่ประสงค์ที่จะให้บันทึกเสียงในช่วงใดผู้วิจัยก็จะไม่บันทึกเสียง

**ผลการศึกษา**

ผลการสัมภาษณ์หน่วยงานภาครัฐที่เข้ามาสนับสนุนเกี่ยวกับการจัดการความรู้ด้านการผลิตน้ำตาลสดตามวัตถุประสงค์ที่ 1. เพื่อศึกษากระบวนการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญมีทั้งหมด 7 ด้าน สรุปผลได้ดังนี้

1) ด้านการค้นหาความรู้ กลุ่มแม่บ้านเกษตรขวัญใจพัฒนาและหน่วยงานรัฐที่เข้ามาสนับสนุน มุ่งศึกษาการกำหนดความรู้ด้านผลิตภัณฑ์ และการกำหนดจากความต้องการสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มาตั้งแต่บรรพบุรุษ

2) ด้านการสร้างและแสวงหาความรู้ มีการนำข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดมาทำเป็นข้อมูลในรูปแบบของเอกสาร การสร้างและแสวงหาความรู้ภายในจากการเรียนรู้ของกลุ่มผู้ผลิต ซึ่งเกิดจากการบอกด้วยปากเปล่ารุ่นสู่รุ่น และผู้ที่มีความรู้ในชุมชนหรือการดูตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์กลุ่มอื่น ๆ

3) ด้านการจัดความรู้ให้เป็นระบบ ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนาจะเป็นการเก็บข้อมูลไว้ที่ตัวบุคคลเป็นส่วนใหญ่ และในส่วนของหน่วยงานภาครัฐที่เข้ามาสนับสนุนจะเก็บเป็นตัวอย่างชิ้นงานเอกสารที่เป็นความรู้เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่น



4) ด้านการประมวลกลั่นกรองความรู้ ความรู้ที่อยู่ในตัวบุคคลมากลั่นกรองและประมวลผล มีการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบเอกสาร

5) การเข้าถึงความรู้ ส่วนของหน่วยงานภาครัฐที่เข้ามาสนับสนุนในเรื่องของการจัดการความรู้ภูมิปัญญาด้านการผลิตน้ำตาลสดสามารถเข้าถึงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเข้าไปสอบถามศึกษาหาความรู้ได้ที่หน่วยงานภาครัฐ

6) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีการจัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในปัจจุบันถือว่าการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ถือว่ายังคงตอบสนองต่อผู้ที่ต้องการเข้ามาศึกษาเรียนรู้ได้ดีพอสมควร

7) ด้านการเรียนรู้ หน่วยงานราชการภาครัฐมีหน้าที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของกลุ่มจะเป็นการสนับสนุนให้กลุ่มได้รับการอบรมเพิ่มเติมความรู้ใหม่เข้ามาในกลุ่ม

ผลการสัมภาษณ์หน่วยงานราชการภายนอกที่เข้ามาสนับสนุนเกี่ยวกับการจัดการความรู้ด้านการผลิตน้ำตาลสด ตามวัตถุประสงค์ที่ 2. เพื่อศึกษาแนวทางจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นประสบความสำเร็จ ปัจจัยที่ส่งเสริมกระบวนการจัดการความรู้ประสบความสำเร็จมี 5 ปัจจัยแห่งความสำเร็จ ดังนี้

1) ด้านการจัดการความรู้ กลุ่มองค์กรชุมชนมีการจัดการความรู้ที่เป็นสายลักษณะอักษรทำให้สามารถเรียนรู้ได้เหมาะสมหรือสามารถถ่ายทอดได้อย่างรวดเร็ว และในทางปฏิบัติแล้วกลุ่มองค์กรในชุมชนนั้นดำเนินงานตามกระบวนการจัดการความรู้ที่ชัดเจนแล้ว

2) ด้านผู้นำและกลยุทธ์ ปัจจุบันมีการสนับสนุนงบประมาณ ทั้งการส่งเสริมและสนับสนุน ผลักดันให้เกิดการจัดการความรู้ ทั้งการจัดอบรม หรือศึกษาดูงานเมื่อหลายปีก่อน

3) ด้านวัฒนธรรมองค์การ มีการแลกเปลี่ยนแบ่งปันความรู้ สร้างวัฒนธรรมและปรับเปลี่ยนวัฒนธรรม เพื่อให้ประสบความสำเร็จในการนำการจัดการความรู้ไปใช้ คือการจัดงานถิ่นฐานตาลโตนดของอำเภอ ที่จะมีการจัดเวทีและการให้ความรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสด

4) เทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยียังเป็นที่ต้องการเพื่อให้เป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยให้การจัดการความรู้ด้านการผลิตน้ำตาลสดประสบความสำเร็จ รวมไปถึงการถ่ายทอดความรู้ภูมิปัญญาอีกด้วย เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ได้ตลอดตามที่ต้องการมีความรวดเร็วและเหมาะสม

5) โครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่ ด้านอาคารสถานที่ หรือที่ทำการของกลุ่มนั้นได้มีผลต่อการจัดการความรู้ให้เกิดประสิทธิภาพ และจะต้องมีการกำหนดโครงสร้างการบริหารจัดการไว้อย่างชัดเจน

ผลการสัมภาษณ์หน่วยงานหลักกลุ่มแม่บ้านเกษตรขวัญใจพัฒนาเกี่ยวกับการจัดการความรู้ด้านการผลิตน้ำตาลสด ตามวัตถุประสงค์ที่ 1. เพื่อศึกษากระบวนการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าขวัญ มีทั้งหมด 7 ด้าน สรุปผลได้ดังนี้



1) ด้านการค้นหาคำความรู้ กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา เป็นการค้นหาคำรู้ด้านการผลิตน้ำตาลสด การบรรจุภัณฑ์ ในส่วนตรงนี้หน่วยงานรัฐที่เข้ามาสนับสนุนจะต้องเชิญผู้เชี่ยวชาญเพื่อเข้ามาให้ความรู้กับกลุ่ม ปฏิบัติงานจริง การกำหนดความรู้ด้านผลิตภัณฑ์ และการกำหนดจากความต้องการสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มา ตั้งแต่บรรพบุรุษ

2) ด้านการสร้างและแสวงหาคำรู้ มีการกำหนดจากการคิดและตัดสินใจการใช้วัตถุดิบและ ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และได้มีการมาทดลองด้วยกลุ่มของตนเองอย่างต่อเนื่อง

3) ด้านการจัดความรู้ให้เป็นระบบ เป็นการเก็บข้อมูลไว้ที่ตัวบุคคลเป็นส่วนใหญ่ หรือจะเก็บเป็นตัวอย่าง ชิ้นงานเอกสารที่เป็นความรู้เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อจะได้มีการสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่นได้อย่างต่อเนื่อง

4) ด้านการประมวลและกลั่นกรองความรู้ กลุ่มวิสาหกิจยังมีความต้องการที่จะให้การเผยแพร่ภูมิปัญญา ท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดนั้นเกิดผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพเพราะอยากให้เนื้อหาหรือความรู้ที่เผยแพร่ไปนั้น มีความชัดเจน น่าเชื่อถือ นำข้อมูลที่เป็นความรู้ใหม่มาปรับเปลี่ยนให้เกิดความถูกต้องอยู่เสมอ

5) ด้านการเข้าถึงความรู้ มีการเผยแพร่ความรู้ บุคคลภายนอกที่สนใจก็สามารถเข้ามาศึกษาหรือหาคำรู้ ได้ มีศูนย์การเรียนรู้ที่สามารถมาศึกษาหาคำรู้ได้ มีการเผยแพร่ทั้งแบบเป็นการบอกเล่าจากนักปราชญ์ชาวบ้าน หรือการสาธิตปฏิบัติให้เห็นภาพที่แท้จริงอย่างละเอียด

6) ด้านการแบ่งปันและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนาได้มีการศึกษาดูงานใน ต่างจังหวัดในด้านการผลิตน้ำตาลสด ได้นำเอาความรู้ความเข้าใจมาปรับเปลี่ยนในขั้นตอนการผลิตให้เกิดความ ทันสมัยและสะดวกมากขึ้น เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้มีการพัฒนาการผลิต

7) ด้านการเรียนรู้ กลุ่มแม่บ้านได้มีการศึกษาดูงานในต่างจังหวัดในด้านการผลิตน้ำตาลสด ได้นำเอาความรู้ ความเข้าใจมาปรับเปลี่ยนในขั้นตอนการผลิตให้เกิดความทันสมัยและสะดวกมากขึ้น แต่ยังคงมีภูมิปัญญาท้องถิ่นด้าน การผลิตน้ำตาลสดแบบดั้งเดิมเป็นหลัก เพื่อเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเฉพาะกลุ่ม

ผลการสัมภาษณ์หน่วยงานหลักกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนาเกี่ยวกับการจัดการความรู้ด้านการผลิต น้ำตาลสด ที่เกี่ยวกับการจัดการความรู้ด้านการผลิตน้ำตาลสด ตามวัตถุประสงค์ ที่ 2. เพื่อศึกษาแนวทางจัดการ ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นประสบความสำเร็จ ปัจจัยที่ส่งกระบวนการจัดการความรู้ประสบความสำเร็จ มี 5 ปัจจัยแห่ง ความสำเร็จ ดังนี้

1) ด้านการจัดการความรู้ กลุ่มหน่วยงานหลักมีการจัดการความรู้ในรูปแบบเอกสาร เป็นการถ่ายทอดความรู้ ปฏิบัติสาธิตอย่างละเอียดชัดเจนเพื่อข้อมูลที่ถูกต้องดำเนินงานตามกระบวนการจัดการความรู้



- 2) ด้านภาวะผู้นำและกลยุทธ์ โดยคุณสมบัติของผู้นำแล้วนั้นต้องมีวิสัยทัศน์ที่กว้างไกลและชัดเจน ให้การดูแลเอาใจใส่สมาชิก สนับสนุนให้สมาชิกหรือกลุ่มประสบความสำเร็จได้
- 3) วัฒนธรรมองค์การ เกิดการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมที่ดี มีการแลกเปลี่ยนแบ่งปันความรู้ สร้างวัฒนธรรม และปรับเปลี่ยนวัฒนธรรมเพื่อให้ประสบความสำเร็จในการงาน ๆ ความรู้ไปใช้ คือการจัดงานถิ่นฐานตาลโตนดของอำเภอที่จะมีการจัดเวที และการให้ความรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสด
- 4) เทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นส่วนที่สำคัญที่จะมาช่วยให้การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นจัดเก็บความรู้ได้อย่างเป็นระบบ ฉะนั้นเทคโนโลยียังคงเป็นที่ต้องการของการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นการผลิตน้ำตาล เพื่อการถ่ายทอดที่เหมาะสมต่อผู้ที่ต้องการศึกษาเรียนรู้
- 5) ด้านโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่ ด้านอาคารสถานที่ หรือที่ทำการของกลุ่มนั้นได้มีผลต่อการจัดการความรู้ให้เกิดประสิทธิภาพ และจะต้องมีการกำหนดโครงสร้างการบริการจัดการไว้อย่างชัดเจน

#### อภิปรายผลการศึกษา

กระบวนการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลนั้น มีทั้งหมด 7 ขั้นตอนหลัก ผลการวิจัยพบว่ากระบวนการจัดการความรู้ทำให้เกิดข้อมูลทั้งที่เก็บไว้ในรูปแบบเอกสารและทั้งที่อยู่ในตัวบุคคล และได้พัฒนามาเป็นข้อมูลในระบบ ซึ่งถ้าอภิปรายเป็นรายด้านที่มีความสำคัญทำให้เกิดการจัดการความรู้ได้มากที่สุดมีรายละเอียดดังนี้ (1) ด้านการสร้างและแสวงหาความรู้มีการสร้างและแสวงหาความรู้จากภายในองค์กร เพื่อมาเปลี่ยนด้านการปฏิบัติงานต่าง ๆ ให้ถูกต้องที่สุด เพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับองค์กรของตนเองต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของมาร์ควอร์ด (Marquardt, 1996 อ้างถึงใน อนงค์ สระบัว, 2552) ได้อธิบายไว้ว่า การแสวงหาความรู้ เป็นการแสวงหาความรู้ที่มีประโยชน์และมีภายในและภายนอกองค์กร เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งสำหรับการเพิ่มคุณค่าให้แก่องค์กร (2) ด้านการจัดการความรู้ให้เป็นระบบมีการจัดการความรู้ที่เป็นข้อมูลรูปแบบเอกสาร การจัดเก็บอย่างไม่เป็นทางการ แต่จะมีเอกสารที่เป็นข้อมูลความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดของอัญญาณี คล้ายสุบรรณ (2550, น. 3 - 4) การจัดการความรู้ให้เป็นระบบ จะต้องมีจัดการความรู้ให้เป็นระบบ เพื่อให้ผู้ใช้ค้นหาและนำไปใช้ประโยชน์ได้ตัวอย่างการจัดการความรู้ให้เป็นระบบ (3) ด้านการประมวลและกลั่นกรองความรู้ ส่วนของหน่วยงานรัฐและหน่วยงานหลักนั้นไม่มีการปรับปรุงแก้ไขเนื้อหาความรู้ที่เป็นปัจจุบันมากที่สุด ในด้านของข้อมูลเอกสาร และในส่วนของข้อมูลในปากเจกบุคคลมีการปรับปรุงเนื้อหาความรู้ เพิ่มเติมความรู้ ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดของอัญญาณี คล้ายสุบรรณ (2550, น. 3 - 4) การประมวลและกลั่นกรองความรู้ ต้องมีการประมวลความรู้ให้อยู่ในรูปแบบและภาษาที่เข้าใจง่ายและใช้ได้ง่าย เช่น การปรับปรุงรูปแบบของเอกสารให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งองค์กร และในส่วน



ของผลการศึกษานี้หน่วยงานหลักพบว่ามีกรกัณการองความรู้ยังไม่เป็นทางการ เช่น ข้อมูลในศูนย์การเรียนรู้ยังไม่ได้ปรับปรุงเป็นข้อมูลปัจจุบัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดของอัญญาณี คล้ายสุบรรณ (2550, น. 3 - 4) การประมวลและกรกัณการองความรู้ การปรับปรุงรูปแบบของเอกสารให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งองค์กร การเรียบเรียงติดต่อและปรับปรุงเนื้อหาให้มีคุณภาพดีมีความครบถ้วนและทันสมัย

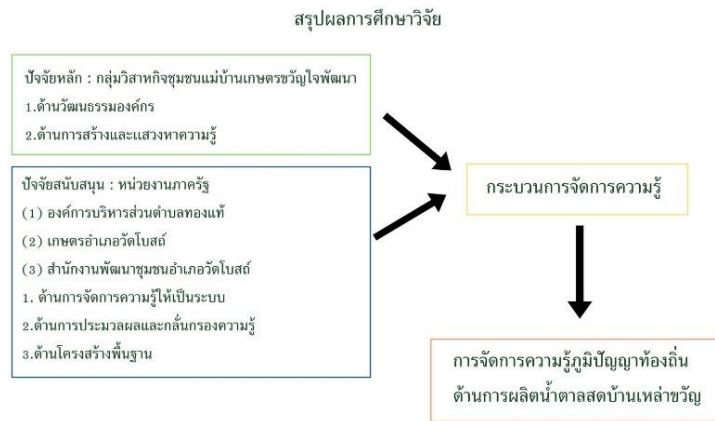
ปัจจัยที่ทำให้การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดประสบความสำเร็จ กรณีศึกษาวิสาหกิจกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา ตำบลทองแท้ อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก พบว่ามีปัจจัยหลักที่สำคัญ 2 ปัจจัย มีรายละเอียดดังนี้ ผลการวิจัยพบว่า มีทรัพยากรมนุษย์เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเกิดประสบความสำเร็จ และได้รับความสนับสนุนจากหน่วยงานราชการภายนอกซึ่งเป็นองค์กรสำคัญที่เข้ามาช่วยให้การจัดการความรู้การผลิตน้ำตาลสดนั้นประสบความสำเร็จ (1) ด้านผู้นำและกลยุทธ์หน่วยงานรัฐมีหน้าที่มาสนับสนุนให้เกิดการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสด ของกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนาเพื่อให้การทำงานนั้นดำเนินไปได้อย่างเป็นขั้นเป็นตอน ให้รู้จักประโยชน์ของการจัดการความรู้และสร้างแรงผลักดันให้แก่กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของสุวรรณ เจริญเสาวภาคย์ (2548, น. 53) ได้อธิบายว่า ภาวะผู้นำและกลยุทธ์ โดยการจัดการความรู้จะประสบความสำเร็จอย่างดีนั้นจะต้องได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารองค์กรหรือผู้นำชุมชน โดยผู้นำต้องเข้าใจแนวคิดและตระหนักถึงประโยชน์ที่ได้รับการจัดการความรู้ เพื่อช่วยให้องค์กรสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (2) ด้านโครงสร้างพื้นฐานเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความสำเร็จในการจัดการความรู้ ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ปัจจัยอื่น ทำหน้าที่ได้เต็มที่ เครื่องมืออุปกรณ์ในด้านการผลิตน้ำตาลสดนั้น โครงสร้างของวิสาหกิจกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขวัญใจพัฒนาที่ทำการจัดการความรู้ด้านการผลิตน้ำตาลสดนั้นให้ประสบความสำเร็จ มีหน้าที่ขอบเขตการทำงานที่ชัดเจนภายในองค์กร ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดของบุญดี บุญญาภิกข (2547, น. 36) ได้อธิบายไว้ว่า โครงสร้างพื้นฐานและทีม โครงสร้างพื้นฐานเป็นปัจจัยพื้นฐานหลักที่สนับสนุนให้ปัจจัยอื่น ๆ ทำหน้าที่ได้เต็มที่ ส่งผลให้การบริหารจัดการความรู้ดำเนินการไปอย่างราบรื่น มีทั้งสิ่งที่จับต้องได้ เช่น สถานที่ เครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ และสิ่งที่จับต้องไม่ได้ เช่น โครงสร้างองค์กร และระบบที่สนับสนุนให้บุคลากรในองค์กร ในการดำเนินงานจัดการความรู้ต้องจัดทำโครงสร้างการบริหารให้มีความชัดเจนทั้งนี้เพื่อให้สมาชิกแต่ละคนทราบบทบาทหน้าที่และขอบเขตงานที่ตนเองรับผิดชอบ



### สรุปผลการศึกษา

การจัดการความรู้ของหน่วยงานรัฐที่เข้ามาสนับสนุนการทำงานของกลุ่มมีความสำเร็จมากขึ้น เช่น สนับสนุนเรื่องงบประมาณ การดูแลทรัพยากรธรรมชาติ หรือจะเป็นการชี้แนะให้ความรู้ใหม่ๆเพิ่มเติม เพื่อการทำงานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ดียิ่งขึ้น ฉะนั้นแรงสนับสนุนจะเป็นตัวขับเคลื่อนให้กลุ่มวิสาหกิจทำงาน ทำหน้าที่อย่างมีประสิทธิภาพ และนำไปสู่แนวทางการความสำเร็จของกลุ่มได้อย่างยั่งยืน ในส่วนของหน่วยงานหลักที่ทำการผลิตน้ำตาลสดนั้น มีการจัดการความรู้ในเชิงปฏิบัติที่ชัดเจน มีความรู้ที่อยู่ในตัวบุคคลและความรู้ที่อยู่ในรูปแบบเอกสาร ทั้งที่เป็นความรู้ที่ได้รับการปรับปรุงเป็นปัจจุบันและความรู้ที่ไม่ได้ปรับปรุงเป็นปัจจุบัน

หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงนำแนวทางการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่ามาจัดทำเป็นองค์ความรู้ที่เป็นปัจจุบันมากที่สุด โดยจะทำการนำผลการศึกษามาจัดทำเป็นแผนผังวิธีการเก็บเกี่ยวและกระบวนการขั้นตอนการผลิตน้ำตาลสดบ้านเหล่าวิจัยเพื่อที่จะสามารถให้ความรู้ต่อบุคคลภายนอกที่เข้ามาศึกษาหาความรู้ภายในศูนย์การเรียนรู้ผลิตภัณฑ์สุขภาพชุมชน ที่ตั้งอยู่ใน หมู่ที่ 3 บ้านเหล่าวิจัย ตำบลทองแท้ อำเภอบึงสามพัน จังหวัดพิษณุโลก



ภาพที่ 1 สรุปผลการศึกษา

ที่มา: คณะผู้วิจัย (2566).

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการอนุรักษ์ และส่งเสริมสนับสนุนถึงภูมิปัญญาการผลิตน้ำตาลสด รวมถึงการถ่ายทอดให้คนรุ่นหลังได้ศึกษาเรียนรู้ สืบทอด ถึงภูมิปัญญาท้องถิ่นไม่ให้สูญหายไป อีกทั้งต้องมีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีความน่าสนใจ
2. ควรมีการประชาสัมพันธ์ถึงการอนุรักษ์ผลิตน้ำตาลสด การสร้างความรู้ความเข้าใจในการลงมือทำการทำงานร่วมกันรวมถึงการมีส่วนร่วมของคนในชุมชน



### เอกสารอ้างอิง

จตุรรัตน์ นกแก้ว. (2564). ภูมิปัญญาท้องถิ่นตาลโตนดของไทย: การสังเคราะห์องค์ความรู้จากงานวิจัย.

[วิทยานิพนธ์ปริญญาโทระดับปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

บุญดี บุญญาภิจ. (2547). การจัดการความรู้ ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ. (น. 36). กรุงเทพฯ: จีรวัฒน์ เอ็กเพรส.

ภานุวัชร์ นีรานนท์. (2564). การจัดการความรู้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอภูมิปัญญาท้องถิ่นตามแนวเศรษฐกิจ

พอเพียง. <https://human.pcru.ac.th/data-research-2565.html>

วินัย วีระพัฒนานนท์. (2555). ลิงแวดล้อมศึกษาในยุคโลกร้อน (พิมพ์ครั้งที่ 2). พิษณุโลก : พิษณุโลกดอทคอม

สุวรรณ เจริญเสาวภาคย์. (2548). การจัดการความรู้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ก.พลพิมพ์ จำกัด.

อนงค์ สระบัว. (2552). รูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวชี้วัดการจัดการความรู้ของสถาบันอุดมศึกษา

[วิทยานิพนธ์ปริญญาโทระดับปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อัญญาณี คล้ายสุบรรณ. (2550). การจัดการความรู้ฉบับปฐมบท. นครปฐม : เพชรเกษม.พริ้นติ้งกรุ๊ป.



## การจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรม

### ด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา

ธวัชชัย สุนทรนนท์<sup>1</sup> ญัฐลักษณ์ อีสสระ<sup>1\*</sup> สุภามาศ เพชรรัตน์<sup>1</sup> ทรงจรรย์ แสงอรุณ<sup>1</sup>

อิสมาแอล มะสาแม<sup>1</sup> และ ฮานีเยะ กะโด<sup>1</sup>

## The knowledge management of folk philosophers trajectory multicultural

### in Thai tradition medicine in Yala province

Tawatchai Sunthonnon<sup>1</sup>, Nattaluck Issara<sup>1\*</sup>, Supamach Pathcharath<sup>1</sup>,

Songjun Sangaroon<sup>1</sup>, Isamail Masamae<sup>1</sup> and Haneeyah Kado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ศูนย์วิจัยและส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต วิทยาลัยชุมชนยะลา ยะลา 95000

<sup>1</sup>Lifelong Learning Research and Promotion Center, Yala Community College, Yala, 95000

\*Corresponding author. E-mail: nattaluck@ycc.ac.th

#### บทคัดย่อ

การจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรม ด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลาเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรม ด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา กลุ่มเป้าหมายคือ ปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จำนวน 4 ราย ประกอบด้วยเวชกรรมแผนไทย เกษตรกรรมแผนไทยหัตถเวชกรรมไทย และผดุงครรภ์ ศึกษาโดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรม ด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา มีกระบวนการจัดการองค์ความรู้ 4 ขั้นตอน คือ การสร้างองค์ความรู้ ได้มาจาก 5 วิธีการ คือ ถ่ายทอดจากบรรพบุรุษ โดยวิธีการสังเกต สอบถาม ศึกษาหาความรู้จากหนังสือ ตำรา งานวิจัย สื่อต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการสืบค้น การพัฒนาองค์ความรู้ โดยการเข้ารับการอบรม การสอบประเมินความรู้ ความสามารถ และทักษะด้านการแพทย์แผนไทย การสั่งสมประสบการณ์ โดยเป็นวิทยากรให้กับอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน และหน่วยงานต่างทั้งภาครัฐและภาคเอกชน และการศึกษาค้นคว้า และวิจัยเพื่อค้นพบองค์ความรู้ใหม่ ๆ ด้านสรรพคุณของสมุนไพร การเผยแพร่องค์ความรู้ มี 3 วิธีการ คือ การถ่ายทอดโดยการเป็นวิทยากร เป็นที่ปรึกษา คณะทำงาน และเครือข่ายด้านแพทย์แผนไทย ให้กับหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน และจัดทำข้อมูลเป็นสื่อสิ่งพิมพ์ และสื่อมัลติมีเดีย การเก็บรักษาองค์ความรู้ มี 2 วิธีการ คือ วิธีการบันทึกลงสมุด เครื่องคอมพิวเตอร์ รวบรวม เรียบเรียงเป็นตำรา/คู่มือ การนำความรู้ไปใช้ มี 2 วิธีการ คือ เป็นแพทย์อาสาของหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ผลิตสูตรตำรับยาต้านแพทย์แผนไทย

คำสำคัญ : การจัดการองค์ความรู้ ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้าน วิถีพหุวัฒนธรรม แพทย์แผนไทย





### Abstract

Knowledge Management of Local Philosophers in Multicultural Ways Thai traditional medicine, Yala Province, was a qualitative research. which aims to study the knowledge management of local philosophers in multicultural ways in Thai traditional medicine, Yala Province. The target group was 4 multicultural folk scholars in Thai traditional medicine, consisting of Thai traditional medicine, Thai traditional medicine, Thai craftsmanship and midwives. The study was conducted by using in-depth interviews. Knowledge Management of Local Philosophers in Multicultural Ways Regarding Thai traditional medicine, Yala Province has a 4-step knowledge management process: the creation of a body of knowledge derived from 5 methods, i.e. transmission from ancestors; By means of observation, inquiry, study, and knowledge from books, textbooks, research papers, and various media both domestically and internationally. using modern search technology knowledge development by attending training An examination to assess knowledge, abilities and skills in Thai traditional medicine accumulation of experience as a lecturer for village health volunteers and various agencies, both public and private sectors and research and research to discover new knowledge about the properties of herbs There are 3 methods of dissemination of knowledge. Serve as a consultant, a working group and a network of Thai traditional medicine for various agencies in both the public and private sectors and prepare information as publications and multimedia There are 2 methods of knowledge retention, one is the method of recording in a book. Compiled and compiled into textbooks/manuals There are 2 ways to put knowledge to use: being a volunteer doctor in various agencies, both government and private sectors. Production of formulas for Thai traditional medicine.

**Keyword:** Knowledge Management, Knowledge, Folk philosophers Trajectory Multicultural, Thai Tradition Medicine

### บทนำ

วิถีชีวิตของคนในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ ได้แก่ ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส ซึ่งเป็นสังคมพหุวัฒนธรรมที่มีความหลากหลาย มีทั้งชาวไทยพุทธ ไทยมุสลิม และชาวไทยเชื้อสายจีน นับเป็นเสน่ห์อย่างหนึ่งของพื้นที่ ซึ่งแตกต่างจากสังคมไทย ในภูมิภาคอื่น ๆ หลายประการ ในอดีตประชาชนอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข ช่วยเหลือเกื้อกูลกัน มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้วัฒนธรรมกัน ทั้งชาวไทยพุทธและชาวไทยมุสลิม เช่น กวนอาซุรของ ชาวมุสลิม การแต่งกาย การจัดประเพณีงานแต่งงาน การร่วมบริจาคทำบุญเพื่อพัฒนามัสยิด เป็นศาสนสถานศูนย์รวมจิตใจของชาวไทยมุสลิม ชาวไทยมุสลิมก็เข้าร่วมประเพณีวัฒนธรรมงานแต่งงาน งานบุญงานบวชของชาวไทยพุทธ ร่วมแรงร่วมใจพัฒนาหมู่บ้าน พัฒนาวัดในพื้นที่ สำหรับในด้านอาหารการกินก็มีให้เลือกรับประทานอย่างหลากหลาย ทั้งอาหารไทย อาหารจีน อาหารมุสลิม อาหารมุสลิมที่มีชื่อของสามจังหวัดชายแดนใต้ เช่น มะตะบะ ตือโปะ ไก่ก้อและ ก็เป็นอาหารที่นิยมของผู้คนในพื้นที่ จากความหลากหลายทางสังคมและวัฒนธรรมของคนในสามจังหวัดชายแดนใต้ ส่งผลให้



สามจังหวัดชายแดนใต้เป็นพื้นที่ที่น่าสนใจในด้านการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ ถึงแม้ว่าจะเกิดเหตุการณ์ความขัดแย้งและความรุนแรงในพื้นที่อยู่บ้าง อย่างไรก็ตาม แม้เหตุการณ์ความไม่สงบและความรุนแรงในพื้นที่ในอดีต อาจทำให้เกิดความสูญเสียในชีวิตและทรัพย์สินอย่างประเมินค่ามิได้ แต่วิถีชีวิตของคนในพื้นที่ทั้งชาวไทยพุทธ มุสลิม คนไทยเชื้อสายจีน ก็ยังคงมีความรักความผูกพัน สัมผัสสามัคคี ช่วยเหลือเกื้อกูลกันซึ่งกันอย่างแน่นแฟ้น รวมถึงร่วมมือกันเพื่อการแก้ไขปัญหาความขัดแย้ง โดยหวังว่า จะนำความสงบสุขในพื้นที่ที่จะกลับมาอีกครั้ง เพื่อให้เป็นสามจังหวัดชายแดนใต้ที่ดึงดูดผู้คนมาท่องเที่ยวและและมาเยี่ยมเยียนดังเช่นที่เคยเป็นมาในอดีต จากวิถีพหุวัฒนธรรมของประชาชนในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ในพื้นที่จังหวัดยะลา นับว่าเป็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับการจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านด้านการแพทย์แผนไทย วิทยาลัยชุมชนยะลา ซึ่งเป็นหน่วยงานการศึกษาในสังกัดสถาบันวิทยาลัยชุมชน กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม มีพันธกิจในการจัดการศึกษาและบริการวิชาการ เพื่อพัฒนาท้องถิ่นชุมชนที่มุ่งเน้นการตอบสนองการแก้ปัญหา พัฒนาคุณภาพชีวิต ส่งเสริมการประกอบอาชีพให้แก่ประชาชนในพื้นที่ให้สอดคล้องกับความต้องการของชุมชนและตลาดแรงงาน ต้องการรวบรวมการจัดการองค์ความรู้แพทย์แผนไทยของจังหวัดยะลาที่เน้นการมีส่วนร่วมของชุมชนและการประสานความร่วมมือกับภาครัฐและเอกชน โดยยึดโยงกับภาคเศรษฐกิจ ด้วยการให้บริการจัดการศึกษาและส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต จึงได้ดำเนินการวิจัย เรื่อง เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา 2) รวบรวมการจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา 3) เผยแพร่องค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา และ 4) นำความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทยจังหวัดยะลาไปใช้ กลุ่มเป้าหมาย คือ ปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จำนวน 4 ราย ประกอบด้วยเวชกรรมแผนไทย เกษัชกรรม แผนไทย หัตถเวชกรรมไทย และผดุงครรภ์ วิธีดำเนินการศึกษาใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก

### วัตถุประสงค์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยมีวิธีการดำเนินการดังนี้

1. สืบค้นข้อมูลปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย ในพื้นที่จังหวัดยะลา
2. กำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 4 ศาสตร์ ด้านแพทย์แผนไทย ได้แก่ เวชกรรมแผนไทย เกษัชกรรมแผนไทย หัตถเวชกรรมแผนไทย และผดุงครรภ์



3. สัมภาษณ์เชิงลึก โดยใช้แนวคิดของแอลวี (Anavi) 4 ขั้นตอน ดังนี้ การสร้างองค์ความรู้ การเผยแพร่ องค์ความรู้ การเก็บรักษาองค์ความรู้ และการนำองค์ความรู้ไปใช้
4. ตรวจสอบความถูกต้องของประเด็นข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกลุ่มเป้าหมาย
5. สังเคราะห์องค์ความรู้ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกลุ่มเป้าหมาย
6. เผยแพร่องค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทยจังหวัดยะลา ให้กับ อาสาสมัครสาธารณสุขที่สนใจ โดยปราชญ์ชาวบ้าน
7. จัดทำและเผยแพร่คู่มือการจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา
8. จัดทำรายงานวิจัย และเผยแพร่สู่สาธารณชน

## ผลการศึกษา

### ผลการวิจัย

#### ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของปราชญ์ชาวบ้าน

ผลการศึกษาพบว่า มีปราชญ์ชาวบ้านด้านแพทย์แผนไทย ทั้ง 4 ศาสตร์ คือ เวชกรรมแผนไทย เภสัชกรรม แผนไทย หัตถเวชกรรมไทย และผดุงครรภ์ จำนวน 4 คน ข้อมูลจากการขึ้นทะเบียนประวัติของกระทรวงสาธารณสุขจังหวัด ยะลา และมีตัวตน ณ วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2565 เป็นเพศชาย 3 คน และเพศหญิง 1 คน อยู่ในช่วงอายุ 60-70 ปี

#### ตอนที่ 2 การจัดการองค์ความรู้ด้านแพทย์แผนไทย

การจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทยจังหวัดยะลา พบว่า การจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทยจังหวัดยะลา มีกระบวนการ จัดการองค์ความรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การสร้างองค์ความรู้ ได้มาจาก 5 วิธีการ คือ ถ่ายทอดจากบรรพบุรุษ โดยวิธีการ สังเกต สอบถาม ศึกษาหาความรู้จากหนังสือ ตำรา งานวิจัย สื่อต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยใช้เทคโนโลยี ที่ทันสมัยในการสืบค้น การพัฒนาองค์ความรู้ โดยการเข้ารับการอบรม การสอบประเมินความรู้ ความสามารถ และทักษะ ด้านการแพทย์แผนไทย การสั่งสมประสบการณ์ โดยเป็นวิทยากรให้กับอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน และ หน่วยงานต่างทั้งภาครัฐและภาคเอกชน และการศึกษาค้นคว้า และวิจัยเพื่อค้นพบ องค์ความรู้ใหม่ ๆ ด้านสรรพคุณ ของสมุนไพร 2) การเผยแพร่องค์ความรู้ มี 3 วิธีการ คือ การถ่ายทอดโดยการเป็นวิทยากร เป็นที่ปรึกษา คณะทำงาน และ เครือข่ายด้านแพทย์แผนไทย ให้กับหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน และจัดทำข้อมูลเป็นสื่อสิ่งพิมพ์ และสื่อ มัลติมีเดีย 3) การเก็บรักษาองค์ความรู้ มี 2 วิธีการ คือ วิธีการบันทึกลงสมุด เครื่องคอมพิวเตอร์ รวบรวม เรียบเรียง



เป็นตำรา/คู่มือ 4) การนำความรู้ไปใช้ มี 2 วิธีการ คือ เป็นแพทย์อาสาของหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน  
ผลิตสูตรตำรับยาต้านแพทย์แผนไทย

### อภิปรายผลการศึกษา

ภูมิปัญญา เป็นองค์ความรู้ ความเชื่อ ตลอดจนความสามารถของคนในชุมชนที่ได้จากการเรียนรู้และสั่งสมประสบการณ์อย่างต่อเนื่อง รวมถึงเป็นทรัพย์สินทางปัญญาอันล้ำค่าของท้องถิ่น หรืออีกนัยหนึ่ง คือ เป็นพื้นฐานความรู้ ความสามารถของบุคคลในท้องถิ่น และความสัมพันธ์กับแบบแผนการดำรงชีวิตที่ผสมกลมกลืนกับธรรมชาติแวดล้อม และกระบวนการทางสังคมเสมือนเป็นแกนหลักของการใช้ชีวิตอย่างมีความสุข ขั้นตอนการถ่ายทอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นการค้นหาแหล่งข้อมูลแบบฝังลึกของภูมิปัญญาท้องถิ่นแล้วผ่านกระบวนการจนกลายเป็นความรู้แบบชัดเจน จากนั้นเผยแพร่เพื่อให้บุคคลที่สนใจได้ทดลองใช้หลายคนอาจกังวลว่าภูมิปัญญาของครอบครัวเมื่อมีการเผยแพร่แล้ว จะกลายเป็นข้อมูลสาธารณะที่ใครก็รู้และทำได้ อันที่จริงแล้วในทางปฏิบัติมันไม่เป็นเช่นนั้น เพราะกว่าจะเป็นแนวปฏิบัติที่ดี (best practice) ต้องอาศัยการฝึกฝนมาเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้น ผู้ที่ได้ข้อมูลเชิงองค์ความรู้ไปนั้นยังคงต้องไปต่อยอด ดัดแปลง ปรับปรุงให้เหมาะสม ข้อมูลสะท้อนข้อมูลกลับมาด้วยว่านำไปใช้แล้วได้ผลอย่างไร พัฒนาอย่างไรต้องเพิ่มหรือลดสิ่งใดเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้น ถ้าคนไทยร่วมกันโดยเริ่มจากถอดภูมิปัญญาท้องถิ่นของตน เลือกสิ่งที่เป็นเอกลักษณ์ที่มีคุณค่าคู่ควรกับการอนุรักษ์มาพัฒนาและปรับปรุงให้เหมาะสมกับปัจจุบันและอนาคต เชื่อว่าภูมิปัญญาท้องถิ่นจะไม่สูญหายและจะถูกประชาสัมพันธ์ออกไปไม่เพียงในประเทศไทยแต่เป็นทั่วโลก

### สรุปผลการศึกษา

การจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรม ด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา 2) รวบรวมการจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา 3) เผยแพร่องค์ความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา และ 4) นำความรู้ภูมิปัญญาปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทยจังหวัดยะลาไปใช้กลุ่มเป้าหมาย คือ ปราชญ์ชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จำนวน 4 ราย ประกอบด้วยเวชกรรมแผนไทย เภสัชกรรมแผนไทย หัตถเวชกรรมไทย และผดุงครรภ์ วิธีดำเนินการศึกษาใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก



ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาประชาชนชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรม ด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา มีกระบวนการจัดการองค์ความรู้ 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การสร้างองค์ความรู้ ได้มาจาก 5 วิธีการ คือ ถ่ายทอดจากบรรพบุรุษ โดยวิธีการสังเกต สอบถาม ศึกษาหาความรู้จากหนังสือ ตำรา งานวิจัย สื่อต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการสืบค้น การพัฒนาองค์ความรู้ โดยการเข้ารับการอบรม การสอบประเมินความรู้ ความสามารถ และทักษะด้านการแพทย์แผนไทย การสั่งสมประสบการณ์ โดยเป็นวิทยากรให้กับอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน และหน่วยงานต่างทั้งภาครัฐและภาคเอกชน และการศึกษาค้นคว้า และวิจัยเพื่อค้นพบองค์ความรู้ใหม่ ๆ ด้านสรรพคุณของสมุนไพร 2) การเผยแพร่องค์ความรู้ มี 3 วิธีการ คือ การถ่ายทอดโดยการเป็นวิทยากรเป็นที่ปรึกษา คณะทำงาน และเครือข่ายด้านแพทย์แผนไทย ให้กับหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน และจัดทำข้อมูลเป็นสื่อสิ่งพิมพ์ และสื่อมัลติมีเดีย 3) การเก็บรักษาองค์ความรู้ มี 2 วิธีการ คือ วิธีการบันทึกลงสมุด เครื่องคอมพิวเตอร์ รวบรวม เรียบเรียงเป็นตำรา/คู่มือ 4) การนำความรู้ไปใช้ มี 2 วิธีการ คือ เป็นแพทย์อาสาของหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ผลิตสูตรตำรับยาต้านแพทย์แผนไทย

#### กิตติกรรมประกาศ

รายงานผลการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย โครงการการจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาประชาชนชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา ดำเนินการสำเร็จลุล่วง ไปด้วยดี ซึ่งได้รับการพิจารณาเงินทุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) เป็นเงินอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประจำปีงบประมาณ 2565 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สถาบันวิทยาลัยชุมชน และนายวิชาพร ชินประพัทธ์ ผู้อำนวยการวิทยาลัยชุมชนยะลา ที่สร้างแรงผลักดันให้เกิดการจัดการองค์ความรู้ ภูมิปัญญาประชาชนชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา

ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร ข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา วิทยาลัยชุมชนยะลา และกลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์เกี่ยวกับองค์ความรู้ ภูมิปัญญาประชาชนชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล ในครั้งนี้เป็นอย่างดี

งานวิจัยในครั้งนี้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาประชาชนชาวบ้านวิถีพหุวัฒนธรรมด้านแพทย์แผนไทย จังหวัดยะลา



### เอกสารอ้างอิง

อรพิน ปิยะสกุลเกียรติ, สุวรรณา เขียวภักดีพร, พระปลัดสุระ ญาณธโร, กันตพัฒน์ พรสิริวัฒนสิน, และปกรณ์ ปรียากร. (2562). บทบาทของปราชญ์ชาวบ้านในการจัดการตนเองของชุมชน. หลักสูตรรัฐประศาสนศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.



## การปรับตัวของประชาชนในการการป้องกันรับภัยน้ำท่วมของชุมชนบางระกำ

### ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

จิราภา ศรีธา<sup>1</sup>, ณัฐพร แก้วกำเนิด<sup>1</sup>, อรจิรา โคกทอง<sup>1</sup>, อติศักดิ์ ทาพร<sup>1</sup>

และ ธัญวรัตน์ คงนุ่น<sup>1</sup>

**People's adaptation in flood protection of Bang Rakam Community**

**Bang Rakam sub-district, Bang Rakam Distract, Phitsanulok Province**

Jirapha Sritha<sup>1</sup>, Nattaporn Kaeokamnerd<sup>1</sup>, Onjira Khothond<sup>1</sup>,

Adisak Haporn<sup>1</sup> and Tunwarat Kongnun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรรัฐประศาสนศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Public Administration course, Faculty of Social Sciences and Local Development, Phibunsongkhram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: tunvarat.tan@gmail.com

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบสภาพปัญหาและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับตัวของประชาชนในการการป้องกันรับภัยน้ำท่วมของชุมชนบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพซึ่งกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยโดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sample) จากตัวแทนประชาชนที่มีประสบการณ์และเคยประสบอุทกภัยที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 12 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นการสัมภาษณ์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) ผลการวิจัยพบว่า 1. การปรับตัวของประชาชนในการป้องกันรับภัยน้ำท่วมของชุมชนบางระกำ ได้แก่ 1) ด้านการยอมรับความสูญเสีย ส่วนใหญ่สามารถยอมรับได้เนื่องจากเป็นภัยธรรมชาติและมีส่วนร่วมในกิจกรรมของชุมชนตามปกติและบางส่วนไม่สามารถยอมรับได้แต่ไม่สามารถย้ายออกได้ 2) ด้านการลดความสูญเสีย มีการวางแผนและเตรียมตัวโดยย้ายบ้านให้ห่างจากริมน้ำและถมดินให้สูงขึ้น 3) ด้านการแสวงหาทางเลือกใหม่เพื่อบรรเทาความรุนแรง ส่วนใหญ่ไม่ต้องการย้ายถิ่นฐานไปที่ใหม่เนื่องจากอยู่อาศัยมาตั้งแต่เกิดและไม่มีเงินเพียงพอ 2. ข้อเสนอแนะการปรับตัวป้องกันน้ำท่วมล่วงหน้าควรจัดประชุมวางแผนการปฏิบัติงาน, การเตรียมความพร้อม, การวางแผนงาน และการระดมความคิดเห็นจากประชาชนนำมาปรับปรุงการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล รวมทั้งพัฒนาระบบการฟื้นฟูและเยียวยา เป็นต้น

**คำสำคัญ :** การปรับตัวของประชาชน การป้องกันรับภัยน้ำท่วม ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับตัวของประชาชน



### Abstract

The objective of this research is to understand the current situation, issues, and recommendations regarding the adaptation of the community in flood prevention in the Bang Rakam District, Phitsanulok Province. This qualitative research employed a purposive sampling method, selecting 12 individuals who have experienced and been affected by flooding in the area for at least three years. The research tool used was interviews, analysed through content analysis. The research findings are as follows: Community adaptation in flood prevention: a) Acceptance of loss: The majority of the community members can accept the losses caused by natural disasters since they are part of the normal activities within the community. However, some individuals are unable to accept the losses but are unable to relocate. b) Loss reduction: The community plans and prepares by relocating houses away from waterways and raising the ground level. c) Seeking alternative solutions: Most community members do not wish to relocate due to their longstanding residence and lack of financial resources. Recommendations for proactive flood prevention measures: It is recommended to organize meetings for planning and implementing operational strategies, preparedness, action plans, and gathering public opinions to improve the effectiveness and efficiency of problem-solving. Additionally, it is important to develop systems for recovery and mitigation.

**Keywords:** public adaptation, flood prevention, feedback on public adaptation

### บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบกับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมมากมาย โดยเฉพาะปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ หลายพื้นที่มีน้ำน้อยเกิดภัยแล้งและบางพื้นที่มีปริมาณน้ำมากทำให้ ประสบปัญหาอุทกภัย ปัญหาคือภัยนั้นก็มีหลายรูปแบบ เช่น น้ำท่วมขังเป็นเวลานานในที่ลุ่ม น้ำท่วมฉับพลันเนื่องจากฝนตกหนัก น้ำท่วมในเขตชุมชนเมือง หรือน้ำท่วมในเขตต้นน้ำที่มีความรุนแรงของกระแสน้ำมาก ปัญหาเหล่านี้เป็นปัญหาด้านทรัพยากรน้ำเหมือนกันแต่มีความแตกต่างกันของลักษณะปัญหา รวมไปถึงวิธีการที่เหมาะสมในการนำมาใช้จัดการปัญหาอุทกภัย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นและสมควรทำการศึกษาปัญหาและวิธีจัดการอย่างเหมาะสมสำหรับ พื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีโอกาสประสบกับปัญหาเหล่านี้ (สุรีย์ เรืองมณี, 2558) ในระยะไม่กี่ปีมานี้ข่าวการเกิดน้ำท่วมและโคลนถล่มไหลบ่าเข้าท่วมไร่นา บ้านเรือน ทำลาย ทรัพย์สิน ชีวิตสัตว์และมนุษย์อยู่เสมอ ทำให้ทรัพย์สินของประเทศต้องสูญหายไปโดยเปล่าประโยชน์ เหตุการณ์ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงในหลายพื้นที่ภายในประเทศได้สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินและส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อมซึ่งไม่สามารถประเมินค่าได้ ภัยพิบัติมีความเชื่อมโยงกับมิติการพัฒนาและประเด็นปัญหาอื่นของประเทศ เช่น ความยากจน ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้การบริหารจัดการภัยพิบัติเป็น





ประเด็นท้าทายที่จะมีความสำคัญมากยิ่งขึ้นในอนาคต การกระทบกระเทือนต่อภาวะทางเศรษฐกิจและความอยู่ดีกินดีของประชาชนเป็นอย่างมาก ทำให้ทั้งภาครัฐและเอกชนระดมความช่วยเหลือทั้งในด้านเงินสงเคราะห์ เงินทุนประกอบอาชีพ การก่อสร้างที่อยู่อาศัยชั่วคราว การส่งเสริมอาชีพ และการบำรุงรักษาซ่อมแซมระบบสาธารณูปโภคให้กับผู้ประสบภัย ซึ่งสามารถบรรเทาปัญหาความเดือดร้อนของประชาชนได้ในระดับหนึ่ง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554)

จังหวัดพิษณุโลกเป็นจังหวัดหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์อุทกภัยที่เกิดขึ้นในภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งพื้นที่ตำบลบางระกำเป็น 1 ใน 9 อำเภอของจังหวัดพิษณุโลกที่เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำลุ่มน้ำยมที่ยังไม่มีเขื่อนขนาดใหญ่รองรับกักเก็บน้ำส่งผลให้เป็นพื้นที่รองรับน้ำที่ไหลผ่านมาจากจังหวัดทางด้านเหนือ ได้แก่ จังหวัดพะเยา แพร่ สุโขทัย น่าน อุตรดิตถ์ และเพชรบูรณ์ ดังนั้นเมื่อจังหวัดดังกล่าวประสบอุทกภัย จังหวัดพิษณุโลกก็จะได้รับผลกระทบด้วย ปัญหาเหล่านี้ได้มีความพยายามแก้ไขอยู่ทุกปีทั้งจากภาครัฐที่เกี่ยวข้องและจากชุมชนเองแต่ปัญหาน้ำท่วมก็ยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ดังนั้นการป้องกันภัยน้ำท่วมเพื่อแก้ไขและรับมือกับปัญหาน้ำท่วมที่เป็นที่ยอมรับจากทุกฝ่ายจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง คณะผู้วิจัยจึงได้ให้ความสนใจที่จะศึกษาการปรับตัวของประชาชนในการป้องกันรับภัยน้ำท่วมของชุมชนบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เพื่อเป็นแนวทางประกอบการวางแผนพัฒนาเป็นนโยบายและมาตรการบรรเทาทุกข์ของชุมชนและสร้างความปลอดภัย ลดความเสี่ยง และลดความเสียหายที่จะเกิดจากอุทกภัยให้แก่ประชาชน

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการปรับตัวของประชาชนในการการป้องกันรับภัยน้ำท่วมของชุมชน ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อศึกษาข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับตัวของประชาชนในการป้องกันและบรรเทาภัยน้ำท่วมของชุมชนตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

### แนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาเรื่องการปรับตัวของประชาชนในการการป้องกันรับภัยน้ำท่วมของชุมชนบางระกำ ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ได้ศึกษาแนวทางการค้นคว้าเรียบเรียงวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีต่างๆที่มีการค้นคว้าและนำเสนอในบทนี้ประกอบไปด้วยประเด็น 3 แนวคิด ได้แก่ 1) แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการสาธารณภัยเป็นเหตุการณ์หรือภัยที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ที่มีรูปแบบลักษณะของการ



เกิดที่ต่างกันตามแต่ละประเภทหรือชนิดของภัยพิบัติ สำหรับความหมายของสาธารณภัยหรือภัยพิบัติ (เศกสิน ศรีวัฒนานุกุลกิจ, 2553) สาธารณภัยออกเป็น 2 ประเภท (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2560) คือ ภัยที่เกิดจากธรรมชาติ (Natural Disaster) และภัยที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ (Man Made Disaster) โดยผลกระทบหรือความเสียหาย 2) แนวคิดเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย เป็นอันตรายอันเกิดจากน้ำท่วมหรืออันตรายอันเกิดจากสภาวะที่น้ำไหลเอ่อล้นฝั่งแม่น้ำ ลำธาร หรือทางน้ำเข้าท่วมพื้นที่ที่ตามปกติแล้วไม่ได้อยู่ใต้อันตรายน้ำ หรือเกิดจากการสะสมน้ำบนพื้นที่ซึ่งระบายออกไม่ทัน ทำให้พื้นที่นั้นปกคลุมไปด้วยน้ำและทำความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นอย่างมาก (เกษม จันทรแก้ว, 2561) สามารถจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ 1) น้ำท่วมขัง (Drainage Floods) และ 2) น้ำท่วมฉับพลันหรือน้ำป่า (Flash Floods) และ 3) แนวคิดเกี่ยวกับการปรับตัวของมนุษย์จากสาธารณภัยและอุทกภัย เป็นการปรับตัวของมนุษย์ประกอบขึ้นด้วยกระบวนการ หรือวิธีการทั้งหลายของจิตที่ใช้ในการเผชิญแรงผลักดัน 2 อย่าง คือ 1) แรงผลักดันภายนอกเกิดจากการที่มนุษย์ต้องการอยู่ท่ามกลางสิ่งแวดล้อม และการที่มนุษย์ต้องอยู่ร่วมกัน 2) แรงผลักดันภายในเป็นความต้องการภายในของแต่ละบุคคลเอง (สิทธิศักดิ์ เท่าธูรี, 2546)

### วัตถุประสงค์และวิธีการ

ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้การวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นการแสวงหาความรู้โดยการพิจารณาปรากฏการณ์สังคมจากสภาพแวดล้อมตามความเป็นจริงในทุกมิติ เพื่อหาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์กับสภาพแวดล้อม วิธีการนี้จะสนใจข้อมูลด้านความรู้สึกนึกคิด ความหมาย ค่านิยมหรืออุดมการณ์ของบุคคล นอกเหนือไปจากข้อมูลเชิงปริมาณมักใช้เวลานานในการศึกษาติดตามระยะยาว ใช้การสังเกตแบบมีส่วนร่วมและการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการเป็นวิธีการหลักในการเก็บข้อมูลและเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตีความสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย (สุภางค์ จันทวานิช, 2555) เพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นและทราบถึงการปรับตัวของประชาชนในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

### ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ได้ทำการเลือกเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาวิจัยแบบเจาะจง (Purposive Sample) ซึ่งเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้และลักษณะกลุ่มที่เลือกเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกจากตัวแทนประชาชนที่เคยประสบอุทกภัยซึ่งอาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย ไม่น้อยกว่า 3 ปี ได้แก่ ผู้ใหญ่บ้าน หมู่ละ 1 คน และตัวแทนครัวเรือน หมู่ละ 2 คน (หมู่ที่ 2,3,15,18) รวมทั้งสิ้น 12 คน



## เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยข้อคำถามได้ครอบคลุมถึงวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา โดยเป็นคำถามที่สะท้อนถึงสภาพปัญหาในการปรับตัวและแนวทางการแก้ไขของประชาชนในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เพื่อทำให้เกิดการปรับตัวที่ดีขึ้น ลดความเสียหายและผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตรวมถึงจะเป็นแนวทางที่สามารถนำไปปรับใช้ในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิศาสตร์หรือสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน

### การสร้างเครื่องมือ

คณะวิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสัมภาษณ์ดังนี้ คือ 1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) กำหนดขอบเขตคำถามให้ครอบคลุมกรอบแนวคิด วัตถุประสงค์และ องค์ประกอบที่ทำให้ทราบถึงการปรับตัวของประชาชนในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามตามกระบวนการ ดังนี้ 1) ขออนุญาตรับรองคณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการศึกษา และประสานงาน หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 2) เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเตรียมแบบสัมภาษณ์ เพื่อนำไปเก็บข้อมูลจากกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักทั้ง 12 คน ในเขตพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก แล้วชี้แจงวัตถุประสงค์ของการทำการวิจัย และความเป็นอิสระในการให้ข้อมูลรายละเอียดของแบบสัมภาษณ์ ประโยชน์ที่กลุ่มเป้าหมายและผู้อื่นจะได้จากการวิจัย

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์การสัมภาษณ์ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับตัวของประชาชนในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา(Content Analysis) แล้วนำเสนอเชิงพรรณนา (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2549) งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสัมภาษณ์ ซึ่งเป็นการตีความสร้างข้อสรุป แบบอุปนัยจากการสัมภาษณ์ประกอบกับเอกสารอื่นๆ โดยอาจมีการแบ่งประเภทตามเนื้อหาของข้อมูลจากการสัมภาษณ์แล้วเปรียบเทียบเนื้อหาประเภทต่างๆ เข้าด้วยกันทั้งนี้ในการวิจัยเชิงคุณภาพนั้นการวิเคราะห์ข้อมูล จากการสัมภาษณ์นั้นไม่ได้สนใจเพียงแค่ข้อความที่ปรากฏในเอกสาร หากทว่าพยายามค้นหาและ ตีความหมายที่แฝงอยู่ในข้อความเหล่านั้นอีกด้วย โดยอาศัยข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ด้วยวิธีการอื่น หรือข้อมูลภูมิหลังสภาพแวดล้อมอื่นๆ มาประกอบการวิเคราะห์



และตีความหมายข้อมูลจากการสัมภาษณ์ ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลจึงใช้เวลานาน เนื่องจากจะต้องทำการวิเคราะห์ซ้ำไปซ้ำมาเพื่อให้แน่ใจว่าทุกข้อมูลที่ได้นั้นถูกวิเคราะห์อย่างละเอียด (เอี่ยมพร หลินเจริญ, 2555) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์มีการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ 1) ทำบันทึกข้อมูลจากการสัมภาษณ์ เมื่อมีข้อมูลที่น่าสนใจหรือเกี่ยวข้องกับกรวิจัย 2) จำแนกหมวดหมู่ของข้อมูลเป็นประเด็นหลักสำคัญที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และทำการแบ่งแยกประเด็นหลักออกเป็นประเด็นย่อย เพื่อสามารถครอบคลุมกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ 3) ทำการพิจารณาความเหมาะสม ความเชื่อมโยงระหว่างประเด็นหลัก และประเด็นย่อย เพื่อที่จะสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ของการวิจัย 4) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ โดยจำแนกลงไปในแต่ละประเด็นที่ทำการจำแนกไว้ข้างต้น จากนั้นทำการวิเคราะห์เชื่อมโยงและสรุปบรรยายข้อมูลที่จำแนกได้อ้างอิงไปสู่ข้อมูลจากการสัมภาษณ์

### ผลการศึกษา

เรื่องการปรับตัวของประชาชนในการการป้องกันรับภัยน้ำท่วมของชุมชนตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก พบว่าการวิจัยนี้ทำการคัดเลือกจากกลุ่มเป้าหมายอย่างเจาะจง (Purposive Sample) และเคยประสบอุทกภัยซึ่งอาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม ได้แก่ ผู้ใหญ่บ้าน หมู่ละ 1 คน และตัวแทนครัวเรือน หมู่ละ 2 คน (หมู่ที่ 2,3,15,18) รวมทั้งสิ้น 12 คน ซึ่งผู้ให้สัมภาษณ์ที่ผู้คัดเลือกมานั้นล้วนแต่เคยเผชิญสภาวะภัยน้ำท่วมมาเป็นระยะเวลานานไม่น้อยกว่า 3 ปี

#### 1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มเป้าหมาย

จากการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างของผู้ให้สัมภาษณ์ จำนวน 12 คน จะแยกเป็นเพศชาย 6 คน เพศหญิง 6 คน อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 30 – 40 ปี 6 คน ช่วง อายุระหว่าง 41 – 50 ปี 5 คน และช่วงอายุ 51 – 60 ปี 1 คน

#### 2. ผลการปรับตัวของประชาชนในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย

2.1) ด้านการยอมรับความสูญเสีย ผู้ให้สัมภาษณ์มีความคิดเห็นที่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากเป็นภัยธรรมชาติและมีส่วนร่วมในกิจกรรมของชุมชนตามปกติ จำนวน 7 คน และสามารถยอมรับได้ แต่เพราะไม่มีที่ที่จะย้ายไปอยู่ที่อื่นได้ จำนวน 5 คน ประชาชนสามารถยอมรับความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้น และพร้อมที่จะเผชิญและรับมือความรุนแรงจากอุทกภัย โดยส่วนใหญ่ยังคงอาศัยอยู่ในพื้นที่เดิม แต่อย่างไรก็ตามก็มีประชาชนบางส่วนที่ไม่ยอมรับความสูญเสียจากผลกระทบของอุทกภัย แต่ก็ไม่สามารถย้ายที่อยู่อาศัยได้ เนื่องจากข้อจำกัดทางเศรษฐกิจ ขาดแคลนเงินทุนทรัพย์และไม่มีพื้นที่ใหม่ที่จะสามารถย้ายไปอยู่อาศัยได้ เนื่องจากทรัพย์สิน ที่อยู่ อาศัย พื้นที่ประกอบอาชีพได้รับความเสียหายจากอุทกภัย ทำให้ไม่มีเงินทุนทรัพย์เพียงพอสำหรับการย้ายที่อยู่อาศัยไปตั้งรกรานยังที่อื่นได้ นอกจากนี้ยัง



พบว่า พื้นที่อยู่อาศัยเดิมเป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยตั้งแต่รุ่นปู่ย่าตายาย และอยู่อาศัยเป็นครอบครัวใหญ่ หรือเครือญาติ อาศัยอยู่ในพื้นที่เดียวกัน จึงยังคงมีความผูกพันอยู่กับที่อยู่อาศัยเพื่อนบ้านและวิถีเก่าที่เคยเป็นอยู่ แต่เนื่องจากเหตุผลข้างต้นที่ทำให้ประชาชนยอมรับความสูญเสียที่เกิดขึ้น และยังคงอาศัยอยู่ในพื้นที่เดิม คือ ประชาชนเชื่อว่าหากมีภัยน้ำท่วมเกิดขึ้นพวกเขายังคงจะได้รับความช่วยเหลือจากภาครัฐและภาคเอกชนเช่นเคย เนื่องจากด้านการประกอบอาชีพ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการดำรงชีวิตอีกทั้งอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักที่ได้รับผลกระทบอย่างมาก เนื่องจากพื้นที่ทำการเกษตรถูกน้ำท่วมทำให้ไม่สามารถทำการปลูกพืชทำนาได้ หรือหากเกิดน้ำท่วมระหว่างปลูกพืชทำนา ทำให้พืชพันธุ์เกิดความเสียหายไม่ได้ผลผลิตตามต้องการ จึงส่งผลกระทบต่อรายได้ที่ลดลงทำให้ขาดรายได้เพื่อดำรงชีพ อีกทั้งด้านที่อยู่อาศัย หากบ้านเรือนได้รับความเสียหายจากภัยน้ำท่วมผู้ประสบอุทกภัยอาจจะขาดแคลนทุนทรัพย์ในการซ่อมแซมที่อยู่อาศัยที่ได้รับความเสียหาย

2.2) ด้านการลดความสูญเสีย ผู้ให้สัมภาษณ์มีความคิดเห็นว่ามีกรวางแผนและเตรียมตัวในการลดความสูญเสีย เช่น ถมดินให้สูงขึ้น เตรียมกระสอบทรายกั้นน้ำ ดูเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนและแจ้งให้คนในหมู่บ้านทราบ เป็นต้น จำนวน 5 คน ภาครัฐต้องช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องและจริงจัง และต้องการให้ทางรัฐบาลบริหารจัดการน้ำได้ดีขึ้น เช่น การสร้างผนังกั้นน้ำตามแนวลำน้ำยม เป็นต้น จำนวน 3 คน ร่วมแสดงความคิดเห็นช่วยกันแก้ไขปัญหา ติดตามข่าวสารบ้านเมืองอยู่เสมอ จำนวน 7 คน และร่วมกับชุมชนปลูกป่า และถ่ายทอดให้คนรุ่นหลังช่วยกันรักษาป่า จำนวน 1 คน ประชาชนมีการวางแผนและเตรียมตัวรองรับความพร้อมเผชิญกับสถานการณ์อุทกภัยที่อาจจะเกิดขึ้น อีกทั้งมีการระดมความคิดเห็นในการแก้ไขปัญหาติดตามข่าวสารเกี่ยวกับการพยากรณ์อากาศจากรัฐและสื่อทุกช่องทาง ไม่ว่าจะเป็นสื่อทางเสียงตามสายประชาสัมพันธ์หมู่บ้าน วิทยูชุมชน โทรทัศน์ พร้อมทั้งมีการจัดตั้งกลุ่มในชุมชนในการช่วยกันเฝ้าระวัง ตรวจสอบปริมาณน้ำฝนและเป็นฝ่ายประชาสัมพันธ์ให้คนในชุมชนทราบถึงสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อประชาชนในชุมชนสามารถที่จะเตรียมความพร้อมให้ทันต่อสถานการณ์ หรือมีการอพยพไปยังสถานที่ที่เตรียมเพื่ออยู่อาศัยชั่วคราว แต่อย่างไรก็ตามประชาชนยังมีความเห็นว่าภาครัฐยังคงต้องให้ความช่วยเหลือและมีการบริหารจัดการน้ำให้ดีขึ้น เช่น การทำผนังกันแม่น้ำยม การวางท่อระบายน้ำเพิ่มเติมเพื่อลดน้ำท่วม เป็นต้น และรัฐมีการให้ความช่วยเหลือทันที่ต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้น โดยมีการให้ความช่วยเหลือด้านเงินชดเชยผู้ประสบอุทกภัย ซึ่งจำนวนเงินชดเชยที่ได้รับมีจำนวนไม่เพียงพอต่อความเสียหายที่เกิดขึ้น

2.3) ด้านการแสวงหาทางเลือกใหม่ ผู้ให้สัมภาษณ์มีความคิดเห็นว่า ไม่ย้ายถิ่นฐานไปที่ใหม่ เนื่องจากอยู่อาศัยมาตั้งแต่เกิดและไม่มีเงินทุนเพียงพอ จำนวน 5 คน พัฒนารายได้ให้มืออาชีพเสริมนอกเหนือจากการทำเกษตร เพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่ประชาชน จำนวน 10 คน ขอความช่วยเหลือจากภาครัฐที่ได้รับผลกระทบจากภัยน้ำท่วม จำนวน 8 คน ขอให้มีการอบรมการผลิต แปรรูปสินค้าเพื่อให้ขายได้ในฤดูกาลนั้นซึ่งจะช่วยสร้างอาชีพเสริมและเพิ่มรายได้



จำนวน 3 คน ประชาชนส่วนใหญ่ยังคงอาศัยอยู่ถิ่นฐานเดิมและไม่ย้ายไปยังสถานที่อื่นที่ไม่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัยหรือได้รับผลกระทบน้อยกว่า เนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวข้างต้นที่ว่าที่อยู่อาศัยเดิมนั้นเป็นที่อาศัยมาตั้งแต่สมัยบรรพบุรุษ อีกทั้งปัจจัยทางด้านเงินทุนก็ไม่มีเพียงพอต่อการย้ายถิ่นที่อยู่อาศัย จึงทำให้ประชาชนต้องมีการดำเนินการหาแนวทางวิธีที่จะสามารถอาศัยอยู่ในพื้นที่เดิมได้ โดยหากได้รับผลกระทบจากภัยน้ำท่วมก็ต้องได้รับความสูญเสียอย่างน้อยที่สุด ซึ่งประเด็นที่ประชาชนให้ความสำคัญมากที่สุด คือ ด้านการประกอบอาชีพ เนื่องจากเป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลต่อรายได้และการดำรงชีวิตทั้งตนเองและครอบครัว อาชีพในพื้นที่ตำบลบางระกำส่วนใหญ่ คือ การทำนา ดังนั้นประชาชนในชุมชนจึงมีการแสวงหาแนวทางวิธีที่จะเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นจากการผลิต เช่น เปลี่ยนนาให้เป็นที่รองรับน้ำและมหาปลาแทนในพื้นที่นาของตนเอง นอกเหนือจากการทำเกษตรเพื่อเป็นการพัฒนารายได้ให้มีจำนวนมากขึ้น

### 3. ข้อเสนอแนะในการป้องกันและความรุนแรงจากอุทกภัย

ข้อเสนอแนะการป้องกันและบรรเทาความรุนแรงจากอุทกภัย เพื่อเป็นแนวทางในการประกอบการวางแผนการฝึกอบรมให้ความรู้แก่ประชาชนตลอดจนสามารถนำไปพัฒนาเป็นนโยบายและมาตรการต่างๆ เพื่อสร้างความปลอดภัยให้แก่ประชาชน คือ 1) การเตรียมการรับมือกับน้ำท่วมล่วงหน้าโดยไม่ต้องรอให้เกิดเหตุ เช่น การแจกทรายและกระสอบควรดำเนินการโดยเร่งโดยไม่ต้องรอให้น้ำท่วมก่อนถึงจะดำเนินการซึ่งไม่ทันการณ์ และเกิดการขาดแคลนเมื่อเกิดภาวะน้ำท่วมขึ้น 2) มีการระดมความคิดเห็นจากประชาชนหรือการศึกษาดูงานในการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 3) ควรมีการจัดการระบบบางระกำโมเดล เช่น การเปิดปิดประตูน้ำ การดูแลบำรุงรักษาให้อยู่ในการดูแลของคนที่อยู่ในพื้นที่ 4) ลงมือปฏิบัติโครงการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเหตุภัยน้ำท่วมก่อนฤดูฝน เช่น การสร้างคันตลิ่งพัง การขุดลอกคูคลอง เป็นต้น จะช่วยลดความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ ถึงแม้จะไม่สามารถป้องกันน้ำท่วมได้แต่ลดผลกระทบก็เพียงพอ 5) มีการวางแผนงานมีการระดมความคิดเห็นจากประชาชนในเขตพื้นที่มีการศึกษาดูงานในสถานที่อื่น ๆ นำมาปรับปรุงการแก้ปัญหา ซึ่งจะทำได้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดี 6) ควรสร้างอ่างเก็บน้ำหรือแก้มลิงผันน้ำยมที่สามารถเก็บน้ำได้ในกรณีที่น้ำหลากมามากและสามารถนำกลับมาใช้ในฤดูแล้ง 7) หากไม่สามารถแก้ปัญหาภัยน้ำท่วมได้ควรจัดหาที่อยู่อาศัยใหม่ให้กับผู้ที่ได้รับผลกระทบน้ำท่วมกัดเซาะที่ดิน และมีโครงการในการปรับปรุงที่อยู่อาศัยของผู้ประสบภัยในพื้นที่ต่ำให้ยกสูงพ้นจากระดับน้ำท่วม

### อภิปรายผลการศึกษา

1.1 กรณีศึกษาการปรับตัวของประชาชนในการรับภัยน้ำท่วมของชุมชนบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก นั้นเมื่อนำมาศึกษาตามกรอบแนวคิดของเบอร์ตันและเคตส์ จะเห็นได้ว่าพฤติกรรมปรับตัวภายหลังการเกิดอุทกภัยของประชาชนมีความสอดคล้องกับแนวคิดทั้ง 3 ด้าน ดังนี้ 1) การยอมรับความสูญเสีย ประชาชนที่อาศัย



อยู่ในพื้นที่เสี่ยงเกิดอุทกภัย คือ ไม่ต้องการย้ายไปอาศัยที่อื่นถึงแม้ว่าที่อยู่อาศัยนั้นจะประสบอุทกภัยซ้ำซากก็ตาม

2) การลดความสูญเสีย ประชาชนยังต้องการความช่วยเหลือจากภาครัฐเพิ่มขึ้น ทั้งในด้านการให้ความรู้ในการป้องกันและลดความเสียหายจากอุทกภัย การประชาสัมพันธ์ข่าวสาร การสร้างคันกันน้ำตามแนวของลำน้ำซีกก็เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดความเสียหายจากอุทกภัยได้ ดังนั้นภาครัฐควรมีการวางนโยบายร่วมกับการรับฟังความคิดเห็นจากประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ เพื่อได้ทราบถึงปัญหาจริงที่เกิดขึ้นและหาแนวทางการแก้ไขปัญหามีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดแก่ประชาชน

3) การแสวงหาทางเลือกใหม่ หลังจากเกิดอุทกภัยประชาชนต้องการให้ภาครัฐให้ความช่วยเหลือด้านการฟื้นฟูภายหลังจากภัยสิ้นสุดไม่ว่าจะเป็นการซ่อมแซมที่อยู่อาศัย พื้นที่การเกษตรที่ได้รับความเสียหาย รวมถึงการสร้างอาชีพเสริมเพื่อให้ประชาชนมีรายได้เพิ่ม หากพื้นที่ทำมาหากินได้รับความเสียหาย ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ควรมีการเตรียมความพร้อมก่อนการเกิดอุทกภัยไม่ว่าจะเป็นด้านที่อยู่อาศัยพื้นที่ที่จะอพยพไปพักเมื่อเกิดอุทกภัย เครื่องอุปโภคบริโภค หรือการวางแผนการทำงานเกษตรในช่วงฤดูการมรสุม หรือวิธีการที่จะส่งผลให้ได้รับผลกระทบและความเสียหายจากอุทกภัยมากที่สุด เนื่องจากการรอรับความช่วยเหลือจากรัฐอาจจะไม่ทันต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้นหรือไม่ทั่วถึงทุกพื้นที่ ผลการวิจัยสอดคล้องกับ Boonmee and Phomlha (2018) ได้ศึกษาการปรับตัวของประชาชนในการป้องกันและบรรเทาอุทกภัยในเขตตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม พบว่า ผู้ประสบภัยมีการย้ายถิ่นฐานไปอาศัยในพื้นที่ใหม่เนื่องจากพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่การเกษตรเดิมได้รับความเสียหายจากการเกิดอุทกภัย ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านพื้นที่การอยู่อาศัยและพื้นที่การประกอบอาชีพมีผลต่อพฤติกรรมการปรับตัวเช่นเดียวกัน เนื่องจากหากไม่สามารถหนีพายุ ปรับปรุงพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่ประกอบอาชีพเดิมให้กลับมาใช้ประโยชน์ได้แล้ว การย้ายถิ่นฐานไปพื้นที่ใหม่ก็เป็นทางเลือกที่อาจจะทำให้การดำรงชีวิตเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

1.2 กรณีศึกษาข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับตัวของประชาชนการป้องกันและบรรเทาภัยน้ำท่วมของชุมชนตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลกจึงเห็นว่าควรมีการวางแผนร่วมกันเพื่อให้มีการสร้างผนังกันแม่น้ำยมและการขุดลอกคูคลองเป็นอีกแนวทางป้องกันการเกิดอุทกภัยอีกอย่างหนึ่งเพื่อลดการกัดเซาะตลิ่งและการแก้ไขปัญหาย่างยั่งยืนและถาวรและลดความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้น และมีการระดมความคิดเห็นจากประชาชนหรือการศึกษาดูงานในการใช้ภูมิปัญญา ท้องถิ่นมาใช้ในการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ผลการวิจัยสอดคล้องกับ ราชวดี ศรีสวัสดิ์ และคณะ (2562) ได้ศึกษาการปรับตัวของประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดอุทกภัยในเขตพื้นที่ตำบลนาเขียง อำเภอดง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางส่งเสริมการปรับตัวในพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดอุทกภัยในเขตพื้นที่ตำบลนาเขียง อำเภอดง จังหวัดนครศรีธรรมราช คือ ควรจัดการประชุมวางแผนการปฏิบัติงาน การเตรียมความพร้อม โดยประสานงานทุก ๆ ฝ่าย ทั้งภาครัฐ เอกชน และประชาชน จัดให้มีการ



อบรมเพื่อเพิ่มความรู้และเพิ่มประสบการณ์ในการลดความสูญเสียและการปรับตัวในพื้นที่เกิดอุทกภัย ชักซ้อมแผนการปฏิบัติงานโดยจำลองสถานการณ์จริงเพื่อให้บุคลากรสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง ควรรับฟังเสียงจากประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ หรือผู้ที่เคยได้รับความเดือดร้อนจากเหตุการณ์อุทกภัย เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุง และพัฒนาระบบการฟื้นฟูและเยียวยาให้ดียิ่งขึ้น โดยสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะอุทกภัยในพื้นที่ตำบลบางระกำนั้น คาดว่าเกิดจากการบุกรุกเส้นทางเดินของน้ำในพื้นที่ต่าง ๆ ตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ เช่น การถมที่ดินขวางทางเดินของน้ำ การสร้างถนนขวางทางน้ำและรวมไปถึงการก่อสร้างอาคารและที่อยู่อาศัยในบริเวณทางเดินของน้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบายน้ำตามธรรมชาติไม่สะดวกจึงเกิดสภาวะน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน และการที่จะแก้ไขปัญหาตรงนี้ได้ก็ต่อเมื่อทุกฝ่ายให้ความร่วมมืออย่างแท้จริง เพราะหากทำเป็นแค่บางพื้นที่ก็ยากที่จะแก้ไขปัญหาได้อย่างสิ้นเชิง โดยหน่วยงานภาครัฐที่ดูแลรับผิดชอบในการวางผังเมือง เช่น สำนักงานโยธาธิการและผังเมือง เทศบาลตำบลบางระกำ มีการวางแนวผังเมืองที่เอื้อต่อการระบายน้ำ รวมถึงการอนุญาตให้สร้างหรือต่อเติมบ้าน ตึก อาคาร ที่ไม่ขวางต่อการระบายน้ำ

### สรุปผลการศึกษา

1. การปรับตัวของประชาชนด้านการยอมรับความสูญเสียสามารถยอมรับได้แต่บางส่วนก็ไม่สามารถยอมรับได้ ด้านการลดความสูญเสียประชากรมีการวางแผนและเตรียมตัว ติดตามข่าวสารบ้านเมืองและช่วยรักษาปลูกป่า ด้านแสวงหาทางเลือกใหม่ประชาชนส่วนใหญ่ยังคงอาศัยอยู่ถิ่นฐานเดิมไม่ย้ายไปยังสถานที่อื่น และแสวงหาแนวทางประกอบอาชีพวิธีที่จะเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นจากการผลิตนอกเหนือจากการทำเกษตรเพื่อเป็นการพัฒนารายได้ให้มีจำนวนมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับตัวของประชาชนในการป้องกันและบรรเทาภัยน้ำท่วมของชุมชนบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก คือ การเตรียมการรับมือกับน้ำท่วมล่วงหน้าโดยไม่ต้องรอให้เกิดเหตุควรมีการจัดการระบบบางระกำโมเดล เช่น การเปิดปิดประตูน้ำ การดูแลบำรุงรักษาให้อยู่ในการดูแลของคนที่อยู่ในพื้นที่ ลงมือปฏิบัติโครงการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเหตุภัยน้ำท่วมก่อนฤดูฝน ควรรับฟังเสียงประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ หรือผู้ที่เคยได้รับความเดือดร้อนจากเหตุการณ์อุทกภัยเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับและพัฒนาระบบการฟื้นฟูและเยียวยาให้ดียิ่งขึ้น





## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สามารถนำข้อมูลไปเป็นแนวทางการปรับตัวของประชาชนในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยเป็นแนวทางประกอบการวางแผนการฝึกอบรมให้ความรู้แก่ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยของจังหวัดพิษณุโลกหรือจังหวัดใกล้เคียงที่มีสภาพแวดล้อมเช่นเดียวกัน
2. สามารถนำไปพัฒนาเป็นนโยบายและมาตรการเพื่อลดความเสี่ยงและลดความเสียหายที่จะเกิดจากอุทกภัยให้แก่ประชาชน เพื่อสร้างความปลอดภัย

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยเพื่อการศึกษาค้นคว้าต่อไป ควรมีการศึกษาการเปรียบเทียบเรื่องการปรับตัว โดยศึกษาในเขตพื้นที่อื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกันหรืออยู่ในพื้นที่เสี่ยงอื่นที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาอุทกภัย
2. ควรมีการศึกษาในเรื่องการประเมินภาวะสุขภาพจิตของผู้ประสบภัยกับสภาวะการเกิดอุทกภัยซ้ำซากแต่ในการศึกษานั้นต้องทำการเก็บข้อมูลในขณะที่กำลังเกิดสภาวะน้ำท่วมอยู่เพื่อให้ได้ข้อมูลในสถานการณ์อย่างแท้จริงจะทำให้เข้าใจภาวะสุขภาพจิตที่แท้จริงของผู้ประสบสภาวะอุทกภัย

## เอกสารอ้างอิง

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2560). *คู่มือแนวทางการปฏิบัติงานด้านการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย*.

กรุงเทพฯ : สำนักงานเลขาธิการฝ่ายพลเรือน กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย.

เกษม จันทร์แก้ว. 2561. *วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2549). *ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล.

ราชวดี ศรีสวัสดิ์, กันตภณ หนูทองแก้ว และเดชชาติ ตริทรัพย์. (2562). *การปรับตัวของประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดอุทกภัยในเขตพื้นที่ตำบลนาเขลียง อำเภอนาวัง จังหวัดนครศรีธรรมราช*. *Journal of Social Science and Buddhist Anthropology*, 4(2), 76-89.

เศกสิน ศรีวัฒนากุลกิจ. (2553). *การจัดการสาธารณภัย*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลิตธิศักดิ์ เท่าธูรี. (2546). *การรับรู้และการปรับตัวของประชาชนบ้านน้ำก้อภายหลังเกิดภัยพิบัติจากอุทกภัยในปี พ.ศ. 2544* [การค้นคว้าอิสระปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.



- สุภางค์ จันทวานิช. (2555). *การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 10). สำนักพิมพ์แห่ง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุรีย์ เรืองมณี. (2558). *การจัดการพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยในอำเภอนบพิตา จังหวัดนครศรีธรรมราช*. [วิทยานิพนธ์  
ปริญญามหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศิลปากร
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). *การจัดการภัยพิบัติและการฟื้นฟูหลังการ  
เกิดภัย กรณีศึกษาไทยและต่างประเทศ*. กรุงเทพมหานคร: บริษัทศูนย์พิมพ์เพชรรุ่ง จำกัด
- เอี่ยมพร หลินเจริญ (2555). *เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ*. *วารสารการวัดผลการศึกษา*, 17(1)
- Boonmee, P., & Phomlha, D. W. (2018). The Adaptation of People in Prevention and Mitigation Flooding in  
Thakhonyang Sub- District, Kantarawichai District, Maha Sarakham Province. *Journal of Research and  
Development Institute Rajabhat Maha Sarakham University*, 5(2), 119–130. Retrieved from  
<https://so03.tci-thaijo.org/index.php/rdirmu/article/view/210523>



## การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบ ตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย

กิงแก้ว วัดแย้ม<sup>1\*</sup>, กุลิสรา คำศรี<sup>1</sup>, ชลธิชา ฐปัสมา<sup>1</sup>, ศักดิ์ธีเดช เดชคุ้ม<sup>1</sup> และ สุदारัตน์ รัตนพงษ์<sup>1</sup>

The development of products from tobacco plants in Tap Phueng Subdistrict,  
Srisamrong District, Sukhothai Province.

Kingkaew Watyaem<sup>1\*</sup>, Kulisara Khamsri<sup>1</sup>, Chonthicha Toopsomsa<sup>1</sup>

Sakthidet Dachkom<sup>1</sup> and Sudarat Rattanapong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Public Administration, Faculty of Social Sciences and Local Development, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: Kingkaew25012545@gmail.com

### บทคัดย่อ

ตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย มีสภาพภูมิศาสตร์เป็นที่ราบลุ่ม เป็นพื้นที่ปลูกยาสูบมากที่สุดในจังหวัดสุโขทัย การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาสภาพปัญหาจากต้นยาสูบ 2) เพื่อศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาและหาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบ และ 3) เพื่อสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ตัวแทนขององค์การบริหารส่วนตำบลทับผึ้ง จำนวน 5 คน และกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกยาสูบในพื้นที่ตำบลทับผึ้งอย่างน้อย 5 ปีขึ้นไป จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสนทนากลุ่มและแบบสัมภาษณ์ กระบวนการการออกแบบผลิตภัณฑ์ร่วมกับกลุ่มเป้าหมาย ด้วยการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบ พบว่า ต้นยาสูบไม่ได้ใช้ประโยชน์และก่อให้เกิดเป็นขยะที่ต้องกำจัดก่อนทำการเกษตรรอบใหม่ กลุ่มเป้าหมายมีความต้องการที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบ 2 ผลิตภัณฑ์ คือ กระดาษต้นไม้จากต้นยาสูบ และสารบำรุงดินอัดก้อนไล่แมลง ขั้นตอนไปร่างต้นแบบผลิตภัณฑ์และสร้างต้นแบบ จากนั้นประเมินความพึงพอใจต่อต้นแบบผลิตภัณฑ์ พบว่าระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบภาพรวมอยู่ในระดับมาก ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านความคุ้มค่าทางทรัพยากร และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านคุณค่าและความสวยงาม ระดับความพึงพอใจที่มีต่อสารบำรุงดินอัดก้อนไล่แมลง ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านคุณค่าและความสวยงาม เมื่อปรับปรุงต้นแบบผลิตภัณฑ์ จึงนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่กลุ่มเป้าหมายและเผยแพร่แก่องค์การบริหารส่วนตำบลทับผึ้งเพื่อใช้ประโยชน์จากการวิจัยต่อไป

คำสำคัญ: การพัฒนา ผลิตภัณฑ์ ยาสูบ



### Abstract

Tambon TapPhung, Amphoe Si Samrong, Sukhothai Province, has a geographical landscape characterized by flat and low-lying terrain. It is the area with the highest cultivation of tobacco in Sukhothai Province. The objectives of this research are as follows: 1) to study the problems associated with tobacco plants, 2) to explore solutions and develop products from tobacco plants, and 3) to create prototypes of products from tobacco plants. The target groups include 5 representatives from the Tambon Tap Phung administrative organization and at least 20 farmers who have been growing tobacco in Tambon Tap Phung for a minimum of 5 years. The research methods employed include group discussions and interviews, collaborative product design processes with the target groups, and studying the problems and development needs of products derived from tobacco plants. It was found that tobacco plants were not being utilized which resulted in waste that needed to be cleared before starting new agricultural activities. The target groups expressed a desire to develop two products from tobacco plants: tobacco plant pots and compacted soil nourishing agents for insect repellence. Subsequently, product prototypes will be formulated and the satisfaction level towards these prototypes will be evaluated. It was found that the overall satisfaction level towards the product prototypes was high, with the highest average satisfaction in resource value and the lowest average in value and aesthetics. The satisfaction level towards the compacted soil nourishing agents was also high, with the highest average satisfaction in product satisfaction and the lowest average in value and aesthetics. After refining the product prototypes, the technology will be transferred to the target groups and disseminated to the Tambon Tap Phung administrative organization for further utilization of the research findings.

**Keywords:** Development, Products, Tobacco

### บทนำ

ประเทศไทยได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ซึ่งเป็นเป้าหมายการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนตามหลักธรรมาภิบาลเพื่อใช้เป็นกรอบในการจัดทำแผนต่างๆ ให้สอดคล้องและบูรณาการกันเพื่อให้เกิดเป็นพลังผลักดันร่วมกันไปสู่เป้าหมายดังกล่าว โดยให้เป็นไปตามที่กำหนดในกฎหมายว่าด้วยการจัดทำยุทธศาสตร์ชาติ และจะต้องนำไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้ประเทศไทยบรรลุวิสัยทัศน์ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของ เศรษฐกิจพอเพียง” โดยเฉพาะยุทธศาสตร์ด้านการสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันที่มีเป้าหมายการพัฒนาที่มุ่งเน้นการยกระดับศักยภาพของประเทศ โดยมุ่งเน้นให้ประชาชนมองถึงปัญหาที่ผ่านมา เช่น ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ อัตลักษณ์ วัฒนธรรม วิถีชีวิต ประเพณี เป็นต้น เพื่อตั้งจุดเด่นทางทรัพยากรธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ให้เกิดความคิด และเกิดการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ เพื่อนำมาผสมผสาน



กับเทคโนโลยีและนวัตกรรม อีกทั้งยังเพิ่มศักยภาพให้กับประชาชนให้มีอาชีพจากสิ่งที่มีอยู่เป็นทุนเดิม (สำนักงานเลขาธิการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ, 2561, น.1-3)

นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) ประเทศไทยเป็นประเทศชั้นนำด้านสินค้าเกษตรและเกษตรแปรรูปมูลค่าสูง มีความเชื่อมโยงกับเป้าหมายหลักของแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 13 ปัจจุบันมีการแข่งขันที่สูงขึ้น เช่น การปลูกพืชทางการเกษตรที่มีจำนวนผลผลิตในปริมาณที่มาก จึงทำให้ราคาสินค้าตกต่ำซึ่งทำให้ไม่สามารถจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรได้ เพราะสินค้าไม่มีความโดดเด่นหรือไม่มีความแตกต่างจึงทำให้ผู้บริโภคไม่สนใจสินค้านั้น ๆ เมื่อรัฐบาลเห็นถึงปัญหาดังกล่าวจึงมีการวางแผนพัฒนาและให้ความสำคัญกับการยกระดับการผลิต โดยการใช้ประโยชน์จากความโดดเด่นและเอกลักษณ์ของสินค้ามาพัฒนาต่อ ยอดให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีความน่าสนใจ (กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2565)

จังหวัดสุโขทัย ตั้งอยู่ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย มีพื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม โดยตอนเหนือเป็นที่ราบสูง มีภูเขาเป็นแนวยาวมาจากทางทิศตะวันตก พื้นที่ตอนกลางเป็นที่ราบและตอนใต้เป็นที่ราบสูงมีแม่น้ำไหลผ่านจากเหนือลงใต้โดยจังหวัดสุโขทัยมีพื้นฐานด้านการขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์ทั้งหมด ในปี 2563 จำนวน 147,709 ราย รวมพื้นที่ 2,053,042 ไร่ พื้นที่เพื่อการเกษตร 1.9 ล้านไร่คิดเป็นร้อยละ 46.1 ของพื้นที่ทั้งหมด และมีจำนวนครัวเรือนเกษตรกร 75,493 ครัวเรือน (กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564) พื้นที่เชิงเกษตรกรรมที่มีการเพาะปลูกยาสูบส่วนใหญ่อยู่ที่อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย จำนวน 19,650 ไร่ เพราะมีน้ำที่สมบูรณ์ในการทำสวนทำไร่ มีแม่น้ำยมไหลผ่านบริเวณตอนกลางของพื้นที่โดยมีต้นน้ำอยู่ที่ภูเขาผีปันน้ำในเขตอำเภอปาง จังหวัดพะเยา ไหลผ่านอำเภอศรีสัชนาลัย อำเภอสวรรคโลก อำเภอศรีสำโรง อำเภอเมืองสุโขทัย และอำเภอกงไกรลาศ และนอกจากนี้ยังมีห้วย ลำธาร คลอง หนองบึง และอ่างเก็บน้ำซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อการเกษตรได้ในฤดูแล้งเป็นจำนวนมาก (อนิรุจน์ มะโนธรรม, 2562)

การเพาะปลูกยาสูบเป็นพืชประจำถิ่นจำนวนมากในพื้นที่ของตำบลทับผึ้ง โดยรวมภายใน 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอศรีสำโรง อำเภอสวรรคโลก โดยเฉพาะตำบลทับผึ้งเป็นแหล่งพื้นที่สำคัญในการปลูกยาสูบของจังหวัดสุโขทัย เนื่องจากมีสภาพภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ราบลุ่มเหมาะแก่การเพาะปลูกยาสูบ และตำบลทับผึ้งมีจำนวนเกษตรกรที่ปลูกยาสูบมาก (อนิรุจน์ มะโนธรรม, 2562, น.87) และเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกยาสูบเป็นจำนวนมากจึงเป็นสาเหตุให้ต้นยาสูบขายไม่ได้เป็นเพราะบริษัทต้องการรับซื้อเฉพาะใบยาสูบที่สมบูรณ์และมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ จึงทำให้ต้นยาสูบไม่สามารถขายได้จำเป็นต้องมีการกำจัดหรือโถกก่อนที่จะเริ่มการทำการเกษตรรอบใหม่และเป็นขยะชีวภาพที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์และไม่สร้างรายได้ องค์การบริหารส่วนตำบลทับผึ้ง



และคณะผู้วิจัย ได้เห็นถึงปัญหาขยะที่หลีกเลี่ยงจากการทำการเกษตรและเป็นการสูญเสียต้นทุนการผลิต จึงมีความต้องการจะพัฒนาและผลักดันผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบที่หลีกเลี่ยงให้เป็นขยะที่เพิ่มมูลค่าและสามารถต่อยอดผลิตภัณฑ์ที่สามารถเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือพัฒนาสินค้าในชุมชนเพื่อลดปริมาณขยะที่เกิดจากการหลีกเลี่ยงในกระบวนการทำการเกษตรและต่อยอดผลิตภัณฑ์ ส่งเสริมสู่ตลาด จึงมีความสนใจที่จะต่อยอดผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นการสร้างรายได้และเป็นการอัตลักษณ์ให้ตำบลทับผึ้งต่อไป

#### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัญหาจากต้นยาสูบตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย
2. เพื่อศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาและหาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบของตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย
3. เพื่อสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบ ตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย

#### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

##### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มตัวอย่างงานวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาและการใช้ประโยชน์ของต้นยาสูบ และศึกษาความต้องการและแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบ ผู้วิจัยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มผู้ให้ข้อมูล จำนวน 25 คน ดังนี้

- 1.1 กลุ่มเกษตรกรที่ปลูกยาสูบของตำบลทับผึ้งอย่างน้อย 5 ปีขึ้นไป จำนวน 20 คน
- 1.2 ตัวแทนองค์การบริหารส่วนตำบลทับผึ้งที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลด้านใบยาสูบ จำนวน 5 คน

2. กลุ่มตัวอย่างการวิจัยเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ได้แก่ ประชาชนทั่วไปที่มีการอุปโภคบริโภคสินค้าภายในของตำบลทับผึ้ง จำนวน 8,475 คน กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane) ที่ระดับนัยยะสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 382 คน

##### เครื่องมือในการวิจัย

1. แบบสอบถาม ผู้วิจัยได้นำผลการทบทวนวรรณกรรม และกรอบแนวคิด มาเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามฉบับร่าง และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความครอบคลุมของข้อความ ความถูกต้องและความชัดเจนของข้อความ เพื่อทำการตรวจสอบ รวมทั้งปรับแก้ตามคำแนะนำเพื่อทำการปรับแบบสอบถามให้สอดคล้องกับ



วัตถุประสงค์ ทฤษฎี และผู้ตอบแบบสอบถาม รวมถึงการหาค่า IOC: The Index of Item-Objective Congruence เพื่อตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรงของข้อคำถามโดยให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นและให้ค่าคะแนนความแม่นยำตรง สอดคล้องว่าคำถามนั้นตรงตามข้อบ่งชี้ที่กำหนดไว้ โดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับมากกว่า 0.5

2. แบบสนทนากลุ่ม นำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดเพื่อทำการเก็บ ข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ โดยประเด็นคำถาม ประกอบด้วย 3 ประเด็น ได้แก่

- สภาพปัญหาและอุปสรรคและการใช้ประโยชน์ของต้นยาสูบ
- สำรวจต้นทุนและหาข้อมูลของต้นยาสูบที่เป็นสาเหตุของการนำมาใช้ประโยชน์ไม่ได้
- แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบเหลือใช้
- ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์

### ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษาเอกสารค้นคว้าเก็บข้อมูลทั่วไปจากหนังสือ เอกสารต่าง ๆ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการสืบค้นข้อมูล จาก Internet เป็นข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2. สำรวจสภาพปัญหาและความต้องการของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยเชิงคุณภาพ ดังนี้

2.1 สำรวจพื้นที่ เก็บข้อมูลจากการสนทนากลุ่มกับกลุ่มเป้าหมายเชิงคุณภาพถึงสภาพปัญหาและความ ต้องการชุมชนเป็นอย่างไร

2.2 การสนทนากลุ่ม ตามประเด็นการสนทนาที่ได้กำหนดไว้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก กลุ่มตัวอย่าง

2.3 สำรวจต้นทุนและหาข้อมูลของต้นยาสูบที่เป็นสาเหตุของการนำมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ เพื่อที่จะนำมา พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่

3. การออกแบบผลิตภัณฑ์ร่วมกับกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยเชิงคุณภาพ โดยศึกษาส่วนของต้นยาสูบ กำหนด วิธีการดำเนินการในการออกแบบและกำหนดขั้นตอนในการออกแบบ ให้สอดคล้องกับความต้องการของ กลุ่มเป้าหมาย และถ่ายทอดกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์แก่ชุมชน

4. เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ จึงนำการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบไปทดสอบตลาด นำเสนอผลิตภัณฑ์เสนอต่อกลุ่ม ตัวอย่างเชิงปริมาณเพื่อสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อผลิตภัณฑ์ และสำรวจความต้องการของตลาด ที่มีต่อผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบ และปรับปรุงแก้ไขต้นแบบผลิตภัณฑ์ตามข้อเสนอแนะ

5. ถ่ายทอดเทคโนโลยีและเผยแพร่ต้นแบบผลิตภัณฑ์



## การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลได้ดำเนินการวิเคราะห์ตามรูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยผู้วิจัยมีการสัมภาษณ์เชิงลึก การจดบันทึก และการสนทนากลุ่มรวมไปถึงการนำแบบสอบถามที่ได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

1. วิเคราะห์สรุปอุปนัย (Analytic Induction) เป็นการสรุปผลจากการทดลองหลาย ๆ ครั้งแล้วนำมาสรุปเป็นความรู้ทั่วไป และนำข้อมูลหรือประเด็นที่มีความคล้ายคลึงกัน วิเคราะห์หรือหาข้อสรุปให้เป็นข้อมูลที่นำเชื่อถือ
2. วิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ใช้การตีความจากการสื่อสารของผู้ให้ข้อมูล จากภาษา ท่าทาง สีหน้า การพูด และรวบรวมข้อมูลเนื้อหาที่สำคัญและนำมาพิจารณาทุกครั้งว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่
3. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Division : S.D.)

## ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์สภาพปัญหาจากต้นยาสูบตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย สภาพปัญหาจากยาสูบ พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปลูกยาสูบ เกิดขึ้นจากสภาพอากาศ หากมีสภาพอากาศที่ชื้นหรือมีฝนตก อาจทำให้ต้นกล้าเน่าเสีย และต้นยาสูบเกินเชื้อราที่ก้าน มีแมลง เพลี้ย หนอน ที่อาจทำให้ใบยาสูบมีสีดำและทำให้ใบยาสูบไม่สมบูรณ์ ทำให้ราคาต่ำกว่าเกณฑ์ เกณฑ์ในการขายมีราคามาตรฐานอยู่ที่ 70 บาท ต่อกิโลกรัม และราคาต่ำกว่าเกณฑ์จะอยู่ที่ 30 บาท ต่อกิโลกรัม ซึ่งปัจจุบันต้นทุนในการทำการเกษตรสูง ค่าปุ๋ย ค่ายา มีราคาสูงส่งผลให้การลงทุนทำการเกษตรมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น แต่ราคาผลผลิตมีราคาที่ยังไม่มีการปรับเปลี่ยนราคาเพิ่มขึ้น การเก็บเกี่ยวจะมี 3 รอบ รอบแรกเก็บยาต้นต้น รอบสองยากกลาง รอบสามยายอด หลังจากเก็บใบยาสูบจะทำให้เหลือลำต้นและรากที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ จึงทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่หรือทุกพื้นที่จะมีการโคกกลบต้นยาสูบ เพื่อทำลายต้นยาสูบย่อยสลาย และเพื่อเป็นการเตรียมหน้าดินเพื่อปลูกข้าวหรือปลูกพืชผักต่าง ๆ ตามฤดูกาล ไม่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์ ซึ่งเป็นต้นทุนในการเกษตร ควรมีการใช้ทุกส่วนของยาสูบเมื่อสร้างรายได้ยังมีคุณค่า

สำหรับผลการวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบของตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย มีวิธีการเก็บข้อมูลและผลการศึกษา ดังนี้

ขั้นที่ 1 ผู้วิจัยศึกษาอัตลักษณ์ชุมชนในตำบลทับผึ้ง ผู้วิจัยใช้หลักการในการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco Design) คือ การออกแบบที่มีลักษณะการผลิตที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดต้นทุนในการผลิต





สรุปได้ว่า จากการเข้าร่วมสนทนากลุ่มจากกลุ่มเป้าหมาย พบว่า มีความต้องการจะพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์เป็นกระถางต้นไม้เพื่อให้เป็นอัตลักษณ์ของตำบลทับผึ้ง ผลการสนทนากลุ่มความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบของกลุ่มเป้าหมายมีความต้องการจะพัฒนาต้นยาสูบที่เหลือใช้นำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ถ่าน ฐูป ยาแก้นิ่ว แผ่นพลาสติก ยาม้าแมลง กระถางต้นไม้ และ ผ้ามัดย้อม เป็นต้น เมื่อสรุปผลิตภัณฑ์เพื่อการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์รอบสุดท้าย กลุ่มเป้าหมายเลือกการพัฒนากระถางต้นไม้จากเศษต้นยาสูบและสารบำรุงดินอัดก้อนจากต้นยาสูบ

ขั้นที่ 2 ผู้วิจัยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมกับกลุ่มในการเลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ ตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 รูปแบบ เนื่องจากมีองค์ประกอบวัสดุอุปกรณ์และองค์ประกอบไม่เรียบและไม่ดูเยอะจนเกินไป รูปทรงและขนาดเหมาะกับทุกเพศ ทุกวัย ขั้นตอนการผลิตมีความเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน และสามารถสื่อถึงอัตลักษณ์ชาวตำบลทับผึ้งวิถีชีวิตได้อย่างชัดเจนและเป็นการใช้สิ่งของเหลือใช้จากกระบวนการทางการเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่า



รูปที่ 1 แสดงต้นแบบผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการทำกระถางต้นไม้จากต้นยาสูบคือ การนำต้นยาสูบที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวมาตากให้แห้งกรอบ และนำไปบดให้ละเอียด เตรียมดินเหนียว กาวแป้งเปียก เปลือกไข่บดละเอียด และกระถางที่ใช้เป็นบล็อกสำหรับขึ้นรูป นำส่วนผสมทุกอย่างมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปอัดกับบล็อกที่เตรียมไว้และตากแห้ง หลังจากดินเหนียวแห้งได้ที่ ขั้นตอนสุดท้ายคือการแกะดินเหนียวออกจากบล็อกเพื่อนำไปตากให้ดินแห้งสนิท จะได้กระถางต้นไม้ที่แข็งแรง สามารถบำรุงต้นไม้เป็นปุ๋ยในตัวเองและไล่ยุงและแมลงได้ เนื่องจากมีความฉุนของเศษต้นยาสูบ

อุปกรณ์และวิธีการทำสารบำรุงดินอัดก้อน วัสดุอุปกรณ์คือ เศษต้นยาสูบบดละเอียด ดินเหนียว ผงกาแฟ น้ำหมักเปลือกกล้วย นำส่วนผสมทุกอย่างมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำมาปั้นเป็นก้อนกลมและนำไปตากแห้งเพื่อใช้ในการใส่กระถางต้นไม้เพื่อบำรุงดินหรือไล่แมลง ซึ่งต้นยาสูบมีคุณสมบัติในการไล่แมลงและบำรุงดิน โดยทดลองใส่สารบำรุงดินเดือนเมษายน 2566 ปลายยอดเหลืองและมีงูตอมบริเวณโคนต้น กำหนดให้รดน้ำช่วงเย็น



1 แก้ว/ครึ่ง และมีการสังเกตพร้อมบันทึก เก็บผลเดือนมิถุนายน 2566 สารบำรุงดินยังคงรูปไม่เปลี่ยนแปลง ยอดเขียวสวยและต้นไม้มีความสูงเพิ่มขึ้น ไม่มียูงตอมบริเวณโคนต้นไม้



รูปที่ 2 แสดงภาพก่อนและหลังใส่สารบำรุงดินอัดก้อนจากเศษต้นยาสูบ

ขั้นที่ 3 ผู้วิจัยได้สังเคราะห์อัตลักษณ์ของชุมชนเพื่อสร้างช่องทางทางการตลาด พบว่า กลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่เห็นว่าสะพานแขวนมีความโดดเด่นและสร้างมานาน แต่ขาดการซ่อมแซมจึงทำให้สะพานพังลงและชาวบ้านหมู่ 9 กับหมู่ 4 ไม่มีสะพานใช้เชื่อมหากัน หลวงพ่อน้อย วัดเตวีดินอก จึงมีความคิดที่จะสร้างสะพานขึ้นมาใหม่ เพื่อให้ชาวบ้านได้ไปมาหาสู่กันได้สะดวกและเพิ่มความสามัคคีของ 2 หมู่บ้าน จึงทำให้เป็นจุดเด่นของหมู่บ้าน และใช้ในการไปมาหาสู่กันของ 2 หมู่บ้านจนถึงปัจจุบันได้การออกแบบโลโก้ให้มีความเป็นเอกลักษณ์จึงได้ใช้สะพานแขวนในการออกแบบโลโก้ของผลิตภัณฑ์การออกแบบโลโก้จะใช้ภาพสะพานแขวนและใช้ตัวอักษรเป็นภาษาอังกฤษในการเขียนชื่อของตำบล เพื่อสื่อให้เห็นถึงอัตลักษณ์ของตำบลที่บ่งชี้และให้เป็นที่จดจำได้ง่าย และใช้เป็นป้ายติดรายละเอียดผลิตภัณฑ์เพื่อแสดงตราสินค้าของชุมชนต่อไป



รูปที่ 3 แสดงโลโก้ที่ใช้ในการส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์

ขั้นที่ 4 เมื่อได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้นำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบตลาดกับกลุ่มเป้าหมายเชิงโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจกับกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 382 คน ผลการวิเคราะห์ สามารถสรุปผลได้ว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชายอยู่ในช่วงระหว่าง 41-50 ปี ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรที่มีรายได้เฉลี่ย 5,000-10,000 บาท



ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้จากต้นยาสูบ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X} = 4.08$ , S.D. = 0.65) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านความคุ้มค่าทางทรัพยากร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X} = 4.24$ , S.D. = 0.60) และค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือ ด้านความคุ้มค่าและความสวยงาม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X} = 3.96$ , S.D. = 0.68)

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อสารบำรุงดินอัดก้อนไล่แมลง ทั้งหมด 4 ด้าน พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X} = 4.27$ , S.D. = 0.31) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X} = 4.46$ , S.D. = 0.43) และค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือ ด้านความคุ้มค่าทางทรัพยากร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X} = 4.12$ , S.D. = 0.46)

ขั้นที่ 5 นำผลการวิเคราะห์ในขั้นที่ 4 มาพิจารณาและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะและลงพื้นที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่กลุ่มเป้าหมายในการพัฒนากระถางต้นไม้จากต้นยาสูบและสารบำรุงดินอัดก้อนจากต้นยาสูบ ผู้วิจัยนำเสนออุปกรณ์ วัสดุที่ใช้และสอนวิธีการใช้อุปกรณ์ นำเสนอสัดส่วนของวัสดุเพื่อนำมาเป็นส่วนผสม และก่อสร้างรูปการใช้ต้นยาสูบมาเป็นตัวหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นการแสดงถึงอัตลักษณ์ของชาวตำบลทับผึ้ง โดยมีการกำหนดให้ใช้เศษต้นยาสูบเพื่อเป็นการเสริมรายได้ให้แก่ชุมชนยัง รวมไปถึงการแก้ปัญหาเศษต้นยาสูบที่เหลือทิ้งในพื้นที่การเกษตรกรรม และผู้วิจัยเผยแพร่ผลิตภัณฑ์ โดยนำเสนอต่อบริษัทการบริหารส่วนตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย นำโดยนายกองค์การบริหารส่วนตำบลทับผึ้งและคณะทำงาน ร่วมรับฟังการนำเสนอผลิตภัณฑ์ นำเสนอที่มาของผลิตภัณฑ์ นำเสนอวัตถุประสงค์ของการสร้างตัวผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนและวิธีการทำ ตลอดจนนำเสนอต้นแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งทางองค์การบริหารส่วนตำบลทับผึ้ง จะนำไปต่อยอดและนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ตำบลทับผึ้งต่อไป

### อภิปรายผลการศึกษา

การสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบ ตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบเหลือใช้ คือ กระถางต้นไม้จากเศษต้นยาสูบ และสารบำรุงดินอัดก้อนจากต้นยาสูบ โดยผู้วิจัยและกลุ่มเป้าหมายได้พัฒนาผลิตภัณฑ์บนพื้นฐานของศักยภาพเกษตรกรรมและทุนทางสังคมเพื่อรักษาอัตลักษณ์ของพื้นที่ สอดคล้องกับผลการวิจัยของเสาวลักษณ์ แพงสีแก้ว (2559) กล่าวไว้ว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องสัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ วัสดุอุปกรณ์และกระบวนการผลิตต้องสอดคล้องกับความเป็นอยู่ สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ และคุณค่าทางด้านความสวยงาม ซึ่งพบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์จากการวิจัย มีความสอดคล้องกันทุกด้านที่กล่าวมา และผลิตภัณฑ์ยังสามารถสื่อถึงอัตลักษณ์ของตำบลทับผึ้งได้อย่างแท้จริง



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ กระดาษต้นไม้จากต้นยาสูบ สารบำรุงดินอัดก้อนจากเศษต้นยาสูบเหลือใช้ และนำเสนอต่อกลุ่มเป้าหมายใช้กระบวนการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเลือกแบบผลิตภัณฑ์ ดำเนินการสร้างต้นแบบ พบว่ามีประสิทธิภาพในการบำรุงดินและไล่แมลง/ยุง ได้จริง ซึ่งการใช้ต้นยาสูบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นการสร้างรายได้จากผลผลิตทางการเกษตรที่เหลือทิ้ง นำกลับมาใช้ประโยชน์และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ในช่วงว่างเว้นการทำเกษตรกรรม ผลิตภัณฑ์ที่รับการพัฒนาแล้ว ถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับเกษตรกรเพื่อการสร้างรายได้เสริม พบว่า สามารถทำได้จริงและไม่รู้สึกเป็นภาระในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

สำหรับผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของต้นแบบผลิตภัณฑ์ พบว่า ระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ต้นแบบ ตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย ทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ด้านความสัมพันธ์กับความต้องการด้านคุณค่าและความสวยงาม ด้านความคุ้มค่าทางทรัพยากร ด้านความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์และด้านการตลาด ภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านความคุ้มค่าทางทรัพยากร ทั้งนี้ เนื่องจากมีการใช้ผลผลิตทางการเกษตรเหลือใช้ และนำกลับมาสร้างมูลค่าเพิ่ม ทำให้ชุมชนมีเศรษฐกิจหมุนเวียนดีขึ้น สำหรับด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านคุณค่าและความสวยงาม เนื่องจากการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Prototype) ที่คำนึงถึงศักยภาพของเกษตรกรและทุนที่มีอยู่ในชุมชน จึงเป็นการผลิตขั้นปฐมภูมิและผลิตภายในครัวเรือน เน้นการใช้ทรัพยากรเหลือใช้ในครัวเรือนมาลดรายจ่าย เพิ่มรายได้และทดสอบการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ อาจส่งผลให้ยังไม่มี ความสวยงามมากพอในการจัดจำหน่าย ตลอดจนงบประมาณในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และระดับความพึงพอใจที่มีต่อสารบำรุงดินอัดก้อนไล่แมลง มี 4 ด้าน ได้แก่ ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ด้านคุณค่าและความสวยงาม ด้านความคุ้มค่าทางทรัพยากร ด้านความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสามารถใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพในการบำรุงต้นไม้ และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านคุณค่าและความสวยงาม เนื่องจากผลิตด้วยมือ จึงทำให้ส่วนผสมต่าง ๆ ยังไม่ได้ขนาดมาตรฐานและการปั้นสารบำรุงดินอัดก้อนไล่แมลงยังไม่สวยงามเท่าที่ควร และยังมีกลิ่นของยาสูบ และส่วนผสมอื่น ๆ ที่ผสมอยู่ค่อนข้างแรง

### สรุปผลการศึกษา

สภาพปัญหาของชุมชนคือต้นยาสูบที่เหลือใช้และความต้องการการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย สภาพปัญหาของชุมชนเกิดจากการปลูกยาสูบปริมาณมากในพื้นที่เนื่องจากใบยาสูบ มีราคาสูง ประชากรในพื้นที่จึงหันมาปลูกยาสูบเป็นจำนวนมาก หลังจากเก็บเกี่ยวใบยาสูบเสร็จสิ้น ผลกระทบ



ที่ตามมาคือต้นยาสูบที่เหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก สาเหตุเพราะบริษัทที่รับซื้อใบยาสูบ ไม่รับซื้อต้นของใบยาสูบจึงเป็นปัจจัยให้เกิดปัญหาเศษต้นยาสูบหลงเหลือในพื้นที่ในปริมาณมาก เกษตรกรได้แสดงความคิดเห็นตรงกันว่า เศษต้นยาสูบมีประโยชน์สามารถไล่แมลงได้ จากสรรพคุณดังกล่าว การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากเศษต้นยาสูบ ได้แก่ กระถางต้นไม้จากเศษต้นใบยาสูบ และสารบำรุงดินอัดก้อน ซึ่งผลิตภัณฑ์ข้างต้นได้สื่อถึง อัตลักษณ์ของตำบลทับผึ้ง และยังแก้ปัญหาเศษต้นยาสูบเหลือทิ้ง อีกทั้งยังเพิ่มมูลค่าของเศษต้นยาสูบและลดปัญหาการเผาไหม้ที่ส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศและสุขภาพของคนในชุมชนได้จริง อีกทั้งสามารถใช้ประโยชน์ในการบำรุงต้นไม้ สามารถปลูกต้นไม้ในอาคารและใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันแมลงและยังบำรุงต้นไม้ให้มีความสวยงาม

แนวทางและรูปแบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเศษต้นยาสูบเหลือใช้ ตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย ผู้วิจัยได้ศึกษาอัตลักษณ์ชุมชนคือยาสูบ สามารถสื่อได้ว่าเป็นชาวตำบลทับผึ้ง อีกทั้งยังเป็นเอกลักษณ์ของอาชีพที่ทำกันมาอย่างช้านาน เป็นพืชที่สร้างรายได้ให้แก่ชุมชน ความต้องการของกลุ่มตัวอย่างร่วมกับศึกษาความถนัดของกลุ่มตัวอย่าง มุ่งเน้นการใช้ต้นทุนในพื้นที่ที่มีอยู่ เพื่อนำไปสู่การร่างต้นแบบผลิตภัณฑ์ การผลิตแบบปฐมภูมิ ในขั้นเริ่มต้นส่งผลให้รูปทรงของผลิตภัณฑ์ยังไม่สวยงามและไม่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด ซึ่งในระยะต่อไป อาจมีการพัฒนาศักยภาพในการผลิตด้วยเครื่องจักรหรือเทคโนโลยีต่างๆ ที่จะพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่สวยงามเพิ่มขึ้นและสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการเผยแพร่นำต้นแบบผลิตภัณฑ์เผยแพร่ให้กับองค์การบริหารส่วนตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย โดยการเลือกนำเศษลำต้น พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้และสารบำรุงอัดก้อน ส่งผลให้เกิดเศรษฐกิจสีเขียวและเศรษฐกิจหมุนเวียนในพื้นที่ ตามแนวคิด BCG Economy Model ซึ่งจะเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจชุมชนให้เติบโต กระจายโอกาส กระจายรายได้ และนำความมั่งคั่งไปสู่ชุมชนในท้องถิ่นอย่างทั่วถึง สามารถสร้างประโยชน์ได้จริงให้แก่พื้นที่ในการสร้างอาชีพเสริมในช่วงว่างเว้นจากการเกษตร อีกทั้งยังเป็นการลดรายจ่ายในครัวเรือนโดยการสร้างรายได้จากผลิตภัณฑ์ และมีองค์ความรู้เกี่ยวกับการนำสิ่งของเหลือใช้จากภาคการเกษตรมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าและส่งเสริมทางการตลาดเพื่อสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนต่อไป



### ข้อเสนอแนะ

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของต้นยาสูบให้ละเอียดมากขึ้น
2. ควรพัฒนาและต่อยอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากต้นยาสูบให้มีความหลากหลายมากขึ้นและสอดคล้องกับความต้องการของตลาด
3. ควรยกระดับและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อออกสู่เชิงพาณิชย์ เช่น การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ การปรับรูปลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้สวยงาม และสร้างช่องทางทางการตลาดให้มีความหลากหลาย

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัยและนวัตกรรมสำหรับนักศึกษาและบัณฑิตศึกษา กองทุนพัฒนาการวิจัยและบริหารจัดการงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 และขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนตำบลทับผึ้ง กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกยาสูบ ตำบลทับผึ้ง อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย

### เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2564). *แนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูล*

*แผนที่เกษตรเชิงรุก จังหวัดสุโขทัย*. <https://www.1dd.go.th/Agri-Map/Index.html>

กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. (2 พฤศจิกายน 2565). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและ*

*สังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ.2566-2570)*.

<https://mocplan.ops.moc.go.th/th/content/category/detail/id/94/iid/6024>

เสาวลักษณ์ แผงสีแก้ว. (2559). *การออกแบบผลิตภัณฑ์ตกแต่งภายในจากกากกาแฟสมรสจากธรรมชาติ*.

[ศิลปนิพนธ์ หลักสูตรปริญญาศิลปประยุกต์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี].

[https://www.ubu.ac.th/web/files\\_up/30f2019050115430259.pdf](https://www.ubu.ac.th/web/files_up/30f2019050115430259.pdf)

สำนักงานเลขาธิการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ. (2561). *ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580*.

<https://infocenter.nationalhealth.or.th/Ebook/NationalStrategy/book.html>

อนิรุจน์ มะโนธรรม. (2562). *สภาพแวดล้อมและความปลอดภัยในการทำงานของเกษตรกรผู้ปลูกยาสูบ ตำบลทับผึ้ง*

*อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา 13(2), (85-94)*.



## การพัฒนาผลิตภัณฑ์ “ถ่านฝรั่ง” ของวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสรา จังหวัดสมุทรสาคร

พิศิษฐ์ ชำนาญนา<sup>1\*</sup>, สุพรรณณี จงงวิวัฒน์สกุล<sup>1</sup>, คัทลีเยา ฤกษ์พิไชย<sup>1</sup>, อุกฤต คูหพันธ์<sup>1</sup>,

นภัสพร นิชะวานนท์<sup>1</sup> และ วรศิริ ผลเจริญ<sup>1</sup>

### Guava Fruit Charcoal : The Product Development of Suan Panisara Community Enterprise, Samut Sakhon Province

Pisit Chumnanna<sup>1\*</sup>, Supanee Jongwiwatsakul<sup>1</sup>, Catthaleeya Rerkpichai<sup>1</sup>, Ukrit Khuhaphan<sup>1</sup>,

Napatsaporn Niyawanout<sup>1</sup>, and Worasiri Phoncharoen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร 10600

<sup>1</sup>Faculty of Management Science, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, 10600

\*Corresponding author. E-mail: Pisit.ch@bsru.ac.th

#### บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยนำผลิตผลทางการเกษตรที่เสื่อมสภาพมาเพิ่มมูลค่าเพื่อให้ชุมชนนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสรา และเพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสรา โดยอาศัยระเบียบวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม แบ่งออกเป็น 2 ระยะ จำแนกกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก คือ วิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสรา เพื่อร่วมกันกำหนดแนวทางไปสู่การปฏิบัติ ผลการวิจัย พบว่า ปัญหาของวิสาหกิจชุมชนขาดความรู้ และทักษะในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ขาดอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพ โดยความต้องการของวิสาหกิจชุมชน พบว่า สมาชิกกลุ่มมีความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้องการผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ ที่ต่างไปจากเดิม ต้องการวิทยากรมาทำการสอน และหาวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้องการเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่นำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ แนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์และนำแนวทางไปสู่การปฏิบัติ ได้แก่ การนำสมาชิกกลุ่มไปศึกษาดูงาน การเชิญวิทยากรมาอบรม และสาธิตเทคนิควิธีในการผลิต สมาชิกกลุ่มฝึกปฏิบัติการด้วยตนเอง เพื่อปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการระดมความคิดด้วยความตั้งใจและร่วมมือกันปรับปรุงพัฒนาการบริหารจัดการผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: พัฒนาผลิตภัณฑ์ วิสาหกิจชุมชน ถ่าน สวนฝรั่ง การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม



### Abstract

By adding value to deteriorated agricultural products for future benefits of the community. This qualitative research aims to study problems and needs for product development Suan Panisara Community Enterprise and study guidelines for developing products of Suan Panisara Community Enterprise. The approaches of participatory action research were applied in this research. The research was divided into 2 phases. The key informants collaborating to set guidelines for implementation were members of Suan Panisara Community Enterprise. The research findings revealed that the problem of the community enterprise were the lack of knowledge on product design and equipment to produce effective products. Consequently, the needs of the community enterprise consisted of the development of new products different from the existing ones, trainers to teach and demonstrate how to develop products and machinery as well as equipment to develop products. Product development guidelines and practices included organizing study trips for members, inviting trainers to demonstrate production techniques, self-practice organized by members to improve and develop products and attentively brainstorming within the community enterprise members to improve, develop and manage products.

**Keywords:** Product Development, Community Enterprise, Charcoal, Guava Plantation, Participatory Action Research

### บทนำ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ตามท้องถิ่นที่มาจากภูมิปัญญาได้รับความสนใจจากผู้บริโภค จึงทำให้ผู้ประกอบการชุมชนหลายรายเข้ามาแข่งขันกันในตลาดมากขึ้น โดยจะมุ่งเน้นไปในทิศทางของการพัฒนาตัวผลิตภัณฑ์ของแต่ละท้องถิ่นให้มีคุณภาพและสามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคในทิศทางที่ดีขึ้นอาจจะมีผู้ประกอบการบางรายที่ยังมองไม่เห็นถึงความสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อคุณภาพตัวผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังสามารถดึงดูดความสนใจจากผู้บริโภคได้เท่าที่ควร ดังนั้น ผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์จึงต้องหันมาให้ความสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สามารถคุ้มครองป้องกันไม่ให้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์เสียหายและเพิ่มคุณค่าต่อผู้บริโภค (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2555) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ถือว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ การที่มีผลิตภัณฑ์ที่ดีและมีคุณภาพสามารถช่วยส่งเสริมภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์รวมไปจนถึงท้องถิ่นด้วยในเรื่องของผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน ซึ่งปัญหาหนึ่งที่พบได้ในเกือบทุกชุมชน พบว่ายังมีปัญหาทางด้านของรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค การออกแบบผลิตภัณฑ์จึงเป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชน (ทวีศักดิ์ สาสงเคราะห์, 2551)

บ้านวังนกไข่ เดิมเป็นที่ลุ่มมีหนองน้ำขนาดใหญ่ เป็นแหล่งอาหารของนก มีนกนานาชนิดมาอาศัยอยู่จำนวนมาก ทำรังขยายพันธุ์ ชาวบ้านจึงเรียกขานกันว่าวังนกไข่ แต่ปัจจุบันหนองน้ำดังกล่าวได้มีการถมที่และสร้างเป็น





โรงเรียนวังนกไข่ สภาพทั่วไป สภาพทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่ราบลุ่ม เหมาะแก่การทำ การเกษตรในชุมชนมีแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร บริบทของกลุ่ม วสช. สวนปาลิสาเนื่องจากมีสภาพพื้นที่เหมาะสม ความเค็มของน้ำที่เหมาะสมกับการปลูกฝรั่งให้มีรสชาติดีทางกลุ่มการใช้พันธุ์พืชที่ดีโดยสมาชิกทุกคนคัดเลือกกิ่งพันธุ์ ที่ดีของตนเอง โดยตอนกิ่งใช้เองเพื่อมั่นใจในพันธุ์ดี และการลดต้นทุนของสมาชิกเอง นอกจากนี้ยังได้มีการคัดเลือก ต้นพันธุ์ที่ดีจากแปลงสมาชิกเพื่อเป็นแปลงต้นพันธุ์ เพื่อจำหน่ายหมุนเวียนให้สมาชิกกลุ่ม โดยสมาชิกที่ต้องการใช้กิ่ง พันธุ์จะต้องแจ้งแผนการใช้กิ่งพันธุ์ล่วงหน้า มีการวางแผนการผลิตที่ดีมีระบบการผลิตพืชที่ดี มีความปลอดภัย ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP มีการคัดเลือกผู้นำ ไม่ว่าจะเป็นผู้จัดการแปลง หรือคณะกรรมการกลุ่ม จะต้องคัดเลือกผู้ที่มีความเป็น ผู้นำ มีวิสัยทัศน์ และมีความเสียสละเพื่อส่วนร่วม เน้นการมีส่วนร่วมของสมาชิก ได้แก่ ร่วมกันคิด ร่วมกันวางแผน ร่วมกันแก้ไขปัญหา ร่วมกันผลิต ร่วมกันขาย และร่วมกันรับผลประโยชน์ การให้ความร่วมมือกับของภาครัฐและหน่วยงานภาคีเครือข่าย ไม่ว่าจะเป็นการรับความรู้ หรือการนำไปปฏิบัติตาม และนอกจากนั้นมีการเชื่อมโยงเครือข่ายระหว่างแปลงใหญ่กับศูนย์เรียนรู้ในพื้นที่ เช่น ศูนย์เรียนรู้การเพิ่ม ประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ศูนย์จัดการดินปุ๋ยชุมชน และศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชน เป็นต้น มีการแปรรูป ผลผลิตของแปลงใหญ่เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้า การพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร การส่งเสริมให้เกษตรกรรุ่นใหม่ (Young Smart Farmer) เข้ามาเป็นสมาชิก และร่วมกันขับเคลื่อนการดำเนินงานกลุ่ม

ในเวลาต่อมาเกษตรกรผู้ปลูกฝรั่งประสบปัญหาโรคและแมลงระบาด ทำให้เกษตรกรมีผลผลิตตกต่ำ ต้นทุนการผลิตสูง ประสบปัญหาด้านตลาด เกษตรกรจึงรวมกลุ่มเพื่อรับความรู้และร่วมกันแก้ไขปัญหาภายใต้การ ดำเนินงานของศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชน ภาครัฐได้มีนโยบายการดำเนินส่งเสริมเกษตรแบบแปลงใหญ่ กลุ่มฝรั่งจึง รวบรวมสมาชิกที่มีความสนใจ จำนวน 37 ราย สมัครเข้าร่วมโครงการระบบส่งเสริมเกษตร แบบแปลงใหญ่กับกรม ส่งเสริมการเกษตร โดยใช้ชื่อ แปลงใหญ่ฝรั่ง หมู่ 8 ตำบลหนองนกไข่ อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร มีวัตถุประสงค์การรวมกลุ่มเพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งของกลุ่มและพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างยั่งยืน ช่วยลดรายจ่าย เพิ่มรายได้ตามแนวทางหลักเศรษฐกิจพอเพียง จนเป็นที่มาในการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนสวนปาลิสา

สวนปาลิสา เริ่มต้นจากทางสวนปาลิสาฯ ยังไม่มีผลิตภัณฑ์จากฝรั่ง จึงได้ดำเนินการพัฒนา ผลิตภัณฑ์เป็น แยมฝรั่ง ที่ทำร่วมกับ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จนกระทั่งได้นำ ผลิตภัณฑ์ ออกจัดจำหน่าย ผ่านชุมชน ผ่านการตั้งบูธการแสดงสินค้าและการขายบนออนไลน์ และได้พบปัญหาว่า ตัวผลิตภัณฑ์ที่ทำเป็นแยมฝรั่ง นั้น มีปัญหาหลายประเด็นในเรื่องของตัวผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น อายุการเก็บรักษา ตัวแยมจะมีอายุการเก็บไม่นาน ประมาณ 3-7 วันเท่านั้น เนื่องจากว่าจะต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ทันสมัยอีกทั้ง แยมฝรั่งยังผู้ประกอบการราย ใหญ่ระดับประเทศทำจัดจำหน่ายในราคา ถูกและสามารถหาซื้อได้ทั่วไป ทำให้ผลตอบรับแยมฝรั่ง ไม่สามารถสร้างการ



เข้าถึงให้ผู้บริโภค เนื่องจากในช่วงที่พัฒนาดังกล่าวนั้นเป็นช่วงที่เกิดสถานการณ์โควิด ทำให้ลูกค้าไม่สามารถมาเที่ยวที่สวนได้ และเป็นช่วงที่ไม่สามารถออกไปตั้งบูธนอกพื้นที่ได้ ซึ่งจากสถานการณ์ดังกล่าว ทำให้เกิดข้อจำกัดจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยต้องการศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของสวนปาลิสา จังหวัดสมุทรสาครเพื่อจะช่วยในการเพิ่มศักยภาพพัฒนาชุมชนและเพิ่มความเข้มแข็งเพื่อให้ชุมชนพึ่งพาตนเองได้ และจะเป็นสิ่งที่ขับเคลื่อนให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้าอันจะสร้างรายได้ที่ยั่งยืนให้กับชุมชน และช่วยส่งเสริมประชาสัมพันธ์ จัดจำหน่ายและเข้าถึงผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศมากยิ่งขึ้น

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนปาลิสา
2. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ “ถ่านฝรั่ง” ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนปาลิสา

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยประยุกต์ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม โดยศึกษาในพื้นที่ของวิสาหกิจชุมชนสวนปาลิสา ตำบลหนองนกไข่ อำเภอกะทู้มแบน จังหวัดสมุทรสาคร

#### ผู้ให้ข้อมูล

ผู้ให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเชิงคุณภาพครั้งนี้ใช้กลยุทธ์การเลือกตัวอย่างแบบสัญลักษณ์ (Typical Case Sampling) (Miles and Huberman, 1994) คือ วิสาหกิจชุมชนสวนปาลิสา ตำบลหนองนกไข่ อำเภอกะทู้มแบน จังหวัดสมุทรสาคร

#### ขั้นตอนการวิจัย

ระยะที่ 1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนปาลิสา เป็นการศึกษาประวัติความเป็นมา สถานภาพของกลุ่ม ปัญหาและความต้องการของสมาชิกกลุ่มในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการลงสำรวจพื้นที่เพื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้น โดยการสัมภาษณ์รายบุคคล และการสนทนากลุ่มโดยการเก็บข้อมูลจากประธานและสมาชิกกลุ่ม

ระยะที่ 2 กำหนดแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนำแนวทางไปสู่การปฏิบัติ โดยผู้วิจัยได้จัดประชุมกลุ่มเพื่อให้สมาชิกกลุ่มได้พิจารณาแนวทางในการแก้ไขปัญหา และปรับปรุงพัฒนารูปแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ผู้วิจัยและสมาชิกกลุ่มได้กำหนดแนวทางการพัฒนาไว้ดังนี้

1. สมาชิกกลุ่มต้องไปศึกษาดูงานการผลิต และต้องประชุมระดมความคิดเห็นของสมาชิกกลุ่ม เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะทำการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่



2. ต้องเชิญวิทยากรมาสอน และสาธิตวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีรูปแบบที่หลากหลาย และมีคุณภาพดี

3. สมาชิกต้องเรียนรู้และฝึกฝนเทคนิควิธีด้วยตนเอง ที่จะทำให้กลุ่มสามารถผลิตและออกแบบสินค้าได้ตามรูปแบบที่ต้องการ เหมาะสมกับศักยภาพของกลุ่มที่มีอยู่ และควบคุมคุณภาพการผลิต

4. สมาชิกกลุ่มต้องประชุมระดมความคิดในการหาวิธีการปรับปรุงพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับความเป็นมาของชุมชน ปัญหาและความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

การศึกษาจากการสัมภาษณ์ประธานและสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนปาดิสรา โดยใช้แบบสัมภาษณ์ ทั้งในลักษณะการสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล และการสนทนากลุ่ม

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

ในการวิจัยเรื่องนี้ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จัดหมวดหมู่ของข้อมูลให้เป็นระบบ และการวิเคราะห์ SWOT Analysis

### ผลการศึกษา

1. การศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนปาดิสรา

สภาพปัญหาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนปาดิสรา

จุดเริ่มต้นจากทางสวนปาดิสรายังไม่มีผลิตภัณฑ์จากฝรั่ง จึงได้ดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นแยมฝรั่ง และเป็นผ้ามัดย้อมที่ทำจากใบและเปลือกของฝรั่ง ที่ทำร่วมกับ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จนกระทั่งได้นำ ผลิตภัณฑ์ ออกจัดจำหน่ายผ่านชุมชน ผ่านการตั้งบูธการแสดงสินค้าและการขายบนออนไลน์ และผลิตภัณฑ์ พบว่าได้รับการตอบรับจากลูกค้าเป็นอย่างดี แต่ในขณะเดียวกันลูกค้าให้ข้อเสนอว่าอยากให้ทางสวน ปาดิสรา มีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย โดยการตระหนักให้กับคนไทยเรื่องของการนำเอาของเหลือใช้มาสร้างมูลค่าเพิ่ม ลูกค้ารู้สึกพึงพอใจและชื่นชอบในตัวสินค้าที่นำของเหลือใช้มาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงกลายเป็นการสร้างโอกาสทางการตลาดและโอกาสในการสร้างรายได้ให้กับกลุ่มชุมชนสวนปาดิสรา

ผู้ประกอบการขาดความรู้และทักษะในการออกแบบหรือดัดแปลงวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ ที่ต่างไปจากเดิม สมาชิกกลุ่มไม่มีความรู้ในเรื่องการดัดแปลงวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบอื่น ๆ ได้ เนื่องจากไม่มี



ความรู้ความเข้าใจ ไม่มีรูปแบบให้ศึกษา และไม่มีใครสอน จึงไม่กล้าที่การดัดแปลงให้เป็นรูปแบบอื่น นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีเพียงรูปแบบธรรมดาที่เคยทำกันมา

ผู้ประกอบการขาดอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่จะนำมาผลิตสิ่งของเครื่องใช้ และมีรูปแบบใหม่ ๆ สมาชิกกลุ่มไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่ใหม่ ๆ เพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคได้

โดยสรุป ปัญหาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสรา คือ ปัญหาด้านการขาดความรู้และทักษะในการออกแบบผลิตภัณฑ์ และขาดอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพ จากปัญหาของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสราวิเคราะห์ SWOT Analysis ได้ดังนี้

#### จุดแข็ง

1. เป็นธุรกิจครอบครัว มีประสบการณ์ยาวนาน และมีพื้นที่เป็นของตนเอง
2. ผู้บริหารคนปัจจุบันจบการศึกษาระดับปริญญาตรีและมีประสบการณ์ทำงานในองค์กรธุรกิจ
3. ผู้บริหารมีแนวคิดทันสมัย ความเชื่อมั่นในเทคโนโลยีพร้อมปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงและมีการแลกเปลี่ยนสมาร์ทฟาร์มเมอร์ความรู้ต่าง ๆ กับเพื่อน ๆ
4. ผู้บริหารมีการจัดตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชน

#### จุดอ่อน

1. ในการดำเนินธุรกิจในปัจจุบันเป็นลักษณะการรวมตัวกันของญาติพี่น้องหลายช่วงวัยจึงทำให้มีข้อจำกัดในองค์ความรู้และทักษะในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ

#### โอกาส

1. หน่วยงานภาครัฐบาลในจังหวัดสมุทรสาครมีการส่งเสริมผู้ประกอบการในจังหวัดสมุทรสาครได้ให้การสนับสนุนและส่งเสริมผู้ประกอบการภายในจังหวัดสมุทรสาคร
2. ปัจจุบันมีนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ทันสมัยนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์
3. ผลผลิตทางเกษตรสามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิดและหลากหลายรูปแบบ

#### อุปสรรค

1. ผู้ประกอบการสวนฝรั่งมีจำนวนมากทั้งที่ปลูกในพื้นที่บริเวณใกล้เคียงกันและต่างพื้นที่  
ความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสรา  
ต้องการเทคนิควิธีในการดัดแปลงวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ ที่ต่างไปจากเดิม สมาชิกกล่าวว่า  
“ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นกว่าเดิม ให้มีผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบจะได้มีสินค้าให้ลูกค้าเลือก”



ต้องการมีคนมาสอน และสาธิตวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์แบบใหม่ ๆ อยากรให้มีผู้เชี่ยวชาญมาชี้แนะวิธีการอย่างใกล้ชิด โดยทำให้ดูเป็นต้นแบบ สมาชิกกล่าวว่า “เมื่อมีครูมาทำให้ดู และพวกเราได้ฝึกหัดทำกันก็น่าจะทำได้หลายแบบขึ้น” และ “ถ้ามีรูปแบบใหม่ ๆ มาให้ทำ คงจะสนุกขึ้นไม่เบื่อ”

ต้องการเครื่องจักรกลที่จะนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงและมีรูปแบบใหม่ ๆ ให้สามารถสนองความต้องการของผู้บริโภคได้กว้างขวางยิ่งขึ้น สอดคล้องกับสมาชิกกลุ่มกล่าวว่า “หากมีเครื่องจักรที่จะสามารถดัดแปลงเป็นสิ่งของอย่างอื่นได้ ก็จะทำผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายมากขึ้น”

จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่า สมาชิกกลุ่มผลิตภัณฑ์ชุมชนมีความต้องการผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ แต่ยังคงขาดความรู้ความเข้าใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ยังไม่เชื่อมั่นว่ากลุ่มของพวกเขาจะสามารถทำได้ จึงต้องการได้ครูที่มีความสามารถ และความเชี่ยวชาญมาสอนและสาธิตให้ดูอย่างใกล้ชิด เพื่อจะได้ฝึกหัดทำตาม นอกจากนี้ทางกลุ่มขาดอุปกรณ์ที่จะนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์

## 2. แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนำแนวทางไปสู่การปฏิบัติของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสรา

สมาชิกทุกคนของกลุ่มได้รับทราบปัญหาทางวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสราที่มีผลฝรั่งที่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งมีผลฝรั่งที่มีขนาดเล็กและแข็ง วิสาหกิจชุมชนประชุมระดมความคิดเห็นร่วมกันคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพัฒนารวมทั้งได้พิจารณาศักยภาพของตนเองและศึกษาจากผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในตลาด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำการพัฒนาออกมามีความแปลกใหม่และมีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในตลาดทั่วไป โดยได้ข้อสรุปการศึกษาผลิตภัณฑ์ต้นแบบหลายตัวเลือก ทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสราทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ “ถ่านฝรั่ง” โดยมีขั้นตอนการพัฒนาดังต่อไปนี้

2.1 สมาชิกไปศึกษาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ถ่านผลไม้ ที่จะสามารถนำฝรั่งที่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้แล้วมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้เพื่อให้เกิดความชัดเจนในแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่ม

2.2 สมาชิกต้องเรียนรู้และฝึกฝนเทคนิควิธีที่จะทำให้กลุ่มสามารถผลิตสินค้าให้ได้ตามที่ต้องการจากวิทยากรที่มีความเชี่ยวชาญ โดยการศึกษาดูงานกระบวนการเผาถ่านผลไม้ ณ จังหวัดสมุทรสงคราม เพื่อฟังบรรยายกระบวนการเผาถ่านผลไม้พร้อมการสาธิต และศึกษาดูงานกระบวนการผลิตเตาเผาถ่านจากถ่านกิ่งน้ำมันที่ใช้แล้ว ณ จังหวัดนครปฐม



รูปที่ 1 การศึกษากระบวนการเผาถ่านผลไม้



รูปที่ 2 การศึกษากระบวนการผลิตเตาเผา

2.3 หลังจากการศึกษาดูงานแล้ว ผู้วิจัยได้มีการจัดประชุมระดมความคิดของกลุ่มสมาชิก เพื่อสรุปความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการศึกษาดูงาน และเชื่อมโยงประสบการณ์โดยสมาชิกกลุ่มต้องเรียนรู้ฝึกฝนด้วยตนเอง และพัฒนากระบวนการผลิตให้เป็นถ่านผลไม้(ฝรั่ง) ที่เหมาะสมกับศักยภาพของกลุ่มที่มีอยู่ และมีการควบคุมคุณภาพการผลิตได้ สมาชิกร่วมกันพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ่านฝรั่งซึ่งมีความมั่นใจว่า ถ่านฝรั่งนี้จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ใช้สอยที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้มากขึ้น



รูปที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ “ถ่านฝรั่ง”



2.4 สมาชิกกลุ่มต้องหาวิธีที่เหมาะสม เพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น การกำหนดราคา การจัดการช่องทางการตลาด และการสร้างเครือข่ายทางการตลาดเพื่อให้สมาชิกมีรายได้เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยได้ให้สมาชิกจัดทำช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์โดยการสร้างเครือข่ายทางการตลาดกับกลุ่มอื่น มีการนำผลิตภัณฑ์ไปร่วมงานออกร้านเพื่อจำหน่ายผลิตภัณฑ์ และมีการใช้ช่องทางออนไลน์ในการจัดจำหน่ายด้วย



รูปที่ 4 การนำผลิตภัณฑ์ไปออกร้านกับหน่วยงานราชการ

### อภิปรายผลการศึกษา

#### 1. การศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสร

##### ป่านิสร

ผลจากการวิจัย พบว่า ปัญหาของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสร ได้แก่ 1) ขาดความรู้และทักษะในการออกแบบผลิตภัณฑ์ 2) ขาดอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพ หลังจากได้ศึกษาปัญหาร่วมกับสมาชิกกลุ่มแล้ว ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ความต้องการของวิสาหกิจชุมชน พบว่า สมาชิกกลุ่มมีความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คือ 1) ต้องการผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ ที่ต่างไปจากเดิม 2) ต้องการวิทยากรมาทำการสอนและสาธิตวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 3) ต้องการเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่จะนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากผลการวิจัยพบว่า เป็นวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสรเป็นธุรกิจครอบครัวที่ผู้บริหารในยุคปัจจุบันมีความต้องการในการสืบทอดธุรกิจครอบครัวโดยมีทัศนคติที่ดีที่ต้องการทำการเกษตรที่ต้องการเปลี่ยนแปลงอาชีพเกษตรกรของบรรพบุรุษโดยปรับเปลี่ยนไปตามยุคสมัยของบริบทปัจจุบันแต่ด้วยการรวมตัวกันของเครือญาติหลากหลายช่วงวัยจึงทำให้มีข้อจำกัดในทักษะฝีมือในการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ซึ่งผลการวิจัยมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของวิไล ใจเสาะ และคณะ (2562) ที่ได้ศึกษาเรื่อง “การศึกษาการดำเนินงานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กรณีกลุ่มอาชีพถ่านไบโอเน็ค



บ้านหนองไม้แดง ตำบลโทรางาม อำเภอโทรางาม จังหวัดกำแพงเพชร” พบว่า ผู้สูงอายุว่างงานเป็นจำนวนมากและรายได้ไม่เพียงพอต่อค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวัน หลังจากได้ก่อตั้งกลุ่มอาชีพทำให้ผู้สูงอายุไม่ว่างงานมีรายได้เพิ่มขึ้นเพื่อจุนเจือภายในครอบครัวเพิ่มขึ้นทำให้การใช้ชีวิตดีขึ้นจากเดิมที่เป็นอยู่กลุ่มอาชีพผ่านไปอนิก บ้านหนองไม้แดงนำวัตถุดิบที่เหลือใช้ในชุมชน มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง ทำให้เกิดการสร้างรายได้และส่งเสริมเศรษฐกิจให้แก่ชุมชนและสมาชิกในกลุ่ม และสอดคล้องกับ ประชิต ทิณบุตร (2560) ที่ได้ศึกษาเรื่อง “การออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ถ่านตุ๊กตากลิ่นเชิงนิเวศเศรษฐกิจ สำหรับกลุ่มผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็กจังหวัดชัยนาท” พบว่า ปัญหาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนและท้องถิ่นของจังหวัดชัยนาท คือ ขาดการรวมกลุ่มเพื่อพัฒนาเครือข่ายในการสร้างความร่วมมือ แบ่งปันข้อมูลทักษะ ประสบการณ์ และการตลาดเป้าหมาย ปัญหาด้านการจัดการพัฒนาผู้ผลิต ผู้ประกอบการ ขาดแนวคิดเชิงธุรกิจ ปัญหาด้านการตลาด ไม่มีการพัฒนารูปแบบของบรรจุภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ไม่มีมาตรฐาน ช่องทางการตลาดโดยเฉพาะช่องทางการจัดจำหน่ายทางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ปัญหาด้านการผลิต ขาดวัตถุดิบ ขาดเครื่องมือการผลิตที่ทันสมัย ไม่มีทักษะในการผลิต

## 2. แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์และนำแนวทางไปสู่การปฏิบัติของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสรา

ผลจากการวิจัย พบว่า การพัฒนาความรู้ความสามารถ และทักษะในการพัฒนาและการออกแบบผลิตภัณฑ์ สมาชิกกลุ่มมีความรู้ความเข้าใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของกลุ่มให้มีความแปลกใหม่มากขึ้น เนื่องจากผู้วิจัยได้ดำเนินกิจกรรมการพัฒนา โดยวิธีการตามลำดับขั้นตอน คือ 1) การนำสมาชิกกลุ่มไปศึกษาดูงาน 2) การเชิญวิทยากรมาอบรม และสาธิตเทคนิควิธีในการผลิต 3) สมาชิกกลุ่มฝึกปฏิบัติการด้วยตนเอง เพื่อปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และ 4) การระดมความคิดด้วยความตั้งใจและร่วมมือกันปรับปรุงพัฒนาการบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ โดยมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา คณะวิทยาการจัดการ ได้จัดโครงการยุทธศาสตร์เพื่อพัฒนาท้องถิ่นได้เข้าไปช่วยเหลือวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสราเพื่อศึกษาปัญหาและความต้องการของชุมชนในการหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยนำกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสราไปเรียนรู้ศึกษาดูงานการทำถ่านผลไม้ ณ จังหวัดสมุทรสงคราม และไปศึกษากระบวนการผลิตและกระบวนการเผาถ่าน ณ จังหวัดนครปฐม โดยมีการนำฝรั่งที่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้แล้วมาพัฒนาเป็นถ่านฝรั่งพร้อมการวางแผนทางการตลาดก่อให้เกิดรายได้ที่มีความยั่งยืนต่อไป โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิสิฐ คลังกุล (2557) ที่ได้ทำการศึกษาวิจัยแบบมีส่วนร่วมกับชุมชนเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยเศษวัสดุเหลือใช้ ด้วยการร่วมศึกษาปัญหาร่วมทดลอง มีส่วนร่วมคิดรูปแบบร่วมกับตัดสินใจและสรุปรูปแบบ





## สรุปผลการศึกษา

การวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ “ถ่านฝรั่ง” ของวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสราร จังหวัดสมุทรสาคร พบปัญหาของวิสาหกิจชุมชนขาดความรู้ และทักษะในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ขาดอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการนำมาผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพ โดยความต้องการของวิสาหกิจชุมชน พบว่า สมาชิกกลุ่มมีความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้องการผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ ที่ต่างไปจากเดิม ต้องการวิทยากรมาทำการสอน และสาธิตวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต้องการเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่นำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ แนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์และนำแนวทางไปสู่การปฏิบัติ ได้แก่ การนำสมาชิกกลุ่มไปศึกษาดูงาน การเชิญวิทยากรมาอบรม และสาธิตเทคนิควิธีในการผลิต สมาชิกกลุ่มฝึกปฏิบัติการด้วยตนเอง เพื่อปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์และการระดมความคิดด้วยความตั้งใจและร่วมมือกัน ปรับปรุงพัฒนาการบริหารจัดการผลิตภัณฑ์

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อจำกัดของการวิจัยในครั้งนี้

การวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ “ถ่านฝรั่ง” ของวิสาหกิจชุมชนสวนป่านิสราร จังหวัดสมุทรสาคร พบข้อจำกัดที่สำคัญของงานวิจัยในครั้งนี้ทั้งในเรื่องงบประมาณและระยะเวลาในการทำวิจัย เนื่องจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่นี้เป็นหนึ่งในโครงการยุทธศาสตร์เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ชุมชนของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาซึ่งเป็นการปฏิบัติงานตามปีงบประมาณ 2566 ซึ่งมีระยะเวลาดำเนินการให้แล้วเสร็จภายใน 1 ปี และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เป็นที่ไปตามความต้องการของตลาดต้องมีการทดสอบตลาดเป็นระยะเวลามากกว่าระยะเวลาในการทำวิจัย จึงถือว่าเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการทำวิจัยครั้งนี้

### ข้อเสนอแนะสำหรับสมาชิกวิสาหกิจชุมชน

สมาชิกกลุ่มผู้ผลิตควรพัฒนาคุณภาพให้มีมาตรฐานโดยการยื่นขอจดทะเบียนมาตรฐานคุณภาพผลิตภัณฑ์และเข้าร่วมการคัดสรรผลิตภัณฑ์ประจำจังหวัด

### ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำวิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการกลุ่มอาชีพต่าง ๆ โดยใช้แนวทางการพัฒนาแบบใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพของกลุ่มอาชีพให้เข้มแข็งและยั่งยืน
2. ควรทำวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการสร้างเครือข่ายธุรกิจชุมชน เพื่อส่งเสริมให้กลุ่มอาชีพได้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนาอาชีพกับกลุ่มอื่น ๆ เช่น การพัฒนาการผลิต การบริหารการตลาด การบริหารจัดการเชิงรุก และการปฏิบัติการพัฒนาอย่างจริงจังและต่อเนื่อง



### เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2555). *ทำดีเพื่อเจ้าพ่อหลวง: เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสสมทวงเฉลิมพระชนมพรรษา 7 รอบ 5 ธันวาคม 2554*. กรุงเทพฯ.
- ทวีศักดิ์ สาสงเคราะห์, ก้องเกียรติ มหาอินทร์ และพจนา นุ่มหิ้นต์. (2551). *การออกแบบและพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์จากผ้าไหมสุรินทร์*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. Digital Research Information Center.  
<https://dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/209958>
- ประชิด ทิณบุตร. (2560). การออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ถ่านดูดกลิ่นเชิงนิเวศเศรษฐกิจ สำหรับกลุ่มผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็กจังหวัดชัยนาท. *วารสารจันทร์เกษมสาร*, 23(44), 143-158.
- พิสิฐ คลังกุล. (2557). *การถ่ายทอดเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยเศษวัสดุเหลือใช้* (รายงานการดำเนินงานแผนงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน คณะศิลปกรรมและการออกแบบอุตสาหกรรม นครราชสีมา). นครราชสีมา.
- วิไล ใจเสาร์, อภิสันันท์ วงศ์พิชัย, วีระพา พานแก้ว, ณัฐพล ช่างหัวหน้า, ชนิกานต์ สานเมทา, อาชญ อินทิม และ ภูริณัฐร์ โชติวรรณ. (2562). *การศึกษาการดำเนินงานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กรณี อาชีพถ่านไบโอที่บ้านหนองไม้แดง ตำบลไทรงาม อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร*. พลังสังคมกับการพัฒนาที่ยั่งยืน. การประชุมวิชาการเครือข่ายนักศึกษาคุณาจารย์พัฒนาชุมชนท้องถิ่นและสังคมระดับชาติ CSD สัมพันธ์ ครั้งที่ 18 (น. 469-474). มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*: Sage Publications, Inc.



# การพัฒนา รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนตามวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

อดิเรก คำเป็กเครือ<sup>1\*</sup>

## The Development of Student Care and Support System Management in New Normal for School in high and remote areas, Tak Province

Adirak Khampekkrua<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>โรงเรียนห้วยน้ำแก้ววิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาตาก เขต 2 ตาก 63160

<sup>1</sup>Huynamnawittaya School, Tak Primary Educational Service Area Office 2, Tak, 63160

\*Corresponding author. E-mail: X\_adir\_mflu@hotmail.com

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัจจุบัน สภาพที่พึงประสงค์ และความต้องการจำเป็นของการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก 2) สร้างและตรวจสอบรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก 3) ทดลองใช้รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก และ 4) ประเมินรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีวิธีดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสภาพปัจจุบัน สภาพที่พึงประสงค์ และความต้องการจำเป็นในการพัฒนาการบริหารระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน ขั้นตอนที่ 3 ทดลองใช้รูปแบบฯ และขั้นตอนที่ 4 ประเมินรูปแบบฯ ที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยพบว่า สภาพปัจจุบันของการบริหารงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียน โดยรวมอยู่ในระดับมาก และสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งงานที่ความต้องการจำเป็น(PNI<sub>modified</sub>) มากที่สุด คือ งานด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล และรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก มีองค์ประกอบหลัก 6 องค์ประกอบ คือ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) กระบวนการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน 5 ขั้นตอน ด้วย “PAROD Model” 4) การประเมินผล 5) การนำรูปแบบไปใช้ และ 6) เงื่อนไขความสำเร็จ ซึ่งรูปแบบฯ มีความเหมาะสม และความเป็นไปได้ อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: รูปแบบการบริหาร ระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน โรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร วิถีชีวิตใหม่



### Abstract

The objectives of this research are 1) to study the current conditions desirable condition and the necessary needs of the management of the student support system in a new way of life for high and remote areas schools in Tak province. 2) to create and verify the administration model 3) to experiment model and 4) to evaluate the management model. There were 4 research steps, as follows: Step 1 : analyzed basic data of current conditions desirable condition and the need for the development of administrative systems to help students in a new normal for schools in high and rural areas, Tak province, and to study good practices in student care and support systems for schools in high areas and rural areas. Step 2 : developed a model Step 3 : experiment model And step 4 evaluated the management model of the care system to help students in a new normal for schools in high and rural areas, Tak Province,. The results of the research revealed that the current state of administration of the student care and support system. Overall, it was at a high level and the desirable condition was at the highest level and The model were 6 main components: 1) Principles 2) Objectives 3) 5-steps student care and support management process with the “PAROD Model 4) Evaluation 5) Model implementation and 6) Success conditions. Evaluation results of the draft model for the management of the care system to help students in a new normal for schools in high and remote areas, Tak province developed by experts overall, it was appropriate at the highest level and the possibility was at the highest level when applied to the trial in the second semester of the academic year 2021 and evaluating the use of the model from related parties Overall, it was appropriate and the possibility was at the highest level.

**Keywords:** Administrative model, Student support system, High and remote areas schools, New normal

### บทนำ

จากสถานการณ์ปัญหาสังคมที่ส่งผลกระทบต่อเด็กและเยาวชน การดำรงอยู่ในสังคมยุคข้อมูลข่าวสาร ตลอดจนความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่แทรกซึมวิถีชีวิตของผู้คนในสังคมทุกรูปแบบ ทำให้คนไทยโดยเฉพาะเด็กและเยาวชนต้องเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว รุนแรง ท่ามกลางความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่แทรกซึมวิถีชีวิตของผู้คนในสังคมทุกรูปแบบ ส่งผลให้เด็กและเยาวชนในยุคปัจจุบันจำนวนไม่น้อยที่ได้รับผลกระทบจากปัญหาและสภาพแวดล้อมที่ไม่สร้างสรรค์ในสังคม ทำให้มีพฤติกรรมแตกต่างไปจากเด็กและเยาวชนในอดีต ส่วนหนึ่งมักมีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ อาทิ ตกเป็นทาสของเกมคอมพิวเตอร์จนถึงขั้นหมกมุ่นและเรียนรู้พฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม นิยมแข่งรถมอเตอร์ไซด์ มีพฤติกรรมการใช้รถจักรยานยนต์ที่ผิดกฎหมาย ใช้ความรุนแรงในการตัดสินปัญหาและข้อขัดแย้ง มีเพศสัมพันธ์เร็วขึ้น เป็นพ่อแม่ตั้งแต่อายุยังน้อย มีเพศสัมพันธ์โดยไม่ป้องกันตนเองขาดความรับผิดชอบ เข้าถึงสารเสพติดได้ง่าย เริ่มจากการใช้บุหรี่ เหล้า ยาบ้า ยาไอซ์ ยาเลิฟ และสารอันตรายที่แพร่ระบาดในกลุ่มเด็กและเยาวชน ขาดหลักยึดเหนี่ยวทางจิตใจ ไม่เห็นความสำคัญ



ของหลักศาสนา ค่านิยมความเป็นไทย ความสัมพันธ์กับคนในครอบครัวค่อนข้างเปราะบาง ติดเพื่อน ติดสื่อ และให้ความสำคัญกับวัตถุมากกว่าความมีคุณธรรมน้ำใจ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2564, น. 1-2)

กระทรวงศึกษาธิการ โดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และกระทรวงสาธารณสุข โดย กรมสุขภาพจิต (2551) ได้ร่วมกันวางรากฐานเพื่อพัฒนาคุณภาพนักเรียน โดยมีแนวทางในการดำเนินงานแบบมีส่วนร่วมทั้งผู้บริหารโรงเรียน ครู ผู้ปกครองนักเรียน มีการประสานสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน ชุมชน และผู้ชำนาญการในสาขาต่างๆ เพื่อให้มีการส่งต่อและรับช่วงการแก้ไข ส่งเสริม พัฒนานักเรียนและเยาวชนในรูปแบบสหวิทยาการ โดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้ขับเคลื่อนงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนให้เกิดความเข้มแข็ง เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการดูแลคุ้มครองป้องกันอย่างเป็นระบบต่อเนื่อง และยั่งยืน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2555, น. 5) ดังงานวิจัยของ พรเพ็ญ จิระณัฐวีระกุล (2562) ที่กล่าวว่า สถานศึกษาต้องดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนอย่างเป็นระบบมีกระบวนการในการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน มีหลักฐานในการปฏิบัติงาน มีเทคนิควิธีการเข้าใจปัญหา และให้ความร่วมมือกันพัฒนาผู้เรียนทั้งทางร่างกาย จิตใจ สติปัญญา มีคุณธรรม จริยธรรม ตามที่สังคมมุ่งหวังไว้ ทั้งนี้บทบาทของครูประจำชั้นจึงมีความสำคัญที่ดูแลช่วยเหลือนักเรียนอย่างใกล้ชิด และเป็นผู้ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน โดยเฉพาะในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่ส่งผลกระทบทำให้เด็กหลุดออกจากระบบการศึกษาจำนวนมาก กระทรวงศึกษาธิการจึงจัดทำโครงการส่งเสริมโอกาสความเสมอภาค และความเท่าเทียมทางการศึกษา “พาน้องกลับมาเรียน” เพื่อสร้างโอกาสให้กับเด็กที่หลุดออกจากระบบการศึกษา ทั้งเด็กปกติและเด็กพิการ ให้ได้รับการศึกษาที่ดีมีคุณภาพ โดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้ขับเคลื่อนลดความเหลื่อมล้ำให้กับผู้เรียนทุกคนอย่างทั่วถึง โดยส่งเสริมการใช้ระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนที่เข้มแข็งและมีประสิทธิภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2564)

สำหรับการจัดการศึกษาของโรงเรียนในพื้นที่สูงและทุรกันดาร ในแต่ละภูมิภาคบริเวณภาคเหนือตลอดแนวชายแดนด้านตะวันตก ซึ่งประกอบด้วย จังหวัดเชียงราย จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดตาก มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน คือ เมียนมาร์ ซึ่งภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูง และประชากรในพื้นที่มีหลากหลายเผ่าพันธุ์ ได้แก่ ชาวไทยพื้นเมือง และกลุ่มชาติพันธุ์ต่าง ๆ เช่น กะเหรี่ยง ม้ง มูเซอ ลีซอ ไทยใหญ่ เป็นต้น ส่วนใหญ่มีฐานะยากจน ผู้ปกครองของเด็กจึงให้ความสำคัญกับการหาเลี้ยงชีพมากกว่าการส่งเสริมให้บุตรหลานได้รับการศึกษา เพราะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเมื่อเรียนจบการศึกษาภาคบังคับแล้วก็มาทำงานตามผู้ปกครอง หรือละทิ้งถิ่นฐานมาทำงานในเมืองเป็นแรงงานไร้ฝีมือ หรืองานที่เสี่ยงต่อชีวิตและสุขภาพ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2555, น. 13) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาดาก เขต 2 จึงได้ดำเนินการขับเคลื่อนคุณภาพการจัดการศึกษาสำหรับโรงเรียนในพื้นที่สูงและทุรกันดาร และคำนึงถึงการคุ้มครองและช่วยเหลือนักเรียนในรอบด้าน



ผู้วิจัยในฐานะผู้บริหารโรงเรียนห้วยน้ำนักวิทยา อำเภอพบพระ จังหวัดตาก จึงได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีการบริหารศึกษาด้วยระบบวงจรคุณภาพของเดมมิ่ง (PDCA) และการบริหารตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มาเป็นแนวทางการพัฒนารูปแบบบริหารการศึกษาเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตนักเรียนที่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่ เพื่อนำมาใช้ในการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัจจุบัน สภาพที่พึงประสงค์ และความต้องการจำเป็นของการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน 2) สร้างและตรวจสอบรูปแบบฯ 3) เพื่อทดลองใช้รูปแบบฯ และ 4) เพื่อประเมินรูปแบบฯ สำหรับเป็นแนวทางให้โรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร ได้นำไปประยุกต์ใช้ในโรงเรียนให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไป

### วัตถุประสงค์ และวิธีการ

การวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก เป็นงานวิจัยที่มีลักษณะวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

**ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร (Research : R1)**

#### 1. ขั้นตอนดำเนินการ

1.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการบริหารการศึกษา แนวคิดเกี่ยวกับการบริหารสถานศึกษา แนวคิดการบริหารคุณภาพด้วยวงจรเดมมิ่ง แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการศึกษาในวิถีชีวิตใหม่ และแนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบและการพัฒนารูปแบบ

1.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสร้างข้อสรุปจากการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

1.3 สัมภาษณ์องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น/ตัวบ่งชี้ของการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ เพื่อนำไปสร้างกรอบแนวคิดในการวิจัย และสร้างแบบสอบถามศึกษาสภาพปัจจุบัน สภาพที่พึงประสงค์ และความต้องการจำเป็นของการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

#### 2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา หัวหน้างานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน และครูในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาตาก เขต 2 จำนวน 2,645 คน



กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา หัวหน้างานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน และครูในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาตาก เขต 2 จำนวน 335 คน โดยเทียบจำนวนประชากรทั้งหมด กับตารางสำเร็จรูปของเครจซ์และมอร์แกน (Krejcie and Morgan, 1970, อ้างถึงใน บุญชม ศรีสะอาด, 2556) จากนั้นสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามสภาพปัจจุบัน และสภาพที่พึงประสงค์ของการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก มีค่าความเที่ยงตรง = 1.00 มีอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.38–0.88 มีค่าความเชื่อมั่น 0.97 และแบบสอบถามด้านสภาพที่พึงประสงค์มีค่าความเที่ยงตรง = 1.00 มีอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.44 – 0.85 มีค่าความเชื่อมั่น 0.96

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัยนำส่งแบบสอบถามด้วยตนเอง และทางออนไลน์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้ววิเคราะห์หาความต้องการจำเป็น ด้วยเทคนิค Modified Priority Needs Index (PNI<sub>modified</sub>)

**ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก (Development : D1) โดยดำเนินการ 2 ตอน ดังนี้**

**ตอนที่ 1 ศึกษาแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ของโรงเรียนต้นแบบการบริหารงานดูแลช่วยเหลือนักเรียนในโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร**

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) โดยพิจารณาจากโรงเรียนต้นแบบงานดูแลช่วยเหลือนักเรียน ในพื้นที่พื้นที่สูงและทุรกันดาร ระหว่างปี พ.ศ. 2561–2563 จำนวน 5 แห่ง โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ 1) โรงเรียนห้วยไร่สามัคคี สังกัด สพป. เชียงราย เขต 3 2) โรงเรียนบ้านส้ว สังกัด สพป.น่าน เขต 2 3) โรงเรียนบ้านแม่ระมาดน้อย สังกัด สพป. ตาก 2 4) โรงเรียนอรุณเมธา สังกัด สพป. ตาก 2 และ 5) โรงเรียนท่านผู้หญิงวิไล อมาตยกุล (บ้านเป็งเคลิ่ง) สังกัด สพป. ตาก 2

1. กลุ่มผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) จากโรงเรียนต้นแบบงานดูแลช่วยเหลือนักเรียน ในพื้นที่พื้นที่สูงและทุรกันดาร โรงเรียนละ 3 คน ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา หัวหน้างานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน และครู รวมทั้งสิ้น 15 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าความสอดคล้อง (IOC : Index of Congruence) ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์ด้วยตนเอง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)



## ตอนที่ 2 ยกวางรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

### 1. ขั้นตอนดำเนินการ

1.1 นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 1 มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลสารสนเทศที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 มายกวางรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

1.2 นำร่างรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก เบื้องต้น เสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 9 ท่าน เพื่อให้ข้อเสนอแนะ โดยวิธีการสนทนากลุ่ม (Focus Group)

1.3 ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

1.4 จัดทำคู่มือการใช้รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินร่างรูปแบบฯ และคู่มือการใช้รูปแบบฯ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าความสอดคล้อง (IOC : Index of Congruence) ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

### 3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำร่างรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก เสนอผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 9 ท่าน วิพากษ์ร่างรูปแบบการบริหารฯ โดยการจัดสนทนากลุ่ม (Focus Group) และประเมินรูปแบบ และประเมินคู่มือการใช้รูปแบบการบริหารฯ

### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลที่ได้ออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยจะรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณนำมาวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) แล้วนำเสนอแบบพรรณนาวิเคราะห์ พร้อมทั้งดำเนินการปรับปรุงแก้ไขรูปแบบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จนได้รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก ฉบับสมบูรณ์ สำหรับนำไปทดลองใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ทดลองใช้รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก (Research : R2)

### 1. ขั้นตอนดำเนินการ





1.1 ผู้วิจัยดำเนินการเลือกโรงเรียนในพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก ที่สนใจทดลองใช้รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก จำนวน 3 แห่ง ได้แก่ โรงเรียนบ้านห้วยบง อำเภอแม่สอด โรงเรียนบ้านแม่กลองใหม่ อำเภออุ้มผาง และโรงเรียนบ้านวังผา อำเภอแม่ระมาด พร้อมทั้งชี้แจงแก่ผู้บริหารสถานศึกษา หัวหน้างานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน และครู ทราบวิธีการดำเนินการตามคู่มือการใช้รูปแบบฯ และวิธีการประเมินผลหลังเสร็จสิ้นการทดลอง

1.2 ผู้เกี่ยวข้องดำเนินการตามคู่มือการใช้รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

1.3 วิเคราะห์ผลการใช้รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน คู่มือการใช้รูปแบบฯ และแบบประเมินความเหมาะสมเชิงเนื้อหา ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าความสอดคล้อง (IOC : Index of Congruence) ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมเชิงเนื้อหาของรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก กับผู้เกี่ยวข้องกับการทดลองใช้รูปแบบฯ โรงเรียนละ 3 คน ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา หัวหน้างานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน และครูในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 หลังการทดลองใช้รูปแบบการบริหารฯ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลที่ได้ออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยจะรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณนำมาวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) แล้วนำเสนอแบบพรรณนาวิเคราะห์

**ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาผลการประเมินรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก (Development : D2)**

1. ขั้นตอนการดำเนินการ นำรูปแบบและคู่มือการใช้รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก ไปสอบถามความเหมาะสมและความเป็นไปได้ และประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบกับผู้บริหารสถานศึกษา หัวหน้างานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน และครู

2. ผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ ผู้เกี่ยวข้องกับการทดลองใช้รูปแบบฯ ในขั้นตอนที่ 3 โรงเรียนละ 3 คน ได้แก่ ผู้บริหารสถานศึกษา หัวหน้างานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน และครู รวมจำนวนทั้งสิ้น 9 คน



3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก แบบประเมินความเหมาะสม และความเป็นไปได้ของรูปแบบฯ ที่พัฒนาขึ้น และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อรูปแบบฯ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าความสอดคล้อง (IOC : Index of Congruence) ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัยนำแบบประเมินฯ ไปเก็บข้อมูล กับกลุ่มผู้ให้ข้อมูลตามวัน เวลาและสถานที่ที่นัดหมายไว้

5. การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

### ผลการศึกษา

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

1.1 ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน สภาพที่พึงประสงค์ และความต้องการจำเป็นของการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก พบว่า สภาพปัจจุบันของการบริหารงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก ตามความคิดเห็นของผู้บริหารสถานศึกษา หัวหน้างานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน และครู โดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{x} = 4.18$ ) และสภาพที่พึงประสงค์ของการบริหารงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x} = 4.64$ ) ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ของการบริหารงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

การบริหารงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียน ในวิถีชีวิตใหม่	สภาพปัจจุบัน			สภาพที่พึงประสงค์		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล	4.12	0.65	มาก	4.63	0.52	มากที่สุด
ด้านการคัดกรองนักเรียน	4.16	0.62	มาก	4.62	0.57	มากที่สุด
ด้านการส่งเสริมพัฒนานักเรียน	4.20	0.62	มาก	4.63	0.57	มากที่สุด
ด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหา	4.19	0.63	มาก	4.66	0.49	มากที่สุด



การบริหารงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียน ในวิถีชีวิตใหม่	สภาพปัจจุบัน			สภาพที่พึงประสงค์		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านการส่งต่อ	4.22	0.52	มาก	4.67	0.49	มากที่สุด
<b>รวม</b>	<b>4.18</b>	<b>0.61</b>	<b>มาก</b>	<b>4.64</b>	<b>0.53</b>	<b>มากที่สุด</b>

การบริหารงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก เรียงลำดับความต้องการจำเป็นจากมากไปหาน้อย ได้แก่ การรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล ( $PNI_{modified} = 0.123$ ) การป้องกันและแก้ไขปัญหา ( $PNI_{modified} = 0.112$ ) การคัดกรองนักเรียน ( $PNI_{modified} = 0.111$ ) การส่งเสริมพัฒนานักเรียน ( $PNI_{modified} = 0.110$ ) การส่งต่อ ( $PNI_{modified} = 0.107$ ) และระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียน ( $PNI_{modified} = 0.110$ ) ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีความต้องการจำเป็นแบบปรับปรุง ( $PNI_{modified}$ ) และลำดับความต้องการจำเป็น

การบริหารงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียน ในวิถีชีวิตใหม่	ค่าเฉลี่ยสภาพ	ค่าเฉลี่ยสภาพ	$PNI_{modified}$
	ปัจจุบัน	ที่พึงประสงค์	
ด้านการรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล	4.12	4.63	0.123
ด้านการคัดกรองนักเรียน	4.16	4.62	0.111
ด้านการส่งเสริมพัฒนานักเรียน	4.20	4.63	0.110
ด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหา	4.19	4.66	0.112
ด้านการส่งต่อ	4.22	4.67	0.107
<b>รวม</b>	<b>4.18</b>	<b>4.64</b>	<b>0.110</b>

## 2. ผลการสร้างรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

2.1 รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก มีองค์ประกอบที่สำคัญ 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) กระบวนการดำเนินงาน 4) การประเมินผล 5) การนำรูปแบบไปใช้ 6) เงื่อนไขความสำเร็จ โดยมีกระบวนการดำเนินงาน 5 ขั้นตอน ที่เรียกว่า “PAROD Model” ประกอบด้วย P = Policy / Plan / Participated จากนโยบายสู่การวางแผนงานอย่างมีส่วนร่วม A = Access for Action รวบรวมปัญหา และแนวทางแก้ปัญหา R = Run and Resilience



ดำเนินการตามแผนที่ยึดหยุ่นได้ O = Opportunity สร้างโอกาสพัฒนาตามศักยภาพของนักเรียน และ D = Development พัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2.2 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก โดยภาพรวมมีความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด

3. ผลการทดลองใช้รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ที่พัฒนาขึ้นนี้ กับโรงเรียนในพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก ที่ผู้บริหารสถานศึกษาสมัครใจทดลองใช้ จำนวน 3 แห่งในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 พบว่า รูปแบบฯ มีความเหมาะสมเชิงเนื้อหา อยู่ในระดับมากที่สุด

4. ผลการประเมินรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก

4.1 ผลการประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก อยู่ในระดับมากที่สุด

### อภิปรายผลการศึกษา

1. สภาพปัจจุบันของรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก พบว่า โดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า อยู่ในระดับมากทุกด้าน อาจเป็นเพราะสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาตาก เขต 2 ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการบริหารงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียน โดยกำหนดนโยบายและแผนงานการดำเนินงานที่ได้รับความร่วมมือจากทุกภาคส่วน และเป็นขั้นตอนที่มีครูประจำชั้นหรือครูที่ปรึกษาเป็นบุคลากรหลักในการดำเนินงานอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นพเกล้า ทองธรรมมา และ สุวัฒน์ จุลสุวรรณ (2563) ที่พบว่า สภาพปัจจุบันของระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 3 ภาพรวมอยู่ในระดับมาก

2. สภาพที่พึงประสงค์ของการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านอยู่ในระดับมากที่สุด



ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาตาก เขต 2 ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการบริหารงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียน จึงมีการกำหนดนโยบายและแผนปฏิบัติการที่ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับ นพเกล้า ทองธรรมมา และสุวัฒน์ จุลสุวรรณ (2563) ที่พบว่า สภาพที่พึงประสงค์การดำเนินงานตามระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 3 โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

3. รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) กระบวนการดำเนินงาน 4) การประเมินผล 5) การนำรูปแบบไปใช้ 6) เงื่อนไขความสำเร็จ โดยมีกระบวนการดำเนินงาน 5 ขั้นตอน ที่เรียกว่า “PAROD Model” ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาสังเคราะห์ได้องค์ประกอบของรูปแบบ และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ จึงได้รูปแบบที่มีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ พรวิมล กลิ่นศรีสุข (2564) ที่ได้เสนอแนวทางการดำเนินงานตามระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนสำหรับสถานศึกษา ประกอบด้วย สารสำคัญ 5 ด้าน และผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เช่นเดียวกัน

4. ผลการประเมินความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของรูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก พบว่า มีความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากรูปแบบการบริหารแบบ PAROD Model มีหลักการและวัตถุประสงค์ของรูปแบบที่ตอบสนองต่อการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ ด้วยกระบวนการดำเนินงานที่สอดคล้องกับความต้องการจำเป็นและบริบทของพื้นที่ตามสภาพจริง มีแนวปฏิบัติที่ผู้เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ได้จริง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนกฤต อึ้งน้อย (2563) ที่พัฒนารูปแบบการดำเนินงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนที่มีประสิทธิผลของโรงเรียนขนาดเล็ก : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านวังจวน

### สรุปผลการศึกษา

รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก เรียกว่า “PAROD Model” ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) กระบวนการดำเนินงาน 4) การประเมินผล 5) การนำรูปแบบไปใช้ 6) เงื่อนไขความสำเร็จ โดยมีกระบวนการดำเนินงาน 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 นำนโยบายสู่การวางแผนงานอย่างมีส่วนร่วม ขั้นที่ 2 รวบรวม



ปัญหา และแนวทางแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผนที่ยึดหยุ่นได้ ขั้นที่ 4 สร้างโอกาสพัฒนาตามศักยภาพของนักเรียน และขั้นที่ 5 พัฒนาอย่างต่อเนื่อง เป็นรูปแบบๆ ที่มีความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในระดับมากที่สุด

#### ข้อเสนอแนะ

1. รูปแบบการบริหารงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนในวิถีชีวิตใหม่ สำหรับโรงเรียนพื้นที่สูงและทุรกันดาร จังหวัดตาก มีกระบวนการดำเนินงานที่มีสามารถปรับใช้ได้ทุกสถานการณ์ ก่อนนำรูปแบบไปใช้ควรจัดประชุมผู้เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจและปรับวิธีการปฏิบัติให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาของโรงเรียน
2. ควรมีการศึกษาผลการดำเนินงานระบบช่วยเหลือดูแลนักเรียนในแต่ละด้าน เพื่อพัฒนาปรับปรุงวิธีการดำเนินงานให้สอดคล้องกับปัญหาและความต้องการของนักเรียนและผู้ปกครอง

#### เอกสารอ้างอิง

- กรมสุขภาพจิต. (2551). *คู่มือครูระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน ช่วงชั้นที่ 3-4 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่16)*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ธนภฤต อึ้งน้อย. (2563). การพัฒนารูปแบบการดำเนินงานระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนที่มีประสิทธิผลของโรงเรียนขนาดเล็ก : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านวังจันทน์. *คุรุสภาวิทยารจารย์ 1*(3), 31-43.
- นพเกล้า ทองธรรมมา และสุวัฒน์ จุลสุวรรณ. (2563). การพัฒนาแนวทางการดำเนินงานตามระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 3. *วารสารมหาจุฬานาค รพรรศน์*. 7(5), 264-278.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- พรเพ็ญ จิระณัฐวีรกุล. (2562). การดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย. *วารสารการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร*. 10(1), 326-337.
- พรวิมล กลิ่นศรีสุข. (2564). การพัฒนาแนวทางการดำเนินงานตามระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนสำหรับสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22 จังหวัดนครพนม. *วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 4(10), 147-157.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2555). *แนวทางการจัดทำหลักสูตรและจัดการเรียนการสอนพื้นฐานอาชีพในสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพมหานคร : สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.



สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564). คู่มือการคัดเลือกสถานศึกษาและสำนักงานเขตพื้นที่  
การศึกษาเพื่อขอรับรางวัลระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียน ประจำปี 2564. กรุงเทพมหานคร :  
กระทรวงศึกษาธิการ.



## การพัฒนาศักยภาพรองรับการท่องเที่ยวของชุมชนในเขตพื้นที่เมืองเก่า่าน

กิตติกรณ์ สมยศ<sup>1\*</sup>, ทิพวรรณ สุขมี<sup>1</sup>, รัชณี คำลือ<sup>2</sup> และ พรศิริ กล้าป่วน<sup>3</sup>

### The development of the potential for tourism in Nan Old Town area

Kittikorn Somyot<sup>1\*</sup>, Tippawan Sukmee<sup>2</sup>, Ratchanee Khamlue<sup>3</sup> and Pornsiri Klumpuan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>10 หมู่ 5 ต.ตุใต้ อ.เมือง่าน จ.่าน (สาขาวิชาการท่องเที่ยว วิทยาลัยชุมชน่าน จ.่าน 55000)

<sup>2</sup>10 หมู่ 5 ต.ตุใต้ อ.เมือง่าน จ.่าน (สาขาวิชาสาธารณสุขชุมชน วิทยาลัยชุมชน่าน จ.่าน 55000)

<sup>3</sup>150 หมู่ 6 ต.ท่าบัว อ.โพทะเล จ.พิจิตร (สาขาวิชาการบัญชี วิทยาลัยชุมชนพิจิตร จ.พิจิตร 66130)

<sup>1</sup>10 Moo 5 Dootai, Mueangnan, Nan (Associate Degree in Tourism, Nan Community College, Nan, 55000)

<sup>2</sup>10 Moo 5 Dootai, Mueangnan, Nan (Associate Degree in Community Health, Nan Community College, Nan, 55000)

<sup>3</sup>150 Moo 6, Tha Bua, Pho Thale, Phichit (Associate Degree in Accounting, Phichit Community College, Phichit, 66130)

\*Corresponding author. E-mail: senigma111@gmail.com

#### บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาศักยภาพรองรับการท่องเที่ยวของชุมชนในเขตพื้นที่เมืองเก่า่าน มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) ศึกษาบริบทของแหล่งท่องเที่ยว 2) ศึกษาบริบทของชุมชน และ 3) ค้นหาแนวทางพัฒนาศักยภาพรองรับการท่องเที่ยว พื้นที่วิจัย ได้แก่ คู่มเจ้าเมฆวัด บ้านตุ้มเมือง ชุมชนหัวเวียงใต้ ชุมชนสวนตาล และ ชุมชนสภารศ ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่พิเศษเมืองเก่า่าน โดยมีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีเจาะจงคุณสมบัติ พิจารณาคัดเลือกร่วมกับ ชมรมส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลในเวียง ผู้แทนจากสำนักงานอพท. 6 และผู้แทนจากภาคธุรกิจการท่องเที่ยวในเขตเมือง่าน ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการและการศึกษาข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้อง เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ การศึกษาข้อมูลเอกสาร การจัดเวทีประชาคม การลงพื้นที่เพื่อสำรวจ ฯ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ของชุมชนในเขตเมืองเก่า่าน ทั้ง 4 แห่ง มีดังนี้ 1) คู่มเจ้าเมฆวัด แหล่งเรียนรู้ด้านประวัติศาสตร์ และตำรับอาหารราชสำนัก่าน 2) บ้านตุ้มเมือง คู่มเจ้าชุมชนหัวเวียงใต้ แหล่งเรียนรู้ด้านศิลปะ และภาษาศิลปะล้านนา 3) ชุมชนสวนตาล แหล่งเรียนรู้ที่มีชีวิตเรื่องข้าวหลามเมือง่าน ที่มีความเป็นมายาวนานกว่า 100 ปี และ 4) วัดสภารศ แหล่งเรียนรู้ด้านประวัติศาสตร์และภูมิปัญญาท้องถิ่นในด้านความศรัทธา ซึ่งทั้ง 4 พื้นที่ มีแผนพัฒนา 5 แผนงาน ประกอบด้วย แผนงานด้านการพัฒนา/ปรับปรุงแหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ในชุมชน แผนงานด้านการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ในชุมชน แผนงานด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้แหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ในชุมชน แผนงานด้านการพัฒนาบุคลากรแหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ในชุมชน และแผนงานด้านการพัฒนาการตลาดการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ในชุมชน

คำสำคัญ: การท่องเที่ยวโดยชุมชน การมีส่วนร่วม แนวทางการพัฒนา





### Abstract

The development of the potential for tourism in Nan Old Town area aims to 1) study the context of tourist attractions 2) study the community context and 3) find potential ways to develop the tourism potential. Research areas include Khum Chao Mekwadi, Baan Tua Mueang Hua Wiang Tai Community, Suan Tan Community and Satarod Community which are located in the special area of Nan Old Town. The sample group was defined by a specific method by considering selection together with Nai Wiang Community Tourism Club, representatives from DASTA 6 and representatives from the tourism business sector in Nan. The research process is used for action research and the study of relevant documentary information. Research tools include the study of documentary information, public forum, field visits to survey and use data analysis by means of content analysis (Content Analysis). The results showed that Guidelines for the development of tourist attractions and learning centers of communities in the 4 areas are as follows: 1) Khum Chao Mekwadi History learning resources 2) Baan Tua Muang, Khum Kao, Hua Wiang Tai Community art learning resources and Lanna Language Arts 3) Suan Tan Community, a living learning source about Nan's Khao Lam with a history of more than 100 years, and 4) Wat Satharot, a historical learning center and local wisdom in terms of faith, all 4 areas have development by 5 plans, consisting of development/improvement plans tourist attractions and learning resources in the community. The development of learning activities tourist attractions. Learning media development plan tourist attractions. Human resource development plan tourist attractions and marketing development plans public relations tourist attractions and learning resources in the community.

**Keywords:** Community tourism, Participation, Development guidelines.

### บทนำ

จังหวัดน่าน ตั้งอยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย มีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่สวยงาม และแหล่งท่องเที่ยวด้านวัฒนธรรมที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ โดยมีจุดเด่นของเมืองน่านคือประวัติศาสตร์อันยาวนานของจังหวัดน่าน ประกอบกับภูมิประเทศที่เป็นเมืองในหุบเขา มีสถาปัตยกรรมที่เป็นเอกลักษณ์โดดเด่นเฉพาะตัว อีกทั้งยังมีวัฒนธรรมที่เป็นของดั้งเดิม จึงทำให้นักท่องเที่ยวเข้ามาท่องเที่ยวในจังหวัดน่านมากขึ้น (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2561) อย่างไรก็ตาม จากสถิติของกรมการท่องเที่ยวในปีที่ผ่านมา มีนักท่องเที่ยวต่างชาติเดินทางมาท่องเที่ยวในจังหวัดน่านไม่ถึง 20,000 คน ซึ่งคาดว่ามีสาเหตุมาจากการขาดการเชื่อมโยงระหว่างแหล่งท่องเที่ยวและเส้นทางในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวรองที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ และการขาดการประชาสัมพันธ์ที่ดีจากทั้งภาครัฐทั้งส่วนกลาง และส่วนท้องถิ่น อ้างอิงข้อมูลจากงานวิจัยเรื่องแนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของจังหวัดน่าน (ศิริพร ถาวรวิสิทธิ์ และ เสรี วงษ์มณฑา, 2560) พบว่า สิ่งที่ต้องพัฒนาด้านการท่องเที่ยวจังหวัดน่านคือการพัฒนาเส้นทางที่เข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวและการประชาสัมพันธ์ข้อมูลต่าง ๆ ของแหล่งท่องเที่ยวให้ทั้งนักท่องเที่ยว



และชาวบ้านในพื้นที่รับทราบ ซึ่งในเขตพื้นที่เมืองเก่ามีทรัพยากรที่เป็นต้นทุนทางท่องเที่ยวอย่างหลากหลาย ทั้งทรัพยากรทางด้านสถาปัตยกรรม ศิลปกรรม วัฒนธรรม ชนบธรรมนิยมประเพณี ดังนั้นเพื่อเพิ่มรายได้ทางการท่องเที่ยวให้กับชุมชนบริเวณเมืองเก่า นักวิจัยจึงเห็นว่าควรมีการพัฒนาธุรกิจการท่องเที่ยวภายในพื้นที่ผ่านการสร้างนวัตกรรมทางการท่องเที่ยว โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของชุมชนและองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นเพื่อยกระดับคุณภาพของแหล่งท่องเที่ยวซึ่งจะช่วยเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นให้เกิดอุปสงค์ซึ่งจะนำไปสู่การกระจายรายได้จากการท่องเที่ยวเข้าสู่ท้องถิ่นอีกทางหนึ่ง

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาบริบทของแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่เมืองเก่า นักศึกษาบริบทของชุมชนในเขตพื้นที่เมืองเก่า และค้นหาแนวทางพัฒนาศักยภาพรองรับการท่องเที่ยวในพื้นที่เมืองเก่า เพื่อพัฒนาศักยภาพรองรับการท่องเที่ยวของชุมชนในเขตพื้นที่เมืองเก่าอย่างเป็นรูปธรรม โดยบรรจุลงในแผนพัฒนาด้านการท่องเที่ยวของจังหวัดในหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดการพัฒนาการท่องเที่ยวในเขตพื้นที่เมืองเก่า ส่งผลให้ชุมชนในพื้นที่เกิดความเข้มแข็งในการพัฒนาชุมชนด้านการท่องเที่ยวต่อไปในอนาคต

#### วัตถุประสงค์และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง : ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ ตัวแทนชุมชนท่องเที่ยวในเขตพื้นที่เมืองเก่า โดยมีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีเจาะจงคุณสมบัติ (Purposive sampling) โดยการพิจารณาคัดเลือกร่วมกับชมรมส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลในเวียง ผู้แทนจากสำนักงานพื้นที่พิเศษ 6 องค์การบริหารและพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (องค์การมหาชน) และผู้แทนจากภาคธุรกิจการท่องเที่ยวในเขตเมืองเก่า โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกจากการเลือกตัวอย่างกรณีหลากหลาย (Maximum Variation Sampling) การเลือกตัวอย่างที่มีข้อมูลตรงตามประเด็นการวิจัยมากกว่าปกติ (Intensity Sampling) จึงได้กลุ่มตัวอย่างจากแหล่งท่องเที่ยวในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 4 แหล่งท่องเที่ยว คือ (1) คุ่มเจ้าเมฆวัด อำเภอมือง่าน (2) บ้านตัวเมือง ชุมชนหัวเวียงใต้ อำเภอมือง่าน (3) ชุมชนสวนตาล อำเภอมือง่าน (4) ชุมชนสภารศ อำเภอมือง่าน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย : เครื่องมือในการวิจัยในครั้งนี้เป็นเครื่องมือการวิจัยเชิงปฏิบัติการและการศึกษาข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ โดยมีเครื่องมือการวิจัยดังนี้ (1) การศึกษาข้อมูลเอกสาร (2) การจัดเวทีประชาคม (3) การจัดประชุมกลุ่มย่อย (4) การลงพื้นที่เพื่อสำรวจ (5) การสัมภาษณ์เชิงลึก และ (6) การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ



การวิเคราะห์ข้อมูล : เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยจึงได้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อแยกแยะประเด็นและข้อมูลที่ได้จากกระบวนการวิจัยออกเป็นหมวดหมู่และเรียบเรียงเนื้อหาสู่การอธิบายผลการศึกษิตตามวัตถุประสงค์การวิจัย

การตรวจสอบข้อมูล : ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) เพื่อขจัด จุดด้อยหรือปัญหาจากการเก็บข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบ Reviews Triangulation คือ การให้บุคคลต่าง ๆ ที่ไม่ใช่ชนกวิจัยทำการทบทวนข้อค้นพบจากการวิเคราะห์ซึ่งได้แก่ สมาชิกในชมรมท่องเที่ยวตำบลในเวียง กลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจท่องเที่ยวในพื้นที่จังหวัดน่านและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำการตรวจสอบข้อมูลในขั้นตอนการจัดประชุมเพื่อคืนข้อมูลงานวิจัย นอกจากนี้ ยังใช้วิธีการตรวจสอบแบบ Methods Triangulation คือ การเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลหลายวิธีการ ได้แก่ การนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และการนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการจัดประชุมกลุ่มย่อย เป็นต้น

## ผลการศึกษา

**ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาริบทของแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่เมืองเก่า น่าน**  
**ทรัพยากรการท่องเที่ยวที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว**

แหล่งท่องเที่ยวด้านประวัติศาสตร์ ในเขตพื้นที่เมืองเก่า น่านนั้นมีแหล่งท่องเที่ยวทางด้านประวัติศาสตร์อยู่มากมาย เช่น 1. พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ น่านซึ่งแต่เดิมเป็นที่ประทับของเจ้าผู้ครองนครน่านเรียกว่า “หอคำ” 2. พิพิธภัณฑสถานคือพิพิธภัณฑสถานชุมชนบ้านพระเกิด 3. โสภโณพองคำซึ่งแต่เดิมเป็นคุ้มของเจ้าศรีตุมมา (หลานเจ้ามหาวงศ์เจ้าผู้ครองนครน่านองค์ที่ 6) 4. คุ้มเจ้าราชบุตรซึ่งเป็นคุ้มของเจ้าประพันธ์พงศ์ (เจ้าน้อยหมอกฟ้า ณ น่าน) บุตรของเจ้ามหาพรหมณ์สุรธาดา เจ้าผู้ครองนครน่านองค์สุดท้าย 5. กำแพงเมืองน่านเป็นหลักฐานทางประวัติศาสตร์ที่บอกถึงความมั่นคงของรัฐเล็ก ๆ แห่งหนึ่งในลุ่มแม่น้ำน่านที่สามารถปกครองตนเองได้ และ 6. ตึกรังสีเกษม ปัจจุบันตึกรังสีเกษมได้ถูกดัดแปลงจากอาคารเรียนที่ก่อสร้างในรูปแบบโบราณ

แหล่งท่องเที่ยวด้านศาสนา ในพื้นที่เมืองเก่า น่านมีแหล่งท่องเที่ยวทางด้านศาสนาปรากฏอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นวัดของชุมชนต่าง ๆ ที่มีเอกลักษณ์และลักษณะเฉพาะตัวโดดเด่นแตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น 1. วัดมิ่งเมืองซึ่งเป็นที่ประดิษฐานเสาหลักเมืองของจังหวัดน่าน 2. วัดภูมินทร์ โบสถ์และวิหารสร้างเป็นอาคารหลังเดียวกัน ฝาผนังยังแสดงถึงชีวิตและวัฒนธรรมของยุคสมัยที่ผ่านมาตามพงศาวดารของเมืองน่าน 3. วัดหัวข่วงเป็นวัดที่มีความสำคัญในเขตหัวเวอนเมืองน่านมีวิหารและเจดีย์มีลักษณะศิลปกรรมแบบท้องถิ่นล้านนา



สกุลช่างเมืองน่านฝีมือประณีตงดงาม 4. วัดพระธาตุช้างค้ำวรวิหารเป็นที่ประดิษฐานพระบรมสารีริกธาตุไว้ภายใน  
นับเป็นปูชนียสถานสำคัญเป็นเจดีย์ที่ได้รับอิทธิพลทางด้านศิลปะสุโขทัยและยังเป็นวัดหลวงใจกลางเมืองน่าน

**แหล่งท่องเที่ยวด้านประเพณี** ในพื้นที่เมืองเก่ามีประเพณีที่สืบทอดกันมาหลายชั่วอายุคน เช่น  
งานประเพณีนมัสการสงกรานต์เจ้าทองทิพย์ซึ่งในช่วงเทศกาลสงกรานต์ของทุกปี ประเพณีงานตานก๋วยสลาก  
คือ การทำบุญอุทิศส่วนกุศลให้แก่ผู้ล่วงลับและประเพณีแข่งเรือเอกลักษณ์น่านซึ่งเป็นประเพณีเก่าแก่ที่สืบทอดกันมา  
ตั้งแต่โบราณกาลเป็นเวลาอันยาวนาน ซึ่งเรือของจังหวัดน่านมีเอกลักษณ์ที่โดดเด่นสวยงามไม่เหมือนเรือแข่งของ  
จังหวัดอื่น ลักษณะของเรือเป็นเรือชุดแบบเรือชะล่า หัวเรือแกะสลักเป็นรูปพญานาค อ้าปาก ชูคอ อดเขี้ยวเงือง  
สง่างาม ลำตัวเรือทาสีสวยงาม และมีลวดลายที่สวยงาม

#### สิ่งอำนวยความสะดวกในแหล่งท่องเที่ยว

ภายในแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ มีสิ่งอำนวยความสะดวก ซึ่งส่วนใหญ่ยังเป็นรูปแบบของการให้ข้อมูลของแหล่ง  
ท่องเที่ยวโดยยังไม่ได้มีสิ่งอำนวยความสะดวกที่เป็นสิ่งสนับสนุนขั้นพื้นฐานเท่าที่ควร เช่น สถาปัตยกรรมหรือสิ่งปลูก  
สร้างที่อำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้รถเข็น เป็นต้น

#### ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาบริบทของชุมชนในเขตพื้นที่เมืองเก่า

จากการจัดกระบวนการระดมความคิดและวิเคราะห์ข้อมูลของดีด้านการท่องเที่ยวในเขตเมืองเก่า ทำให้ได้  
ชุดข้อมูลที่จะนำไปสู่การกำหนดพื้นที่เป้าหมายและแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวของชุมชนในเขตเมืองเก่า  
ซึ่งจากข้อมูลการระดมความคิดของผู้เข้าร่วมประชุม สามารถสรุปเป็นวิสัยทัศน์การพัฒนาการท่องเที่ยวของเมืองเก่า  
โดยคนนำได้ว่า “เป็นการท่องเที่ยวที่อนุรักษ์ประเพณี วัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนและ  
นักท่องเที่ยว ก่อให้เกิดการกระจายรายได้ในท้องถิ่นและภาพลักษณ์การท่องเที่ยวของเมืองเก่าที่สะอาด ปลอดภัย  
ใส่ใจวัฒนธรรม” ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการพัฒนาการท่องเที่ยวโดยชุมชนในเขตพื้นที่เมืองเก่า และผู้แทนจากภาค  
ธุรกิจการท่องเที่ยวได้ร่วมกันคัดเลือกพื้นที่เป้าหมายในการจัดทำข้อมูลและแผนพัฒนาศักยภาพเพื่อรองรับการ  
ท่องเที่ยว โดยคำนึงถึงการเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สร้างการเรียนรู้ในเรื่องราววิถีชีวิต ประวัติศาสตร์ และภูมิปัญญา  
ท้องถิ่นของเมืองเก่าได้ และเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ยังขาดการสนับสนุนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อลดความซ้ำซ้อน  
ในการพัฒนาและเป็นการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวใหม่ของเมืองเก่า จากผลการพิจารณาร่วมกัน  
ที่ประชุมมีมติเลือกพื้นที่เป้าหมาย 4 พื้นที่ คือ 1) ชุมชนสวนตาล 2) บ้านตัวเมือง ชุมชนหัวเวียงใต้ 3) คุ่มจำเเมหวัด  
และ 4) ชุมชนสภารศ ผู้วิจัยและคณะวิทยากรได้ลงพื้นที่เพื่อสำรวจสถานที่และศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของทั้ง 4 พื้นที่  
เป้าหมายได้ผลสรุปข้อมูล ดังนี้



## 1. ชุมชนสวนตาล

- 1) สภาพเศรษฐกิจชุมชนสวนตาลเป็นชุมชนกึ่งเมือง โดยคนในชุมชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขายและส่วนหนึ่งมีรายได้จากงานประจำ
- 2) ความเข้มแข็งของชุมชนสวนตาลในการจัดการการท่องเที่ยวจากการที่ชุมชนสวนตาลเป็นชุมชนกึ่งเมืองและมีวัดสวนตาลเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นที่รู้จักของนักท่องเที่ยวจึงทำให้ชุมชนสวนตาลมีความเข้มแข็งในการรองรับการท่องเที่ยวในระดับหนึ่ง
- 3) ในสภาพปัจจุบันชุมชนสวนตาลยังไม่มีเอกภาพในการพัฒนาการท่องเที่ยวของชุมชนมากเท่าที่ควรเนื่องจากการจัดการท่องเที่ยวแบบต่างคนต่างทำ ดังนั้น จึงควรมีแนวทางการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ในชุมชน โดยการพัฒนาแหล่งเรียนรู้การทำข้าวหลามชุมชนสวนตาล คือการจัดเวทีประชุมกลุ่มย่อย เชิญชาวบ้านที่ทำข้าวหลามมาร่วมพูดคุยแนวทางการพัฒนา เช่น เลือกสถานที่ในการจัดกิจกรรมเรียนรู้การทำข้าวหลามและ จัดกิจกรรมเรียนรู้การทำข้าวหลามจริง

## 2. บ้านตัวเมือง ชุมชนหัวเวียงใต้

- 1) สภาพเศรษฐกิจชุมชนหัวเวียงใต้ ชุมชนหัวเวียงใต้เป็นชุมชนเมือง โดยคนในชุมชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขาย และรับราชการ หรือมีงานประจำ
- 2) ความเข้มแข็งของชุมชนหัวเวียงใต้ในการจัดการการท่องเที่ยว จากการที่ชุมชนหัวเวียงใต้เป็นชุมชนเมืองและมีผู้นำชุมชน หรือผู้ที่เกี่ยวข้องมีการผลักดันด้านการท่องเที่ยวของชุมชนหัวเวียงใต้อย่างสม่ำเสมอ เช่น การจัดทำถนนคนเดินกาดกองน้อยในบริเวณชุมชนหัวเวียงใต้ จึงทำให้ชุมชนมีความเข้มแข็งในการจัดการท่องเที่ยวในระดับหนึ่ง
- 3) เอกภาพในการพัฒนาการท่องเที่ยวของชุมชนหัวเวียงใต้ โดยในปัจจุบันนี้แหล่งท่องเที่ยวที่เป็นจุดดึงดูดนักท่องเที่ยวของชุมชนหัวเวียงใต้ คือ บ้านตัวเมืองแต่ยังต้องมีการพัฒนาในหลาย ๆ ด้านเพื่อสร้างความเป็นเอกภาพของชุมชน โดยแนวทางการพัฒนาแหล่งเรียนรู้การเขียนตัวเมืองชุมชนบ้านหัวเวียงใต้คือแนะนำให้มีแหล่งเรียนรู้หากมีแหล่งเรียนรู้ให้นักท่องเที่ยวมาเรียนรู้กิจกรรมการเขียนตัวเมืองในชุมชนก็จะสามารถต่อยอดพัฒนาไปยังร้านค้าอื่น ๆ ในชุมชนได้ทำให้อื้อประโยชน์ต่อกัน และการออกแบบแหล่งเรียนรู้ในลักษณะนิทรรศการจัดให้มีพื้นที่ทำกิจกรรมภายในแหล่งเรียนรู้ควรเน้นงานศิลปวัฒนธรรม



### 3. คุ่มเจ้าเหมวดี ชุมชนช้างค้ำ

1) สภาพเศรษฐกิจชุมชนช้างค้ำ ชุมชนช้างค้ำเป็นชุมชนเมืองโดยคนในชุมชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขายและรับราชการ หรือ มีงานประจำ

2) ความเข้มแข็งของชุมชนช้างค้ำในการจัดการการท่องเที่ยว โดยชุมชนช้างค้ำเป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีการจัดถนนคนเดินภาคช่วงเมื่อนาน ทุกวันหยุดเสาร์อาทิตย์จึงมีการจัดการท่องเที่ยวในชุมชนอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ยังเป็นที่ตั้งของวัดพระธาตุช้างค้ำวรวิหารซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่เป็นที่รู้จักของนักท่องเที่ยวที่เดินทางท่องเที่ยวในจังหวัดน่านจึงมีการจัดการท่องเที่ยวของชุมชนอย่างเป็นระบบ

3) เอกภาพในการพัฒนาการท่องเที่ยวของชุมชนช้างค้ำ สำหรับแนวทางการต่อยอดในอนาคตเพื่อสร้างเอกภาพการท่องเที่ยวภายในชุมชน คือ ให้นักท่องเที่ยวได้ร่วมทำแกงสะนัดโดยเชื่อมโยงเส้นทางท่องเที่ยวจากผักที่ชาวบ้านปลูกแล้วนำมาทำเป็นอาหารต่อยอดให้เป็นซูปก้อนเพื่อให้นักท่องเที่ยวนำไปทำอาหารต่อได้เอง สามารถบอกเล่าเรื่องราวของแกงสะนัดได้ในรูปแบบอื่น เช่น เพลง บทกลอน งานศิลปะและเป็นอาหารที่บอกเล่าถึงประวัติศาสตร์ได้

### 4. ชุมชนสภารศ

1) สภาพเศรษฐกิจชุมชนสภารศเป็นชุมชนกึ่งเมือง โดยคนในชุมชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขายและส่วนหนึ่งมีรายได้จากงานประจำ

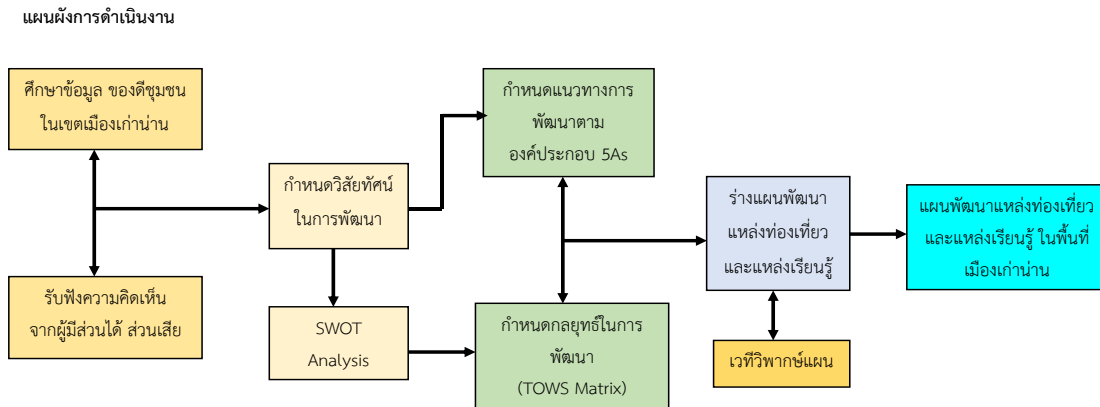
2) ความเข้มแข็งของชุมชนสภารศในการจัดการการท่องเที่ยว โดยชุมชนสภารศเป็นชุมชนเก่าแก่ของเมื่อนานซึ่งในปัจจุบันนี้ ชุมชนสภารศยังไม่มีจัดการท่องเที่ยวมากเท่าที่ควรมีเฉพาะพิพิธภัณฑ์ชุมชนที่ตั้งอยู่ในวัดสภารศซึ่งมีจุดเด่นในด้านผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรแต่ยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย

3) เอกภาพในการพัฒนาการท่องเที่ยวของชุมชนสภารศในปัจจุบันนี้ ชุมชนสภารศยังไม่มีเอกภาพในการจัดการท่องเที่ยวมากเท่าที่ควรเนื่องจากยังไม่มีแหล่งท่องเที่ยวที่สามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวได้จึงควรมีการพัฒนาการท่องเที่ยวของชุมชนสภารศ โดยพัฒนาสถานที่ที่สามารถทำกิจกรรมในชุมชนได้ ได้แก่ จุดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นจุดสำหรับจำหน่ายของที่ระลึกจากสมุนไพรและบริเวณใต้ถุนพิพิธภัณฑ์เหมาะสำหรับทำกิจกรรมเชิงสุขภาพ เช่น การนวด ลูกประคบ การย่ำขา ส่วนในบริเวณด้านข้างที่ดินเปล่าปลูกพืชสมุนไพรให้นักท่องเที่ยวได้เห็นของจริง ในบริเวณศาลาเก่าบริเวณข้างเจดีย์และศาลาบัวแก้วเหมาะสำหรับทำกิจกรรมแปรรูปสมุนไพรเพื่อสร้างเอกภาพในการพัฒนาการท่องเที่ยวของชุมชนสภารศให้มากยิ่งขึ้น



## ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อหาแนวทางพัฒนาศักยภาพรองรับการท่องเที่ยวของเมืองเก่า

การศึกษาแนวทางการพัฒนาศักยภาพเพื่อรองรับการท่องเที่ยวของเมืองเก่า นักวิจัยได้ใช้กระบวนการจัดทำแผนพัฒนา โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยมีกระบวนการจัดทำแผน ดังแผนภูมิดังนี้



รูปที่ 1 แผนผังการดำเนินงานพัฒนาศักยภาพรองรับการท่องเที่ยวของเมืองเก่า

จากการวิเคราะห์สถานการณ์ด้านการท่องเที่ยวของชมรมส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยชุมชน ตำบลในเวียง และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้กำหนดพื้นที่นำร่องในการพัฒนาแหล่งเรียนรู้เพื่อรองรับการท่องเที่ยวจำนวน 4 แห่ง ดังนี้

1. คุ่มเจ้าเมฆวัด แหล่งเรียนรู้ด้านประวัติศาสตร์และตำรับอาหารราชสำนักเก่า
2. บ้านตัวเมือง คุ่มแก้ว ชุมชนหัวเวียงใต้ แหล่งเรียนรู้ด้านศิลปะและภาษาศิลปล้านนา
3. ชุมชนสวนตาล แหล่งเรียนรู้ที่มีชีวิตเรื่องข้าวหอมเมืองเก่าที่มีความเป็นมายาวนานกว่า 100 ปี
4. วัดสภารศ แหล่งเรียนรู้ด้านประวัติศาสตร์และภูมิปัญญาท้องถิ่นในแง่มุมของความศรัทธา

### แผนการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ “คุ่มเจ้าเมฆวัด”

1. ปรับปรุงภูมิทัศน์บริเวณทางเข้าและสนามหน้าคุ่มเพื่อให้ทางเข้าคุ่มสะดวกต่อนักท่องเที่ยวมีความโดดเด่น น่าสนใจและสังเกตได้ง่าย และเพื่อปรับปรุงภูมิทัศน์และจัดสภาพแวดล้อมบริเวณสนามหญ้าให้สวยงาม
2. ปรับปรุงห้องครัวให้มีลักษณะแบบพื้นเมืองเพื่อปรับปรุงห้องครัวเดิมให้มีลักษณะครัวพื้นเมืองโบราณ เป็นการออกแบบและตกแต่งห้องครัวให้คล้ายกับห้องครัวคุ่มเจ้าในสมัยโบราณเพื่อรองรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
3. พัฒนากิจกรรมทำอาหารแบบ cooking class เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้านอาหารท้องถิ่นที่หลากหลายและน่าสนใจ เพื่อนำเสนอกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างประสบการณ์การเรียนรู้วัฒนธรรมท้องถิ่นให้กับนักท่องเที่ยว
4. กิจกรรมการประยุกต์และการถนอมอาหาร เพื่อประยุกต์อาหารคุ่มเจ้าให้มีเอกลักษณ์โดดเด่น และเพื่อนำอาหารคุ่มเจ้ามาแปรรูป สร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึก



### แผนการพัฒนา “ข้าวหลามร้อยปี บ้านสวนตาล”

1. ปรับปรุงเตาเผาข้าวหลามให้ได้มาตรฐานและสอดคล้องกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อปรับปรุงโครงสร้างเตาเผาข้าวหลามให้แข็งแรงและพัฒนาสถานที่บริเวณโดยรอบเตาเผาให้สะอาดเหมาะสมกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้
2. พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การทำข้าวหลาม 100 ปี บ้านสวนตาลเพื่อพัฒนากิจกรรมการท่องเที่ยวชุมชนเชิงสร้างสรรค์ในพื้นที่บ้านสวนตาลและพัฒนากิจกรรมท่องเที่ยวที่นักท่องเที่ยวได้เรียนรู้วิถีชีวิตชุมชนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้ลงมือทำจริง
3. การพัฒนารูปแบบรับประทานข้าวหลามเชิงสร้างสรรค์เพื่อคิดค้นและพัฒนาเครื่องเคียงที่รับประทานคู่กับข้าวหลามและวิธีการรับประทานที่แปลกใหม่และพัฒนาไส้ข้าวหลามให้หลากหลาย
4. จัดทำป้ายนิทรรศการให้ความรู้เกี่ยวกับข้าวหลามบ้านสวนตาลในรูปแบบภาษาไทยและภาษาอังกฤษเพื่อนำเสนอข้อมูลประวัติความเป็นมาความสำคัญกับชุมชน วิธีการทำข้าวหลามและความรู้เรื่องไม้ข้าวหลามเพื่อใช้ในการจัดนิทรรศการข้อมูลเกี่ยวกับข้าวหลามบ้านสวนตาล
5. การพัฒนาวิทยากรประจำแหล่งเรียนรู้และผู้นำชมเพื่อพัฒนาทักษะการเป็นนักร้องความหมายของวิทยากรและผู้นำชมประจำแหล่งเรียนรู้ให้สามารถเล่าเรื่องราวได้อย่างน่าสนใจและเพื่อจัดตั้งกลุ่มทำงานให้มีการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบตามบทบาทหน้าที่

### แผนการพัฒนา “แหล่งเรียนรู้ตัวเมือง (บ้านตัวเมืองน่าน คุ่มแก้ว)”

1. ปรับปรุงสถานที่สำหรับทำพื้นที่จัดแสดงแกลเลอรีเพื่อปรับปรุงสถานที่ในการจัดแสดงผลงานทางศิลปะและอักษรล้านนา ปรับปรุงผ้าเพดาน ผนังและระบบไฟส่องสว่าง ปรับระดับพื้นที่ให้มีความสะดวกและปลอดภัย
2. จัดทำสมุดแบบฝึกหัดการเขียนตัวเมืองเพื่อจัดทำกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อกิจกรรมในรูปแบบสมุดแบบฝึกหัดเขียนตัวเมือง
3. จัดทำสื่อการเรียนรู้เปรียบเทียบอักษรไทยกับอักษรตัวเมืองล้านนาเพื่อจัดทำสื่อการเรียนรู้เปรียบเทียบอักษรไทยกับตัวเมืองล้านนา เพื่อจัดทำคู่มือเปรียบเทียบกับอักษรไทยตัวเมืองล้านนา
4. พัฒนาศักยภาพคนในชุมชนและเยาวชนในด้านการเขียนตัวเมืองล้านนาเพื่อเผยแพร่ความรู้ด้านภาษาตัวเมืองล้านนาในกับคนในชุมชนและเพื่อพัฒนานักสื่อความหมายท้องถิ่น

### แผนการพัฒนา “ชุมชนบ้านสภารศ”

1. ปรับปรุงสถานที่เพื่อรองรับการจัดกิจกรรมการท่องเที่ยวเพื่อพัฒนาสถานที่สำคัญในวัดเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวและการจัดกิจกรรม เพื่อพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกและทางเดินในวัดเพื่อรองรับนักท่องเที่ยว





2. พัฒนากิจกรรมการท่องเที่ยวด้านภูมิปัญญาในการดูแลสุขภาพเพื่อพัฒนากิจกรรมและการให้บริการนักท่องเที่ยวในด้านการดูแลสุขภาพ และเพื่อสร้างรายได้เสริมให้กับคนในชุมชนผ่านกิจกรรมการบริการนักท่องเที่ยว
3. จัดทำสื่อการเรียนรู้ด้านศิลปวัฒนธรรมท้องถิ่นเพื่อจัดทำสื่อข้อมูลด้านสถานที่ ภูมิปัญญาท้องถิ่น และกิจกรรมการเรียนรู้เพื่ออำนวยความสะดวกในด้านข้อมูลสำหรับนักท่องเที่ยว
4. ฝึกอบรมนักท่องเที่ยวอาสาสมัครเพื่อพัฒนาบุคลากรในท้องถิ่นในการเป็นนักท่องเที่ยวอาสาสมัครและการเป็นเจ้าบ้านที่ดีและเพื่อสร้างการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนในการให้บริการนักท่องเที่ยว
5. ฝึกอบรมการให้บริการกิจกรรมด้านสุขภาพตามภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อพัฒนาบุคลากรในการให้บริการกิจกรรมด้านสุขภาพที่เพียงพอและมีคุณภาพเพื่อสร้างรายได้เสริมให้กับคนในชุมชน

โดยแผนการพัฒนากิจกรรมท่องเที่ยวฯ ทั้ง 4 พื้นที่นี้เกิดการการสรุปข้อมูลจากการประชุมกลุ่มย่อยในการจัดทำแผนการพัฒนากิจกรรมท่องเที่ยวฯ ทั้ง 4 พื้นที่ซึ่งเป็นการจัดประชุมร่วมกับกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้แก่ 1. ชุมชนที่เป็นพื้นที่ศึกษาวิจัยทั้ง 4 พื้นที่ 2. สมาชิกในชมรมท่องเที่ยวตำบลในเวียง 3. กลุ่มผู้ประกอบการกิจการท่องเที่ยวในจังหวัดน่าน 4. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านการท่องเที่ยวในจังหวัดน่าน และ 5. คณะผู้วิจัย

#### อภิปรายผลการศึกษา

จากการวิจัยพบว่า เมืองเก่าน่านเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในด้านการท่องเที่ยวเชิงศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ซึ่งมีแหล่งท่องเที่ยวในหลายลักษณะ เช่น พิพิธภัณฑสถาน แหล่งเรียนรู้ โบราณสถาน ศาสนสถาน และชุมชน (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2556) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งท่องเที่ยวประเภทชุมชนในเขตเมืองเก่าน่านมีการรวมกลุ่มกันของคนท้องถิ่นจากหลายชุมชนเป็นชมรมส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลในเวียงซึ่งมีกิจกรรมการท่องเที่ยวที่สามารถให้บริการนักท่องเที่ยวได้ถึง 8 กิจกรรม ได้แก่ 1) กิจกรรมเขียนตัวเมือง บ้านหัวเวียงใต้ 2) กิจกรรมตัดตุงก่าดิง วัดพระเกิด 3) กิจกรรมทำใบเตยตุ้ม 4) กิจกรรมทำสวยดอก 5) กิจกรรมทำขนมพื้นเมือง 6) กิจกรรมทำอาหารพื้นเมือง 7) กิจกรรมพันเทียน วัดสภารส และ 8) กิจกรรมตัดตุงไส้หมู จากศักยภาพพื้นที่ข้างต้นจึงได้นำมาสู่การวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวโดยใช้หลักการขององค์ประกอบแหล่งท่องเที่ยว 5 A's ของ Dickman (1996) ซึ่งประกอบด้วย Attraction (สิ่งดึงดูดใจ) Activities (กิจกรรม) Access (การเข้าถึง) Amenities (สิ่งอำนวยความสะดวก) และ Accommodation (ที่พัก) เมื่อได้มีการวิเคราะห์ถึงพื้นที่เป้าหมายสำหรับการพัฒนาศักยภาพเพื่อรองรับการท่องเที่ยว สมาชิกชมรมส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลในเวียงได้พิจารณาถึงการเปิดพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ใหม่ และการพัฒนาให้สามารถเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สามารถรองรับนักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวด้วยตนเองได้มากขึ้น จึงได้คัดเลือกพื้นที่เป้าหมายจำนวน 4 พื้นที่ ประกอบด้วย



1) คุ่มเจ้าเมฆวดี แหล่งเรียนรู้ด้านประวัติศาสตร์และตำรับอาหารราชสำนักน่าน 2) บ้านตัวเมือง คุ่มแก้ว ชุมชนหัวเวียงใต้ แหล่งเรียนรู้ด้านศิลปะและภาษาศิลปะล้านนา 3) ชุมชนสวนตาล แหล่งเรียนรู้ที่มีชีวิตเรื่องข้าวหอมเมืองน่านที่มีความเป็นมายาวนานกว่า 100 ปี และ 4) วัดสภารศ แหล่งเรียนรู้ด้านประวัติศาสตร์และภูมิปัญญาท้องถิ่นในแง่มุมของความศรัทธา

จากต้นทุดังกล่าว นำมาสู่การวิเคราะห์สถานการณ์ด้านการท่องเที่ยวด้วยการทำ SWOT Analysis พบว่าชมรมส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยชุมชนตำบลในเวียงมีจุดแข็งและโอกาส (S+O) ที่ควรจะนำไปสู่การกำหนดเป็นกลยุทธ์เชิงรุก (Aggressive Strategy) (ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ, 2546) โดยกำหนดเป็นแผนงานการพัฒนาในด้านต่าง ๆ ซึ่งกระบวนการในการจัดทำแผนพัฒนาให้ความสำคัญต่อการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกขั้นตอนซึ่งสามารถอธิบายถึงขั้นตอนการมีส่วนร่วมในงานวิจัยนี้ได้ 4 ระดับ คือ ระดับการให้ข้อมูล ระดับการเปิดรับความคิดเห็นจากประชาชน ระดับการปรึกษาหารือ ระดับการวางแผนร่วมกัน (เทิดชาย ช่วยบำรุง, 2552) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของการพัฒนาการท่องเที่ยวโดยชุมชนที่ระบุว่าการท่องเที่ยวโดยชุมชนเป็นเครื่องมือสร้างความเข้มแข็งขององค์กรชาวบ้านในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรม โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนให้ชุมชนได้มีส่วนร่วมในการกำหนดทิศทางการพัฒนาและได้รับประโยชน์จากการท่องเที่ยว (สถาบันการท่องเที่ยวโดยชุมชน, 2550, น35)

### สรุปผลการศึกษา

บริบทของแหล่งท่องเที่ยวในพื้นที่เมืองเก่าน่านแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญและมีชื่อเสียงหรือเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภทแหล่งท่องเที่ยวทางด้านศิลปวัฒนธรรมและโบราณสถาน บริบทของชุมชนในเขตพื้นที่เมืองเก่าน่านผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในการศึกษาข้อมูล โดยมีการระดมความคิดจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการพัฒนาการท่องเที่ยวโดยชุมชนในพื้นที่เมืองเก่าน่าน ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลที่ดีด้านการท่องเที่ยวของเมืองน่าน หลังจากนั้นจึงมีกระบวนการคัดเลือกพื้นที่เป้าหมายเพื่อจัดทำแผนพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ของชุมชนซึ่งคำนึงถึงการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวใหม่ ๆ ที่มีศักยภาพและมีการบริหารจัดการในรูปแบบการท่องเที่ยวโดยชุมชนทำให้ได้พื้นที่เป้าหมายจำนวน 4 พื้นที่คือ 1) คุ่มเจ้าเมฆวดี แหล่งเรียนรู้ด้านประวัติศาสตร์และตำรับอาหารราชสำนักน่าน 2) บ้านตัวเมือง คุ่มแก้ว ชุมชนหัวเวียงใต้ แหล่งเรียนรู้ด้านศิลปะและภาษาศิลปะล้านนา 3) ชุมชนสวนตาล แหล่งเรียนรู้ที่มีชีวิตเรื่องข้าวหอมเมืองน่านที่มีความเป็นมายาวนานกว่า 100 ปี และ 4) วัดสภารศ แหล่งเรียนรู้ด้านประวัติศาสตร์และภูมิปัญญาท้องถิ่น



แนวทางพัฒนาศักยภาพรองรับการท่องเที่ยวของเมืองเก่า น่าน ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการจัดทำแผนพัฒนา เพื่อเป็นแนวทางสู่การพัฒนาศักยภาพของแหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ของชุมชนในเขตพื้นที่เมืองเก่า น่าน โดยใช้กระบวนการ SWOT Analysis และการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย TOWS Matrix เพื่อกำหนดวิสัยทัศน์ ยุทธศาสตร์ แผนงาน และโครงการ (อัจฉริย์ เหมสันต์ และคณะ, 2554) ที่จะนำไปสู่การปฏิบัติหรือต่อยอดในด้าน งานพัฒนา โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2561). สถานที่ท่องเที่ยวศิลปะ วัฒนธรรม แหล่งมรดก และสถาปัตยกรรม น่าน.

<https://thai.tourismthailand.org/Attraction>

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2556) *ทรัพยากรการท่องเที่ยว ชุมภาคเหนือ น่าน*. กรุงเทพมหานคร: การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย.

เทิดชาย ช่วยบำรุง. (2552). *บทบาทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กับการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน*.

กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.

ศิริพร ถาวรวิสิทธิ์ และ เสรี วงษ์มณฑา. (2560) *แนวทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของจังหวัดน่าน*.

*วารสารสมาคมนักวิจัย*, 26(1), 251. สืบค้นจาก

[http://www.ar.or.th/ImageData/Magazine/40053/DL\\_30505.pdf?t=637638494492254116](http://www.ar.or.th/ImageData/Magazine/40053/DL_30505.pdf?t=637638494492254116)

ศิริวรรณ เสรีรัตน์, ศุภร เสรีรัตน์, ปริญญา ลักษณ์านนท์, และ อองอาจ ปทพานิช. (2546). *การบริหารการตลาดยุคใหม่*.

กรุงเทพฯ: บริษัท ธีระฟิล์ม และโซเทกซ์จำกัด.

สถาบันการท่องเที่ยวโดยชุมชน. (2550). *คู่มือเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชน (CBT-Network Handbook)*.

(น.35). กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาการท่องเที่ยว.

อัจฉริย์ เหมสันต์, บรรจง สมบูรณ์ชัย, ปรานอม ต้นสุขานันท์, และปรัชมาศ ลัญชานนท์ (2554). *ศึกษาศักยภาพ*

*ของวัดในเขตเทศบาลตำบลของอำเภอโดยรอบอำเภอเมืองเชียงใหม่เพื่อวางแผนพัฒนาให้เป็นแหล่ง*

*ท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมของชุมชน กรณีศึกษา เทศบาลตำบลดอยสะเก็ด ยางนึ่งและแมริม. เชียงใหม่:*

*สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.*

Dickman, S. (1996). *Tourism: An Introductory Text*, 2<sup>nd</sup> ed., Australia: Hodder Education.



# การมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอชาติพันธุ์บนฐานทุนวัฒนธรรม เพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจฐานรากบ้านชอระตะ ต.ช่องแคบ อ.พพบพระ จ.ตาก

พรรณธิภา เพชรบุญมี<sup>1\*</sup> และ จักรพันธ์ วงศ์ฤกษ์ดี<sup>1</sup>

## Participation of the Community in the Development of Ethnic Weaving Products based on Cultural Capital to Raise the Economic Value of Foundation Economy of Ban SorRatae, Chongkab Subdistrict, Phop Phra District, Tak Province

Phanthipha Petchboonmee<sup>1\*</sup> and Chakkapan Wonglerkdee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก 63000

<sup>1</sup>Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna Tak 63000

\*Corresponding author. E-mail: gift.phanthipha@gmail.com

### บทคัดย่อ

การมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอชาติพันธุ์บนฐานทุนวัฒนธรรมเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจฐานรากบ้านชอระตะ ต.ช่องแคบ อ.พพบพระ จ.ตาก มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพพบพระ จังหวัดตาก 2) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับสมาชิกในชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพพบพระ จังหวัดตาก และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับผ้าทอปกากะญอของชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพพบพระ จังหวัดตาก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับผ้าทอปกากะญอ ซึ่งเป็นสมาชิกในกลุ่มทอผ้าชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพพบพระ จังหวัดตาก จำนวน 10 คน ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีคัดเลือกแบบเจาะจง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย และการส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า 1) เมื่อเสร็จสิ้นจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ คือกระเป๋าสะพายสำหรับสุภาพสตรี จำนวน 2 รูปแบบ และ 2) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยี พบว่า ผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีครั้งนี้มีความพึงพอใจในภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 ซึ่งสมาชิกชุมชนบ้านชอระตะหลังจากเข้าร่วมโครงการนี้แล้ว สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบอื่น ๆ เพื่อจัดทำจำหน่ายส่งผลให้ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ผ้าทอชาติพันธุ์ ทุนวัฒนธรรม เศรษฐกิจฐานราก



### Abstract

Participation of the Community in the Development of Ethnic Weaving Products based on Cultural Capital to Raise the Economic Value of Foundation Economy of Ban SorRatae, Chongkab Subdistrict, Phop Phra District, Tak Province. The objectives of this research were 1) to develop new products for koren woven fabrics of Ban So Ratae Community, ChongKab Sub-district, Phop Phra District, Tak Province. 2) to transfer knowledge on new product to community members. Ban So Ratae, ChongKab Sub-district, Phop Phra District, Tak Province, and 3) to study the satisfaction of the participants in transferring knowledge on new product development for Karen woven community of Ban So Ratae, ChongKab Sub-district, District. Phop Phra, Tak Province. The sample group used in the research was to receive knowledge transfer on new product development for Karen weaving. They were 10 members of the Weaving Group of Baan Soratae Community, Chong Khaep Sub-district, Phop Phra District, Tak Province. The samples were select by purposive sampling. The statistics used in the data analysis are averaging and standard deviation. The results of the research found that upon completion of the transfer of technology for the development of ga K'nyau weaving products with community participation. Members of Baan Sora Thae community, Chong Khaep Sub-district, Phop Phra District, Tak Province received new products. There are 2 types of ladies shoulder bags and the results of the satisfaction assessment of the participants in the technology transfer revealed that the participants in this technology transfer had overall satisfaction in all aspects at the highest level with an average of 4.74. Ban So Ratae Community members tapped after participating in this project able to apply the acquired knowledge to develop other forms of products for distribution, resulting in increased income for the community enterprises.

**Keywords:** Ethnic woven fabric, Cultural capital, Foundation economy

### บทนำ

ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) มีการกำหนดยุทธศาสตร์ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคมที่เน้นการสร้างความเป็นธรรมและลดความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจและสังคมเพื่อให้ชุมชนเติบโตอย่างยั่งยืน โดยทุกคนจะได้รับประโยชน์อย่างทั่วถึงและเป็นธรรม การกำหนดให้ภาคการเกษตรและครัวเรือนเป็นกลุ่มเป้าหมายของการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจฐานราก เป็นการพัฒนาการเกษตรและอาชีพให้มีความเหมาะสมกับศักยภาพของเกษตรกรบนฐานทรัพยากรและบริบทของพื้นที่และชุมชนท้องถิ่น โดยเน้นระบบการจัดการตนเอง และการมีกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจฐานราก เพื่อให้เกษตรกรเข้าถึงฐานทรัพยากรด้านการวิจัย ความรู้ทั้งทางด้านเทคโนโลยี และนวัตกรรมเพื่อพัฒนาการผลิตเพื่อยกระดับเป็นผู้ประกอบการตลอดห่วงโซ่คุณค่า ตลอดจนเพิ่มช่องทางการตลาด และเชื่อมโยงการค้าด้วยเครือข่ายพันธมิตรและวิสาหกิจเพื่อสังคม พลิกฟื้นโครงสร้างทางสังคมควบคู่ไปกับการพัฒนาเศรษฐกิจ และช่วยลดความเสี่ยงต่อเสถียรภาพทางเศรษฐกิจและความมั่นคงของประเทศได้



เศรษฐกิจฐานรากหรือเศรษฐกิจชุมชน คือ การดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับการผลิตจนถึงระดับการบริโภค เป็นการระดมความคิดหรือการมีส่วนร่วมของชุมชนในการคิด การลงมือปฏิบัติ การรับผลประโยชน์ และร่วมกันเป็นเจ้าของเพื่อให้ชุมชนมีความเข้มแข็งและพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน ปัญหาด้านโครงสร้างทางเศรษฐกิจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิด ความยากจนและความเหลื่อมล้ำโดยเฉพาะในกลุ่มชาติพันธุ์ปกากะญอที่อาศัยอยู่ในพื้นที่อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรที่มีรายได้น้อยและไม่มั่นคง ส่วนมากประสบปัญหาการเข้าถึงทรัพยากรต่าง รวมถึงที่ดินทำกิน การเข้าถึงแหล่งทุน ขาดองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีพ ดังนั้นการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากจึงเป็นความคาดหวังในการที่จะคิดหาวิธีจัดการแก้ไขความยากจนและความเหลื่อมล้ำอย่างถูกต้องและยั่งยืน โดยต้องส่งเสริมให้ชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนให้ดีขึ้นและชุมชนพึ่งพาตนเองได้ สำหรับผ้าทอชนเผ่าชาติพันธุ์ปกากะญอในจังหวัดตาก ก็เกิดปัญหาด้านการผลิตและด้านการตลาดเช่นเดียวกัน ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการออกแบบสวดลายผ้าทอจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการออกแบบผลิตภัณฑ์ผ้าทอชนเผ่าชาติพันธุ์ปกากะญอในพื้นที่จังหวัดตาก มีความจำเป็นต้องนำแนวคิดในการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจสร้างสรรค์มาเป็นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความโดดเด่น โดยเชื่อมโยงกับรากฐานทางวัฒนธรรม เพื่อผลิตสินค้าและบริการด้วยเทคโนโลยีการออกแบบที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อม ผ้าทอมือสามารถสร้างรายได้และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกลุ่มเป้าหมายได้ และสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ และคุณค่าทางสังคม ซึ่งตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในตลาดโลกได้มากยิ่งขึ้น (ปรีดา วิปัสชา และอนุชา แผงเกษร, 2565)

จากการลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูลเบื้องต้น คณะผู้วิจัยได้พบปัญหาของกลุ่มผู้ประกอบการผ้าทอชนเผ่าชาติพันธุ์ปกากะญอ คือ ยังไม่ได้รับการพัฒนาหรือส่งเสริมเท่าที่ควร โดยการผลิตผ้าทอส่วนมากจะใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบเนื่องต่อกันมา โดยไม่มีการปรับเปลี่ยนกระบวนการใด ๆ ทั้งสิ้น ในการทอผ้าจะใช้กี่เอวที่มีขนาดหน้ากว้างน้อย ทำให้ได้ผ้าทอที่มีขนาดหน้ากว้างและมีผืนเล็ก ผ้าทอไม่มีสีสันทัน และไม่มีลวดลายที่น่าสนใจ ทำให้ไม่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้ อีกทั้งยังไม่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคส่วนมาก และยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย ทำให้กลุ่มผู้ประกอบการชนเผ่าชาติพันธุ์ปกากะญอไม่สามารถที่จะขายผ้าทอได้เท่าที่ควร ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นว่าการดำเนินการโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอชาติพันธุ์บนฐานทุนวัฒนธรรมเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจฐานรากบ้านชอระแตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก สามารถทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผ้าทอชนเผ่าชาติพันธุ์ปกากะญอ ในจังหวัดตากได้ และยังเป็นการเพิ่มรายได้ของผลิตภัณฑ์ผ้าทอของชนเผ่าชาติพันธุ์ปกากะญอให้สามารถเข้าสู่ตลาดสากล และรองรับกับเศรษฐกิจพิเศษและการค้าชายแดนได้อย่างยั่งยืน



## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอชาติพันธุ์บนฐานทุนวัฒนธรรมเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจฐานรากบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
2. เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอให้กับสมาชิกในชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอ ชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอชาติพันธุ์บนฐานทุนวัฒนธรรมเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจฐานรากบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

### 1. ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านเวลาในการทำวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินถ่ายทอดองค์ความรู้แบบมีส่วนร่วมของชุมชนในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจของชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ระหว่างวันที่ 11-12 พฤษภาคม 2566 จากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามความพึงพอใจหลังจากผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้เสร็จแล้ว และทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามพร้อมสรุปผลระหว่างวันที่ 13-14 พฤษภาคม 2566

### 2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนาโดยใช้การวิจัยแบบผสมวิธี (Mixed-Method Research) ระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) และการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่ในการดำเนินการ คือ ชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก โดยมีการกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

ประชากร ได้แก่ สมาชิกในกลุ่มทอผ้าชุมชนบ้านชอระตะ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก จำนวน 50 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับผ้าทอปกากะญอ ซึ่งเป็นสมาชิกในกลุ่มทอผ้าชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก จำนวน 10 คน ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีคัดเลือกแบบเจาะจง



### 3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับผ้าทอปกากะญอของชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับคำชี้แจงและข้อคำถามในการประเมินความเหมาะสม 1. ด้านเนื้อหาการฝึกอบรม 2. ด้านวิทยากร 3. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก และ 4. ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการฝึกอบรม และส่วนที่ 2 เป็นคำถามแบบปลายเปิด สำหรับผู้ตอบแบบประเมินแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม และให้ข้อเสนอแนะด้านต่าง ๆ โดยแบบประเมินความพึงพอใจฉบับนี้ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จำนวน 3 ท่าน ในการพิจารณาและหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of item Objective – Congruence: IOC) ซึ่งได้ค่า IOC แบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.90 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.50 แสดงว่าข้อคำถามในแบบสอบถามสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และนำมาทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach’s Alpha) ได้ค่าระดับความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.785 สามารถนำมาใช้ในวิจัยครั้งนี้ได้

### 4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอแบบเดิม ของชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก จากกลุ่มเป้าหมาย ทำการวิเคราะห์จากเอกสาร การสำรวจ การสัมภาษณ์ ข้อมูลในประเด็นความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอแบบเดิม โดยคัดเลือกแบบเจาะจงจำนวน 10 คน และทำการศึกษาข้อมูลรูปแบบและลวดลายของผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอแบบเดิม ที่มีลักษณะเป็นเอกลักษณ์หรืออัตลักษณ์ที่โดดเด่นของชุมชน เพื่อนำมาเป็นจุดขายให้กับผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาขึ้นมา

### 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับผ้าทอปกากะญอของชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จะใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกณฑ์ในการแปลความหมายของแบบประเมินจะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแนวคิดของลิเคอร์ ซึ่งกำหนดค่าคะแนน เป็น 5 ระดับ ดังนี้ คะแนนเท่ากับ 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก คะแนนเท่ากับ 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี คะแนนเท่ากับ 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้ คะแนนเท่ากับ 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้ สำหรับกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.0 หมายความว่า ระดับความพึงพอใจระดับมากที่สุด 3.51 – 4.50 หมายความว่า





ระดับความพึงพอใจระดับมาก 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับความพึงพอใจระดับพอใช้ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับความพึงพอใจระดับน้อย 1.00 – 1.50 หมายความว่า ระดับความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

### ผลการศึกษา

1. ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอของชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอกัญชงรูปแบบใหม่ โดยออกแบบร่วมกับสมาชิกในชุมชนจนได้รูปแบบผลิตภัณฑ์เป็นที่พอใจของทุกฝ่าย คือกระเป๋าสะพายสำหรับสุภาพสตรี จำนวน 2 รูปแบบ แสดงดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอครั้งนี้จะใช้แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์แบบสร้างสรรค์ เน้นลวดลายผ้าที่เป็นเอกลักษณ์หรืออัตลักษณ์ของชุมชน ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 รูปแบบนี้จะเน้นการตัดเย็บด้วยมือ มีการปักลวดลายลงบนผืนผ้า เช่น ปักเป็นลวดลายรูปดอกไม้ต่าง ๆ และใช้สีที่มีความสดใสสวยงาม มีความโดดเด่น เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค ซึ่งแตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิมของผ้าทอชาติพันธุ์ปกากะญอ จะทำการผลิตแต่กระเป๋าที่มีลักษณะเป็นแบบย่าม



รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ กระเป๋าสะพายสำหรับสุภาพสตรี แบบที่ 1 และ แบบที่ 2

2. ผลการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอให้กับสมาชิกในชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ผู้วิจัยได้ทำการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอโดยได้ทำการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ คือกระเป๋าสะพายสำหรับสุภาพสตรี จำนวน 2 รูปแบบ พร้อมให้ผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้ได้ทำการฝึกปฏิบัติการพัฒนาผลิตภัณฑ์จริง เพื่อให้มีทักษะในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปต่อยอดในอนาคต และสามารถสร้างรายได้ให้กับสมาชิกในชุมชนได้



รูปที่ 2 กิจกรรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอแบบมีส่วนร่วมของชุมชน

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอของชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก (รายละเอียดแสดงผลตามตารางที่ 1) ผลการประเมินดังนี้

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก พบว่า ผู้เข้ารับการฝึกอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ในครั้งนี้มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 และเมื่อทำการวิเคราะห์รายด้านพบว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้ง 5 ด้าน โดยด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ที่หลังการเข้าร่วมโครงการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ ด้านเนื้อหาการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ด้านวิทยากร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และ ด้านความรู้ความเข้าใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ผลการประเมินความพึงพอใจมีดังนี้

ด้านการฝึกอบรม ผู้เข้ารับการฝึกอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มีความพึงพอใจด้านการฝึกอบรมในภาพรวมระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 โดยมีความพึงพอใจในด้านเนื้อหาการฝึกอบรม และหลักสูตรการฝึกอบรมมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 รองลงมาคือรูปแบบวิธีการฝึกอบรมมีความเหมาะสมระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ตามลำดับ

ด้านวิทยากร ผู้เข้ารับการฝึกอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มีความพึงพอใจด้านวิทยากรในภาพรวมระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 โดยมีความพึงพอใจในแต่ละด้านในระดับมากที่สุด โดยการตอบคำถามได้ตรงประเด็นและชัดเจน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 รองลงมา ได้แก่ ความสามารถในการถ่ายทอดสื่อสาร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 การเปิดโอกาสให้ซักถามและแสดงความคิดเห็น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 การเรียงลำดับบรรยายเนื้อหาได้ครบถ้วน และ การใช้เวลาตามที่กำหนดไว้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ตามลำดับ

ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก ผู้เข้ารับการฝึกอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มีความพึงพอใจด้านสิ่งอำนวยความสะดวกในภาพรวมระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 โดยมีความพึงพอใจใน



แต่ละด้านในระดับมากที่สุด โดยสถานที่อบรมมีความเหมาะสม และ อาหารมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 รองลงมา ได้แก่ ความพร้อมของอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกอบรม มีความเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และ ระยะเวลาที่ใช้ในการอบรมมีความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ตามลำดับ

ด้านความรู้ความเข้าใจ ผู้เข้ารับการฝึกอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มีความพึงพอใจด้านความรู้ความเข้าใจในภาพรวมระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 โดยมีความพึงพอใจในแต่ละด้านในระดับมากที่สุด โดยมีความรู้ความเข้าใจด้านกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 รองลงมา ได้แก่ มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัสดุที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ตามลำดับ

ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์หลังการเข้าร่วมโครงการฝึกอบรม ผู้เข้ารับการฝึกอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มีความพึงพอใจด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์หลังการเข้าร่วมโครงการฝึกอบรมในภาพรวมระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 โดยมีความพึงพอใจในแต่ละด้านในระดับมากที่สุด โดยสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้ และมีความรู้หลังได้รับการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 รองลงมาได้แก่ สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปเผยแพร่ และถ่ายทอดได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอภาคเหนือ

ความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
<b>1. ด้านการฝึกอบรม</b>	<b>4.80</b>	<b>0.30</b>	<b>มากที่สุด</b>
1. เนื้อหาการฝึกอบรม	5.00	0.00	มากที่สุด
2. รูปแบบและวิธีการฝึกอบรมมีความเหมาะสม	4.40	0.52	มาก
3. หลักสูตรการฝึกอบรมมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
<b>2. ด้านวิทยากร</b>	<b>4.62</b>	<b>0.04</b>	<b>มากที่สุด</b>
1. ความสามารถในการถ่ายทอด / สื่อสาร	4.70	0.48	มากที่สุด
2. การเรียงลำดับบรรยายเนื้อหาได้ครบถ้วน	4.50	0.53	มากที่สุด
3. การเปิดโอกาสให้ซักถามและแสดงความคิดเห็น	4.60	0.52	มากที่สุด
4. การตอบคำถามได้ตรงประเด็นและชัดเจน	4.80	0.42	มากที่สุด
5. การใช้เวลาตามที่กำหนดไว้	4.50	0.53	มากที่สุด
<b>3. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก</b>	<b>4.78</b>	<b>0.30</b>	<b>มากที่สุด</b>
1. สถานที่อบรมมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
2. ความพร้อมของอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกอบรม	4.60	0.52	มากที่สุด
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการอบรมมีความเหมาะสม	4.50	0.53	มากที่สุด
4. อาหารมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด



ตารางที่ 1 (ต่อ)

ความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
4. ด้านความรู้ความเข้าใจ	4.60	0.03	มากที่สุด
1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัสดุที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์	4.50	0.53	มากที่สุด
2. มีความรู้ความเข้าใจด้านกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์	4.70	0.48	มากที่สุด
5. ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์หลังการเข้าร่วมโครงการฝึกอบรม	4.90	0.28	มากที่สุด
1. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้	5.00	0.00	มากที่สุด
2. สามารถนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ / ถ่ายทอดองค์ความรู้ต่อได้	4.70	0.48	มากที่สุด
3. ความรู้ที่ได้รับหลักฝึกอบรม	5.00	0.00	มากที่สุด
รวมความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้	4.74	0.07	มากที่สุด

### อภิปรายผลการศึกษา

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอชาติพันธุ์บนฐานทุนวัฒนธรรมเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจฐานรากบ้านชอระตะ ตำบลช่อแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอชาติพันธุ์บนฐานทุนวัฒนธรรมเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจฐานรากบ้านชอระตะ ตำบลช่อแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก คณะผู้วิจัยและสมาชิกในชุมชนบ้านชอระตะได้ร่วมกันออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้แนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์ โดยคำนึงถึงอัตลักษณ์ของชนชาติพันธุ์ชาวปกากะญอ กล่าวคือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์จะทำการทอผ้าและปักผ้าด้วยมือ เน้นการใช้ลวดลายรูปดอกไม้ที่มีสีสดใสสวยงามเพราะว่าลวดลายเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความโดดเด่น สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้ การพัฒนาผลิตภัณฑ์จะมีขั้นตอนในการผลิตที่ไม่ยากจนเกินไปและตรงกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน ในด้านลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ จะเน้นรูปทรงและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ให้มีขนาดกะทัดรัด มีความเหมาะสมกับราคาจำหน่ายให้มากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรชัย ปานทุ่ง (2562) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอแบบมีส่วนร่วมของชุมชนบ้านภูทอง จังหวัดสุโขทัย พบว่า การออกแบบลวดลายผ้าทอให้เกิดอัตลักษณ์ มีความแตกต่างจากท้องถิ่นอื่น ๆ เป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากการทอผ้าเป็นหัตถกรรมและศิลปะอย่างหนึ่งที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณ และยังเป็นส่วนหนึ่งของวิถีชีวิตของมนุษย์ นอกจากนี้การทอผ้ายังถือเป็นงานศิลปะประเภทหนึ่ง กล่าวคือการทอผ้าในแต่ละกลุ่มชนล้วนมีรูปแบบลวดลายของ ผืนผ้าที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบและลวดลายบนผืนผ้าบ่งบอกถึง เรื่องเล่าหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ผ่านระยะเวลาที่ยาวนาน รวมทั้ง ยังบ่งบอกถึงเอกลักษณ์และวัฒนธรรม ความเชื่อ ความเป็นมา ของกลุ่มชนนั้น ๆ โดยลวดลายและสัญลักษณ์มีชื่อเรียกสืบต่อกันมาอีกด้วย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรีณีย์ จันทรแก้ว (2565) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบกระเป๋า



สุภาพบุรุษจากผ้าทอกะเหรี่ยง จังหวัดลำพูน พบว่า การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชนสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้และตรงกับความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน เนื่องจากนักท่องเที่ยวนิยมสินค้าที่เป็นกลุ่มชาติพันธุ์เป็นส่วนใหญ่ โดยผลิตภัณฑ์ต้องมีความทันสมัย และมีรูปแบบที่หลากหลาย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติกรณ บำรุงบุญ และ ปิยลักษณ์ โพธิวรรณ (2564) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกที่สะท้อนอัตลักษณ์ท้องถิ่นจังหวัดมหาสารคามเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจ ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกและบรรจุภัณฑ์ คือ รูปทรงและลวดลายที่สะท้อนอัตลักษณ์ของท้องถิ่นหรือชุมชนนั้นเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม และมีเอกลักษณ์ที่โดดเด่น สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายได้

2. การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอชาติพันธุ์ปกากะญอให้กับสมาชิกในชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก เมื่อพิจารณาโดยรวม พบว่า เข้ารับการฝึกอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับผ้าทอปกากะญอของชุมชนบ้านชอระตะ ตำบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 เนื่องจากเนื้อหาและหลักสูตรที่นำมาถ่ายทอดเทคโนโลยีในครั้งนี้ ตรงกับความต้องการของสมาชิกในชุมชนและยังเสริมสร้างศักยภาพของชุมชนในการแข่งขันอย่างยั่งยืนได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับ ยังสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของกลุ่มได้อีก คือ กระเป๋าสะพายสำหรับสุขภาพสตรี ซึ่งการได้มาของเนื้อหาและหลักสูตรการอบรมในครั้งนี้ เกิดจากการมีส่วนร่วมของชุมชนในการคิด วิเคราะห์ข้อมูล สังเคราะห์ข้อมูล ในเรื่องจุดเด่น จุดด้อย และอัตลักษณ์ของชุมชน จากนั้นผู้วิจัยและสมาชิกในชุมชนได้ร่วมกันสรุปข้อมูลจนได้หลักสูตรที่ตรงกับความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทรัพย์ อมรภิญโญ (2564) ที่ได้ศึกษาเรื่อง การยกระดับผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์โดยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรบ้านกองนาง อำเภอท่าบ่อ จังหวัดหนองคาย ได้กล่าวว่า การยกระดับผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์โดยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มในประเด็นด้านการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์ที่มีอัตลักษณ์เฉพาะตัว มีเรื่องราวผลิตภัณฑ์บนรากฐานภูมิปัญญาท้องถิ่น สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างรายได้ให้กับชุมชนได้และสามารถเสริมสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจของชุมชนได้อย่างยั่งยืน และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัญญา พงษ์สิน (2564) ได้ศึกษาเรื่อง การมีส่วนร่วมของชุมชนในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชุมชนตามแนวทางการท่องเที่ยว OTOP นวัตวิถี : กรณีศึกษา บ้านวังขันธ์ หมู่ 11 ตำบลโพชนไก่ อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี ผลการวิจัยพบว่า การมีส่วนร่วมในการจัดการตลาดของสมาชิกชุมชน ได้แก่ การมีส่วนร่วมในการร่วมแสดงความคิดเห็นและการเป็นส่วนหนึ่งของการบริหารจัดการภายในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และด้านการตลาดมีความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์



เพื่อให้การเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์และแสดงถึงความเป็นอัตลักษณ์ชุมชนโดยการมีส่วนร่วมของสมาชิกภายในกลุ่ม ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในทุก ๆ ขั้นตอน ซึ่งจะส่งผลให้ชุมชนมีความเข้มแข็งขึ้นและนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นอัตลักษณ์ของชุมชนได้อย่างยั่งยืน

### สรุปผลการศึกษา

1. ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอของชุมชนบ้านชอระตะ ต่าบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอกัญชารูปแบบใหม่ โดยออกแบบร่วมกับสมาชิกในชุมชนจนได้รูปแบบผลิตภัณฑ์เป็นที่พอใจของทุกฝ่าย คือกระเป๋าสะพายสำหรับสุภาพสตรี จำนวน 2 รูปแบบ แสดงดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอครั้งนี้จะใช้แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์แบบสร้างสรรค์ เน้นลวดลายผ้าที่เป็นเอกลักษณ์หรืออัตลักษณ์ของชุมชน ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 รูปแบบนี้จะเน้นการตัดเย็บด้วยมือ มีการปักลวดลายลงบนผืนผ้า เช่น ปักเป็นลวดลายรูปดอกไม้ต่าง ๆ และใช้สีที่มีความสดใสสวยงาม มีความโดดเด่น เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค

2. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอปกากะญอของชุมชนบ้านชอระตะ ต่าบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก หลังจากทำการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมโดยใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยแบ่งหัวข้อการประเมินความพึงพอใจออกเป็นด้านต่าง ๆ 5 ด้าน ดังนี้ คือ 1. ด้านเนื้อหาการฝึกอบรม 2. ด้านวิทยากร 3. ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก 4. ด้านความรู้ความเข้าใจ และ 5. ด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ที่หลังการเข้าร่วมโครงการฝึกอบรม ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับผ้าทอปกากะญอของชุมชนบ้านชอระตะ ต่าบลช่องแคบ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก พบว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ในครั้งนี้มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 และเมื่อทำการวิเคราะห์รายด้านพบว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้ง 5 ด้าน โดยด้านการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ที่หลังการเข้าร่วมโครงการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ ด้านเนื้อหาการฝึกอบรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ด้านสิ่งอำนวยความสะดวก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 ด้านวิทยากร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และ ด้านความรู้ความเข้าใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ตามลำดับ

### เอกสารอ้างอิง

กิตติกรณ บำรุงบุญ และ ปิยลักษณ์ โพธิ์วรรณ. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกที่สะท้อนอัตลักษณ์ท้องถิ่น



- จังหวัดมหาสารคามเพื่อยกระดับมูลค่าทางเศรษฐกิจ. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 40(2), 7 – 24.
- ทรัพย์ อมรภิญโญ. (2564). การยกระดับผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์โดยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรบ้านกองนาง อำเภอบ้านไถ่ จังหวัดหนองคาย. *วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 3(6), 103 –121.
- ปรีดา วิปัสชา และอนุชา แพ่งเกสร. (2565). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอมือโดยการมีส่วนร่วมของผู้ผลิตนกออกแบบ ผู้จัดจำหน่าย และผู้บริโภค จังหวัดมุกดาหาร. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมมหาดไทยวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 13* (น. 2836 – 2849). มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ สงขลา.
- พรชัย ปานทุ่ง. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอแบบมีส่วนร่วมของชุมชนบ้านภูทอง จังหวัดสุโขทัย. *วารสารเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่*, 11(4), 331–345.
- ศรัณย์ จันท์แก้ว. (2565). การพัฒนารูปแบบกระเป๋าสุภาพบุรุษจากผ้าทอกะเหรี่ยง จังหวัดลำพูน. *วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์*, 9(4), 66 – 79.
- สุกัญญา พยุงสิน. (2564). การมีส่วนร่วมของชุมชนในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ชุมชนตามแนวทางการท่องเที่ยว OTOP นวัตวิถี: กรณีศึกษา บ้านวังฆรณ์ หมู่ 11 ตำบลโพชนไก่ อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม*, 16(2), 45–58.



## การศึกษาแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห

### ตำบลห้วยรอ อำเภอมือง จังหวัดพิษณุโลก

พจนา เอี่ยมโฉม<sup>1</sup>, อริภาภัสร์ คำลือ<sup>1</sup>, ลูกน้ำ อยู่เมฆ<sup>1</sup>, สุदारัตน์ โพธิ์เจริญ<sup>1\*</sup>

และ จุฑาธิป ประดิพัทธ์นฤมล<sup>1</sup>

### A Study of Conservation Guidelines for Ban Tao Hai pottery local wisdom

### Tambon Hua Ro mueang district Phitsanulok Province

Potjana Aiemchom<sup>1</sup>, Aripapas Khamlue<sup>1</sup>, Looknam Yumek<sup>1</sup>, Sudarat Phojaroen<sup>1\*</sup>

and Chuthatip Pradipatnaruemol<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Public Administration, Faculty of Social Sciences and Local Development, Phibunsongkhram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

\* Corresponding author. E-mail: Sudarat.pho@psru.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่องนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาตามวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ตำบลห้วยรอ อำเภอมือง จังหวัดพิษณุโลก 2) เพื่อเสนอแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น ตำบลห้วยรอ อำเภอมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง สมาชิกทั้งหมด จำนวน 17 คน มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ซึ่งได้จากการถูกคัดเลือกมาแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือการวิจัยใช้เป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างการเก็บข้อมูลโดยสัมภาษณ์เชิงลึก และการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยใช้แนวทางการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า 1) กลุ่มตัวอย่างได้ทราบถึงแหล่งพื้นที่อยู่อาศัยของชุมชนบ้านเตาไหว่าสมัยโบราณมีพื้นที่อาศัยอยู่ติดบริเวณริมฝั่งแม่น้ำมีการค้าขายผ่านทางแม่น้ำและมีการคิดค้นศิลปะหัตถกรรมการทำเครื่องปั้นดินเผาโดยการนำเอาดินที่เป็นทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่มาใช้ในการปั้นให้เกิดประโยชน์ ซึ่งความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไหมีลวดลายอัตลักษณ์เฉพาะหรือเรียกว่าลาย “อุ” ทำให้มีลวดลายที่โดดเด่น ปัจจุบันมีหน่วยงานเข้ามาส่งเสริมทางด้านการอนุรักษ์ภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ประกอบกับการจัดตั้งสถานที่ศูนย์การเรียนรู้ เพื่อเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห 2) แต่ละกลุ่มมีแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผา มีการลงมือปฏิบัติมีการส่งเสริมจากหน่วยงานภาครัฐหรือเอกชนสนับสนุนในด้านต่างๆ แต่ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบเจอ ได้แก่ ด้านงบประมาณ วัสดุอุปกรณ์ ขาดกลุ่มบุคคลรุ่นใหม่มาสานต่อการทำเครื่องปั้นดินเผา ตลอดจนควรมีการให้ความสำคัญกับการทำเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไหมากขึ้น





คำสำคัญ: แนวทางการอนุรักษ์ เครื่องปั้นดินเผา ภูมิปัญญาท้องถิ่น

#### Abstract

The objectives of this research were to 1) study the local wisdom and pottery products of Ban Tao Hai, Hua Ro sub-district, Mueang district, Phitsanulok Province, and 2) propose conservation guidelines with local community participation in Hua Ro sub-district, Mueang district, Phitsanulok Province. using the samples, a total of 17 members categorized into four groups with purposive sampling. The research instrument was a semi-structured interview to collect the data with an in-depth interview, and data analysis was conducted using content and descriptive analysis approaches. The study was discovered as follows: 1) The samples knew the residential area of the Ban Tao Hai community, which was near the riverbank in ancient times. There was trading through the river, and people invented handcrafts in the form of pottery, made of clay, as it is a natural resource within the area to be utilized for. The importance of the local wisdom of pottery products at Ban Tao Hai community is their unique pattern called “Au” which makes them outstandingly patterns. At the present, more agencies support and promote the conservation of the local wisdom and pottery products of Ban Tao Hai the establishment of learning centers to preserve the local wisdom and pottery products of Ban Tao Hai. 2) each group has its own guidelines for participation in the local wisdom and pottery product conservation with the implementation promoted by public and private agencies in several aspects. However, most of the issues found by this study included budget, materials, and equipment, as well as a lack of a new generation to continue this local wisdom and pay more attention to making the pottery products.

**Keywords:** Conservation Guidelines, earthenware, local wisdom

#### บทนำ

จากสถานการณ์ประเทศไทยในปัจจุบันได้เผชิญกับวิกฤตเศรษฐกิจหลายครั้งที่ทำให้เกิดปัญหาหลายอย่าง เช่น ปัญหาความยากจนและซึ่งส่งผลต่อประชาชนในทุกระดับ และรัฐบาลมีแนวความคิดที่จะหาวิธีการดำเนินงานที่ทำให้ประเทศสามารถกำหนดยุทธศาสตร์ของประเทศให้มีความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจที่สูงขึ้นสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจโลก เพื่อให้ประเทศไทยบรรลุวิสัยทัศน์ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน” ด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (โชติ บดีรัฐ, 2561)

ในอดีตนั้นบริเวณชุมชนบ้านเตาไหนดานั้น มีการทำเครื่องปั้นดินเผาบริเวณฝั่งริมแม่น้ำน่าน เป็นแหล่งเตาเผาโบราณ ชุมชนบ้านเตาไหนด้าได้มีการคิดค้นภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผา มีการปั้น จาน ชาม แก้ว กาแฟ แจกัน และกระถาง เครื่องปั้นดินเผาจึงเป็นเครื่องใช้ที่จำเป็นในวิถีชีวิตของคนในชุมชน เพราะมีประโยชน์



ใช้สอย จึงกลายเป็นอาชีพที่สามารถเลี้ยงชีพของชุมชนได้เป็นอย่างดี เป็นมรดกตกทอดมาจนทุกวันนี้ (โชติ บดีรัฐ, 2561)

ปัจจุบันเครื่องปั้นดินเผาได้มีการพัฒนาไปมาก มีรูปแบบที่หลากหลายที่ทันสมัยโดยสถานการณ์ปัจจุบันเริ่มมีความเจริญทางวัตถุเข้ามามีบทบาทกับสังคมไทยมากขึ้น มีการผลิต คิดค้น วัสดุต่าง ๆ เช่น พลาสติก และอลูมิเนียมในการใช้สอยในชีวิตประจำวัน ทำให้เครื่องปั้นดินเผาถูกลดบทบาทและความสำคัญลงรวมถึงการดำรงรักษาและอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไหเป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่อง ทั้งนี้ อาจมีสาเหตุมาจากการขาดบุคคลที่มีความสนใจในการอนุรักษ์สืบสานต่อ และขาดการประชาสัมพันธ์ถึงการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ส่งผลให้ประชาชนภายนอกไม่ทราบถึงการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นกับชุมชนบ้านเตาไห จึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผา และเพื่อเป็นกระบวนการหนึ่งในการเสนอแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห โดยการมีส่วนร่วมของชุมชนบ้านเตาไห ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อเสนอแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

#### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อต้องการให้ได้รับข้อมูลเชิงประจักษ์ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย 4 กลุ่มสำคัญได้แก่ ผู้นำชุมชนจำนวน 1 คน ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่บ้านเตาไห จำนวน 5 คน ปราชญ์ชาวบ้านจำนวน 1 คน และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไหจำนวน 10 คน รวมแล้วเป็นจำนวน 17 คน คณะผู้วิจัยได้มีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

#### เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

แบบสัมภาษณ์ (Interview Form) เป็นแบบเชิงลึกแบบมีโครงสร้างชนิดปลายเปิด ส่วนที่ 1 ด้านที่มาและความสำคัญ ส่วนที่ 2 ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผา ส่วนที่ 3 การอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ส่วนที่ 4 การมีส่วนร่วมของชุมชน การสัมภาษณ์แบบเจาะลึกจึงต้องปรับเปลี่ยนไปตามสถานการณ์ ตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (data triangulation) โดยการตรวจสอบแหล่งของข้อมูลแหล่งที่มาที่ใช้พิจารณาในการตรวจสอบ ได้แก่ เวลา สถานที่



และบุคคลที่ต่างกันต้องได้ข้อมูลที่ตรงกัน โดยคณะผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามหลายครั้งในเวลาที่ต่างกัน การวิเคราะห์ข้อมูลในการรวบรวมข้อมูลภาคสนาม คณะผู้วิจัยได้จำแนกประเด็นการสัมภาษณ์อย่างเป็นระบบและได้จดประเด็นสำคัญ ๆ เป็นแนวทางในการตรวจสอบเมื่อจบประเด็นการสัมภาษณ์เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งได้ดำเนินการไปพร้อมกับการเก็บข้อมูลภาคสนามแล้วนำเสนอเชิงพรรณนา

#### เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

- 1) แบบบันทึกการสังเกตในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมในการทำเครื่องปั้นดินเผาทางด้านสภาพแวดล้อม และทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น สภาพสังคมวัฒนธรรมท้องถิ่น
- 2) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ประกอบด้วย แนวคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผา
- 3) เครื่องบันทึกเสียง เพื่อใช้ในการบันทึกเสียงขณะที่สัมภาษณ์
- 4) กล้องถ่ายภาพ เพื่อใช้ในการบันทึกภาพการทำเครื่องปั้นดินเผาของคนในชุมชน

#### การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยจะประยุกต์ใช้การศึกษาภาคสนาม (field study) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลบริบทของชุมชนในมิติทางสังคม และวัฒนธรรมของกลุ่มการทำเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ทางด้านการกำหนดแนวทางดำเนินงาน การจัดการกระบวนการเรียนรู้ การอนุรักษ์ส่งเสริม การกำหนดแนวทางของการศึกษาการอนุรักษ์ที่ส่งผลในการเพิ่มคุณค่าการทำเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไหด้วยวิธีการ ดังนี้

- 1) การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (in-depth interview) ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลบริบทของชุมชนในมิติทางสังคม และวัฒนธรรมของชุมชนวิสาหกิจชุมชนบ้านเตาไห ที่ส่งผลถึงแนวทางการอนุรักษ์เครื่องปั้นดินเผา และกระบวนการเรียนรู้ การพัฒนาและสืบทอดภูมิปัญญาการทำเครื่องปั้นดินเผาจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (key informant) ซึ่งได้แก่ ผู้นำชุมชน ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่บ้านเตาไห ปรชาญชาวบ้าน และกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
- 2) การศึกษาจากเอกสาร (documentary research) โดยคณะผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้และสืบทอดภูมิปัญญาทั้งเอกสารที่เป็นทางการ

#### ผลการศึกษา

ผลการสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยแบบสัมภาษณ์แบ่งออกเป็นจำนวน 4 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้



### ส่วนที่ 1 ด้านที่มาและความสำคัญของเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห

1) ด้านที่มาและความสำคัญของเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห จุดเริ่มต้นในการเกิดเครื่องปั้นดินเผาในอดีตเมื่อก่อนบ้านเตาไหเคยเป็นแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาเตาไม้เผาขนาดใหญ่ทรงประทุนขนาดใหญ่ก่อด้วยอิฐมีการนำเอาดินบริเวณริมแม่น้ำน่านมาทำเครื่องปั้นดินเผาโบราณจำนวนมาก มีการค้าขาย และเป็นของเครื่องใช้ในราชวัง

### ส่วนที่ 2 ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผา ประกอบด้วย 5 ด้าน

1) ด้านการฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่น การฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาที่มีความสำคัญต่อชุมชนทำให้คนรุ่นหลังได้ทราบถึงภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตน เพราะเป็นการรักษาภูมิปัญญาเดิมไว้ไม่ให้หายไปจากชุมชน

2) ด้านการสกัดความรู้ที่มีอยู่ในตัวบุคคลและกลุ่ม มีการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนที่มีความสำคัญมากที่มีการนำความรู้ในการทำเครื่องปั้นดินเผา และมีความรู้บอกถึงวิธีการทำให้กับคนที่ทำไม่เป็นหรือสนใจอยากจะทำเครื่องปั้นดินเผาได้มาเรียนรู้ร่วมกันแล้วมีการนำมาปฏิบัติ และร่วมกันทำให้เกิดการอนุรักษ์ในการทำเครื่องปั้นดินเผา

3) ด้านการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม การนำเทคโนโลยีเข้ามาแก้ไขปัญหาค่าใช้จ่ายในการผลิตทำให้เกิดความสะดวกสบาย เป็นผลดีในเรื่องของการผลิตการทำเครื่องปั้นดินเผาได้ในเวลาอันสั้น และได้รูปแบบใหม่ๆ ในการอนุรักษ์และสืบสานโดยการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยแก้ไข้ปัญหา

4) ด้านการสร้างสรรคความรู้ใหม่ เครื่องปั้นดินเผาที่มีการทำรูปแบบที่แตกต่างจากเดิมและมีรูปแบบใหม่มีลวดลายสวยงาม มีรูปแบบใหม่ๆ ขึ้นมาเยอะเพื่อให้ทันสมัยต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างตลอดเวลา

5) ด้านการจัดการระบบจัดการเก็บความรู้ การทำเครื่องปั้นดินเผาที่มีการกระจายความรู้การถ่ายทอดองค์ความรู้ไปยังบุคคลอื่น ๆ โดยการมีพิพิธภัณฑ์ศูนย์การเรียนรู้ให้กับผู้คนที่อยากจะมาหาความรู้ที่กลุ่มวิสาหกิจ

### ส่วนที่ 3 การอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ประกอบด้วย 5 ด้าน

1) ด้านการสร้างสรรคทางวัฒนธรรม มีความประสงค์ให้ช่วยเหลือให้มีการทำเครื่องปั้นดินเผาแต่ยังขาดงบประมาณ ในการจัดกิจกรรมสร้างสรรคเครื่องปั้นดินเผาขึ้นมาทำให้คนมาสนใจในเครื่องปั้นดินเผา

2) ด้านการส่งเสริมและสนับสนุน มีความประสงค์ให้หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน เข้ามามีบทบาทในการสนับสนุนในการอนุรักษ์การทำเครื่องปั้นดินเผา

3) ด้านการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ มีความประสงค์ที่จะเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ไปยังสถานที่ต่าง ๆ ช่วยให้เกิดการถ่ายทอดความรู้และการอนุรักษ์หัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผา อย่างเช่น ในเมืองพิษณุโลกและสถานที่ต่าง ๆ เพื่อให้ชาวต่างชาติและนักท่องเที่ยวที่มาจากต่างจังหวัดได้รู้ถึงความเป็นมาของเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห

4) ด้านการจัดบริการทางวัฒนธรรม อดีตนั้นเมื่อก่อนไม่มีการสืบทอดและไม่มีการอนุรักษ์เครื่องปั้นดินเผาจึงไม่มีใครสนใจที่จะเข้ามาศึกษาและฟื้นฟู และผลิตเครื่องปั้นดินเผา



5) ด้านการจัดการทรัพยากร จากอดีตจนถึงปัจจุบันชุมชนมีการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ในการทำเครื่องปั้นดินเผาคือ นำดินที่อยู่ในบริเวณริมแม่น้ำน่านที่มีอยู่มากมาใช้ให้เกิดประโยชน์

ส่วนที่ 4 การมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น ประกอบด้วย 6 ด้าน

1) ด้านความสนใจ คนปัจจุบันไม่ค่อยสนใจที่จะอนุรักษ์ การทำเครื่องปั้นดินเผาแต่คนบางกลุ่มก็มีความสนใจอยากที่จะอนุรักษ์ไว้ให้คนรุ่นหลังได้รู้ถึงความเป็นเอกลักษณ์พื้นบ้านของตน

2) ด้านความพึงพอใจ คนในชุมชนมีความพึงพอใจที่จะอนุรักษ์ภูมิปัญญาความเป็นเอกลักษณ์ของพื้นบ้านความเป็นบ้านเตาไหไว้ ที่บรรพบุรุษได้สร้างเครื่องปั้นดินเผาไว้ตลอดจนถึงในปัจจุบัน

3) ด้านการตัดสินใจร่วมกัน การตัดสินใจร่วมกันมีการปรึกษากันในกลุ่มของวิสาหกิจชุมชนเพื่อนำข้อตกลงมาพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาให้ดีขึ้น

4) ด้านบุคคล การสรรหาบุคคลที่มีความรู้ความสามารถเข้ามาช่วยในการอนุรักษ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไหให้มีความสำคัญคือ ทำเครื่องปั้นดินเผามีการพัฒนา

5) ด้านสังคมและเศรษฐกิจ การทำเครื่องปั้นดินเผาเป็นผลิตภัณฑ์ระบบเศรษฐกิจในชุมชน สามารถต่อยอดนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์สินค้าเพื่อสร้างรายได้ให้กับตนเองและชุมชน ทำให้ชุมชนเกิดการผลิตภัณฑ์สินค้าและนำไปสู่การกระจายสินค้า

6) ด้านการติดต่อสื่อสาร การใช้สิ่งติดต่อสื่อสารต่าง ๆ เพื่อเชิญชวนคนในท้องถิ่นให้มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห เช่น การสื่อสารโดยการประชาสัมพันธ์ภายในหมู่บ้าน

#### อภิปรายผลการศึกษา

จากการสรุปผลการการศึกษาแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไหตามวัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ตำบลห้วยรอ อำเภอมือง จังหวัดพิษณุโลก
- 2) เพื่อเสนอแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ตำบลห้วยรอ อำเภอมือง จังหวัดพิษณุโลก

ส่วนที่ 1 ด้านที่มาและความสำคัญของเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห



รูปที่ 1 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลศูนย์การเรียนรู้เครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ข้อสังเกตที่ได้จากการลงพื้นที่ ปัจจุบันชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณริมแม่น้ำน่าน ชุดพบซากปลักหักพังของเครื่องปั้นดินเผาเป็นจำนวนมากบริเวณริมแม่น้ำน่าน ชุมชนได้นำมาเก็บรักษาอนุรักษ์ไว้ ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของบ้านเตาไหที่มีการสืบทอดมา มีความสำคัญคือเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของบ้านเตาไหเรียกว่าลวดลาย “อุ” ที่เป็นภูมิปัญญาของชุมชนในอดีตที่สื่อถึงความเป็นบ้านเตาไหมีการทำเครื่องปั้นดินเผาเพื่อเป็นสิ่งของเครื่องใช้ และเครื่องประดับตกแต่ง

พบว่า การศึกษาทางภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห จุดเริ่มต้นในการเกิดเครื่องปั้นดินเผาในอดีตเมื่อก่อนบ้านเตาไหเคยเป็นแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผา มีเตาเผาขนาดใหญ่ทรงประทุนก่อด้วยอิฐ มีการนำเอาดินบริเวณริมแม่น้ำมาทำเครื่องปั้นดินเผา โดยมีลักษณะลวดลายบนเครื่องปั้นดินเผามีลักษณะขดเป็นวงกลมบริเวณปลายมีลักษณะแหลมเป็นเอกลักษณ์ของลาย “อุ” และมีเครื่องปั้นดินเผาโบราณเป็นจำนวนมาก มีการค้าขายเครื่องปั้นดินเผาผ่านแม่น้ำน่านกับต่างชาติ บางทีว่าเมื่อก่อนเคยเป็นของใช้ในราชวัง วัด และเป็นเครื่องประดับตกแต่งในสมัยนั้น หลังจากนั้นปัจจุบันชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณริมแม่น้ำน่านจึงชุดพบซากปลักหักพังของเครื่องปั้นดินเผาเป็นจำนวนมาก ชุมชนได้นำมาเก็บรักษาอนุรักษ์ไว้ และเป็นเอกลักษณ์ของบ้านเตาไหสืบมา ต่อมาชุมชนเริ่มมีการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชน โดยมีหน่วยงานเข้ามาส่งเสริมทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห และได้รื้อฟื้นการทำเครื่องปั้นดินเผาจนมาถึงปัจจุบันด้วยวิสาหกิจชุมชน ได้จัดตั้งศูนย์การเรียนรู้ การสร้างอาชีพ ประสพการณ์ การสอนการปั้น เพื่อการอนุรักษ์ภูมิปัญญาเกิดขึ้นจากการรวมกลุ่มของคนในชุมชนที่มีความผูกพันกันในระบบครอบครัวของคนในสังคมเป็นพื้นที่ที่สามารถสร้างรายได้ โดยมีทุนทางสังคมและภูมิปัญญาท้องถิ่น ผลการศึกษาที่ยังมีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ พระรัฐกร สุขอ้วน (2551) ได้ทำการศึกษา ภูมิปัญญาพื้นบ้านในการอนุรักษ์ฟื้นฟูและพัฒนาศิลปหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาเชิงเศรษฐกิจชุมชน พบว่า ได้มีการสืบทอดจากพ่อแม่สู่ลูกการผลิตมีการกระทำภาครัฐควรเข้ามาส่งเสริมผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ให้รู้จักเป็นที่แพร่หลาย ส่งเสริมให้มีการท่องเที่ยว การประชาสัมพันธ์ สร้างงาน สร้างรายได้ และเห็นคุณค่าของงานหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผา เพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจและชุมชน

ส่วนที่ 2 ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผา



ผลการวิจัยพบว่า 1) ด้านการฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผามีความสำคัญและมีประโยชน์ต่อชุมชน สังคม ทำให้คนรุ่นหลังได้รู้ถึงภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตนเองมีความสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ปารีชาติ วลัยเสถียร (2549) ได้ทำการศึกษาความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีอยู่เดิมทุกชุมชนท้องถิ่นมีความรู้และภูมิปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตทั้งด้านการผลิต สังคม วัฒนธรรม การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การฟื้นฟูความรู้ภูมิปัญญาที่มีอยู่เดิม 2) ด้านการสกัดความรู้ที่มีอยู่ในตัวบุคคลและกลุ่ม มีการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนมีการนำความรู้ในการทำเครื่องปั้นดินเผา 3) ด้านการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์การทำเครื่องปั้นดินเผาเข้ามาช่วยในการอนุรักษ์เครื่องปั้นดินเผาที่มีประโยชน์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ นครเศร รังควิต และสานรุ่ง เสาร์บัน (2548) ได้ศึกษาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศส่งเสริมผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้าน พบว่า ผลการใช้สื่อเป็นประเภทสื่อหรือข่าวสารที่จากคนที่รู้จัก เป็นการบอกกล่าวแบบปากต่อ ปากมากที่สุด 4) ด้านการสร้างสรรคความรู้ใหม่ เครื่องปั้นดินเผามีการทำรูปแบบที่แตกต่างจากเดิมและมีรูปแบบใหม่มีลวดลายสวยงาม มีรูปแบบใหม่ ๆ ขึ้นมาเยอะ เพื่อให้ทันสมัยต่อการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา พบว่า มีการถ่ายทอดภูมิปัญญาการทำเครื่องปั้นดินเผาจากคนรุ่นเก่าสู่ลูกหลานในชุมชน มีการสร้างสรรคความรู้เพิ่มเติมรูปแบบลวดลายให้มีความหลากหลาย และ 5) ด้านการจัดการระบบการจัดการเก็บความรู้ การทำเครื่องปั้นดินเผามีการกระจายความรู้การถ่ายทอดองค์ความรู้ไปยังบุคคลอื่น ๆ โดยการมีพิพิธภัณฑ์ศูนย์การเรียนรู้ให้กับผู้คนที่อยากจะมาหาความรู้ที่กลุ่มวิสาหกิจสร้างขึ้นมา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ปารีชาติ วลัยเสถียร (2549) ด้านการจัดระบบการจัดการเก็บความรู้ จากการรวบรวมความรู้ การถอดองค์ความรู้ต่าง ๆ นำมาแยกเป็นหมวดหมู่ในลักษณะต่าง ๆ คือ 1) ฐานข้อมูลเอกสาร 2) ฐานข้อมูลบุคคล 3) การมีเขียนบันทึก

### ส่วนที่ 3 การอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ผลการวิจัยพบว่า 1) ด้านการสร้างสรรคทางวัฒนธรรม การจัดกิจกรรมสร้างสรรคเครื่องปั้นดินเผาทำให้เกิดสิ่งใหม่ ๆ ขึ้นมาทำให้คนมาสนใจในเครื่องปั้นดินเผาเพื่อเป็นการพัฒนาในทางที่ดีในการสร้างสรรคทางวัฒนธรรม ในการสร้างสรรคสินค้าและบริการใหม่ ๆ ที่ใช้ความคิดสร้างสรรคในการเชื่อมโยงกับรากฐานทางวัฒนธรรม เทคโนโลยี สังคม 2) ด้านการส่งเสริมและสนับสนุน เครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาใหม่มีความประสงค์ให้หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน เข้ามามีบทบาทในการสนับสนุนในการเผยแพร่การทำเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วันชัย เพ็ญแดง (2542) ได้ทำการศึกษาเรื่องความคงอยู่ในอาชีพการทำเครื่องปั้นดินเผาของชาวบ้านเหมือง การหาแนวทางให้ชุมชนสนับสนุนการประกอบอาชีพการทำเครื่องปั้นดินเผาในเชิงอนุรักษ์หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการสนับสนุนและส่งเสริมการประกอบอาชีพการทำเครื่องปั้นดินเผา 3) ด้านการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ เครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาใหม่มีความประสงค์ที่จะเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ไปยังสถานที่ต่าง ๆ ช่วยให้เกิดการถ่ายทอดความรู้และการอนุรักษ์หัตถกรรม



เครื่องปั้นดินเผาอย่างเช่น ในจังหวัดพิษณุโลก เพื่อทำให้บุคคลคนอื่น ๆ เกิดความสนใจและเห็นความสำคัญของชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ พรทิพย์ วรกิงโกคาทร ( 2553, น. 44-45 ) การประชาสัมพันธ์การปฏิบัติกิจกรรม ต่าง ๆ ตามแผนการของการสื่อสารที่ให้กำหนดไว้ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจอันถูกต้องตรงกันในอนาคตที่จะสร้างความ เชื่อถือ และความร่วมมือกลุ่มเป้าหมาย 4) ด้านการจัดการบริการทางวัฒนธรรม ชุมชนในพื้นที่ต้องการให้มีแนวทางการ จัดกิจกรรมการอนุรักษ์ให้กับคนในท้องถิ่นในการสื่อสารการจัดการเครื่องปั้นดินเผาเชิงวัฒนธรรมนำมาใช้ คือ การ ส่งเสริมการขาย การประชาสัมพันธ์ การสื่อสาร จุดขาย บรรจุภัณฑ์ การโฆษณา และ 5) ด้านการจัดการทรัพยากร การ นำทรัพยากรธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในการทำเครื่องปั้นดินเผา แนวทางวิธีการจัดการทรัพยากรวัฒนธรรมเป็นการ กำหนดเป้าหมาย การสร้างความรู้ในเชิงคุณภาพเพื่อให้เข้าใจความหมายหรือประโยชน์ใช้สอยของทรัพยากรในอดีต

#### ส่วนที่ 4 การมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น

ผลการวิจัยพบว่า 1) ด้านความสนใจ คนปัจจุบันไม่ค่อยสนใจการทำเครื่องปั้นดินเผาแต่คนบางกลุ่มก็มีความสนใจต้องการที่จะอนุรักษ์เครื่องปั้นดินเผา พบว่า คนในปัจจุบันไม่ค่อยสนใจที่จะอนุรักษ์ การทำเครื่องปั้นดินเผา แต่คนบางกลุ่มก็มีความสนใจอยากที่จะอนุรักษ์ บางกลุ่มต้องการให้คนในชุมชนได้เข้ามามีส่วนร่วม 2) ด้านความพึงพอใจ ชุมชนมีความพึงพอใจในการอนุรักษ์ภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไหความเป็นเอกลักษณ์ของพื้นที่บ้าน ความเป็นบ้านเตาไหไว้ ความพึงพอใจการทำเครื่องปั้นดินเผาของประชาชนในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม พบว่า ระดับความพึงพอใจของประชาชนในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมโดยรวม แตกต่างไปตามที่พักอาศัยและบทบาทที่มีต่อ ชุมชน 3) ด้านการตัดสินใจร่วมกัน มีการตัดสินใจร่วมกันในการอนุรักษ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห มีการปรึกษากัน ในกลุ่มของวิสาหกิจชุมชนเพื่อนำไปสู่ข้อตกลงกระบวนการพัฒนาตัดสินใจในชุมชนกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา พบว่า การประสานความร่วมมือระหว่างประชาชนด้วยกันเองช่วยเหลือเกื้อกูลกัน 4) ด้านบุคคล การสรรหาบุคคลที่มีความรู้ความสามารถเข้ามาช่วยในการอนุรักษ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห วิถีชีวิตทางด้านบุคคล คติความเชื่อที่มีต่อการทำเครื่องปั้นดินเผา กับขั้นตอนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชน พบว่า แบ่งปัจจัยได้เป็น 4 ส่วน คือ ปัจจัยที่ 1 ด้านภูมิศาสตร์ ปัจจัยที่ 2 ด้านบุคคล เลือกที่จะใช้วิธีการผลิตแบบดั้งเดิม ปัจจัยที่ 3 ทางสังคมและวัฒนธรรม ปัจจัยที่ 4 ผลต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผา 5) ด้านสังคมและเศรษฐกิจ เครื่องปั้นดินเผามีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ และสังคม 6) ด้านการติดต่อสื่อสาร เพื่อเชิญชวนคนในท้องถิ่นให้มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านเตา ไห ซึ่งขบวนการปรับปรุงแก้ไขเชิงวัฒนธรรมเกิดขึ้นสิ่งเหล่านี้ถูกนำมาสู่การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ พบว่า การติดต่อ สื่อ รูปแบบและขบวนการผลิต มีหน่วยงานต่าง ๆ และเทคโนโลยีเข้ามาให้ความช่วยเหลือในด้านการสื่อสาร





## สรุปผลการศึกษา

การศึกษาแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ตำบลห้วยรอ อำเภอมือง จังหวัดพิษณุโลก เพื่อนำผลการศึกษาเป็นแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผา ดังนี้

ส่วนที่ 1 ด้านที่มาและความสำคัญของเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

การทำเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไหในสมัยโบราณนั้น ชุมชนมีการทำเครื่องปั้นดินเผามาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยชุมชน มีการคิดค้นการทำศิลปะหัตถกรรมการทำเครื่องปั้นดินเผา การนำเอาดินบริเวณริมฝั่งแม่น้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ มีการคิดค้นสร้างเตาเผาขึ้นมา มีการสร้างลวดลายอัตลักษณ์เฉพาะของเครื่องปั้นดินเผาหรือเรียกว่าลาย “อุ” ปัจจุบันมีหน่วยงานเข้ามาส่งเสริมทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห ประกอบกับการจัดตั้งสถานที่ศูนย์การเรียนรู้ การสอนการปั้น การสร้างอาชีพ และฝึกประสบการณ์เกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา เพื่อเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไหตำบลห้วยรอ อำเภอมือง จังหวัดพิษณุโลก ผู้ให้สัมภาษณ์ได้บอกเล่าว่า ยกตัวอย่างที่ได้จากคำสัมภาษณ์ “จากการสัมภาษณ์ผู้ให้สัมภาษณ์ได้บอกกล่าวว่า พื้นที่ของหมู่บ้านอยู่ติดฝั่งริมแม่น้ำน่าน ชาวบ้านมีการค้าขายบริเวณริมแม่น้ำ มีการขุดพบเตาเผาโบราณเครื่องปั้นดินเผาบริเวณริมแม่น้ำน่าน และมีเครื่องปั้นดินเผาเป็นจำนวนมาก ในอดีตนั้นมีการปั้นลาย อุ บนเครื่องปั้นดินเผาซึ่งเป็นลักษณะของบ้านเตาไห เป็นสิ่งของเครื่องใช้ในราชวัง และวัด”

ส่วนที่ 2 ภูมิปัญญาท้องถิ่นเครื่องปั้นดินเผา เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่

1) ด้านการฟื้นฟูภูมิปัญญาท้องถิ่น 2) ด้านการสกัดความรู้ที่มีอยู่ในตัวบุคคลและกลุ่ม 3) ด้านการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม 4) ด้านการสร้างสรรคความรู้นใหม่ และ 5) ด้านการจัดการระบบการจัดการเก็บความรู้ ผู้ให้สัมภาษณ์ได้บอกเล่าว่า ยกตัวอย่างที่ได้จากคำสัมภาษณ์ “จากการสัมภาษณ์ผู้ให้สัมภาษณ์ได้บอกกล่าวว่า การฟื้นฟูภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาที่มีอยู่เดิมนั้นมีประโยชน์ต่อชุมชน เพราะ ทำให้ผู้คนรู้จักเครื่องปั้นดินเผากันมากขึ้น การสกัดความรู้มีการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนที่มีความรู้ในการทำเครื่องปั้นดินเผาและมีความรู้บอกถึงวิธีการทำให้กับคนที่สนใจอยากจะทำ การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสร้างสรรคความรู้นใหม่โดยการทำรูปแบบใหม่ๆ เพื่อให้ทันสมัยต่อยุค การจัดเก็บความรู้มีพิพิธภัณฑ์ศูนย์การเรียนรู้ให้กับผู้คนที่อยากจะทำมาหาความรู้”

ส่วนที่ 3 การอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่

1) ด้านการสร้างสรรคทางวัฒนธรรม 2) ด้านการส่งเสริมและสนับสนุน 3) ด้านการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ 4) ด้านการจัดบริการทางวัฒนธรรม และ 5) ด้านการจัดการทรัพยากร ผู้ให้สัมภาษณ์ได้บอกเล่าว่า ยกตัวอย่างที่ได้จากคำสัมภาษณ์ “จากการสัมภาษณ์ผู้ให้สัมภาษณ์ได้บอกกล่าวว่า การจัดกิจกรรมสร้างสรรคเครื่องปั้นดินเผาขึ้นและ



ทำให้คนที่สนใจ โดยมีความประสงค์ให้หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน เข้ามาสนับสนุนงบประมาณในการจัดกิจกรรม มีความประสงค์ที่จะเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ไปยังสถานที่ต่างๆ เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์เครื่องปั้นดินเผา การสืบทอดสืบทอดต่อไปให้คงอยู่ เพื่อให้คนรุ่นหลังได้มาพัฒนา การนำเอาทรัพยากรดินที่มีอยู่ในบริเวณพื้นที่ ที่ค้นพบเครื่องปั้นดินเผาмаันเป็นเครื่องปั้นดินเผา”

ส่วนที่ 4 การมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่น เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ประกอบด้วย 6 ด้าน ได้แก่

- 1) ด้านความสนใจ 2) ด้านความพึงพอใจ 3) ด้านการตัดสินใจร่วมกัน 4) ด้านบุคคล 5) ด้านสังคมและเศรษฐกิจ และ 6) ด้านการติดต่อสื่อสาร ยกตัวอย่างที่ได้จากคำสัมภาษณ์ “จากการสัมภาษณ์ผู้ให้สัมภาษณ์ได้บอกกล่าวว่า คนรุ่นปัจจุบันไม่ค่อยมีความสนใจในการทำเครื่องปั้นดินเผาจึงขาดบุคคลที่มีความสนใจ ขาดการประชาสัมพันธ์ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนจึงมีความสนใจที่จะอนุรักษ์และมีการปรึกษากันในกลุ่มของวิสาหกิจชุมชนมีการประชุมร่วมกันที่จะอนุรักษ์เครื่องปั้นดินเผาไว้ที่จะอนุรักษ์ไว้ให้ลูกหลานสืบไป ซึ่งการทำเครื่องปั้นดินเผาเป็นผลดีต่อสังคมสามารถทำให้ชุมชนเกิดการสร้างรายได้”

#### ข้อเสนอแนะ

##### ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

- 1) หน่วยงานภาครัฐและเอกชนควรมีการสนับสนุนงบประมาณ วัสดุอุปกรณ์ในการทำเครื่องปั้นดินเผา การสร้างสรรค์ผลงาน และการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์
- 2) ควรมีการประชาสัมพันธ์ถึงการอนุรักษ์ภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห
- 3) ควรมีการถ่ายทอดความรู้ แลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกัน การสนับสนุนในการทำ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในกระบวนการประยุกต์งาน สามารถสร้างอาชีพสร้างรายได้

##### ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ควรมีการประชาสัมพันธ์ให้บุคคลที่มีความสนใจในการทำเครื่องปั้นดินเผาให้มากกว่านี้ โดยการเข้ามามีส่วนร่วมในการทำและการอนุรักษ์ภูมิปัญญาเครื่องปั้นดินเผา
- 2) การร่วมสืบสานทางด้านภูมิปัญญาท้องถิ่น การหาหน่วยงานที่จะมาสนับสนุน การสรรหาบุคคล การจัดสรรงบประมาณ วิธีการ อุปกรณ์การทำ
- 3) ควรที่จะมีการให้ความสนใจในการทำเครื่องปั้นดินเผาให้มากขึ้น โดยการพัฒนาและส่งเสริมมาตรฐานการผลิตอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการเชิญชวนบุคคลที่สนใจมามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ภูมิปัญญาไทย การร่วมสืบสานทางด้านภูมิปัญญาท้องถิ่น ด้านอัตลักษณ์สาย “อุ” ที่สื่อถึงความเป็นบ้านเตาไห



### เอกสารอ้างอิง

โชติ บดีรัฐ. (2561). แนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนกลุ่มหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาบ้านเตาไห อำเภอมือง จังหวัดพิษณุโลก. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม, 12(2), 388-408.

นคเรศ รังควัด และสานรุ่ง เสาร์ปัน. (2548). การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศส่งเสริมการตลาดผลิตภัณฑ์ เครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้าน(รายงานผลการวิจัย). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ปาริชาติ วลัยเสถียร. (2549). กระบวนการเรียนรู้และจัดการความรู้ของชุมชน. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พระรัฐกร สุขอ้วน. (2551). ภูมิปัญญาพื้นบ้านในการอนุรักษ์ฟื้นฟูและพัฒนาศิลปหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาเชิง เศรษฐกิจชุมชน จังหวัดศรีสะเกษ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พรทิพย์ วรภิงโกคาทร. (2553). การประชาสัมพันธ์การปฏิบัติกิจกรรม. สำนักพิมพ์พิมพ์ลักษณ์.

วันชัย เพ็ญแดง. (2542). ความคงอยู่ในอาชีพการทำเครื่องปั้นดินเผาของชาวบ้านเมืองกุง อำเภอบางดง

จังหวัดเชียงใหม่ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่]. CMU Intellectual Repository.

<http://cmuir.cmu.ac.th/handle/6653943832/24052>



## การศึกษาภูมิปัญญาพื้นบ้านและแนวทางการอนุรักษ์ตำรับยายายคอบ

### ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

สุทธิชา สุวรรณหงส์<sup>1\*</sup>, พรวิมล พิมเสน<sup>1</sup>, กมลชนก ศรีวิลัย<sup>1</sup>, วันสงกรานต์ กันทะ<sup>1</sup>

และ สุดารัตน์ รัตนพงษ์<sup>1</sup>

### The Study of Local Wisdom and Conservation Approaches for Preserving

Ya Yai Kop Traditional Medicine: Ban Pak Thok Subdistrict, Mueang District,

Phitsanulok Province.

Sutthicha Suwannahong<sup>1\*</sup>, Pornwimon Pimsen<sup>1</sup>, Kamonchanok Sriwilai<sup>1</sup>, Wansongkran kunta<sup>1</sup>

and Sudarat Rattanapong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Department of Public Administration, Faculty of Social Sciences and Local Development, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: Sutthicha.s@psru.ac.th

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาองค์ความรู้และภูมิปัญญาของตำรับยายายคอบและเพื่อศึกษาแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาและแนวทางการต่อยอดตำรับยายายคอบ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ มีกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก ได้แก่ ประชากรตำบลปากโทกที่มีการใช้ยาสมุนไพร เกิน 1 ปีขึ้นไป จำนวน 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์และประเด็นคำถามการสนทนากลุ่ม เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสนทนากลุ่มและการสัมภาษณ์และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยการตรวจสอบแบบสามเส้า วิเคราะห์ผลการศึกษาด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า ยาสมุนไพรยายายคอบ เป็นยาพื้นถิ่นในตำบลปากโทก โดยชาวบ้านและคนในพื้นที่เรียกกันว่ายาอยู่ไฟ มีสรรพคุณในการรักษาโรคท้องอืด ท้องเฟ้อ ช่วยปรับสมดุลในร่างกาย เหมาะสำหรับสตรีหลังคลอด บุตรมีส่วนช่วย กระตุ้นน้ำนม ขับน้ำคาวปลา ช่วยให้มดลูกเข้าอู่ สภาพปัญหาการอนุรักษ์ ขาดผู้รับการถ่ายทอดการสานต่อตำรับยายายคอบและตำรับยาใกล้สูญหายจากพื้นที่ เนื่องจากมียาแผนปัจจุบันเข้ามาแทน ความนิยมในการบริโภคลดลงหลังช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของ Covid-19 สำหรับแนวทางการอนุรักษ์ผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรยายายคอบ คือ การประยุกต์เป็นส่วนผสมของอาหารพื้นถิ่นเพื่อขยายกลุ่มผู้บริโภคสามารถรับประทานได้ในชีวิตประจำวัน พัฒนาเป็นตำรับยาสมุนไพรที่ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ ตลอดจนเสริมสร้าง



ชาวบ้านในตำบลปากโทกอนุรักษ์และพัฒนาสมุนไพร และส่งเสริมความร่วมมือกับผู้นำชุมชน หน่วยงานภาครัฐ ผลการวิจัยนี้สามารถเป็นฐานข้อมูลมรดกทางภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยของพื้นที่ตำบลปากโทกให้คงอยู่ต่อไป

คำสำคัญ : ภูมิปัญญาพื้นบ้าน ตำรับยายายคอบ การอนุรักษ์สมุนไพร

#### Abstract

This research aimed study the knowledge and wisdom of the Thai traditional medicine remedy as Ya Yai Kop and examine strategies for conserving and further developing this ancestral remedy. The study employs a qualitative research approach, with a participant group consisting of 10 individuals from Ban Pak Thok Subdistrict who have been utilizing herbal medicine for over a year. The research utilizes interviews and group discussions as data collection tools. Collecting data through group discussions and interviews, and verifying the accuracy of the data through triangulation.. The findings of the study indicate that Ya Yai Kop is a local herbal remedy in Ban Pak Thok Subdistrict, commonly referred to as “Ya Yoo Fai” by the community. It possesses therapeutic properties for alleviating digestive disorders, promoting bodily balance, and aiding postpartum women in lactation stimulation, afterbirth expulsion, and childbirth facilitation. Challenges related to the conservation of this traditional remedy are identified, including the lack of successors to carry on the knowledge and the decreasing availability of these remedies due to the rise in popularity of modern medicine. The COVID-19 pandemic has further contributed to the decline in consumption. To conserve these herbal products, the study suggests integrating them as ingredients in local cuisine, allowing for wider consumption in daily life. This approach aims to develop accurate and trustworthy herbal medicinal formulas while empowering the Ban Pak Thok Subdistrict community to preserve and enhance traditional herbal medicine. Collaboration with community leaders and government agencies is encouraged. The research findings serve as a valuable database for safeguarding the specific traditional Thai medicinal knowledge of Ban Pak Thok Subdistrict.

**Keyword:** Local Wisdom, Ya Yai Kop Remedy, Herbal Medicine Conservation

#### บทนำ

การพัฒนาประเทศในระยะ 5 ปี ของแผนพัฒนาเศรษฐกิจ ฉบับที่ 13 ให้สามารถก้าวข้ามความท้าทายที่เป็นอุปสรรคต่อการบรรลุเป้าหมายตามยุทธศาสตร์ชาติ จำเป็นจะต้องเร่งแก้ไขจุดอ่อนและข้อจำกัดของประเทศที่มีอยู่เดิม รวมทั้งเพิ่มศักยภาพสำหรับการรับมือกับความเสี่ยงสำคัญที่มาจาก การเปลี่ยนแปลงของบริบท ทั้งจากภายนอกและภายใน ตลอดจนการสร้างความสามารถในการสร้างสรรค์ประโยชน์จากโอกาสที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม ด้วยเหตุนี้



การกำหนดทิศทางการพัฒนาประเทศระยะของแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 13 จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อพลิกโฉมประเทศไทยสู่ “สังคมก้าวหน้า เศรษฐกิจสร้างมูลค่า อย่างยั่งยืน” (แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13, 2565)

การอนุรักษ์ตำรับยาแผนโบราณสอดคล้องกับโครงการพัฒนาเมืองสมุนไพร มีแนวทางตามโครงการของแผนงานของยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (ด้านสาธารณสุข) รัฐบาลมีมุมมองภาพรวมของศักยภาพของประเทศไทย เพื่อกระตุ้นให้สมุนไพรเป็นศูนย์กลางผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ โดยรัฐบาลได้อนุมัติแผนแม่บทแห่งชาติ แห่งการพัฒนาสมุนไพรไทย ในฉบับที่ 1 พ.ศ. 2560-2564 มีการกำหนดบริบทของยุทธศาสตร์ให้มีความเข้มแข็งในการบริหารและจัดกำหนดนโยบายของรัฐในการช่วยการขับเคลื่อนสมุนไพรเพื่อให้ความมั่นคงยั่งยืน เป็นนโยบายที่ช่วยให้มีการพัฒนาสมุนไพรเป็นแบบอย่างให้ครบถ้วนทุกกระบวนการ เริ่มต้นจากการปลูกไปยังแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ให้ถึงที่สุด และเพื่อเป็นตัวอย่างในการเสริมสร้างเศรษฐกิจ (กระทรวงสาธารณสุข, 2560)

ปัจจุบัน จากผลการศึกษางานวิจัยของอรณิชา ครองยุดิ และคณะ (2564) มีการค้นพบว่า สมุนไพรมีอยู่มากกว่า 1,800 ชนิด มีความคุ้นเคยและใช้พืชสมุนไพรในการรักษาโรคมายาวนาน ตั้งแต่บรรพบุรุษเพื่อใช้ในทางรักษาโรค อาหารพื้นบ้าน เครื่องสำอาง และเครื่องดื่ม ในปัจจุบันได้เกิดการก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการรักษาโรคด้วยการใช้สมุนไพรจึงทำให้เกิดการมองคุณค่าและสรรพคุณของสมุนไพรลดลง แต่ในปี พ.ศ. 2562 ได้มีสถานการณ์แพร่ระบาดของโควิด-19 ซึ่งทำให้สมุนไพรเข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้น เพื่อเข้ามาในการช่วยบรรเทาอาการทางการแพทย์ โดยภูมิปัญญาแพทย์แผนไทยและสมุนไพรไทย เป็นภูมิปัญญาไทยในการดูแลรักษาสุขภาพมาเป็นระยะเวลายาวนานเป็นระบบการแพทย์ที่เกิดจากการค้นคว้าและการเรียนรู้ ประสบการณ์ และการถ่ายทอดการผสมผสานระหว่างการแพทย์อื่น ๆ เข้ามาสู่สังคมไทยจึงกลายมาเป็นระบบการแพทย์แผนไทย โดยเป็นการดูแลการแพทย์องค์รวม เน้นการปรับความสมดุลของธาตุภายในร่างกายและจิตใจให้มีความสมดุลกัน (เอกศักดิ์ เสงสุโข และวิสิทธิ์ มະณ, 2563)

ในการนี้ ในพื้นที่ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เป็นพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรอย่างแพร่หลายและยังคงใช้สมุนไพรในการรักษาโรค ซึ่งมีความสอดคล้องแนวคิดของบดินทร์ ชาดะเวที (2565) ที่ระบุว่าการใช้พืชกัญชาแต่ละฤดูเพื่อบรรเทาอาการเบื้องต้น ปรับสมดุลธาตุในร่างกายให้เหมาะสมกับฤดูต่าง ๆ บรรเทาอาการและผลกระทบของปัญหาสุขภาพ แต่ไม่เป็นที่นิยมเท่ายาแผนปัจจุบัน ส่งผลให้ภูมิปัญญาด้านการทำยาสมุนไพรขยายคอบลดน้อยลง เนื่องด้วยปัจจุบันยาสมุนไพรขยายคอบไม่เป็นที่รู้จักมากนัก โดยมีข้อจำกัดคือ ผู้ผลิตไม่สามารถเข้าถึงโซเซียลและไม่สามารถเพิ่มยอดขายได้ (โครงการสนับสนุนด้านข้อมูลเมืองอัจฉริยะ, 2566) ยาสมุนไพรขยายคอบ เป็นยาพื้นถิ่นในตำบลปากโทก โดยชาวบ้านและคนในพื้นที่เรียกกันว่า ยาอายุไฟ มีสรรพคุณในการรักษาโรคท้องอืด ท้องเฟ้อ ช่วยปรับสมดุลในร่างกาย เหมาะสำหรับสตรีหลังคลอดบุตรมีส่วนช่วย กระตุ้นน้ำนม



ขับน้ำคาวปลา ช่วยให้มีผลลูกเข้าอู่ (องค์การบริหารส่วนตำบลปากโทก, 2565) ดังนั้น ผู้วิจัยและชุมชนมีความสนใจ และต้องการอนุรักษ์ สืบทอดภูมิปัญญาด้านการแพทย์พื้นบ้านและรักษาให้คงอยู่กับพื้นที่ตำบลปากโทกต่อไป เนื่องจากใกล้สูญหายและขาดผู้สืบทอดองค์ความรู้ดังกล่าว

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาองค์ความรู้และภูมิปัญญาของตำรายายาคอบ
2. เพื่อศึกษาแนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาและแนวทางการต่อยอดตำรายายาคอบ ตำบลปากโทก

อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

#### 1. กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก ได้แก่ ประชากรตำบลปากโทกที่มีการใช้ยาสมุนไพรยาคอบ เกิน 1 ปี ขึ้นไป จำนวน 10 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก ดังนี้

1.1 ประชากรผู้ที่มีประสบการณ์การใช้ยาสมุนไพรในตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 8 คน

1.2 ผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรยาคอบ จำนวน 2 คน

เกณฑ์การคัดออกกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก คือ กรณีที่กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักไม่สามารถเดินทางมาให้ข้อมูลได้มากกว่า 2 ครั้ง หรือกลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักไม่สะดวกในการให้ข้อมูล

#### 2. เครื่องมือในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อมาวิเคราะห์ และศึกษาแนวทางแนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาสมุนไพรยาคอบ ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ผู้วิจัยได้การสร้างเครื่องมือตามประเด็นสำคัญ ดังต่อไปนี้

2.1 ประเด็นการการสนทนากลุ่ม ผู้วิจัยได้ออกแบบประเด็นคำถามที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและคิดค้นขึ้นเอง ดังนี้

1. สภาพปัญหาและอัตลักษณ์ภูมิปัญญาสมุนไพรพื้นถิ่น: ยาสมุนไพรยาคอบอดีตและปัจจุบัน
2. ส่วนผสมและสรรพคุณทางยา / ขั้นตอนการทำยาสมุนไพรยาคอบ
3. การเผยแพร่สมุนไพรในอดีต: ยาสมุนไพรยาคอบ



4. ความต้องการในการอนุรักษ์และสืบทอดยาสมุนไพรหายาก
5. ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาสมุนไพรหายาก
6. การมีส่วนร่วมของชุมชนและหน่วยงานในการส่งเสริมและการอนุรักษ์และการสืบทอดยาสมุนไพร

หายาก

## 2.2 แบบสัมภาษณ์

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและออกแบบแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) สำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาหายาก ขั้นตอนการทำสัมภาษณ์ ปัญหาแพทย์แผนไทยพื้นบ้านและแนวทางการอนุรักษ์ตำรับหายาก ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยพัฒนาจากเนื้อหาการทบทวนวรรณกรรม เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเสนออาจารย์ที่ปรึกษา หลังจากการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยวิธีการสามเส้า (Triangulation) ก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับการนิยมนิยม การตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data Triangulation) คือ การพิสูจน์ว่าข้อมูลที่ผู้วิจัยได้มานั้นถูกต้องหรือไม่ วิธีการตรวจสอบ คือ 1) การตรวจสอบแหล่งของข้อมูล แหล่งที่จะพิจารณาในการตรวจสอบ

- 1) แหล่งเวลา ทดสอบว่าถ้าข้อมูลต่างเวลากัน คำตอบจะเหมือนกันหรือไม่
- 2) แหล่งสถานที่ ถ้าข้อมูลต่างสถานที่กัน คำตอบจะเหมือนกันหรือไม่
- 3) แหล่งบุคคล ถ้าบุคคลผู้ให้ข้อมูลเปลี่ยนไป ข้อมูลจะเหมือนเดิมหรือไม่

หลังจากนั้น แบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการตรวจสอบประสิทธิภาพ จะใช้สัมภาษณ์แบบเดี่ยวเป็นรายบุคคล

เกี่ยวกับประสบการณ์การใช้หายาก

## 3. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลจากเอกสาร (Documentary Research) ศึกษาขั้นตอนการรวบรวมเอกสารจากบทความวารสาร บทความวิชาการ และสื่อต่างๆ ที่มีความเชื่อมโยงกับแนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาผลิตภัณฑ์หายาก กรณีศึกษาตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

2. การลงพื้นที่สำรวจตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เพื่อศึกษาบริบทของชุมชนสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน เพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์และพัฒนาผลิตภัณฑ์หายาก กรณีศึกษาตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

3. การสัมภาษณ์พูดคุยแบบกึ่งโครงสร้างกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์การใช้ผลิตภัณฑ์หายาก กรณีศึกษาตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก และดำเนินการสนทนากลุ่ม (Focus Group) ในการจัดทำ





การสนทนากลุ่ม เพื่อสร้างความคุ้นเคย และเข้าใจถึงปัญหาอย่างแท้จริง โดยคณะผู้วิจัยได้จัดทำการสนทนากลุ่มในประเด็นดังต่อไปนี้

3.1 สนทนากับผู้นำชุมชนถึงสภาพปัญหาและความต้องการอนุรักษ์ตำรับยายคอบของชาวบ้านในพื้นที่ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

3.2 ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ เพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์การประกอบอาชีพ สอบถามความคิดเห็นของผู้จัดทำผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพร เพื่อยกระดับความสามารถในการพัฒนาการจัดทำผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรยายคอบ

3.3 ร่วมวางแผนกับชาวบ้านตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ถึงแนวทางการอนุรักษ์และพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรยายคอบ และใช้วิธีการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม

3.4 สอบถามความคิดเห็นประชากรในชุมชนถึงความต้องการที่จะให้อนุรักษ์และพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยายคอบ ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมเอกสารและเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) การสนทนากลุ่ม (Focus Group) มาจัดระเบียบข้อมูล โดยการจำแนกตามประเด็นการศึกษา

4.2 เก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่มจากผู้ให้ข้อมูลสำคัญ และนำข้อมูลมาแจกแจงเป็นหมวดหมู่ ตามวัตถุประสงค์การวิจัย แล้วนำมาวิเคราะห์ และเรียบเรียงข้อมูล โดยผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation)

4.3 วิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ใช้การตีความเนื้อหาสาระจากการสื่อสารของผู้ให้ข้อมูลจากภาษา บริบทผู้ให้ข้อมูล และรวมข้อมูลเนื้อหาที่สำคัญนำมาพิจารณาทุกครั้งว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร

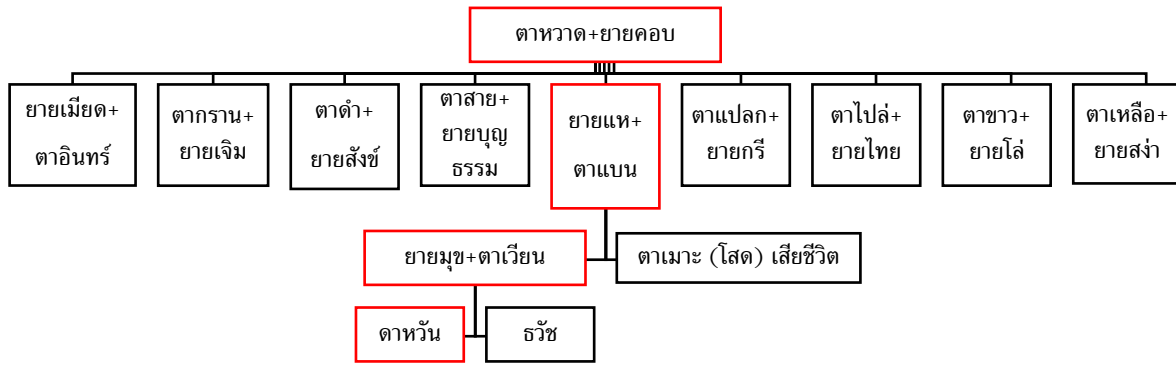
#### ผลการศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษาโดยการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ประกอบกับการใช้วิธีการสัมภาษณ์บุคคลที่มีการเคยใช้ยาสมุนไพรและที่มีการทำยาสมุนไพรโดยมีจำนวน 10 คน ประกอบด้วย ชาวบ้านที่เคยใช้ยาสมุนไพรจำนวน 8 คน และผู้ที่มีการทำยาสมุนไพรจำนวน 2 คน โดยเครื่องมือในการวิจัยประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์และประเด็นการสนทนากลุ่ม สมุดบันทึก โทรศัพท์มือถือ และตัวผู้วิจัยได้ใช้วิธีการตอบทสนทนาแบบคำตอบอย่างละเอียด และเรียบเรียงเป็นบทสนทนาโดยการตีความหมายและนำคำตอบมาเชื่อมโยงให้อยู่ในประเด็นเดียวกับแนวทางการ



อนุรักษ์และการพัฒนาสมุนไพรขยายคอบ ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก สามารถสรุปผลการศึกษาได้ ดังนี้

ความเป็นมาของยาสมุนไพรขยายคอบมีการสืบทอดมาเป็นเวลากว่า 200 ปี ขยายคอบเป็นคนแรกที่คิดค้นตำรับวิธีการทำยาสมุนไพรโบราณจนถึงยุคปัจจุบัน ขยายคอบชื่อ นางคอบ โตสำลี (ปัจจุบันเสียชีวิตแล้ว) จากนั้นได้สืบทอดให้ยายแห (ปัจจุบันเสียชีวิตแล้ว) และสืบทอดต่อมาถึงนางมุกดา กลิ่นเกษม (ปัจจุบันอายุ 88 ปี) ซึ่งเป็นหลานของยายคอบ



รูปที่ 1 แสดงผังเครือญาติการถ่ายทอดภูมิปัญญาขยายคอบ

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า การสืบทอดองค์ความรู้มีการถ่ายทอดแบบรุ่นต่อรุ่นด้วยการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับทายาทภายในตระกูล เนื่องจากสมัยก่อนมีการใช้ยายาคอบอย่างแพร่หลายและสามารถสร้างรายได้ให้กับครอบครัว จึงมีการส่งต่อและถ่ายทอดความรู้ด้วยการลงมือทำจากรุ่นสู่รุ่น แต่ไม่มีจดการบันทึกไว้เป็นลายลักษณ์อักษร ณ ปัจจุบันนางมุกดา กลิ่นเกษม (อายุ 88ปี) ยังคงประกอบอาชีพการทำยายาคอบเพื่อสร้างรายได้และชาตผู้สืบทอดองค์ความรู้ต่อไป เพราะลูกหลานของนางมุกดา ประกอบอาชีพรับราชการและรับจ้าง จึงมีความสนใจในการทำยายาคอบลดลง ปัจจุบัน มีเพียงนางดาหวัน กลิ่นเกษม (อายุ 54 ปี) เป็นผู้รับการถ่ายทอดตำรับยาแต่เพียงผู้เดียว ผนวกกับความนิยมของชาวบ้านในพื้นที่จากเดิมจะบริโภคยายาคอบ ซึ่งเป็นยาแผนโบราณและเป็นภูมิปัญญาด้านการแพทย์แผนไทยที่มีชื่อเสียงในเขตอำเภอเมืองและจังหวัดใกล้เคียง แต่ในกรณีการรักษาด้วยยายาคอบเสื่อมถอยลงเนื่องจากเปลี่ยนการรักษาเป็นการแพทย์แผนปัจจุบันมากขึ้นและความเชื่อมั่นต่อสรรพคุณทางยาของยาแผนโบราณลดลงและกลัวผลกระทบข้างเคียงจากยาแพทย์แผนโบราณ



แนวทางการอนุรักษ์ยายายคอบให้คงอยู่ คือ การสืบทอดจากรุ่นสู่รุ่นให้ลูกหลานรุ่นใหม่ได้รู้จักสรรพคุณของยา และนำมาแปรรูป เพื่อให้คนรุ่นใหม่ได้สามารถทานง่ายขึ้น เพื่อไม่ให้ยายายคอบสูญหายไปจากชุมชน และปัจจุบันประสบปัญหาการรับช่วงการถ่ายทอดต่อส่งผลให้เกิดความเสี่ยงในการสูญหายของภูมิปัญญายายายคอบในอนาคต

ชาวบ้านในตำบลปากโทกและพื้นที่ใกล้เคียงยังคงรับประทานยายายคอบ ส่วนใหญ่เป็นมีอายุหรือเป็นคนสมัยก่อน ซึ่งคนสมัยใหม่ไม่สามารถเข้าถึงได้จึงไม่เป็นที่รู้จักแก่คนรุ่นใหม่ และทำให้คนสมัยใหม่ไม่กล้าที่จะรับประทานยาสมุนไพรเนื่องจากเป็นยาที่ทานยาก ประกอบกับประเทศไทยเกิดปัญหาโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จึงมีการประกาศงดใช้ยาสมุนไพรเพื่อป้องกันโทษของการรับประทานยาสมุนไพรติดต่อกัน และทำให้การขายยาสมุนไพรได้ยากยิ่งขึ้นและใกล้สูญหายไป

ยาสมุนไพรยายายคอบในอดีตและปัจจุบัน ปัญหาในการอนุรักษ์และสืบทอดภูมิปัญญายาสมุนไพรเป็นยาที่ไม่เป็นที่นิยม และในอดีตไม่มีสื่อโซเชียลในการสื่อสารมีเพียงแต่การบอกต่อ ๆ กันไปเท่านั้น การสืบทอดภูมิปัญญาด้านยาสมุนไพรเป็นที่นิยมน้อยลง เพราะยาสมุนไพรไม่เป็นที่น่าสนใจในกลุ่มเยาวชนและคนรุ่นใหม่ ยาสมุนไพรยายายคอบในปัจจุบัน ก็ยังคงมีการบอกปากต่อปากออกไปยังคงเหมือนในอดีตแต่ยังมีความเปลี่ยนแปลง คือ ยังมีลูกหลานและคนในครอบครัวใช้โซเชียลในการบอกประชาสัมพันธ์และอธิบายในการใช้ตัวยาสมุนไพรและบอกผลของการใช้ยาสมุนไพรจึงทำให้เยาวชนและคนรุ่นใหม่ได้รับรู้เรื่องยาสมุนไพรและได้ลองทานยาสมุนไพร เพื่อรักษาสุขภาพแทนยาแผนปัจจุบันได้ในระดับหนึ่ง และการปรับเปลี่ยนสูตรยาเพื่อปรับเป็นสูตรของอาหารเพื่อจะทำให้ผู้บริโภคและคนรุ่นใหม่ได้บริโภคได้ง่ายขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบยาเม็ด พัฒนาเป็นซอสหมักหรือปรุงอาหารทำให้ได้บริโภคได้ง่ายขึ้นและทำให้คนรุ่นใหม่ได้กลับมาใช้ยาสมุนไพรได้มากขึ้น ตลอดจนใช้ยาแผนโบราณในตลาดเพื่อลดสารเคมีหรือสิ่งปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกาย ดังบทสัมภาษณ์จาก นางแอบ ฉิมแวน ผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์เมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2566 ชาวบ้านที่ใช้ยาสมุนไพรยายายคอบในปัจจุบัน กล่าวว่า “คนส่วนมากที่รับประทานยาสมุนไพรเป็นคนค่อนข้างมีอายุหรือเป็นคนสมัยก่อน ซึ่งคนสมัยใหม่ไม่สามารถเข้าถึงได้จึงไม่เป็นที่รู้จักแก่คนรุ่นใหม่ และทำให้คนสมัยใหม่ไม่กล้าที่จะรับประทานยาสมุนไพรเพราะเป็นยาที่สามารถทานยาก ปัจจุบันเกิดปัญหาโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จึงมีการประกาศงดใช้ยาสมุนไพรเพื่อป้องกันโทษของการรับประทานยาสมุนไพรติดต่อกัน และเกิดการขายยาสมุนไพรที่ยากยิ่งขึ้น”

การถ่ายทอดในอดีต ถ่ายทอดกันในครอบครัวเพราะเป็นภูมิปัญญาที่บรรพบุรุษถ่ายทอดต่อ ๆ กันมาจากรุ่นสู่รุ่นและได้อนุรักษ์ดูแลรักษาไว้ให้ลูกหลานถือว่าเป็นอีกหนึ่งช่องทางในการสืบทอดมาตั้งแต่อดีต คนในอดีตส่วนมากทำยาสมุนไพรก็จะถ่ายทอดด้วยการทำให้ลูกหลานได้ดูและปฏิบัติกันมาตั้งแต่เด็กจึงทำให้มีความคุ้นชิน เพราะคนในครอบครัว คือ จุดเริ่มต้นของการอนุรักษ์และการสืบทอดการทำยาสมุนไพร เนื่องจากการที่จะฟื้นฟูภูมิปัญญา



และสืบทอดการทำยาสมุนไพรต้องเริ่มต้นจากครอบครัว เช่น การให้คนในครอบครัวได้ลองทำยาสมุนไพรเป็นการสืบทอดในรูปแบบหนึ่ง ดังนั้น การอนุรักษ์และการสืบทอดการทำยาสมุนไพรจึงเริ่มต้นจากคนในครอบครัวเป็นจุดกำเนิดของการอนุรักษ์และสืบทอดภูมิปัญญาของชาวบ้านในตำบลปากโทกสืบต่อไป

สำหรับความต้องการการต่อยอดสมุนไพรยายายคอบ พบว่า ผู้ผลิตมีความต้องการที่จะนำยาสมุนไพรมาดัดทำเป็นแคปซูล ปกติคนส่วนมากนำมารับประทานไม่มีผลข้างเคียงและมีอายุที่ยืนยาว อยากจะให้คงอยู่ต่อไป ยาสมุนไพรส่วนมากจะมีรสเผ็ด เปรี้ยวอยากจะทำลองทำร่วมกับการประกอบอาหาร เช่น น้ำพริกสมุนไพร ใส่กรอกเครื่องแกงยายายคอบเป็นภูมิปัญญาของชุมชนท้องถิ่นในพื้นที่ ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เล่าต่อ ๆ กันว่าเป็นยาสมุนไพรที่สามารถรับประทานได้ทุกวัน ถ้าปรับรูปแบบได้ และปรับสูตรให้รับประทานได้ง่ายขึ้น ออกขายตลาดการขาย และในอนาคตอาจมีการนำเครื่องเทศสมุนไพรยายายคอบนำมาพัฒนารูปแบบในทางที่ดีขึ้น เช่น การทำแคปซูลและการนำมาเป็นส่วนประกอบอาหาร เพื่อให้สามารถรับประทานได้ทุกช่วงวัย คนทั่วไปเข้าถึงได้ง่ายมากยิ่งขึ้น

สำหรับแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรยายายคอบ ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ควรเสริมสร้างชาวบ้านในตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ให้มีการอนุรักษ์และพัฒนายาสมุนไพรผู้ซึ่งเป็นคนที่มีความรู้และได้สั่งสมความรู้จากประสบการณ์จนเกิดความเชี่ยวชาญและมีความชำนาญในการทำยาสมุนไพร และเป็นการถ่ายทอดความรู้กันภายในครอบครัวเพราะเป็นสูตรยาที่บรรพบุรุษถ่ายทอดกันมาจากรุ่นพ่อแม่ ปู่ย่า ตายาย และได้อนุรักษ์ดูแลเก็บรักษาไว้ให้ลูกหลาน และชาวบ้านในชุมชนได้ใช้ความรู้ที่ถ่ายทอดกันมาก่อนให้เกิดรายได้ในการเลี้ยงดูครอบครัวและสนับสนุนการพัฒนาศักยภาพของชาวบ้าน เพื่อเพิ่มความภูมิใจให้เยาวชนหรือคนรุ่นใหม่มีความสนใจในการเรียนรู้อนุรักษ์และพร้อมจะเป็นผู้นำในการเผยแพร่ความรู้และอนุรักษ์ยาสมุนไพรต่อไป การนำยาสมุนไพรมาประยุกต์ทำร่วมกับการประกอบอาหาร เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรมีความน่าสนใจและสามารถให้ผู้บริโภครับประทานได้ง่ายยิ่งขึ้น การปรับสูตรยาสมุนไพรเพื่อนำมาประยุกต์ให้ตรงตามความต้องการในยุคสมัยปัจจุบันเช่น การทำเป็นสูตรของอาหาร น้ำพริกสมุนไพร ใส่กรอกสมุนไพร หรือพริกแกงพื้นบ้านโดยการปรุงด้วยยาสมุนไพรยายายคอบ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นเอกลักษณ์ สร้างตัวเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค เช่น อาหารที่แปลกใหม่และรสชาติใหม่ของอาหารได้หลากหลาย เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เกิดมูลค่ามากขึ้น เพื่อเพิ่มการพัฒนาที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำได้โดยการกระจายความรู้ถึงความสำคัญของผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรยายายคอบให้กับประชาชนในพื้นที่ เพื่อตระหนักถึงคุณค่าของยาสมุนไพรพื้นบ้าน การสร้างรายได้ให้แก่ประชากรในชุมชนส่งเสริมให้เกิดการพัฒนา เพื่อรักษาภูมิปัญญาในท้องถิ่นให้คงอยู่สืบต่อไป



## อภิปรายผลการศึกษา

องค์ความรู้และภูมิปัญญาของตำรายาขยายคอบ ผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรที่เป็นมรดกทางภูมิปัญญาการแพทย์ แพทย์ไทยของพื้นที่ ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลกเป็นผลิตภัณฑ์ที่สืบทอดความรู้ภายในครอบครัว มีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพรที่เหมาะสมสำหรับสตรีหลังคลอดบุตร มีส่วนช่วยขับน้ำคาวปลา บำรุงเลือด บำรุงน้ำนม แก้ลม ในกองธาตุ ปรับสมดุลในร่างกาย แก้ปวดประจำเดือน ลดอาการตกขาว สามารถรับประทานได้ทุกเพศทุกวัย เป็นภูมิปัญญาที่สืบทอดจาก พ่อแม่ ปู่ย่า ตายาย สอดคล้องกับผลการวิจัยของพรทิพย์ พาโน และยงยุทธ วัชรกุล (2562) ระบุว่า การดูแลสุขภาพตนเองตามภูมิปัญญาพื้นบ้านตามวิธีการดูแลสุขภาพของสตรีหลังคลอดของชาวไทย ทรงดำ ได้แก่ การต้มน้ำสมุนไพร การรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ การงดอาหารแสลง การนวดเต้านม การอาบน้ำสมุนไพร การทบทมือเกลือ และการอยู่ไฟ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการดูแลสุขภาพสตรีหลังคลอดด้วยศาสตร์การแพทย์แผนไทย

สำหรับขั้นตอนการทำยาสมุนไพรนำเครื่องเทศ ได้แก่ โกรฐทั้ง 5 เทียนทั้ง 5 ประกอบด้วย ลูกจันทร์ ดอกจันทร์ กระจวาน กานพลู สารส้ม ดินประสิว พริกไทย ดีปลี และพริกแห้ง ไปตากแดดให้แห้ง แล้วนำแต่ละอย่างมาตำให้ละเอียดรวมกัน ในอัตราส่วนที่เท่ากัน แล้วจึงนำสมุนไพรสด ได้แก่ ขิง ข่า กระจาย กะทือ ขมิ้นอ้อย โพร ผิวส้ม ทั้ง 5 หอม กระเทียม มาทำความสะอาด ล้าง ปลอกเปลือก หั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ นำเครื่องสดแต่ละชนิดมาตำอย่างละเอียด แล้วจึงนำมาคลุกรวมกัน ขั้นตอนถัดมานำสมุนไพรสดที่คลุกรวมกันมาตำให้ละเอียด เติมเครื่องเทศลงไปตำรวมกัน แล้วจึงเพิ่มรสชาติด้วยการใส่เกลือและพริกแห้งป่น ทำทุกอย่างรวมกันให้เกิดความเหนียวในระดับหนึ่งแล้ว พักทิ้งไว้ 1-2 คืน จึงนำมาปั้นให้เป็นลูกกลม ๆ วิธีการทำยาสมุนไพรนี้ไม่นิยมใส่สารกันบูดแต่จะใส่ดินประสิวแทนและเพื่อเป็นการยืดอายุของยาสมุนไพรนิยมนำยาสมุนไพรไปใส่ตู้เย็นเพื่อให้เก็บรักษาตัวยาได้นานมากยิ่งขึ้น เป็นการนำสมุนไพรพื้นบ้านมาทำผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพร สอดคล้องกับผลการวิจัยของ เศรษฐ์ณรัช อรุณ และคณะ (2561) ได้ศึกษาเรื่อง แนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านสมุนไพรโดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน : กรณีศึกษา โรงเรียนวัดตะเคียนทอง (เพชรโรปลัมภ์) อำเภอเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี ผลการวิจัย พบว่า ควรกระตุ้น ให้ชุมชนได้ตระหนักถึงคุณค่าของวัฒนธรรมของการปลูกสมุนไพร การร่วมมือกับปราชญ์ชาวบ้านด้านสมุนไพรพื้นบ้าน เพื่อรวบรวมสมุนไพรที่มีอยู่ในชุมชนท้องถิ่น การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพโดยการนำปรับให้สอดคล้องกับการดำรงชีวิตของบุคคลในพื้นที่ โดยการส่งเสริมให้ประชากรในท้องถิ่นมีพื้นที่ในการเพาะปลูกสมุนไพรพื้นบ้าน

แนวทางในการต่อยอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชนร่วมกับนักวิจัย พบว่า การนำยาสมุนไพรขยายคอบ มาพัฒนาหรือประยุกต์ใช้ในการประกอบอาหาร การปรับสูตรผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรขยายคอบให้อยู่ในรูปแบบอาหาร จะสามารถสร้างตัวเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค และเพิ่มการรับรู้และความถี่ของการตลาดเพิ่มมากขึ้น โดยมุ่งเน้นการขยายตลาดไปที่กลุ่มของอาหารเพื่อสุขภาพ ทำให้อาหารได้รูปแบบใหม่และรสชาติใหม่ๆ ปุรรสชาติของอาหารได้



หลากหลาย สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขยายคอบเป็นยาแผนโบราณที่ได้มาตรฐานอาหารและยา (อ.ย.) เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภคและยกระดับคุณค่าของยาสมุนไพรโบราณให้เกิดมูลค่าเพิ่มมากขึ้น

แนวทางการอนุรักษ์สมุนไพร สามารถทำได้โดยการกระจายความรู้ถึงความสำคัญของผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรขยายคอบให้กับประชาชนในพื้นที่ได้ตระหนักถึงคุณค่าของพืชสมุนไพรพื้นบ้าน สามารถสร้างรายได้ให้กับประชากรในชุมชน ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรขยายคอบไปสู่การจัดตั้งวิสาหกิจในชุมชน การทำงานร่วมกับหน่วยงานของรัฐเพื่อให้เกิดประโยชน์กับบุคคลในพื้นที่และเพื่อรักษาภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่ต่อไป

### สรุปผลการศึกษา

ผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรขยายคอบมีการสืบทอดมากกว่า 200 ปี โดยมีจุดเริ่มต้นจาก นางคอบ ทรงสัจจา ที่คิดค้นผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรจากพื้นสมุนไพรพื้นบ้านที่มีสรรพคุณช่วยบำรุงอาการปวดท้องประจำเดือน ประจำเดือนมาไม่เป็นปกติ เหมาะสำหรับสตรีหลังคลอดบุตร กระทบตลูก ขับน้ำคาวปลา บำรุงน้ำนม บำรุงเลือด ขับลมในท้องธาตุ บำรุงร่างกาย ยาขยายคอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่สืบทอดกันภายในครอบครัวจากนางคอบ ทรงสัจจา ได้ถ่ายทอดภูมิปัญญาการทำยาสมุนไพรแก่ นางแห เนียมน้ำเพชรและนางมุกดา กลิ่นเกษม ซึ่งเป็นบุตรและหลานของนางคอบ ทรงสัจจา ผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรขยายคอบมีการจำหน่ายในพื้นที่ตำบลปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

สำหรับองค์ความรู้และภูมิปัญญาของตำรับยาขยายคอบ สามารถนำมาสร้างแนวทางการอนุรักษ์ผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรขยายคอบ คือ การเสริมสร้างชาวบ้าน มีการอนุรักษ์และพัฒนาสมุนไพร ผู้ซึ่งเป็นคนที่มีความรู้และได้สั่งสมความรู้จากประสบการณ์จนเกิดความเชี่ยวชาญและมีความชำนาญในการทำยาสมุนไพรเป็นภูมิปัญญาที่บรรพบุรุษถ่ายทอดต่อๆ กันมาจากรุ่นสู่รุ่นและได้อนุรักษ์ดูแลรักษา การอนุรักษ์และการสืบทอดการทำยาสมุนไพรจึงเริ่มต้นจากคนในครอบครัว ส่งต่อความรู้ในการทำยาสมุนไพรภายในครอบครัว ส่งผลให้ในปัจจุบันมีผู้รู้จักและใช้ผลิตภัณฑ์จากยาสมุนไพรลดน้อยลง ผลกระทบในปัจจุบันจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา (Covid-19) กระทรวงสาธารณสุข จึงได้ออกประกาศเพื่อเตือนประชาชนถึงผลข้างเคียงของการใช้ยาสมุนไพรที่อาจก่อให้เกิดโรคแทรกซ้อน ส่งผลให้ประชาชนจึงไม่นิยมนำสมุนไพรมาใช้ในการรักษา เพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรขยายคอบ ได้แก่ การร่วมมือกับผู้นำชุมชนในพื้นที่เพื่อหาแนวทางในการอนุรักษ์ และการกระจายความรู้ในการใช้ยาสมุนไพรให้ประชาชนในท้องถิ่น ส่งเสริมให้ประชาชนหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรเพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นการลดภาระค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล

สำหรับแนวทางการอนุรักษ์การทำยาขยายคอบ การส่งเสริมสร้างชาวบ้านให้มีการปลูกพืชสมุนไพรพื้นถิ่น และถ่ายทอดความรู้ให้แก่ชาวบ้านในชุมชน ได้ใช้ความรู้ที่ถ่ายทอดกันมาก่อนให้เกิดรายได้ในการเลี้ยงดูครอบครัวและ



สนับสนุนการพัฒนาศักยภาพของชาวบ้านในการพัฒนาภูมิปัญญาแพทย์แผนไทย เพื่อมีความภูมิใจให้เยาวชนหรือคนรุ่นใหม่มีความสนใจในการเรียนรู้ และพร้อมจะเป็นผู้นำในการเผยแพร่ความรู้และอนุรักษ์ยาสมุนไพร เพื่อให้เกิดการคงอยู่ของภูมิปัญญาทางการแพทย์แผนไทยและสร้างรายได้ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

#### ข้อเสนอแนะ

- 1). พัฒนาผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรขยายคอบให้สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคในปัจจุบันมากยิ่งขึ้น
- 2). ขยายตลาดและสร้างช่องทางด้านการตลาดให้หลากหลายมากขึ้น
- 3). สนับสนุนและเผยแพร่ชุดองค์ความรู้ให้เยาวชนรุ่นใหม่และบุคคลทั่วไปความสำคัญของผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรขยายคอบ เพื่อพัฒนาเป็นองค์ความรู้ในการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่ต่อไป
- 4). สนับสนุนให้มีการศึกษาค้นคว้า ทดสอบคุณสมบัติทางยาและผลข้างเคียง เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรและภูมิปัญญาด้านการแพทย์แผนไทย

#### เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2560). *แผนยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (ด้านสาธารณสุข)*.

<https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2017/20171117-MinistryofPublicHealth.pdf>

โครงการสนับสนุนด้านข้อมูลเมืองอัจฉริยะ. (2566). *พิษณุโลกเมืองเศรษฐกิจ*.

<https://www.citydata.in.th/phitsanulok/reports/plk01/>

พรทิพย์ พาโนและยงยุทธ วัชรดุล. (2562). ภูมิปัญญาการดูแลสุขภาพสตรีหลังคลอดของชาวไทยทรงดำ

ตำบลหนองปรัง อำเภอยะขอม จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*. 39(5), 86-95.

ประกาศ เรื่อง แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566 - 2570). (1 พฤศจิกายน 2565).

*ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 139 ตอนพิเศษ 258 ง หน้า 1-143

องค์การบริหารส่วนตำบลปากโทก. (6 มิถุนายน 2565). *ฐานข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่นของตำบลปากโทก*.

<https://www.paktok.go.th/tambon/localwisdom/content/724>

อรณิชา ครองยุติ, สุภัตสร วันสุทะ และพัชต์วารภรณ์ อุดรสรรพ. (2564). การศึกษาภูมิปัญญาการใช้สมุนไพรของ

หมอพื้นบ้าน: กรณีศึกษาหมอพื้นบ้านใน. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ*

*อุดรธานี*. 10(2), 17-37.



เอกศักดิ์ เฮงสุโข และวิสิทธิ์ มะณ. (2563). การจัดการภูมิปัญญาพื้นบ้านด้านสุขภาพและการใช้สมุนไพรของกลุ่ม  
ภูมิปัญญาสมุนไพรพื้นบ้าน. วารสารมนุษยสังคมศิลปศาสตร์, 2(1), น. 18-26.

บดีนทร์ ชาดะเวที. (5 2565 กรกฎาคม). สมุนไพร ยาไทย ใช้ได้ทุกฤดู. โรงพยาบาลการแพทย์แผนไทย

คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. <https://www.ttmed.psu.ac.th/th/blog/301>

เชษฐฉัตร อรชุน, ธนกร ภิบาลรักษ์, ชวงค์ อุบลี และกนกวรรณ อยู่ใสว. (2561). แนวทางการอนุรักษ์ภูมิปัญญา

ท้องถิ่นด้านสมุนไพรโดยใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน : กรณีศึกษาโรงเรียนวัดตะเคียนทอง

(เพชรบูรณ์) อำเภอเขาชัยภูมิ จังหวัดจันทบุรี (รายงานการวิจัย). สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยี

สารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.





# ความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และ สังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวรในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัส โคโรนา-2019

กัณฑ์พัฒน์ อนุศักดิ์เสถียร<sup>1\*</sup>, รยา นาวรัตน์กร<sup>1</sup>, สุทัตตา คักดีสิทธิ์<sup>1</sup>, ณัฐริณีเย์ เทพา<sup>1</sup>, ธัญชนก สุขพันธ์<sup>1</sup>,  
ณัฐธิดา วงศ์เจริญ<sup>1</sup>, โสฬส อัครตันเสถียร<sup>1</sup> และ แสงดาว วัฒนาสกุลเกียรติ<sup>1</sup>

## Relationship Between Anxiety and Depression in Students of Humanities and Social Sciences Cluster Naresuan University during the Spread of Corona Virus Disease 2019

Kantabhat Anusaksathie<sup>1\*</sup>, Raya Nawarattanakorn<sup>1</sup>, Sutatta Saksit<sup>1</sup>, Nattarinee Taepa<sup>1</sup>, Thunchanok  
Sukpan<sup>1</sup>, Nutthida Wongjareem<sup>1</sup>, Sorot Akkarathansathain<sup>1</sup> and Sangdaow Wattanasakulkiat<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาจิตวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup> Department of Psychology, Faculty of Social Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: kantabhata@nu.ac.th

### บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อสำรวจความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า (2) เพื่อเปรียบเทียบความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล และ (3) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2564 จำนวน 432 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบวัดความวิตกกังวลต่อสถานการณ์และแบบประเมินภาวะซึมเศร้า นำผลมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมานโดยใช้การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ทำการทดสอบค่าเฉลี่ยรายคู่ ในกรณีที่ผลการวิเคราะห์ระหว่างตัวแปรมีความแตกต่างกันในการวิเคราะห์ ความแปรปรวนทางเดียว และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{X}$  = 54.42, SD=10.59) ค่าเฉลี่ยภาวะซึมเศร้าโดยรวมอยู่ในระดับมีอาการซึมเศร้าปานกลาง ( $\bar{X}$  = 9.17, SD=5.88) และความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้ามีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ข้อเสนอแนะในการวิจัยควรมีการติดตามผลในระยะยาวเพื่อประเมินระดับความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าของนิสิตอย่างต่อเนื่องสำหรับการปรับตัวและการใช้ชีวิตมหาวิทยาลัยนเรศวร

คำสำคัญ: ความวิตกกังวล ภาวะซึมเศร้า ไวรัสโคโรนา - 2019



### Abstract

The purpose of this study was (1) Explore Anxiety and Depression (2) Comparison of anxiety and depression Classified by personal factors and (3) Study the relationship between anxiety and depression. During the epidemic situation of the corona virus – 2019. The sample group used in the study was humanities and social sciences students. Naresuan University, Academic Year 2021, 432 students. The study tools were The State Anxiety Inventory: STAI Form Y-1, 20 items and Patient Health Questionnaire: PHQ-9, 10 items. The results were analyzed with descriptive statistics by frequency, percentage, mean and standard deviation. The quantitative data were analyzed by using T-test statistical methods, one-way ANOVA, and Correlation. The research results indicated Naresuan Health Science students have a slightly level of anxiety ( $\bar{X}=54.42$ ,  $SD=10.59$ ) and slightly depressed ( $\bar{X}=9.17$ ,  $SD=5.88$ ). The correlation between anxiety and depression was negatively significant at 0.01 level. Research recommendations should include long-term follow-up to continuously assess students' anxiety and depression levels for adaptation and life at Naresuan University.

**Keywords:** Anxiety, Depression, Coronavirus Disease 2019

### บทนำ

การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 ส่งผลกระทบต่อหลายด้านทั้งผลกระทบต่อระบบสาธารณสุข ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ การค้า การทำงาน ผลกระทบทางด้านสังคมและผลกระทบต่อทางการศึกษา ทั้งหมดส่งผลกระทบต่อจิตใจของบุคคล เช่น ความเครียด และซึมเศร้า เป็นต้น (ยง ภู่วรวรรณ และยีน ภู่วรวรรณ, 2563) และจากรายงานสภาวะสุขภาพจิตคนไทยต่อไวรัสโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019พบว่า ในช่วงวันที่ 24 มีนาคม ถึงวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2563 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการแพร่ระบาดอย่างหนักของโรคโควิด - 19 ประชาชนมีความวิตกกังวลสูงถึงร้อยละ 18.1 (กรมสุขภาพจิต, 2564) ณัฐฐา กิณะพันธ์ (2563) จาก องค์การยูนิเซฟ ได้ศึกษาผลกระทบโควิด-19 ต่อเด็กและเยาวชนในประเทศไทย ผลการศึกษาพบเยาวชน 8 ใน 10 คนเครียดด้านปัญหาการเงินของครอบครัวมากที่สุดเนื่องจากพ่อแม่ผู้ปกครองไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ

ปัญหาภาวะซึมเศร้าเป็นหนึ่งในปัญหาที่สำคัญในวัยรุ่นสูงถึงร้อยละ 18 และยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปัญหาภาวะซึมเศร้าเป็นสาเหตุของการฆ่าตัวตายอันดับแรกของโลก ซึ่งภาวะซึมเศร้าเป็นปัญหาที่ส่งผลให้บุคคลมีอาการ ความคิด การรับรู้ และการแสดงพฤติกรรมออกมาในด้านลบ ทำให้ไม่มีความสุข แยกตัวออกจากสังคม ไม่สามารถใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างปกติ และอาจเกิดการฆ่าตัวตายได้ในที่สุด (เพลินพิศ ฐานิวัฒนานนท์, 2559) และ Akhtarul et al., (2020) ได้วิจัยเรื่องภาวะซึมเศร้า และความวิตกกังวลระหว่างสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 ในนักศึกษามหาวิทยาลัยในบังกลาเทศ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามหาวิทยาลัย



บังกลาเทศต้องเผชิญกับภาวะซึมเศร้าและความวิตกกังวลที่เพิ่มขึ้น นักศึกษาร้อยละ 15 มีภาวะซึมเศร้าระดับปานกลางถึงระดับรุนแรง และร้อยละ 18 มีความวิตกกังวลระดับรุนแรง

อีกปัญหาหนึ่งที่สำคัญคือปัญหาความวิตกกังวล โดยในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 ทำให้บุคคลต้องพบเจอกับโรคระบาดที่ไม่เคยพบเจอมาก่อนแบบไม่ทันตั้งตัว ต้องหวาดกลัวกับเชื้อไวรัสที่ยังไม่มีวิธีป้องกันได้อย่างแน่นอน และเป็นสถานการณ์หรือสิ่งเร้าที่ไม่คุ้นเคยที่ทำให้บุคคลต้องปรับเปลี่ยนการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างกระทันหัน ทำให้สามารถเกิดความวิตกกังวลต่อสถานการณ์ (State Anxiety) ขึ้นได้

นิสิตกลุ่มสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ จะศึกษาศาสตร์ที่มุ่งทำความเข้าใจมนุษย์ ดังนั้นนิสิตในกลุ่มนี้ต้องมีความรู้ข้ามสาขาวิชาให้มาก มีประสบการณ์การเรียนรู้จากโลกแห่งความเป็นจริง ไม่ปิดกั้นและลดทอนความคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดสร้างสรรค์ และความคิดเชิงจินตนาการ เป็นผู้มีจิตสาธารณะ อาหารต่อเพื่อนมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และมีคุณธรรมจริยธรรม เป็นต้น แต่ในประเทศไทยกลับให้ความสำคัญกับการพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และลดทอนการศึกษามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ทั้งทางตรงและทางอ้อม (วิมลฉัตร หอมเนียม และคณะ, 2561) อีกทั้งยังมีแผนในการปรับลดจำนวนนักศึกษาในสายมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ และเพิ่มนักศึกษาในสายวิทยาศาสตร์เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงาน ผู้วิจัยจึงได้ทำการสัมภาษณ์นิสิตที่กำลังศึกษาอยู่ในกลุ่มดังกล่าว เกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นในช่วงที่มีการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 โดยใช้ข้อคำถามเกี่ยวกับการแพร่ระบาด ว่าส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตอย่างไร และมีความรู้สึกอย่างไรกับการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 เป็นต้น ผลการสัมภาษณ์พบว่า นิสิตกลุ่มสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ และคณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร จำนวน 15 คน มีความวิตกกังวลเกี่ยวกับการฝึกภาคปฏิบัติในรายวิชาที่จำเป็น เพราะจากสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 ทำให้ต้องเรียนในรูปแบบออนไลน์ ไม่สามารถฝึกปฏิบัติในสถานการณ์จริงได้ ไม่สามารถทำงานกลุ่มได้อย่างราบรื่น เพราะการสื่อสารแบบออนไลน์ทำให้มีความยากลำบากในการติดต่อ และมีความรู้สึกเบื่อหน่าย และมีความเครียด เพราะต้องจ้องหน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน ไม่ได้มาใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย ไม่ได้เจอเพื่อน

ด้วยเหตุที่กล่าวไปข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 ผลการวิจัยที่ได้จะทำให้รับรู้ความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าของเยาวชนในพื้นที่ได้จำเพาะมากยิ่งขึ้น สามารถเป็นประโยชน์แก่มหาวิทยาลัยในการสนับสนุนส่งเสริมนักศึกษาให้มีสุขภาพจิตที่ดีได้ต่อไป และเพื่อนำข้อมูลความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้ามาศึกษาทำความเข้าใจเพิ่มเติม เพื่อหาแนวทางหรือนโยบายป้องกันหรือแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวรต่อไปในอนาคต



## ขอบเขตการวิจัย

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 ผู้วิจัยได้รับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนเป็นมาตรฐานสากล จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร หมายเลขโครงการวิจัย COE No. 095/2022 IRB No. P2-0003/2565 ผู้ศึกษาได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาค้นคว้าในด้านพื้นที่ ประชากร กลุ่มตัวอย่าง และระยะเวลาในการศึกษา ดังนี้

1. พื้นที่ในการศึกษา คือ กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ประชากรที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ นิสิตระดับปริญญาตรีที่กำลังศึกษาในกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2564 จำนวน 10,637 คน ซึ่งประกอบด้วย คณะศึกษาศาสตร์ คณะนิติศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร คณะสังคมศาสตร์ และวิทยาลัยนานาชาติ
3. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเลือกจากประชากร โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างจำนวน 432 คน ซึ่งจำนวนนี้ได้จากการใช้สูตรคำนวณกลุ่มตัวอย่างของ Krejcie & Morgan (1970) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ.2564 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2565

## สมมติฐาน

1. นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่มีข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งประกอบด้วย เพศ ชั้นปี และรายได้ต่อเดือนที่แตกต่างกันมีความวิตกกังวลแตกต่างกันในสถานการณ์แพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนา-2019
2. นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่มีข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งประกอบด้วย เพศ ชั้นปี และรายได้ต่อเดือนที่แตกต่างกันมีภาวะซึมเศร้าแตกต่างกัน ในสถานการณ์แพร่ระบาดเชื้อไวรัสโคโรนา-2019
3. ความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้ามีความสัมพันธ์กันในนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 10,637 คน แบ่งได้ 6 คณะ คือ คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1,950 คน คณะนิติศาสตร์ จำนวน 1,314 คน



คณะมนุษยศาสตร์ จำนวน 2,058 คน คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร จำนวน 3,379 คน คณะสังคมศาสตร์ จำนวน 1,593 คน และวิทยาลัยนานาชาติ จำนวน 343 คน (จรรยาพร สุดสวาท, 2564)

### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยทำการคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณของ Krejcie & Morgan ที่มีค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 372 คน โดยได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ 432 คน

ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง (Quota Sampling) ในการกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละคณะในกลุ่มคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ และใช้วิธีการสุ่มตามแต่บังเอิญ (Accidental Sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญจนกว่าจะได้ครบจำนวนที่ต้องการในแต่ละคณะ โดยทำการสำรวจจนลึกระดับปริญญาตรี กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตั้งแต่ชั้นปีที่ 1 ถึงชั้นปีที่ 5 ในปีการศึกษา 2564 จนข้อมูลครบ 432 คน

### เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion Criteria)

1. เป็นนิสิตที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
2. มีความเต็มใจและยินดีในการทำแบบสอบถาม

### เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria)

1. ตอบแบบสอบถามไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้องตามคำชี้แจง
2. นิสิตที่ไม่ได้ลงทะเบียนเรียน ในมหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2564

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ แบบวัดความวิตกกังวลต่อสถานการณ์ (The State Anxiety Inventory : STAI Form Y-1) และ แบบประเมินภาวะซึมเศร้า (Patient Health Questionnaire : PHQ-9) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล เป็นแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลแบบเลือกตอบ (Checklist) ซึ่งประกอบไปด้วย เพศ ชั้นปี และรายได้ต่อเดือน

ส่วนที่ 2 แบบวัดความวิตกกังวลต่อสถานการณ์ (STAI Form Y-1) เป็นแบบวัดความวิตกกังวลต่อสถานการณ์ ของ Spielberger (1983) เป็นการวัดความวิตกกังวลต่อสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งหรือสิ่งเร้าหนึ่งที่ทำให้เกิดความวิตกกังวลขึ้น ลักษณะของแบบวัดเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) ประกอบด้วยข้อความที่แสดงถึงความรู้สึกในด้านบวกจำนวน 10 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 2, 5, 8, 10, 11, 15, 16, 19 และ 20 ข้อ



คำถามที่แสดงถึงความรู้สึกด้านลบ จำนวน 10 ข้อ ข้อที่ 3, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 17 และ 18 ซึ่งแบ่งระดับเป็นมาตราส่วน 4 ระดับ ได้แก่ ไม่เลย มีบ้าง ค่อนข้างมาก มากที่สุด

ส่วนที่ 3 แบบประเมินภาวะซึมเศร้า (PHQ-9) เป็นแบบประเมินภาวะซึมเศร้า ฉบับภาษาไทย พัฒนาและแปลโดย มาโนช หล่อตระกูล (2542) คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี เพื่อประเมินภาวะซึมเศร้าเบื้องต้น ภายใน 2 สัปดาห์ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อคำถาม 9 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ไม่เลย = 0 , มีบางวันหรือ ไม่บ่อย = 1 , มีค่อนข้างบ่อย = 2 และมีเกือบทุกวัน = 3

#### การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

นำแบบสอบถามไปหาค่าความเที่ยงของเครื่องมือ (Reliability) โดยนำไปทดลองใช้กับนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์ และสังคมศาสตร์ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยนำไปทดลองใช้กับนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์ และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และนำมาวิเคราะห์ความเที่ยง โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง แบบวัดความวิตกกังวลต่อสถานการณ์ (STAI Form Y-1) และแบบประเมินภาวะซึมเศร้า (PHQ-9) เท่ากับ 0.94 และ 0.90 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับดีมาก หมายถึง แบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจริงได้

#### วิธีการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1) ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2565 ถึงวันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ. 2565 โดยผู้วิจัยได้ทำหนังสือขออนุญาตในการเก็บข้อมูลให้แก่ คณะศึกษาศาสตร์ คณะนิติศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร คณะสังคมศาสตร์ และวิทยาลัยนานาชาติ

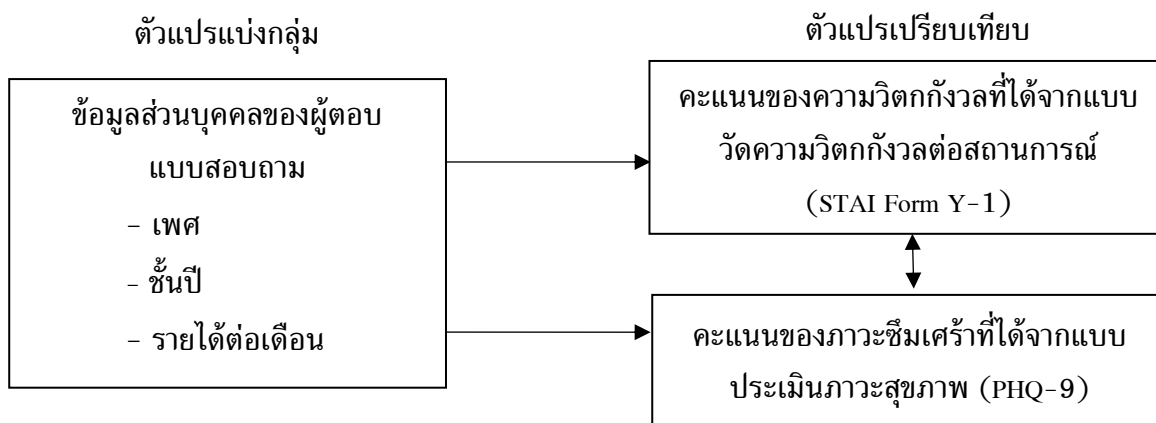
2) แจกแบบสอบถามไปยังกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยดำเนินการส่งแบบสอบถามทางออนไลน์ผ่านทางแพลตฟอร์มต่าง ๆ

3) ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมบูรณ์ของคำตอบในแบบประเมิน

4) บันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ เพื่ออธิบายให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019



## กรอบแนวคิดในการวิจัย



## ผลการศึกษา

### การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำแบบประเมินที่ได้ดำเนินการตรวจสอบความครบถ้วนของแบบประเมินมาลงรหัส จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการประมวลผลแล้ววิเคราะห์โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมสถิติสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์ และทำการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

**ส่วนที่ 1** วิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ในการวิเคราะห์ความถี่ และร้อยละ พบว่าข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 329 คน (ร้อยละ 46.2) และเป็นเพศชาย จำนวน 103 คน (ร้อยละ 103) กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 2 มากที่สุด จำนวน 183 คน (ร้อยละ 42.4) รองมาเป็นชั้นปีที่ 3 จำนวน 120 คน (ร้อยละ 27.8) ส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 4,001 - 6,000 บาทต่อเดือน จำนวน 172 คน (ร้อยละ 39.8) รองลงมาได้เฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 4,000 บาทต่อเดือน จำนวน 137 คน (ร้อยละ 31.7)

**ส่วนที่ 2** วิเคราะห์ข้อมูลความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ในการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความวิตกกังวลโดยรวม (N=432)

ตัวแปรที่ศึกษา	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
ความวิตกกังวล	54.42	10.59	วิตกกังวลระดับปานกลาง



จากตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับความวิตกกังวลของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 จากแบบวัดความวิตกกังวลต่อสถานการณ์ (STAI Form Y-1) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของคะแนนความวิตกกังวลโดยรวม เท่ากับ 54.42 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 10.59 ซึ่งอยู่ในความวิตกกังวลระดับปานกลาง

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความวิตกกังวลอยู่ในระดับเล็กน้อย จำนวน 250 คน (ร้อยละ 57.9) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 51.54 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.82 รองลงมาที่มีความวิตกกังวลระดับปานกลาง จำนวน 112 คน (ร้อยละ 25.9) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 64.28 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.89 ไม่มีความวิตกกังวล จำนวน 46 คน (ร้อยละ 10.6) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 35.84 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.14 และมีความวิตกกังวลระดับรุนแรง จำนวน 24 คน (ร้อยละ 5.6) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 74.04 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 จำนวน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนภาวะซึมเศร้าโดยรวม (N=432)

ตัวแปรที่ศึกษา	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
ภาวะซึมเศร้า	9.17	5.88	มีอาการซึมเศร้าปานกลาง

จากตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับภาวะซึมเศร้าของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 จากแบบประเมินภาวะซึมเศร้า (PHQ-9) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของคะแนนภาวะซึมเศร้าโดยรวม เท่ากับ 9.17 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.88 ซึ่งอยู่ในระดับมีอาการซึมเศร้าปานกลาง

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีภาวะซึมเศร้าอยู่ในระดับมีอาการซึมเศร้าเล็กน้อย จำนวน 126 คน (ร้อยละ 29.2) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.09 รองมามีอาการซึมเศร้าปานกลาง จำนวน 121 คน (ร้อยละ 28.0) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 11.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.66 ไม่มีภาวะซึมเศร้าเลย จำนวน 105 คน (ร้อยละ 24.3) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.33 มีอาการซึมเศร้าค่อนข้างมาก จำนวน 48 คน (ร้อยละ 11.1) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 16.81 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.42 และมีอาการซึมเศร้ารุนแรง จำนวน 32 คน (ร้อยละ 7.4) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 21.93 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.06 ตามลำดับ

ส่วนที่ 3 วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลส่วนบุคคลกับความวิตกกังวลของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ในการวิเคราะห์การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ถ้าพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการทดสอบค่าเฉลี่ยรายคู่ (Multiple Comparison) โดยใช้วิธีของ Scheffe





การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความวิตกกังวลในเพศชายและหญิง ของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การทดสอบกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน พบว่า  $t(430) = 0.81, P > .05$  แสดงว่าคะแนนความวิตกกังวลของนิสิตในเพศชายมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่าง ( $M = 53.68, S.D = 10.88$ ) กับคะแนนความวิตกกังวลของนิสิตในเพศหญิง ( $M = 54.65, S.D = 10.50$ ) อย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของชั้นปีที่กำลังศึกษากับคะแนนความวิตกกังวลของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่า  $F(4, 427) = 1.56, P > .05$  แสดงว่า ชั้นปีที่กำลังศึกษากับคะแนนความวิตกกังวลไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของรายได้เฉลี่ยต่อเดือนกับคะแนนความวิตกกังวลของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่า  $F(3, 428) = 0.37, P > .05$  แสดงว่า รายได้เฉลี่ยต่อเดือนกับคะแนนความวิตกกังวลไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**ส่วนที่ 4** วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลส่วนบุคคลกับภาวะซึมเศร้าของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน ในการวิเคราะห์การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ถ้าพบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการทดสอบค่าเฉลี่ยรายคู่ (Multiple Comparison) โดยใช้วิธีของ Scheffe

ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนภาวะซึมเศร้าในเพศชายและหญิงของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การทดสอบกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน พบว่า  $t(430) = -1.99, P > .05$  แสดงว่าภาวะซึมเศร้าของนิสิตในเพศชายมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่าง ( $M = 10.17, S.D = 5.90$ ) กับภาวะซึมเศร้าของนิสิตในเพศหญิง ( $M = 8.86, S.D = 5.86$ ) อย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของชั้นปีที่กำลังศึกษากับคะแนนภาวะซึมเศร้าของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่า  $F(4, 427) = 0.41, P > .05$  แสดงว่า ชั้นปีที่กำลังศึกษากับคะแนนภาวะซึมเศร้าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของรายได้เฉลี่ยต่อเดือนกับคะแนนภาวะซึมเศร้าของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่า  $F(3, 428) = 0.53, P > .05$  แสดงว่า รายได้เฉลี่ยต่อเดือนกับคะแนนภาวะซึมเศร้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ส่วนที่ 5 วิเคราะห์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า

แบบประเมิน	ภาวะซึมเศร้า (PHQ-9)		
	ค่าความสัมพันธ์	ระดับนัยสำคัญ	ระดับความสัมพันธ์
ความวิตกกังวล (STAI Form Y-1)	-.65**	.00	สัมพันธ์ระดับปานกลาง

\*\*มีนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างภาวะซึมเศร้าและความวิตกกังวลของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 พบว่า คะแนนภาวะซึมเศร้าและคะแนนความวิตกกังวลมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ ( $r = -0.65$ ,  $P\text{-value} < .01$ ) กล่าวคือ ในมุมมองของการให้คะแนนภาวะซึมเศร้ามีความสัมพันธ์กับการให้คะแนนความวิตกกังวลในทิศทางตรงกันข้าม แต่ถ้าหากเป็นในมุมมองของระดับภาวะซึมเศร้ามีความสัมพันธ์กับระดับความวิตกกังวลในทิศทางเดียวกัน ถ้านิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 มีภาวะซึมเศร้าที่สูง จะมีความวิตกกังวลที่สูง และถ้ามีภาวะซึมเศร้าที่ต่ำ ก็มีความวิตกกังวลที่ต่ำ

### อภิปรายผลการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถอภิปรายตามวัตถุประสงค์ของวิจัย ได้ดังนี้

1. ความวิตกกังวล ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างโดยรวมมีค่าเฉลี่ยคะแนนความวิตกกังวล เท่ากับ 54.42 ซึ่งอยู่ในความวิตกกังวลระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ความวิตกกังวล เป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นกับบุคคลโดยตรงจากสถานการณ์ที่เข้ามากระทบ โดยบุคคลรับรู้และประเมินสถานการณ์ว่าเป็นอันตรายหรือการคุกคามตนเอง (Spielberger, 1983) จากสถานการณ์แพร่ระบาด เป็นสิ่งที่สามารถกระตุ้นให้นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เกิดความวิตกกังวลขึ้นได้ เนื่องจากโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา-2019 เป็นไวรัสชนิดใหม่สามารถแพร่เชื้อจากคนสู่คนผ่านละอองฝอยขนาดเล็กได้อย่างง่ายดาย และเป็นภาวะฉุกเฉินทางสาธารณสุขระหว่างประเทศ (Singh and Singh, 2020) อีกทั้งยังไม่เคยมีประสบการณ์เกี่ยวกับโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงสามารถรับรู้และประเมินสถานการณ์ว่าอาจทำให้เกิดอันตรายและเป็นสิ่งคุกคามต่อตนเอง ทำให้เกิดความวิตกกังวลขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rajib et al., (2021)



ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง ระดับสุขภาพจิต ความวิตกกังวล และภาวะซึมเศร้า ของนักศึกษามหาวิทยาลัยบัลคลาเทศ ในช่วงการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 จำนวน 874 คน โดยผลการศึกษาพบว่า ร้อยละ 40 ของกลุ่มตัวอย่างมีความวิตกกังวลปานกลางจนถึงรุนแรง เหมือนเช่นในนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ภาวะซึมเศร้า ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างโดยรวมมีค่าเฉลี่ยคะแนนภาวะซึมเศร้าโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.17 ซึ่งอยู่ในระดับมีอาการซึมเศร้าปานกลาง ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ภาวะซึมเศร้าเป็นความแปรปรวนทางด้านความคิด อารมณ์ แรงจูงใจ ร่างกายและพฤติกรรม (Beck et al., 1997) อาจเกิดจากเหตุการณ์ความเครียดในชีวิตที่บุคคลประเมินแล้วมีอันตรายต่อตนเอง (สุทธนันท์ ชุนแจ่ม และ คณะ, 2554) เป็นสิ่งกระตุ้นให้นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สามารถเกิดภาวะซึมเศร้าขึ้นได้ เนื่องจากสถานการณ์แพร่ระบาดได้ส่งผลกระทบต่อทุกด้านทั้งด้านระบบสาธารณสุข ด้านเศรษฐกิจ การค้า การทำงาน ด้านสังคมและผลกระทบทางการศึกษา ซึ่งทั้งหมดส่งผลถึงด้านจิตใจของบุคคล เช่น ความเครียด และซึมเศร้า เป็นต้น (ยง ภูววรรณ และ ยืน ภูววรรณ, 2563) สถานการณ์แพร่ระบาด จึงสามารถเป็นสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความเครียด และบุคคลสามารถประเมินได้ว่าจะเกิดอันตรายขึ้นต่อตนเอง ทำให้เกิดภาวะซึมเศร้าขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Akhtarul et al. (2020) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ภาวะซึมเศร้าและความวิตกกังวลของนักศึกษามหาวิทยาลัยในช่วงการระบาดของโควิด 19 ในบัลคลาเทศ จำนวน 476 คน โดยผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาร้อยละ 15 มีภาวะซึมเศร้าปานกลางถึงรุนแรง เหมือนเช่นในนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า ผลการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าของกลุ่มตัวอย่าง ในมุมมองของการให้คะแนนภาวะซึมเศร้ามีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับการให้คะแนนความวิตกกังวล กล่าวคือ ในการให้คะแนนของภาวะซึมเศร้าและการให้คะแนนของความวิตกกังวลมีทิศทางตรงกันข้ามกัน แต่ถ้าหากเป็นในมุมมองการแปลเป็นระดับ ระดับภาวะซึมเศร้ามีความสัมพันธ์กับระดับความวิตกกังวลในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้านิสิตกลุ่มตัวอย่างมีภาวะซึมเศร้าที่สูง จะมีความวิตกกังวลที่สูง และถ้ามีภาวะซึมเศร้าที่ต่ำ ก็จะมีความวิตกกังวลที่ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Edmond et al., (2020) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ภาวะซึมเศร้าและความวิตกกังวลในฮ่องกงในช่วงสถานการณ์แพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 จำนวน 500 คน โดยผลการศึกษาพบว่า ความวิตกกังวลกับภาวะซึมเศร้ามีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก หรือเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019



## สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 ผู้วิจัยรายงานผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 พบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง จำนวน 329 คน คิดเป็นร้อยละ 46.2 และเป็นเพศชาย จำนวน 103 คน คิดเป็นร้อยละ 23.8 ส่วนใหญ่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 2 จำนวน 183 คน คิดเป็นร้อยละ 42.4 และส่วนใหญ่มียรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 4,001 - 6,000 บาทต่อเดือน จำนวน 172 คน คิดเป็นร้อยละ 39.8

ส่วนที่ 2 ข้อมูลความความวิตกกังวลของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 พบว่า นิสิตกลุ่มตัวอย่างมีความวิตกกังวลระดับเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ 57.9 รองลงมาคือ มีความวิตกกังวลระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 25.9

ส่วนที่ 3 ข้อมูลภาวะซึมเศร้าของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา - 2019 พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีอาการซึมเศร้าเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ 29.2 รองลงมาคือ มีอาการซึมเศร้าปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 28.0

### ส่วนที่ 4 การทดสอบสมมติฐานและสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานที่ 1 นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่มีข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งประกอบด้วย เพศ ชั้นปี และรายได้ต่อเดือนที่แตกต่างกันมีความวิตกกังวลแตกต่างกันในสถานการณ์แพร่ระบาด โดยจำแนกตามลำดับ ดังนี้ เพศที่ต่างกันมีความวิตกกังวล ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชั้นปีที่กำลังศึกษาที่ต่างกันมีความวิตกกังวล ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่ต่างกันมีความวิตกกังวล ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมมติฐานที่ 2 นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่มีข้อมูลส่วนบุคคล ซึ่งประกอบด้วย เพศ ชั้นปี และรายได้ต่อเดือนที่แตกต่างกันมีภาวะซึมเศร้าแตกต่างกัน ในสถานการณ์แพร่ระบาด โดยจำแนก ตามลำดับ ดังนี้ เพศที่ต่างกันมีภาวะซึมเศร้า ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชั้นปีที่กำลังศึกษาที่ต่างกันมีภาวะซึมเศร้า ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รายได้เฉลี่ยต่อเดือนที่ต่างกันมีภาวะซึมเศร้า ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



สมมติฐานที่ 3 คะแนนภาวะซึมเศร้าและคะแนนความวิตกกังวลมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ในมุมมองของการให้คะแนนภาวะซึมเศร้าในแบบประเมินภาวะซึมเศร้า มีความสัมพันธ์กับการให้คะแนนความวิตกกังวลในแบบวัดความวิตกกังวลต่อสถานการณ์ ในทิศทางตรงกันข้าม แต่ถ้าหากเป็นในมุมมองของระดับภาวะซึมเศร้ามีความสัมพันธ์กับระดับความวิตกกังวลในทิศทางเดียวกัน ถ้านิสิตกลุ่มตัวอย่าง มีภาวะซึมเศร้าที่สูง จะมีความวิตกกังวลที่สูง และถ้ามีภาวะซึมเศร้าที่ต่ำ ก็จะมีความวิตกกังวลที่ต่ำ

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าเพิ่มเติม เพื่อความครอบคลุมปัจจัยในทุกด้านที่ส่งผลต่อระดับความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้า
2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยควรมีการติดตามผลในระยะยาวเพื่อประเมินระดับความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้าของนิสิตอย่างต่อเนื่องสำหรับการปรับตัวและการใช้ชีวิตของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

### กิตติกรรมประกาศ

ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาช่วยเหลือและให้ความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยขอกล่าวำนำเพื่อระลึกถึงและขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ คือ ทีมผู้ช่วยวิจัยทั้ง 6 ท่าน ได้แก่ คุณ ทยา นวรัตน์กร, คุณ สุทัตตา ศักดิ์สิทธิ์, คุณ ณัฐริณีย์ เทพา, คุณ ธัญชนก สุขพันธ์, คุณ ณัฐธิดา วงศ์เจริญ และ คุณ โสฬส อัครตัน-เสถียร ที่ได้ร่วมกันทำงานวิจัยนี้ตั้งแต่เริ่มต้น ทั้งการทำเอกสารจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ การเก็บข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล จนเสร็จสิ้นกระบวนการวิจัย รวมถึงขอขอบคุณ ดร.สุรเดช ประยูรศักดิ์ และ ดร.แสงดาว วัฒนาสกุลเกียรติ ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

### เอกสารอ้างอิง

- กรมสุขภาพจิต. (22 กันยายน 2564). *โควิด 19 กับสุขภาพจิต (COVID-19 and mental health)*. เข้าถึงได้จาก <https://www.dmh.go.th/covid19>
- จรรยาพร สุดสวาท. (10 ธันวาคม 2564). *รายงานสถิติจำนวนนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีการศึกษา 2564*. เข้าถึงได้จาก [https://reg5.nu.ac.th/publish//studentstat\\_DL/2564](https://reg5.nu.ac.th/publish//studentstat_DL/2564)
- เพลินพิศ ฐานิวัฒนานนท์. (2559). *การดูแลสู่ความเป็นเลิศทางการพยาบาลตามกลุ่มอาการที่พบบ่อยในผู้สูงอายุ*. สงขลา: ชานเมืองการพิมพ์.



มาโนช หล่อตระกูล. (2542). *แบบคัดกรองภาวะซึมเศร้า PHQ-9*. กรุงเทพมหานคร:ภาควิชาเวชศาสตร์  
คณะแพทยศาสตร์, โรงพยาบาลรามธิบดี.

ยง ภู่วรรณ และ ยืน ภู่วรรณ. (2563). *โควิด-19 และระบาดวิทยา*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เข้าถึงได้จาก  
<https://learningcovid.ku.ac.th/?fbclid=IwAR0RHck3tLi5lPkr4Ksz3gByU1P2AAVVBZtSWm9zqrXgfi16bqDnJnKVzyA#c7>

วิมลฉัตร หอมเนียม, จุฑารัตน์ แก้วกลัด, นัถรพี มานพ, นิราวรรณ ลักขณานุรักษ์, และ เทวตล อ่อนสัมฤทธิ์.  
(2561). *ผลิตภัณฑ์สังคมนศาสตร์และมนุษยศาสตร์ไปทำไม?. วารสารธรรมศาสตร์, 37(2), 119-143.*

สุธานันท์ ชุนแจ่ม, โสภิต แสงอ่อน, และ ทศนา ทวีคุณ. (2554). *การสำรวจงานวิจัยเกี่ยวกับภาวะซึมเศร้าใน  
ประเทศไทย. รามาธิบดีพยาบาลสาร, 17(3), 412-429.*

ณัฐฐา กิณะพันธ์. (14 เมษายน 2563). *ยูนิเซฟเผยผลกระทบโควิด-19 ต่อเด็กและเยาวชนในประเทศไทย  
พบเยาวชน 8 ใน 10 คนเครียดด้านปัญหาการเงินของครอบครัวมากที่สุด*. ยูนิเซฟ. เข้าถึงได้จาก  
<https://shorturl.asia/VntFu>

Akhtarul Is., Sutapa D.B., Hasin R., Nafiul A.K., & Tanvir H. (2020). Depression and anxiety among  
university students during the COVID-19 pandemic in Bangladesh: A web-based cross-sectional  
survey. *PLoS ONE, 15(8).*

Beck, A. T., Guth, D., Steer, R. A., & Ball, R. (1997). Screening for major depression disorders in medical  
inpatients with the Beck Depression Inventory for Primary Care. *Behaviour Research and Therapy,*  
*35(8), 785-791.* Retrieved from: [https://doi.org/10.1016/S0005-7967\(97\)00025-9](https://doi.org/10.1016/S0005-7967(97)00025-9)

Choi, E. P. H., Hui, B. P. H., & Wan, E. Y. F. (2020). Depression and anxiety in Hong Kong during  
COVID-19. *International journal of environmental research and public health, 17(10).* Retrieved  
from: <https://doi.org/10.3390/ijerph17103740>

Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and  
Psychological Measurement, 30(3), 607-610.*

Rajib A.F., Mary C.J., Oli A., & Tanima S. (2021). Mental Health Status, Anxiety, and Depression  
Levels of Bangladeshi University Students During the COVID-19 Pandemic. *International Journal of  
Mental Health and Addiction, 1500-1515.* Retrieved from  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11469-020-00458-y>

Spielberger, C. D. (1983). *State-Trait Anxiety Inventory for Adults (STAI-AD)* [Database record]. APA  
*PsycTests.* Retrieved from: <https://doi.org/10.1037/t06496-000>



## การพัฒนาหลักสูตรช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา

อิสมาแอล มะสาแม<sup>1</sup>, สอนทยา พลศรี<sup>1</sup>, ณัฐลักษณ์ อิสสระ<sup>1\*</sup>, หนึ่งฤทัย จิตคงสง<sup>1</sup>

และฮานีเยะ กะโด<sup>1</sup>

### Krisaraman Arts and Kris Raman Curriculum Development Project, Yala Province

Isamail Masamae<sup>1</sup>, Sontaya Polsri<sup>1</sup>, Nattaluck Issara<sup>1\*</sup>, Nuengruethai Jitkhongsong<sup>1</sup>

and Haneeyah Kado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ศูนย์วิจัยและส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต วิทยาลัยชุมชนยะลา ยะลา 95000

<sup>1</sup>Lifelong Learning Research and Promotion Center, Yala Community College, Yala, 95000

\*Corresponding author. E-mail: pg645142023@ftu.ac.th

#### บทคัดย่อ

กริชรามันห์ชิ้นงานทรงคุณค่ามีความโดดเด่นด้วยใบมีดที่คดเคี้ยว ตามมีดมีเอกลักษณ์เฉพาะผู้ที่เป็นช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์ ลักษณะองค์ความรู้เชิงช่างพื้นถิ่นจะอยู่ในตัวบุคคล ไม่ได้บันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร วิทยาลัยชุมชนยะลา ดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา โดยการพัฒนาหลักสูตรช่างศิลป์หัตถกรรม กริชรามันห์จังหวัดยะลา ศึกษาข้อมูลช่างศิลป์อย่างเป็นระบบ รวบรวมองค์ความรู้จากช่างศิลป์ พัฒนาหลักสูตรช่างศิลป์ ถ่ายทอดองค์ความรู้ช่างศิลป์ และเผยแพร่หลักสูตรช่างศิลป์ด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก สนทนากลุ่ม ร่างหลักสูตร วิพากษ์หลักสูตร จากนักวิชาการ/นักวิจัยที่ศึกษากริชรามันห์ช่างทำกริช ผู้ผลิตและจำหน่ายกริช และการทดลองใช้หลักสูตรพัฒนาจากหลักสูตรของนายติพะลี อะตะบุ ครูศิลป์ของแผ่นดิน พบว่ากริชรามันห์เป็นกริชร่วมสกุลกับกริชปัตตานีประมาณ 300 ปีเศษ เนื่องจากเจ้าเมืองรามันห์ได้เชิญช่างกริชชาวอินโดนีเซีย คือ บันไดซาระมา ทำกริช ให้เป็นอาวุธประจำเมืองรามันห์ ได้ชื่อว่ากริชบันไดซาระ และสืบทอดมา 5 ช่วงอายุคน ถึงนายติพะลี อะตะบุ การรวบรวมองค์ความรู้เรียนรู้จาก ช่างกริชรามันห์ช่วงที่ 4 คือ ช่างต่วนบูตัก ฝึกตนเองจนพัฒนาเป็นช่างทำกริชมืออาชีพ ทั้งตีเหล็ก ทำใบกริช หัวกริช ฝักกริช ปลูกสวมกัน แกะลวดลาย ร้ากริช และครูสอนทำกริช การพัฒนาหลักสูตร คือ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกริช โลหกรรมใบกริช ต้มและฝักกริช เครื่องประดับตกแต่ง (ปลูกสวมกัน) และกริชกับการตลาดและพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรเหมาะสมควรศึกษาดูงาน และผู้เรียนแต่ละรุ่นควรมีพื้นฐานความรู้ระดับเดียวกัน และเผยแพร่หลักสูตรผ่านสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ สิ่งพิมพ์ และจัดพิมพ์ในวารสารประชุมสัมมนาทางวิชาการ

คำสำคัญ : หลักสูตรช่างศิลป์หัตถกรรม กริชรามันห์ ยะลา



**Abstract**

Kris Ramanh, a valuable piece, is distinguished by a crooked blade. The handle of the knife is unique to those who are masters of the arts and craftsmanship. Characteristics of indigenous craftsmanship knowledge will be in the person. not recorded in writing Yala Community College Conducted research on handicraft craftsman Krisharaman, Yala Province. by developing a curriculum for arts and crafts Kritraman, Yala Province systematically study the information of artisans Gather knowledge from artisans Develop courses for art technicians Passing on knowledge of artisans and disseminating art technician courses with in-depth interviews, focus group discussions, curriculum drafts, curriculum reviews from scholars / researchers who study Kris Raman, a dagger maker, a dagger manufacturer and distributor and course trials Developed from the curriculum of Mr. Tipali Atabu, the art teacher of the country, it was found that Kris Raman was a dagger with the Pattani dagger about 300 years ago because the ruler of Raman invited an Indonesian dagger technician, Ladsara, to make a dagger. to be the weapons of Raman It was called the Bandaisara dagger and was inherited for 5 generations to Mr. Thiphali Atabu. The collection of knowledge learned from Chang Krit Ramanh, the 4th period, is Chang Tuan Butik. Self-training until developing into a professional dagger maker, including blacksmithing, making dagger blades, dagger heads, dagger sheaths, dagger sheaths, carved patterns, dagger dances, and dagger-making teachers Curriculum development is basic knowledge about the dagger. dagger blade metal Dagger handle and scabbard decorative ornaments (Sleeves) and daggers with marketing and e-commerce. suitable course Should study visit And each generation of learners should have the same level of knowledge base. and disseminating the curriculum through information technology media, publications and publications in academic conference journals.

**Keywords :** Handicraft craftsman course, Kritraman, Yala

**บทนำ**

กริชรามันห์เป็นชิ้นงานที่ทรงคุณค่าของจังหวัดยะลาสืบทอดกันมายาวนานกว่าสองศตวรรษ ความโดดเด่นด้วยใบมีดที่คดเคี้ยวและด้ามมีดมีเอกลักษณ์เฉพาะ ปัจจุบันได้มีการจัดตั้งเป็นพิพิธภัณฑ์ของหมู่บ้านตะโละหะลอมหู่ที่ 5 ตำบลตะโละหะลอ อำเภอรามัน จังหวัดยะลา ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงความรุ่งเรือง ในอดีตที่ยังไม่สูญหายไป กริชรามันห์สามารถสร้างคุณค่าในความเป็นเอกลักษณ์ของพื้นที่ สามารถสร้างรายได้ให้แก่ผู้ผลิต ด้วยใบมีดที่คดงอ ด้ามมีดก็มีลวดลายอ่อนช้อย การแกะสลักเรียงร้อยสวยงาม แต่ลวดลายมีความหมายลึกซึ้ง กริชรามันห์ไม่ได้เป็นที่รู้จักเฉพาะชายแดนใต้เป็นที่รู้จักและเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ปัจจุบันผู้ที่เป็นช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์มีไม่มาก ลักษณะองค์ความรู้เชิงช่างพื้นถิ่น ส่วนใหญ่จะอยู่ในตัวบุคคลของช่าง/ครูช่าง เราสามารถชื่นชมองค์ความรู้ของช่าง ผ่านผลงานอันวิจิตรไม่ได้บันทึกไว้เป็นเอกสาร ตำรา หนังสือ นักวิจัย/ผู้ที่มีความสนใจเก็บรวบรวมเรียบเรียงไว้บ้าง องค์ความรู้เกี่ยวกับช่างศิลป์พื้นถิ่นจะกระจัดกระจายและไม่เป็นระบบ

กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์





เพื่อสร้างระบบการฟื้นฟู อนุรักษ์ สืบทอด และพัฒนาสู่ชนรุ่นหลังอย่างยั่งยืนยกย่องวิชาชีพช่างศิลป์หัตถกรรมให้เป็นความภาคภูมิใจและรักษารากเหง้าทางวัฒนธรรมของชุมชนพื้นถิ่นเมือง และชาติ อีกทั้งร่วมผลักดันให้ทุนทางวัฒนธรรมช่างศิลป์หัตถกรรม สามารถเป็นกลไกหนึ่งในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของชุมชนพื้นถิ่นเมือง และประเทศ การส่งเสริมให้สร้างรายได้เพิ่มไปพร้อมกับการหนุนเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชุมชน วิทยาลัยชุมชนยะลาจึงดำเนินการค้นคว้ารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา ก่อนที่จะสูญหายหรือข้อมูลบิดเบือนไป นายตีพะลี อะตะบุ ช่างทำกริชรามันห์ และเป็นครูศิลป์ของแผ่นดิน ประเภทเครื่องโลหะ ได้เปิดสอนช่างทำกริชรามันห์ร่วมกับสำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย (กศน.) จัดทำหลักสูตรมาตั้งแต่ พ.ศ. 2538 นานถึง 27 ปี ควรที่จะได้พัฒนาหลักสูตรให้เหมาะสมกับยุคปัจจุบันและถ่ายทอดไปสู่ผู้ที่สนใจ การพัฒนาหลักสูตรช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา คำถามการวิจัย 3 ประเด็น คือ กริชรามันห์จังหวัดยะลามีประวัติความเป็นมาอย่างไร การพัฒนาช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลาทำได้อย่างไร และหลักสูตรช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลาควรเป็นอย่างไร

การพัฒนาหลักสูตรช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา มีวัตถุประสงค์ศึกษาข้อมูลช่างศิลป์อย่างเป็นระบบ รวบรวมถอดองค์ความรู้จากช่างศิลป์ พัฒนาหลักสูตรช่างศิลป์ ถ่ายทอดองค์ความรู้ช่างศิลป์ และเผยแพร่หลักสูตรช่างศิลป์ เป็นการวิจัยแบบคุณภาพโดยสัมภาษณ์เชิงลึก ประชุมสนทนากลุ่ม ร่างหลักสูตร วิพากษ์หลักสูตร และทดลองใช้หลักสูตร ดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม 2564 ถึงเดือนพฤษภาคม 2565 ผลสำเร็จเบื้องต้น คือ ประวัติของกริชรามันห์พอสังเขป ซึ่งข้อมูลความเป็นมาของกริชรามันห์เป็นกริชร่วมสกุลกับกริชปัตตานีเมื่อประมาณ 300 ปีเศษ เนื่องจากเจ้าเมืองรามันได้เชิญช่างกริชชาวอินโดนีเซีย คือ บันโดซาระมาทำกริชเพื่อให้เป็นอาวุธประจำเมืองรามัน ได้ชื่อว่ากริชบันโดซาระ ตามชื่อของช่างกริชและได้สืบทอดมา 5 ช่วงอายุคน จนถึงนายตีพะลี อะตะบุ พบว่า ได้เรียนรู้จากช่างกริชรามันห์ ช่วงที่ 4 คือ ช่างต่วนบูติก แล้วฝึกตนเอง จนพัฒนาฝีมือเป็นช่างทำกริชมืออาชีพ ทั้งตีเหล็ก ทำใบกริช หัวกริช ฝักกริช ปลอกสวมกัน แกะลวดลาย ร้ากริช และครูสอนทำกริช และได้มีการพัฒนาหลักสูตรดังกล่าว และพัฒนาฝีมือการทำกริชรามันห์ที่มีความงดงาม

### วัตถุประสงค์และวิธีการ

การพัฒนาหลักสูตรช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา คณะผู้วิจัยทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยภายในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง สัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) นายตีพะลี อะตะบุ ครูศิลป์ของแผ่นดิน ประเภทเครื่องโลหะ ผู้ให้ข้อมูลหลัก ผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ เป็นนักวิชาการ และนักวิจัยเกี่ยวกับกริช/ช่างทำกริช และผู้ประกอบการธุรกิจเกี่ยวกับกริช และนำมารวบรวมผ่านกระบวนการ



ที่เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้รายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ อย่างลึกซึ้งและตรงตามสภาพที่เป็นจริงมากที่สุดที่สามารถตอบคำถามวิจัยได้ ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลาอย่างเป็นระบบ โดยศึกษา รวบรวมข้อมูลจากตำรา หนังสือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สืบค้น รวบรวมข้อมูล การสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับกริชที่เคยศึกษาวิจัย คือ นายบุญเลิศ จันตระ นักวิจัย นายพิชัย แก้วขาว ข้าราชการบำนาญ และผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตร ศรีสุวิธานนท์ อดีตอาจารย์ผู้สอน สัมภาษณ์นายตีพะลี อะตะบู สัมภาษณ์นายอาดาฮาตะอะแม นายมะไซมิง นิรูบี นายสมาน โดชอมิ และนายอับดุลฮันนาน มาหะมะ และประชุมเชิงปฏิบัติการ

2. รวบรวม ถอดองค์ความรู้ จากข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา โดยสนทนากลุ่ม เพื่อวิเคราะห์และจัดกลุ่มชุดความรู้จากผู้ให้ข้อมูลข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา โดยคณะนักวิจัยและนายตีพะลี อะตะบู รวบรวมข้อมูลจัดพิมพ์เป็นรูปเล่มชุดความรู้

3. พัฒนาหลักสูตรข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา โดยประชุมเชิงปฏิบัติการนำเสนอข้อมูลข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา และระดมความคิดรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรเพื่ออนุรักษ์และฟื้นฟูผลงานข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา อย่างยั่งยืน โดยผู้เข้าร่วมประชุม คือนายตีพะลี อะตะบู นายสมาน โดชอมิ นายกุมะ ดาตุ นายมะไซมิง นิรูบี นายอาดาฮา ตะอะแม วิชากษ์ปรับปรุงหลักสูตรข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา โดยเชิญผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตร ศรีสุวิธานนท์ นายพิชัย แก้วขาว นายบุญเลิศ จันตระ นายตีพะลี อะตะบู และนายอับดุลฮันนาน มาหะมะ ทดลองหลักสูตรครั้งที่ 1 ปรับปรุง แก้ไข ทดลองหลักสูตรครั้งที่ 2 ปรับปรุง แก้ไข หลักสูตร และจัดพิมพ์หลักสูตรฉบับสมบูรณ์

4. ถ่ายทอดองค์ความรู้ข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา โดยขยายผล ถ่ายทอดองค์ความรู้ข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา ให้กับผู้ที่สนใจและประชุมเชิงปฏิบัติการเสนอผลการพัฒนาหลักสูตรข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา

5. เผยแพร่หลักสูตรข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลาสู่สาธารณชน รูปแบบของสื่อวีดิทัศน์ แผ่นพับ รายงานวิจัยกิจกรรมต่าง ๆ เช่น มหากรรมวิชาการ 7 วิทยาลัยชุมชนภาคใต้ หน่วยงานภายนอก ห้องสมุดของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ

#### ผลการศึกษา

1. ข้อมูลข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา (นายตีพะลี อะตะบู) ซึ่งกริชรามันห์จังหวัดยะลาเป็นกริชที่ร่วมสกุลกับกริชปัตตานี โดยเมืองรามันห์เดิมรวมอยู่กับเมืองปัตตานี ต่อมาเมืองรามันห์ได้รับการจัดตั้งเป็น



เมืองอีกเมืองหนึ่ง เมื่อมีการจัดสกุลกริชในประเทศไทยขึ้น กริชรามันถูกจัดให้อยู่ในสกุลกริชปัตตานี นายตีพะลี อะตะบู ครูศิลป์ของแผ่นดินประเภทเครื่องโลหะ กล่าวว่า กริชปัตตานีก็กับกริชรามันที่แตกต่างกันที่แหล่งผลิตเท่านั้น คือ กริชปัตตานีผลิตที่เมืองปัตตานี ส่วนกริชรามันผลิตที่เมืองรามัน นายตีพะลี อะตะบู กล่าวถึงตำนานของกริชรามันที่มีการบอกเล่าสืบต่อกันมามีจุดกำเนิดเมื่อประมาณ 300 ปีเศษ เจ้าเมือง รามันที่ในสมัยนั้นมีความต้องการที่จะให้กริชเป็นอาวุธคู่บ้านคู่เมืองของเมืองรามัน จึงได้เชิญช่างทำกริช ชื่อ “บันไดซาระ” (ปาแนซาระ หรือปาแนซามะ) จากอินโดนีเซียมาทำกริชเป็นครั้งแรก ที่เมืองรามัน ช่างบันไดซาระได้พำนักอยู่เมืองรามันจนตลอดชีวิต และได้ผลิตกริชเป็นจำนวนมาก กริชนี้จึงถูกเรียกว่า “กริชบันไดซาระ” ซึ่งบันไดซาระได้ถ่ายทอดความรู้ เทคนิควิธีการทำกริชให้แก่ผู้สนใจและสืบต่อกันมาไม่น้อยกว่า 5 ช่วงอายุคน ช่างกริชที่สืบทอดติดต่อกันมาตามลำดับและปรากฏชื่อชัดเจน คือ ส่วนปู่เต๊ะ ส่วนรอดแต๊ก ส่วนบาโยง ส่วนบูตึก และนายตีพะลี อะตะบู ช่างกริชรามันห์และช่างกริชปัตตานีที่สืบทอดกันมา เรียกกันว่าเป็น ช่างกริชสายบันไดซาระ

2. รวบรวม ถอดองค์ความรู้ จากช่างศิลป์หัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา ซึ่งนายตีพะลี อะตะบู เป็นช่างกริช รามันห์สายบันไดซาระรุ่นล่าสุดที่สืบทอดการทำกริชมาจากบรมครูของกริชรามันห์ ประวัติชีวิตเกิดเมื่อ พ.ศ. 2494 ที่หมู่ที่ 2 ตำบลตะโละหะลอ อำเภอรามัน จังหวัดยะลา สมรสกับนางसारอมา อะตะบู มีบุตร 4 คน คือ นางสาวสุสนา อะตะบู นายซุลฟาการ์ อะตะบู นางสาวอัสมะ อะตะบู และนายอาลี อะตะบู ต่อมาได้เปลี่ยนมาเป็น อาชีพช่างทำกริช เนื่องจากในวัยเด็กคุ้นชินกับการร่ำรำสีละหรือบันจักสีลัตที่ดัดแปลงมาจากการรำกริช และแรงบันดาลใจสำคัญที่ทำให้สนใจที่จะเป็นช่างทำกริช คือเมื่ออายุ 30 ปี ได้มีชาวมาเลเซียกว้านซื้อกริชอำเภอรามัน เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะกริชที่ทำโดยช่างรุ่นแรก ทำให้นายตีพะลี อะตะบู ตระหนักและเห็นถึงคุณค่าของกริช จึงสนใจและเริ่มศึกษาเรียนรู้เรื่องกริชอย่างจริงจัง โดยสืบค้นตำนานของกริชและกริชรามันห์ทั้งจากเอกสารต่าง ๆ และคำบอกเล่าที่สืบทอดกันมาก็ พบว่า กริชรามันห์เป็นอาวุธโบราณที่มีประวัติความเป็นมาอย่างยาวนาน ด้านภูมิปัญญาของบรรพบุรุษที่สืบทอดกันมา ควรที่จะอนุรักษ์ไว้ให้คงอยู่สืบไป ด้วยการให้คนรุ่นหลังได้ตระหนักเห็นคุณค่าของกริชรามันห์ และฟื้นฟูช่างกริช เริ่มฝึกทำกริชแบบลองผิดลองถูก ลองเลียนแบบของกริชเก่าที่มีอยู่แล้ว ได้ไปเรียนรู้วิธีการทำกริชจากช่างกริชซึ่งเป็นครูคนแรก คือ ส่วนบูตึก ช่างซึ่งเป็นผู้สืบทอดการทำกริชแบบบันไดซาระรุ่นที่ 4 และเปิดสอนวิธีการทำกริช การสอนใช้วิธีการบรรยายบอกถึงวิธีการทำกริชของแต่ละขั้นตอนควบคู่ไปกับการให้ฝึกปฏิบัติจริง เมื่อเห็นว่าชิ้นงานได้ประณีตและสวยงามแล้ว จึงจะให้ผ่านไปเรียนในลำดับขั้นตอนต่อไปได้ นายตีพะลี อะตะบู ศึกษาวิชาการทำกริชรามันห์จากครูจนมีความชำนาญระดับหนึ่งทั้งการทำใบกริช หัวกริช ฝักกริช ปลอกสวมกัน การแกะลวดลายและการรำกริช และประกอบอาชีพได้ นายตีพะลี มีความมุ่งมั่นในการเป็นช่างกริช



ได้ศึกษาความรู้และพัฒนาฝีมือของตนจนเป็นช่างกริชมืออาชีพที่ยอมรับกัน โดยทั่วไปและเป็นช่างผู้สืบทอดภูมิปัญญากริชรามันห์ของบันไดชาระ

3. การพัฒนาหลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา ซึ่งระยะแรกนายตีพะลี อะตะบู ได้สอนโดยใช้วิธีการที่จดจำมาจากครูกริช คือ ต่วนบูตึก สอนสักระยะก็รวบรวมเนื้อหาและวิธีการสอนที่เป็นของตนเอง แต่ยังไม่เป็นรูปแบบทางวิชาการ จนกระทั่งปี 2538 สำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย (กศน.) ได้รวบรวมและจัดทำหลักสูตร ชุดประสบการณ์ชีวิตสัมพันธ์ขึ้น มีจำนวน 6 เล่ม โดยมี 6 หน่วย จำนวน 120 ชั่วโมง ดังนี้ ความเข้าใจเกี่ยวกับกริชรามันห์ การทำใบกริช การทำหัวกริช การทำฝักกริช การทำปลอกสวมก้น การเขียนดอกลายทองถิ่น (ลายหัวกริช) นายตีพะลี อะตะบู ได้ใช้หลักสูตรดังกล่าวนี้ สอนลูกศิษย์มาทั้งที่เป็นนักเรียนและผู้ใหญ่ที่สนใจ จุดมุ่งหมายเพื่อการอนุรักษ์กริชรามันห์ให้คงอยู่คู่อำเภอรามัน ด้วยสถานการณ์ของเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงไปจึงต้องพัฒนาหลักสูตรการทำกริชให้มีคุณภาพมากขึ้น และเน้นทั้งเพื่อการอนุรักษ์และการตลาดเพื่อให้ช่างกริชมีรายได้และสร้างผลงาน

การพัฒนาหลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา 1) จัดทำร่างหลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลาของนายตีพะลี อะตะบู โดยคณะผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์เอกสารการสอนทำกริชของนายตีพะลี อะตะบู ซึ่งกศน. จัดทำขึ้นมาเมื่อ พ.ศ. 2538 จำนวน 6 เล่ม ได้จัดประชุมเพื่อจัดทำร่างหลักสูตร โดยผู้เข้าร่วมประชุมประกอบด้วยนายตีพะลี อะตะบู และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stake Holder) คือ ลูกศิษย์ที่ได้เรียนไปแล้วจำนวน 4 คน ประชุมวิพากษ์หลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา โดยคณะผู้วิจัยได้จัดประชุมเพื่อวิพากษ์หลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา เมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2565 โดยผู้ประชุมประกอบด้วย ผู้ทรงคุณวุฒิ คือ ผศ.วิจิตร ศรีสุวิธานนท์ นายบุญเลิศ จันทระ นักวิจัยที่เคยวิจัยเกี่ยวกับกริชและช่างทำกริช คือ นายพิชัย แก้วขาว และนักธุรกิจเกี่ยวกับกริช คือ นายอับดุลฮันนัน มาหะมะ และนายตีพะลี อะตะบู จำนวน 5 คน ผลของการประชุมดังนี้ 1) ต้องเข้าใจตรงกันก่อนว่าหลักสูตรนี้เป็นการพัฒนาภูมิปัญญาการสอนช่างทำกริชของนายตีพะลี อะตะบู ให้เหมาะสม ไม่ใช่การเรียนการสอนที่ใช้อยู่ในมหาวิทยาลัย แต่เป็นการเสนอแนะเพื่อให้เหมาะสมในเชิงวิชาการมากขึ้น 2) เห็นด้วยกับจำนวนรวมของชั่วโมง คือ 120 ชั่วโมง 3) จาก 7 หน่วย ควรบูรณาการเนื้อหาารวมกันเหลือ 5 หน่วย ปรับชั่วโมงเรียนให้เหมาะสมตามลักษณะของเนื้อหา หลังจากการวิพากษ์ร่างโครงสร้างหลักสูตร คณะผู้วิจัยรวบรวมผลของการวิพากษ์พร้อมทั้งจัดทำโครงสร้างหลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา สรุปได้ดังนี้



(1) โครงสร้างหลักสูตร ประกอบด้วย

- เนื้อหาของหลักสูตร ประวัติความเป็นมาของกรีซทั่วไปและกรีซรามันท์ เอกลักษณ์  
โครงสร้างของกรีซ เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ในการทำกรีซ จรรยาบรรณของช่างทำกรีซรามันท์ วัฒนธรรม ในการทำกรีซ  
รามันท์ วิธีการทำกรีซรามันท์ ฝึกปฏิบัติการทำกรีซรามันท์ การตลาดและพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

- หน่วยการเรียนรู้ หลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกรีซรามันท์จังหวัดยะลา ประกอบด้วย 5 หน่วย  
โดยแต่ละหน่วยมีรายละเอียดดังนี้

ก. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกรีซ (12 ชั่วโมง) ประกอบด้วยประวัติความเป็นมาของกรีซทั่วไป  
ประวัติความเป็นมาของกรีซรามันท์ เอกลักษณ์ของกรีซรามันท์ โครงสร้างของกรีซ เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการทำ  
กรีซ ความปลอดภัยในการทำกรีซ จรรยาบรรณของช่างทำกรีซรามันท์ และ วัฒนธรรมในการทำกรีซรามันท์

ข. โลหะกรรมใบกรีซ (27 ชั่วโมง) ประกอบด้วยโลหะกรรมพื้นฐานและกรรมวิธีในการหลอม  
เหล็ก ลักษณะของใบกรีซ การสร้างแบบใบกรีซรามันท์ เทคนิคในการตีใบกรีซ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ  
การกำหนดสัดส่วนของใบกรีซให้สมบูรณ์ การฝึกทำใบกรีซ

ค. ด้ามและฝักกรีซ (36 ชั่วโมง) ประกอบด้วยรูปแบบต่างๆ ของหัวกรีซ เครื่องมือและวัสดุ  
อุปกรณ์ในการทำหัวกรีซ การสร้างแบบหัวกรีซตายของกรีซรามันท์ ลวดลายของหัวกรีซ ขั้นตอนในการทำหัวกรีซตา  
ยงของกรีซรามันท์ ความเชื่อเกี่ยวกับฝักกรีซ รูปแบบของฝักกรีซ โครงสร้างของฝักกรีซ เทคนิคในการทำฝักกรีซ  
ขั้นตอนในการทำฝักกรีซ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ และการฝึกทำฝักกรีซ

ง. เครื่องประดับตกแต่ง (ปลอกสวมกัน) (33 ชั่วโมง) ประกอบด้วยรูปแบบของปลอกสวมกัน  
ขั้นตอนและเทคนิคในการทำปลอกสวมกัน การเตรียมวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ และฝึกการทำปลอกสวมกัน

จ. กรีซกับการตลาดและพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (12 ชั่วโมง) ประกอบด้วยการแปรรูปกรีซเป็น  
ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ประเภทของการตลาด การเพิ่มมูลค่าของกรีซรามันท์ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ  
และการฝึกขายพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

- จำนวนชั่วโมง 120 ชั่วโมง

4. ถ่ายทอดองค์ความรู้ช่างศิลปหัตถกรรมกรีซรามันท์จังหวัดยะลา คือ 1) การนำหลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรม  
กรีซรามันท์จังหวัดยะลาไปใช้นายตีพะลี อะตะบู จัดการเรียนรู้หลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกรีซรามันท์จังหวัดยะลา  
จำนวน 120 ชั่วโมง ตามหน่วยที่ 1-5 ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม 2565-22 กันยายน 2565 กำหนดให้เรียนวันละ  
ไม่เกิน 6 ชั่วโมง ส่วนวันและเวลาเรียนผู้สอนและผู้เรียนร่วมตกลงกัน จัดการเรียนการสอนใช้วิธีการบรรยาย สาธิต  
ฝึกปฏิบัติ และประเมินผลภาคปฏิบัติโดยการตรวจผลงานของผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนที่ไม่ผ่านการประเมินสามารถนำผลงาน



กลับไปปรับปรุงแก้ไขแล้วส่งอีกได้ ในการจัดการเรียนรู้ผู้สอนได้อธิบายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ มีการเตรียมความพร้อมทั้งสถานที่ อุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้ การบันทึกข้อสังเกตหลังการจัดการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นในการเรียนรู้ ฝึกทักษะกระบวนการทำกริชรามันท์ ร่วมกันให้ผู้เรียนทำชิ้นงานตามความคิดสร้างสรรค์และสอดคล้องกับอัตลักษณ์ของกริชรามันท์ ประเมินความสามารถในการทำกริชรามันท์จากชิ้นงานที่ได้รับมอบหมาย และเจตคติที่ดีต่อการประกอบอาชีพช่างทำกริชรามันท์ และผู้เรียนได้ผ่านการเรียนรู้หลักสูตรหลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันท์จังหวัดยะลาแล้ว มีความรู้เรื่อง ประวัติความเป็นมาของกริชทั่วไปและกริชรามันท์ โครงสร้างของกริช เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการทำกริช วิธีการทำกริช และจรรยาบรรณของช่างทำกริชรามันท์ และทักษะในการทำกริชรามันท์ 2) พัฒนาหลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันท์จังหวัดยะลา จากการใช้หลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันท์จังหวัดยะลา คณะผู้วิจัยมีการประเมินผลการนำหลักสูตรไปใช้ โดยนำผลจากการที่ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมการทำงาน ตรวจชิ้นงาน ประเมินความสามารถในการทำกริชรามันท์ ได้มีการบันทึกผลหลังการสอนทุกครั้ง เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรให้เหมาะสมต่อไป พบว่า 1) ผู้เรียนมีความตั้งใจ รับผิดชอบ พยายามและอดทนในการปฏิบัติงาน รวมมือช่วยเหลือกัน และมีการปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น 2) การประเมินผลงาน ผู้เรียนมีความรู้เรื่องการทำกริชรามันท์ มีการออกแบบก่อนการลงมือสร้างชิ้นงาน มีความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ เลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม ใช้ได้อย่างคล่องแคล่วและคำนึงถึงความปลอดภัย โดยผู้สอนคอยให้คำแนะนำ 3) ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อหลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรม กริชรามันท์จังหวัดยะลา จากการสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อหลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันท์จังหวัดยะลา พบว่า 1) ด้านเนื้อหาและเวลาเรียน เนื้อหาครบถ้วน การเรียงลำดับเนื้อหา มีความเหมาะสมและเวลาเรียนตามโครงสร้างหลักสูตรมีความเหมาะสม 2) ด้านการจัดการเรียนรู้ เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความรู้ ฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดทักษะ บรรยากาศในการเรียนรู้ ไม่เคร่งเครียด เปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน 3) ด้านการประเมินผล มีการตรวจชิ้นงาน ร่วมกันเสนอแนะเพื่อปรับปรุงชิ้นงาน และสามารถแก้ไขชิ้นงานให้ดีขึ้นได้ และ 4) ปรับปรุงหลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันท์จังหวัดยะลา เมื่อนำหลักสูตรไปใช้ พบว่า ยังมีประเด็นที่ควรปรับปรุงด้านการจัดการเรียนรู้ คือ 1) ควรเพิ่มเรื่องการศึกษาดูงานนอกสถานที่ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จากการสังเกตการณ์ในการปฏิบัติ ประเด็นปัญหาในการทำกริชจากผู้ที่มีอาชีพทำกริชมาก่อน 2) การแบ่งกลุ่มผู้เรียน ระหว่างผู้เรียนที่มีความรู้และมีทักษะในการทำกริชมาก่อนกับผู้เรียนที่ไม่มีพื้นฐานด้านการทำกริช เนื่องจากผู้เรียนในกลุ่มนี้ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และการฝึกทักษะมากกว่า



## อภิปรายผลการศึกษา

ผลสำเร็จเบื้องต้น คือ ข้อมูลความเป็นมาของกริชรามันท์ซึ่งเป็นกริชร่วมสกุลกับกริชปัตตานีมีต้นกำเนิดเมื่อประมาณ 300 ปีเศษมาแล้ว เนื่องจากเจ้าเมืองรามันท์ได้เชิญช่างกริชชาวอินโดนีเซีย คือ บันไดชาระมาทำกริชเพื่อให้เป็นอาวุธประจำเมืองรามันท์ กริชนี้จึงได้ชื่อว่ากริชบันไดชาระ ตามชื่อของช่างกริช และได้สืบทอดมา 5 ช่วงอายุคน จนถึงนายตีพะลี อะตะบู ในปัจจุบัน การรวบรวมถอดองค์ความรู้ของนายตีพะลี อะตะบูพบว่า ได้เรียนรู้จากช่างกริชรามันท์ช่วงที่ 4 คือ ช่างต่วนบูตัก แล้วฝึกตนเองจนพัฒนาฝีมือเป็นช่างทำกริชมืออาชีพ ทั้งการตีเหล็ก การทำใบกริชหัวกริช ฝักกริช ปลอกสวมกั้น การแกะลวดลาย การรำกริช และครูสอนทำกริช และได้มีการพัฒนาหลักสูตร รายละเอียดผลการดำเนินงาน การพัฒนาหลักสูตร พบว่า กำหนดให้มี 5 หน่วย

- 1) ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกริช
- 2) โลหะกรรมใบกริช
- 3) ต้มและฝักกริช
- 4) เครื่องประดับตกแต่ง (ปลอกสวมกั้น) และ
- 5) กริชกับการตลาดและพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเน้นวิธีการสอนแบบปฏิบัติมากกว่าทฤษฎี หลังการทดลองจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรให้แก่ผู้สนใจ จำนวน 10 คน มีความเหมาะสม โดยผู้เรียนมีข้อเสนอแนะว่าควรไปศึกษาดูงานเกี่ยวกับกริชและผู้เรียนแต่ละรุ่น ควรมีวุฒิภาวะและพื้นฐานความรู้เรื่องกริชที่ใกล้เคียงกัน และการเผยแพร่หลักสูตร ผ่านสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ ในรูปแบบต่าง ๆ สื่อสิ่งพิมพ์ และการนำเสนอในที่ประชุมสัมมนาทางวิชาการซึ่งเทียบเคียงกับงานวิจัยของนริศนา ลอยฟ้า (2563) ศึกษาการเพิ่มมูลค่าสินค้าและเพิ่มช่องทางการตลาดผ่านระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนชนทอผ้าไหมลายลูกแก้วตำบลนิคมพัฒนา อำเภอชูขันธุ์ จังหวัดศรีสะเกษ รูปแบบการวิจัยประยุกต์ แบ่งเป็น 3 ระยะ พบว่า

ระยะ 1 แนวทางการสร้างมูลค่าสินค้า คือ 1) การออกแบบตราและบรรจุภัณฑ์เพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ดี

- 2) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ้าทอ ระยะ 2 รูปแบบการเพิ่มมูลค่า ดังนี้ 1) ตราและบรรจุภัณฑ์ช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีและมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ ผลการประเมินภาพรวมระดับมาก 2) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ และระยะ 3 การพัฒนาระบบพาณิชย์ฯมีองค์ประกอบการนำเสนอสินค้า การส่งสินค้า การชำระเงิน การขนส่งสินค้า และประวัติและผลการประเมินระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ภาพรวมระดับมากที่สุด และเทียบเคียงกับงานวิจัยของจุมพิต ศรีวัฒนพงศ์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น เรื่อง การผลิตเครื่องเงินของชุมชนวัดศรีสุพรรณ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า

- 1) ได้หลักสูตรท้องถิ่น เรื่อง การผลิตเครื่องเงินของชุมชนวัดศรีสุพรรณ จำนวน 3 หลักสูตร ในรูปแบบของหลักสูตรต่อเนื่อง ได้แก่ หลักสูตรระยะสั้น 100 ชั่วโมง หลักสูตรระยะกลาง 150 ชั่วโมง และหลักสูตรระยะยาว 250 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 500 ชั่วโมง 2) ได้แผนจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 หลักสูตร โดยแผนการจัดการเรียนรู้ของทุกหลักสูตรมีประสิทธิภาพ ผ่านเกณฑ์ 80/80 เนื่องจากการพัฒนาหลักสูตรลักษณะที่มีภาคปฏิบัติและสามารถวัดประเมินผล



ที่ออกมาเป็นชิ้นงานที่ชัดเจน เป็นรูปธรรม จึงต้องใช้เวลาการจัดการเรียนการสอนที่มีจำนวนชั่วโมงค่อนข้างสูง และงานวิจัยของวิศรา สมเกียรติกุล และกมล เรืองเดช (2564) ศึกษาการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวหอมไชยาพันธุ์พื้นเมืองในอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ผลการวิจัย พบว่า รูปแบบการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวหอมไชยาพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ การพัฒนารูปแบบสินค้าให้เป็นที่ต้องการของตลาด การปรับรูปแบบบรรจุภัณฑ์ให้สอดคล้องกับกลุ่มผู้บริโภค และการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ สำหรับแนวทางการส่งเสริมการสร้างมูลค่าเพิ่ม ได้แก่ การพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์ การแปรรูปสินค้าให้มีความหลากหลาย การเพิ่มช่องทางการจำหน่ายและการประชาสัมพันธ์ ซึ่งยุคปัจจุบันที่มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยและการแข่งขันทางการค้าหลายรูปแบบ ผู้ผลิตสินค้าจะต้องมีความรู้ ความสามารถ และทักษะการตลาดอิเล็กทรอนิกส์ที่มากขึ้นจากเดิมจึงจะสามารถจำหน่ายสินค้าของตนเองได้มากขึ้น

### สรุปผลการศึกษา

1. ศึกษาข้อมูลข้างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา พบว่า กริชรามันห์จังหวัดยะลาเป็นกริชที่ร่วมสกุลกับกริชปัตตานี โดยเมืองรามันห์เดิมรวมอยู่กับเมืองปัตตานี ต่อมาเมืองรามันห์ได้รับการจัดตั้งเป็นเมืองอีกเมืองหนึ่ง เมื่อมีการจัดสกุลกริชในประเทศไทยขึ้น กริชรามันห์ถูกจัดอยู่ในสกุลกริชปัตตานี ซึ่งนายตีพะลี อะตะบู ครูศิลปะของแผ่นดินประเภทเครื่องโลหะ (กริชรามันห์) ได้กล่าวว่า กริชปัตตานีกับกริชรามันห์แตกต่างกันที่แหล่งผลิตเท่านั้น คือ กริชปัตตานีผลิตที่เมืองปัตตานี ส่วนกริชรามันห์ผลิตที่เมืองรามันห์ และตำนานของกริชรามันห์ที่มีการบอกเล่าสืบต่อกันมาว่า “มีจุดกำเนิดเมื่อประมาณ 300 ปีเศษ โดยเจ้าเมืองรามันห์สมัยนั้นมีความต้องการที่จะให้กริชเป็นอาวุธคู่บ้านคู่เมืองเมืองรามันห์ ได้เชิญช่างกริชทำกริชชื่อ “บันไดซาระ” (ปาแนซาระหรือปาแนซามะ) จากอินโดนีเซียมาทำกริชเป็นครั้งแรกที่เมืองรามันห์ช่างบันไดซาระได้พำนักอยู่เมืองรามัน และได้ผลิตกริชจำนวนมาก จึงถูกเรียกว่า “กริชบันไดซาระ” ซึ่งบันไดซาระได้ถ่ายทอดความรู้ เทคนิค วิธีการทำกริชให้แก่ผู้สนใจและสืบต่อกันมาไม่น้อยกว่า 5 ช่วงอายุคน ช่างกริชที่สืบทอดติดต่อกันมาตามลำดับและปรากฏชื่อชัดเจน แต่ไม่มีรายละเอียดอื่น ๆ มีดังนี้ ส่วนปู่เต๊ะ ส่วนรอดแตก ส่วนบาโงย ส่วนบูตีก และนายตีพะลี อะตะบู ปัจจุบันช่างกริชรามันห์และช่างกริชปัตตานีที่สืบทอดกันมานี้ เรียกกันว่าเป็นช่างกริชสายบันไดซาระ

2. รวบรวม ถอดองค์ความรู้จากช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันห์จังหวัดยะลา พบว่า นายตีพะลี อะตะบู สอนโดยใช้วิธีการที่จดจำมาจากครูกริช คือ ส่วนบูตีก ช่วงแรกนายตีพะลี เริ่มฝึกทำกริชแบบลองผิด-ถูก ลองเลียนแบบของกริชเก่า เรียนรู้วิธีการทำกริชจากช่างกริช จึงเป็นครูคนแรก คือ ส่วนบูตีก ซึ่งเป็นผู้สืบทอดการทำกริชแบบบันไดซาระ รุ่นที่ 4 และเปิดสอนวิธีการทำกริช การสอนใช้วิธีการบรรยายบอกถึงวิธีการทำกริชของแต่ละ





ขั้นตอนควบคู่ไปกับการฝึกปฏิบัติจริง เมื่อชิ้นงานใดประณีตและสวยงามแล้วจึงจะให้ผ่านไปเรียนในลำดับขั้นตอนต่อไปได้ นายตีพะลี ศึกษาวิชาการทำกริชรามันท์จากครูจนมีความชำนาญในระดับหนึ่ง ทั้งการทำใบกริช หัวกริช ผักกริช ปลอกสวมกัน การแกะสลัดลาย และการรำกริช จนสามารถประกอบอาชีพได้ จากช่างกริชมือใหม่เป็นช่างกริชมืออาชีพที่ยอมรับกัน และเป็นช่างผู้สืบทอดภูมิปัญญากริชรามันท์ของบันไดซาระ

3. พัฒนาหลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันท์จังหวัดยะลา พบว่า หลักสูตรมี 120 ชั่วโมง 5 หน่วย ประกอบด้วยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกริช โลหะกรรมใบกริช ด้ามและผักกริช เครื่องประดับตกแต่ง (ปลอกสวมกัน) และกริชกับการตลาดและพาณิชย์

4. ถ่ายทอดองค์ความรู้ช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันท์จังหวัดยะลา และการเผยแพร่หลักสูตรช่างศิลปหัตถกรรมกริชรามันท์จังหวัดยะลาสู่สาธารณชน พบว่า ผู้เรียนได้ผ่านการเรียนรู้หลักสูตรมีความรู้ประวัติความเป็นมาของกริชทั่วไปและกริชรามันท์ โครงสร้างของกริช เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการทำกริช วิธีการทำกริช และจรรยาบรรณของช่างทำกริชรามันท์ และมีทักษะในการทำกริชรามันท์ จากการใช้หลักสูตร คณะผู้วิจัยได้ประเมินผลการนำหลักสูตร โดยนำผลจากผู้สอนสังเกตพฤติกรรม การทำงาน ตรวจชิ้นงาน ประเมินความสามารถในการทำกริชรามันท์ ได้มีการบันทึกผลหลังการสอนทุกครั้งเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรให้เหมาะสมต่อไป พบว่า 1) ผู้เรียนตั้งใจ รับผิดชอบ พยายามและอดทน ร่วมมือช่วยเหลือ และมีการปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น 2) ประเมินผลงาน ผู้เรียนมีความรู้การทำกริชรามันท์ ออกแบบก่อนลงมือสร้างชิ้นงาน มีความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ เลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม และคำนึงถึงความปลอดภัย โดยผู้สอนคอยให้คำแนะนำ ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อหลักสูตร พบว่า 1) เนื้อหาและเวลาเรียน ครบถ้วนการเรียงลำดับเนื้อหาที่มีความเหมาะสม และเวลาเรียนในโครงสร้างหลักสูตรเหมาะสม 2) การจัดการเรียนรู้ เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความรู้ ฝึกปฏิบัติ เพื่อให้เกิดทักษะ บรรยากาศในการเรียนรู้ไม่เคร่งเครียด เปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 3) การประเมินผล มีการตรวจชิ้นงาน ร่วมกันเสนอแนะ ปรับปรุงชิ้นงาน และสามารถแก้ไขชิ้นงาน นอกจากนี้ ควรปรับปรุงด้านการจัดการเรียนรู้ เช่น การศึกษาดูงานนอกสถานที่ การแบ่งกลุ่มผู้เรียนที่มีความรู้และมีทักษะในการทำกริชมาก่อนกับที่ไม่มีพื้นฐาน

#### ข้อเสนอแนะ

สำหรับการทำวิจัยครั้งนี้ควรต้องดำเนินการสอนตามลำดับของหน่วยการเรียนรู้ เพราะเนื้อหาจะสัมพันธ์ต่อเนื่องกันแต่ละหน่วยมีเวลาให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจนเกิดทักษะ ผู้สอนต้องกำหนดเวลาแน่นอน และควรมี



ความรู้และทักษะของแต่ละหน่วยเฉพาะทาง และคัดเลือกผู้เรียนที่มีความตั้งใจเรียนและมีเวลา และระยะเวลาวิจัย ไม่น้อยกว่า 1 ปี และควรใช้กระบวนการวิจัยเป็นแนวทางในการทำวิจัยเกี่ยวกับช่างฝีมือต่าง ๆ

#### เอกสารอ้างอิง

จุมพิต ศรีวัฒนพงศ์ สิริสมนาม และเกียรติสุดา บุญส่ง. (2561). การพัฒนาหลักสูตรท้องถิ่น เรื่อง การผลิต เครื่องเงินของชุมชนวัดศรีสุพรรณ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*. 7(2), 29-43.

นริศนา ลอยฟ้า. (2563). การเพิ่มมูลค่าสินค้าและเพิ่มช่องทางการตลาดผ่านระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนทอผ้าไหมลายลูกแก้ว ตำบลนิคมพัฒนา อำเภอชุนธุ์ จังหวัดศรีสะเกษ. *วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต*. 8(1), 241-226.

วิศรา สมเกียรติกุล และกมล เรืองเดช. (2564). การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวหอมไชยาพันธุ์พื้นเมือง ในอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย*. 16(56), 31-42.



## ถอดบทเรียนความสำเร็จโรงเรียนผู้สูงอายุ กรณีศึกษาโรงเรียนผู้สูงวัยพลายชุมพลและ โรงเรียนร่วมสมอวิทยา

วัลลวลี ชำนาญเพชร<sup>1\*</sup>, สุพรรณษา ร่วมสุข<sup>1</sup>, สุธิพงษ์ อจรอด<sup>1</sup> และ รสสุคนธ์ ประดิษฐ์<sup>1</sup>

**Lesson learned from the success of elderly school, case study of**

**Plai Chumphon School and Rom Samo Wittaya School**

Watchalawalee Chamnanpheat<sup>1\*</sup>, Supansa Ruamsuk<sup>1</sup>, Suthipong Ardrod<sup>1</sup> and Rotsukhon Pradit<sup>1</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรรัฐประศาสนศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Public Administration, Faculty of Social Sciences and Local Development Pibulsongkram Rajabhat University, Mueang District, Phitsanulok Province, 65000

\*Corresponding author. E-mail: Watchalawalee.c@psru.ac.th

### บทคัดย่อ

การวิจัยถอดบทเรียนความสำเร็จโรงเรียนผู้สูงอายุ กรณีศึกษาโรงเรียนผู้สูงวัยพลายชุมพลและโรงเรียนร่วมสมอวิทยา เนื่องจากโรงเรียนผู้สูงอายุมีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ในการส่งเสริมศักยภาพของผู้สูงอายุและพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบเพื่อให้ผู้สูงอายุมีศักยภาพและสามารถพึ่งพาตนเองได้ มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ 1) เพื่อศึกษาการบริหารจัดการและโครงสร้างหลักสูตรของโรงเรียนผู้สูงอายุ 2) เพื่อถอดบทเรียนความสำเร็จของโรงเรียนผู้สูงอายุโรงเรียนผู้สูงวัยพลายชุมพลและโรงเรียนเรียนผู้สูงอายুর่วมสมอวิทยา การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพมีการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกและสนทนากลุ่ม เก็บข้อมูลกับนายกเทศมนตรี นายกองค์การบริหารส่วนตำบล ผู้นำชุมชน ครู และผู้สูงอายุ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหาและสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย ผลการวิจัยพบว่าโรงเรียนผู้สูงอายุมีการจัดตั้งและบริหารจัดการโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นร่วมกับหน่วยงานเครือข่าย โดยมีโครงสร้างหลักสูตรเพื่อพัฒนาทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ สังคม พร้อมทั้งให้ข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตของผู้สูงอายุ รวมถึงการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมและถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น ปัจจัยความสำเร็จของโรงเรียนผู้สูงอายุเกิดจากปัจจัยด้านเครือข่าย โดยมีเครือข่ายการทำงานระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานความร่วมมือ ปัจจัยด้านความมีวิสัยทัศน์ของผู้นำที่ให้ความสำคัญกับคนทุกกลุ่มวัย ปัจจัยด้านความเข้มแข็งขององค์กรผู้สูงอายุและการมีส่วนร่วมของชุมชน ซึ่งปัจจัยทั้งหมดเกิดจากความเข้มแข็งขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ชุมชน และเครือข่ายที่มีศักยภาพภายใต้การดำเนินการร่วมกันในการพัฒนางานด้านโรงเรียนผู้สูงอายุ

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ โรงเรียนผู้สูงอายุ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ถอดบทเรียน ปัจจัยความสำเร็จ



### Abstract

Research-based learning from the success of elderly schools: a case study of Elderly Plai Chumphon School and Romsamor Witthaya School. Elderly schools play an important role in creating knowledge to increase the potential of older people to continuously and systematically improve their quality of life and empower them to stand on their own two feet. The objectives of this study were 1) to investigate the management and curriculum structure of Elderly schools and 2) to learn from the success of Elderly Plai Chumphon School and Romsamor Witthaya School. This research followed a qualitative approach. Data were collected through in-depth interviews and focus group discussions with various stakeholders, including the mayor, the head of the sub-district administration, community leaders, teachers, and elders. The data were analyzed using content analysis and inductive reasoning. The research findings showed that schools for the elderly are established and managed by local governments and networks. They have a curriculum structure designed to promote the physical, mental, and social well-being of the elderly. These schools provide valuable information to the elderly, facilitate cultural exchange, and promote the sharing of local wisdom. Success factors identified for elderly schools include the strength of the network, which includes collaboration between local governments and cooperating organizations, visionary leadership that considers all age groups, and the active participation of senior organizations and community members. All of these factors stem from the ability of local governments, communities, and networks to contribute to the development of elderly schools through collaborative efforts.

**Keywords:** Elderly, Elderly school, Local government, Lesson learned, Critical Success Factors

### บทนำ

สังคมโลกในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอย่างต่อเนื่องคือการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรผู้สูงอายุโดยในปี พ.ศ.2563 มีจำนวนประชากรทั้งหมดประมาณ 7,795 ล้านคน โดยมีผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 1,050 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 14 ของประชากรทั้งหมด โดยประเทศที่มีอัตราผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไปสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ญี่ปุ่น ร้อยละ 34 อิตาลี ร้อยละ 30 และโปรตุเกส ฟินแลนด์ กรีซ ร้อยละ 29 ประเทศสมาชิกอาเซียน 6 ประเทศ เป็นสังคมสูงอายุแล้ว ได้แก่ สิงคโปร์ ร้อยละ 21 ไทย ร้อยละ 18 เวียดนาม ร้อยละ 12 มาเลเซีย ร้อยละ 11 อินโดนีเซีย ร้อยละ 10 และเมียนมา ร้อยละ 10 (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย, 2563) สาเหตุของการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุที่ทำให้มีจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบันของประเทศไทยมาจากสาเหตุหลักอยู่ด้วยกันหลายประการ กล่าวคือการพัฒนาเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศเนื่องจากการพัฒนาทางเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศเจริญก้าวหน้าไปมากทำให้สามารถเพิ่มสวัสดิการแก่ประชาชนได้มากขึ้นมีการพัฒนาทางด้านสาธารณสุขอนามัยโรงพยาบาลและการคมนาคมขนส่งได้อย่างทั่วถึง ขณะที่ประชาชนมีฐานะความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นมีการบริโภคที่ถูกหลักโภชนาการมีการศึกษารู้จักดูแลรักษาสุขภาพอนามัยทำให้ประชาชนมีอายุยืนมากขึ้น การก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุใน



ประเทศไทยส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจและด้านสังคม กล่าวคือการลดลงของแรงงานผลิตและรายได้ที่ลดลง ความยากลำบากในการดำรงชีพ และขาดการส่งเสริมด้านคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ อันเป็นเหตุปัจจัยที่ต้องหาแนวทางในการแก้ปัญหาสังคมผู้สูงอายุในประเทศไทย

โรงเรียนผู้สูงอายุเป็นอีกหนึ่งแนวทางให้การแก้ไขปัญหาผู้สูงอายุ โดยมีการจัดการศึกษาอีกรูปแบบหนึ่งที่ต้องการให้ผู้สูงอายุมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน เกิดจากแนวคิดที่ตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญผู้สูงอายุ โดยการสร้างพื้นที่ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาศักยภาพผู้สูงอายุบนพื้นฐานการมีส่วนร่วมของชุมชนและท้องถิ่นและภาคีเครือข่าย การเกิดขึ้นของโรงเรียนผู้สูงอายุยังสอดคล้องกับพระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ. 2546 แผนผู้สูงอายุแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2545- 2564) และข้อเสนอเชิงนโยบายในเวทีการประชุมสมัชชาผู้สูงอายุระดับชาติปี 2553 และ 2556 และแผนระดับชาติหลายฉบับที่ให้ความสำคัญกับการศึกษาเรียนรู้ตลอดชีวิต การพัฒนาศักยภาพของบุคคลอย่างต่อเนื่อง การมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางสังคม และการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ โดยโรงเรียนผู้สูงอายุเป็นรูปแบบหนึ่งในการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต การจัดการศึกษาการพัฒนาทักษะเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุช่วยเพิ่มพูนความรู้ทักษะชีวิตที่จำเป็นโดยวิทยากรจิตอาสาหรือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องขณะเดียวกันก็เป็นพื้นที่ที่ผู้สูงอายุจะได้แสดงศักยภาพโดยการถ่ายทอดภูมิความรู้ประสบการณ์ที่สั่งสมแก่บุคคลอื่นเพื่อสืบสานภูมิปัญญาให้คงคุณค่าคู่กับชุมชน (กรมกิจการผู้สูงอายุ, 2564)

โรงเรียนผู้สูงวัยหลายชุมพลจัดตั้งโดยเทศบาลตำบลพลหลายชุมพล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ได้จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2560 ได้ดำเนินการความร่วมมือโดยการจัดทำบันทึกข้อตกลงร่วมกันระหว่างท้องที่ ท้องถิ่น วัด โรงเรียน มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล หน่วยงานต่าง ๆ และภาคประชาชนร่วมกันอย่างบูรณาการให้สอดคล้องกับปัญหาความต้องการของผู้สูงอายุ เน้นความสนุกสนานรื่นเริง สอดแทรกการเรียนการสอน หลักสูตร 1 ปี เมื่อสำเร็จการศึกษาจะมีการจัดพิธีมอบใบประกาศเกียรติบัตร “ปริญญชีวิต” ซึ่งถือเป็นความร่วมมือและบูรณาการของทุกภาคส่วนในการดำเนินงานด้านการพัฒนาผู้สูงอายุร่วมกัน

โรงเรียนร่วมสมอวิทยาดำเนินการโดยองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข ได้จัดทำหลักสูตรการเรียนการสอนขึ้นเมื่อตั้งแต่ปี พ.ศ.2559 โดยองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นมีความต้องการที่จะดำเนินงานด้านผู้สูงอายุให้มีความสอดคล้องกับแผนผู้สูงอายุแห่งชาติและปรับให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ขององค์การบริหารส่วนตำบลในยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านการพัฒนาสังคม การศึกษา สาธารณสุข ศาสนาวัฒนธรรม กีฬาและนันทนาการ เพื่อให้ผู้สูงอายุดำรงชีวิตอย่างมีศักดิ์ศรีพึ่งตนเองได้ มีคุณภาพชีวิตที่ดีเป็นผู้สูงอายุที่มีคุณค่าต่อสังคม สิ่งสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จของโรงเรียนผู้สูงอายুর่วมสมอวิทยาคือเป็นโรงเรียนผู้สูงอายุนำร่องแห่งแรกในพิษณุโลกและได้รับโลรางวัลประกาศ



เกียรติคุณเป็นโรงเรียนผู้สูงอายุต้นแบบประจำจังหวัดพิษณุโลก ประจำปี 2564 ซึ่งแสดงถึงศักยภาพขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการดำเนินงานด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุผ่านการจัดตั้งโรงเรียนผู้สูงอายุ

จากความสำคัญของโรงเรียนผู้สูงอายุที่มีต่อการส่งเสริมและการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุทั้งด้านทักษะความรู้ สังคม และคุณภาพ โดยโรงเรียนจะมีการพัฒนาในการจัดกิจกรรม การพัฒนาหลักสูตร การจัดพื้นฐานการเรียนรู้ การบริหารจัดการ ตลอดจนการติดตามประเมินผล ซึ่งจะมีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ในการส่งเสริมศักยภาพของผู้สูงอายุและพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ เพื่อให้ผู้สูงอายุมีศักยภาพและสามารถพึ่งพาตนเองได้ โดยมีหลักการในการดำเนินงานที่สำคัญคือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะทำการศึกษาภาวะสุขภาพ จำนวนประชากร และความต้องการของผู้สูงอายุในชุมชนเพื่อนำมาจัดทำแผนยุทธศาสตร์การส่งเสริมสุขภาพ และช่วยเหลือผู้สูงอายุในชุมชน ดำเนินการจัดตั้งศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุพร้อมกำหนดชื่อ จัดทำบันทึกข้อตกลงความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่และกำหนดกรอบแนวทางการสอนและการเรียนรู้ที่เน้นสุขภาพร่างกาย สุขภาพจิตใจ ด้านสังคมและปัญญา จากนั้นก็จะมีกรวัดและประเมินผลที่เกิดขึ้นกับผู้สูงอายุจากการดำเนินงานและความสำเร็จของการจัดตั้งโรงเรียนผู้สูงอายุดังกล่าวทำให้คณะผู้วิจัยเห็นความสำคัญในการดำเนินงานของโรงเรียนผู้สูงอายุและต้องการศึกษาการบริหารจัดการและโครงสร้างหลักสูตรของโรงเรียนผู้สูงอายุและปัจจัยที่นำไปสู่ความสำเร็จ ดังนั้นจึงเป็นที่มาและความสำคัญของการงานวิจัยเรื่อง ถอดบทเรียนความสำเร็จโรงเรียนผู้สูงอายุ กรณีศึกษาโรงเรียนผู้สูงวัยหลายชุมพลและโรงเรียนเรียนผู้สูงอายรร่วมสมอวิทยา โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญของการศึกษาดังนี้ 1) เพื่อศึกษาการบริหารจัดการและโครงสร้างหลักสูตรของโรงเรียนผู้สูงอายุ และ 2) เพื่อถอดบทเรียนความสำเร็จของโรงเรียนผู้สูงอายุโรงเรียนผู้สูงวัยหลายชุมพลและโรงเรียนเรียนผู้สูงอายรร่วมสมอวิทยา

### วัตถุประสงค์และวิธีการ

ถอดบทเรียนความสำเร็จโรงเรียนผู้สูงอายุ กรณีศึกษาโรงเรียนผู้สูงวัยหลายชุมพลและโรงเรียนร่วมสมอวิทยา มีวิธีการดำเนินการวิจัยโดยใช้การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่ม โดยการเก็บข้อมูลกับผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ประกอบด้วย

1. การเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้ให้ข้อมูลประกอบด้วย นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลหลายชุมพล นายกองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข และครูผู้สอน เลือกโดยเจาะจง จำนวน 4 ราย
2. การเก็บข้อมูลด้วยการสนทนากลุ่ม ผู้ให้ข้อมูลประกอบด้วย กลุ่มนักเรียนผู้สูงอายุ เลือกโดยเจาะจง จำนวน 10 ราย และผู้นำชุมชนจำนวน 18 ราย



## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสนทนากลุ่ม ในประเด็นคำถาม คือ ความคิดเห็นที่มีต่อโรงเรียนผู้สูงอายุ ความคิดเห็นที่มีต่อหลักสูตร และกิจกรรมการเรียนรู้ ประโยชน์ที่เกิดขึ้น ปัญหาอุปสรรค ความต้องการในการพัฒนา และปัจจัยสู่ความสำเร็จ

2. แบบสัมภาษณ์เชิงลึก ในประเด็นคำถามสำคัญ คือ ขั้นตอนการดำเนินงานและการบริหารจัดการโรงเรียนผู้สูงอายุ การออกแบบหลักสูตรและโครงสร้างหลักสูตร ปัญหาอุปสรรค ปัจจัยแห่งความสำเร็จ และข้อเสนอแนะ

### การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

บันทึกพรรณนาอย่างละเอียดและนำเสนอพรรณนาให้เห็นภาพทุกแง่มุม โดยละเอียดทุกครั้งภายหลังจากเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง ให้บุคคลที่อยู่ในสนามวิจัยอ่านข้อมูลเพื่อตรวจสอบรับรองความถูกต้อง ในส่วนที่เป็น การบันทึกบททวนหรือการวิเคราะห์ตีความเบื้องต้น และให้อาจารย์ที่ปรึกษาได้มีโอกาสเข้าไปสัมผัสข้อมูล ปรากฏการณ์ทางการศึกษา พร้อมทั้งขอคำแนะนำปรึกษาเกี่ยวกับแนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูลในประเด็นต่าง ๆ ที่ยังขาดตกบกพร่อง

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผู้วิจัยตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นไปพร้อม ๆ กันตลอดระยะเวลาที่ ดำเนินการวิจัยและหลังจากเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลภาคสนามแล้ว ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึก ข้อมูลการถอดเทป จากการสัมภาษณ์เชิงลึกและการสนทนากลุ่มมาทำการจัดระเบียบข้อมูล ตีความ และหาข้อสรุป

## ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการบริหารจัดการและโครงสร้างหลักสูตรของโรงเรียนผู้สูงอายุ

การดำเนินงานและการบริหารจัดการโรงเรียนผู้สูงอายุของโรงเรียนร่วมสมอวิทยา พบว่าก่อตั้งและบริหารจัดการ โดยองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข จังหวัดพิษณุโลก เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้สูงอายุที่มีการเรียกร้องให้มีการจัดตั้งโรงเรียนชั้นผ่านชมรมผู้สูงอายุในพื้นที่ และเพื่อต้องการแก้ไขปัญหาให้กับผู้สูงอายุ เช่น ปัญหาการดูแลสุขภาพ ปัญหาทางด้านสังคม ปัญหาทางด้านจิตใจจากการอยู่ลำพัง และเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ โดยสามารถก่อตั้งได้สำเร็จในปี พ.ศ. 2559 โดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์ของโรงเรียนคือเพื่อส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุ ทั้งด้านกาย ใจ สังคมและสติปัญญา เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถดูแลสุขภาพและแก้ไขปัญหาสุขภาพได้ด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้สูงอายุได้พบปะและมีเวทีแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมประเพณี ภูมิปัญญาท้องถิ่นและประสบการณ์ชีวิตของกันและกัน และเพื่อส่งเสริมการพัฒนาตนเองและการเรียนรู้ตลอดชีวิตของผู้สูงอายุ คณะกรรมการในการบริหารจัดการ



โรงเรียนจะประกอบไปด้วยคณะผู้บริหารท้องถิ่น ส่วนส่งเสริมสวัสดิการ ส่วนส่งเสริมการศึกษา ส่วนการคลัง และ นักพัฒนาชุมชน

โรงเรียนผู้สูงอายุพลายชุมพล การดำเนินการจัดตั้งและบริหารจัดการโดยเทศบาลตำบลพลายชุมพล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก การจัดตั้งโรงเรียนเกิดจากความพร้อมของหน่วยงาน นโยบายของผู้บริหาร และความต้องการของผู้สูงอายุ เพื่อตอบสนองนโยบายรัฐบาลและสอดคล้องกับภารกิจอำนาจหน้าที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในการดำเนินงานเริ่มต้นจากการจัดทำบันทึกข้อตกลงร่วมกันระหว่างท้องถิ่น ท้องถิ่น วัด โรงเรียน มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล หน่วยงานต่าง ๆ และภาคประชาชน ร่วมกันวางแผนวิเคราะห์และวิพากษ์หลักสูตรการเรียนการสอน ผู้สูงอายุร่วมกันอย่างบูรณาการเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนภายใต้หลักสูตร “ชะลอชราพัฒนาชีวิต” การจัดตั้งโรงเรียนผู้สูงอายุพลายชุมพลเปิดการเรียนการสอนรุ่นที่ 1 เมื่อวันที่ 6 มกราคม 2560 คณะกรรมการโรงเรียนประกอบไปด้วยคณะผู้บริหารท้องถิ่นทำหน้าที่ออกนโยบาย กำกับ ติดตามผลการดำเนินงาน ปลัดเทศบาล ทำหน้าที่บริหารจัดการโรงเรียนให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ฝ่ายการศึกษาของเทศบาลมีหน้าที่ออกแบบหลักสูตร ประสานเชิญครูและวิทยากรและวัดประเมินผล นักพัฒนาชุมชนทำหน้าที่เป็นฝ่ายทะเบียนและธุรการ และฝ่ายการคลัง มีหน้าที่จัดทำงบประมาณวัสดุและอุปกรณ์

### โครงสร้างหลักสูตร

โครงสร้างหลักสูตรของโรงเรียนผู้สูงอายุทั้งสองโรงเรียนมีการออกแบบโครงสร้างหลักสูตรที่คล้ายคลึงกันโดยประกอบไปด้วย 1) การพัฒนาสุขภาพร่างกาย มุ่งเน้นไปที่สุขภาพร่างกายของผู้สูงอายุ รวมถึงหัวข้อต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงของร่างกาย ปัญหาสุขภาพที่พบบ่อยในผู้สูงอายุ การออกกำลังกายที่เหมาะสม โภชนาการ และ กิจกรรมป้องกันการหกล้ม 2) การพัฒนาจิตใจ เน้นความผาสุกทางจิตและรวมถึงหัวข้อต่าง ๆ เช่น การปฏิบัติทาง พุทธศาสนา การทำสมาธิ การปรับตัวและการปรับตัวของจิตใจ และการสวดมนต์ 3) การพัฒนาสังคม มุ่งส่งเสริมปฏิสัมพันธ์และความเข้าใจทางสังคม รวมถึงหัวข้อต่าง ๆ เช่น กฎหมายและการเมือง รูปแบบการปกครองท้องถิ่น สวัสดิการและการคุ้มครองทางสังคม และเทคโนโลยีการสื่อสาร 4) พัฒนาการทางปัญญา มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะทางปัญญาและความพร้อมสำหรับโลกยุคใหม่ เช่น การจัดการชีวิต ประชาคมอาเซียน และการก้าวทันเทคโนโลยี ด้านภูมิปัญญาการพัฒนาเศรษฐกิจ และ 5) การพัฒนาอาชีพ มุ่งให้ความรู้และทักษะทางเศรษฐกิจและวิชาชีพ รวมถึงหัวข้อต่าง ๆ เช่น ภูมิปัญญาท้องถิ่น การพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี การสุขภาพ การจัดการของเสีย และการใช้เครื่องมือสื่อสาร เป็นต้น นอกจากนี้หลักสูตรยังมีการส่งเสริมการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมให้ผู้สูงอายุได้พบปะ แลกเปลี่ยนวัฒนธรรม ประเพณี ภูมิปัญญาท้องถิ่นและประสบการณ์ชีวิต การทำกิจกรรมระหว่างรุ่นเพื่อเชื่อมต่อกับคนในท้องถิ่นโดยเชิญคนรุ่นใหม่ให้เข้าร่วมกิจกรรมกับผู้สูงอายุ เช่น การแสดงดนตรี กิจกรรมการเล่าเรื่อง เป็นต้น





## ปัจจัยความสำเร็จโรงเรียนผู้สูงอายุ โรงเรียนสูงวัยพलयชุมพลและโรงเรียนร่วมสมอวิทยา

1) ปัจจัยด้านเครือข่ายในการดำเนินงานของโรงเรียนผู้สูงอายุ โดยมีเครือข่ายระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานภาครัฐอื่น เช่น โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ศูนย์การศึกษาออกโรงเรียน สถาบันการศึกษา องค์กรชุมชน เช่น ชมรมผู้สูงอายุ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ผู้นำท้องที่ วัด และภาคประชาชน ทำให้เกิดเป็นเครือข่ายการทำงานร่วมกันอย่างเข้มแข็งในการส่งเสริมและสนับสนุนทั้งการจัดตั้งและการดำเนินกิจกรรมของโรงเรียนผู้สูงอายุ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดกระบวนการมีส่วนร่วมและการบูรณาการการทำงานร่วมกัน

“ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดความสำเร็จของโรงเรียนผู้สูงอายุ ได้แก่ การมีส่วนร่วมซึ่งได้รับความร่วมมือของทุกภาคส่วนในตำบลทั้งภาครัฐ เอกชน และกลุ่มองค์กรประชาชนต่างๆ ในพื้นที่ รวมถึงเครือข่ายทางสังคมในตำบลที่เข้มแข็ง บ้าน วัด โรงเรียนที่มีส่วนร่วมช่วยกันผลักดันในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่แรกเริ่มกระบวนการคิด วางแผน ดำเนินการ ตลอดจนการติดตามประเมินผลจะทำให้เกิดความผูกพันและความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมกัน”

(นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลพलयชุมพล)

2) ปัจจัยด้านผู้นำโดยเฉพาะผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้ที่มีวิสัยทัศน์และมีการกำหนดนโยบายที่ให้ความสำคัญกับผู้สูงอายุเนื่องจากเป็นผู้ที่มีคุณค่าต่อสังคมเป็นอย่างมาก เป็นแหล่งความรู้ความชำนาญ และเป็นผู้อำนาจซึ่งประเพณีวัฒนธรรม

“ด้านวิสัยทัศน์ นโยบาย ภาวะผู้นำ และความเสียสละของผู้บริหาร มีส่วนที่จะช่วยส่งเสริม สนับสนุนกิจกรรมได้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล สามารถดำเนินการในทุกๆ สิ่งโดยไม่ติดขัด แม้กระทั่งเรื่องของการเสียสละงบประมาณส่วนตัวสนับสนุนเครื่องมือเครื่องใช้ที่ไม่สามารถเบิกจ่ายในระบบราชการได้ เช่น เครื่องแต่งกายของขวัญรางวัลต่างๆ เพราะผู้สูงอายุเนี่ยมีคุณค่าแหล่งความรู้ประเพณีวัฒนธรรมต่างๆ ก็อยู่ในนั้น” (ผู้นำชุมชน)

3) ปัจจัยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับการให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ เนื่องจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้รับการกระจายอำนาจจากส่วนกลาง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจำเป็นที่จะต้องดูแลคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุให้ดียิ่งขึ้น ผ่านนโยบายต่างๆ หรือการสนับสนุนงบประมาณในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ และการสนับสนุนอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ สถานที่ที่ใช้จัดการเรียนการสอนแก่ผู้สูงอายุ ดังนั้นโรงเรียนผู้สูงอายุจึงแสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญในงานด้านการพัฒนาผู้สูงอายุขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการพัฒนาทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ สังคม และทักษะอาชีพ เป็นต้น

“ผู้สูงอายุที่เค้เป็นซึมเศร้ามีหลายคนที่เป็นในตำบล เรายังเลยเห็นว่าจำนวนผู้สูงอายุก็มีมากขึ้นและปัญหาตรงนี้จะทำอย่างไรก็หากิจกรรมมารองรับตรงนี้ให้ได้ก็เลยมาชวนกันคิดช่วยกันทำเจ้าหน้าที่อบต.สมอ ช่วยกันหาข้อมูล แล้วก็ไปดูที่อบต.แม่ปะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เป็นต้นแบบเรา แล้วก็ อบต.คอรุม อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์



แล้วก็มีที่โรงเรียนผู้สูงอายุหัวจัม อำเภอกพาน จังหวัดเชียงราย ที่เราเอาข้อมูลของเค้ามาแล้วเราก็ก็นำมาปรับให้เข้ากับบริบทของเรา โดยให้สอดคล้องกับแผนผู้สูงอายุแห่งชาติ และปรับให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ขององค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข ในยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านการพัฒนาสังคม การศึกษา สาธารณสุข ศาสนา วัฒนธรรม กีฬา และนันทนาการ เพื่อให้ผู้สูงอายุดำรงชีวิตอย่างมีศักดิ์ศรี พึ่งตนเองได้ มีคุณภาพชีวิตที่ดี เป็นผู้สูงอายุที่มีคุณค่า ต่อสังคม” (นายกองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข)

4) ปัจจัยด้านความเข้มแข็งขององค์กรผู้สูงอายุ โรงเรียนผู้สูงอายุขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้งสองแห่งนั้นมีการริเริ่มจากชมรมผู้สูงอายุในท้องถิ่น ซึ่งชมรมผู้สูงอายุเป็นองค์กรภาคประชาชนที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบงานผู้สูงอายุ ที่จะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุทั้งในระดับบุคคลและระดับชุมชน จนนำไปสู่การพัฒนา กลายเป็นโรงเรียนผู้สูงอายุต่อไป

“สมัยก่อนเราจะมีชมรมผู้สูงอายุซึ่งเราจะมีการประชุมกันแต่เดือนเรามีกันตั้งแต่ปี 2550 แต่ต่อมากลุ่มย่อยผู้สูงอายุบางคนเค้าบอกว่าอยากมีโรงเรียนทำโรงเรียนดีไหม” (นายกองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข)

“แต่เดิมแล้วนั้นที่พยายชุมพลนั้นมีชมรมผู้สูงอายุอยู่แล้ว มีสมาชิกประมาณ 300-400 คน” (นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลพยายชุมพล)

5) ปัจจัยด้านเนื้อหาวิชา มีการพัฒนาทั้งด้านร่างกาย จิตใจ ปัจจัยด้านเนื้อหาวิชาที่มุ่งเน้นการพัฒนา ร่างกายและจิตใจส่งผลดีต่อผู้เรียน พัฒนาการทางร่างกายอาจรวมถึงโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมร่างกายให้แข็งแรง การพัฒนาจิตใจสามารถส่งเสริมได้ผ่านกิจกรรมที่กระตุ้นความคิดและการฝึกจิตอื่น ๆ ผู้เรียนสามารถปรับปรุงความเป็นอยู่และคุณภาพชีวิต รวมถึงการพัฒนาอาชีพให้ผู้สูงอายุที่ได้รับความรู้จากการเรียนไปประกอบเป็น อาชีพเสริม เช่น งานหัตถกรรม เป็นต้น

“การให้ความรู้เสริมทักษะอย่างทั่วถึง บางคนไม่มีความรู้ในด้านอื่น ๆ เช่น ด้านกฎหมาย ด้านวัฒนธรรม ไม่รู้เรื่องเลยทางโรงเรียนก็เสริมทักษะด้านนั้นให้รวมถึงสิ่งใหม่ ๆ มามอบให้ล้วนเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และความรู้รอบโลกสามารถนำมาปรับใช้กับชีวิตประจำวัน มีความสำคัญมากในด้านของสุขภาพที่ดีขึ้น ทางโรงเรียนได้ให้ความรู้ และให้การผลิตผลิติน ทำให้ผู้สูงอายุไม่เป็นอัลไซเมอร์และเป็นสถานที่ที่รวมตัวกันเพื่อทำกิจกรรมและทำให้ผู้สูงอายุ ได้มีเพื่อนใหม่ ๆ เกิดขึ้นและสามารถพูดคุยช่วยกันแก้ไขปัญหาาร่วมกัน มีการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพร่างกายแข็งแรง และมีการวิเคราะห์ปัญหาาร่วมกันอย่างสนุกสนานและเป็นกันเอง รวมถึงได้ความรู้เรื่องอาชีพด้วย” (ผู้สูงอายุ)

6) ปัจจัยด้านการประเมินผลและการรับฟังความคิดเห็น โรงเรียนผู้สูงอายุมีการประเมินผลและรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ผ่านการจัดประชุมผู้ที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุเพื่อนำมาปรับปรุงกระบวนการ



ในการทำงานอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการยกระดับคุณภาพของการให้บริการ เกิดความพึงพอใจ และมีการประเมินผล ว่าตรงกับความต้องการของผู้สูงอายุอย่างแท้จริง

“ผู้สูงอายุได้เข้ามามีส่วนร่วมประเมินผลกิจกรรมในทุกกระบวนการ ดำเนินงานของโรงเรียนผู้สูงอายุตั้งแต่ กระบวนการคิด วางแผน ดำเนินการ ตลอดจนการติดตามประเมินผล เพื่อช่วยทำให้ไม่หลงทิศทางในการดำเนินงาน ด้านโรงเรียนผู้สูงอายุ ส่งผลให้เกิดความสำเร็จตรงตามปัญหา ความต้องการของผู้สูงอายุโดยแท้จริง และเกิดความ ยั่งยืนตามมา” (นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลพลาชัยชุมพล)

7) ปัจจัยด้านการเกิดกองทุนสวัสดิการสังคมเพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนอย่างต่อเนื่องและมั่นคง ซึ่งถือเป็นการขับเคลื่อนงานด้านสวัสดิการชุมชนที่สำคัญที่เกิดจากการมีส่วนร่วมของชุมชนและเพื่อเป็นกองทุนในการจัด สวัสดิการขั้นพื้นฐานให้กับประชาชน อันจะก่อให้เกิดการพึ่งตนเองลดการพึ่งพิงพึ่งพา เสริมสร้างศักยภาพของภาค ประชาชนให้เข้มแข็งต่อไป

“การจัดตั้งโรงเรียนผู้สูงอายุที่พลาชัยชุมพลนั้นใช้ งบประมาณของท้องถิ่น เงินบริจาคจากประชาชน” (นายก องค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข)

8) ปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมของชุมชน การมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของโรงเรียน ผู้สูงอายุ ชุมชนสามารถให้การสนับสนุนและทรัพยากรต่าง ๆ แก่โรงเรียนผู้สูงอายุ รวมถึงอาสาสมัคร การบริจาค และ การให้ความร่วมมือกับองค์กรท้องถิ่นในการสนับสนุนสิ่งที่ขาดหรือสิ่งที่โรงเรียนต้องการต้องได้รับการช่วยเหลือ

“งบประมาณบางส่วนก็มาจากเงินบริจาคจากประชาชน ก็มีนำไปเป็นค่าเบรกด่านอาหาร หรือขอความ สนับสนุนอะไรไปชาวบ้านก็ช่วยเหลือ แล้วก็มีส่วนร่วมทำกิจกรรมร่วมกันในโรงเรียนด้วย” (ผู้นำชุมชน)

9) การเกิดการบูรณาการทำงานอย่างเข้มแข็งของหน่วยงานเครือข่าย โดยเฉพาะสถาบันการศึกษาที่ช่วย สนับสนุนบุคลากร เพื่อช่วยในการฝึกอบรมและการพัฒนาแก่บุคลากรในโรงเรียนทำให้มั่นใจว่าบุคลากรในโรงเรียน ผู้สูงอายุได้รับทักษะและความรู้ที่จำเป็นในการจัดการเรียนการสอน รวมถึงการบูรณาการทำงานร่วมกับหน่วยงานอื่นที่ เกี่ยวข้องตั้งแต่กระบวนการของการวางแผน การดำเนินงาน และการร่วมประเมินผลที่เกิดขึ้นกับโรงเรียนผู้สูงอายุ

“เราก็จะทำ MOU อย่างพื้นที่ของเทศบาลพลาชัยชุมพลก็มีมหาลัยในพื้นที่อย่างเช่น ราชภัฏพิบูลสงคราม แล้วก็ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกอย่างมหาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเราก็ตั้งร่วมเข้ามาเป็น เครือข่ายของเราแล้วก็มีวัดในพื้นที่ เช่น วัดวังหิน วัดตูม วัดพลาชัยชุมพลเอาพระเข้ามาสอนด้วย” (นายกเทศมนตรี เทศบาลตำบลพลาชัยชุมพล)



## อภิปรายผลการศึกษา

1. ความสำเร็จของการดำเนินงานด้านโรงเรียนผู้สูงอายุมาจากการบริหารจัดการขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีความพร้อมและมีศักยภาพ ซึ่งเป็นไปตามบทบาทหน้าที่ในด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชากรในวัยผู้สูงอายุ โดยต้องอาศัยกระบวนการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน

2. การกำหนดหลักสูตร กิจกรรมสำหรับผู้สูงอายุต้องเป็นหลักสูตรที่มีการพัฒนาร่างกายเพราะเป็นวัยที่ร่างกายเริ่มมีความเสื่อมโทรม หลักสูตรพัฒนาจิตใจเพื่อสร้างความเข้มแข็งทางด้านจิตใจและอารมณ์ การพัฒนาทางปัญญาและสังคมเพื่อให้รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงอายุ สอดคล้องกับผลการศึกษาของมงคลกิตติ์ โวหารเสาวภาคย์ และคณะ (2563) ได้ศึกษาเรื่องโรงเรียนผู้สูงอายุ: องค์ประกอบ รูปแบบ การพัฒนาหลักสูตรและกิจกรรมเพื่อการเสริมสร้างสุขภาวะผู้สูงอายุ พบว่า หลักสูตรและกิจกรรมเพื่อการเสริมสร้างสุขภาวะผู้สูงอายุของโรงเรียนผู้สูงอายุ มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้สูงอายุมีความรู้ ความเข้าใจ ในการเตรียมตัวเข้าสู่วัยสูงอายุอย่างมีคุณค่า เพื่อส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันการเจ็บป่วยและดูแลตนเองเบื้องต้น เข้าถึงข่าวสารและสื่อต่างๆ ได้ สามารถปรับตัวทันต่อความเปลี่ยนแปลงของโลกและดำรงชีวิตอย่างมีความสุข นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับอุบล นวนวงศ์เสถียร และนิตยา แก้วคำสอน (2561) พบว่าการพัฒนาหลักสูตรโรงเรียนผู้สูงอายุโดยใช้โปรแกรมส่งเสริมความสุข 5 มิติสำหรับผู้สูงอายุมาส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุกลุ่มติดสังคมในโรงเรียนผู้สูงอายุนั้นก่อให้เกิดประโยชน์ด้านต่างๆ แก่ผู้สูงอายุ กล่าวคือทำให้ได้พัฒนาตนเองทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ และสังคม ส่งผลให้โรคที่เป็นอยู่มีอาการคงที่ไม่เกิดภาวะแทรกซ้อน แสดงถึงสุขภาวะที่ดีของผู้สูงอายุที่ควรจะเป็นตามอัตภาพ

3. การดำเนินงานของโรงเรียนผู้สูงอายุโดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะดำเนินการโดยอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น วัด ชุมชน โรงพยาบาล โรงเรียน และมหาวิทยาลัย เป็นต้น ซึ่งเครือข่ายความร่วมมือดังกล่าวถือเป็นปัจจัยความสำเร็จของโรงเรียนผู้สูงอายุในการสร้างการมีส่วนร่วมและการบูรณาการการทำงานร่วมกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของมิ่งขวัญ คงเจริญ และกัมปนาท บริบูรณ์ (2562) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบโรงเรียนผู้สูงอายุโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน พบว่า องค์ประกอบของโรงเรียนผู้สูงอายุที่ประสบความสำเร็จ ประกอบด้วยความเข้มแข็งของกลุ่มแกนนำและสมาชิกการมีส่วนร่วมของภาคีเครือข่ายการมีเป้าหมายร่วมกัน มีกิจกรรมอย่างต่อเนื่องและหลากหลายมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ถ่ายทอดประสบการณ์ภูมิปัญญา มีกองทุนและงบประมาณสนับสนุน การบริหารจัดการที่ดีและการจัดการตนเองได้ มีความเกื้อกูล สามัคคี ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และเห็นคุณค่าและมีส่วนร่วมทำประโยชน์ต่อชุมชน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับชลิดา แยมศรีสุข (2563) ทำการศึกษาเรื่องการสร้างเครือข่ายโรงเรียนผู้สูงอายุจังหวัดลำปาง พบว่าการรวมกลุ่มในลักษณะการสร้างเครือข่ายโรงเรียนผู้สูงอายุ การสร้างกระบวนการสร้างความร่วมมือ การสร้างความเชื่อมโยงเครือข่ายโรงเรียนผู้สูงอายุกับชุมชนจะทำให้



เกิดความยั่งยืน ผ่านกิจกรรมรูปแบบนวัตกรรมระบบดูแลสุขภาพผู้สูงอายุ เพื่อพัฒนาและยกระดับการสร้างควม  
ตระหนักและความรอบรู้ในสุขภาพของประชากรทุกกลุ่มวัย

### สรุปผลการศึกษา

โรงเรียนผู้สูงอายุโรงเรียนผู้สูงวัยพลายชุมพลและโรงเรียนร่มสมอวิทยา ดำเนินการจัดตั้งโดยองค์กรปกครอง  
ส่วนท้องถิ่น โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญเพื่อส่งเสริมความเป็นอยู่และคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ การพัฒนาความรู้  
สุขภาพร่างกายและจิตใจ การแลกเปลี่ยนวัฒนธรรม และกิจกรรมยามว่าง มีขั้นตอนการดำเนินงานที่สำคัญคือ  
ทำการศึกษาระยะสุขภาพและความต้องการของผู้สูงอายุในชุมชน จัดทำบันทึกข้อตกลงกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง  
กำหนดกลุ่มเป้าหมายและคุณสมบัติของผู้เข้าเรียนและจัดตั้งคณะกรรมการดำเนินการเรียนการสอน มีองค์ประกอบของ  
คณะกรรมการของโรงเรียน ประกอบด้วย คณะผู้บริหารท้องถิ่น ฝ่ายการศึกษา ฝ่ายสวัสดิการ ฝ่ายการคลัง เป็นต้น

โครงสร้างหลักสูตร ประกอบด้วย หลักสูตรที่ครอบคลุม การพัฒนาสุขภาพร่างกาย มุ่งเน้นไปที่สุขภาพ  
ร่างกายของผู้สูงอายุ การพัฒนาจิตใจ เน้นความผาสุกทางจิต การปฏิบัติทางพุทธศาสนา การทำสมาธิ การพัฒนาสังคม  
ความเข้าใจทางสังคม กฎหมายและการเมือง และเทคโนโลยีการสื่อสาร การพัฒนาการทางปัญญา มุ่งเน้นการพัฒนา  
ทักษะทางปัญญา ด้านภูมิปัญญาการพัฒนาเศรษฐกิจ และการพัฒนาอาชีพ มุ่งให้ความรู้และทักษะทางเศรษฐกิจและ  
วิชาชีพ

ปัจจัยแห่งความสำเร็จของโรงเรียนผู้สูงอายุคือ ปัจจัยด้านเครือข่ายในการดำเนินงานของโรงเรียนผู้สูงอายุ  
โดยมีเครือข่ายระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานความร่วมมืออื่น ปัจจัยด้านผู้นำทั้งผู้นำท้องถิ่นและ  
ผู้นำท้องที่เป็นผู้ที่มีวิสัยทัศน์และมีการกำหนดนโยบายที่ให้ความสำคัญกับวัยผู้สูงอายุ ปัจจัยด้านบทบาทหน้าที่ของ  
องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ปัจจัยด้านความเข้มแข็งขององค์กรผู้สูงอายุ ปัจจัย  
ด้านเนื้อหาสาระวิชา มีการพัฒนาทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สังคม และปัญญา ปัจจัยด้านการมีส่วนร่วมและรับฟังความ  
คิดเห็นของกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งปัจจัยทั้งหมดเกิดจากความเข้มแข็งขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ชุมชน และ  
เครือข่ายที่มีศักยภาพภายใต้การดำเนินการร่วมกันในการพัฒนางานด้านโรงเรียนผู้สูงอายุ

### ข้อเสนอแนะ

1. การกำหนดวิสัยทัศน์ของผู้นำท้องถิ่นควรเห็นความสำคัญกับทุกวัย โดยเฉพาะวัยผู้สูงอายุเนื่องจากเป็นวัย  
ที่มีคุณค่าต่อสังคมและเป็นแหล่งรวบรวมความรู้โดยเฉพาะภูมิปัญญาท้องถิ่นต่าง ๆ ดังนั้นจึงควรกำหนดนโยบายหรือ  
โครงการที่แสดงถึงการให้ความสำคัญและเกิดประโยชน์แก่ผู้สูงอายุ



2. การสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่เป็นปัจจัยความสำเร็จที่สำคัญ ที่จะทำให้เกิดการบูรณาการร่วมกันทั้งบ้าน วัด โรงเรียน มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล และชุมชน

3. ควรสนับสนุนให้เกิดการรวมกลุ่มเป็นองค์กรผู้สูงอายุ เพื่อเป็นเป็นแหล่งพบปะ แลกเปลี่ยน แสดงความคิดเห็นของผู้สูงอายุในพื้นที่ และองค์กรผู้สูงอายุจะเป็นตัวแทนในการช่วยสะท้อนความคิดเห็นและความต้องการของผู้สูงอายุต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้

4. การสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุโดยเฉพาะการทำกิจกรรมร่วมกันจะทำให้เกิดการถ่ายทอดองค์ความรู้ระหว่างรุ่นสู่รุ่น การดูแลสุขภาพกายและใจผู้สูงอายุให้เหมาะสม ซึ่งจะทำให้เกิดความสัมพันธ์และความเข้าใจอันดีระหว่างกันเพิ่มมากขึ้น

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษาผลกระทบของโรงเรียนผู้สูงอายุต่อความสุขทางร่างกายและจิตใจของผู้สูงอายุ
2. การศึกษาประสิทธิผลของวิธีการสอนแบบต่างๆ เช่น การทำกิจกรรมกลุ่ม และกิจกรรมภาคปฏิบัติ

#### เอกสารอ้างอิง

กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2564). *คู่มือโรงเรียนผู้สูงอายุ*. <https://www.dop.go.th/th/know/5/197>

ชลิดา แยมศรีสุข. (2563). การสร้างเครือข่ายโรงเรียนผู้สูงอายุจังหวัดลำปาง. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต*, 16(2).

มงคลกิตติ ไวหารเสาวภาคย์, จิราภรณ์ คล้อยปาน, และศิวพร จตติกุล (2563). *โรงเรียนผู้สูงอายุ : องค์ประกอบรูปแบบ การพัฒนาหลักสูตรและกิจกรรมเพื่อการเสริมสร้างสุขภาวะผู้สูงอายุ* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย วิทยาเขตพะเยา.

มิ่งขวัญ คงเจริญ และกัมปนาท บริบูรณ์. (2562). การพัฒนารูปแบบโรงเรียนผู้สูงอายุโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์*, 22(1).

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย. (2563). รายงานสถานการณ์ผู้สูงอายุไทย ปี 2563.

<https://thaitgri.org/?p=39772>

อุบล นววงศ์เสถียร และนิตยา แก้วคำสอน. (2561). การพัฒนาหลักสูตรโรงเรียนผู้สูงอายุเพื่อการส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุกลุ่มติดสังคมตำบลศรีวิไล อำเภอศรีวิไล จังหวัดบึงกาฬ. *วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพและการสาธารณสุขชุมชน*, 1(1).



# ผลการพัฒนาปรับปรุงห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง ตามเกณฑ์การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี

นิวัฒน์ ศักดิ์ดาเดช<sup>1\*</sup>, อรอินท์ ประไชโย<sup>1</sup> และ นิติพงศ์ จิตรีโกชน<sup>1</sup>

## Improvement Of Good Hygiene According To The Criteria Of Good Hygiene Practice Of High Pressure Food Processing Laboratory

Niwat Sakdadach<sup>1\*</sup>, Orn-In Prachaiyo<sup>1</sup> and Nitipong Jitrepotch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Agro-Industry Department, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: niwats@nu.ac.th

### บทคัดย่อ

การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี (GHPs) คือพื้นฐานที่สำคัญในการควบคุมอันตรายที่เกี่ยวข้องกับอาหาร เป็นการจัดการสิ่งแวดล้อมในการผลิตอาหารที่ปลอดภัยสู่ผู้บริโภคจะช่วยให้สินค้ามีความน่าเชื่อถือ ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจในการบริโภคและเป็นการปฏิบัติตามกฎหมาย ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดีของห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง เพื่อประเมินห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูงให้เป็นไปตามมาตรฐานการปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดีก่อนการปรับปรุง หลังจากนั้นดำเนินการปรับปรุงห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูงตามมาตรฐานการปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี และประเมินห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูงให้เป็นไปตามมาตรฐานการปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดีหลังการปรับปรุง โดยอาศัยแบบบันทึกการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหารตามข้อกำหนดพื้นฐาน ตส.2 (63) ตามระเบียบการยื่นขออนุญาตผลิตอาหารของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 420) พ.ศ.2563 มาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมิน พบว่าในการประเมินด้วยตนเองก่อนการปรับปรุงได้คะแนนร้อยละ 68.42 และการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญหลังการปรับปรุงได้คะแนนร้อยละ 92.10 พบว่าห้องปฏิบัติการมีการพัฒนาตามข้อกำหนดพื้นฐานทั้ง 5 หมวด เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 23.68 สรุปได้ว่าห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูงมีการพัฒนาระบบการปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี

คำสำคัญ: หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร การตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหาร กระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง



### Abstract

Good Hygienic Practices (GHPs) are fundamental to controlling food-related hazards. Environmental management in the production of food that is safe for consumers will help the product to be reliable. Consumers gain confidence in consumption and compliance with the law. The researchers recognized the importance of good hygienic practices in high pressure food processing laboratories. To evaluate high pressure food processing laboratories for compliance with good hygienic practice standards prior to improvement. The audit report was used to evaluate the high pressure food processing laboratory for 2 times as before and after development. This project realize about inspection records with the audit report 2 (63) in accordance with food production application regulations Ministry of Public Health Announcement ( Issue 420) to be used as an assessment tool. It was found that the self-assessment before the improvement had a total score of 68.42% and the expert evaluation after the improvement had a total score of 92.10%, respectively. It was found that the laboratory had developed according to the basic requirements in all 5 categories, an increase of 23.68%. It can be concluded that the high pressure food processing laboratory has developed a good hygienic practice system.

**Keywords:** Good Hygiene Practices, Food Processing Assessment, High Pressure Food Processing

### บทนำ

การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี (Good Hygiene Practices; GHPs) คือพื้นฐานสำหรับการควบคุมข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตอาหาร เป็นการจัดการสิ่งแวดล้อมในการผลิตอาหารที่ปลอดภัยสู่ผู้บริโภค โดยพิจารณาจากการวิเคราะห์อันตราย (Hazard Analysis) และกำหนดการควบคุมอันตรายที่ได้จากการวิเคราะห์ใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564) การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดีเป็นระบบพื้นฐานที่จะช่วยให้สินค้ามีความน่าเชื่อถือ ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจในการบริโภค และเป็นการปฏิบัติตามกฎหมาย

กระบวนการเทคโนโลยีการแปรรูปอาหารด้วยความดันสูง (High Pressure Food Processing) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีการแปรรูปอาหารที่ไม่ใช้ความร้อน (Non Thermal Processing) ซึ่งกำลังได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการในธุรกิจอาหารอย่างมาก เนื่องจากสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์อาหารได้ โดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนักทั้ง สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ในพื้นที่ผลิตแปรรูปอาหารอาคารศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีการแปรรูปผลผลิตการเกษตรและอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร มีเครื่องกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง (High Pressure Food Processing, HPP) มีการใช้งานเครื่องมือแปรรูปอาหาร





และห้องปฏิบัติการในปัจจุบันสำหรับการเรียนการสอน ให้คำปรึกษา ถ่ายทอดเทคโนโลยี และจัดฝึกอบรมแก่ผู้ประกอบการด้านอุตสาหกรรมเกษตร แต่ยังไม่สามารถให้บริการเครื่องมือแปรรูปอาหารกับผู้ประกอบการเพื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร และยื่นขอเลขผลิตภัณฑ์อาหารได้ เนื่องจากยังไม่ได้มาตรฐานตามระเบียบการยื่นขออนุญาตผลิตอาหารตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่องการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหาร (กองอาหารสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2563) สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยสำนักอาหารได้พิจารณาประเมินความปลอดภัยและความเหมาะสมของกระบวนการ HPP สำหรับพาสเจอร์ไรส์ผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคชนิดเหลวบางประเภทสำหรับกระบวนการพาสเจอร์ไรส์แทนการใช้ความร้อน หรือใช้ร่วมกับความร้อน แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อยตามเกณฑ์ค่า pH คือกลุ่มที่เป็นกรด ( $\text{pH} \leq 4.6$ ) และกลุ่มที่เป็นกรดต่ำ ( $\text{pH} > 4.6$ ) รวมถึงกลุ่มผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคชนิดเหลว รวมถึงชนิดเข้มข้นซึ่งต้องเจือจางก่อนการบริโภค ซึ่งไม่อดก๊าส 4 ประเภท ได้แก่ เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ชา ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ชา กาแฟ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง กาแฟ และน้ำนมถั่วเหลือง ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง น้ำนมถั่วเหลือง (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2562)

ผณินทร งามศิริ (2560) ได้ศึกษาการประเมินตนเอง ตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต (GMP) ของผู้ผลิตน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยผู้ผลิตและผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินสถานที่ผลิตน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท จำนวน 53 แห่ง โดยใช้แบบสอบถามที่สร้างมาจากแบบบันทึกการตรวจสอบสถานที่ผลิตน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท หรือแบบ ตส.3 (50) ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ส่งตรวจวิเคราะห์คุณภาพ ผลการประเมินตนเองของผู้ผลิตพบว่ามีสถานที่ผลิตไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจีเอ็มพี 12 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 22.64 โดยหมวดที่ 9 บันทึกและรายงานเป็นหมวดที่มีผลการประเมินตนเองไม่ผ่านมากที่สุด รองลงมาคือหมวดที่ 6 การบรรจุเนื่องจากพบข้อบกพร่องรุนแรงคือพบการบรรจุนอกห้องบรรจุมีผลการประเมินแตกต่างกันมากที่สุดถึง 11 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 20.75 ผลวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์พบปัญหาทางจุลชีววิทยามากถึงร้อยละ 28.30 เนื่องจากพบการปนเปื้อน Coliform Bacteria เกินมาตรฐาน

สุดารัตน์ เจียมยั่งยืน และคณะ (2549) ได้ศึกษาการประเมินศักยภาพการจัดการ กระบวนการผลิต และคุณภาพของกล้วยตากที่ผลิตในจังหวัดพิษณุโลก โดยประเมินและจัดลำดับศักยภาพของกลุ่มผู้ผลิตกล้วยตากในจังหวัดพิษณุโลกโดยใช้ข้อมูล 4 ด้านคือ การจัดการและกระบวนการผลิต สุขลักษณะของสถานที่ผลิต หรือ GMP คุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และผลทางประสาทสัมผัสของกล้วยตากที่ผลิตโดยกลุ่มวิสาหกิจ จำนวน 6 กลุ่มที่ตั้งอยู่ใน 4 อำเภอ โดยการจัดกลุ่มใช้ Cluster Analysis โดยเทคนิค Hierarchical Cluster



ผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างกล้วยตากผ่านเกณฑ์คุณภาพของกล้วยตากด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ โดยการวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม พบว่าการจัดกลุ่มศักยภาพการผลิตกล้วยตากของผู้ผลิตตั้งนี้ กลุ่ม B ต้องปรับปรุง ด้านการจัดการและกระบวนการผลิต และด้าน GMP กลุ่ม C ต้องปรับปรุงเรื่องคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส กลุ่ม D ได้รับผลการประเมินที่ดีด้าน GMP แต่ต้องปรับปรุงเรื่องการจัดการและกระบวนการผลิต กลุ่ม E อยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยปานกลาง และมีจุดเด่นด้านการจัดการและกระบวนการผลิต และกลุ่ม F มีจุดเด่นด้านการจัดการกระบวนการผลิต แต่ต้องปรับปรุงเรื่อง GMP

สุวรรณ จิตติสรสกุล (2563) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้การประเมินตนเองสำหรับ GMP สุขลักษณะขั้นพื้นฐาน (Primary GMP) เพื่อปรับปรุงการดำเนินงานกรณีศึกษาผักและผลไม้อบแห้งที่ใช้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก โดยออกแบบและประยุกต์ใช้แบบประเมินตนเองเป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในรูปแบบ Microsoft Excel โดยศึกษากับกลุ่มผู้ประกอบการจำนวน 9 แห่ง จังหวัดอุดรธานี พิษณุโลก นครปฐม และชัยภูมิ ผลการศึกษาพบว่า ได้เครื่องมือแบบประเมินความพร้อมด้วยตนเอง (Self-Assessment) ที่สามารถใช้งานได้จริงโดยจากการนำแบบประเมินตนเองไปใช้พร้อมเสนอแนวทางการแก้ไขช่วยให้ผู้ประกอบการเข้าถึงจุดที่ต้องแก้ไขของตนเอง สามารถปรับปรุงสถานที่ผลิตและกระบวนการผลิตอาหารให้สอดคล้องตามมาตรฐานจีเอ็มพีสุขลักษณะขั้นพื้นฐาน จำนวน 4 ใน 9 แห่งสามารถก้าวสู่การขอรับรองระบบมาตรฐานจีเอ็มพีสุขลักษณะขั้นพื้นฐาน (Primary GMP) ได้

ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง ให้เป็นไปตามเกณฑ์การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดีก่อนการปรับปรุง ดำเนินปรับปรุงห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง ตามเกณฑ์การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี และประเมินห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง ให้เป็นไปตามเกณฑ์การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดีหลังการปรับปรุง โดยอาศัยแบบบันทึกการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหาร

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

### เครื่องมือ

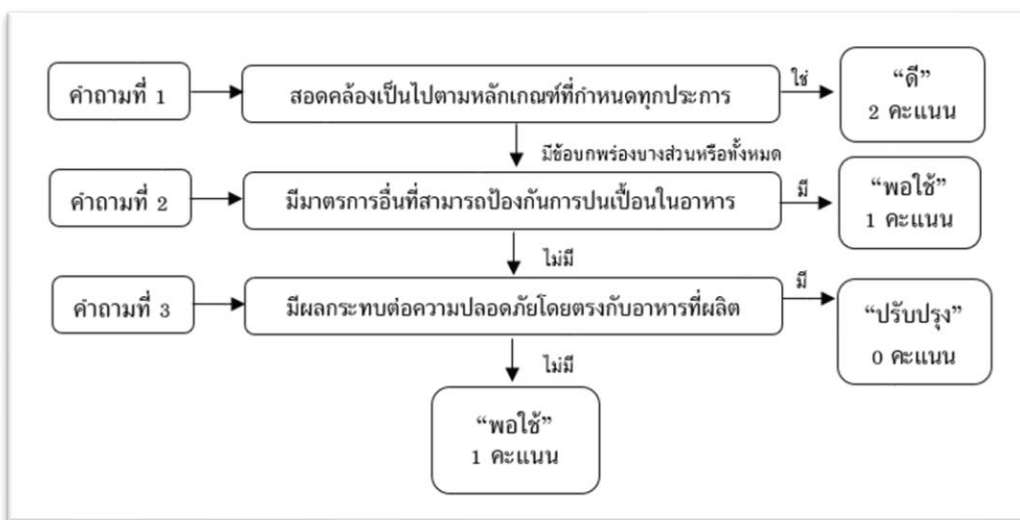
เครื่องมือที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการประเมินห้องปฏิบัติการคือบันทึกการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหารตามข้อกำหนดพื้นฐาน ตส.2 (63) ตามระเบียบการยื่นขออนุญาตผลิตอาหาร ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 420) พ.ศ.2563 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร ลงวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2564 การตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหารตามข้อกำหนดพื้นฐาน 5 หมวด ได้แก่ หมวดที่ 1 สถานที่ตั้ง อาคารผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา



หมวดที่ 2 เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต การทำความสะอาดและการบำรุงรักษา หมวดที่ 3 การควบคุม กระบวนการผลิต หมวดที่ 4 การสุขาภิบาล และหมวดที่ 5 สุขลักษณะส่วนบุคคล มาใช้ในการประเมินตนเอง ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง โดยอาศัยหลักเกณฑ์การตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหารตามข้อกำหนด พื้นฐานดังนี้

1) ระดับการตัดสินใจ การตรวจประเมินแต่ละข้อกำหนด กำหนดระดับการตัดสินใจให้คะแนนไว้ 3 ระดับ ได้แก่ ดี พอใช้ และปรับปรุง โดยมี 2 คะแนน 1 คะแนน และ 0 คะแนน ตามลำดับ ดังรูปที่ 1

2) วิธีการคิดคะแนนรวม ข้อที่ไม่จำเป็นต้องปฏิบัติตามสำหรับสถานที่ผลิตอาหารบางรายการ หรือการคิดคะแนนกรณีไม่มีการดำเนินการในบางข้อ เช่น ไม่มีการใช้น้ำ หรือน้ำแข็ง ให้หักคะแนนเต็มรวมออก สำหรับข้อนั้น ๆ 2 คะแนน ถ้ามีหลายข้อที่หักเพิ่มตามจำนวนข้อจะทำให้คะแนนรวมของหมวดนั้นลดลง



รูปที่ 1 ผังการตัดสินใจให้คะแนนในบันทึกการตรวจประเมินตามข้อกำหนดพื้นฐาน

(กองอาหารสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2563)

3) วิธีการคิดร้อยละของคะแนนที่ได้ในแต่ละหมวด

$$\text{ร้อยละของคะแนนที่ได้ในแต่ละหมวด} = \frac{\text{คะแนนที่ได้รวมของหมวดนั้น}}{\text{คะแนนเต็มรวมในหมวดนั้น}} \times 100$$

4) ข้อบกพร่องรุนแรง (Major Defect; M) หมายถึง ข้อบกพร่องที่เป็นความเสี่ยงซึ่งอาจทำให้อาหารเกิดการปนเปื้อนไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคผู้ตรวจได้ประเมินแล้วว่าเป็นความเสี่ยงซึ่งอาจทำให้อาหารเกิดความไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค



### เกณฑ์การยอมรับผลการตรวจว่าผ่านการประเมิน ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขต่อไปนี้

1) มีคะแนนที่ได้รวมแต่ละหมวดในบันทึกการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหารตามข้อกำหนดพื้นฐาน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 และไม่พบข้อบกพร่องที่รุนแรงในบันทึกการตรวจตามข้อกำหนดพื้นฐาน

2) สถานที่ผลิตอาหารที่มีกรรมวิธีการผลิตตามข้อกำหนดเฉพาะ 1 หรือข้อกำหนดเฉพาะ 2 หรือข้อกำหนดเฉพาะ 3 (แล้วแต่กรณี) ต้องมีผลการตรวจประเมิน “ผ่าน” ทุกข้อในบันทึกการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหารตามข้อกำหนดนั้น ๆ

#### วิธีการ

ดำเนินการประเมินห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง โดยใช้ผู้ประเมินก่อนปรับปรุงด้วยตนเอง 3 คน ตามแบบบันทึกการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหาร ตามข้อกำหนดพื้นฐาน ตส.2 (63) ในเดือนเมษายน 2565 หลังจากนั้นดำเนินการปรับปรุงห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง ตามเกณฑ์การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี ในเดือนมิถุนายน 2565 และประเมินห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง หลังการปรับปรุงโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตามแบบบันทึกการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหาร ตามข้อกำหนดพื้นฐาน ตส.2 (63) ในเดือนตุลาคม 2565 นำคะแนนรวมแต่ละหมวดในบันทึกการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหารตามข้อกำหนดพื้นฐานก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงหาค่าเฉลี่ย และหาค่าร้อยละของคะแนนที่ได้ในแต่ละหมวด โดยเกณฑ์การยอมรับผลการตรวจว่าผ่านการประเมิน จะต้องมีความรวมแต่ละหมวดตามแบบบันทึกการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหาร ตามข้อกำหนดพื้นฐาน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 และไม่พบข้อบกพร่องที่รุนแรง (Major Defect; M)

#### ผลการศึกษา

จากผลการประเมินห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง (High Pressure Food Processing, HPP) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้บันทึกการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหาร ตามข้อกำหนดพื้นฐาน ตส.2 (63) ก่อนและหลังการปรับปรุง แสดงรายละเอียดดังนี้

ผลการประเมินก่อนทำการปรับปรุง ด้วยตนเอง แยกตามข้อกำหนด 5 หมวด หมวดที่ 1 สถานที่ตั้งอาคารผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษาพบว่า อาคารผลิตไม่สามารถป้องกันสัตว์ และแมลงเข้าสู่บริเวณผลิต พื้นที่บริเวณผลิตไม่มีการจัดแบ่งพื้นที่การผลิตไว้ตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการผลิตอย่างเป็นสัดส่วน เพื่อป้องกันการปนเปื้อน ได้ 20 คะแนน หมวดที่ 2 เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต การทำความสะอาด

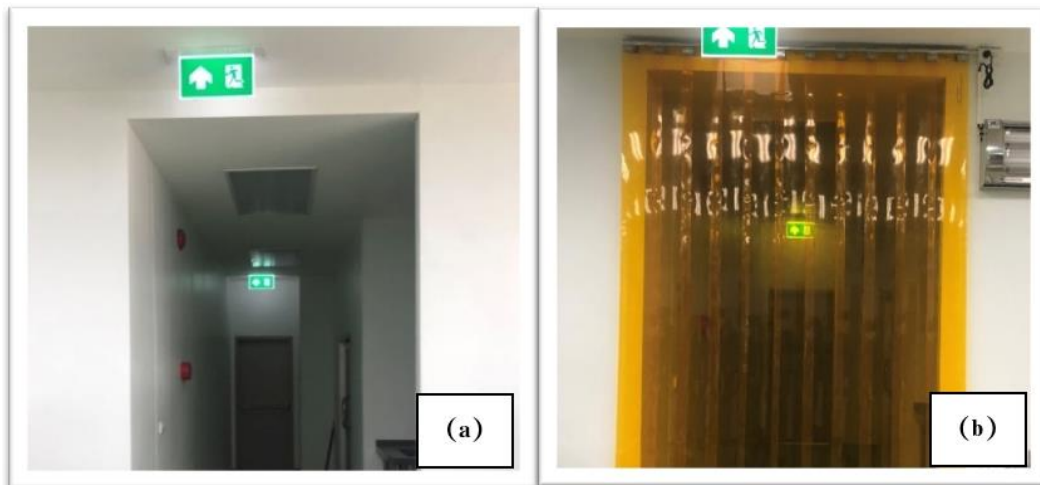


และการบำรุงรักษา พบว่า เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์การผลิตต้องมีการฆ่าเชื้อก่อนการใช้งานด้วยวิธีการที่เหมาะสม ได้ 16 คะแนน หมวดที่ 3 การควบคุมกระบวนการผลิต พบว่า สถานที่ผลิตอาหารต้องมีการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพความปลอดภัย เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น ต้องมีการบ่งชี้ชนิดรุ่นการผลิตของวัตถุดิบ ส่วนผสม ผลิตภัณฑ์สุดท้ายสามารถตามสอบย้อนกลับ (Traceability) การเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตเพื่อจำหน่ายในครั้งแรกตรวจวิเคราะห์คุณภาพอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง การเรียกคืนสินค้ารุ่นนั้น ๆ มาได้อย่างสมบูรณ์รวดเร็ว ต้องมีการเก็บรักษาบันทึกและรายงานผลิตภัณฑ์อย่างน้อย 1 ปี ได้ 24 คะแนน หมวดที่ 4 การสุขาภิบาล พบว่า ต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับเปลี่ยนเสื้อผ้าของผู้ปฏิบัติงาน ต้องมีการตรวจสอบอาคารว่าสามารถป้องกันการเข้าของแมลงได้ ต้องมีมาตรการจัดการสารเคมี จัดเก็บแยกเป็นสัดส่วนจากบริเวณผลิต ต้องมีมาตรการจัดการกับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อได้ 8 คะแนน และหมวดที่ 5 สุขลักษณะส่วนบุคคล พบว่า ต้องติดป้ายคำเตือนด้านสุขลักษณะในตำแหน่งที่เห็นง่ายตามพื้นที่ปฏิบัติงานต่าง ๆ ต้องมีวิธีการหรือข้อปฏิบัติสำหรับผู้ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตที่มีความจำเป็นต้องเข้าไปในบริเวณผลิตเพื่อป้องกันการปนเปื้อนได้ 12 คะแนน จากการตรวจประเมินก่อนทำการปรับปรุง สรุปว่าอาคารผลิตอาหารห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง ไม่สามารถป้องกันสัตว์และแมลงเข้าสู่บริเวณผลิตหรือป้องกันสัตว์และแมลงสัมผัสอาหาร พื้นที่ในการผลิตไม่เป็นสัดส่วน และไม่เป็นที่ไปตามสายงานการผลิตทำให้เกิดการปนเปื้อนข้าม เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์การผลิต มีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ แต่ในการจัดเก็บอุปกรณ์ที่ทำความสะอาดแล้วไม่เป็นสัดส่วน มีการเก็บรักษาบนชั้นหรือยกพื้น ป้องกันการปนเปื้อน แต่ไม่มีการแยกเป็นสัดส่วน ปะปนวัตถุดิบอันตราย หรือวัตถุดิบอื่นที่ไม่ใช่อาหาร ไม่มีวิธีการลดการปนเปื้อนเบื้องต้นจากอันตรายที่มากับวัตถุดิบหรือส่วนผสมตามความจำเป็น สิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับเปลี่ยนเสื้อผ้า เก็บของใช้ส่วนตัวของผู้ปฏิบัติงานไม่เพียงพอ ไม่มีมาตรการควบคุมและกำจัดสัตว์ และแมลงอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่มีมาตรการจัดการสารเคมี การจัดเก็บแยกเป็นสัดส่วนจากบริเวณผลิต และไม่มีป้ายบ่งชี้ ไม่มีวิธีการหรือข้อปฏิบัติสำหรับผู้ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตเข้าไปในบริเวณผลิตเพื่อป้องกันการปนเปื้อน จึงได้คะแนนรวมโดยแยกข้อกำหนด ได้ดังนี้ หมวดที่ 1 ได้คะแนนร้อยละ 83.33 และไม่พบข้อบกพร่องรุนแรง หมวดที่ 2 คะแนนร้อยละ 87.50 และไม่พบข้อบกพร่องรุนแรง หมวดที่ 3 ได้คะแนนร้อยละ 57.14 และพบข้อบกพร่องรุนแรง หมวดที่ 4 ได้คะแนนร้อยละ 50.00 และไม่พบข้อบกพร่องรุนแรง หมวดที่ 5 ได้คะแนนร้อยละ 75.00 และไม่พบข้อบกพร่องรุนแรง

ผลการดำเนินการปรับปรุงห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง ตามเกณฑ์การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี ทำการปรับปรุงโดยติดตั้งม่านพลาสติก และติดตั้งอุปกรณ์ดักแมลงภายในอาคารผลิต เพื่อการป้องกันสัตว์และแมลงที่มีผลต่ออาหารที่ผลิต และการแยกบริเวณ การบ่งชี้พื้นที่ชัดเจน โดยทำไปที่ละชั้นตอน



ในพื้นที่เดียวกัน แยกพื้นที่การผลิตด้วยการสลับเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอน จัดทำคู่มือวิธีการทำความสะอาด เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์การผลิต ตารางบันทึกการตรวจสอบความสะอาดในพื้นที่ก่อนเริ่มการผลิต และตารางบันทึกการตรวจสอบเครื่อง High Pressure Food Processing มีมาตรการในการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพ และความปลอดภัย จัดหาชั้นและยกพื้นป้องกันการปนเปื้อนจากพื้นอาคาร มีขั้นตอนการทำความสะอาดวัตถุดิบ หรือส่วนผสม เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น จัดทำเอกสารข้อมูลบ่งชี้ชนิด รุ่นการผลิตของวัตถุดิบ ส่วนผสม ผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีผลการตรวจยืนยันโดยห้องปฏิบัติการมีคุณภาพมาตรฐานอย่างน้อย ปีละ 1 ครั้ง จัดทำบันทึกเกี่ยวกับข้อมูลที่สามารถติดตามเรียกคืนสินค้าและจัดการกับผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหา ได้อย่างทันทั่วทั้ง จัดทำบันทึกการคัดแยกผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน บันทึกการเก็บรักษาหลังจากพ้นระยะเวลา การวางจำหน่ายที่แสดงในฉลากผลิตภัณฑ์อย่างน้อย 1 ปี จัดเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับเปลี่ยนเสื้อผ้า สำหรับผู้ปฏิบัติงาน ติดป้ายชื่อหรือฉลากสารเคมีและแยกห้อง มีมาตรการจัดการกับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องไม่ก่อให้เกิด การปนเปื้อน ติดเตือนด้านสุขลักษณะ และจัดทำป้ายประกาศ หรือเอกสารให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องทราบข้อปฏิบัติข้อกำหนด ด้านสุขลักษณะส่วนบุคคลมีความจำเป็นต้องเข้าไปในบริเวณผลิต ดังรูปที่ 2-5



รูปที่ 2 อาคารผลิตอาหารห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง

ก่อนการปรับปรุง (a) และหลังการปรับปรุง (b)



รูปที่ 3 อาคารผลิตอาหารห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง

ก่อนการปรับปรุง (a) และหลังการปรับปรุง (b)



รูปที่ 4 อาคารผลิตอาหารห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง

ก่อนการปรับปรุง (a) และหลังการปรับปรุง (b)



รูปที่ 5 อาคารผลิตอาหารห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง

ก่อนการปรับปรุง (a) และหลังการปรับปรุง (b)



ผลการประเมินหลังทำการปรับปรุงโดยผู้เชี่ยวชาญ แยกตามข้อกำหนดพื้นฐาน ตส.2 (63) หมวดที่ 1 สถานที่ตั้ง อาคารผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษาพบว่าได้คะแนนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100.00 และไม่พบข้อบกพร่องรุนแรง ผลการตรวจผ่านการประเมิน หมวดที่ 2 เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา พบว่า ได้คะแนนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 93.75 และไม่พบข้อบกพร่องรุนแรง ผลการตรวจผ่านการประเมิน หมวดที่ 3 การควบคุมและกระบวนการผลิต พบว่า ได้คะแนนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 83.33 และไม่พบข้อบกพร่องรุนแรง ผลการตรวจผ่านการประเมิน หมวดที่ 4 การสุขาภิบาล พบว่า ได้คะแนนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 93.75 และไม่พบข้อบกพร่องรุนแรง ผลการตรวจผ่านการประเมิน หมวดที่ 5 สุขลักษณะส่วนบุคคล พบว่า ได้คะแนนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100.00 และไม่พบข้อบกพร่องรุนแรง ผลการตรวจผ่านการประเมิน

จากการประเมินห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง (High Pressure Food Processing, HPP) ก่อน และหลังการปรับปรุง ดังตารางที่ 1 พบว่าคะแนนที่ได้ภายหลังการปรับปรุงสูงกว่าคะแนนก่อนปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 23.68

ตารางที่ 1 คะแนนที่ได้จากการประเมินห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง (High Pressure Food Processing, HPP) ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง

ข้อกำหนดพื้นฐาน ตส.2 (63)	ร้อยละที่ได้ (%)		ผลต่าง
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	
หมวดที่ 1 สถานที่ตั้ง อาคารผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา	83.33	100.00	16.67
หมวดที่ 2 เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา	87.50	93.75	6.25
หมวดที่ 3 การควบคุมและกระบวนการผลิต	57.14	83.33	26.19
หมวดที่ 4 การสุขาภิบาล	50.00	93.75	43.75
หมวดที่ 5 สุขลักษณะส่วนบุคคล	75.00	100.00	25.00
<b>รวมร้อยละ</b>	<b>68.42</b>	<b>92.10</b>	<b>23.68</b>





### อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการประเมินก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง แสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง ในภาพรวมมีแนวโน้มในการพัฒนาเพิ่มขึ้นนั้นมาจากห้องปฏิบัติการมีการปรับปรุงสอดคล้องเป็นไปตามเกณฑ์การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี ตามหลักเกณฑ์การตรวจประเมินตามข้อกำหนดพื้นฐานทุกประการ และมีมาตรการอื่นที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนในอาหารที่ผลิต โดยหัวข้อที่มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ หมวดที่ 4 การสุขาภิบาล มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 43.75 รองลงมาได้แก่ หมวดที่ 3 การควบคุมและกระบวนการผลิต หมวดที่ 5 สุขลักษณะส่วนบุคคล หมวดที่ 1 สถานที่ตั้ง อาคารผลิต การทำความสะอาดและการบำรุงรักษา และหมวดที่ 2 เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา คิดเป็นคะแนนร้อยละเพิ่มขึ้น 26.19 25.00 16.67 และ 6.25 ตามลำดับ ผลที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง ช่วยปรับปรุงให้ห้องปฏิบัติการมีความพร้อมในการขอการตรวจประเมินสถานที่ผลิตอาหารตามระเบียบการยื่นขออนุญาตผลิตอาหาร ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 420) พ.ศ.2563

### สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร มีการพัฒนาการประเมินสถานที่ผลิตอาหารมีข้อกำหนด 5 หมวด ได้แก่ หมวดที่ 1 สถานที่ตั้ง อาคารผลิต การทำความสะอาดและการบำรุงรักษา หมวดที่ 2 เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต การทำความสะอาด และการบำรุงรักษา หมวดที่ 3 การควบคุมและกระบวนการผลิต หมวดที่ 4 การสุขาภิบาล และหมวดที่ 5 สุขลักษณะส่วนบุคคล มีคะแนนรวมร้อยละ 92.10 และพบว่าห้องปฏิบัติการมีการพัฒนาการปรับปรุง ตามเกณฑ์การปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี เพิ่มขึ้นร้อยละ 23.68 สรุปได้ว่าห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง มีการพัฒนาระบบการปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร และคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ ส่งเสริม สนับสนุนเครื่องมือแปรรูปอาหารที่ทันสมัย และเป็นเทคโนโลยีใหม่ๆ สำหรับการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการเครื่องมือสำหรับแปรรูปอาหาร ให้คำปรึกษา ถ่ายทอดเทคโนโลยี จัดฝึกอบรม และให้บริการวิชาการแก่ผู้ประกอบการด้านอุตสาหกรรมเกษตร



### เอกสารอ้างอิง

- กองอาหารสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2564). *คู่มือการตรวจสอบสถานที่ผลิตอาหารตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตที่บังคับใช้เป็นกฎหมาย (GMP 420)*. [https://www.fda.moph.go.th/sites/food/FileNews/2564/M\\_GMP420.pdf](https://www.fda.moph.go.th/sites/food/FileNews/2564/M_GMP420.pdf)
- ผดนิทร งามศิริ. (2560). *การประเมินตนเองตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต (จีเอ็มพี) ของผู้ผลิตน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทในจังหวัดฉะเชิงเทรา*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจไม่ได้ออกพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สุดารัตน์ เจียมยั้งยืน, อีรพร กงบังเกิด, และนิติพงศ์ จิตรีโกชน. (2549). *การประเมินศักยภาพการจัดการกระบวนการผลิต และคุณภาพของกล้วยตากที่ผลิตในจังหวัดพิษณุโลก (รายงานผลการวิจัย)*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สุวรรณ จิตติสรสกุล. (2563). *การประยุกต์ใช้การประเมินตนเองสำหรับจีเอ็มพีสุขลักษณะขั้นพื้นฐาน (Primary GMP) เพื่อปรับปรุงการดำเนินงานกรณีศึกษาผักและผลไม้อบแห้งที่ใช้ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. DSpace JSPUI. <http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3409/1/61403304.pdf>
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2562). *เกณฑ์ทั่วไปและขอบเขตผลิตภัณฑ์ที่ใช้กระบวนการพาสเจอร์ไรส์ด้วยการใช้ความดันสูง (High-Pressure Processing (HPP))*. [https://www.fda.moph.go.th/sites/food/Permission/4.9\\_HPP.pdf](https://www.fda.moph.go.th/sites/food/Permission/4.9_HPP.pdf)
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2564). *หลักการทั่วไปด้านสุขลักษณะอาหารการปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี*. <https://www.acfs.go.th/files/files/commodity-standard/20211002144127294091.pdf>



## การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะ ตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร

ณิชนนท์ พักบัว<sup>1\*</sup>

**An analysis of the value of research announcements at the institutional and faculty level  
according to the quality assurance standard of Naresuan University.**

Nitchanun Fukbou<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>กองการวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Division of Research and Innovation office of the president, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail : nitchanunf@gmail.com

### บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร การวิจัยนี้นำข้อมูลทุติยภูมิจากประกาศด้านการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรทุนวิจัย เงินรางวัลเผยแพร่ผลงานวิจัย เงินรางวัลผลงานวิจัยที่ได้รับการจดทะเบียนสิทธิบัตรหรือนวัตกรรม สนับสนุนงบประมาณการเดินทางไปนำเสนอผลงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ มาวิเคราะห์ผลการสนับสนุนงบประมาณด้านการวิจัยของมหาวิทยาลัยในภาพรวม พบว่ามีการสนับสนุนงบประมาณ ตั้งแต่ 1,000-300,000 บาท ตัวชี้วัดความสำเร็จที่กำหนดไว้ ได้แก่ ทุนวิจัย การร่วมทุนกับภาคเอกชน ตีพิมพ์ระดับนานาชาติ ระดับชาติ และการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา มีความคุ้มค่าตามพันธกิจด้านการวิจัย ผู้วิจัยจึงนำผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าจากตัวชี้วัดความสำเร็จของประกาศด้านการวิจัยมาเปรียบเทียบความสอดคล้องกับตัวชี้วัดด้านการวิจัยตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ พบว่า ตัวชี้วัดความสำเร็จของประกาศมีความคุ้มค่าสอดคล้องกับการประเมินผลการดำเนินงานตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนพันธกิจด้านการวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวรทั้งในปัจจุบันและอนาคต นำรายงานสรุปผลวิเคราะห์ดังกล่าวส่งให้กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้ประสานงานวิจัยคณะ จำนวน 20 คณะ มีจำนวน 20 คน เพื่อสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัย ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัย โดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X}$ =3.87, S.D.=0.54)

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความคุ้มค่า ทุนวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะ เกณฑ์มาตรฐานการประกันคุณภาพ



### Abstract

The purpose of this research was to analyze the worthiness of research announcements at the institutional and faculty levels according to Naresuan University quality assurance standards. This research draws on secondary data from research announcements related to research fund allocation. Prize money for disseminating research results Award money for research work that has been registered with a patent or petty patent Budget support for traveling to present research results both domestically and internationally. Analyzing the results of supporting the university's research budget as a whole, it was found that There is a budget support from 1,000–300,000 baht. Key success indicators include research funding, joint ventures with the private sector. International, national publications and intellectual property registrations are worth the research commitment. The researcher therefore used the results of cost-effectiveness analysis from indicators of success of research announcements to compare the consistency with research indicators according to Naresuan University's quality assurance standards. The results of the secondary data analysis found that the indicators of success of the Announcements were worthwhile, in line with the performance assessment according to the university's quality assurance standards. which is an important mechanism in driving the current and future research missions of Naresuan University. Bring the aforementioned analysis summary report to the target group, namely the research coordinators of 20 faculties, comprising 20 people, to ask for their opinions on the results of the analysis of the worthiness of research announcements. The data were analyzed using percentage, mean and standard deviation statistics. The results of the analysis of primary data showed that the respondents had opinions on the results of the analysis of the worthiness of research announcements. Overall, it was in a very agreeable level. The mean is equal to ( $\bar{X}$ =3.87, S.D.=0.54).

**Keywords:** Value Analysis, Research grants at the institutional and faculty level, Quality Assurance Standards

### บทนำ

มหาวิทยาลัยนเรศวรได้กำหนดนโยบายเพื่อพัฒนามหาวิทยาลัยให้มีชื่อเสียงด้านการวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ มีการจัดทำแผนพัฒนาการศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2564) ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2563-2565 (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2564) เพื่อกำหนดทิศทางการพัฒนามหาวิทยาลัยให้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่ชัดเจนเพื่อจะนำไปสู่การพัฒนาและขับเคลื่อนมหาวิทยาลัยนเรศวรให้บรรลุเป้าหมายตามพันธกิจที่วางไว้ในยุทธศาสตร์ที่ 2 การเพิ่มขีดความสามารถการวิจัย เพื่อสร้างนวัตกรรมสู่ความเป็นเลิศ ประกอบด้วย 2 กลยุทธ์ คือ 1. พัฒนาการบริหารจัดการการวิจัยให้มีประสิทธิภาพ 2. ส่งเสริมอาจารย์ บุคลากร และนิสิตให้สามารถสร้างผลงานวิจัยและนวัตกรรมที่นำไปขยายประโยชน์และตอบโจทย์การพัฒนา ดำเนินงานภายใต้ระเบียบมหาวิทยาลัยนเรศวร ว่าด้วยการบริหารเงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2554 (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2554) โดยกำหนดหลักเกณฑ์การจัดทำประกาศด้านการวิจัยเพื่อถือปฏิบัติในทิศทางเดียวกัน จำนวน 4 เรื่อง ได้แก่ 1) เงินอุดหนุนการวิจัย



2) หลักเกณฑ์การขอรับทุนสนับสนุนค่าตีพิมพ์และรางวัลตีพิมพ์บทความในวารสารวิชาการ 3) หลักเกณฑ์การสนับสนุนการเดินทางไปนำเสนอผลงานวิจัย ณ ต่างประเทศ 4) หลักเกณฑ์ คุณสมบัติการขอรับรางวัลผลงานวิจัยที่ได้รับการจดทะเบียนสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร มีนโยบายให้คณะจัดสรรเงินรายได้ร้อยละ 5 เป็นงบสนับสนุนด้านการวิจัยคณะ พร้อมจัดทำประกาศเพื่อรองรับการเบิกจ่ายจากเงินรายได้ของคณะนั้น ๆ โดยส่งเรื่องผ่านกองการวิจัยและนวัตกรรมตรวจสอบความสอดคล้อง และความคุ้มค่าเพื่อประกอบการพิจารณาของคณะกรรมการกั่นกรองระเบียบ ข้อบังคับและประกาศมหาวิทยาลัยนเรศวร และคณะกรรมการบริหารมหาวิทยาลัยพิจารณาตามลำดับและมอบกองกฎหมายจัดทำคำสั่งมหาวิทยาลัยนเรศวร เรื่อง มอบอำนาจให้คณบดี ผู้อำนวยการวิทยาลัยปฏิบัติราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยนเรศวรให้มีอำนาจลงนามที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยภายใต้เงินรายได้คณะและรายงานให้มหาวิทยาลัยทราบเกี่ยวกับการบริหารด้านการวิจัยภายใต้เงินรายได้คณะผ่านกองการวิจัยและนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง จากการดำเนินงานที่ผ่านมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันยังไม่เคยมีการวิเคราะห์ใด ๆ เกี่ยวกับประกาศด้านการวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เป็นข้อมูลหรือสารสนเทศเชิงประจักษ์มาก่อน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะ และนำมาเปรียบเทียบความสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายและทิศทางการพัฒนาขับเคลื่อนพันธกิจด้านวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวรทั้งในปัจจุบันและอนาคต

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร

#### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

##### 1. ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากร ได้แก่ ผู้ประสานงานวิจัยคณะ จำนวน 20 คณะ มีจำนวน 20 คน

กลุ่มเป้าหมาย ใช้ประชากรเป็นกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้ประสานงานวิจัยคณะ จำนวน 20 คณะ มีจำนวน 20 คน

##### 2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

2.1 การสร้างแบบสอบถาม ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามมีวิธีการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษา ค้นคว้า เอกสาร ตำรา บทความ วิชานิพนธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ศึกษาเพื่อกำหนดเป็นโครงสร้างของเครื่องมือ และขอบเขตเนื้อหา



ขั้นที่ 3 นำแบบสอบถาม ที่สร้างไปเสนอที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภาษาเนื้อหา ตลอดจนความครอบคลุมพร้อมทั้งขอคำแนะนำเพิ่มเติมและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 4 นำแบบสอบถาม ที่สร้างขึ้นเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญ ด้านนโยบายการวิจัย ด้านประกาศการวิจัย ด้านประกันคุณภาพการวิจัย เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective congruence : IOC) จากสูตร Rovinelli & Hambleton (1997)

เห็นว่าสอดคล้อง	ให้คะแนน	+1	ไม่แน่ใจ	ให้คะแนน	0
เห็นว่าไม่สอดคล้อง	ให้คะแนน	-1			

โดยใช้สูตรการหาค่า IOC คือ  $IOC = \frac{\sum R}{N}$

IOC	หมายถึง	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
$\sum R$	หมายถึง	ผลรวมของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
N	หมายถึง	จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

ใช้เกณฑ์การพิจารณาระดับค่าดัชนีความสอดคล้องฯ ของข้อคำถามที่ได้จากการคำนวณจากสูตรที่มีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 โดยมีรายละเอียดในการพิจารณา ดังนี้

- ค่า IOC ตั้งแต่ 0.00 – 0.49 ควรพิจารณาแก้ไขปรับปรุงหรือตัดคำถามข้อนั้นทิ้ง
- ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 คำถามข้อนั้นมีค่าเที่ยงตรง นำไปใช้ได้

ขั้นที่ 5 ได้ข้อคำถามที่มีค่า IOC เท่ากับ 0.67-1.00 แล้วปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ แล้วนำเสนอที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำเพิ่มเติม เพื่อจัดทำเครื่องมือฉบับสมบูรณ์นำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

2.2 การเก็บข้อมูลมาจาก 2 แหล่ง คือ 1) แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้จากการศึกษาประกาศที่เกี่ยวข้องด้านการวิจัย เว็บไซต์ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบัน จำนวน 4 ประกาศ และระดับคณะ จำนวน 54 ประกาศ มาวิเคราะห์การสนับสนุนงบประมาณด้านการวิจัยในภาพรวมของมหาวิทยาลัย และนำมาเปรียบเทียบความสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร

2) แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) จำนวน 20 ชุด โดยผู้วิจัยจัดส่งรายงานสรุปผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะของมหาวิทยาลัยนเรศวรให้ผู้ประสานงานวิจัยคณะประเมินความคิดเห็นที่มีต่อผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศฯ



2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาประเมินผล ซึ่งแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบ (เกี่ยวกับหน่วยงานที่สังกัด ได้แก่ กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)

ตอนที่ 2 เกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้ประสานงานวิจัยคณะที่มีต่อผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัย โดยในแต่ละประเด็นจะมีลักษณะเป็นแบบสอบถามชนิดคำถามปลายปิด หัวข้อการประเมินประกอบด้วย 1) เนื้อหาของประกาศด้านการวิจัยมีความทันสมัยสอดคล้องกับนโยบายของประเทศ 2) เนื้อหาของประกาศด้านการวิจัยมีความสอดคล้องกับพันธกิจด้านการวิจัยของมหาวิทยาลัย 3) ประกาศด้านการวิจัยมีความคุ้มค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัย 4) หน่วยงานสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการจัดสรรงบประมาณด้านการวิจัยในปีถัดไปได้ โดยประยุกต์ใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ในการวัดค่าระดับความคิดเห็น

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ปัญหา อุปสรรค หรือแนวทางในการปรับปรุงการจัดทำประกาศระดับคณะ มีลักษณะเป็นแบบปลายเปิด

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์ (Data Analysis and Statistics)

การวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Excel ในการคำนวณ ดังนี้

- 1) ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบ ใช้สถิติ ค่าร้อยละ
- 2) ตอนที่ 2 เกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้ประสานงานวิจัยคณะที่มีต่อผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัย ใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

3) กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาคะแนนเฉลี่ยเพื่อแปลความหมายของความคิดเห็นของผู้ประสานงานวิจัยคณะได้ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเห็นด้วยมากที่สุด คะแนนเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเห็นด้วยมาก คะแนนเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเห็นด้วยปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเห็นด้วยน้อย และคะแนนเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความเห็นด้วยน้อยมาก



## ผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้แยกผลวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

**ส่วนที่ 1** ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ดังนี้

1. การจัดสรรทุนวิจัยภาพรวมของมหาวิทยาลัย สนับสนุนทุนตั้งแต่ 10,000–300,000 บาท ตัวชี้วัดความสำเร็จของประกาศ คือ ทุนวิจัย การร่วมทุนกับภาคเอกชน ตีพิมพ์ระดับนานาชาติ ระดับชาติ และการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

2. การสนับสนุนค่าตีพิมพ์และรางวัลการเผยแพร่ผลงานวิจัยภาพรวมของมหาวิทยาลัย สนับสนุนตั้งแต่ 1,000–100,000 บาท ตัวชี้วัดความสำเร็จของประกาศ คือ ผลงานตีพิมพ์ระดับนานาชาติ ระดับชาติ และหนังสือหรือตำราขอตำแหน่งทางวิชาการ

3. การสนับสนุนรางวัลผลงานวิจัยที่ได้รับการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญาภาพรวมของมหาวิทยาลัย สนับสนุนตั้งแต่ 2,000–30,000 บาท ตัวชี้วัดความสำเร็จของประกาศ คือ จดทะเบียนสิทธิบัตร และอนุสิทธิบัตร

4. การสนับสนุนการเดินทางไปนำเสนอผลงานวิจัย ณ ต่างประเทศภาพรวมของมหาวิทยาลัย สนับสนุนตั้งแต่ 10,000–100,000 บาท หรือ ครั้งหนึ่งตามที่จ่ายจริง ตัวชี้วัดความสำเร็จของประกาศ คือ เมื่อเดินทางกลับมาแล้วต้องได้รับการตอบรับการตีพิมพ์ระดับนานาชาติภายใน 2–3 ปี และเป็นชื่อแรก (First Author) หรือชื่อผู้พิมพ์หลัก (Corresponding Author) ถ้าไม่ตีพิมพ์ภายใน 2 ปีจะไม่สามารถขอรับทุนไปนำเสนอผลงานได้อีกเป็นระยะเวลา 3 ปี และ ถ้าไม่ตีพิมพ์ภายใน 3 ปีจะไม่สามารถขอรับทุนไปนำเสนอผลงานได้อีกเป็นระยะเวลา 5 ปี

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการสนับสนุนงบประมาณด้านการวิจัยของมหาวิทยาลัยในภาพรวม พบว่ามีการสนับสนุนงบประมาณด้านวิจัย ตั้งแต่ 1,000–300,000 บาท ตัวชี้วัดความสำเร็จที่กำหนดไว้ ได้แก่ ทุนวิจัย การร่วมทุนกับภาคเอกชน ตีพิมพ์ระดับนานาชาติ ระดับชาติ และการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญามีความคุ้มค่าตามพันธกิจด้านการวิจัย ผู้วิจัยจึงนำผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าจากตัวชี้วัดความสำเร็จของประกาศด้านการวิจัยมาเปรียบเทียบความสอดคล้องกับตัวชี้วัดด้านการวิจัยตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร ได้แก่

1) สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (2562); คู่มือการประเมินตนเองกำหนดกลุ่มสถาบันอุดมศึกษาเชิงยุทธศาสตร์ 2) PIPP EDUCATION (2020); เกณฑ์การจัดอันดับ The Times Higher Education World University Rankings (2020) 3) มหาวิทยาลัยนเรศวร กองพัฒนาคุณภาพการศึกษา (2565); เกณฑ์การจัดอันดับ UI Green Metric Ranking 4) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ สำนักงานประกันคุณภาพการศึกษา (2565); เกณฑ์การจัดอันดับ U-Multirank 5) มหาวิทยาลัยนเรศวร กองพัฒนาคุณภาพการศึกษา





(2565); เกณฑ์การจัดอันดับ QS World University Rankings 6) สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (2562); เกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEX) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบความสอดคล้องตัวชี้วัดความสำเร็จของประกาศด้านการวิจัยกับเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัย

ตัวชี้วัดด้านการวิจัยตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร	ตัวชี้วัดความสำเร็จ (KPI) ของประกาศด้านการวิจัย			ความสอดคล้อง
	ทุนวิจัย/ นวัตกรรม	ตีพิมพ์	ทรัพย์สินทางปัญญา	
1. การอ้างอิง		√		√
2. ผลงานตีพิมพ์		√		√
3. การเคลื่อนย้ายของอาจารย์/นักวิจัย นักศึกษา	√			√
4. รางวัลยกย่องเชิดชูเกียรติ	√	√		√
5. ความร่วมมือวิจัยระดับนานาชาติ (ตีพิมพ์นานาชาติ)		√		√
6. ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งที่ได้รับการอ้างอิง (H-index Faculty)		√		√
7. งบประมาณด้านการวิจัยทั้งหมด	√			√
8. นวัตกรรมที่เกิดจากผลงานวิจัย	√		√	√
9. ผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ที่ขอขึ้น/ได้รับจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา			√	√

จากตาราง พบว่า ตัวชี้วัดความสำเร็จของประกาศระดับสถาบันและระดับคณะ มีความคุ้มค่าสอดคล้องกับการประเมินผลการดำเนินงานตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนพันธกิจด้านการวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวรทั้งในปัจจุบันและอนาคต ทั้งนี้ การประเมินความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยใช้เกณฑ์การพิจารณาความสอดคล้องของตัวชี้วัดความสำเร็จ (KPI) ของประกาศด้านการวิจัยกับตัวชี้วัดด้านการวิจัยตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมีความเป็นไปได้ที่จะบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ ร้อยละ 100 โดยอ้างอิงตามสำนักนายกรัฐมนตรี สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2553); คู่มือการประเมินความคุ้มค่าในการปฏิบัติภารกิจภาครัฐ ได้กำหนดกรอบการประเมินความคุ้มค่าในมิติประสิทธิภาพ การปฏิบัติภารกิจได้กำหนดให้ตัวชี้วัดผลผลิตมีความสอดคล้องตามมาตรฐานที่กำหนดตามคู่มือการประกันคุณภาพ และควบคุมคุณภาพ

ส่วนที่ 2 ผลประเมินความคิดเห็นของผู้ประสานงานวิจัยคณะที่มีต่อผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้วิจัยได้นำรายงานสรุปผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะของมหาวิทยาลัยนเรศวรพร้อมแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศฯ ส่งให้กลุ่มตัวอย่าง



คือ ผู้ประสานงานวิจัยคณะ ทั้งหมดจำนวน 20 ชุด มีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 65 ของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งคุณสมบัติของผู้ประสานงานวิจัยคณะมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เป็นผู้จัดทำตรวจสอบ ติดตาม รายงานผลการบริหารจัดการประกาศด้านการวิจัยระดับคณะ ทั้งนี้ ผู้วิจัยจึงขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลประเมินความคิดเห็นของผู้ประสานงานวิจัยคณะที่มีต่อผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัย

หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ย( $\bar{X}$ )	ร้อยละ	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. เนื้อหาของประกาศด้านการวิจัยมีความทันสมัยสอดคล้องกับนโยบายของประเทศ	3.92	78.46	0.62	เห็นด้วยมาก
2. เนื้อหาของประกาศด้านการวิจัยมีความสอดคล้องกับพันธกิจด้านการวิจัยของมหาวิทยาลัย	3.85	76.92	0.53	เห็นด้วยมาก
3. ประกาศด้านการวิจัยมีความคุ้มค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัย	3.69	73.85	0.46	เห็นด้วยมาก
4. หน่วยงานสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการจัดสรรงบประมาณด้านการวิจัยในปีถัดไปได้	4.00	80.00	0.55	เห็นด้วยมาก
5. ความคิดเห็นโดยรวม	3.87	77.31	0.54	เห็นด้วยมาก

จากตาราง พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นต่อผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยโดยรวม อยู่ในระดับเห็นด้วยมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X}=3.87$ , S.D.=0.54) โดยสรุปความคิดเห็นเกี่ยวกับผลวิเคราะห์ฯ จำนวน 4 หัวข้อ พบว่า เห็นด้วยมากที่สุด คือ หน่วยงานสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการจัดสรรงบประมาณด้านการวิจัยในปีถัดไปได้ อยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X}=4.00$ , S.D.=0.55) รองลงมาคือเนื้อหาของประกาศด้านการวิจัยมีความทันสมัยสอดคล้องกับนโยบายของประเทศ อยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X}=3.92$ , S.D.=0.62) และน้อยที่สุดคือ ประกาศด้านการวิจัยมีความคุ้มค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัย อยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X}=3.69$ , S.D.=0.46)

#### ปัญหา/อุปสรรค/ข้อเสนอแนะจากการดำเนินงานตามประกาศ

สำหรับคำถามปลายเปิดเกี่ยวกับปัญหา/อุปสรรค/ข้อเสนอแนะ ซึ่งมีผู้ตอบ จำนวน 5 คน จากผู้ตอบทั้งหมด 13 คน คิดเป็นร้อยละ 38.46 พบว่า 1) บุคลากรยังขาดความรู้เรื่อง กฎ ระเบียบ และประกาศต่าง ๆ ด้านการวิจัย 2) คำสั่งมอบอำนาจให้หัวหน้าโครงการปฏิบัติราชการแทนอธิการบดีส่งผลให้การบริหารจัดการ กำกับ ติดตาม การให้ทุนอุดหนุนวิจัย จากเงินรายได้คณะไม่มีความชัดเจน 3) ข้อเสนอแนะ เพื่อการพัฒนา/ปรับปรุง พบว่า ควรมีระบบจัดเก็บข้อมูลและสืบค้น หลักฐาน ตัวชี้วัดความสำเร็จ (KPI) ของโครงการที่ได้รับทุนทั้งระดับสถาบันและระดับคณะ



## อภิปรายผลการศึกษา

ผู้วิจัยเสนอการอภิปรายผล ออกเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัย และผลประเมินความคิดเห็นของผู้ประสานงานวิจัยคณะที่มีต่อผลวิเคราะห์ฯ ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะตาม เกณฑ์มาตรฐาน ประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า ตัวชี้วัดความสำเร็จที่ตั้งไว้ในประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับ คณะ มีความคุ้มค่าสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพการศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร (ด้านการวิจัย) ทั้งนี้ เป็นเพราะมหาวิทยาลัยได้กำหนดหลักเกณฑ์การสนับสนุนงบประมาณด้านการวิจัยให้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยง กับยุทธศาสตร์ และเกณฑ์การประกันคุณภาพการศึกษาทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยนเรศวร สอดคล้องกับ งานวิจัยของปาลีรัตน์ การดี (2559) ได้ศึกษาเรื่องแนวทางการส่งเสริมทำวิจัยด้านการศึกษาทางไกล มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พบว่า แนวทางการส่งเสริมการทำวิจัยด้านการศึกษาทางไกล มีดังนี้ 1) กำหนด นโยบายและแผนให้ชัดเจนทั้งระยะสั้น กลาง และยาว 2) จัดกิจกรรมให้ความรู้ในเรื่องการศึกษาทางไกล และการทำ วิจัย 3) จัดสรรงบประมาณและทรัพยากรวิจัยให้เพียงพอ และสอดคล้องกับนโยบายของมหาวิทยาลัย 4) กระจาย งบประมาณทุนวิจัยด้านการศึกษาทางไกลให้สาขาวิชาและสำนัก 5) สร้างบรรยากาศความร่วมมือด้านการวิจัย ทำวิจัย ร่วมกันระหว่างคณาจารย์ต่างสาขาเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และ 6) จัดให้มีการประชาสัมพันธ์ข่าวสารด้านการวิจัย การศึกษาทางไกลให้ทราบทั่วถึง

2. ผลประเมินความคิดเห็นของผู้ประสานงานวิจัยคณะที่มีต่อผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการ วิจัยระดับมหาวิทยาลัยและระดับคณะโดยรวม พบว่า ผู้ประสานงานวิจัยส่วนใหญ่มีความคิดเห็นต่อผลวิเคราะห์ความ คุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัย โดยรวม อยู่ในระดับเห็นด้วยมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ( $\bar{X}=3.87$ , S.D.=0.54) ทั้งนี้ เป็นเพราะเนื้อหาของประกาศด้านการวิจัยมีความทันสมัยสอดคล้องกับนโยบายของประเทศ สอดคล้องกับพันธกิจด้าน การวิจัยของมหาวิทยาลัย มีความคุ้มค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัย และสามารถนำข้อมูล ไปใช้ประโยชน์ในการจัดสรรงบประมาณด้านการวิจัยในปีถัดไปได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของนพภัค จิตมั่นคงธรรม (2562) ได้ศึกษาเรื่องการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการนำนโยบายประกันคุณภาพ การศึกษาไปปฏิบัติ : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ พบว่า เป้าหมายและวัตถุประสงค์ของนโยบายส่งผลต่อ ความสำเร็จของการนำนโยบายประกันคุณภาพการศึกษาไปปฏิบัติ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ การนำ นโยบายการประกันคุณภาพไปปฏิบัติยังคงต้องอาศัยแนวทางบนลงล่าง (Top-down) ในการถ่ายทอดนโยบายจาก หน่วยงานที่กำหนดนโยบายซึ่งอยู่ในระดับมหภาค (Macro) คือ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาไปยังหน่วยงาน ที่นำไปปฏิบัติ ซึ่งอยู่ในระดับจุลภาค (Micro) ได้แก่ มหาวิทยาลัยและหน่วยงานในสังกัดตามลำดับ จึงทำให้เกิดความ



ชัดเจนในนโยบายเป้าหมายและวัตถุประสงค์เป็นสิ่งจำเป็นในการเสริมสร้างความรู้และความเข้าใจทิศทางและเจตนารมณ์ของนโยบายให้กับหน่วยงานสามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้อง นอกจากนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรวี ศุนาลัย (2553) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยแห่งความสำเร็จของการประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจ บัณฑิตย์ พบว่า ความพร้อมด้านทรัพยากรมีความสัมพันธ์กับความสำเร็จของการประกันคุณภาพของมหาวิทยาลัย ธุรกิจบัณฑิตย์

### ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะ ตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ 2 ประเด็น ดังนี้

#### 1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ประกาศที่เกี่ยวกับการวิจัยของมหาวิทยาลัยจนทำให้ได้ข้อเท็จจริงว่าการจัดสรรงบประมาณรายได้ของมหาวิทยาลัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของประกาศ และมีความคุ้มค่าสามารถนำข้อมูลดังกล่าว มาวางแผนเชิงกลยุทธ์และการจัดสรรงบประมาณในปีถัดไปให้สอดคล้องตามยุทธศาสตร์ที่ 2 การวิจัยระดับแนวหน้า ของโลก (Global and Frontier Research) และการพลิกโฉมมหาวิทยาลัย (Re-inventing University) เพื่อเตรียมความพร้อมในการออกนอกระบบของมหาวิทยาลัยในอนาคต ดังนี้

- 1) ควรมีการปรับประกาศการจัดสรรทุนวิจัยระดับสถาบันในการมุ่งเป้าแสวงหาทุนวิจัยทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศเพื่อพัฒนาศักยภาพนักวิจัยและข้อเสนอโครงการให้ได้รับทุนวิจัยเพิ่มขึ้น
- 2) ควรมีการปรับประกาศรางวัลตีพิมพ์ระดับสถาบันโดยเน้นการตีพิมพ์บทความในฐานข้อมูล Scopus ให้มีอันดับ Quartile สูงขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณจำนวนผลงานตีพิมพ์ จำนวนผลงานวิจัยที่ได้รับการอ้างอิงและ ค่า H-index ในฐานข้อมูลระดับนานาชาติ
- 3) ควรมีการปรับประกาศสนับสนุนการเดินทางไปนำเสนอผลงานวิจัย ณ ต่างประเทศ โดยเพิ่มช่องทางการ สร้างเครือข่ายการทำวิจัย/การเป็นผู้บรรยาย/ผู้ทรงคุณวุฒิร่วมกับสถาบันต่างประเทศเพื่อผลักดันนักวิจัยสู่ระดับโลก

#### 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลสำเร็จของการปฏิบัติงานตามประกาศด้านการวิจัยทั้งระดับสถาบันและระดับคณะเพื่อประเมินความคุ้มค่าของงบประมาณรายได้ที่จัดสรรให้กับบุคลากรทุกระดับ



## สรุปผลการศึกษา

สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวรตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย พบว่า ตัวชี้วัดความสำเร็จของประกาศระดับสถาบันและระดับคณะมีความคุ้มค่าสอดคล้องกับการประเมินผลการดำเนินงานตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนกับพันธกิจด้านการวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวรทั้งในปัจจุบันและอนาคต

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของประกาศด้านการวิจัยระดับสถาบันและระดับคณะตามเกณฑ์มาตรฐานประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยสถาบันจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2564 และขอขอบคุณคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่ให้การรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นมาตรฐานสากลประเภทแบบเร่งรัด (Expedited Review) ผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจเครื่องมือวิจัย และผู้ประสานงานวิจัยคณะ ที่ตอบแบบสอบถามและให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหาร และบุคลากรกองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และสนับสนุนข้อมูลต่าง ๆ มาโดยตลอด จนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

PIPP EDUCATION. (2020). *เกณฑ์การจัดอันดับ The Times Higher Education World University Rankings*.

[https://pippeeducation.com/pippost-2020-10-22\\_times/](https://pippeeducation.com/pippost-2020-10-22_times/).

นพภัค จิตมั่นคงธรรม. (2562). *การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการนำนโยบายประกันคุณภาพ*

*การศึกษาไปปฏิบัติ : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศาสตรบัณฑิต, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์]. NIDA Wisdom Repository.*

<https://repository.nida.ac.th/handle/662723737/5137>.

ปาลีรัตน์ การดี. (2559). *แนวทางการส่งเสริมทำวิจัยด้านการศึกษาทางไกล มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช*.

*สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช*, 6(1), 30-44. Retrieved from

<https://so01.tci-thaijo.org/index.php/e-jodil/article/view/243370/165005>

สำนักงานประกันคุณภาพการศึกษา (2565). *เกณฑ์การจัดอันดับ U-Multirank. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล*



กรุงเทพ. <https://qa.rmutk.ac.th/?p=1253>.

มหาวิทยาลัยนเรศวร (2564). แผนพัฒนาการศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2564) ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2563-2565.

มหาวิทยาลัยนเรศวร (5 กรกฎาคม 2554). ระเบียบมหาวิทยาลัยนเรศวร ว่าด้วยการบริหารเงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2554.

กองพัฒนาคุณภาพการศึกษา (2565). *เกณฑ์การจัดอันดับ UI Green Metric Ranking*. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[http://www.eqdd.nu.ac.th/?page\\_id=5140](http://www.eqdd.nu.ac.th/?page_id=5140).

กองพัฒนาคุณภาพการศึกษา (2565). *เกณฑ์การจัดอันดับ QS World University Rankings*. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[http://www.eqdd.nu.ac.th/?page\\_id=5242](http://www.eqdd.nu.ac.th/?page_id=5242).

สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (2562). *เกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEX)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (2562). *คู่มือการประเมินตนเองกำหนดกลุ่มสถาบันอุดมศึกษาเชิงยุทธศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

สำนักนายกรัฐมนตรี สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2553). *คู่มือการประเมินความคุ้มค่าในการปฏิบัติการกิจการรัฐ*.

สุรวี คุนาลัย. (2553). *ปัจจัยแห่งความสำเร็จของการประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1997). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity.



## การศึกษารายวิชาที่มีผลต่อการผันสภาพนิสิตด้วยผลการเรียน และการพัฒนาระบบ

### พยากรณ์สถานภาพการศึกษา กรณีศึกษานิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

นุชนารถ แก้วแดง<sup>1\*</sup>

**Study of course subjects influence to the termination of a Student's status**

**for poor academic performance and development of the prediction system:**

**A case study the first-year bachelor's student in**

**the faculty of engineering, Naresuan university**

Nutchanart Kaeodaeng<sup>1\*</sup>

งานบริการการศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Academic Affairs, Faculty of Engineering, Naresuan University, Muang Phitsanulok, Phitsanulok Province, 65000

\*Corresponding author. E-mail: Nutchanartj@nu.ac.th

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาค้นคว้าหาความสัมพันธ์ของรายวิชาที่ส่งผลต่อสถานะการผันสภาพของนิสิตด้วยผลการเรียน และทำการพัฒนาระบบพยากรณ์สถานภาพการศึกษาของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) และใช้เครื่องมือ ScikitLearn ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการทดสอบค่าทางสถิติในการทำ Machine Learning ผลการศึกษาพบว่ารายวิชาที่มีผลต่อการผันสภาพการศึกษามากที่สุด พบว่า หมวดวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คือ วิชากลศาสตร์วิศวกรรม 1 หมวดวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คือ วิชาแคลคูลัส 2 และหมวดวิชาศึกษาทั่วไป คือ วิชาคณิตศาสตร์และสถิติในชีวิตประจำวัน สำหรับการพยากรณ์สถานภาพการศึกษาของนิสิตจะใช้ผลลัพธ์จากข้อมูลที่ประมวลผลด้วย Machine learning และทำการเปรียบเทียบอัลกอริทึม 3 อัลกอริทึม ได้แก่ อัลกอริทึมของนาอิวเบย์ (Naive Bayes) อัลกอริทึมของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine: SVM) และอัลกอริทึมของต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) โดยใช้สถิติจากการทดสอบประสิทธิภาพของทั้ง 3 อัลกอริทึม ได้ผลการทดลอง ดังนี้ 1) อัลกอริทึมของนาอิวเบย์ (Naive Bayes) สามารถแยกสถานภาพของนิสิต ซึ่งมีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 0.945 ค่าเฉลี่ย F1score อยู่ที่ 0.72 2) อัลกอริทึมของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine: SVM) สามารถแยกสถานภาพของนิสิต ซึ่งมีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 0.927 ค่าเฉลี่ย F1score อยู่ที่ 0.33 และ 3) อัลกอริทึมของต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) สามารถแยกสถานภาพของนิสิต ซึ่งมีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 1.00 ค่าเฉลี่ย F1score อยู่ที่ 1.00 จากผลการวิจัยนี้สามารถสรุป



ได้ว่าอัลกอริทึมของต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) มีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถแยกสถานภาพของนิสิต ซึ่งมีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 1.00 ค่าเฉลี่ย F1score อยู่ที่ 1.00 ในการพยากรณ์สถานภาพการศึกษาของนิสิตได้แม่นยำที่สุด

**คำสำคัญ:** การพ้นของสภาพนิสิต ผลการเรียน นิสิตปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์

#### Abstract

This quantitative study aims to examine the relationship between course subjects that influence the termination of a student's status for poor academic performance and to develop a prediction system for the termination of a student's status. In this study, student data from the faculty of engineering at Naresuan University were analyzed using the Chi-Square Test and ScikitLearn. According to the results, the subjects that influence the termination of a student's status are subjects in engineering, was Engineering Mechanics I, subjects in science and mathematics, was Calculus II and subjects in general education was Mathematics and Statistics in Everyday Life. The Nave Bayes algorithm, the Support Vector Machine (SVM) algorithm, and the decision tree algorithm were used to compare the prediction efficiency to develop a system for predicting the termination of a student's enrollment status using machine learning to develop a predictive model. The accuracy of the Nave Bayes algorithm was 0.945 and the average F1 score was 0.72. The accuracy of the support vector machine (SVM) algorithm was 0.927 and the average F1 score was 0.33. All results indicate that the decision tree algorithm is more accurate at making predictions than the Nave Bayes and support vector machine algorithms. Students at Naresuan University are more likely to graduate from the Faculty of Engineering if the Decision Tree algorithm is used to predict the factors that will determine their termination.

**Keywords:** Student termination, Academic performance, Undergraduate students, Faculty of Engineering

#### บทนำ

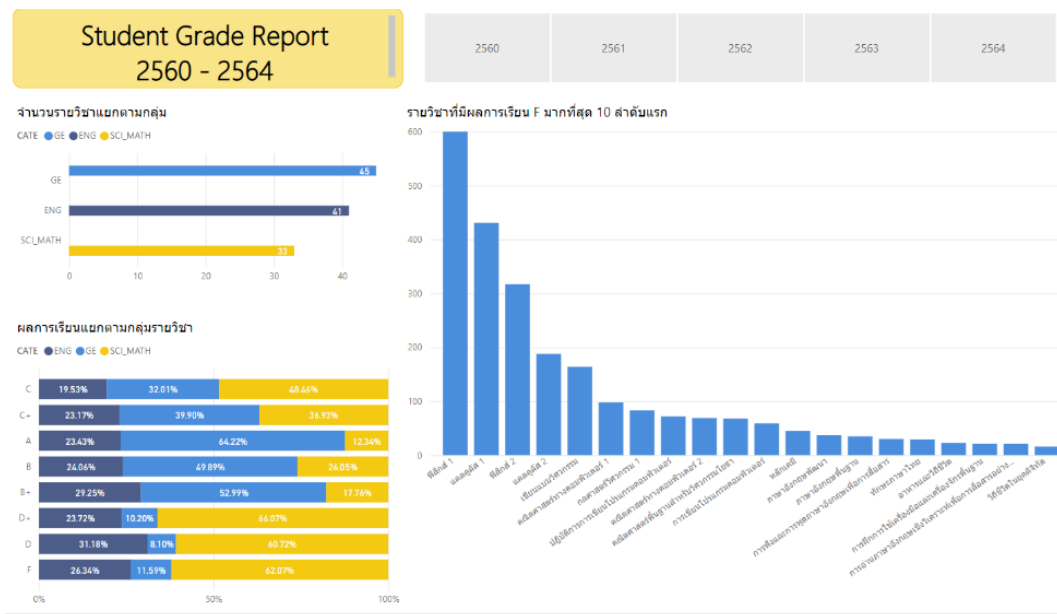
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีพันธกิจหลักในการผลิตบัณฑิต วิศวกร และนวัตกรรมที่มีคุณภาพและคุณลักษณะที่สอดคล้องตามยุทธศาสตร์ชาติ บัณฑิตสามารถนำความรู้ไปประกอบวิชาชีพ และเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศ ปัจจุบันคณะวิศวกรรมศาสตร์ เปิดสอนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มีโครงสร้างหลักสูตรครอบคลุมหมวดความรู้ต่าง ๆ ประกอบด้วย 1) หมวดความรู้ด้านคณิตศาสตร์ พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ที่เหมาะสมกับแต่ละสาขาวิชาชีพ 2) หมวดความรู้ด้านวิศวกรรมที่ครอบคลุมความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม และความรู้เฉพาะทางวิศวกรรมของแต่ละสาขา เพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ด้านคณิตศาสตร์ พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ พื้นฐานทางวิศวกรรม และเพื่อให้บัณฑิตสามารถนำไปใช้ในการออกแบบและการแก้ไขปัญหาตามข้อกำหนดงานวิศวกรรมได้อย่างเหมาะสม (สภาวิศวกร, 2558) และ 3) หมวดวิชาศึกษาทั่วไป เป็นรายวิชาพื้นฐานของการศึกษาในมหาวิทยาลัย ที่เป็นทักษะ องค์ความรู้ การสร้างนิสัย





และจิตใจ รวมทั้งคุณค่า คุณธรรม ที่เป็นการเตรียมตัวของนิสิต ตั้งแต่แรกเข้ามาใช้ชีวิตอยู่ในมหาวิทยาลัย เพื่อสามารถสร้างตน ให้ประสบความสำเร็จ ทั้งในการศึกษาสาขา หรือวิชาเอก วิชาโท และวิชาเลือกเสรี ตลอดจน เป็นการเตรียมตัวให้สามารถได้ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมที่ดีในการประกอบอาชีพในอนาคต (งานประชาสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562)

ผู้วิจัยในฐานะผู้ปฏิบัติงานในตำแหน่งนักวิชาการศึกษา ดูแลรับผิดชอบงานด้านงานวิชาการระดับปริญญาตรี เมื่อสิ้นภาคการศึกษา มีหน้าที่จัดทำรายงานสรุปข้อมูลผลการเรียนข้อมูลรายวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อรายงานต่อที่ประชุมคณะกรรมการประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลนิสิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ชั้นปีที่ 1 ที่เข้าศึกษาปีการศึกษา 2560 – 2564 รวมทั้งหมด 5 ปี จากงานทะเบียนนิสิตและประมวลผล กองบริการการศึกษา พบว่า ปีการศึกษา 2560-2564 มีรายวิชาที่นิสิตได้ติด F มากที่สุด 5 ลำดับ จากมากที่สุดไปน้อยตามลำดับ คือ วิชาฟิสิกส์ 1 จำนวน 600 คน คิดเป็นร้อยละ 23.48 ลำดับที่ 2 คือ วิชาแคลคูลัส 1 จำนวน 431 คน คิดเป็นร้อยละ 16.87 ลำดับที่สาม คือ วิชาฟิสิกส์ 2 จำนวน 317 คน คิดเป็นร้อยละ 12.41 วิชาที่สี่ คือ วิชาแคลคูลัส 2 จำนวน 188 คน คิดเป็นร้อยละ 7.36 และลำดับที่ห้า คือ วิชาเขียนแบบวิศวกรรม จำนวน 164 คน คิดเป็นร้อยละ 6.42 โดยสรุปดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สรุปผลการเรียนที่นิสิตได้เกรด F เรียงจากมากไปน้อย ปีการศึกษา 2560 – 2564

จากรูปที่ 1 พบว่า นิสิตติด F ในรายวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เป็นจำนวนมาก เช่น ฟิสิกส์ แคลคูลัส เป็นต้น เนื่องจากเนื้อหาของรายวิชาดังกล่าวเน้นการคำนวณในเชิงลึก หากนิสิตไม่ถนัดหรือไม่มีพื้นฐานความรู้ที่ดีทำให้นิสิตไม่สามารถเรียนตามแผนการศึกษาได้ ซึ่งอาจส่งผลให้พ้นสภาพนิสิตได้ (Admission Premium, 2561) สอดคล้องกับ งานวิจัยของ พเยาว์ ดีใจ และคณะ ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการพ้นสภาพนิสิตด้วย



ผลการเรียน พบว่าสาเหตุมาจากตัวนิสิตที่มีพื้นฐานความรู้ในสาขาวิชาที่เรียนน้อย สอบตกบางรายวิชา มีผลการเรียนต่ำ ขาดการวางแผนการเรียนที่ดี มีทัศนคติไม่ดีต่อการเรียน และผู้เรียนเรียนในสาขาวิชาที่เรียนไม่สอดคล้องกับ ความถนัดความสามารถของตนเอง (เพียว ดีใจ และคณะ, 2554) ส่งผลให้นิสิตที่ติด F สอบไม่ผ่าน โดยโครงสร้าง หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยนเรศวร ได้กำหนดรายวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ เป็นวิชาบังคับ ซึ่งจำเป็นต้องสอบผ่านจึงจะสามารถลงทะเบียนเรียนในวิชาต่อไปของสาขานั้นได้ ส่งผลให้ นิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์หากไม่ผ่านรายวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นรายวิชาวิชาบังคับ ทำ ให้ไม่สามารถจบการศึกษาตามระยะเวลาที่หลักสูตรนั้น ๆ กำหนด และบางรายถึงขั้นพ้นสภาพนิสิตด้วยการเรียนในที่สุด ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาที่นิสิตไม่สามารถสำเร็จการศึกษาได้ตามระยะเวลาที่หลักสูตรกำหนดโดยสาเหตุมาจากการ พ้นสภาพนิสิตด้วยผลการเรียน นับว่าเป็นการสูญเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อการศึกษา สถาบันการศึกษาสูญเสียโอกาส ในการผลิตบัณฑิต เกิดการสูญเสียเศรษฐกิจของครอบครัว มหาวิทยาลัยและประเทศชาติ ส่วนตัวนิสิตก็จะเสียเวลา เสียค่าใช้จ่าย ประการสำคัญคือเสียขวัญและกำลังใจในการถอยหลังเพื่อไปเริ่มต้นใหม่ (จตุพล ยงศร, 2560)

ดังนั้น การวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ของรายวิชาที่ส่งผลต่อสถานะการพ้นสภาพของนิสิต ด้วยผลการเรียน และทำการพัฒนาระบบการพยากรณ์สถานภาพการศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการให้ความช่วยเหลือ ปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการศึกษาให้กับกลุ่มนิสิตที่มีความเสี่ยงต่อการพ้นสภาพนิสิต เพื่อให้นิสิตสำเร็จการศึกษาเพิ่มขึ้น

### วัตถุประสงค์และวิธีการ

วิธีดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษารายวิชาที่มีผลต่อการพ้นสภาพนิสิตด้วยผลการเรียนของนิสิต เนื่องจากผลการ เรียน แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

#### 1. การเตรียมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผลการศึกษานิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ชั้นปีที่ 1 จากงาน ทะเบียนนิสิตและประมวลผล กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร ย้อนหลัง 5 ปีการศึกษา (ปีการศึกษา 2560 ถึง ปีการศึกษา 2564) โดยข้อมูลดังกล่าวนี้ได้ปฏิบัติตามพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 (Personal Data Protection Act: PDPA) ซึ่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยรายวิชาที่นิสิต ลงทะเบียนเรียน ผลการเรียนของนิสิตในแต่ละรายวิชา และสถานภาพการศึกษา



## 2. ทดสอบค่าทางสถิติเพื่อหารายวิชาที่ส่งผลต่อการพัฒนาสภาพการศึกษา

การทดสอบค่าทางสถิติเพื่อหารายวิชาที่ส่งผลต่อการพัฒนาสภาพการศึกษาใช้การทดสอบไคสแควร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ คือ รายวิชา กับ ตัวแปรตาม คือ สถานะการศึกษา ได้ใช้เครื่องมือ ScikitLearn ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการทดสอบค่าทางสถิติและช่วยในการทำ Machine Learning (ScikitLearn, n.d.) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบไคสแควร์ด้วย ScikitLearn ประกอบไปด้วย scores แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและค่า P-Value

## 3. การสร้างแบบจำลองการเรียนรู้

การพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้ (Model) หรือ Machine Learning สำหรับการใช้งานพยากรณ์สถานภาพการศึกษาโดยใช้ชุดข้อมูลนิสิตชั้นปีที่ 1 ที่เข้าศึกษาปีการศึกษา 2560 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้เปรียบเทียบแบบจำลองการเรียนรู้โดยใช้ Naïve Bayes (Chen et al., 2021) SVM หรือ Support Vector Machine (Suthaharan, 2016) และ Decision Tree โดยชุดข้อมูลทั้งหมด 551 คน แบ่งเป็น 441 สำหรับใช้ในการสอน 55 คน สำหรับทดสอบรูปแบบจำลอง และ 55 คน สำหรับชุดข้อมูลสำหรับทดสอบความถูกต้องของรูปแบบจำลองเมื่อทำนายผลลัพธ์ที่ไม่มีในการสอน หรือใช้อัตราส่วน 80 : 10 : 10 (Train : Validate : Test) (Refaeilzadeh et al., 2009).

## ผลการศึกษา

### 1. ผลการของการเตรียมข้อมูล

จากการสำรวจข้อมูลและเตรียมข้อมูลพบว่าผลการเรียนของนิสิตแต่ละคนแยกตามรายวิชาที่ลงทะเบียนนับตั้งแต่ปีการศึกษา 2560-2564 มีจำนวน 41,676 ข้อมูล และรายวิชาที่นิสิตของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ชั้นปีที่ 1 ลงทะเบียนเรียนทั้งหมด 119 รายวิชา จากรายละเอียดการเลือกรายวิชา (Features) เพื่อลดทอนข้อมูลที่ไม่ส่งผลต่อการพัฒนาสภาพด้วยผลการเรียน โดยใช้เกณฑ์ในการกรองรายวิชา (Filter) คือ

- 1) รายวิชาที่มีจำนวนนิสิตลงทะเบียนเรียนสะสมในปีการศึกษา 2560-2564 มากกว่า 150 คน
- 2) รายวิชาที่นิสิตได้รับผลการเรียน F อย่างน้อย 1 คน หรือเป็นวิชาที่มีนิสิตที่ได้ปรับสถานะเป็นพ้นสภาพ

การเป็นนิสิตลงทะเบียนเรียนอย่างน้อย 10 คน

ผลจากการกรองรายวิชาโดยใช้เกณฑ์ดังกล่าว พบว่า จากรายวิชาที่มีนิสิตลงทะเบียนเรียนทั้งหมด 119 รายวิชา เหลือเพียง 17 รายวิชา เป็นรายวิชาหมวดศึกษาทั่วไป (GE) จำนวน 9 วิชา รายวิชาหมวดวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (SCI\_MATH) จำนวน 5 วิชา และรายวิชาหมวดวิศวกรรมศาสตร์ (ENG) จำนวน 9 วิชา ดังแสดงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2 แสดงรายวิชา (Features) เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

ลำดับที่	หมวด	รหัสวิชา	ชื่อวิชา	จำนวน		
				ลงทะเบียน	เกรด F	นิสิตสถานะ
						50
1	SCI_MAT	252182	แคลคูลัส 1	3481	431	0
2	SCI_MAT	261101	ฟิสิกส์ 1	3504	600	0
3	GE	001211	การฟังและการพูดภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร, ภาษาอังกฤษพื้นฐาน	3188	65	1
4	GE	001212	การอ่านภาษาอังกฤษเชิงวิเคราะห์เพื่อการสื่อสาร อย่างมีประสิทธิภาพ, ภาษาอังกฤษพัฒนา	2997	58	120
5	SCI_MAT	261102	ฟิสิกส์ 2	2836	317	94
6	SCI_MAT	252183	แคลคูลัส 2	2761	188	65
7	SCI_MAT	256101	หลักเคมี	2690	45	0
8	ENG	302151	เขียนแบบวิศวกรรม	2308	164	61
9	ENG	302111	กลศาสตร์วิศวกรรม 1	2075	83	21
10	GE	001201	ทักษะภาษาไทย	1720	29	0
11	ENG	301100	การฝึกการใช้เครื่องมือและเครื่องจักรพื้นฐาน	1670	21	23
12	ENG	305171	การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	1245	59	18
13	GE	001273	คณิตศาสตร์และสถิติในชีวิตประจำวัน	666	15	29
14	ENG	305131	คณิตศาสตร์ทางคอมพิวเตอร์ 1	514	98	0
15	ENG	305172	ปฏิบัติการการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	513	72	0
16	GE	001226	วิถีชีวิตในยุคดิจิทัล	475	16	35
17	GE	001275	อาหารและวิถีชีวิต	461	23	47
18	ENG	304100	คณิตศาสตร์พื้นฐานสำหรับวิศวกรรมโยธา	458	68	0
19	ENG	305272	การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขั้นสูง	439	15	15
20	GE	001222	ภาษา สังคม และวัฒนธรรม	353	6	16
21	ENG	305132	คณิตศาสตร์ทางคอมพิวเตอร์ 2	298	69	19
22	GE	001241	ดนตรีตะวันตกในชีวิตประจำวัน	280	0	10
23	GE	001237	ทักษะชีวิต	154	1	3

## 2. ผลการทดสอบค่าทางสถิติเพื่อหารายวิชาที่ส่งผลต่อการพัฒนาสภาพการศึกษา

การทดสอบค่าทางสถิติเพื่อหารายวิชาที่ส่งผลต่อการพัฒนาสภาพการศึกษาใช้การทดสอบไคสแควร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ คือ รายวิชา กับ ตัวแปรตาม คือ สถานะการศึกษา ได้ใช้เครื่องมือ ScikitLearn ผลลัพธ์ที่ได้ประกอบไปด้วย scores แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และค่า P-Value จากการทดสอบไคสแควร์ ผลลัพธ์แสดงในตารางที่ 3-5



ตารางที่ 3 ผลการทดสอบโคสแควร์ด้วย ScikitLearn หมวดวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หมวด	รหัส	รายวิชา	Scores	P-Value
ENG	302111	กลศาสตร์วิศวกรรม 1	62.64	2.48E-15
ENG	302151	เขียนแบบวิศวกรรม	12.82	3.43E-04
ENG	305171	การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	12.6	3.86E-04
ENG	301100	การฝึกการใช้เครื่องมือและเครื่องจักรพื้นฐาน	9.3	2.28E-03

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบโคสแควร์ด้วย ScikitLearn หมวดวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

หมวด	รหัส	รายวิชา	Scores	P-Value
SCI_MATH	252183	แคลคูลัส 2	42.61	6.68E-11
SCI_MATH	261102	ฟิสิกส์ 2	23.55	1.22E-06
SCI_MATH	252182	แคลคูลัส 1	15.39	8.72E-05
SCI_MATH	261101	ฟิสิกส์ 1	12.81	3.44E-04

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบโคสแควร์ด้วย ScikitLearn หมวดวิชาศึกษาทั่วไป

หมวด	รหัส	รายวิชา	Scores	P-Value
GE	001273	คณิตศาสตร์และสถิติในชีวิตประจำวัน	26.47	2.68E-07
GE	001212	การอ่านภาษาอังกฤษเชิงวิเคราะห์เพื่อการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ, ภาษาอังกฤษพัฒนา	19.02	1.30E-05
GE	001241	ดนตรีตะวันตกในชีวิตประจำวัน	15.61	7.77E-05
GE	001226	วิถีชีวิตในยุคดิจิทัล	10.64	1.11E-03

การทดสอบโคสแควร์ด้วย ScikitLearn กำหนดให้ระดับนัยสำคัญคือ 0.05 พบว่าวิชาที่มีค่า P-Value มากที่สุด ส่งผลต่อการพัฒนาการศึกษาของนิสิตมากที่สุด คือ หมวดวิชาวิศวกรรมศาสตร์ วิชากลศาสตร์วิศวกรรม 1 มีค่า Scores = 62.64, P-Value = 2.48E-15 หมวดวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คือวิชาแคลคูลัส 2 มีค่า Scores = 42.61, P-Value = 6.68E- และ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป คือวิชาคณิตศาสตร์และสถิติในชีวิตประจำวัน มีค่า Scores = 26.47, P-Value = 2.68E-07

### 3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองการเรียนรู้เพื่อพยากรณ์สถานะการพัฒนาศึกษา

ในส่วนการวัดประสิทธิภาพความถูกต้องที่ทำนายได้ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (Accuracy) ของรูปแบบจำลอง (Model) หรือ Machine learning คำนวณได้จาก  $Accuracy = \frac{\text{สิ่งที่ทำนาย ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (TP)} + \text{สิ่งที่ทำนาย ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น (TN)}}{\text{สิ่งที่ทำนาย ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (TP)} + \text{สิ่งที่ทำนาย ไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น (FP)} + \text{สิ่งที่ทำนาย ไม่ตรงกับที่ที่เกิดขึ้นจริง(FN)} + \text{สิ่งที่ทำนาย ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น (TN)}}$  โดยกำหนดให้ สถานะ 50 พัฒนาการศึกษาด้วยผลการเรียนเป็น Positive



การวัดประสิทธิภาพความเที่ยงตรง (Precision) ของชุดข้อมูลนิติต คำนวณได้จาก  $Precision = \frac{\text{สิ่งที่ทำนาย ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (TP)}}{(\text{สิ่งที่ทำนาย ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (TP)} + \text{สิ่งที่ทำนาย ไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น (FP)})}$

การวัดประสิทธิภาพความถูกต้อง (Recall) ของชุดข้อมูลนิติตคำนวณได้จาก  $Recall = \frac{\text{สิ่งที่ทำนาย ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (TP)}}{(\text{สิ่งที่ทำนาย ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (TP)} + \text{สิ่งที่ทำนาย ไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (FN)})}$  (Confusion Matrix, 2019)

ในส่วนของการวัดประสิทธิภาพของความถูกต้องในการทำนายผลลัพธ์ของชุดข้อมูลนิติตประเมินจากค่าของ F1score หรือค่าเฉลี่ยของความเที่ยงตรง (Precision) กับค่าความถูกต้อง (Recall) คำนวณได้จาก  $F1score = 2 \times (\frac{\text{ความเที่ยงตรง} \times \text{ความถูกต้อง}}{\text{ความเที่ยงตรง} + \text{ความถูกต้อง}})$

จากชุดข้อมูลของนิติต จำนวน 55 คน จากการแบ่งข้อมูลใช้ในการทดสอบชุดข้อมูลรูปแบบจำลองของการทำนายผลลัพธ์ที่ไม่มีในการสอน ด้วยรูปแบบจำลอง (Model) Naive Bayes เป็นการใช้งานในรูปแบบความน่าจะเป็นในการเกิดสิ่ง ๆ หนึ่ง ก็ต่อเมื่ออีกสิ่งได้เกิด(Given) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ใช้ความน่าจะเป็นเพื่อเข้ามาเป็นส่วนประกอบของรูปแบบจำลอง (Model) (Swinburne, 2004) พบว่ารูปแบบจำลองมีความแม่นยำ (Accuracy) ในการทำนายผลลัพธ์ของนิติต 0.945 รูปแบบจำลอง (Model) SVM เป็นการใช้เครื่องมือที่ใช้ทำนายผลลัพธ์โดยการอาศัยการสร้างเส้นแบ่งหรือการสร้างไฮเปอร์เพลน (Hyperplane) โดยใช้ชุดข้อมูล จากนั้นจะทำการหาเส้นไฮเปอร์เพลนที่ดีที่สุด (Optimal hyperplane) เพื่อใช้เป็นเส้นแบ่งชุดข้อมูลที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการทำนายผลลัพธ์ (Kumar et al., 2018) พบว่ารูปแบบจำลองมีความแม่นยำ (Accuracy) ในการทำนายผลลัพธ์ของนิติต 0.927 รูปแบบจำลอง (Model) Decision Tree เป็นแบบการสร้างกฎ If-Else หรือ rule-based โดยหลักการพยากรณ์ด้วย Decision tree จะเริ่มพิจารณาจากจุดเริ่มต้นที่เรียกว่า Root node ถ้าข้อมูลที่พบเป็นไปตามเงื่อนไขหรือเป็น true การตัดสินใจจะเข้าไปทางซ้ายของ Root node ถ้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขหรือเป็น false การตัดสินใจจะเข้าไปทางขวาของ Root node ซึ่งเรียก node ที่เข้าไปนั้นว่า Child node เมื่อเข้าไปแล้วก็จะพิจารณาเงื่อนไขลำดับถัดไป และตัดสินใจเข้าไปทางซ้ายหรือทางขวาตามผลการพิจารณาว่าเป็นไปตามเงื่อนไขหรือไม่ โดยเข้าไปตามลำดับชั้นตามความลึกของ Tree เมื่อเข้าไปจนถึง node สุดท้าย node ที่เป็นจุดสิ้นสุดนั้นเรียกว่า Leaf node (Zhang et al., 2020) พบว่ารูปแบบจำลองมีความแม่นยำ (Accuracy) ในการทำนายผลลัพธ์ของนิติต 1.000 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 6



ตารางที่ 6 ผลการทดสอบรูปแบบจำลอง (model)

ผลการทดสอบ	รูปแบบจำลอง (model)		
	Naive Bayes	Support Vector Machine: SVM	Decision Tree
สิ่งที่ทำนาย ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (TP)	4	1	4
สิ่งที่ทำนาย ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น (TN)	48	50	51
สิ่งที่ทำนาย ไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น (FP)	3	1	0
สิ่งที่ทำนาย ไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง (FN)	0	3	0
<b>Accuracy</b>	<b>0.945</b>	<b>0.927</b>	<b>1.000</b>

จากรูปแบบจำลองของทั้ง 3 รูปแบบจำลอง สามารถสรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบจำลอง (Model)

รูปแบบจำลอง	Precision	Recall	F1score
รูปแบบจำลอง Naive Bayes	0.57	1.00	0.72
รูปแบบจำลอง Support Vector Machine	0.5	0.25	0.33
รูปแบบจำลอง Decision Tree	1.00	1.00	1.00

### อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการทดสอบค่าทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ของรายวิชาที่ส่งผลต่อการพัฒนาการศึกษาใช้ การทดสอบไคสแควร์ด้วย ScikitLearn พบว่าวิชาที่มีค่า P-Value มากที่สุด ส่งผลต่อการพัฒนาการศึกษาของนิสิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ชั้นปีที่ 1 มากที่สุด ได้แก่ หมวดวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คือ กลศาสตร์ วิศวกรรม 1 หมวดวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คือ แคลคูลัส 2 และหมวดวิชาศึกษาทั่วไป คือ คณิตศาสตร์และ สถิติในชีวิตประจำวัน แต่เงื่อนไขการลงทะเบียนเรียนของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ตามโครงสร้างหลักสูตร บางรายวิชาจะมีเงื่อนไขการลงทะเบียนเรียน เช่น วิชากลศาสตร์วิศวกรรม 1 วิชาแคลคูลัส 2 เนื่องจากเงื่อนไข ลงทะเบียนเรียนวิชาดังกล่าวคือ จำเป็นต้องผ่านรายวิชาบังคับก่อนจึงจะสามารถลงทะเบียนเรียนรายวิชาเหล่านี้ได้ เช่น หากนิสิตต้องการที่จะลงทะเบียนรายวิชากลศาสตร์วิศวกรรม 1 และฟิสิกส์ 1 ดังนั้น หากนิสิตไม่สามารถผ่านรายวิชาใด วิชาหนึ่งก็ไม่สามารถลงทะเบียนรายวิชากลศาสตร์วิศวกรรม 1 ในภาคเรียน ปลายได้ ซึ่งผลของการไม่ผ่านรายวิชาบังคับนั้นส่งผลให้นิสิตพัฒนาสภาพด้วยผลการเรียนส่งผลให้เกรดเฉลี่ยสะสมไม่ถึง 1.50 ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่มหาวิทยาลัยกำหนด (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพ เยาว์ ดีใจ และคณะ พบว่าสาเหตุมาจากตัวนิสิตที่มีพื้นฐานความรู้ในสาขาวิชาที่เรียนน้อย สอบตกบางรายวิชาทำให้มี ผลการเรียนต่ำ ทำให้มีทัศนคติไม่ต่อการเรียน และส่งผลทำให้พัฒนาสภาพด้วยผลการเรียนเนื่องจากเกรดเฉลี่ยสะสม ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่มหาวิทยาลัยกำหนด (พเยาว์ ดีใจ และคณะ, 2554) ประกอบกับ ญัฐยานัน พิชัยสุทธการ และ



แสงสุรีย์ วสุพงศ์อัยยะ อธิบายว่า ความไม่ประสบผลสำเร็จในการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานกับการตกออกของ นักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่ารายวิชาพื้นฐานของนักศึกษาที่ตกออก ได้แก่ วิชาฟิสิกส์ เคมี คณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่ได้รับผลการเรียนต่ำกว่า C ส่งผลให้การตกออกไปทั้ง ๆ ที่ยังไม่ได้เริ่มเรียนวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งนิสิตกลุ่มนี้ส่วนใหญ่สามารถเรียนรายวิชาของภาควิชาได้โดยไม่มีปัญหา แต่อย่างไรก็ตาม นิสิตที่ไม่เรียนรายวิชาพื้นฐานให้ผ่านก่อนนั้นมักจะนำไปสู่การตกออกในที่สุด (ณัฐยานันท์ พิชัยสุทธการ และ แสงสุรีย์ วสุพงศ์อัยยะ, 2553)

จากผลของการพัฒนาระบบพยากรณ์สถานภาพการศึกษา สำหรับการใช้งานพยากรณ์สถานภาพการศึกษา ของนิสิตโดยใช้ชุดข้อมูลนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้เปรียบเทียบแบบจำลองการเรียนรู้โดยใช้ Naïve Bayes, Support Vector Machine (SVM) และ Decision Tree พบว่า Decision Tree เป็นแบบจำลอง การพยากรณ์ที่มีความแม่นยำ (Accuracy) ในการทำนายผลลัพธ์ของนิสิต 1.000 ประเมินความแม่นยำโดยใช้ค่า ความเที่ยงตรง (Precision) จำนวน 1.00 ค่าความถูกต้อง (Recall) จำนวน 1.00 และค่าเฉลี่ย F1score จำนวน 100 ซึ่งเป็นแบบจำลองการเรียนรู้สำหรับการสถานภาพการศึกษาของนิสิตที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

### สรุปผลการศึกษา

1. ตามโครงสร้างหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560 ที่ใช้กับนิสิตที่เข้าศึกษาใน ปีการศึกษา 2560 – 2564 ย้อนหลัง 5 พบว่า รายวิชาในกลุ่มของหมวดวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และ รายวิชาในกลุ่มหมวดวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สอดคล้องกับผลวิเคราะห์กับการทดสอบค่าทางสถิติเพื่อหารายวิชาที่ส่งผล ต่อการพ้นสภาพการศึกษานิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ชั้นปีที่ 1 ด้วยผลการเรียน มากที่สุด
2. ระบบพยากรณ์สถานะของนิสิต สำหรับการใช้งานพยากรณ์สถานภาพการศึกษาของนิสิตโดยใช้ชุดข้อมูล นิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า รูปแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) มาทำการสร้างแบบพยากรณ์สถานะการพ้นสภาพการศึกษาที่ให้ผลลัพธ์ได้เที่ยงตรงมากที่สุด มีความแม่นยำ (Accuracy) ต่อชุดข้อมูลนิสิต 1.000 ค่าความเที่ยงตรง (Precision) จำนวน 1.00 ค่าความถูกต้อง (Recall) จำนวน 1.00 และ ค่าเฉลี่ย F1score จำนวน 1.00





### ข้อเสนอแนะ

สามารถนำข้อมูลที่ใช้ประโยชน์ในการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อลดอัตราการพ้นสภาพนิสิต ด้วยผลการเรียน การแก้ไขปัญหาได้ตรงจุด โดยการจัดให้มีการสอนเสริมเพื่อปรับความรู้พื้นฐานของนิสิตให้อยู่ในระดับเดียวกันก่อนการเข้าศึกษาในระดับอุดมศึกษา การจัดระบบอาจารย์ที่ปรึกษาที่ติดตามดูแลและให้คำแนะนำ การวางแผนการเรียน และผลงานวิจัยนี้จะช่วยเป็นแนวทางให้นิสิตสามารถวางแผนการเรียนได้ เช่น การเพิ่มถอน รายวิชาที่เหมาะสมกับศักยภาพตนเอง และการพัฒนาตนเองในการเรียนวิชาต่างๆ รวมถึงการพัฒนาคุณภาพการเรียน การสอนของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนทุนวิจัยสถาบันสำหรับบุคลากรสายสนับสนุน จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ และผู้บริหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ งบประมาณรายได้ พ.ศ.2565 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ บูรณจากร รองคมนตรีฝ่ายวิชาการ ดร.จิราวัฒน์ เอี่ยมสะอาด อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยนันท์ บุญพยัคฆ์ เป็นอย่างสูงที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และนายธนวัฒน์ สุขเกษม ที่มีส่วนช่วยในการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยในการวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- จตุพล ยงศร. (2560). การสูญเสียทางการศึกษาส่งผลต่อคุณภาพบัณฑิตของอุดมศึกษาไทย. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ศรีนครินทรวิโรฒ*, 18(1), 1-9.
- ณัฐยานี พิชัยสุทธการ และแสงสุรีย์ วสุพงศ์อัยยะ. (2553). ความไม่ประสบผลสำเร็จในการเรียนรายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐานกับการตกรอกอกของนักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (รายงานผลการวิจัย). (ม.ป.ท.): มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เพชรวิทย์ ดีใจ, น้ำทิพย์ ไชยสวัสดิ์, ชญาภัทร ก่อาริโย, จอมขวัญ สุวรรณรักษ์ และพจนีย์ บุญญา. (2554). ปัจจัยที่มีผลต่อการออกกลางคันตามความคิดเห็นของนักศึกษาระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. (รายงานผลการวิจัย). (ม.ป.ท.): มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2560). *ข้อบังคับมหาวิทยาลัยนเรศวรว่าด้วย การศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2559 แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2560*. มหาวิทยาลัยนเรศวร.



งานประชาสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. (10 กรกฎาคม 2562). ความสำคัญของการเรียนรายวิชาศึกษาทั่วไป.

มหาวิทยาลัยนเรศวร. <https://www.nu.ac.th/?p=16112>

สภาวิศวกร. (2558). คู่มือการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร หรือวุฒิปัตในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม.

สภาวิศวกร.

Admission Premium. (2 เมษายน 2561) เตรียมตัวเรียนวิศวกรรมศาสตร์ ต้องเก่งอะไร มีพื้นฐานแบบไหน.

Admission Premium. <https://www.admissionpremium.com/engineer/news/3512>

Chen, M., Cheng, J., Ma, G., Tian, L., Li, X., & Shi, Q. (2021). Service Composition Recommendation

Method Based on Recurrent Neural Network and Naive Bayes. *Scientific Programming*, 2021, 1-9.

Confusion Matrix. (3 ตุลาคม 2019). เครื่องมือสำคัญในการประเมินผลลัพธ์ของการทำนายใน Machine learning.

Medium. <https://medium.com/@pagongatchalee/confusion-matrix-เครื่องมือสำคัญในการประเมินผล>

ลัพธ์ของการทำนาย-ในmachine-learning-fba6e3f9508c

Refaeilzadeh, P., Tang, L. & Liu, H. (2009). Cross-Validation. *Encyclopedia of Database Systems*. Springer US.

Kumar, S. K., Ramesh, J., Vanathi, P. T., & Guunavathi, K. (2018, February 8-9). Multi-Stage Lung Cancer

Detection and Prediction Using Multi-class SVM Classifie. [Full paper]. *International Conference on*

*Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2)*. Bangladesh.

ScikitLearn. (n.d.). *Scikit-learn Machine Learning in Python*. ScikitLearn. <https://scikit-learn.org/stable/>

Suthaharan, S. (2016). *Machine Learning Models and Algorithms for Big Data Classification Thinking with*

*Examples for Effective Learning*. Springer Link.

Swinburne, Richard. (2004). *The Existence of God*. (2<sup>nd</sup> ed.). Oxford University Press.

Zhang, Z., Zhao, Z., & Yeom, D. S. (2020). Decision tree algorithm-based model and computer simulation

for evaluating the effectiveness of physical education in universities. *Complexity*, 2020, 1-11.



## ระบบฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัย

ภายในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สุชีลา พุ่มอยู่<sup>1\*</sup>

Database System for Research Management, Faculty of Science, Naresuan University

Suchila Phumyoo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>สำนักงานเลขานุการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

<sup>1</sup>Secretary Office, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

\*Corresponding author. E-mail: suchilap@nu.ac.th

### บทคัดย่อ

ระบบฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัยภายในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นระบบฐานข้อมูลออนไลน์ พัฒนาจากการบันทึกข้อมูลในรูปแบบไฟล์โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งยากต่อการเข้าถึงเนื่องจากเป็นแบบออฟไลน์ โดยจัดเก็บรวบรวมข้อมูลผลงานวิจัยระดับชาติและระดับนานาชาติรวมถึงผลงานทรัพย์สินทางปัญญาของบุคลากรสายวิชาการ ระบบฐานข้อมูลสามารถแสดงผลข้อมูลรายบุคคลจากการจัดอันดับ Staff Ranking บุคลากรคณะวิทยาศาสตร์สามารถเรียกดูข้อมูลได้อย่างสะดวกและรวดเร็วผ่านระบบออนไลน์ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบจากประชากรทั้งหมด 183 คน สุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 65 คน พบว่าความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) อยู่ที่ 4.32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) 0.43 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความพึงพอใจระดับมาก โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ ความพึงพอใจด้านสรุปรายงานเพื่อช่วยในการตัดสินใจ อยู่ในระดับมากที่สุด (4.88) และรองลงมาคือ ด้านความสะดวกรวดเร็วในการทำงานของระบบ อยู่ในระดับมาก (4.44) ซึ่งระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับการรายงานข้อมูลด้านการวิจัยในการประกันคุณภาพการศึกษา (Quality Assurance) อีกทั้งเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการงานวิจัยในคณะและช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารระดับคณะและภาควิชาได้ต่อไป

**คำสำคัญ:** ระบบฐานข้อมูล การบริหารจัดการงานวิจัย สนับสนุนการตัดสินใจ

### Abstract

The database system for research management of the Faculty of Science, Naresuan University, is an online database developed from saving data in Microsoft Excel files which can be difficult to access due to being offline. The system was designed to collect academic staff's national and international research outputs and intellectual property and displayed them by ranking individual data. The staff can retrieve the information conveniently and quickly via an online system. The system's effectiveness



has been validated through a satisfaction survey conducted by 65 of 183 system users. The average satisfaction level ( $\bar{x}$ ) was recorded at 4.32 with a standard deviation (SD) of 0.43, indicating a high level of user satisfaction. When considering each item, the item of satisfaction summary reports for the decision was at the highest level (4.88) and was followed by convenience and speed in the system's operation at a high level (4.44). The developed information system can support the reporting of research data in the quality assurance of education (Quality Assurance), as well as being beneficial to research management and helping to support the decision-making of faculty and department boards.

**Keywords:** Database System, Research Management, Decision-Making

## บทนำ

ยุทธศาสตร์ด้านการวิจัยและนวัตกรรม ถือเป็นพันธกิจหน้าที่หลักของมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นคณะที่มีจำนวนผลงานวิจัยในระดับนานาชาติสัดส่วน 1 ใน 3 ของจำนวนผลงานวิจัยในมหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้วิจัยได้พบปัญหาในการเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดทำสรุปรายงาน การเผยแพร่ผลงาน ที่มีข้อมูลกระจัดกระจาย และมีความหลากหลายของประเภทผลงานวิจัย ซึ่งยังขาดระบบในการจัดการข้อมูล เพื่อช่วยลดปัญหาด้านการจัดเก็บการสูญหายของเอกสาร การสืบค้นข้อมูลเอกสารลดปริมาณการใช้กระดาษ (จุฑามาศ ศรีครุฑ, 2556) ดังนั้น จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นทางผู้วิจัยจึงได้มีการศึกษาข้อมูลจำแนกประเภทข้อมูล และออกแบบรูปแบบการใช้งาน เพื่อรองรับการสรุปรายงานผลในระดับภาควิชา ระดับคณะ และระดับมหาวิทยาลัย ระบบบริหารและจัดการข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ จึงมีความจำเป็นต่อบุคลากรในองค์กรทุกระดับ (อำไพ สุตสม, 2551)

ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญและประโยชน์ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัยภายในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อให้ง่ายต่อการสืบค้นและนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ ตอบสนองยุทธศาสตร์ด้านการวิจัย อีกทั้ง ช่วยลดระยะเวลาในการเข้าถึงข้อมูลผลงานวิจัย ทำให้เกิดความคล่องตัว และช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในระดับผู้บริหารคณะฯ และระดับภาควิชา

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัยภายในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

โดยจัดทำสรุปรายงานข้อมูลผลงานวิจัยและทรัพย์สินทางปัญญา



## วัตถุประสงค์และวิธีการ

### วิธีการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ
2. ศึกษาระบบงานเดิม และวิเคราะห์ความต้องการระบบงานใหม่
3. วิเคราะห์และจำแนกผู้ใช้งานระบบ
4. สรุปรอบแนวคิดในการวิจัย
5. ออกแบบระบบงานใหม่
6. ใช้งานจริงและประเมินผลความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบ

### ศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

1. ระบบปฏิบัติการ Window 10 เพื่อติดตั้งและควบคุมซอฟต์แวร์
2. โปรแกรม Appserv เพื่อใช้ในการออกแบบฐานข้อมูล รองรับการใช้งาน MySQL และ JavaScript

### ศึกษาระบบงานเดิม และวิเคราะห์ความต้องการระบบงานใหม่

ระบบงานเดิม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เก็บรวบรวมข้อมูลผลงานวิจัยบุคลากรสายวิชาการ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยจัดเก็บข้อมูลวิจัยในไฟล์ Microsoft Excel ก่อร่างเพิ่มข้อมูล (Folder) ในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล จำแนกไฟล์ตามประเภท และแยกข้อมูลตามคอลัมน์ (Column) เพื่อใช้จัดเก็บในระบบฐานข้อมูล ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เมื่อผู้บริหารต้องการใช้ข้อมูล หรือรายงานสรุปผลต่างๆ ไม่สามารถดูได้ทันที การค้นหามีความซับซ้อนและยุ่งยากและใช้เวลานาน อีกทั้งยังไม่ออนไลน์ ไกรศักดิ์ เกษร (2555) จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารและบุคลากรสายวิชาการ เพื่อสอบถามความต้องการ สามารถสรุปปัญหาได้ว่า ผู้บริหารและบุคลากรสายวิชาการต้องการระบบที่สามารถเรียกดูข้อมูลผลงานวิจัยบุคลากรสายวิชาการ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยจัดทำเป็นรูปแบบออนไลน์

### ประชากร

ประชากรทั้งหมดในการใช้งานระบบ คือ บุคลากรสายวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จำแนกเป็น ผู้ดูแลระบบจำนวน 1 คน ผู้บริหารคณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 11 คน หัวหน้าภาควิชา จำนวน 5 คน บุคลากรสายวิชาการ จำนวน 166 คน รวมทั้งสิ้น 183 คน วิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie and



Morgan, 1970) กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างไว้ในระดับร้อยละ 10 หรือ 0.10 ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างที่น้อยที่สุดเชิงสถิติต้องมีจำนวน 63 คน ทั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้ใช้การสุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยจำนวนทั้งสิ้น 65 คน โดยใช้แบบประเมินผลความพึงพอใจผู้ใช้งานระบบ ซึ่งผ่านการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์และด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์

### ผลการศึกษา

รสสุคนธ์ ปิ่นทอง (2554) ให้ความหมายฐานข้อมูล (Database) คือ การจัดรวบรวมข้อสนเทศหรือข้อมูลของเรื่องต่างๆ ไว้ในรูปแบบที่จะเรียกมาใช้ได้ทันทีเมื่อต้องการ ในการเรียกนั้นอาจเรียกเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งมาใช้ประโยชน์เป็นครั้งเป็นคราวก็ได้ ฐานข้อมูลที่ดีควรจะได้รับ การปรับให้ทันสมัยอยู่เสมอ วิไลวรรณ ศรีมันตะสิริภัทร และคณะ (2560) กล่าวว่า การตัดสินใจของผู้บริหารสถานศึกษาเป็นความเสี่ยงที่สุด เพราะผลของการตัดสินใจบางครั้งไม่สามารถทำให้บรรลุเป้าหมายได้อย่างสมบูรณ์เพียงพอ แต่เป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดผลที่ดีที่สุด สถานการณ์เวลานั้น และการตัดสินใจที่ดีประสบผลสำเร็จมากที่สุดนั้นจะชี้ให้เห็นถึงคุณภาพองค์กร

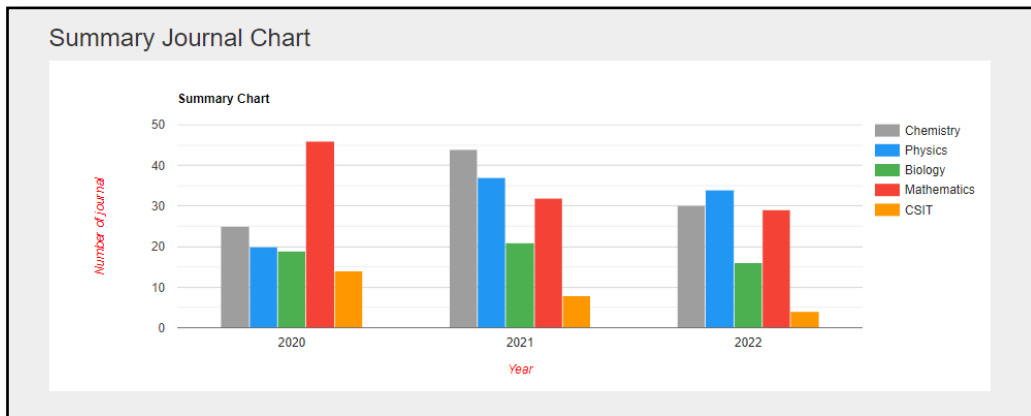
ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัยภายในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และตัดสินใจของผู้บริหาร ออกแบบและพัฒนาโดยใช้โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ ดาต้าเบสเซิร์ฟเวอร์ และโปรแกรม Asp.net ให้ทำงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อจัดเก็บรวบรวมข้อมูลผลการวิจัยที่มีการจัดกระจายทำให้ง่ายต่อการค้นหาข้อมูล ให้ได้ข้อมูลสอดคล้องกับการรายงานผลการประกันคุณภาพการศึกษา รายงานประจำปี รายงานผลการดำเนินงานคณบดี ให้ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลไปใช้ได้อย่างรวดเร็วในระดับภาควิชา ระดับคณะ และระดับมหาวิทยาลัย โดยผู้ดูแลระบบต้องลงชื่อ User และ Password ก่อนเข้าถึงข้อมูลในระบบ ฐานข้อมูลเพื่อเพิ่มเติมแก้ไขข้อมูล ดังนี้

1. ผลงานวิจัย ประกอบด้วยข้อมูล ชื่อเจ้าของผลงาน ชื่อผู้ร่วมวิจัย ชื่อผลงาน ชื่อวารสาร วันที่ตีพิมพ์ ค่า Quartile, ค่า Impact Factor ของวารสาร ประเภทผลงานวิจัย ไฟล์ผลงาน
2. ผลงานทรัพย์สินทางปัญญา ประกอบด้วยข้อมูล ชื่อเจ้าของผลงาน ชื่อผู้ร่วมวิจัย ชื่อผลงาน วันที่ได้รับจดแจ้ง เลขที่คำขออนุญาตจดทะเบียน เลขที่แจ้งจดทะเบียน ประเภทผลงานทรัพย์สินทางปัญญา ไฟล์ผลงาน
3. ข้อมูลนักวิจัย ประกอบด้วยข้อมูล ชื่อ-สกุลภาษาไทย ชื่อ-สกุลภาษาอังกฤษ ตำแหน่ง อีเมล ประเภทของนักวิจัย สังกัดภาควิชา สถานการณ์ปฏิบัติงาน
4. กลุ่มผู้ใช้ตามสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล ประกอบด้วย ผู้ใช้ทั่วไป (User) และผู้ดูแลระบบ (Admin)
  - 4.1 ผู้ใช้ทั่วไป (User) สามารถเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ดังนี้



1) ข้อมูลผลงานวิจัยรวมย้อนหลัง 3 ปีแยกตามภาควิชา (Summary Journal Chart)

ในรูปแบบแผนภูมิแท่ง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพตัวอย่างแผนภูมิแสดงผลงานวิจัยตีพิมพ์ระดับนานาชาติ 3 ปีย้อนหลังแยกตามภาควิชา

2) ข้อมูลผลงานวิจัยแยกตามภาควิชาและประเภทฐานข้อมูลวิจัยตามปีปฏิทิน

(Summary Journal Data) ในรูปแบบตารางข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2

Year 2022		International Journal					Total	All Total
Department	National Journal	ISI	Scopus	SJR	Others			
Chemistry	0	0	29	29	1	30	30	
Physics	0	0	34	34	0	34	34	
Biology	0	0	16	16	0	16	16	
Mathematics	0	0	29	29	0	29	29	
CSIT	0	0	4	4	0	4	4	
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>112</b>	<b>112</b>	<b>1</b>	<b>113</b>	<b>113</b>	

รูปที่ 2 ภาพตัวอย่างการแสดงผลงานวิจัยตีพิมพ์ระดับนานาชาติแยกตามปี

3) ข้อมูลการจัดอันดับนักวิจัยแยกตามภาควิชาและปีปฏิทิน (Staff Ranking) ในรูปแบบ

ตารางข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3

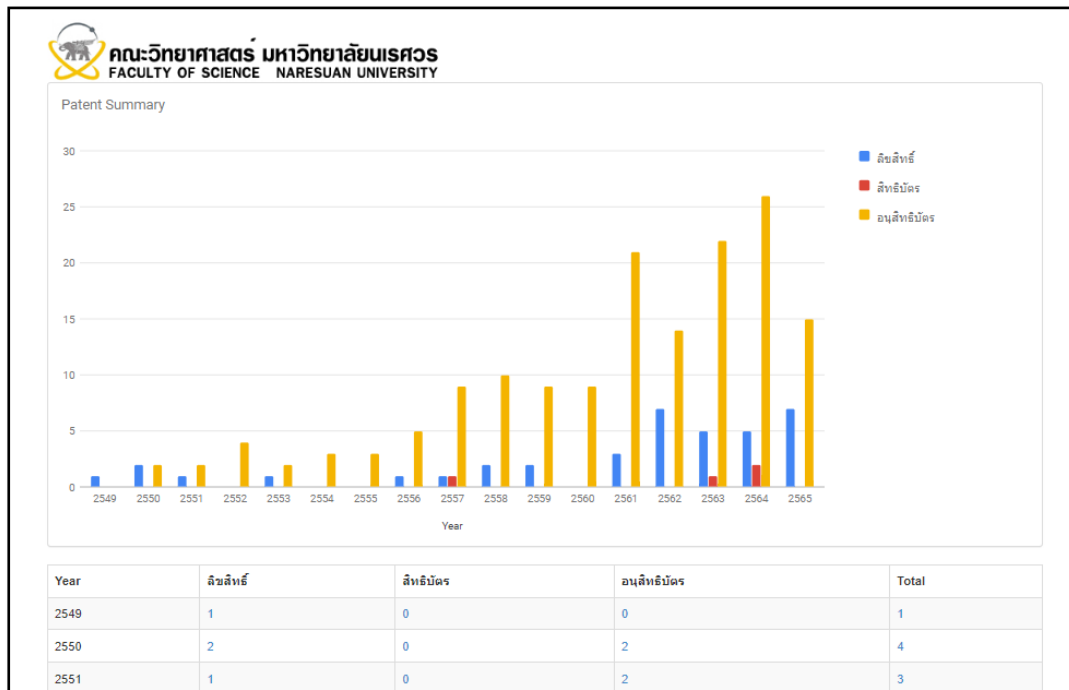
#	Thai name	English name	Department	Num
1	ธีระชัย บงการณ	Theerachai Bongkarn	Physics	110
2	อัมพร เรืองมุล	Amporn Wiengmoon	Physics	23
3	อรรถกร ทองทา	Atthakorn Thongtha	Physics	23
4	สมชาย มณีวรรณ	Somchai Maneewan	Physics	22
5	ฉันทนา พันธุ์เหล็ก	Chatana Punlek	Physics	20

รูปที่ 3 ภาพตัวอย่างการแสดงผลการจัดอันดับ Staff Ranking



4) ข้อมูลผลงานวิจัยทรัพย์สินทางปัญญาในรูปแบบแผนภูมิแยกตามปีปฏิทิน (Patent Summary)

ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ภาพตัวอย่างผลงานวิจัยทรัพย์สินทางปัญญาแยกตามปี

5) ข้อมูลรายงานสรุปผลงานวิจัยตามประเภทฐานข้อมูลวิจัยระดับนานาชาติ WoS, Scopus และ

ค่า Quartile ของวารสาร ดังแสดงในรูปที่ 5

Corresponding	Reference	ISI	SCOPUS	Q1	Q2	Q3	Q4
ผศ.ดร. อรุณ อัมพรมหา	A. Ruangrit, A. Wangmon, M. Mookdinhit, N. Tosangthum, and R. Tongin. Sintered Fe-Ni-Si-C alloys with ductile cast iron microstructure. <i>Journal of Physics: Conference Series</i> 1144 (2018).	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผศ.ดร. อรุณ อัมพรมหา	B. Khuncharn and B. Wangmon. Method to determine the single curve IV characteristic parameter of solar cell. <i>Journal of Physics: Conference Series</i> 1144 (2018).	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผศ.ดร. อรุณ อัมพรมหา	A. Wangmon, N. Tanetap, S. Inuak, T. Charuwanit, and J. T. H. Pearce. Effect of destabilization and tempering heat treatments on hardness and corrosion behavior of 20 wt. Ni cast iron with NiO addition. <i>2013 Solid State Phenomena</i> , 95-100 (2013).	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผศ.ดร. อรุณ อัมพรมหา	J. Sangkhar, W. Sikam, and A. Jantong. Coated Quantum Dot Wire in Magneto-Thermoelectric Interdigitated Electrode. <i>Physics Status Solidi (B) Basic Research</i> 255 (7) (2018).	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผศ.ดร. อรุณ อัมพรมหา	B. Yonta, A. Wangmon, and P. Virochsak. Measuring on Sugar Content of Sucrose Based on Phase Locked Loop with Quadrature Signal. <i>Journal of Physics: Conference Series</i> 1039 (2018).	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผศ.ดร. อรุณ อัมพรมหา	S. Ramay, M. J. Green, T. S. Marsh, T. Kapler, E. Birelli, V. Kuroi, P. J. Grant, C. Krigger, G. Steinhilber, D. Szelega, P. Vinodil, and A. Jungnickel. Physical properties of 10M CrV steels: New insights from GPa DSC, laboratory and astrophysics. <i>ISIJ</i> (2018).	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผศ.ดร. อรุณ อัมพรมหา	S. Chatsuthi, K. Chaiwit-Mungray, A. Witthudatit, D. Suwancharoen, and J. Cappelle. A remotely sensed flooding indicator associated with cattle and buffalo leptospirosis cases in Thailand 2011-2013. <i>BMC Infectious Diseases</i> 18 (1) (2018).	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผศ.ดร. อรุณ อัมพรมหา	S. Chatsuthi and S. Witsachang. The Shooting of Homicidal Fly and Death Disease in Contaminated Environments in Bangkok, Thailand. <i>Computational and Mathematical Methods in Medicine</i> 2018 (2018).	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผศ.ดร. อรุณ อัมพรมหา	W. Purni, S. Maneevan, and C. Puntak. Thermoelectric generator for the recovery of energy from the low-grade heat sources in sugar industry. <i>International Journal of Power Electronics and Drive Systems</i> 9 (4), 1650-1672 (2018).	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ผศ.ดร. อรุณ อัมพรมหา	W. Purni, S. Maneevan, and C. Puntak. Heat transfer characteristics of a thermoelectric power generator system for low-grade	✓	✓	✓	✓	✓	✓

รูปที่ 5 ภาพตัวอย่างสรุปผลงานวิจัยแยกประเภทตามฐานข้อมูลวิจัย WoS, Scopus และค่า Quartile ของวารสาร





6) ข้อมูลรายงานสรุปรายละเอียดผลงานวิจัยตามชื่อผู้แต่ง (Authors) แยกตามปีปฏิทิน ดังแสดง

ในรูปแบบที่ 6

#	Reference	Author	Detail
1	Thong S, Den-udom T, Uppakara K, Srivastava T, Simeoni N, Laishib T, Boonthip C, Wichai U, Mula K, Kittavattomkorn P (2022). Beneficial effects of capsaicin and dihydrocapsaicin on endothelial inflammation, nitric oxide production and antioxidant activity. <i>Biomolecules and Pharmacotherapy</i> , 184, 113821.	Ultha Wichai, Thong S, Den-udom T, Uppakara K, Srivastava T, Simeoni N, Laishib T, Boonthip C, Mula K, Kittavattomkorn P	<a href="#">Detail</a>
2	Wanwattana S, Kiamuang P, Jansaka P, Pichakajai B, Duangthongro T, Hain P, Sangsuan A, Chanok K, Surab S. (2022). The Synthesis, Crystal Structure, DFT Calculations and Optical Properties of Oxidic Oxidation as OH- Indicator. <i>Cytosol</i> , 12(3), 1232.	Bussata Pichakajai	<a href="#">Detail</a>
3	Namwong A, Kumphum S, Seerak P, Chelima N, Nempempraoth N, Matkul W. (2022). Pomegranate peel improves vascular endothelial dysfunction, hepatic steatosis, and cholesterol metabolism in rats fed a high-cholesterol diet. <i>Food and Function</i> , 15(18), 9985-9995.	Ratana Chelima, Namwong A, Kumphum S, Seerak P, Nempempraoth N, Matkul W	<a href="#">Detail</a>
4	Kitwongphol M, Suphom N, Thanayawat P, Thammasan P, Boonhong S. (2022). α-Glucosidase inhibitory activity of glycyrrhizic acid and flavonoids isolated from <i>Alpinia malacca</i> Rosk. <i>seed</i> . <i>Medicinal Plants</i> , 14(3), 441-447.	Fard Boonhong, Rungthai Suphom, Kitwongphol M, Thanayawat P, Thammasan P	<a href="#">Detail</a>
5	Rattanasak N, Wiewangwang S, Daouk K, Thong Y, Ross S, Ross G, Hiltel N, Baddok R.A., Pongtharan S, Jongthorn T, Jongthorn J. (2022). High-Throughput Transcriptomic Profiling Reveals the Inhibitory Effect of Hydroxyurea on Virulence Factors in <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . <i>Antibiotics</i> , 11(10), 1438.	Sukanya Ross, Rattanasak N, Wiewangwang S, Daouk K, Thong Y, Ross G, Hiltel N, Baddok R.A., Pongtharan S, Jongthorn T, Jongthorn J	<a href="#">Detail</a>
6	Tibkasin N, Suphom N, Namphamhong N, Khosana N, Charoenat P. (2022). Utilization of Techna glands (leaf) extracts as natural hair dyes. <i>Coloration Technology</i> , 138(4), 355-367.	Hungthai Suphom, Tibkasin N, Namphamhong N, Khosana N, Charoenat P	<a href="#">Detail</a>
7	Jammanan S, Chitpanuwat T, Uppakara K, Laishib T, Wichai U, Kittavattomkorn P, Saengwanng III (2022). Nitro Capsaicin Suppressed Mincipal Activation and Tnf-α-Induced Brain Microvascular Endothelial Cell Damage. <i>Biomolecules</i> , 18(11), 2658.	Ultha Wichai, Jammanan S, Chitpanuwat T, Uppakara K, Laishib T, Wichai U, Kittavattomkorn P, Saengwanng III	<a href="#">Detail</a>

รูปที่ 6 ภาพตัวอย่างรายงานสรุปข้อมูลรายละเอียดผลงานวิจัยตามชื่อผู้แต่ง (Authors) แยกตามปี

และได้จัดทำคู่มือการใช้งานระบบฐานข้อมูล เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาวិธีการใช้งาน ลิงค์เว็บไซต์คู่มือ

[https://gatewaysci.nu.ac.th/research/doc/manual\\_A\\_v2.pdf](https://gatewaysci.nu.ac.th/research/doc/manual_A_v2.pdf) ซึ่งอยู่ในหน้าจอหลักของเว็บไซต์ระบบฐานข้อมูล

ดังแสดงในรูปแบบที่ 7



รูปที่ 7 ภาพคู่มือการใช้งานระบบ Research Database System



ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบฐานข้อมูล

หัวข้อการประเมิน	ความพึงพอใจ	
	$\bar{x}$	SD
ด้านความสะดวกรวดเร็วในการทำงานของระบบ	4.44	0.45
ด้านฟังก์ชันในการทำงานของระบบ	4.35	0.42
ด้านสรุปรายงานเพื่อช่วยในการตัดสินใจ	4.88	0.38
ด้านคู่มือการใช้งานระบบ	3.75	0.49
ด้านประโยชน์จากการใช้งานระบบ	4.17	0.40
<b>ค่าเฉลี่ยรวม</b>	<b>4.32</b>	<b>0.43</b>

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัย ภายในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตามหลักการประเมินของ Doll & Torkzadeh (Doll and Torkzadeh, 1989) จากจำนวนผู้ประเมินผลความพึงพอใจระบบทั้งหมด 65 คน สรุปได้ว่า ผลการประเมินความพึงพอใจ การใช้งานระบบฐานข้อมูล 5 ด้าน ผลการประเมินอยู่ในค่าเฉลี่ย  $\bar{x}$  เท่ากับ 4.32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.43 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความพึงพอใจระดับมาก โดยใช้หลักการแปลผลความพึงพอใจ 5 ระดับ ของบุญชม ศรีสะอาด (2560)

### อภิปรายผลการศึกษา

การดำเนินการวิจัยเรื่องระบบฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัย ภายในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ออกแบบระบบให้รองรับการใช้งานรูปแบบออนไลน์ ตามระบบกลุ่มผู้ใช้งาน ได้แก่ ผู้ดูแลระบบระดับคณะ ผู้ดูแลระบบระดับภาควิชา ผู้บริหาร และผู้ใช้งานทั่วไป โดยมีรูปแบบการรายงานผลข้อมูล ด้านการวิจัยตามประเภทต่าง ๆ เจ้าของผลงานวิจัยสามารถตรวจสอบข้อมูลและแก้ไขข้อมูลหากพบว่าผิดพลาด อีกทั้งยังสนับสนุนในตัดสินใจการวิเคราะห์และวางแผนของผู้บริหาร กำหนดทิศทางการวิจัยขององค์กรได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรทิพย์ ว่องไวพิทยา (2551) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ ในการมอบหมายและติดตามความก้าวหน้าของงาน กรณีศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ระบบตอบสนอง ความต้องการผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะผู้บริหาร หัวหน้างาน และบุคลากร



## สรุปผลการศึกษา

ระบบฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัยภายในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นระบบฐานข้อมูลมาเพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูลผลงานวิจัยและทรัพย์สินทางปัญญาของบุคลากรสายวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเผยแพร่ข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยจัดทำข้อมูลสรุปรายงาน ต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลผลงานวิจัยตามชื่อนักวิจัย ตามภาควิชา ตามปีงบประมาณ ตามประเภทผลงาน และได้จัดทำเมนู ข้อมูลการจัดอันดับ Staff Ranking จากจำนวนผลงานวิจัยระดับนานาชาติจำแนกตามชื่อนักวิจัยของแต่ละภาควิชา เพื่อสรุปรายงานผลสำหรับผู้บริหารและหัวหน้าภาควิชา ช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหาร และจัดทำรายงานข้อมูลการ ประกันคุณภาพการศึกษา รายงานประจำปี รายงานผลการดำเนินงานคณบดี หรือที่มีการขอข้อมูลผลงานวิจัยอื่น ๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย ทำให้เข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว เกิดประโยชน์ในระดับภาควิชา ระดับคณะ และระดับมหาวิทยาลัย

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. เนื่องจากไฟล์บทความวิจัยบางผลงานมีลิขสิทธิ์ จึงไม่สามารถให้ผู้ใช้งานทั่วไปเข้าถึงไฟล์ได้
2. ระบบยังมีปัญหาการนับชื่อผู้วิจัยภายนอก กรณีเป็นผู้วิจัยหลัก
3. หน่วยงานอื่นสามารถนำไปพัฒนาต่อและปรับใช้ตามรูปแบบองค์กร เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารด้านการวิจัยได้

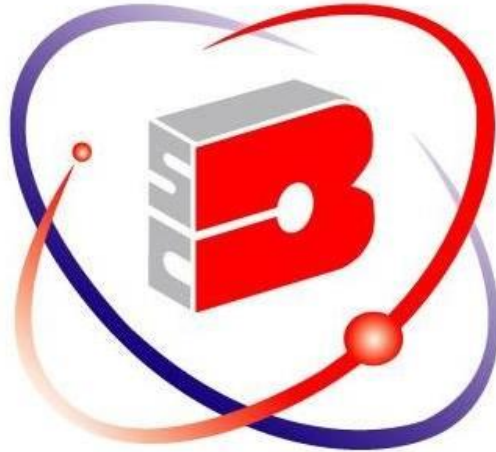
## กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาฐานข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัยภายในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรในการสนับสนุนงบประมาณ เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุน ด้านการวิจัยให้เกิดประโยชน์ในระดับคณะ และสถาบันการศึกษาที่ได้ขอความอนุเคราะห์นำโปรแกรมฐานข้อมูลวิจัยนี้ ไปใช้ในหน่วยงาน ได้แก่ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา, คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา, โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา ที่ทำให้งานวิจัยนี้เกิดประโยชน์และสมบูรณ์ขึ้น



### เอกสารอ้างอิง

- ไกรศักดิ์ เกษร. (2555). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- จุฑามาศ ศรีครุฑ. (2556). ระบบจัดการเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษา กลุ่มปฏิบัติการเดินรถที่ 1 เขตการเดินรถที่ 2 องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจไม่ได้ออกพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- พรทิพย์ ว่องไวพิทยา. (2551). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการมอบหมายและติดตามความก้าวหน้าของงาน กรณีศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจไม่ได้ออกพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- รสสุคนธ์ ปิ่นทอง. (2554). ระบบจัดการข้อมูลงานวิจัยและโครงการ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจไม่ได้ออกพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- วิไลวรรณ ศรีมันตะสิริภัทร และคณะ. (2560). พฤติกรรมการตัดสินใจของผู้บริหารและครูที่ส่งผลต่อการทำงานเป็นทีมในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี. วารสารวิจัยรำไพพรรณี. 11(3), 148-158.
- อำไพ สุดสม. (2551). การพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อบริหารจัดการข้อมูลบุคลากรพยาบาล จังหวัดน่าน ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจไม่ได้ออกพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Doll, W.J., & Torkzadeh, G. (1989). A discrepancy model of end-user computing involvement. *Management Science*, 35(10), 1151-117.
- Krejcie, R. V. & Morgan, D. W. (1970). Determining sample sizes for research activities. *Educational and Psychological Measurement*. 30(3), 607-610.



**Bara Scientific**  
Solution of Success

