The 20th National Research & Innovation Conference

NU RESEARCH & INNOVATION CONFERENCE 20th

INNOVATION AND TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE SOCIETY

ABSTRACT & PROCEEDINGS

พิมพ์ครั้งที่ 1
15 สิงหาคม 2567
ISBN (E-BOOK)
978-616-8219-59-1
จัดพิมพ์โดย
กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร

การประชุมวิชาการระดับชาติ "นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม" ครั้งที่ 20

NU RESEARCH & INNOVATION CONFERENCE 20th

INNOVATION AND TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE SOCIETY

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ "นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม" ครั้งที่ 20

วันที่ 11 – 12 กรกฎาคม 2567 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

จัดทำโดย: กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร

ISBN (e-book): 978-616-8219-59-1

พิมพ์ ครั้งที่ 1: 15 สิงหาคม 2567

คณะผู้จัดทำ

ศาสตราจารย์ ดร.กรกนก อิงคนินันท์	ที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร ล้ำเลิศธน	ประธานกรรมการ
ดร.ยุทธพงษ์ ทองพบ	รองประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.อุษา พัดเกตุ	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์	กรรมการ
นายภวัต ภาชนะ	กรรมการและเลขานุการ
นายยงยุทธ บ่อแก้ว	ผู้ช่วยเลขานุการ

จัดพิมพ์โดย

กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชั้น4 โซนA อาคารมหาธรรมราชา 99 ม.9 ต.ท่าโพธิ์

อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

https://conference.nu.ac.th/nric20

โทร. 0 5596 8641

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความตีพิมพ์รายงานสืบเนื่อง
จากการประชุมวิชาการระดับชาติ (Proceedings) “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 20

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิภา แพงศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีนา น้อยทัพ
รองศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ ชูเกียรติวัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พฤกษา หล้าวงษา
รองศาสตราจารย์ ดร.อรสา เตติวัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูมินทร์ ตันอุตม์
รองศาสตราจารย์ ดร.พนิดา จงสุขสมสกุล
รองศาสตราจารย์ ดร.ชไมพร กาญจนกิจสกุล
รองศาสตราจารย์ ดร.นิรัช สุดสังข์
รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีรัศมิ์ พรหมรัตน์
รองศาสตราจารย์ ดร.พรประพิตร์ เผ่าสวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชญ์ บุญรอด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เภสัชกรหญิงวธู พรหมพิทยารัตน์
รองศาสตราจารย์ ดร.เภสัชกรหญิงทัศนา พิทักษ์สุธีพงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร.รักษิต สุทธิพงษ์
รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรา พงษ์นิล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช วงศ์ภินันท์วัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิต บัวขาว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์ อานี
รองศาสตราจารย์พินิจ ทิพย์มณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริตา ธนสุกาญจน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หนึ่งฤทัย สุพรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เภสัชกรหญิงสุพัตรา ปรศุพัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐินี ปิยะศิริพนธ์
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล กาญจนสุธา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.มยุรัชฎ์ พิพัฒภาสกร
รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.กรชนก วยัคฆานนท์
รองศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี ศรีธาวิรัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทะเนตร อุฤทธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา ยศบุญเรือง
รองศาสตราจารย์ ดร.ฐิตาภรณ์ คงดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวภา ชูมณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลวดี ปิ่นวัฒนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี ปาทาธนานนท์
ผู่ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัมมะทินนา ศรีสุพรรณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรวัตร์ ภูระธีรานรัชต์
รองศาสตราจารย์ ดร.กวี สุจิปุลิ
รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติพงษ์ โตบันลือภพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา เสือเอี่ยม
รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ เจริญสุข
รองศาสตราจารย์ ดร.วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศพล บุตรมี
ดร.จุฑารัตน์ รักประสิทธิ์
ดร.สิทธิรักษ์ รอยตระกูล

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความตีพิมพ์รายงานสืบเนื่อง
จากการประชุมวิชาการระดับชาติ (Proceedings) “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 20

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประดินันท์ เอี่ยมสะอาด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญตา ตันติกำธน
รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ บุญกุศล
รองศาสตราจารย์ ดร.ฐาปนา ชลธนานารถ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัมพิกา รัตนพิทักษ์
Professor Dr.Aung Myint Oo
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐภัทร ศิริคง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศชาย สถิตย์พนาวงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร.สาโรช พูลเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤพนธ์ พนาวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณากร พรประเสริฐ
ดร.ภัควัฒน์ เชิดพุทธ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาวนี ล่องชูผล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิตชไม โอวาทฬารพร
รองศาสตราจารย์ เภสัชกรหญิงโสภิต ธรรมอารี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่ง วงศ์วัฒน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท
ดร.มนัสวี พานิชนอก
รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลพรรณ รุ่งพรหม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา วอนสวัสดิ์
รองศาสตราจารย์ ดร.ชลดา เดชาเกียรติไกร ธีรการุณวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา รัตนเสนา
ดร.ปฏิภาณี ขันธโภค
รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ มูลศรี
รองศาสตราจารย์ ดร.นันทวุฒิ นิยมวงษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรประภา ดีประดิษฐ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรวิทย์ ไชยสุ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยลพัชร์ อารีรบ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัชพร ศรีนพคุณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑา หมีไพรพฤกษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภู ศรีสืบสาย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวารี ชาญกิจมั่นคง
รองศาสตราจารย์ ดร.มนัส โคตรพุ้ย
รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญธิดา โคตรพุ้ย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริศักดิ์ ประสานพันธ์
รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย เอี่ยมสะอาด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเสริญ หุ่นแสน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวิดา มหาวงศ์
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ หยกทองวัฒนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกก์สลิล บูรณะทรัพย์ขจร
รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิง ดร.กุลธิดา เวทีวุฒาจารย์

คำนำ

การประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 20 มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างบรรยากาศทางวิชาการ และเป็นเวทีในการเผยแพร่แลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลงานวิจัยเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้คณาจารย์ นักวิจัย บุคลากร และนิสิต ตลอดจนผู้บริหารทั่วประเทศตระหนักถึงความสำคัญของการทำวิจัย และเพื่อให้ตอบสนองความต้องการและให้บรรลุเป้าหมายตามยุทธศาสตร์ด้านการวิจัยและนวัตกรรมของมหาวิทยาลัยนเรศวร กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และประเทศ

ปี พ.ศ.2567 การประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 20 ภายใต้หัวข้อ ″Innovation & Technology for Sustainable Society″ ซึ่งจัดขึ้น ระหว่างวันที่ 11 – 12 กรกฎาคม 2567 ณ ศูนย์แสดงนิทรรศการและการจัดประชุมสมเด็จพระนเรศวรมหาราช มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โดยจัดให้มีการนำเสนอผลงานรูปแบบภาคบรรยาย (Oral Presentation) และรูปแบบภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation) แบ่งออกเป็น 8 หัวข้อ คือ 1) Medicine, Health & Wellness 2) Agriculture, Food & Natural Products 3) Sustainable Energy & Environment 4) Digital Technologies & Innovation5.) Life Sciences 6) Science & Technology, 7) Creative Design, Arts, Culture & Tourism 8) Business Management, Social Science & Education โดยมีผลงานวิจัย ผลงานวิทยานิพนธ์ ผลงานการค้นคว้าอิสระ และวิจัยสถาบันที่ได้รับการพิจารณาคัดเลือกจากผู้ทรงคุณวุฒิ ลงตีพิมพ์บทความใน Abstract/Proceedings จำนวน 58 ผลงาน

มหาวิทยาลัยนเรศวร ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่มีส่วนผลักดันการประชุมทางวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ครั้งที่ 20 “Innovation & Technology for Sustainable Society” ขอขอบคุณผู้นำเสนอผลงานวิจัยที่เข้าร่วมนำเสนอผลงานทุกท่าน ขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยที่มีส่วนร่วมในการคัดกรองคุณภาพผลงานที่นำเสนอซึ่งเป็นมาตรฐานผลงานวิจัย ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ให้มีการพัฒนาขึ้นตามลำดับ ขอขอบคุณหน่วยงานภาคีเครือข่ายต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย ขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยที่ร่วมกันนำเสนอบูธนิทรรศการผลงานวิจัยเด่นของมหาวิทยาลัย ขอขอบคุณผู้สนับสนุนการประชุมวิชาการฯ บริษัท รัชมอร์ พรีซิชั่น จำกัด บริษัท เอจิเลนต์ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด บริษัท ซินเทค อินโนเวชั่น จำกัด บริษัท เอส.เค.เพาเวอร์เอเบิล จำกัด บริษัท แอลเอ็มเอส อินสทรูเม้นท์ จำกัด และบริษัท มาย แล็บ สเกล จำกัด จำกัด และขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมและส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้การจัดงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ท้ายที่สุดมหาวิทยาลัยนเรศวรมีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ “นเรศวรวิจัยและนวัตกรรม” ให้เป็นเวทีทางวิชาการที่มีมาตรฐาน ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาคุณภาพนักวิจัยของมหาวิทยาลัยนเรศวรและของประเทศโดยภาพรวมต่อไป

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง หน้า

ABSTRACT

Medicine, Health & Wellness

Effect of Molasses on Oxidative Status, Anti-Dyslipidemia, and Muscle Atrophy Induced by High-Fat Diet in Obese Rats

Thitaphon Inkham 1

Effects of CBD-Enriched Hemp Extract and CBD Isolate on Anxiety in Stress-Induced Rats

Wanfrutkon Waehama 2-3

Efficacy of Mulberry Fruit Extract in Ameliorating Hepatic Pathologies in NAFLD-Induced Rats

Wittawat Tajai 4-5

Impact of Standardised *Centella asiatica* Extract on Hepatic Pathologies in High-Fat Diet-Induced Dyslipidemic Rats: Preliminary Data

Phonthipha Siadkham 6-7

Proteomics Analysis of Frontal Cortex Reveals Biomarker in Synaptic Proteins in Methamphetamine and Dextromethorphan Addiction

Plaiyfah Janthueng 8-9

The Analysis of Pesticide Contamination at Mae Fah Luang University's Market, Thailand

Vivat Keawdounglek 10

The Anti-Cancer Effect of *Calotropis gigantea* Stem Bark Extract in HepG2 Cells and Hepatocellular Carcinoma in Rats Induced with Diethylnitrosamine

Pattaraporn Chaisupasakul 11-12

การส่งผ่านการดื้อยาต้านจุลชีพหลายขนานร่วมกับการสร้างไบโอฟิล์มที่สัมพันธ์กับพลาสมิดในเชื้อ อะซินีโตแบคเตอร์ บอมมานิไอ จากโรงพยาบาลในประเทศไทย

สุขุมาภรณ์ สกลรัตน์ 13-14

ความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมของยีนที่เกี่ยวข้องการซ่อมแซมดีเอ็นเอ *hOGG1* ตำแหน่ง rs1052133 กับการเกิดมะเร็งเต้านมในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย

เมธวี ศรีคำมูล 15-16

ผลของการได้รับแคดเมียมต่อการแสดงออกของโปรตีน ARID1A ในรกมนุษย์

พรพิมล ช่วยเพ็ญ 17-18

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

Agriculture, Food & Natural Products

Anti-Inflammatory Effect of Cannabis Essential Oil on LPS-Stimulated RAW 264.7 Cells

Sirikan Mukda 19

Cadmium Biosorption by Yeast, *Candida tropicalis* NUTI-P8, Isolated from Industrial Wastewater

Pongsanat Pongcharoen 20

Cannabinoids and Industrial Economic Evaluation of Hemp Leaf Extracts Obtained Through Different Extraction Techniques

Nathareen Chaiwangrach 21

Efficacy of *Bacillus atrophaeus* strain RS36 and *Priestia megaterirum* strain RS91 with Partially Reduced Fertilization for Bacterial Leaf Blight Suppression in Rice Seedlings

Kanchalee Jetiyanon 22

Simultaneous Determination of Folate and Derivatives in Grains of Thai Rice by Liquid Chromatography

Sirirat Phaisansuthichol 23

The Effectiveness and Safety Evaluation of Hair Growth Promoter Containing *Tectona grandis* L. Leaf Extract: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study

Nutchaninad Tanuphol 24-25

Utilizing Centrifugal Partition Chromatography for Broad Spectrum CBD Preparation

Vorawut Wongumpornpinit 26

การระบุเพศนกกรีนชีค (*Pyrrhura molinae*) โดยใช้ เทคนิค Recombinase Polymerase Amplification ร่วมกับ CRISPR-Cas12a

ภาณุพงศ์ ช้างต่อ 27-28

Sustainable Energy & Environment

A Revolutionary New Technology for dropped PM in Atmosphere by PMDrop

Watoo Phrompittayarat 29

Evaluation of the Effects of Dispersed SO_2 and NO_x from the Infectious Waste Incineration Using the AERMOD Model

Anuttara Hongthong 30

Investigating Knowledge in Sustainable Development Goals (Target 7) for 2nd Year Occupational Health and Safety Students in Mae Fah Luang University

Daranporn Khamsiri 31

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

Practicability of Indoor Temperature Reduction by Passive Ventilation Techniques

Waraporn Rattanongphisat 32

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี ณ อาคาร 10 (ปฏิบัติการวิศวกรรมเคมีและวัสดุ มหาวิทยาลัยนเรศวร)

ปภัชญา สังข์น้อย 33-34

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลาระหว่างค่าความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินและจุดความร้อนในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2562-2566

กมลฉัตร ศรีจะตะ 35-36

Science & Technology

Effect of Destabilization on Microstructure, Hardness and Wear Resistance of High Chromium Cast Irons with Mo and W Addition

Amporn Wiengmoon 37

Enhanced Mechanical Properties of SrBHA/Ca-ZrO2 Composite Material Synthesized by Solid-State Reaction

Tanchanok Manati 38

Hybrid Scaffold of PLGA Nanofibers Cooperated with PLAM/SSC Nanogels for Skin Tissue Regeneration

Arisa Kongprayoon 39

Hydrogel Scaffold of Poly(2-hydroxyethyl methacrylate) and Polymerizable Silk Sericin for Skin Tissue Regeneration

Sudarat Promkrainit 40

การศึกษาและพัฒนาวิธีการกระตุ้นถ่านกัมมันต์จากเยื่อเปลือกไข่เหลือทิ้ง

อัจฉรา อิ่มคำ พุฒคำ 41-42

ความหลากหลายชนิดของปลวกที่พบบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

อุบลวรรณ ปฐมวงษ์กฤท 43-44

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

Creative Design, Arts, Culture & Tourism

Urban way of life in Myanmar Women Writer's Literary Works

Wathanyoo Phakthong 45

Business Management, Social Science & Education

Implementing a Cutting-Edge Recycling Web Application for Sustainable Progress in Tha Pho Sub-district: Empowering Residents and Recycling Industry Partners

Sariya Kruayim 46

การกระจุกตัวของทุนการค้าและนัยต่อเศรษฐกิจและการคลังท้องถิ่น

ภาวิณี สตาร์เจล 47-48

การละเลยการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสารอย่างถูกต้องในกลุ่มผู้เรียนระดับปริญญาตรี

ประดับเดือน ทองเชื้อเชิญ 49-50

ความเชื่อมั่นต่อการพัฒนาสังคมทุกภาคส่วนของกลุ่มเจนเนอเรชั่นแซด

อำนวย พิรุณสาร 51-52

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

Full Paper

Medicine, Health & Wellness

Effect of Chairside Silicone Polishing Systems on the Surface Roughness of CAD/CAM Milled and Heat-Polymerized Denture Base Materials

Sarita Apiromwijit 54-64

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

กันตพัฒน์ อนุศักดิ์เสถียร 65-80

การศึกษาประสิทธิภาพของครีมสารสกัดกัญชงในการรักษาฝ้า

พอใจ เศรษฐกำเนิด 81-94

Agriculture, Food & Natural Products

Molecular Identification and Genetic Diversity of *Haemonchus contortus* in Domestic Goats in Three Geographical Areas of Lao PDR

Sarinya Siriporn 95-106

Optimizing Enzyme Pretreatment for Okara Protein Concentrate Production

Athippat Thanaratkuljarern 107-119

การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ดหัวลิง

ดลฤดี สงวนเสริมศรี 120-131

การศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวผิวดำที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์

ณัฐวดี ฉิมพาลี 132-140

ผลของการทอดซ้ำด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศต่อสมบัติของน้ำมันและหัวปลีทอดกรอบ

จิรัชยา จัดพล 141-153

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

Sustainable Energy & Environment

การพัฒนาเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

บงกช ประสิทธิ์ 154-165

การวิเคราะห์แนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนเงินทุนวิจัย และโครงการบริการวิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2564-2566 ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี (SGtech)

บงกช ประสิทธิ์ 166-176

Science & Technology

Comparison of Neural Network Models for Digital Image Colorization

Sunisa Duangtham 177-185

Study of Biomass-Based Materials for Supercapacitor Applications

Monton Poowiangkaew 186-198

การประยุกต์ใช้สารเปลี่ยนสถานะร่วมกับหลังคาชนิด UPVC เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนของอาคาร

เดชาพล เขียวแก้ว 199-211

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสำโรงโดยใช้วิธีการตรึงตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็ง

อนุสรณ์ วรสิงห์ 212-228

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันคำนวณวงรอบปิด โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบสร้างสรรค์

ภัคพงศ์ หอมเนียม 229-241

Creative Design, Arts, Culture & Tourism

ความทุกข์ของจิตข้าพเจ้า

มานัส แก้วโยธา 242-250

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง หน้า

Business Management, Social Science & Education

Spiritual Intelligence for Predicting Happy Work Life of Teachers in Elementary Private Schools

Pattrawadee Makmee 251-262

การพัฒนาหน่วยปฏิบัติการวิจัยตามมาตรฐานการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (ESPReL): กรณีศึกษา หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สุวดี มีมาก 263-275

การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กรณีศึกษา ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

สุภาวดี ศรีแผ้ว 276-286

การวิเคราะห์ปัญหาของโครงการวิจัยที่ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ธนกร ธีระวุฒิชัยกิจ 287-298

การศึกษาความสุขของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

นันทวัน ดีอินทร์ 299-310

โปรแกรมช่วยในการจัดกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

อัจฉราภรณ์ ยิ้มฉิม 311-322

มาตรการการบังคับใช้กฎหมายและนโยบายการใช้ทางเท้าและเส้นทางจักรยานอย่างปลอดภัยและยั่งยืนในประเทศไทยเปรียบเทียบกับกฎหมายของกลุ่มประเทศภาคพื้นสหภาพยุโรปและประเทศที่พัฒนาแล้ว

พงศ์กานต์ คงศรี 323-335

Abstract

Effect of Molasses on Oxidative Status, Anti-Dyslipidemia, and Muscle Atrophy Induced by High-Fat Diet in Obese Rats

Thitaphon Inkham[1], Sopita Wongphukhiaw[1] and Sakara Tunsophon[1*]

[1]Department of Physiology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

Background: Obesity is a prevalent global health concern, marked by an excess of fat storage. A primary factor contributing to obesity is the intake of a high-fat diet (HFD), causing lipid building in the skeletal muscles (also called myosteatosis) and ultimately leading to muscular impairment. Overconsumption of HFD leads to reactive oxygen species (ROS) generation through fatty-acid oxidation, which reduces the effectiveness of enzymatic antioxidants and leads to oxidative stress. Furthermore, it causes protein degradation by increasing the expressions of muscle atrophy F-box (Atrogin-1) and muscle ring finger 1 (MuRF1), which alters the feature of muscle fiber. This study investigated the effects of molasses on oxidative status, anti-dyslipidemia, and muscle atrophy in obese rats. Methods: Four-week-old male Sprague-Dawley rats (180-200 g) were divided into five groups (n=3); the control group with a normal diet, the obese group induced by a high-fat diet from week 1 to week 4, and the obese groups treated with molasses extracts (250 and 400 mg/kg orally daily single dose) from week 5 to week 8. The levels of antioxidant enzymes, biochemical markers such as triglycerides (TG) and total cholesterol (TC), the mRNA levels of protein degradation, and the cross-sectional area (CSA) of muscle fiber were assessed in this study. Results: The molasses could notably raise the antioxidant enzymes' activities and CSA of muscle fiber in obese rats. Simultaneously, it could decrease lipid profile levels in both serum and skeletal muscle tissues. Furthermore, there was a significant reduction of the gene expressions involved in protein degradation and muscle atrophy in the skeletal muscle of the obese rats. However, no notable distinction was found between the two doses of molasses extract, which were 250 and 400 mg/kg BW. Conclusion: These results suggest that molasses extract can be used as an alternative natural supplement in treating of obesity complications.

Keywords: Molasses, Obesity, Skeletal muscle, Myosteatosis, Antioxidant enzymes

Effects of CBD-Enriched Hemp Extract and CBD Isolate on Anxiety in Stress-Induced Rats

Wanfrutkon Waehama[1], Jureeporn Roboon[3], Prapapan Temkitthawon[4,5], Samur Thanoi[6] and Sutisa Nudmamud-Thanoi[2,3*]

[1]Medical Science Graduate Program, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Center of Excellence in Medical Biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[3]Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[4]Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[5]Center of Excellence in Cannabis Research, Faculty of Pharmaceutical Sciences and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[6]School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

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

Abstract

Anxiety disorder is the most common psychiatric condition as a result of the accumulation of stress. Previous studies provided evidence that cannabidiol (CBD) reduced anxiety-like behaviors in mice. This study aimed to investigate the effects of CBD-enriched hemp extract (CHE) and CBD isolate (CBI) on anxiety in rats induced by chronic unpredictable mild stress (CUMS). CHE was extracted from Cannabis sativa L. and developed through an extraction process to yield a high concentration of CBD (94.61±0.82%w/w) and a low concentration of Delta-9-tetrahydrocannabinol (0.18±0.01%w/w). In the animal study, male Sprague-Dawley rats were orally given either CHE or CBI, while anxiety-like behaviors were induced by CUMS, in which the rats were exposed to different stressors daily for 14 days. Rats were divided into 6 groups; control, CUMS, CUMS administered with CHE (2.5&5 mg/kg), CBI (2.5&5 mg/kg). All rats were behaviorally tested on the last day of the stress induction period including open field test (OFT) and elevated plus maze test (EPM). Histological changes were examined in the hippocampus using hematoxylin and eosin staining. The CUMS group showed an increase in the total number of entries into the border and corner areas in OFT and increase in the percentage of time spent in closed arms ($P < 0.05$) and a decrease in the percentage of time spent in open arms ($P < 0.05$) in EPM compared to the control group, indicating anxiety-like behavior. CUMS administered with CBI (5 mg/kg) decreased the total number of entries into the corner area compared to the CUMS group. Furthermore, CUMS administered with CHE (5 mg/kg) and CBI (2.5&5 mg/kg) improved neuronal abnormalities in the hippocampus compared to the CUMS group,

indicating CHE or CBI demonstrates an anxiolytic effect. This study provides evidence supporting the potential of CHE and CHI to prevent stress-induced anxiety.

Keywords: Anxiety, Cannabidiol, Hemp, Hippocampus

Efficacy of Mulberry Fruit Extract in Ameliorating Hepatic Pathologies in NAFLD-Induced Rats

Wittawat Tajai[1,2], Thanit Yamsiri[1,2], Titaporn Prathumchart[1,2], Supakron Bunlor[1,2], Sukanya Kosakun[1,2], Saowalak Rungruang[2], Veraya Khotpatijim[2], Kannika Adthapanyawanich[1,2,3], Apichaya Niyomchan[4], Wai Chen[5,6,7], Kroekkiat Chinda[2,3,8] and Yutthapong Tongpob[1,2,3*]

[1]Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan, University, Phitsanulok, 65000

[2]Integrative Cardiovascular Research Unit, Department of Physiology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[3]Center of Excellence in Medical Biotechnology (CEMB), Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[4]Department of Anatomy, Faculty of Siriraj Medicine Hospital, Mahidol University, Bangkok, 10700

[5]Fiona Stanley Hospital, Perth, Australia

[6]School of Medicine (Fremantle), Notre Dame University Australia, Perth, Australia

[7]Curtin Medical School, and Curtin enable Institute, Curtin University, Perth, Australia

[8]Department of Physiology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD), often induced by high-fat diets, is characterized by lipid accumulation and hepatic fibrosis. Although mulberry (Morus alba) is rich in anthocyanins with various pharmacological benefits, research has predominantly focused on its leaf extract rather than the fruit extract. This study evaluates the effects of standardized mulberry fruit extract (SEM) on liver pathologies in high-fat diet-induced NAFLD in rats. Twenty-four male Wistar rats (8-week-old, 250-300 g) were divided into four groups (n = 6 each) and fed for 90 days with either a standard diet or a high-fat diet to induce NAFLD, with subgroups receiving SEM at 10 or 100 mg/kg/day. On the 91st day, lipid profiles and liver function tests were analyzed, and liver samples were examined using hematoxylin & eosin and Masson's trichrome staining. Statistical analysis was performed with one-way ANOVA and Turkey's post hoc test. NAFLD significantly elevated blood cholesterol levels ($p < 0.0001$) and increased fibrosis ($p < 0.0260$), compared to the control. SEM treatment, particularly at 100mg/kg/day, significantly reduced liver necro-inflammation ($p < 0.0431$) and fibrosis ($p < 0.0241$), compared to the NAFLD group. SEM also improved liver coloration and reduced histological damage, including

steatosis and portal inflammation. These findings suggest SEM could potentially improve liver conditions associated with NAFLD, warranting further investigation into its therapeutic mechanisms, particularly regarding long-term effects and dosing.

Keywords: Mulberry fruit extract, Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD), Hepatic fibrosis, Anthocyanins, Liver pathology

Impact of Standardised *Centella asiatica* Extract on Hepatic Pathologies in High-Fat Diet-Induced Dyslipidemic Rats: Preliminary Data

Phonthipha Siadkham[1,2], Sutaphat Kongsak[1,2], Akkarawat Sathong[2], Wittawat Tajai[1,2], Saowalak Rungruang[2], Sakara Tunsophon[3,4], Kannika Adthapanyawanich[1,2,3], Apichaya Niyomchan[5], Wai Chen[6,7,8], Mayuree H. Tantisira[9], Kroekkiat Chinda[2,3,4] and Yutthapong Tongpob[1,2,3*]

[1]Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Integrative Cardiovascular Research Unit, Department of Physiology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[3]Center of Excellence in Medical Biotechnology (CEMB), Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[4]Department of Physiology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[5]Department of Anatomy, Faculty of Siriraj Medicine Hospital, Mahidol University, Bangkok, 10700

[6]Fiona Stanley Hospital, Perth, Australia

[7]School of Medicine (Fremantle), Notre Dame University Australia, Perth, Australia

[8]Curtin Medical School, and Curtin enable Institute, Curtin University, Perth, Australia

[9]Faculty of Pharmaceutical Sciences, Burapha University, Chonburi, 20131

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

Abstract

Global health concerns increasingly focus on hepatic disorders associated with dyslipidemia and high-fat diets (HFD), which often progress to chronic conditions like steatosis and steatohepatitis. Centella asiatica (*ECa233*), renowned for its medicinal properties, may offer protective benefits against these diet-induced hepatic changes. This study aimed to assess the protective effect of standardised *ECa233* on liver in HFD-induced dyslipidemic rats. Twenty Wistar rats were divided into five groups (n=4/group): a standard diet group (ND) and a high-fat diet group (HFD), with subgroups receiving varying doses of *ECa233* (10 or 30 mg/kg/day) or Simvastatin (40 mg/kg/day). Over 12 weeks, hepatic weight and morphology were assessed, and hepatic triglyceride and cholesterol levels were analysed. Histopathological changes were evaluated using hematoxylin and eosin and Masson's trichrome staining. All HFD rats exhibited paler and enlarged hepatic morphology, increased relative liver weight ($p<0.05$), and a tendency for elevated hepatic triglyceride and cholesterol levels, though changes were not statistically significant. *ECa233* significantly ameliorated

these alterations in a dose-dependent manner ($p<0.05$). Qualitative histological analysis revealed disorganised hepatic cords, extensive hepatocyte vacuolation, and microvesicular infiltration in the HFD group. Treatment with the highest dose of *ECa233* markedly improved these parameters, restoring hepatic cord alignment, reducing vacuolisation, and diminishing microvesicular infiltration, indicating a reversal of diet-induced hepatic damage. The main findings of our preliminary study indicated the *ECa233* exhibits potent hepatoprotective properties against HFD-induced liver damage in rats. These preliminary results underscore the potential of *ECa233* as a therapeutic agent for managing diet-related hepatic disorders, warranting further rodent study with larger sample size and clinical investigation to fully delineate its efficacy and underlying mechanisms.

Keywords: *Centella asiatica*, *ECa233*, Dyslipidemia rat, High-fat diet (HFD), Hepatic pathology

Proteomics Analysis of Frontal Cortex Reveals Biomarker in Synaptic Proteins in Methamphetamine and Dextromethorphan Addiction

Plaiyfah Janthueng[1,2], Siriluk Veerasakul[3], Sri-arun Iamjan[4], Sawanya Charoenlappanit[5], Sittiruk Roytrakul[5], Samur Thanoi[6], Gavin P Reynolds[7] and Sutisa Nudmamud-Thanoi[2,8*]

[1]Medical Science Graduate Program, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Center of Excellence in Medical Biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[3]Department of Occupational Health and Safety, School of Public Health, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, 80160

[4]Division of Anatomy, Department of Medical Sciences, Faculty of Allied Health Sciences, Burapha University, 20131

[5]National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), National Science and Technology Development Agency, Pathumthani, 12120

[6]Department of Anatomy, School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao, 56000

[7]Biomolecular Sciences Research Centre, Sheffield Hallam University, Sheffield, United Kingdom, S9 3TY

[8]Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

Drug addiction is regarded as a major public health problem in Thailand, especially Methamphetamine (METH) and dextromethorphan (DXM) which are common use to abuse. Repeated uses of drugs induce stable changes in the brain at the molecular and cellular protein levels which may underlie behavioral abnormalities. However, the underlying molecular mechanisms are largely lacking. Proteomic assessment focusing on unique protein in drug addiction involving the synapse in the frontal cortex, which may continue to expand our understanding of drug addiction. In this study, we proposed to determine the unique protein found in METH and DXM groups in the rat frontal cortex, which is related to the synaptic part. Male Sprague-Dawley rats were divided into METH and DXM models (n=3); control (saline), METH (escalating-binge dose 0.1-6 mg/kg) and DXM (30 mg/kg), rats were administered the drug for 15 days. The proteins in the rat frontal cortex were investigated by proteomics technique (LC-MS/MS). Our results found 317 proteins that uniquely respond to METH and DXM, which represents to drug addiction. Fifty-eight proteins were found within the "Cellular Component" category that were identified in the synaptic part by using DAVID 6.8. Furthermore, METH and DXM have interaction networks with 40 synapse proteins by using STITCH, which also contributes greatly to the analysis and understanding of addiction pathways. Interestingly, Slc6a7 and Slc6a8 were found in interaction with both METH and DXM, it may lead to the synaptic proteins' biomarker in drug addiction. In which the occurrence of

these synaptic proteins is closely related to the pathophysiology of the frontal cortex after drug addiction. The results als o provide an understanding of the drug addiction mechanism, which may identify possible mediators and moderators of treatment response.

Keywords: Proteomic analysis, Frontal cortex, Drug addiction, Methamphetamine, Dextromethorphan

The Analysis of Pesticide Contamination at Mae Fah Luang University's Market, Thailand

Julaluck Panyapin[1], Manshuporn Drawsawang[1], and Vivat Keawdounglek[1*]

[1]Program of Environmental Health, School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

*Corresponding author. E-mail: vivat.kea@mfu.ac.th

Abstract

This study aims to investigate the contamination of pesticide residues in fresh vegetable samples collected from the Mae Fah Luang Market in Chiang Rai Province. To collect quantitative data, 18 samples of fruits and vegetables from MFU market were used as examples, and the MJPK test kit was carried out to analyze fruit and vegetable the pesticide contamination. The results demonstrated that the in two samples were obtained from the pesticide contamination at MFU market. Meanwhile, 9 or 50% of the samples which were lettuce, papaya, and cucumber had the greatest pesticide contamination. Therefore, they should wash carefully using baking soda for cleaning which it can reduce the pesticide contamination on their vegetable and fruit up to 95% for the chemical or pesticide contamination.

Keywords: Food safety, Pesticide contamination

The Anti-Cancer Effect of *Calotropis gigantea* Stem Bark Extract in HepG2 Cells and Hepatocellular Carcinoma in Rats Induced with Diethylnitrosamine

Pattaraporn Chaisupasakul[1,2], Dumrongsak Pekthong[2,3,4] Apirath Wangteeraprasert[5], Julintorn Somran[6], Seksan Phopaed [1,2], Supawadee Parhira [2,3,7], and Piyarat Srisawang[1,2,8*]

[1]Departmet of Physiology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[3]Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[4]Center of Excellence for Environmental Health and Toxicology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[5]Department of Medicine, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[6]Department of Pathology, Faculty of Medicine, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[7]Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[8]Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

Hepatocellular carcinoma (HCC) is one of the leading causes of cancer-related death worldwide. *Calotropis gigantea* (CG) has a long history of use in traditional Chinese and Ayurvedic medicine for various diseases, including cancers. Despite its longstanding traditional use, there is a notable need for scientific research to explore and validate its potential clinical applications. Conventional cancer therapies such as radiotherapy and chemotherapy, often exhibit limited efficacy and adverse effects due to their non-selective cytotoxicity. This study investigated the apoptotic activity of the ethyl acetate fraction of CG stem bark extract (CGEA) on HepG2 cells and its hepatoprotective effect in diethylnitrosamine (DEN)-induced HCC rats. Cell viability was investigated using MTT assay and apoptosis was measured using annexin V/propidium iodide (PI) staining. In animal model, male Sprague-Dawley rats were subjected to HCC induction via intraperitoneal injections (i.p.) of DEN and subsequently treated with CGEA low dose 2 mg/kg/BW (CGEAL) and CGEA high dose 4 mg/kg/BW (CGEAH) i.p. 3 times weekly for 12 weeks followed by DEN initiation. Histopathological examinations including H&E staining to determine hepatic necrosis and inflammation and immunohistochemistry to evaluate hepatocyte proliferation via Ki-67 expression were performed. The results showed that CGEA treatment exhibited significant cytotoxicity with an IC_{50} of 785.85±44.62 µg/mL and induced apoptosis against HepG2 cells. In DEN induced HCC rat, neither CGEAL nor CGEAH administration could alter the body and liver weights compared to those of HCC groups. However, CGEA treatment ameliorated hepatic damages as evidence by reductions levels of AST and ALT levels as compared to the HCC group. Histological evaluation revealed

the improvement in hepatic necrosis. In addition, CGEAL and CGEAH decreased liver inflammation, and liver cancer cell proliferation, as indicated by suppressed Ki-67 expression. These results have demonstrated the potential of CGEA as a liver cancer preventive agent for future clinical liver cancer therapy.

Keywords: Hepatocellular carcinoma, HepG2, diethylnitrosamine-induced hepatocellular carcinoma model, *Calotropis gigantea* stem bark ethyl acetate fraction, Hepatoprotection

การส่งผ่านการดื้อยาต้านจุลชีพหลายขนานร่วมกับการสร้างไบโอฟิล์มที่สัมพันธ์กับพลาสมิดในเชื้อ อะซินีโตแบคเตอร์ บอมมานิไอ จากโรงพยาบาลในประเทศไทย

สุขุมาภรณ์ สกลรัตน์[1], บุณยเกียรติ เจนพรหมรักษ์[1], เจษฎาภรณ์ รอดกำเนิด[1], สิริกาญจน์ เล็กอุทัย[1], ภัทรมน แตงโสภา[1], สุดารัตน์ อ่อนสุระทุม[1], ศิริวัฒน์ คูเจริญไพบูลย์[1], จินตนา ว่องวิกย์การ[1], สุภาพร ล้ำเลิศธน[1], กัญณิภา ทัศนภักดิ์[1], รัตติญา ชีวาพัฒน์[1], ณรงค์ จัตุรัส[1], หทัยชนก อิ่มเพ็ง[2], ภัทรรัฐ จันทร์ฉายทอง[3] และ ระพี ธรรมมีภักดิ์[1*]

Co-Transfer of Plasmid-Mediated Resistance to Multiple Antimicrobials and Biofilm Formation Among *Acinetobacter baumannii* Collected from a Thai Hospital

Sukhumaporn Sakolrat[1], Boonyakiat Jenpromrak[1], Jadsadaporn Redkimned[1], Sirikran Lekuthai[1], Pattaramon Tangsopa[1], Sudarat Onsurathum[1], Siriwat Kucharoenphaibul[1], Jintana Wongwigkarn[1], Supaporn Lamlertthon[1], Kannipa Tasanapak[1], Rattiya Cheewapat[1], Narong Jaturas[1], Hathaichanok Impheng[2], Pattrarat Chanchaithong[3] and Rapee Thummeepuk[1*]

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[3]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[1]Department of microbiology and parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phisanulok, 65000

[2]Department of Physiology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phisanulok, 65000

[3]Department of Veterinary Microbiology, Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

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

บทคัดย่อ

อะซินีโตแบคเตอร์ บอมมานิไอ ที่ดื้อต่อยากลุ่มคาร์บาพีเนม (carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii*; CRAB) จัดเป็นแบคทีเรียก่อโรคที่เป็นวิกฤติระดับโลกโดยองค์การอนามัยโลก และการสร้างไบโอฟิล์มก็เป็นปัจจัยความรุนแรงที่สำคัญ ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการดื้อยาต้านจุลชีพและการสร้างไบโอฟิล์มในเชื้อที่แยกได้จากตัวอย่างทางคลินิกของโรงพยาบาล

จำนวน 76 ไอโซเลต จากการทดสอบความไวต่อยาต้านจุลชีพพบ CRAB ร้อยละ 90.8 (69 จาก 76 ไอโซเลต) และรูปแบบการดื้อยาสัมพันธ์กับการมียีน bla_{OXA-23} และ/หรือ bla_{PER} การศึกษาการสร้างไบโอฟิล์มพบเชื้อที่สร้างไบโอฟิล์มได้ดีมักมียีน bla_{PER-1} และ/หรือ bla_{OXA-23} มากกว่าเชื้อที่ไม่มียีนดังกล่าว (p-value < 0.05, Fisher's exact) จากนั้นคัดเลือกเชื้อ 20 ไอโซเลตเป็นสายพันธุ์ผู้ให้ยีน เพื่อทดสอบการส่งผ่านยีนด้วยกระบวนการคอนจูเกชัน พบว่าเชื้อ 9 ไอโซเลตสามารถส่งผ่านยีน bla_{PER-1} หรือ bla_{OXA-23} ไปยังผู้รับยีนสายพันธุ์ธรรมชาติ พบพลาสมิดขนาด 220-250 กิโลคู่เบส และแสดงการดื้อยามากกว่าสามขนานร่วมกับการสร้างไบโอฟิล์มที่สูงขึ้นในสายพันธุ์ผู้รับหลังจากได้รับพลาสมิด การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการถ่ายทอดยีนในแนวราบผ่านพลาสมิด ไม่เพียงแต่ทำให้เกิดการกระจายของการดื้อยาต้านจุลชีพหลายขนาน แต่ยังเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างไบโอฟิล์มสูงขึ้น จากหลักฐานที่พบจึงเป็นแนวทางในการศึกษาลำดับสารพันธุกรรมที่สัมพันธ์กับคุณลักษณะดังกล่าวใน CRAB เพื่อทราบถึงความสัมพันธ์ในการดื้อยาและความสามารถในการก่อโรคเพื่อประโยชน์ในการป้องกันรักษาได้

คำสำคัญ: อะซินีโตแบคเตอร์ บอมมานิไอ การดื้อยาต้านจุลชีพ การสร้างไบโอฟิล์ม การถ่ายทอดยีนในแนวราบ

Abstract

Carbapeneme-resistant *Acinetobacter baumannii* (CRAB) have been classified as the top of three critical priority bacterial pathogens by World Health Organization (WHO). Biofilm formation is regcognized as an important virulence factor in *A. baumannii*. In this work, we investigated correlations between antimicrobial resistance and biofilm formation in *A. baumannii* obtained from a hospital 76 isolates. Using antimicrobial susceptibility testing, 69 out of 76 isolates (90.8 %) were found to be CRAB which related with the presence of beta-lactamase genes like bla_{OXA-23} and/or bla_{PER}. A biofilm formation assay revealed that biofilm-formers were frequently found in bla_{PER-1}- or bla_{OXA-23}-positive higher than those of negative isolates (p-values < 0.05, Fisher's exact). We randomly selected 20 CRAB-biofilm formers carrying bla_{PER-1} and/or bla_{OXA-23} as representative donors for a conjugation experiment. Transferability to the recipient *A. baumannii* wildtype strain was found in 9 isolates of bla_{PER-1}- or bla_{OXA-23}-positive CRAB, with 220-kbp to 250-kbp plasmids and multidrug-resistant phenotypes, as well as greater biofilm-forming ability detected in transconjugants. This work revealed that gene transfer via plasmids not only disseminated multidrug-resistant properties but also enhanced biofilm formation, which is one of the bacterial pathogenicities. Based on results of this work, analysis of whole genome sequence to study relationships between multidrug-resistant properties and biofilm formation need to be further investigated in CRAB to the relationship between drug resistance and pathogenicity is important for prevention and future treatment strategies.

Keywords: *Acinetobacter baumannii*, Antimicrobial resistance, Biofilm formation, Horizontal gene transfer

ความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมของยีนที่เกี่ยวข้องการซ่อมแซมดีเอ็นเอ *hOGG1* ตำแหน่ง rs1052133 กับการเกิดมะเร็งเต้านมในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย

มธุรส นาคหมู[1] และ เมธวี ศรีคำมูล[1*]

Association Study Between the rs1052133 of DNA Repair Gene *hOGG1* and Breast Cancer Incidence in Lower Northern Thailand

Maturos Nakmoo[1] and Metawee Srikummool[1*]

[1]ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Department of biochemistry, Faculty of medical science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

มะเร็งเต้านมเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตจากมะเร็งในประชากรเพศหญิง และมีอุบัติการณ์เพิ่มสูงขึ้นในทุก ๆ ปี โดยมีพันธุกรรมเป็นปัจจัยเสี่ยง การศึกษาก่อนหน้าชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่ง rs1052133 (Ser326Cys) ในยีน *hOGG1* กับการเกิดโรคมะเร็งเต้านมในหลายประชากร โดยอัลลีล Cys สามารถลดการทำงานของเอนไซม์ human 8-oxoguanine DNA N-glycosylase 1 ซึ่งเป็นเอนไซม์ในกระบวนการซ่อมแซมดีเอ็นเอจึงทำให้เพิ่มความเสี่ยงของมะเร็งเต้านมได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่งดังกล่าวกับการเกิดมะเร็งเต้านมในประชากรภาคเหนือตอนล่างประเทศไทย โดยวิเคราะห์จากกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยมะเร็งเต้านมจำนวน 184 ตัวอย่าง และคนปกติจำนวน 176 ตัวอย่างด้วยเทคนิค Taqman SNP genotyping assay และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยค่า Odd Ratio ผลการศึกษาพบว่า พอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่งนี้ไม่มีความความสัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งเต้านม (OR= 0.96; 95%CI= 0.72 – 1.29; p-Value = 0.409) เมื่อเปรียบเทียบการกระจายตัวของอัลลีลในตำแหน่งดังกล่าวกับประชากรอื่นพบว่าการกระจายตัวอัลลีลในประชากรภาคเหนือตอนล่างแตกต่างจากประชากรยุโรป แอฟริกา อเมริกา และเอเชียใต้ แม้ว่าในการศึกษานี้จะชี้ว่าตำแหน่ง rs1052133 อาจไม่สามารถใช้เป็นเครื่องหมายพันธุกรรมในการประเมินความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งเต้านมภายในประชากรภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยได้ อย่างไรก็ตามในยีน *hOGG1* ยังมีพอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่งอื่นที่อาจสัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งเต้านมได้ จึงอาจต้องมีการศึกษาพอลิมอร์ฟิซึมตำแหน่งอื่น ๆ ร่วมด้วยในอนาคต

คำสำคัญ: มะเร็งเต้านม *hOGG1* rs1052133 กระบวนการซ่อมแซมดีเอ็นเอ ภาคเหนือตอนล่างประเทศไทย

Abstract

Breast cancer is a leading cause of death among female cancer patients and its incidence tends to rise annually. Genetics plays a significant role in the development of breast cancer, with previous studies indicating an association between the rs1052133 polymorphism (Ser326Cys) in *hOGG1* and breast cancer across various populations. The Cys allele of this polymorphism has been shown to reduce the activity of the DNA repair enzyme human 8-oxoguanine DNA N-glycosylase 1, thereby increasing the risk of breast cancer. This research aims to study the association between the rs1052133 polymorphism and breast cancer incidence in Lower Northern Thailand. A total of 176 healthy controls and 184 breast cancer patients were genotyped using the Taqman SNP genotyping assay, and the Odds Ratio was calculated. The results indicated that the association between the polymorphism and breast cancer was not significant (OR = 0.96; 95% CI = 0.72 - 1.29; p-Value = 0.409). Allele frequency analysis revealed differences compared to populations in Europe, Africa, America, and East Asia. Unfortunately, the rs1052133 polymorphism might not serve as a biomarker for breast cancer risk in Lower Northern Thailand. Associations between breast cancer and other *hOGG1* polymorphisms have been reported. Therefore, other polymorphism should be confirmed in further studies.

Keywords: Breast cancer, rs1052133, *hOGG1*, DNA repair, Lower Northern Thailand

ผลของการได้รับแคดเมียมต่อการแสดงออกของโปรตีน ARID1A ในรกมนุษย์

พรพิมล ช่วยเพ็ญ[1*], วริยา มงคลวัจน์[1], ศศิธร วรรณอุดม[1], ณัฐธิยา สกุลศักดิ์[2]

The Effects of Cadmium Exposure on ARID1A Protein Expression in Human Placenta

Pornpimon Chuaypen[1*], Wariya Mongkolwat[1], Sasithorn Wanna-Udom[1], Natthiya Sakulsak[2]

[1]ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]คณะแพทยศาสตร์ สถาบันพระบรมราชนก นนทบุรี 11000

[1]Department of Anatomy, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Faculty of Medicine, Praboromarajchanok Institute, Nonthaburi, 11000

*Corresponding author. E-mail: sasithornwa@nu.ac.th, natthiyas@pi.ac.th

บทคัดย่อ

รกเป็นอวัยวะที่เชื่อมต่อระหว่างทารกกับผนังมดลูกของมารดา โดยรกมีบทบาทสำคัญช่วยป้องกันสารพิษเข้าสู่ร่างกายทารก จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่สามารถเข้าสู่รกผ่านกระแสเลือด และเกิดการสะสมที่ช่องว่างระหว่างวิลไล (Intervillous space) ทั้งนี้พบว่า ปริมาณแคดเมียมในเลือด ส่งผลให้เกิดความผิดปกติต่อกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่และกระบวนการยึดเกาะผนังมดลูกของเซลล์รก โดยงานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเซลล์รก และศึกษาความสัมพันธ์ของการแสดงออกของ ARID1A ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีบทบาทในการส่งเสริมกระบวนการสร้างหลอดเลือดใหม่ และกระบวนการยึดเกาะผนังมดลูกของเซลล์รก จำนวน 6 ตัวอย่าง แบ่งตามปริมาณแคดเมียมในเลือดและปัสสาวะออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มมารดาที่ตรวจพบแคดเมียมปริมาณสูง (High Cadmium: High-Cd) และกลุ่มมารดาที่ตรวจพบแคดเมียมปริมาณต่ำ (Low Cadmium: Low-Cd) นำมาจัดทำบล็อกพาราฟิน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเซลล์รก และการรวมตัวของเซลล์รกเป็นกลุ่ม (Syncytial knot) จากการย้อม H&E ร่วมกับการศึกษาการแสดงออกของโปรตีน ARID1A ด้วยเทคนิคอิมมูโนฮิสโตเคมี ผลการศึกษาพบการเพิ่มจำนวนของ Syncytial knot ในกลุ่ม High-Cd อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม Low-Cd (p=0.0022) และพบการแสดงออกของโปรตีน ARID1A ลดลงในกลุ่ม High-Cd อย่างมีนัยสำคัญ (p=0.0496) ซึ่งการศึกษานี้ ทำให้สามารถบอกถึงผลกระทบของแคดเมียมต่อการทำงานของโปรตีน ARID1A ที่มีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของเซลล์รก และอาจเป็นประโยชน์ในการพัฒนาแนวทางการรักษาทางสาธารณสุข การวินิจฉัยความสามารถการทำงานของรก และการป้องกันด้านวัตถุอันตรายต่อมนุษย์

คำสำคัญ: รก, แคดเมียม, เซลล์รก, ARID1A, *Syncytial knot*

Abstract

During pregnancy, the placenta, an organ that develops in the uterus, plays a crucial role in providing oxygen and essential nutrients to the developing fetus. Additionally, it acts as a protective barrier, preventing harmful toxins from entering the baby's body. Numerous studies have demonstrated that cadmium, a heavy metal, has the ability to permeate the placenta via the bloodstream and accumulate within the intervillous space. Notably, elevated levels of cadmium in the blood have been associated with abnormal angiogenesis, migration, and invasion of placental cells, specifically trophoblasts. This research was to study the histology changes of trophoblasts in the placenta and to study the association of the level of accumulated cadmium with the expression of ARID1A, which is a protein that plays a role in promoting angiogenesis, migration, and invasion of trophoblasts. Six placenta samples were utilized for the creation of paraffin blocks. The cohort was subsequently segregated into two distinct groups based on the concentration of cadmium present in their blood and urine. The first group consisted of mothers exhibiting elevated levels of cadmium (referred to as High Cadmium: High-Cd), while the second group comprised mothers with lower levels of cadmium (referred to as Low Cadmium: Low-Cd). The histology changes in trophoblast and syncytial knots were studied by H&E staining, and The expression of ARID1A protein was studied by Immunohistochemistry (IHC) technique. The results found a statistically significant increase in the number of syncytial knots in the High-Cd group compared to the Low-Cd group ($p=0.0022$) and a significant decrease in ARID1A protein expression in the High-Cd group ($p=0.0496$). The impact of Cd on the activity of the ARID1A protein, crucial for trophoblast function, is outlined in this research. This finding could potentially aid in the advancement of therapeutic strategies, the assessment of placental functionality in upcoming scenarios, and prevention of hazardous substances to humans.

Keywords: Placenta, Cadmium (Cd), Trophoblasts, ARID1A, *Syncytial knot*

Anti-Inflammatory Effect of Cannabis Essential Oil on LPS-Stimulated RAW 264.7 Cells

Sirikan Mukda[1], Prapapan Temkitthawon[1], Neti Waranuch[2] and Kornkanok Ingkaninan[1*]

[1]Center of Excellence in Cannabis Research and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]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 sativa L., commonly known as cannabis, has a long history of use for medicinal and recreational purposes. It contains several chemical components, including terpenoids, cannabinoids, flavonoids, and alkaloids. Cannabis essential oil (CEO) consists mainly of monoterpenes and sesquiterpenes. Currently, there is a trend towards the use of CEO for health benefits such as an ingredient in massage oils. Studies of the biological activities of CEO are necessary. Therefore, we aimed to study the effect of CEO on the release of nitric oxide (NO) on LPS-stimulated RAW 264.7 cells, which can be related to its anti-inflammation effect. The CEO used in this study was extracted from cannabis inflorescences supplied by the Highland Research and Development Institution. The viability of RAW 264.7 cells treated with different concentrations of CEO (2.5-500 ug/mL) was examined using the MTT assay. The overproduction of NO in LPS-Induced RAW 264.7 cells with and without treatment with CEO (5,10 and 25 μg/mL) or dexamethasone as a positive control (10 μM) was determined using the Griess reagent. The results showed that CEO (25 ug/mL) inhibited NO by 74%, similar to the positive control (76%), which reduced nitrite accumulation in LPS-stimulated RAW 264.7 cells, indicating its potential for inhibiting NO production. Based on the results of this experiment, further studies should be conducted to explore the anti-inflammatory potential of CEO in *in vivo* studies and clinical trials.

Keywords: *Cannabis sativa* L., Anti-inflammatory, Cannabis essential oil, Nitric oxide, RAW 264.7 cells

Cadmium Biosorption by Yeast, *Candida tropicalis* NUTI-P8, Isolated from Industrial Wastewater

Wapanda Sawangnet[1], Seeprai Phongim[1], Athittaya Saleeaon[1], Sudarat Authai[1], Wittaya Tawong[1,2] and Pongsanat Pongcharoen[1,2*]

[1]Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Center of Excellence in Research in Agricultural Biotechnology, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

The pollution of heavy metals raises a global challenge mainly contributed to the toxic impact on biological systems. The removal of cadmium chloride from contaminated soil and water has been a challenge for a long time. The use of microorganism for the recovery of metals, as well as the employment of plants has gained growing attention. The present study is aimed at assessing the ability of metal-resistant yeast, *Candida tropicalis* NUTI-P8, to uptake metal from liquid medium. Metal-resistant yeast isolated from industrial effluents belong to genera of *Candida* sp. *C. tropicalis* NUTI-P8 yeast displayed tolerance under stress condition of 1,000 µM cadmium chloride than the reference *S. cerevisiae* TISTR5606 and other isolated yeasts. Cell viability assay of *C. tropicalis* NUTI-P8 under stress of cadmium chloride 1,000 µM was 24.61 ± 6.96%, when compared to yeast cell with untreated of cadmium chloride ($P < 0.05$). Biosorption experiments were conducted with the metal concentration of 1,000 µM with a contact time of 24 h. The amount of biosorption was found at 12,720 ± 340 nmol/10^8 cell/mL under cadmium chloride concentration of 1,000 µM. Our finding indicated promising biosorption of cadmium chloride by the yeast *C. tropicalis* NUTI-P8. High bioremediation potential and spontaneity and feasibility of the process make *C. tropicalis* NUTI-P8 an impending foundation for green chemistry to exterminate. environmental cadmium chloride.

Keywords: *Candida tropicalis*, Cadmium chloride, Cell viability, Biosorption, Green chemistry

Cannabinoids and Industrial Economic Evaluation of Hemp Leaf Extracts Obtained Through Different Extraction Techniques

Nathareen Chaiwangrach[1], Panatpong Boonnoun[2], Prapapan Temkitthawon[1], Sujitra Pankaew[1], Yanika Rakkhetkorn[1] and Kornkanok Ingkaninan[1*]

[1]Center of Excellence in Cannabis Research and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Chemical Engineering Program, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok 65000

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

Abstract

Hemp (*Cannabis sativa* L.) contains low levels of psychoactive delta9-tetrahydrocannabinol (Δ9-THC) and high levels of non-psychoactive cannabidiol (CBD) and cannabidiolic acid (CBDA). As the demands for hemp industries have increased, the discarded hemp leaves might be valuable for pharmaceutical or food applications due to their potential biological activities. This study aimed to investigate different extraction processes of ground hemp leaf i.e. maceration, subcritical dimethyl ether extraction (S-DME), and supercritical CO_2 extraction (SC-CO_2) in terms of extraction yield (EY), cannabinoids composition, extraction efficiency (EE), and industrial scale economic assessment. The highest EY (8.6 %w/w) was obtained through maceration processes, while the highest EE (71.8 %w/w) was obtained through SC-CO_2. Moreover, S-DME and SC-CO_2 processes preserved higher CBDA levels, potentially enhancing biological activity through entourage effects. Economic evaluation indicated that S-DME and SC-CO_2 offered the most economically viable methods by lowering manufacturing costs, giving higher yield, and no solvent the residue in final extracts. Our finding could benefit the hemp industry in considering the extraction processes of hemp leaves for valuable applications in the future.

Keywords: Cannabidiol, Cannabidiolic acid, Hemp, Production cost, Economic value

Efficacy of *Bacillus atrophaeus* strain RS36 and *Priestia megaterirum* strain RS91 with Partially Reduced Fertilization for Bacterial Leaf Blight Suppression in Rice Seedlings

Kanchalee Jetiyanon[1*], Sasiwimon Boontawee[1], Suttita Padawan[1] and Pinyupa Plianbangchang[2]

[1]Department of Agricultural Sciences, Faculty of Agriculture Natural Resources, and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]80 Soi Sukhumvit 40, Sukhumvit Road, Phra Kanong, Klong Toei, Bangkok, 10110

*Corresponding author. E-mail address: kanchaleej@nu.ac.th; kanchaleej@gmail.com

Abstract

Four plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) strains; *Bacillus atrophaeus* strain RS36, *Priestia koreensis* strain RS86, *Priestia megaterium* strain RS91 and *Bacillus macauensis* strain RS100, were previously reported for their growth enhancement and anthracnose disease reduction in peppers. RS36 and RS86 do not produce siderophore, while RS91 and RS100 do. There is little evidence of using PGPR-mediated induced systemic resistance with reduced fertilization to control bacterial leaf blight (BLB) in rice seedlings. This study aimed to investigate the efficacy of those four individual PGPR strains and their co-inoculation with 75% recommended chemical fertilizer rate (RFR) against bacterial leaf blight disease in rice seedlings. Non-siderophore-producing PGPR strains experiment and siderophore-producing PGPR strains experiment were tested separately. Each experiment was conducted twice and contained a single strain and their mixtures with 75%RFR. Nonbacterized treatment with 100%RFR served as a control in each experiment. A completely randomized design was set up with 4 replications per treatment. Results demonstrated that rice seedlings treated with a single PGPR strain and their mixtures with 75% RFR generally had a lower percentage of disease severity than rice seedlings in the control treatment. Nevertheless, only rice seedlings treated with a single strain of RS36 in the non-siderophore PGPR experiment and a single strain of RS91 in the siderophore-producing PGPR experiment provided a significantly lower percentage of disease severity ($P \leq 0.05$) than the control of each experiment. No synergistic effect of disease suppression occurred when using PGPR mixtures. In conclusion, certain individual PGPR strains together with reduced fertilizer amount significantly suppressed BLB disease in rice seedlings.

Keywords: Plant growth-promoting rhizobacteria, Induced systemic resistance, Bacterial leaf blight, Reduced fertilization

This research work has been accepted to be published in the Asian Health, Science and Technology Reports (AHSTR), the collaborative journal of the 20th Naresuan Research and Innovation Conference, Volume 32 No.3 (2024).

Simultaneous Determination of Folate and Derivatives in Grains of Thai Rice by Liquid Chromatography

Sirirat Phaisansuthichol[1*], Manoch Thanomwat[1], Sakchai Satienperakul[1] and Yuppayao Kophimai[2]

[1]Department of Chemistry, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, 50290

[2]Department of Genetics, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, 50290

*Corresponding author. E-mail: siri.p@mju.ac.th

Abstract

Determination of folate (FA) or vitamin B9 and its derivatives such as 5 - methyltetrahydrofolate (5 - MTHF), Tetrahydrofolate (THF) and 10-formyl folic acid (10-CHOFA) in Thai rice with reverse-phase high-performance liquid chromatography. This technique was a simple and fast method for the simultaneous determination of folate and its derivatives. The seed of rice samples were collected from the Department of Genetics, Faculty of Science, Maejo University. Rice powder (0.5000 g) was soaked in 1 mL water and shaken at room temperature and centrifuged at 3500 rpm for 15 minutes. The supernatant was filtered through a 0.22 μm Nylon membrane filter and 20 μL was injected into the HPLC. Separation was performed using a C18 column with isocratic elution of 0.1% formic acid: acetonitrile (85:15 v/v). The flow rate was 0.70 mL min-1 and a photodiode array detector at the wavelength of 267 nm was employed. The calibration curve obtained (R^2 > 0.9990) for folate, 5-MTHF, THF and 10-CHOFA were in the range of 0.50-50.0, 0.50-200.0, 0.50-50.0 and 5.0-100.0 mg L-1, respectively. The limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) were found to be 0.09- 0.15 mg L-1 and 0.30 to 0.50 mg L-1. Percent recovery at the concentrations of 15 and 35 mg L-1 were found in the range of 95-113. In the ten studied samples, folate and its derivatives were found in the range of 0.19-27.10 mg (in 100 g dry weight). This technique was applied to simultaneous determination of folate and derivatives in rice.

Keywords: Folate, Thai rice, High-performance liquid chromatography

The Effectiveness and Safety Evaluation of Hair Growth Promoter Containing *Tectona grandis* L. Leaf Extract A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study

Nutchaninad Tanuphol[1], Neti Waranuch[2,3*], Vanuchawan Wisuitiprot[2], Wudtichai Wisuitiprot[4], Kamonlak Insumrong[5], Prapapan Temkitthawon[1], Nungruthai Suphrom[5], Katechan Jampachaisri[6], Corine Girard[7] and Kornkanok Ingkaninan[1*]

[1]Center of Excellence in Cannabis Research, Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmacognosy, Faculty of Pharmaceutical Sciences and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[3]Cosmetics and Natural Products Research Center, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[4]Department of Thai Traditional Medicine, Sirindhorn College of Public Health, Phitsanulok, 65130

[5]Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[6]Department of Mathematics, Faculty of Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[7]Université de Franche-Comté, EFS, INSERM, UMR RIGHT, F-25000 Besançon, France

*Corresponding author. E-mail: k_ingkaninan@yahoo.com, netiw@nu.ac.th

Abstract

Tectona grandis L. commonly known as teak, is a timber tree found in Thailand and Southeast Asia. Recent studies revealed that teak leaf extract's inhibition steroid 5-alpha reductase (S5AR), a key target in treating androgenic alopecia (AGA) or male pattern baldness along with other biological activities related to hair growth and showing a safe profile on Human Follicle Dermal Papilla Cells. Finasteride, oral administration of S5AR inhibitor and minoxidil, a topical vasodilator, are the accepted treatments for AGA, despite posing systemic side effects on the male reproductive system and skin irritation, respectively. Thus, exploring natural hair growth promoters that might be safer is intriguing. To evaluate teak leaf extract' efficacy and safety, a hair growth promoter containing 1% of standardized teak leaf extract (20% S5AR inhibitors in extract) was formulated and assessed in double-blind, randomized controlled trial. Ninety AGA patients aged 20-60 years old were equally randomized into 3 groups to receive a treatment (1% teak leaf extract (HT-teak), 5% minoxidil, or a placebo). After 7 days of product application, skin irritation was evaluated, and volunteers without irritation continued application twice daily for 24 weeks. Outcome measures included target area hair count (TAHC),

anagen-to-telogen ratio (A/T), hair shedding every 4 weeks, and subjective evaluations of satisfaction at week 24. Nine volunteers dropped out equally across groups, leaving 81 volunteers (27/group) for analysis. Both HT-teak and minoxidil groups showed significant improvements ($p \leq 0.05$) in TAHC and A/T, and reduced hair shedding, compared to baseline, while the placebo group showed no hair regrowth. The HT-teak group reported the highest satisfaction scores, suggesting its potential as a safe and effective alternative for AGA treatment comparable to the positive control. Additionally, this study could enhance the economic value of teak leaves.

Keywords: *Tectona grandis* L., Androgenic alopecia, Hair growth, 5-Alpha reductase inhibitor, Clinical trail

Utilizing Centrifugal Partition Chromatography for Broad Spectrum CBD Preparation

Vorawut Wongumpornpinit[1], Sujittra Paenkeaw[1], Prapapan Temkitthawon[1],

Neti Waranuch[2] and Kornkanok Ingkaninan[1*]

[1]Center of Excellence in Cannabis Research, Faculty of Pharmaceutical Sciences and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Cosmetics and Natural Products Research Center, Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Pharmaceutical Sciences and Center of Excellence for Innovation in Chemistry, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: k_ingkaninan@yahoo.com

Abstract

Background and purpose: *Cannabis sativa* L. or Cannabis has gained global attention for its therapeutic potential. In Thailand, cannabis was removed from the Narcotic Drug Act of 2021. However, cannabis extracts containing the psychoactive compound, tetrahydrocannabinol (THC) more than 0.2% is remain controlled by the Thai FDA. It is, therefore, the cannabis extracts containing more of non-psychoactive cannabinoids like cannabidiol (CBD) which is known to have various therapeutic properties are of interest to many industries. "Broad spectrum CBD," with less amount of THC could be a promising material for cosmetics, food supplements, and health products applications. However, isolating CBD from THC remains a challenge due to their close physicochemical properties. The objective of this study was to find the optimal system for removing THC from cannabis extract through centrifugal partition chromatography (CPC) to provide broad-spectrum CBD. The partition coefficients of the target cannabinoids in various two-phase solvent systems were determined and analyzed by using high-performance liquid chromatography (HPLC). The selected solvent systems were tested and optimized on CPC. The results showed that the suitable conditions for the CPC process were hexane/0.1% FA in ACN/20 mM ammonium formate at a ratio of 10/6.5/3.5% v/v, gave the highest recovery yield (89.3 ± 0.21% w/w) with a maximum load of crude extract of 5 grams per loading. The obtained broad-spectrum CBD extract provided high total CBD content (73.3 ± 0.37% w/w) with minimal THC content (0.2 ± 0.00% w/w). In conclusion, optimal conditions for removing THC from cannabis extract using CPC were successfully developed, resulting in high recovery yield and CBD content. This is a promising condition and can be applied to the preparation of broad-spectrum CBD.

Keywords: Cannabinoid, Cannabidiol, Centrifugal partition Chromatography, Entourage

การระบุเพศนกกรีนชีค (*Pyrrhura molinae*) โดยใช้ เทคนิค Recombinase Polymerase Amplification ร่วมกับ CRISPR-Cas12a

ภาณุพงศ์ ช้างต่อ[1*], ชนกกานต์ แฟงเมือง[1] และ นงลักษณ์ ยิ้มตระกูล[1]

Sex Identification of Green-cheeked Conure (*Pyrrhura molinae*) Using Recombinase Polymerase Amplification Combined with CRISPR-Cas12a

Phanupong Changtor[1*], Chanokkan Faengmueang[1] and Nonglak Yimtragool[1]

[1]ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, 65000

[1]Department of biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

นกกรีนชีค (*Pyrrhura molinae*) เป็นนกสวยงามขนาดเล็กและมีราคาไม่สูงมากนัก จึงนิยมเลี้ยงอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ลักษณะภายนอกของนกสวยงามทั้งในเพศผู้และเพศเมียมีความคล้ายคลึงกัน ทำให้เกิดปัญหาในการระบุเพศ ในปัจจุบันการระบุเพศนกตรวจสอบจากยีน *CHD* โดยใช้เทคนิค PCR ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีข้อจำกัดหลายประการและต้องใช้เครื่องมือขั้นสูง การศึกษาครั้งนี้จึงพัฒนาการใช้เทคนิค Recombinase Polymerase Amplification (RPA) ร่วมกับเทคนิค CRISPR-Cas12a ในการระบุเพศของนกกรีนชีค ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในปฏิกิริยาการเพิ่มปริมาณบริเวณยีน *CHD* ด้วยเทคนิค RPA คือ 37 °C ที่เวลา 30 นาที และเทคนิค RPA-Cas12a แสดงผลที่ 37 °C เวลา 1 ชั่วโมง สามารถตรวจสอบผลผลิตได้ด้วยตาเปล่า เมื่อทำการเปรียบเทียบผลผลิตจากเทคนิค RPA-Cas12a ได้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับเทคนิค PCR อย่างไรก็ตามเทคนิค RPA-Cas12a มีความรวดเร็ว สามารถตรวจสอบบริเวณยีน ได้อย่างจำเพาะ ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อน และใช้กับงานในภาคสนามได้ ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถประยุกต์ใช้ในการระบุเพศนกชนิดอื่นได้อีกด้วย

คำสำคัญ: การระบุเพศ, นกกรีนชีค, ยีนซีเอชดี, รีคอมบิเนส พอลิเมอเรส แอมพลิฟิเคชั่น, คริสเปอร์-แคส 12 เอ

Abstract

The Green-cheeked Conure (*Pyrrhura molinae*) is a pet bird that is small in size and reasonably priced, making them popular in Thailand. The similar external appearance of male and female pet birds poses a problem for sex identification. At the present, sex identification of birds is based on *CHD* gene by PCR techniques, which have several limitations and require advanced scientific equipment. Therefore, the aim of this study is to develop Recombinase Polymerase Amplification (RPA) combined with CRISPR-Cas12a for identifying the sex of Green-cheeked conures. The results showed that the optimized conditions for RPA amplifying the *CHD* gene are 37°C for 30 minutes. The RPA-Cas12a reaction could be performed at 37°C for 1 hour, and the product can be visualized by the naked eye. The accuracy of RPA-Cas12a in identifying gender is comparable to PCR. However, RPA-Cas12a is rapid, specific, does not require advanced scientific equipment, and can be performed in the field. Furthermore, these studies can be applied to identify the sex of other birds.

Keywords: Sex identification, Green-cheeked conure, *CHD* gene, Recombinase Polymerase Amplification, CRISPR-Cas12a

A Revolutionary New Technology for dropped PM in Atmosphere by PMDrop

Watoo Phrompittayarat[1,2*]

[1]Division of Applied Thai Tradition Medicine, Faculty of Public Health, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Center of Excellence for Innovation in Chemistry (PERCH-CIC), Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

Air pollution from tiny particles as Particulate Matter (PM) is a major concern. Thailand's Pollution Control Department sets dust standards, with a safe PM2.5 limit of 37.5 micrograms per cubic meter for a 24-hour average. These small particles significantly impact health, causing respiratory, eye, skin, and cardiovascular problems. They can even increase cancer risk and death rates. PMDrop is a revolutionary new technology that uses plant-based solutions to capture dust particles in the atmosphere. These eco-friendly drops attract and clump PM together, causing them to fall harmlessly to the ground. The study design was performed in the testing area including PM counter, acrylic box and smoke maker. This equipment measured PM 2.5 in real time, recording changes in PM concentration in the air every minute for 30 minutes continuous, followed at 1, 2, and 3 hours after simulated dust or smoke was introduced. The test then involved using the same particle counter to measure the change in airborne particles after spraying a dust and smoke reduction solution. In the simulated room, the rate of dust reduction within 30 minutes was 1.98±0.62 micrograms per minute. Field testing using drones indicated that dust could be reduced after spraying 10 liters of PMDrop solution per rai. This solution was able to reduce dust levels to below the pre-spray value within 5 minutes of application. This research has led to a new solution for reducing airborne dust. The focus is on creating a cost-effective, ready-to-use solution.

Keywords: Particulate Matter, Solution, PMDrop

Evaluation of the Effects of Dispersed SO_2 and NO_x from the Infectious Waste Incineration Using the AERMOD Model

Utaiwan Atasuwan[1], Piyathida Sihawong[1] and Anuttara Hongthong[1*]

[1]Environmental Health Department, School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

*Corresponding author. E-mail: anuttara.hon@mfu.ac.th

Abstract

The main objective of the research is to examine the distribution of annual sulfur dioxide (SO_2) and nitrogen oxide (NO_x) emissions from the infectious waste incineration at Mae Fah Luang University in 2018. The American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model (AERMOD) was used to estimate the concentration of SO_2 and NO_x that dispersed across a 5-kilometer radius from the infectious waste incinerator. By the focus sensitive area included Mae Fah Luang University and Mae Khao Tom village. The following parameters were imported into the AERMOD model: SO_2 and NO_x released from infectious waste incinerators stack, meteorological data, and topographic information. Then, the annual distribution of SO_2 and NO_x was illustrated. The simulated SO_2 and NO_x concentrations in each of focused sensitive areas were then compared to the National Ambient Air Quality Standards of Thailand. The study discovered that the concentration of SO_2 and NO_x was reduced as the distance increased which the greatest concentration of simulated SO_2 was 0.0024 $\mu g/m^3$ within the emission stack, whereas the concentration was nil at 3.5 km and 4.0 km at Mae Khao Tom village and Mae Fah Luang University. And the simulated NO_x concentration was 0.0075 $\mu g/m^3$ at the emission stack and nil at 3.5 and 4.0 km. in Mae Khao Tom village and Mae Fah Luang University, respectively. While the wind direction in 2018 was largely southwest and south, this caused an effect on SO_2 and NO_x dispersed to the north and northwest. And the wind speeds in the vicinity were 2-6 m/s, combined with the plateau topography and forest area surrounding the infectious waste incinerator, may result in less spread of air pollution than strong wind speeds. As a result, SO_2 and NO_x emissions from Mae Fah Luang University's infectious waste incineration had no impact on the local population or environment.

Keywords: AERMOD, NO_x, SO_2, Infectious waste incineration

Investigating Knowledge in Sustainable Development Goals (Target 7) for 2nd Year Occupational Health and Safety Students in Mae Fah Luang University

Daranporn Khamsiri[1*], Chaloemphan Kaewkanta[1,2], Kanyanee Ngannunchai[1], Chaiwat Kanghae[1], Thanyalak Chotiphongphakhin[1], Nantakarn Panklad[1], Janploy Jaioun[1], Sirichom Nithirojpanya[1] and Chayuda Pattanapisalsak[1]

[1]Department of Occupational Health and Safety, School of Health Science, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

[2]Unit for Area-Based Research and Innovation in Cross-Border Health Care, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, 57100

*Corresponding author. E-mail: 6531808057@lamduan.mfu.ac.th

Abstract

The sustainable development goals (SDGs) are important in national and international countries, especially SDG target 7 for students in higher education. The objective of the study was to investigate the sustainable development goals knowledge (SDGK target 7) of 2nd year students in Occupational Health and Safety (OHS) at Mae Fah Luang University. The participants of the study are second-year students in OHS. Data was collected through questionnaires for SDGK target 7 developed by the researcher covered general information and knowledge of SDG target from 40 participants. The questionnaire was validated for validity and reliability. The mean and standard deviation (SD) were used in the analysis of the data. As a result of the analysis, it was found that students have a high level of knowledge regarding Sustainable Development Goal 7 (SDG 7), with an average of 3.91 (SD = 0.8). The students have knowledge of sustainable energy development and utilization with a highly significant (mean = 4.63, SD = 0.63). Moreover, the student considers environmentally friendly products highly valued (mean = 4.33, SD = 0.73). Therefore, over 90% of the participants participated in activities related to alternative energy, indicating moderate knowledge awareness and engagement (mean = 3.38, SD = 1.05). The study reveals that students have knowledge. However, the participant lack of activities related to the SDGs. Therefore, to enhance student awareness, it is important to integrate the sustainable development concepts into the academic curriculum. This would serve as a mechanism to develop future-oriented learning skills associated with clean and alternative energy, fostering a sustainable development in the future.

Keywords: SDG 7, Sustainable development goals knowledge, Occupational Health and Safety, Mae Fah Luang University, Alternative energy

Practicability of Indoor Temperature Reduction by Passive Ventilation Techniques

Waraporn Rattanongphisat[1*], Sakawrat Kumphon[1] and Siriluk Munkong[1]

[1]Department of Physics, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

Passive ventilation can be achieved through various means, from basic methods such as strategically placed openings and night flushing, to more advanced approaches like solar stacks, Trombe walls, and courtyard design. Reducing energy usage in buildings in hot and humid climates can be achieved by implementing low or zero energy driving methods, making passive techniques an attractive choice. The present study aims to analytically investigate a reduction in internal temperature that results from two passive techniques: solar chimney and Trombe wall. The experimental results obtained under outdoor tropical climate conditions were compared between a testing house incorporating with a specific technique and a reference house. Two identical demonstrated houses dimension of 2x2.5x2 m^3 were constructed using three layers of wall material, lightweight board, and insulation sheet in the middle. One was incorporated with solar chimny/trombe wall while the other was not, as a base case. Temperature, and solar radiation were measured by thermocouple type K and pyranometer, respectively. The result shows that the maximum indoor temperature reduction for the two techniques were 3°C and 1.8°C or 8% and 5%, respectively. The temperature fluctuation, range between 24 and 37°C, according to outside environment during the daytime were presented. Low ambient temperature caused efficient air ventilation thus expel internal heat to outside in the morning that has not much recommended in other research, while it was hardly done in the afternoon. It was suggested to adopt the low energy driving cooling as a substitute to a mechanical cooling for building energy management. To sum up, passive ventilation can effectively reduce indoor temperatures in tropical climates particularly in the morning. Further research is needed to optimise the system performance. This includes studying the optimal duration of natural ventilation as well as exploring techniques to combine passive ventilation with other methods for hybrid approaches.

Keywords: Building, Low energy, Temperature, Natural ventilation, Tropical

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี ณ อาคาร 10 (ปฏิบัติการวิศวกรรมเคมีและวัสดุ มหาวิทยาลัยนเรศวร)

ปภัชญา สังข์น้อย[1], สุทธิดา เอี่ยมผ่อง[1], สุทธิตา บุญมา[1],
ชิตชณุ วงศ์ประสิทธิ์[1] และ วีรวรรณ วีรชัยพิเชษฐ์กุล[1*]

Carbon Footprint for Organization, A Case Study in Chemimal Engineering Laboratory at Building 10 (Chemical and Materials Engineering Laboratory, Naresuan University)

Papattchaya Sangnoi[1], Sutthida Iamphong[1], Sutthita Boonma[1], Chitchanu Wongprasit[1]
and Weerawun Weerachaipichasgul[1*]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ พิษณุโลก 65000

[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Muang District, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี ณ อาคาร 10 (ปฏิบัติการวิศวกรรมเคมีและวัสดุ มหาวิทยาลัยนเรศวร) ภายในระยะเวลา 1 ปี ตามปีปฏิทิน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2565 ถึง 30 กันยายน 2566 และเพื่อเป็นข้อบ่งชี้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์แต่ละประเภทขององค์กร สำหรับห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี ณ อาคาร 10 ตามหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) โดยอ้างอิงจากมาตรฐาน ISO 14064-1 (2006) GHG Protocol (2001, 2004) และอ้างอิงค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน IPCC ฉบับที่ 5 (AR5) ซึ่งมีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ออกมาในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากกิจกรรมต่าง ๆ ของห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี โดยใช้วิธีการควบคุมการดำเนินการ และขอบเขตการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 ประเภท พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 104.80 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1 ทางตรง, 2 ทางอ้อมจากการใช้พลังงาน และ 3 ทางอ้อมอื่น ๆ เท่ากับ 82.48, 20.57 และ 1.74 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ ซึ่งกิจกรรมประเภทที่ 1 ในส่วนของการใช้ห้องน้ำ (ระบบบ่อเกรอะ) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมา คือ ประเภทที่ 2 ในส่วนของการใช้ไฟฟ้า เนื่องจากไม่สามารถเสนอแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ห้องน้ำได้ จึงเสนอมาตรการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า เช่น การลดการใช้เครื่องปรับอากาศ

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคาร การกำหนดมาตรการลดการใช้ไฟฟ้าของห้องปฏิบัติการ เพื่อนำไปสู่การวางแผนปรับปรุงการดำเนินกิจกรรม สำหรับการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของห้องปฏิบัติการในปีถัดไป

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ก๊าซเรือนกระจก ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยนเรศวร

Abstract

This dissertation has studied and evaluated the carbon footprint for organization, A case study in Chemical Engineering Laboratory at Building 10 (Chemical and Materials Engineering Laboratory, Naresuan University) within a period of 1 year from 1 October 2022 to 30 September 2023 and as an indication of the amount of carbon footprint emissions of each scope of the organization in Chemical Engineering laboratory at Building 10 according to the principles of life cycle assessment (LCA) with reference to ISO 14064-1 (2006) GHG Protocol (2001, 2004) and with reference to IPCC global warming potential values 5 (AR5) which are Calculate carbon footprint in the form of carbon dioxide equivalents. From various activities of the chemical engineering laboratory by means of operational control and the operations is divided into 3 scopes. It was found that the total amount of greenhouse gas emissions was 104.80 tons of carbon dioxide equivalent and activities scope 1 Direct GHG emissions, 2 Energy indirect emissions, and 3 Other indirect GHG emissions were 82.48, 20.57, and 1.74 tons of carbon dioxide equivalent, respectively. The scope 1 activity in the use of the restroom (septic tank system) has the highest greenhouse gas emissions, followed by the scope 2 activity in the use of electricity. However, due to being unable to propose the guidelines to reduce greenhouse gas emissions from using the bathroom. Therefore, measures are proposed to reduce the amount of greenhouse gas emissions from electricity use such as reducing the use of air conditioners, using solar energy for buildings, and determining measures to reduce electricity use in the laboratory. To lead to planning to improve activity operations for reducing the laboratory's greenhouse gas emissions in the next assessment.

Keywords: Carbon Footprint for organization, Greenhouse gases, Chemical engineering laboratory, Naresuan University

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลาระหว่างค่าความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินและจุดความร้อนในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ.2562-2566

กมลฉัตร ศรีจะตะ[1*], วรฤทธิ์ ประเสริฐ[1], ภาสุระ ศรีสุระ[1] และพลปรีชา ชิดบุรี[1,2]

The Spatio-Temporal Analysis of PM2.5 Concentration from Ground-Based Stations and Hotspots in the Lower Northern Region of Thailand During 2019-2023

Kamonchat Seejata[1*], Worarit Prasert[1], Pasura Srisura[1] and Polprecha Chidburee[1,2]

[1]สถานภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคเหนือตอนล่าง มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Regional Center of Geo-Informatics and Space Technology, Lower Northern Region, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Department of civil engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

ปัญหามลพิษทางอากาศหรือฝุ่น PM2.5 ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ทางภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย ซึ่งส่งผลกระทบอย่างมากต่อสุขภาพและการดำรงชีวิตประชาชนในพื้นที่ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และ เวลาระหว่างค่าความเข้มข้น PM2.5 จากข้อมูลสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินกับจุดความร้อนและลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง โดยวิเคราะห์แนวโน้มค่าความเข้มข้น PM2.5 รวมทั้งปริมาณและแหล่งที่มาการเกิดของจุดความร้อนผ่านการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์และการซ้อนทับข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อระบุสาเหตุที่ชัดเจนของปัญหาเพื่อนำไปสู่การเตรียมความพร้อมรับมือและลดผลกระทบที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาพบว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้น PM2.5 กับจุดความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 หมายความว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมาก โดยค่าความเข้มข้น PM2.5 รายเดือนในปี พ.ศ.2562-2566 มีค่าความเข้มข้นที่มีแนวโน้มการเกิดฝุ่นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ค่าความเข้มข้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ฤดูหนาวตั้งแต่เดือนตุลาคมจนถึงเดือนเมษายน และทุกสถานีจะมีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างรวดเร็วหลังผ่านเดือนเมษายน โดยเมื่อถึงช่วงฤดูฝนพบว่า จะมีค่าความเข้มข้น PM2.5 ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับจำนวนจุดความร้อนเฉลี่ยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาพบว่า ปริมาณจุดความร้อนมากที่สุดในช่วงที่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น PM2.5 มีค่าสูง ซึ่งพบปริมาณความหนาแน่นของจุดความร้อนในพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งด้านวิชาการ สังคม ประเทศชาติและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนรับมือป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศทั้งทางปฏิบัติและการกำหนดนโยบายต่อไป

คำสำคัญ: ฝุ่น PM2.5 จุดความร้อน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเวลา

Abstract

The problem of air pollution, specifically PM2.5, in the lower northern region of Thailand has significant impacts on the health and human lifes of people in the affected areas. Therefore, the research aims to study the spatial and temporal relationships between PM2.5 concentrations from ground-based monitoring stations and hotspots, as well as the land use characteristics in the lower northern region. This involves analyzing the trends of PM2.5 concentration along with the quantity and sources of hotspot occurrences through correlation analysis and overlay analysis in a Geographic Information System (GIS) to identify the clear causes of the problem. This research found that the correlation coefficient between PM2.5 concentration values and hotspots is 0.88, indicating a strong direct relationship between the two variables. The monthly PM2.5 concentrations from 2019 to 2023 tend to follow the same pattern, increasing during the dry season from October to April and decreasing rapidly after April. When the rainy season arrives, the PM2.5 concentration reaches its lowest point. Similarly, the average quantity of hotspots over the past 5 years was highest when the PM2.5 concentration was high, mainly concentrated in forested and agricultural areas. Furthermore, the results of the research can be applied for academic, community, national, and relevant organizations, serving as information for planning to prevent, mitigate, and address air pollution issues through both practical actions and policy.

Keywords: PM2.5, Hotspot, Geographic Information System, Spatio-temporal analysis

Effect of Destabilization on Microstructure, Hardness and Wear Resistance of High Chromium Cast Irons with Mo and W Addition

Amporn Wiengmoon[1*] and Kittikhun Ruangchai[1]

[1]Department of Physics, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

High chromium cast irons (HCCIs) are widely used in mining processing and cement manufacturing that require resistance to abrasive and erosive wear. The wear resistance can be improved by alloying and destabilization heat treatment. In this work, the as-cast 28wt.%Cr iron with Mo/W addition were destabilized at 1000°C for 4 hours, and then air-cooled to room temperature. Vickers macrohardness and pin-on-disc wear testing were investigated. It was found that the as-cast 28wt.%Cr iron (R) had a hypoeutectic microstructure containing primary austenite dendrite with eutectic M_7C_3 carbides (M = Fe, Cr, Mo, W) and eutectic austenite, which partly transformed to martensite during cooling. The 28wt.%Cr iron with 1.42wt.%Mo (Mo1) promoted the formation of M_7C_3, M_6C and $M_{23}C_6$, whereas the iron containing 0.99wt.%W (W1) resulted in a hypereutectic chemical composition, which promoted the formation of primary M_7C_3. After destabilization, the transformation of austenite to secondary carbides and martensite was observed. A duplex core-shell structure of eutectic M_7C_3 carbide was also found. The Vickers macrohardness in the as-cast condition of R, Mo1 and W1 irons was 503, 518, and 576 HV30, respectively. This is due to multiple carbides are promoted by the effect of the Mo addition, whereas the primary M_7C_3 carbide was formed as a result of the W addition. Furthermore, adding Mo and W reduced the volume loss in the as-cast condition. The W1 iron exhibited the maximum wear resistance because of the presence of the largest volume fraction of primary M_7C_3 carbides. After destabilization, the Vickers macrohardness of R, Mo1 and W1 irons increased to 725, 736, and 775 HV30, respectively. The volume loss was less than in the as-cast condition. The Mo1 iron showed the lowest volume loss. The results showed that the hardness and wear resistance of HCCIs can be improved by Mo/W addition and destabilization heat treatment.

Keywords: High chromium cast iron, Hardness, Wear, Destabilization, Microstructure

Enhanced Mechanical Properties of SrBHA/Ca-ZrO2 Composite Material Synthesized by Solid-State Reaction

Sirikarn Khansumled[1,2], Tanchanok Manati[1] and Piyanan Boonphayak[1,2*]

[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Center of Excellence in Biomaterials, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

This study investigates the synthesis of SrBHA and Ca-ZrO_2 using a solid-state reaction process, followed by the preparation of SrBHA/Ca-ZrO_2 composite materials. The research explores the impact of varying Ca-ZrO_2 content (0%, 25%, 50%, 75%, and 100% wt) on the mechanical properties of the composite. Experimental results reveal that the XRD pattern of SrBHA closely resembles that of calcium strontium hydroxyapatite ($Ca_9Sr(PO_4)_6(OH)_2$; SrHA), demonstrating high crystallinity and phase stability. FT-IR analysis suggests that BO_3 can effectively substitute for PO_4^{-3} in the HA structure. Additionally, XRD and FT-IR tests confirm the successful synthesis of SrBHA via solid-state reaction. The solid-state reaction synthesis of Ca-ZrO_2 shows the presence of both monoclinic zirconia (m-ZrO_2) and tetragonal zirconia (t-ZrO_2). Notably, the SrBHA/Ca-ZrO_2 composite with a SrBHA ratio of 25% wt and a Ca-ZrO_2 ratio of 75% wt exhibits superior mechanical properties, with a maximum hardness of 58.84 Hv and a maximum DTS of 10.38 MPa. These findings suggest that a SrBHA ratio of 25% wt and a Ca-ZrO_2 ratio of 75% wt could be an optimal choice for dental material applications.

Keywords: Hydroxyapatite substitution, Calcia stabilized zirconia, Strontium, Boron, Composite material

Hybrid Scaffold of PLGA Nanofibers Cooperated with PLAM/SSC Nanogels for Skin Tissue Regeneration

Arisa Kongprayoon[1], Gareth Ross[2], Sararat Mahasaranon[2] and Sukunya Ross[2*]

[1]Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Center of Excellence in Biomaterials, Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

This research aimed to fabricate the hybrid scaffolds from nanofibers cooperated with nanogels and used as biodegradable and biocompatible materials for skin tissue regeneration. PLA and SS were first modified at their chain-ends by adding vinyl groups from allyl glycidyl ether, to be "PLAM" and "SSC". Nanogels were prepared from the free radical polymerization of polymerizable poly(lactic acid) (PLAM) and silk sericin (SSC). These were then synthesized to PLAM/SSC nanogels with and without crosslinker "N'N-methylenebis acrylamide". PLAM/SSC crosslinked-nanogels presented spherical shape morphology, homogeneity, diameter size in the range of 0.4-0.6 μm. The hybrid scaffolds were successfully fabricated by colloid-electrospinning using an applied voltage of 25 kV, polylactide-co-glycolide (PLGA) concentration (dissolved in 4:1 of chloroform and dimethylformamide) of 10 wt%, nanogels of 0.1 wt%, polymer solution flow rate of 0.3 mL/h and tip-to-collector distance of 15 cm. The nanogels could entrap and release hydrophilic drug within 48 hours. The morphology of hybrid scaffolds was smooth and being continuous fibers. The nanofibers cooperated with nanogels have diameter size in the range of 1.5-2 μm. The *in vitro* cell viability of human dermal fibroblast was observed in the range of 80-100%. This hybrid scaffolds cooperated with nanogels can be used for skin tissue regeneration due to their safety and biocompatibility that are beneficial for normal human dermal fibroblasts.

Keywords: Hybrid scaffolds, Nanogels, Nanofibers, Drug release, Skin tissue regeneration

Hydrogel Scaffold of Poly(2-hydroxyethyl methacrylate) and Polymerizable Silk Sericin for Skin Tissue Regeneration

Sudarat Promkrainit[1], Sukhonthamat Sonjan[1], Arisa Kongprayoon[1], Nantaprapa Tuancharoensri[1], Gareth Ross[2], Sararat Mahasaranon[2] and Sukunya Ross[2*]

[1]Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Center of Excellence for Biomaterials, Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

This research work was concerned with the fabrication and characterization of interpenetrating polymer networks (IPN) based on poly(2-hydroxyethyl methacrylate) (PHEMA) and polymerizable silk sericin (SSC). Samples were fabricated with different SSC concentrations (0, 1.25, 2.5 and 5 %w/v) in order to fabricate IPN hydrogel scaffolds via free radical polymerization. The end groups of silk sericin (SS) were modified with allyl glycidyl ether (AGE), to possess terminal vinyl end groups, producing polymerizable silk sericin (SSC). To fabricate IPN hydrogel scaffolds, HEMA was used as a monomer to polymerize via free radical polymerization, mixed with SSC at 60 °C in a close system, followed by adding *N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine and ammonium persulfate as catalyst and initiator, respectively. The hydrogel networks were formed using two crosslinking systems; *N,N'*-methylenebisacrylamide as a chemical cross-linker and *N,N'*-dimethylurea as a physical crosslinker. After polymerization, the hydrogel scaffolds were lyophilized to produce a porous structure via a freeze-drying technique. From scanning electron microscope images, the scaffold with 5%w/v SSC showed the greatest number of pores with high regularity and pore size approximately 5-20 micrometres in diameter. Higher SSC content appears to enhance the swelling properties of these hydrogel scaffold due to higher degree of hydrophilicity from silk sericin. The 5%w/v of SSC showed the highest swelling ratio at approximately 349% within 7 days and had the slowest gelation time of 4.13 mins. In summary, the PHEMA/SSC hydrogel scaffolds have the potential to be used for skin tissue regeneration due to its biocompatibility and possessing structures similar to the extracellular matrix, which makes them suitable for cell attachment and proliferation.

Keywords: Porous hydrogel scaffolds, Poly(2-hydroxyethyl methacrylate), Silk sericin, Skin tissue regeneration, Biocompatibility

การศึกษาและพัฒนาวิธีการกระตุ้นถ่านกัมมันต์จากเยื่อเปลือกไข่เหลือทิ้ง

อัจฉรา อิ่มคำ พุฒคำ [1*], โสรยา แป้นจันทร์ [1] และ อภิพงษ์ พุฒคำ [2]

Study and Development of Activation Method of Activated Carbon from Waste Eggshell Membrane

Ajchara Imkum Putkham [1*], Soraya Phanchan [1] and Apipong Putkham [2]

[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 43000

[1]Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, Mahasarakham, 43000

[*]Corresponding author email: aujcharai@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการกระตุ้นถ่านกัมมันต์จากเยื่อเปลือกไข่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมด้วยเทคนิคไมโครเวฟพลาสมาและเทคนิคการให้ความร้อนด้วยเตาเผา เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม เช่น กำลังไฟ เวลา อุณหภูมิ และชนิดของสารเคมีที่นำมากระตุ้น คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดฟอสฟอริก โดยพิจารณาประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากการไทเทรตและคำนวณหาค่าการดูดซับไอโอดีน จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นเยื่อเปลือกไข่เหลือทิ้งด้วยเทคนิคไมโครเวฟพลาสมา คือ กำลังไฟ 1000 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที สำหรับเทคนิคการให้ความร้อนด้วยเตาเผา คือที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์กระตุ้นทางเคมีพบว่าให้ค่าการดูดซับไอโอดีนอยู่ในช่วง 450-470 มิลลิกรัมต่อกรัม (ไมโครเวฟ-พลาสมา) และ 460-490 มิลลิกรัมต่อกรัม (เตาเผา) สำหรับการใช้กรดฟอสฟอริกกระตุ้นทางเคมีพบว่าให้ค่าการดูดซับไอโอดีนอยู่ในช่วง 90- 150 มิลลิกรัมต่อกรัม (ไมโครเวฟ-พลาสมา) และ 100-130 มิลลิกรัมต่อกรัม (เตาเผา) จากค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากเยื่อเปลือกไข่เหลือทิ้งที่ถูกกระตุ้นด้วยเทคนิคไมโครเวฟพลาสมาและเทคนิคการให้ความร้อนด้วยเตาเผาพบว่าให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการกระตุ้นด้วยไมโครเวฟพลาสมาจะใช้เวลาและสารตัวอย่างน้อยกว่าการกระตุ้นด้วยเตาเผา และพบว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ผลการทดลองที่ดีกว่าการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก ดังนั้นการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเยื่อเปลือกไข่เหลือทิ้งด้วยวิธีกระตุ้นดังกล่าวสามารถเป็นทางเลือกใหม่ในการทดแทนวัสดุดูดซับบางชนิดในอนาคตต่อไปได้

คำสำคัญ: เยื่อเปลือกไข่ วิธีการกระตุ้น การดูดซับ ถ่านกัมมันต์ ไมโครเวฟ-พลาสมา

Abstract

This research aims to study and develop the activation method of activated carbon from factory waste eggshell membrane by microwave-plasma and furnace heating techniques for optimization such as power supply, time, temperature and type of chemical. NaOH and H_3PO_4 were used for this study. Standard method by iodine titration was calculated the Iodine Adsorption Number (IAN) for indication of adsorption efficiency on activated carbon. As results, the optimum activating condition of microwave-plasma technique is power supply 1000 watts for 3 minutes. For the furnace technique, 400 ºC for 40 minutes is an appropriate condition, also. NaOH as activating chemicals, the IAN values were found in the range 450-470 mg/g (microwave-plasma) and 460-490 mg/g (furnace). H_3PO_4 as activating chemicals, the IAN values were found in the range 90- 150 mg/g (microwave-plasma) and 100- 130 mg/g (furnace). From the results of the IAN values of activated carbon from waste eggshell membrane activated by microwave-plasma and furnace heating techniques were found to have no different experimental results. However, microwave-plasma activation requires less time and sample than furnace heating activation. And it was found that the use of NaOH gave better experimental results than activation with H_3PO_4. Therefore, the synthesis of activated carbon from waste eggshell membrane using the above activation method can be a new alternative to replace some absorbent materials in the future.

Keywords: Eggshell membrane, Activation method, Adsorption, Activated carbon, Microwave-plasma

ความหลากหลายชนิดของปลวกที่พบบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

อุบลวรรณ ปฐมวงษ์กฤท[1*], ชลิตา ดีแย้ม[1], กชพรรณ ทองจันทร์[1] และอุษนีย์ ขันทอง[1]

The Species Diversity of Termites around Naresuan University, Phitsanulok Province

Ubolwan Patomwonggrit[1*], Chalita Deeyaem[1], Kotchapan Thongjan[1] and Utsanee Khanthong[1]

[1]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Department of Biology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

ปลวกเป็นแมลงสังคมที่พบอยู่ทั่วไปในประเทศไทย ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจชนิดของปลวกใน 2 พื้นที่คือ 1. พื้นที่บริเวณบ้านที่ถูกปลวกเข้าทำลายใกล้มหาวิทยาลัยนเรศวร และ 2. พื้นที่สีเขียว (Green area) ในมหาวิทยาลัยนเรศวร ตั้งแต่มกราคม 2566 ถึงกุมภาพันธ์ 2567 ทั้ง 2 พื้นที่ พบ 2 วงศ์ ทั้งหมด 21 ชนิด วิเคราะห์ชนิดได้ดังนี้คือ พื้นที่ 1 วงศ์ Rhinotermitidae พบ 4 ชนิดได้แก่ *Coptotermes curvignathus*, *Coptotermes gestroi*, *Coptotermes premrasmii*, *Coptotermes kalshoveni* และวงศ์ Termitidae พบ 7 ชนิด ได้แก่ *Globitermes sulphureus*, *Macrotermes annandalei*, *Microcerotermes crassus*, *Microcerotermes distans*, *Microcerotermes paracelebensis*, *Odontotermes proformosanus* และ *Odontotermes* sp.1 และพื้นที่ 2 วงศ์ Termitidae พบ 13 ชนิด ได้แก่ *Globitermes sulphureus*, *Microcerotermes minutus*, *Macrotermes annandalei*, *Macrotermes carbonarius*, *Macrotermes chaiglomi*, *Macrotermes gilvus*, *Macrotermes maesodensis*, *Macrotermes malaccensis*, *Odontotermes proformosanus*, *Odontotermes* sp.2, *Odontotermes* sp.3, *Odontotermes* sp.4 และ *Odontotermes* sp.5 เมื่อวิเคราะห์ดัชนีความเหมือนของชนิดทั้งสองพื้นที่เหมือนกันเพียงร้อยละ 17.39 นอกจากนี้ยังพบว่า ชนิดของปลวก วงศ์ Rhinotermitidae เพียงร้อยละ 20 เท่านั้นที่ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมากต่อสิ่งปลูกสร้าง ในขณะที่พบปลวก วงศ์ Termitidae ร้อยละ 80 ทำหน้าที่ในการย่อยสลายเศษไม้และอินทรีย์สาร ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อระบบนิเวศ

คำสำคัญ: ปลวกใต้ดิน, อันดับ Isoptera, วงศ์ Rhinotermitidae, วงศ์ Termitidae

Abstract

Termite were social insect which were found in Thailand. The objectives of this study were investigated species diversity in two areas; the 1st area was houses near Naresuan University that was infected by termites and the 2nd area was green area in Naresuan University since January 2023 to February 2024. In both areas were found 2 families, a total 21 species. Family Rhinotermitidae,

were found four species; *Coptotermes curvignathus*, *Coptotermes gestroi*, *Coptotermes premrasmii* & *Coptotermes kalshoveni*, and Family Termitidae, were found seven species; *Globitermes sulphureus*, *Macrotermes annandalei*, *Microcerotermes crassus*, *Microcerotermes distans*, *Microcerotermes paracelebensis*, *Odontotermes proformosanus* and *Odontotermes* sp.1 were found in the 1st area. Thirteen species in Family Termitidae; *Globitermes sulphureus*, *Microcerotermes minutus*, *Macrotermes annandalei*, *Macrotermes carbonarius*, *Macrotermes chaiglomi*, *Macrotermes gilvus*, *Macrotermes maesodensis*, *Macrotermes malaccensis*, *Odontotermes proformosanus*, *Odontotermes* sp.2, *Odontotermes* sp.3, *Odontotermes* sp.4, and *Odontotermes* sp.5 were found in the 2nd area. The sorensen similarity coefficient in both areas showed that similarity only 17.39 %. In addition, the results showed that Family Rhinotermitidae, only 20% of termite species damaged houses, while Family Termitidae, 80% of termite species were important in ecosystem.

Keywords: Subteranean termite, Order Isoptera, Family Rhinotermitidae, Family Termitidae

Urban Way of Life in Myanmar Women Writers' Selected Literary Works

Wathanyoo Phakthong[1*]

[1]Department of Eastern Languages, Faculty of Humanities, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

The selection of Ma Sandar's "Bawa Eai-met Pann Eai-met (Reality and Illusion)" and Nu Nu Yi (Innwa)'s "Mya Sein Pyar Kamaryut (Emerald Green and Blue Kamaryut)" for the study of the urban way of life in Yangon was based on their unique perspectives on private spaces and urban living. These works provide valuable insights into the portrayal of private spaces. Private spaces, such as apartment buildings, play a crucial role in facilitating interactions and relationships among the characters. The State Law and Order Restoration Council (SLORC) has been rapidly developing the city by approving the construction of residential buildings in response to urban growth. Yangon is witnessing the emergence of numerous apartment buildings and condominiums, which are collectively shaping the iconic "city skyline" and altering the urban landscape. In contrast to the global trend in modern cities, Yangon does not support the unique cultural identities and personal freedoms of individuals, as evidenced by the restrictive regulations on cultural expression and limited personal freedoms highlighted in Ma Sandar's and Nu Nu Yi (Innwa)'s literary works. Despite being designed to promote individuality and separation, these spaces paradoxically diminish the characters' sense of self and individuality within their private sectors, creating a stark contrast to the intended purpose. Through their interactions and activities in private spaces, such as apartment buildings and condominiums, the characters actively negotiate and shape the modern city's identity, applying old customs and influencing the development of the urban landscape. In Yangon, the private spaces of its residents exhibit traits such as communal gathering areas that align more closely with public spaces, creating a blend of private and old custom or rural pattern dynamics in urban planning, fostering a sense of rural community and sharing experiences among the residents.

Keywords: city identity, Myanmar women writers, private space, urban way of life

Implementing a Cutting-Edge Recycling Web Application for Sustainable Progress in Tha Pho Sub-district: Empowering Residents and Recycling Industry Partners

Sariya Kruayim[1], Wasin Liampreecha[1*] and Suttida Chaisri[1]

[1]Faculty of Business Economics and Communications, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

This article explores the integration of circular business practices into sustainable digital entrepreneurship in Tha Pho district, Phitsanulok province, addressing local waste management challenges through a design thinking approach. By considering the local context, cultural nuances, and technological infrastructure, the study aims to create a user-friendly and effective platform. The design process involves prototyping, allowing for iterative feedback and customization through rigorous testing with community members, stakeholders, and waste management entities. This ensures that the platform meets local requirements and motivations, encouraging participation, collaboration, and sustainable digital practices. The goal is to foster engagement, promote sustainable behaviors, and utilize local resources to create an environmentally conscious digital landscape in Tha Pho. The study highlights the significance of user-centered design in developing efficient solutions for sustainable recycling practices. The research findings demonstrate high satisfaction with the NUZeroWaste Web application, with students giving an overall score of 4.00 and university outsiders rating it 4.42. Key benefits reported include improved accessibility to recycling knowledge, streamlined processes, and real-time feedback. The application also significantly reduced errors and negative feedback, showcasing its effectiveness over conventional methods. Overall, the NUZeroWaste Web application successfully enhanced recycling practices and promoted long-term sustainable behavior, underscoring its potential to address community-specific challenges in waste management.

Keywords: Phitsanulok, Recycling business, Digital entrepreneurship, Sustainable Development Goals, Web application, Community participation

This research work has been accepted to be published in the Journal of Community Development Research (JCDR-HS), the collaborative journal of the 20th Naresuan Research and Innovation Conference, Volume 17 No.3 July-September 2024.

การกระจุกตัวของทุนการค้าและนัยต่อเศรษฐกิจและการคลังท้องถิ่น

ดิเรก ปัทมสิริวัฒน์[1] และ ภาวิณี สตาร์เจล[2*]

Concentration of Business Capital and Implication on Local Economies and Finance

Direk Patmasiriwat [1] and Pawinee Stargell[2*]

[1]คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ กรุงเทพ 10240

[2]คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]School of Development Economics, National Institute of Development Administration, Bangkok, 10240

[2]Faculty of Business, Economics, and Communications, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. Email: pawineec@nu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการวิเคราะห์การกระจุกตัวของทุนการค้า (business capital) ในประเทศไทย จากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาธุรกิจการค้า จำนวน 219,853 ราย (ข้อมูล มกราคม 2564-กุมภาพันธ์ 2566) ซึ่งกระจายอยู่ในทุกภูมิภาค มูลค่าทุนจดทะเบียนรวมกัน 718,493 ล้านบาท โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยคือการวัดอัตราการกระจุกตัวของทุนการค้าตามประเภทธุรกิจและพื้นที่ โดยทดสอบข้อสันนิษฐานว่า อัตราการกระจุกตัวของทุนการค้าแตกต่างกันตามประเภทธุรกิจ และอัตราการกระจุกตัวในบางพื้นที่ (จังหวัด/อำเภอ) ด้วยการใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาธุรกิจการค้า 929 อำเภอ 77 จังหวัด 21 หมวดธุรกิจ และวิเคราะห์ผลการศึกษาด้วยสถิติเชิงพรรณนาและ quantile plot ผลการศึกษาพบว่า หนึ่ง อัตราการกระจุกตัวของทุนการค้าในสาขาการเงินสูงสุด รองลงมาสาขาเหมืองแร่ และการคมนาคม สอง อัตราการกระจุกตัวต่ำในสาขาโรงแรมและภัตตาคาร ธุรกิจอสังหาริมทรัพย์และพาณิชยกรรม สาม อัตราการกระจุกตัวตามพื้นที่ (ทำเลที่ตั้ง) สัดส่วนของทุนในกรุงเทพและปริมลฑลสูงสุด ร้อยละ 67.8 ตามด้วยภาคตะวันออกร้อยละ 9.3 และภาคใต้ร้อยละ 6.5 เป็นหลักฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ที่บ่งชี้ ก) ปัญหาความไม่สำเร็จของนโยบายกระจายความเจริญของรัฐบาลที่ผ่านมา ข) การกระจุกตัวของทุนการค้าส่งผลต่อความเหลื่อมล้ำเศรษฐกิจ-การคลังท้องถิ่น กล่าวคือ ในเขต (จังหวัด/อำเภอ) ที่ทุนเข้มข้นกิจกรรมทางเศรษฐกิจสูงและความสามารถการจัดจัดเก็บรายได้ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในทางตรงกันข้ามในเขตพื้นที่ที่มีทุนน้อยย่อมหมายถึงปริมาณธุรกรรมทางเศรษฐกิจและรายได้ภาษีค่าธรรมเนียมของเทศบาล/ อบต. ลดลงตามไปด้วย

คำสำคัญ: การกระจุกตัวของทุนการค้า การคลังท้องถิ่น กรมพัฒนาธุรกิจการค้า

Abstract

This paper studies an analysis of concentration of business capital in Thailand from the database of Department of Business Development (DBD Datawarehouse) which includes 219,853 business units (B.E. January 2564 - February 2566) across all regions worth 718,493 million Baht. This paper aims to measure the concentration of business capital by area and business groups. We hypothesize that the concentration varies by different business groups and areas (provinces/amphur). We use secondary data from the DBD datawarehouse comprising business registered in 929 amphur 77 provinces 21 business groups and then utilize descriptive statistics and quantile plot. The results show that (1) the concentration of business capital in finance is ranked the highest, followed by mining and transportation (2) the concentration is lowest among hotel-restaurant, real estate and commerce (3) Bangkok and vicinities are ranked as the most highly concentrated area of business capital (67.8%), followed by the east (9.3%), and the south (6.5%). This empirical evidence indicates (a) a failure of government policy on economic growth in the past (b) that the concentration of business capital urges economic and fiscal inequalities — that said, an area with high concentration of business capital induces more economic activities and revenues generated by local administrative organizations (LAO). On the other hand, low concentration of business capital implies limited economic activities and hence small amount of revenues for LAO, leading concern for policy makers to revise and allocate subsidies or budget to alleviate area-based inequalities.

Keywords: Business capital concentration, Local finance, Department of business development

การละเลยการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสารอย่างถูกต้องในกลุ่มผู้เรียนระดับปริญญาตรี

อำนวย พิรุณสาร[1*] และ ประดับเดือน ทองเชื้อเชิญ[2]

Neglect of Proper Thai Language Communication among Bachelor's Students

Aumnoay Pirunsarn[1*] and Pradubduen Thongchuechern[2]

[1]ภาควิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]งานจัดการวิชาศึกษาทั่วไป กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Department of Sociology and Anthropology, Faculty of Social Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000

[2]General Education, Division of Academic Affairs, Naresuan University, Phitsanulok 65000

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

บทคัดย่อ

ปัญหาการใช้คำผิดเสียง ผิดความหมาย ใช้ตามความสะดวก ไม่ตรวจสอบความถูกต้องของไวยกรณ์ล้วนเป็นปัญหาการใช้ภาษาไทยในปัจจุบันของกลุ่มคนรุ่นเยาว์ จึงนำมาสู่การวิจัยเชิงสำรวจนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการละเลยความสำคัญของการใช้ภาษาของนิสิตระดับปริญญาตรี โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาภาษา สังคม และวัฒนธรรม ภาคเรียนต้นปีการศึกษา 2565 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า นิสิตได้ประเมินความสามารถและทักษะในการใช้ภาษาของตนเองในด้านการฟังและอ่านอยู่ในระดับดี ส่วนด้านการพูดและการเขียนอยู่ในระดับปานกลาง อีกทั้งให้ความเห็นว่าผู้ทำการสื่อสารจำเป็นต้องมีความรับผิดชอบในการใช้ภาษาให้ถูกต้องในประเด็นของพฤติกรรมการละเลยการใช้ภาษาพบว่า นิสิตมีพฤติกรรมที่ละเลยการใช้ภาษาอย่างถูกต้องในทักษะทั้ง 4 ด้าน คือ การฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน อยู่ในระดับปานกลาง โดยสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการละเลยและลดความสำคัญของการใช้ภาษาในการสื่อสารอย่างถูกต้อง คือ ความไม่รู้ ไม่สนใจในคุณค่าของภาษา และการไม่ตรวจสอบความถูกผิดของภาษาผ่านการใช้นวัตกรรมทางการสื่อสารปัจจุบัน เช่น สื่อออนไลน์และความคึกคะนองในการใช้คำ มากไปกว่านั้น นิสิตยังเสนอว่า ควรมีการสร้างแนวทางและกำหนดมาตรฐานการใช้ภาษาที่ถูกต้อง โดยเฉพาะสื่อออนไลน์ แล้วให้สถานศึกษา สื่อมวลชนเป็นต้นแบบ การใช้ภาษาที่ถูกต้องเหล่านี้

คำสำคัญ: พฤติกรรมการละเลย ทักษะการใช้ภาษาไทย ผู้เรียนระดับปริญญาตรี

Abstract

Problems with using words with the wrong sound and meaning, or using them for convenience. Does not check for proper grammar. All of these issues arise from the current use of the Thai language by the younger generation. As a result, the survey was conducted. The objectives of this survey research aim to study neglects of proper language use among bachelor's students. A questionnaire was used as a tool for gathering data from Naresuan University undergraduate students who registered to study 'Language, Society and Culture course in the first semester of the academic year 2022. The data were statistically calculated and presented in frequency, percentages, means and standard deviation. Based on statistical research, students rated their own language talents and capabilities as good in listening and reading and moderate in speaking and writing. In addition, they stated that communicators must utilize appropriate terminology. Regarding neglects of proper language use, the findings show that the level of disregard for all four skills, particularly hearing, speaking, reading, and writing, was moderate. The main explanations for such neglects and why less attention was paid to how significant it is to communicate utilizing proper language were ignorance, lack of interest in the value of langu age, and failure to check language errors, through the utilization of current communication advances such as online media and a pa ssion for words. influences of communicative language used in online and social media, and lack of awareness of word choices. Furthermore, students recommended that correct language use rules be established alongside the language standardization used by online media. Educational institutions and the media should set an appropriate example by using suitable terminology.

Keywords: neglect, proper Thai language use, undergraduate students

ความเชื่อมั่นต่อการพัฒนาสังคมทุกภาคส่วนของกลุ่มเจนเนอเรชั่นแซด

อำนวย พิรุณสาร[1*] และ ประดับเดือน ทองเชื้อเชิญ[2]

Confidence from Generation Z towards Social Inclusive Development

Aumnoay Pirunsarn[1*] and Pradubduen Thongchuechern[2]

[1]ภาควิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]งานจัดการวิชาศึกษาทั่วไป กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Department of Sociology and Anthropology, Faculty of Social Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]General Education, Division of Academic Affairs, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

การพัฒนาสังคมที่ดีควรดำเนินการให้ครอบคลุมและเป็นธรรมในทุกมิติ จึงนำไปสู่แนวคิดการพัฒนาสังคมทุกภาคส่วนและเป็นที่มาของการวิจัยเชิงสำรวจนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเชื่อมั่นต่อของกลุ่มเจนเนเรชั่นแซดต่อการพัฒนาสังคมทุกภาคส่วนในกลุ่มนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 001233 ไทยกับประชาคมโลก ภาคเรียนต้น ประจำปีการศึกษา 2566 มีแบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวม มีผู้ตอบกลับเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจำนวน 181 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า กลุ่มตัวอย่างประเมินตนเองว่า มีความรู้และสนใจด้านการพัฒนาสังคมในระดับปานกลางและมาก คิดรวมเป็นร้อยละ 79 ผลการศึกษาด้านความเชื่อมั่นในความสำเร็จของการพัฒนาสังคมทุกภาคส่วนระดับปานกลาง กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่า การพัฒนาทุกภาคส่วนไม่เพียงทำให้จัดการกับปัญหาของประชาชนและสังคมได้อย่างทั่วถึง แต่ยังสามารถลดความเหลื่อมล้ำทางสังคมได้อย่างแท้จริง นอกจากนี้ยังมีระดับความเชื่อมั่นที่สูงในประเด็นที่ว่า การพัฒนาสังคมทุกภาคส่วนช่วยให้กลุ่มคนจนและผู้ถูกกีดกันทางสังคมมีอำนาจในการต่อรองเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเสริมสร้างความอยู่ดีมีสุขของประชาชนในสังคม

คำสำคัญ: เจนเนอเรชั่นแซด การพัฒนาสังคมทุกภาคส่วน ความเชื่อมั่น

Abstract

To achieve long-term social progress, all components must be inclusive and equal, leading to the concept of social inclusion development, which is the subject of this survey. The purpose of this study is to look into the confidence of Naresuan University's Generation Z undergraduate students enrolled in Thai State and the World Community (course code 001233) during the first semester of the 2023 academic year. The questionnaire was utilized to collect information from a group of 181 people. The data were statistically examined and provided as frequency, percentages, means, and standard deviations. According to data analysis, 79 percent of the sample group ranked their knowledge and interest in social development as medium or high. The survey showed moderate confidence in the achievement of social inclusive development. The sample group believes that social inclusive development not only addresses people's and society's issues holistically, but also has the potential to drastically reduce societal degradation. There is also a high level of confidence in the idea that social inclusive development gives the poor and socially disadvantaged more bargaining power, as well as for the welfare and well-being of everyone in society.

Keywords: Generation Z, Social inclusive development, Confidence

Full Paper

Effect of Chairside Silicone Polishing Systems on the Surface Roughness of CAD/CAM Milled and Heat-Polymerized Denture Base Materials

Sarita Apiromwijit[1], Prarom Salimee[1*] and Nareudee Limpuangthip[1]

[1]Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330

*Corresponding author. E-mail: prarom.s@chula.ac.th

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effects of two commercial chairside polishing systems on the surface roughness of two denture base materials compared with conventional laboratory polishing. Rectangular-shaped specimens (8 × 8 × 5 mm) were fabricated from CAD/CAM milled and heat-polymerized denture base materials (n = 18 per material). Each group was divided into three groups of two experimental polishing systems (n = 6): Exa technique, Acrypoint, and conventional laboratory polishing by dental technician as a control group. The roughness (Ra) values were measured after finishing with tungsten carbide bur for 15 seconds, after stepwise polishing (rough, medium, fine) of each chairside polishing systems for 90 seconds and after polishing received by the laboratory. The Mean Ra values of each group were analyzed using a two-way repeated-measures analysis of variance (ANOVA) to detect differences among materials and polishing systems (α = 0.05). The results showed that the lowest Ra values were observed in specimens polished with conventional laboratory polishing ($p < .05$). Significant differences were found between CAD/CAM milled and heat-polymerized denture base when polished with Exa technique ($p = 0.02$), while there were no significant differences in specimens polished with Acrypoint ($p = .293$). Both chairside polishing systems showed significantly higher Ra value than conventional laboratory polishing. Chairside polishing systems should be reserved for situations where access to a dental laboratory is limited.

Keywords: CAD/CAM milled, Denture base materials, Surface roughness, Polishing

Introduction

In dentistry, acrylic resin is widely used for denture base fabrication. Conventional heat-polymerized processing of polymethyl methacrylate (PMMA) based resin has been considered desirable for denture base application due to its ease of handling, reparability, stability in the oral environment, and adequate flexural strength

(Hashem et al., 2014). However, its mechanical properties have been reported to be insufficient in terms of polymerization shrinkage, dimensional changes, and residual monomer (Zafar, 2020).

To improve the properties of PMMA, computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) technology has been adapted to fabricate denture bases in digital workflow. The adoption of CAD/CAM has been increased due to their ability to reduce chairside time and exhibit higher surface properties compared to heat-polymerized denture base material (Al-Dwairi et al., 2019; Steinmassl et al., 2018). As the manufacturer claims, CAD/CAM milled have better mechanical properties and surface characteristics compared to other PMMA (Freitas et al., 2023). These results might be due to higher monomer conversion, which reduced the residual monomer, and polymerization shrinkage.

Well-polished surface of the denture base is an essential property of successful prostheses. One of the key factors that affects dental plaque accumulation, stain retention, and patient comfort on denture base is surface roughness (Bollen et al., 1997). Denture bases should be polished in the laboratory to produce an adequately smooth surface. Therefore, it is essential for dental prostheses to have a smooth surface to inhibit oral microbial formation. Traditionally, denture bases are polished in a dental laboratory by using a lathe bristle brush and a slurry of pumice to achieve smooth surface (Quirynen & Bollen, 1995). However, corrective grinding of denture bases is a common procedure to perform during insertion. In dental clinics, chairside polishing by using chairside silicone polishing systems offers an alternative method for repolishing the surface of dentures when repolishing with a lathe may not be feasible. Some studies suggest that silicone polishing systems can effectively achieve acrylic surface roughness similar to the threshold value (Berger et al., 2006; Kuhar & Funduk, 2005). Currently, there are various manufacturers of chairside silicone polishing systems for acrylic resin, such as Exa Technique, AcryPoints, and Acrylic Polisher HP Blue. The silicone polisher usually contains abrasive particles bonded in the silicone. As stated by the manufacturer, the polishing steps are performed in order of coarse polisher for finishing, contouring, and removing scratches from material surface, while medium polisher is used for smoothing and condensing the material surface, and finally with the finest polisher is used for optimally smoothing and producing a high-shine polish.

Several studies have shown the efficacy of chairside silicone polishing on heat-polymerized denture base material (Gungor et al., 2014; Kuhar et al, 2005). However, there are a few studies regarding its effectiveness on

CAD/CAM milled denture base material. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of chairside silicone polishing systems on the surface roughness of heat-polymerized and CAD/CAM milled denture base materials after polishing compared to conventional laboratory polishing. The null hypothesis was that there would be no statistical difference in the surface roughness between denture base materials after polishing with two different chairside silicone polishing systems and conventional laboratory polishing.

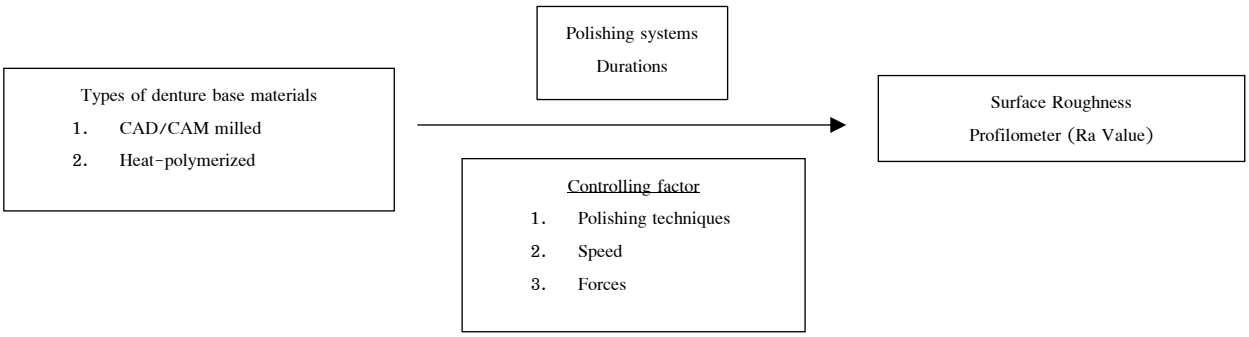


Figure 1 Conceptual framework

Materials and methods

Table 1

Product name	Materials	Fabrication technique	Manufacturer
VERTEX Rapid-Simplified	PMMA-based	Conventional; heat-polymerized (Curing time; 20 minutes at 100ºC)	Vertex-Dental B.V., Netherlands
SMILE CAM Total Prosthesis	PMMA-based	CAD/CAM milled	Pressing Dental Srl, Italy

Description of tested denture base materials in this study

Table 2

Polishing systems	Manufacturers	Finishing and polishing procedures	Polishing speed (rpm)
Exa technique	Edenta AG, Au/SG, Switzerland	1. Trimming with green polisher: coarse grit	12,500
		2. Finishing with grey polisher: medium grit	12,500
		3. Polishing with yellow polisher: fine grit	6,000
AcryPoint	Shofu Inc, Kyoto, Japan	1. Trimming with dark grey polisher: coarse grit	7,500
		2. Finishing with brown polisher: medium grit	7,500
		3. Polishing with light grey polisher: fine grit	7,500

Protocols of technique used for polishing denture base material surfaces

Acrylic specimen preparation

The number of specimens n = 6 per group using the G*Power program, and the mean (SD) from the pilot study. The specimens of both CAD/CAM milled and heat-polymerized denture bases after processing were prepared into a final square shape of 8 × 8 mm and 5 mm in thickness. The specimens were cleaned in an ultrasonic bath of distilled water for 10 minutes and dried with absorbent paper. Each specimen was fixed in a polyvinyl chloride pipe with a diameter of ¾ inch with clear resin. The upper surface of specimens was set parallel to the horizontal plane.

Finishing and polishing of acrylic resin specimens

In this study, a force control custom device was used to eliminate an inaccuracy and instability of direct human forces when grinding and polishing, which can cause errors in experiments. A slow-speed handpiece (NSK Nakanishi Inc., Tochigi, Japan) was used to polish specimens. A tungsten carbide acrylic bur (Edenta AG, St. Gallen, Switzerland) was used to grind for 15 seconds at 10,000 rpm to stimulate a clinical adjustment. Then, each type of acrylic was randomly divided into three groups: control and experimental groups. For the control group, the surface was polished with a slurry of pumice and fat polishing by the dental laboratory technician. The polishing process in the experimental groups was continued by using one of two commercial chairside silicone polishing systems: the Exa technique and the AcryPoint. Each system contains three serial polishing burs: coarse, medium, and fine, respectively. The motion of polishing was performed in forward-backward direction by the device, and the specimen was rotated 90 degrees every 15 seconds to polish in all direction as clinical adjustment. A new set of polishers was used for each group. Polishing speed and force (3 N) follow the manufacturer's recommendations. After tungsten carbide and 90 seconds of each serial polisher, the specimens were cleaned with distilled water in an ultrasonic device for 5 minutes and subjected to measure the surface roughness (Ra). The diagram is shown in figure 2.

Surface roughness measurement

The surface roughness (Ra) of each specimen was analyzed using a non-contact optical profilometer (Alicona infinitefocusSL, Graz, Austria) with 50X magnification. The surface roughness of polished specimens was measured in each step. In each specimen, five measurement areas (0.4 × 0.4 mm) were measured which consist of the center of the specimen and 1 mm apart from the center of the specimen in four directions. The area of surface roughness measurement was perpendicular to the polished direction and provide 4 mm in evaluation length, according to ISO 4288 standards.

Statistical analysis

The data were analyzed using a statistical software program (IBM SPSS statistics, v29.0; IBM Corp.) with a significance level of α = 0.05. The normality of the data was determined using the Shapiro-Wilk test, and parametric statistic was performed. Two-way repeated-measures ANOVA and post hoc Tukey tests were used to determine the effect of material types and polishing systems on surface roughness.

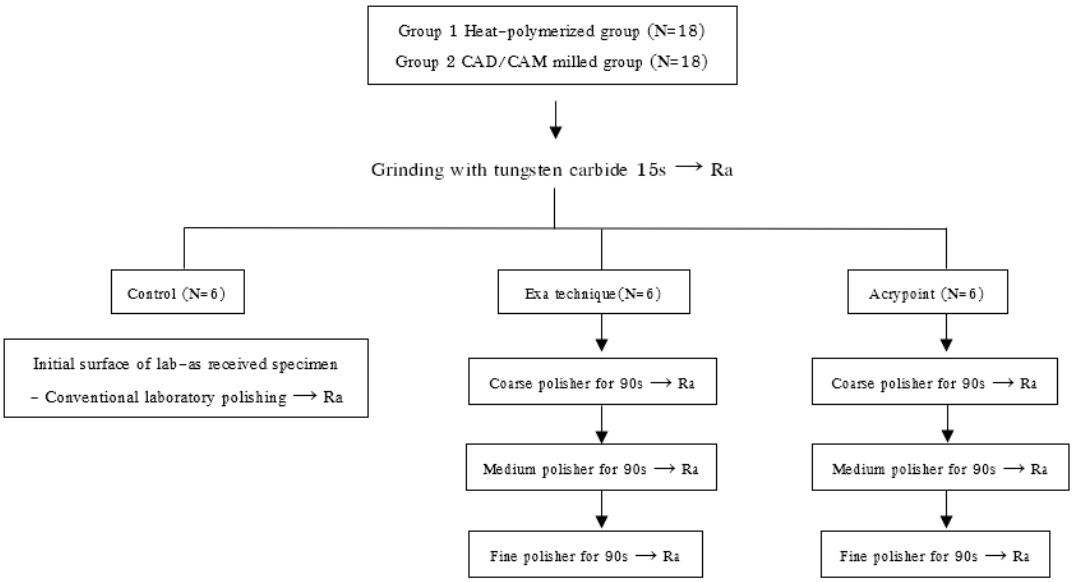


Figure 2 Diagram of the polishing process

Results

Table 3

Material	Polishing systems	Ra (μm)			
		Carbide 15s	Coarse 90s	Medium 90s	Fine 90s
Heat	Acrypoint	0.38(0.009)a	0.34(0.006)b,A,1	0.27(0.007)c,A	0.23(0.005)d,A
	Exa	0.37(0.009)a	0.26(0.006)b,B,1	0.20(0.007)d,B	0.19(0.005)d,B,1
Milled	Acrypoint	0.39(0.009)a	0.29(0.006)b,A,2	0.27(0.007)b,A	0.22(0.005)c,A
	Exa	0.37(0.009)a	0.21(0.006)b,B,2	0.18(0.007)c,B	0.17(0.005)c,B,2

Mean Ra (SD) of heat-polymerized and CAD/CAM milled in each polishing system and duration

* - Different small alphabetical letters indicate different Ra values between durations within the same denture base material and polishing system.

- Different capital letters indicate different Ra values between polishing systems within the same denture base materials and duration.

- Different numbers indicate different Ra values between denture base materials within the same polishing system and duration.

Table 4

Source	Type III Sum of Squares	*df*	Mean Square	F	Sig.
Material types	.003	1	.003	18.555	<.001
polishing systems	.024	2	.012	68.060	<.001
Material types * polishing systems	.001	2	.000	1.520	.235
Error	.005	30	.000		
Total	1.340	36			

Two-way repeated-measures ANOVA for effect of material types and polishing systems on the surface roughness (Ra)

The mean and standard deviation of Ra values for all tested specimens were shown in figure 3. A two-way repeated-measures ANOVA in table 4 indicated that surface roughness was significantly influenced by the polishing systems and types of material. However, there was no significant interaction effect between the material types and polishing systems. For both groups of materials, the conventional laboratory polishing produced the lowest Ra value, followed by the Exa technique and the Acrypoint chairside silicone polishing system. In contrast, the highest Ra values were detected after finished with a tungsten carbide bur in both groups. No significant differences were found between the specimen polished with Acrypoint, while the Ra value of CAD/CAM milled group was significantly lower than that of heat-polymerized group when polished with conventional laboratory

polishing and Exa technique. The Ra value of specimen decreased with each polishing bur of the stepwise polishing used. There was a significant difference in surface roughness between polishing with coarse and fine polisher

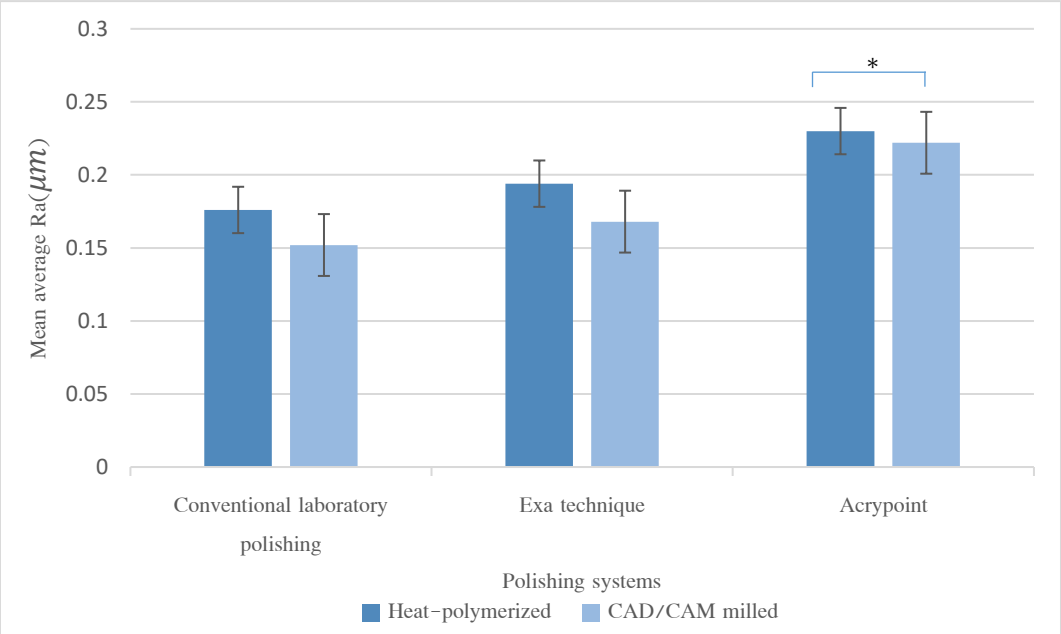


Figure 3 Mean and SD of Ra value for all tested group (* denotes no significant difference p>0.05)

Discussion

This study evaluated the effects of chairside polishing systems on the surface roughness of two different denture base materials. According to our findings, the data demonstrated that the different denture base materials significantly affected the surface roughness, even though the same polishing systems were used. A significant difference was observed between the CAD/CAM milled group and the heat-polymerized group after polishing by conventional laboratory polishing and Exa technique. However, no significant difference was found in the specimens polished with Acrypoint. Therefore, the first null hypothesis was partially rejected. The second null hypothesis, that the polishing system would not affect the surface roughness of each denture base material was also rejected because a significant difference between the specimens polished with conventional laboratory polishing, the Exa technique and Acrypoint was detected in both material types.

The present study has found that the CAD/CAM milled can be polished to a significantly smoother surface than heat-polymerized denture base by laboratory polishing and Exa technique. Our findings were supported by previous studies (Al-Dwairi et al., 2019; Bidra et al., 2013; Freitas et al., 2023), which found that CAD/CAM milled possessed significant superiority in surface roughness and excellent polishability compared with heat-polymerized denture base material. These results might be because CAD/CAM milled are fabricated under high temperature and pressure conditions to obtain dense acrylic resin with less porosity. The porosity on the surface might be the reason for higher surface roughness even after polishing(Kuhar et al, 2005). In addition, CAD/CAM milled is highly durable because it has fewer structural flaws and contains inorganic fillers in the final stage (Temizci & Bozoğulları, 2024).

There was no difference between CAD/CAM milled and heat-polymerized denture base materials after polishing with Acrypoint. Likewise, some previous studies reported no statistical difference between surface roughness of heat-polymerized and CAD/CAM milled denture base material, even though some of the materials tested varied (Fiore et al., 2022; Srinivasan et al., 2018). These suggested that the surface roughness of denture base material is influenced not only by the inherent properties of material but also by the polishing and finishing protocols. Silicone chairside polishing system contains matrix of silicone polishers with abrasive filler. The smoothness of the post-polishing acrylic surface depends on the amount, shape, and size of abrasive particles within the silicone matrix. The unavailable information about the composition of abrasive and silicone matrix used in both polishers made it difficult to explain the differences of results. Upon the author's visual examining under a stereomicroscope, the polishers from each step of each system were filled with the nearly the same size and number of abrasive particles. Furthermore, each serial silicone matrix seems to have different modulus from soft to hard of rough, medium, and fine polishers, respectively. Therefore, variations in the results could potentially be due to differences in the polisher matrix, such as the elastic modulus of the silicone, that should be further investigated.

In addition, the findings of this study also support the study of O'Donnell et al. that neither of the chairside polishing systems produced as smooth a surface as conventional polishing. Using a slurry of pumice containing aluminum oxide abrasives on a dental lathe had been reported to produce the lowest roughness value (Gantz et al., 2021). Thus, chairside polishing system can be effectively used as an alternative in which the laboratory procedure is not applicable. In the present study, the surface roughness was measured after every 90

seconds in each polisher. This value is based on our pilot study, in which we observed that the surface roughness of each material polished with each polishing system reached a plateau value at 90 seconds.

The limitation of this study is that the standardized in vitro protocols may not accurately simulate real clinical conditions. In clinical practice, the speed and pressure of the polisher cannot be completely controlled, as the effectiveness of polishing depends on each operator. However, the polishing factors of the chairside polishing system are limited to an appropriate range of speed and pressure, such as too high pressure, which can stop the rotation of the polishing burs, or too high speed, which cannot be well-controlled by operator and causes overheating of the denture surface. The use of other commercial chairside polishing systems available on the market might show different results as well.

Conclusions

Within the limitations of the present study, it can be concluded that CAD/CAM milled denture base exhibits a higher potential to be smoothed compared to heat-polymerized denture base. However, chairside silicone polishing systems results in rougher surface compared to conventional laboratory polishing, regardless of the material used.

References

Al-Dwairi, Z. N., Tahboub, K. Y., Baba, N. Z., Goodacre, C. J., & Ozcan, M. (2019). A Comparison of the Surface Properties of CAD/CAM and Conventional Polymethylmethacrylate (PMMA). *Journal of Prosthodontics*, *28*(4), 452-457. https://doi.org/10.1111/jopr.13033

Berger, J. C., Driscoll, C. F., Romberg, E., Luo, Q., & Thompson, G. (2006). Surface roughness of denture base acrylic resins after processing and after polishing. *Journal of Prosthodontics*, *15*(3), 180-186. https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2006.00098.x

Bidra, A. S., Taylor, T. D., & Agar, J. R. (2013). Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *109*(6), 361-366. https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60318-2

Bollen, C. M. L., Lambrechts, P., & Quirynen, M. (1997). Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dental Material*, *13*(4), 258-269. https://doi.org/10.1016/s0109-5641(97)80038-3

Fiore, A. D., Meneghello, R., Brun, P., Rosso, S., Gattazzo, A., Stellini, E., & Yilmaz, B. (2022). Comparison of the flexural and surface properties of milled, 3D-printed, and heat polymerized PMMA resins for denture bases: An in vitro study. *Journal of Prosthodontic Research*, *66*(3), 502-508. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_21_00116

Freitas, R., Duarte, S., Feitosa, S., Dutra, V., Lin, W. S., Panariello, B. H. D., & Carreiro, A. (2023). Physical, Mechanical, and Anti-Biofilm Formation Properties of CAD-CAM Milled or 3D Printed Denture Base Resins: In Vitro Analysis. *Journal of Prosthodontics*, *32*(S1), 38-44. https://doi.org/10.1111/jopr.13554

Gantz, L., Fauxpoint, G., Arntz, Y., Pelletier, H., & Etienne, O. (2021). In vitro comparison of the surface roughness of polymethyl methacrylate and bis-acrylic resins for interim restorations before and after polishing. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *125*(5), 833(1-10). https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.02.009

Gungor, H., Gundogdu, M., & Yesil, D. Z. (2014). Investigation of the effect of different polishing techniques on the surface roughness of denture base and repair materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *112*(5), 1271-1277. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.03.023

Hashem, M., Alsaleem, S. O., Assery, M. K., Abdeslam, E. B., Vellappally, S., & Anil, S. (2014). A comparative study of the mechanical properties of the light-cure and conventional denture base resins. *Oral Health Dent Manag*, *13*(2), 311-315. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24984639

Kuhar, M., & Funduk, N. (2005). Effects of polishing techniques on the surface roughness of acrylic denture base resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *93*(1), 76-85. https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.10.002

Quirynen, M., & Bollen, C. M. L. (1995). The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man. A review of the literature. *Journal of Clinical Periodontology*, *22*(1), 1-14. https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1995.tb01765.x

Srinivasan, M., Gjengedal, H., Cattani-Lorente, M., Moussa, M., Durual, S., Schimmel, M., & Muller, F. (2018). CAD/CAM milled complete removable dental prostheses: An in vitro evaluation of biocompatibility, mechanical properties, and surface roughness. *Dental Material*, *37*(4), 526-533. https://doi.org/10.4012/dmj.2017-207

Steinmassl, O., Dumfahrt, H., Grunert, I., & Steinmassl, P. A. (2018). Influence of CAD/CAM fabrication on denture surface properties. Journal of Oral Rehabilitation, *45*(5), 406-413. https://doi.org/10.1111/joor.12621

Temizci, T., & Bozoğulları, H. N. (2024). Effect of thermal cycling on the flexural strength of 3-D printed, CAD/CAM milled and heat-polymerized denture base materials. *BMC Oral Health*, *24*(1), 357. https://doi.org/10.1186/s12903-024-04122-y

Zafar, M. S. (2020). Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers*, *12*(10). https://doi.org/10.3390/polym12102299

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

กันตพัฒน์ อนุศักดิ์เสถียร[1*], ณัฐชญา ปรียาภัศร์สกุล[1], ชนากานต์ ฉิมพานิช[1], อุษณีย์ เข็มรักษ์[1], ปุณมนัส ขันคำมาละ[1], พิมพ์นารา วัฒโน[1], ปริณดา เทพคำ[1] และ แสงดาว วัฒนาสกุลเกียรติ[1]

A Study of the Relationship Between Emotional Quotient and Student Engagement of Students in Faculty of Humanities and Social Sciences, Naresuan University

Kantabhat Anusaksathien[1*], Natchaya Preeyapassakul[1], Chanakarn Chimphanish[1], Usanee Khemrug[1], Punmanut Khunkhammala[1], Natchaya Preeyapassakul[1], Pimnara Wathano[1], Parinda Thepkum[1] and Sangdaow Wattanasakulkiat[1]

[1]ภาควิชาจิตวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]Department of Psychology, Faculty of Social Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อศึกษาความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนโดยจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล (2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2565 โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างตามแต่บังเอิญ ได้นิสิตจำนวน 408 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ แบบประเมินความฉลาดทางอารมณ์สำหรับผู้ใหญ่ อายุ 18 – 60 ปี ของกรมสุขภาพจิต จำนวน 52 ข้อ และแบบประเมินความความยึดมั่นผูกพันในการเรียน โดย Partido State University จำนวน 40 ข้อ จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมานโดยใช้การทดสอบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ทำการทดสอบค่าเฉลี่ยรายคู่ ในกรณีที่ผลการวิเคราะห์ระหว่างตัวแปรมีความแตกต่างกันในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่มีความฉลาดทางอารมณ์ด้านดี อยู่ในเกณฑ์ปกติ ด้านเก่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ และด้านสุขอยู่ในเกณฑ์ปกติ ค่าเฉลี่ยความฉลาดทางอารมณ์โดยรวมอยู่ในระดับปกติ ($\bar{x}$= 153.65) ความยึดมั่นผูกพันในการเรียนโดยรวมอยู่ในระดับสูง ($\bar{x}$= 2.78) และความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ความฉลาดทางอารมณ์ ความยึดมั่นผูกพันในการเรียน นิสิต

Abstract

This survey research aimed to survey and study the relationship between emotional quotient and student engagement among 408 students in faculty of Humanities and Social sciences, Naresuan University. For data collection, the personal information questionnaires, Emotional quotient assessment for adults (age between 18-60) consisted of 52 questions and the Student engagement assessment by Partido State University consisted of 40 questions. 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 Humanities and Social Sciences students have a normal level of emotional quotient ($\bar{x}$=153.65) and a high level of student engagement ($\bar{x}$=2.78). The correlation between emotional quotient and student engagement was positively significant at 0.05.

Keywords: Emotional quotient, Student engagement, Student

บทนำ

ความฉลาดทางอารมณ์ มีบทบาทอย่างมากมายในชีวิตประจำวัน มีความสำคัญกับการทำงาน การเรียน และการปรับตัว (กุนนที พุ่มสงวน และ กัลยา ไผ่เกาะ, 2557) ความยึดมั่นผูกพันในการเรียนคือ การมีส่วนร่วมทางวิชาการ ขอบเขตและความเข้มข้นที่นักเรียนมีส่วนร่วมและประยุกต์ใช้กับการเรียนรู้และกิจกรรมอื่น ๆ ของมหาวิทยาลัย ตลอดจนความสัมพันธ์และโครงสร้างการสนับสนุนที่มีอยู่ เพื่อสนับสนุนการมีส่วนร่วมของนิสิต(Pennsylvania Department of Education, 2023) และปัจจัยทั้งทางด้านความฉลาดทางอารมณ์สิ่งที่มิได้ติดตัวมาตั้งแต่กำเนิด แต่หากต้องเรียนรู้จากการใช้ชีวิตเพื่อพัฒนาทักษะนี้ หากพบว่า มีการพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ไม่เหมาะสม อาจเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดปัญหาในการใช้ชีวิตได้ โดยหากมีความฉลาดทางอารมณ์ที่ไม่เหมาะสม อาจก่อให้เกิดปัญหาในการจัดการอารมณ์ของตนเองและแสดงออกผ่านพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม เช่น การใช้สารเสพติด การมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควร ผลการเรียนไม่ดี เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า นิสิตที่มีความฉลาดทางอารมณ์สูงมักประสบความสำเร็จมากกว่าในการเอาชนะความกลัวและความล้มเหลวเกี่ยวกับความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ซึ่งสามารถนำความฉลาดทางอารมณ์มาทำนายภาพรวมความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนิสิตได้ (พิมพ์รัตน์ ธรรมรักษา และอาภาพร เผ่าวัฒนา, 2562) ดังนั้น นักเรียนหรือนักศึกษาที่มีความฉลาดทางอารมณ์ในระดับที่สูง จะสามารถตรวจสอบอารมณ์ของตนเองได้ดีขึ้นและมีความเห็นอกเห็นใจผู้อื่นรอบตัว สิ่งนี้สามารถช่วยให้พวกเขาพัฒนาแรงจูงใจในตนเองที่ดีขึ้น และทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นเพื่อช่วยให้นักเรียนกลายเป็นผู้เรียนที่มีความมั่นใจมากขึ้น หรือมีความยึดมั่นผูกพันในการเรียนที่ดีขึ้นนั่นเอง (India Today, 2019) จากการศึกษางานวิจัยของ Surekha & Surekha (2016) เกี่ยวข้องด้านความฉลาดทางอารมณ์

ของมหาวิทยาลัยในประเทศอินเดียพบว่า นักศึกษาที่มีปัญหาความเครียดทางด้านวิชาการส่วนใหญ่ มีความฉลาดทางด้านอารมณ์ต่ำกว่านักศึกษาที่ไม่มีปัญหาความเครียดทางวิชาการ ในอีกด้านของมหาวิทยาลัย Middlebury College (Moeller et al., 2020) ของสหรัฐอเมริกาพบว่า ความฉลาดทางอารมณ์ต่ำ ส่งผลต่อความเครียด ความกังวล และภาวะซึมเศร้าในหมู่นักศึกษาเช่นกัน การศึกษาในประเทศไทยพบว่า ความฉลาดทางอารมณ์สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางด้านวิชาการของนักศึกษา โดยงานวิจัยของ ปวีณา ชัยวนารมย์ และคณะ (2565) ศึกษาปัจจัยความฉลาดทางอารมณ์ส่งผลต่อความเครียดในนักศึกษากลุ่มสังคมศาสตร์พบว่า ความฉลาดทางอารมณ์สัมพันธ์ต่อความเครียดในทางบวก ทำให้นักศึกษาบางส่วนมีความยากลำบากในการเรียน เนื่องจากมีความฉลาดทางอารมณ์ต่ำและไม่สามารถควบคุมการจัดการอารมณ์ของตนเองได้อย่างเหมาะสม และจากการสัมภาษณ์กลุ่มนิสิตคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์จำนวนหนึ่งแห่งมหาวิทยาลัยนเรศวรพบว่า นิสิตบางส่วนมีปัญหาในเรื่องการจัดการความเครียดในการเรียน บางส่วนมีปัญหาในเรื่องการจัดการความเครียดและการแสดงออกทางวิชาการ ซึ่งความฉลาดทางอารมณ์จำเป็นต่อกลุ่มคณะเหล่านี้อย่างมาก เนื่องจากเป็นกลุ่มของสาขาวิชาที่เกี่ยวกับการศึกษาสภาวะแห่งมนุษย์โดยส่วนใหญ่ใช้กรรมวิธีเชิงวิเคราะห์, วิจารณญาณ หรือการคาดการณ์ซึ่งแตกต่างจากการเข้าสู่ปัญหาด้วยกรรมวิธีเชิงประจักษ์ด้วยธรรมชาติ, สังคมศาสตร์ (Chill Chills, 2563) จากเหตุผลในข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยเป็นการศึกษาและประเมินระดับความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนและหาความสัมพันธ์ของทั้งสองด้าน เพื่อนำผลมาทำการวิเคราะห์ว่าความสัมพันธ์นั้น ส่งผลต่อการใช้ชีวิตของนักศึกษาในทิศทางใด และเพื่อทราบถึงแนวโน้มของปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับนิสิตพร้อมทั้งสามารถหาแนวทางในการแก้ไขป้องกัน หรือช่วยเหลือนิสิตได้อย่างทันท่วงที

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความฉลาดทางอารมณ์ ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. เพื่อศึกษาความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตกลุ่มคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. เพื่อศึกษาความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตกลุ่มคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล
4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตกลุ่มคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายในศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยผู้ศึกษาได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาค้นคว้าในด้านพื้นที่ ประชากร และระยะเวลาในการศึกษา ดังนี้

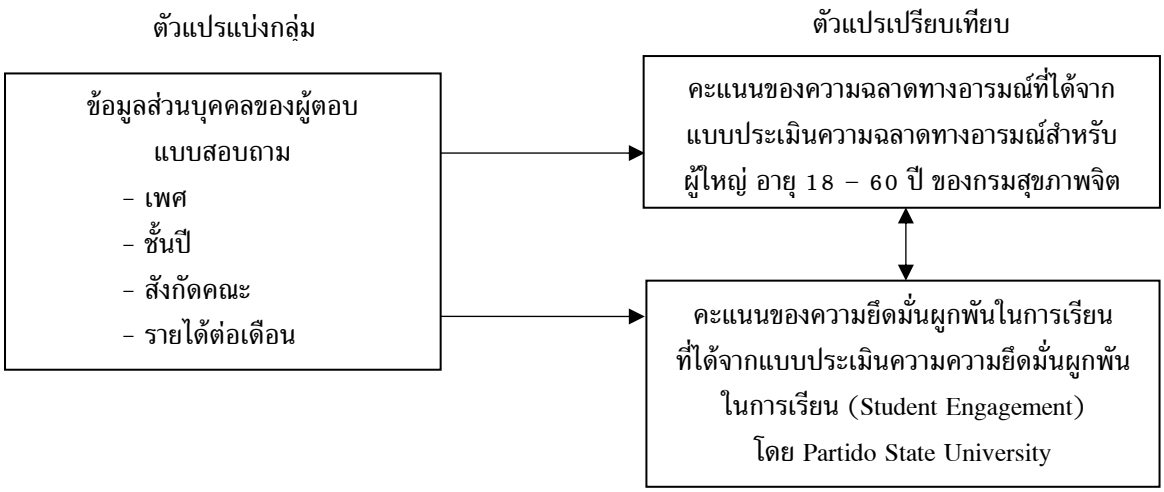
1. พื้นที่ในการศึกษา คือ กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นิสิตระดับปริญญาตรีที่กำลังศึกษาในกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2565 จำนวน 10,549 คน โดยมีคณะศึกษาศาสตร์ คณะนิติศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร คณะสังคมศาสตร์ และวิทยาลัยนานาชาติ

3. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเลือกจากประชากร โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างจำนวน 408 คน ซึ่งจำนวนนี้ได้จากการใช้สูตรคำนวณกลุ่มตัวอย่างของ Krejcie & Morgan (1970) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2566

กรอบแนวคิดในการวิจัย



วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เพื่อใช้ในงานวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้วิธีวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างของประชากร ใช้การวัดผลเพียงครั้งเดียว ซึ่งมีการใช้

แบบประเมินเป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ผลลัพธ์ของการวิจัยดำเนินไปตามกระบวนการวิจัยให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยจึงมีขั้นตอนและรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 10,549 คน แบ่งได้ 5 คณะ 1 วิทยาลัย คือ คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1,981 คน คณะนิติศาสตร์ จำนวน 1,298 คน คณะมนุษยศาสตร์ จำนวน 2,076 คน คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร จำนวน 3,230 คน คณะสังคมศาสตร์ จำนวน 1,654 คน และวิทยาลัยนานาชาติ จำนวน 310 คน (รายงานสถิติจำนวนนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวรประจำปีการศึกษา, 2565)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยทำการคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรคำนวณของ Krejcie & Morgan ที่มีค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และสำรองกลุ่มตัวอย่างกรณีข้อมูลมีความเสียหายจำนวนคณะละ 10 คน ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง (Quota Sampling) ในการกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละคณะในกลุ่มคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ เป็นนิสิตตั้งแต่ชั้นปีที่ 1 ถึงชั้นปีที่ 4 ในปีการศึกษา 2565 ยินยอมให้ข้อมูลและสามารถตอบแบบสอบถามได้ด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการสุ่มตามแต่บังเอิญ เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบหยิบฉวยจนกว่าจะได้ครบจำนวนที่ต้องการในแต่ละคณะ จนข้อมูลครบ 408 คน โดยจำแนกตามคณะในกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ได้ดังนี้ คณะนิติศาสตร์ จำนวน 50 คน คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร จำนวน 125 คน คณะมนุษยศาสตร์ จำนวน 80 คน คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 77 คน คณะสังคมศาสตร์ จำนวน 64 คน วิทยาลัยนานาชาติ จำนวน 12 คน

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria)

1. ผู้ที่กำลังศึกษาอยู่ในหลักสูตรปริญญาตรี กลุ่มมนุษศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป
2. ผู้ที่มีความสามารถในการสื่อสารและเข้าใจภาษาไทยได้ดี สามารถตอบแบบสอบถามได้ด้วยตนเอง
3. ยินยอมให้ข้อมูลและเข้าร่วมตอบแบบสอบถามในการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria)

1. ผู้ที่ตอบแบบสอบถามไม่ถูกต้องครบถ้วนตามคำชี้แจง
2. ไม่ยินยอมให้ข้อมูลและเข้าร่วมตอบแบบสอบถามในการวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ แบบประเมินความฉลาดทางอารมณ์และแบบประเมินความยึดมั่นผูกพันในการเรียน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล มีลักษณะเป็นแบบตรวจคำตอบ (Check list)

ส่วนที่ 2 แบบประเมินความฉลาดทางอารมณ์สำหรับผู้ใหญ่ อายุ 18-60 ปี ของกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข (2544) รวมข้อคำถามมีทั้งหมด 52 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ด้านดี ด้านสุข และด้านเก่ง ประกอบไปด้วยคำถาม

- **ด้านดี** หมายถึง ความสามารถในการควบคุมอารมณ์และความต้องการของตนเอง รู้จักเห็นใจผู้อื่นและมีความรับผิดชอบต่อส่วนรวม จำนวน 18 ข้อ แยกเป็น 3 ด้านย่อย คือ ด้านควบคุมตนเอง ข้อ 1-6 ด้านเห็นใจผู้อื่น ข้อ 7-12 และด้านรับผิดชอบ ข้อ 13-18

- **ด้านสุข** หมายถึง ความสามารถในการรู้จักตนเอง มีแรงจูงใจ สามารถตัดสินใจแก้ปัญหาและแสดงออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งมีสัมพันธภาพที่ดีกับผู้อื่น จำนวน 18 ข้อ แยกเป็น 3 ด้านย่อย คือ ด้านมีแรงจูงใจ ข้อ 19-24 ด้านตัดสินใจและแก้ไขปัญหา ข้อ 25-30 และด้านสัมพันธภาพ ข้อ 31-36

- **ด้านเก่ง** หมายถึง ความสามารถในการดำเนินชีวิตอย่างมีความสุข จำนวน 16 ข้อ แยกเป็น 3 ด้านย่อย คือ ด้านภูมิใจในตนเอง ข้อ 37-40 ด้านพอใจชีวิต ข้อ 41-46 และด้านสุขสงบทางใจ ข้อ 47-52

ซึ่งแบบประเมินความฉลาดทางอารมณ์แบ่งระดับเป็นมาตราส่วน 4 ระดับ ได้แก่ ไม่จริง จริงบางครั้ง ค่อนข้างจริง จริงมาก โดยการให้คะแนนแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยข้อ 1,4,6,7,10,12,14,15,17,20,22,23,25,28,31,32,34,36,38,39,41,42,43,44,46,48,49,50 แต่ละข้อให้คะแนนดังต่อไปนี้ ตอบไม่จริง ให้ 1 คะแนน ตอบจริงบางครั้ง ให้ 2 คะแนน ตอบค่อนข้างจริง ให้ 3 คะแนน ตอบจริงมาก ให้ 4 คะแนน

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยข้อ 2,3,5,8,9,11,13,16,18,19,21,24,26,27,29,30,33,35,37,40,45,47,51,52 ตอบไม่จริงให้ 4 คะแนน ตอบจริงบางครั้งให้ 3 คะแนน ตอบค่อนข้างจริงให้ 2 คะแนน ตอบจริงมากให้ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การแปลผลโดยรวมดังนี้ คะแนนรวม 103-139 คะแนน มีความฉลาดทางอารมณ์อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าปกติ 140-170 คะแนน มีความฉลาดทางอารมณ์อยู่ในเกณฑ์ปกติ 171-187 คะแนน มีความฉลาดทางอารมณ์อยู่ในเกณฑ์สูงกว่าปกติ

ส่วนที่ 3 แบบประเมินความความยึดมั่นผูกพันในการเรียน (Student Engagement) Delfino (2019) รวมข้อคำถามมีทั้งหมด 40 ข้อ โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านการมีส่วนร่วมทางพฤติกรรมในการเรียน จำนวน 12 ข้อ

ด้านการมีส่วนร่วมทางความรู้คิดเชิงวิชาการ จำนวน 17 ข้อ และด้านการแสดงออกทางอารมณ์ต่อการเรียน 11 ข้อ ซึ่งแบบความยึดมั่นผูกพันในการเรียน แบ่งระดับเป็นมาตราส่วน 4 ระดับ ได้แก่ น้อยที่สุด น้อย มาก มากที่สุด โดยตอบน้อยที่สุด หมายถึง ข้อความนั้นสอดคล้องกับผู้ตอบในระดับน้อยที่สุด ตอบน้อย หมายถึง ข้อความนั้นสอดคล้องกับผู้ตอบในระดับน้อย ตอบมาก หมายถึง ข้อความนั้นสอดคล้องกับผู้ตอบในระดับมาก ตอบมากที่สุด หมายถึง ข้อความนั้นสอดคล้องกับผู้ตอบในระดับมากที่สุดในการประเมินระดับความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยเลขคณิต โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับดังนี้ คะแนนระหว่าง 1.0-1.7 หมายถึง น้อยที่สุด คะแนนระหว่าง 1.8-2.5 หมายถึง น้อย คะแนนระหว่าง 2.6-3.3 หมายถึง สูง คะแนนระหว่าง 3.4-4.0 หมายถึง สูงที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

นำแบบประเมินความความยึดมั่นผูกพันในการเรียน (Student Engagement) ฉบับภาษาไทย ไปหาค่าความเที่ยงของเครื่องมือ (Reliability) โดยนำไปทดลองใช้กับนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยนำไปทดลองใช้กับนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และนำมาวิเคราะห์ความเที่ยง โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอรนบาค (Cronbach's Alpha) ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค เท่ากับ 0.91 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับดีมาก หมายถึง แบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจริงได้ และแบบประเมินความฉลาดทางอารมณ์สำหรับผู้ใหญ่ อายุ 18-60 ปี ของกรมสุขภาพจิต มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับดีมาก

ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และเปรียบเทียบข้อมูลส่วนบุคคลกับความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อีกทั้งยังศึกษาเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 302 คน (ร้อยละ 74.0) และเป็นเพศชาย จำนวน 106 คน (ร้อยละ 26.0) กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 1 มากที่สุด จำนวน 123 คน (ร้อยละ 30.1) รองมาเป็นชั้นปีที่ 3 จำนวน 106 คน (ร้อยละ 226.0) ส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 4,001 – 6,000 บาทต่อเดือน

จำนวน 163 คน (ร้อยละ 39.9) รองมามีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่า 4,000 บาทต่อเดือน จำนวน 95 คน (ร้อยละ 23.3) เกรดเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 3.51-4.00 จำนวน 147 คน (ร้อยละ 36.0) รองลงมาคือ 3.01-3.50 จำนวน 135 คน (ร้อยละ 33.1)

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

จำนวน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความฉลาดทางอารมณ์ จำแนกตามด้านและจำแนกตามองค์ประกอบ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความฉลาดทางอารมณ์ด้านดี อยู่ในเกณฑ์ปกติ ค่าเฉลี่ย 56.89 โดยจำแนกตามองค์ประกอบ คือ ควบคุมตนเอง อยู่ในเกณฑ์สูงกว่าปกติ (ค่าเฉลี่ย 18.59) และมีเห็นใจผู้อื่นและรับผิดชอบอยู่ในเกณฑ์ปกติ ด้านเก่ง อยู่ในเกณฑ์ปกติ (ค่าเฉลี่ย 49.94) โดยจำแนกตามองค์ประกอบมีแรงจูงใจ ตัดสินใจและแก้ปัญหาและสัมพันธภาพ อยู่ในเกณฑ์ปกติทั้งหมด และด้านสุข อยู่ในเกณฑ์ปกติ (ค่าเฉลี่ย 46.82) โดยจำแนกตามองค์ประกอบพอใจในตนเอง พอใจชีวิตและสุขสงบทางใจ อยู่ในเกณฑ์ปกติทั้งหมด

จำนวนค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความฉลาดทางอารมณ์ จำแนกตามคณะของกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 5 คณะ 1 วิทยาลัย อยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยวิทยาลัยนานาชาติมีคะแนนความฉลาดทางอารมณ์สูงที่สุด(ค่าเฉลี่ย 159.25) ตามด้วยคณะนิติศาสตร์ (ค่าเฉลี่ย 155.92) คณะศึกษาศาสตร์ (ค่าเฉลี่ย 155.81) คณะสังคมศาสตร์ (ค่าเฉลี่ย 154.89) คณะมนุษยศาสตร์ (ค่าเฉลี่ย 153.04) และคณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์ และการสื่อสาร (ค่าเฉลี่ย 150.62) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติทั้งหมด

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความฉลาดทางอารมณ์โดยรวม และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนโดยรวม ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จากแบบประเมินความฉลาดทางอารมณ์สำหรับผู้ใหญ่ อายุ 18-60 ปี ของกระทรวงสาธารณสุข กรมสุขภาพจิต (2544) พบว่า มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความฉลาดทางอารมณ์โดยรวม เท่ากับ 153.65 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ และแบบประเมินความความยึดมั่นผูกพันในการเรียน (Student Engagement) โดย Delfino (2019) พบว่า มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียนโดยรวม เท่ากับ 2.78 คะแนน ซึ่งมีระดับความยึดมั่นผูกพันในการเรียนสูง

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลส่วนบุคคลกับความฉลาดทางอารมณ์นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความฉลาดทางอารมณ์ในเพศชายและเพศหญิง พบว่า ค่า $t(406) = -1.00$, $P > .05$ แสดงว่า คะแนนความฉลาดทางอารมณ์ของนิสิตในเพศชายมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่าง

(M = 152.14, $S.D.$ =18.34) กับคะแนนความฉลาดทางอารมณ์ของนิสิตในเพศหญิง (M = 154.18, $S.D.$ =17.94) อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของรายได้เฉลี่ยต่อเดือนกับคะแนนความฉลาดทางอารมณ์

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P-value
ระหว่างกลุ่ม	3	3367.39	1122.46	3.51	.015*
ภายในกลุ่ม	404	129111.8	319.58		
รวม	407	132479.2			

*มีนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ <0.05

จากตารางที่ 1 ค่า F(3, 404) = .015, P < .05 หมายความว่า ข้อมูลส่วนบุคคลด้านรายได้เฉลี่ยแตกต่างกันส่งผลต่อค่าเฉลี่ยคะแนนความฉลาดทางอารมณ์แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 อย่างน้อย 1 คู่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบพหุคูณ โดยใช้วิธีทดสอบแบบ Scheffe เพื่อพิจารณาว่าค่าเฉลี่ยของคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันพบว่า ค่า Sig ของรายได้น้อยกว่า 4,000 บาทและ 4,001-6,000 เท่ากับ .045 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำให้คะแนนความฉลาดทางอารมณ์ ของนิสิตรายได้น้อยกว่า 4,000 บาทแตกต่างกับนิสิตรายได้ระหว่าง 4,001-6,000 บาท EQ และการเงินมีความสำคัญในระดับบุคคล และสำคัญยิ่งกว่านั้นเมื่อคิดถึงการสื่อสารและการวางแผนภายในครอบครัว ซึ่งทุกคนมีแนวโน้มที่จะนำเสนอมุมมองที่แตกต่างและแข่งขันกัน ซึ่ง EQ และการเงินจะเข้ามามีบทบาทในการเสนอแนะความเห็น วางแผน ตัดสินใจ และการจัดการอารมณ์

ส่วนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลส่วนตัวกับความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของรายได้เฉลี่ยต่อเดือนกับคะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียน

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P-value
ระหว่างกลุ่ม	3	2467.0	822.33	2.81	.039*
ภายในกลุ่ม	404	118092.5	292.31		
รวม	407	120559.5			

*มีนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ <0.05

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่า F(3, 404) = 2.81, P < .05 หมายความว่า ข้อมูลส่วนบุคคลด้านรายได้เฉลี่ยแตกต่างกันส่งผลต่อค่าเฉลี่ยคะแนนคะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

อย่างน้อย 1 คู่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบพหุคูณ โดยใช้วิธีทดสอบแบบ Turkey HSD เพื่อพิจารณาว่าค่าเฉลี่ยของคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันกัน พบว่า ค่า Sig ของรายได้น้อยกว่า 4,000 บาทและ มากกว่า 8,000 เท่ากับ .033 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำให้คะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ของนิสิตรายได้น้อยกว่า 4,000 บาทแตกต่างกับนิสิตรายได้ระหว่าง มากกว่า 8,000 สอดคล้องกับการศึกษากล่าวว่าประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของนักศึกษาเต็มเวลาที่ทำงานมากกว่า 20 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ กล่าวว่าสิ่งนี้ขัดขวางผลการเรียนของพวกเขา แต่ก็เหมือนกับที่หลาย ๆ คนกล่าวว่า พวกเขามักพิจารณาเพิ่มชั่วโมงการทำงานมากขึ้นเพื่อครอบคลุมค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ 32 เปอร์เซ็นต์ของนักศึกษาปีแรกและ 36 เปอร์เซ็นต์ของนักศึกษากล่าวว่าความกังวลทางการเงินขัดขวางผลการเรียนของพวกเขา (Allie Grasgreen, 2012)

ส่วนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน

แบบประเมิน	ความยึดมั่นผูกพันในการเรียน		
	ค่าความสัมพันธ์	P-value	ระดับความสัมพันธ์
ความฉลาดทางอารมณ์	.458	.00**	สัมพันธ์ระดับต่ำ

**มีนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนความฉลาดทางอารมณ์และคะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียนมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ ($r = .458$, P-value $< .05$) กล่าวคือ ในมุมมองของการให้คะแนนความฉลาดทางอารมณ์มีความสัมพันธ์กับการให้คะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียนในทิศทางเดียวกัน ในระดับต่ำ

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์กับองค์ประกอบรายด้านของความยึดมั่นผูกพันในการเรียน

แบบประเมิน	ความฉลาดทางอารมณ์		
	ค่าความสัมพันธ์	P-value	ระดับความสัมพันธ์
ด้านการมีส่วนร่วมทางวิชาการ	.382	.00**	สัมพันธ์ระดับต่ำ
ด้านการมีส่วนร่วมทางความรู้ คิดเชิงวิชาการ	.407	.00**	สัมพันธ์ระดับต่ำ
ด้านการแสดงออกทางอารมณ์ต่อการเรียน	.444	.00**	สัมพันธ์ระดับต่ำ

**มีนัยความสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับต่ำ โดยคะแนนความฉลาดทางอารมณ์มีค่าความสัมพันธ์กับด้านการแสดงออกทางอารมณ์ต่อการเรียนมากที่สุด (r = .444, P-value < .05) และรองลงมาคือ ด้านการมีส่วนร่วมทางความรู้คิดเชิงวิชาการ (r = .444, P-value < .05) และด้านการมีส่วนร่วมทางวิชาการ (r = .382, P-value < .05) กล่าวคือ ในมุมมองของการให้คะแนนความฉลาดทางอารมณ์มีความสัมพันธ์กับการให้คะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียนในแต่ละด้านนั้นอยู่ในทิศทางเดียวกัน ในระดับต่ำ

อภิปรายผลการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถอภิปรายตามวัตถุประสงค์ของวิจัย ได้ดังนี้

1. ความฉลาดทางอารมณ์

ผลการศึกษาพบว่า นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยรวมมีค่าเฉลี่ยคะแนนความฉลาดทางอารมณ์ เท่ากับ 153.65 ซึ่งอยู่ในความฉลาดทางอารมณ์ระดับปกติ หมายความว่า นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีความสามารถในการรับรู้ สังเกต และเข้าใจความรู้สึกและอารมณ์ของตนเองและของผู้อื่นอยู่ในระดับปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Brackett & Salovey (2006) และงานวิจัยของ Brackett et al., (2011) ได้อธิบายถึงความสามารถนี้ยังรวมการใช้ความเข้าใจทางอารมณ์ในการตัดสินใจ แก้ไขปัญหา และสื่อสารกับผู้อื่นที่อยู่ในระดับปกติอีกด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องจาก มีการศึกษาว่านิสิตในสาขาวิชาที่แตกต่างกันมีบุคลิกภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะบุคลิกภาพตามธรรมชาติของนิสิตในสาขาวิชานั้น ๆ มีความสัมพันธ์กับความฉลาดทางอารมณ์อีกด้วย นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vernon et al., (2008) ซึ่งเป็นการวิจัยว่าโดยธรรมชาติของนิสิตคณะมนุษยศาสตร์มีการวิจัยว่า พื้นฐานแล้วพวกเขาจะถูกฝึกให้มีความยืดหยุ่นทางอารมณ์และทักษะเพื่อปรับตัวให้เข้ากับความท้าทายและ

ความเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ รวมถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในงานวิจัยที่สอดล้องกันของ University of Oxford, (2023) และงานวิจัยของ Babbage & Ronan (2000) ได้อธิบายในส่วนของนิสิตสังคมศาสตร์นั้นมีปัจจัยความเปิดกว้างต่อประสบการณ์ ความเห็นอกเห็นใจ และความให้ร่วมมือกับผู้อื่น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อระดับความฉลาดทางอามรมณ์ ทำให้นิสิตคณะสังคมศาสตร์มีความฉลาดทางอารมณ์สูงกว่าบางสาขาวิชา ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้สนับ สนุนต่อผลคะแนนความฉลาดทางอารมณ์ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปกติ

2. ความยึดมั่นผูกพันในการเรียน

ผลการศึกษาพบว่า นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีค่าเฉลี่ยคะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ซึ่งมีระดับความยึดมั่นผูกพันในการเรียนสูง หมายความว่า นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ให้ส่วนร่วมในทางด้านวิชาการที่สูง ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ความยึดมั่นผูกพันในการเรียน คือ การมีส่วนร่วมทางวิชาการ ขอบเขตและความเข้มข้นที่นักเรียนมีส่วนร่วมและประยุกต์ใช้กับการเรียนรู้และกิจกรรมอื่น ๆ ของมหาวิทยาลัย ตลอดจนความสัมพันธ์และโครงสร้างการสนับสนุนที่มีอยู่เพื่อสนับสนุนการมีส่วนร่วมของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pennsylvania Department of Education (2023) และงานวิจัยของ Skinner et al., (2008) โดยมีหลักฐานงานวิจัยสนับสนุนว่า ความยึดมั่นผูกพันในการเรียนเป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในสาธารณรัฐโดมินิกัน ซึ่งความยึดมั่นผูกพันในการเรียนที่สูงนั้นได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบบริบทต่าง ๆ เช่น รูปแบบการสอนของอาจารย์ บรรยากาศในห้องเรียน และการโต้ตอบกับเพื่อน ๆ ที่ดีเหมือนเช่นในนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียน

ผลการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในมุมมองของการให้คะแนนความฉลาดทางอารมณ์มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับการให้คะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียน กล่าวคือ ในการให้คะแนนการมีความฉลาดทางอารมณ์ที่สูง จะมีความยึดมั่นผูกพันในการเรียนที่สูง และความฉลาดทางอารมณ์ที่ต่ำ จะมีความยึดมั่นผูกพันในการเรียนที่ต่ำ ความฉลาดทางอารมณ์สามารถทำนายมิติต่าง ๆ ในการมีส่วนร่วมของการเรียนได้ หากความฉลาดทางอารมณ์ไปในทิศทางบวกจะส่งผลต่อการมีส่วนร่วมในการเรียนของนักเรียนในเชิงบวกอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mohzan et al., (2013) พบว่า นิสิตที่มีความฉลาดทางอารมณ์ มีทักษะด้านมนุษยสัมพันธ์และความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลที่ดีกว่า มีความยืดหยุ่นมากกว่า จัดการความเครียดได้ดี และมีแนวโน้มที่จะปฏิบัติงานเชิงวิชาการได้มากที่สุด นอกจากนี้ นักเรียนที่มีความตระหนักรู้ในตนเองโดยเฉพาะมีความมั่นใจในการเข้าร่วมกิจกรรมภายในและภายนอกห้องเรียนมักจะประสบความสำเร็จในโรงเรียน อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chew et al., (2013) แสดงให้เห็นว่า

นักเรียนที่มีความฉลาดทางอารมณ์มากกว่าจะทำงานและมีส่วนร่วมทางการเรียนได้ดีกว่า ทั้งในการประเมินอย่างต่อเนื่องและในการสอบปลายภาค ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าการพัฒนาทักษะทางอารมณ์อาจช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมทางวิชาการของนิสิตได้ ผลการศึกษาพบว่า ความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก หรือเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้วิจัยรายงานผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิง จำนวน 302 คนคิดเป็นร้อยละ 74 และเป็นเพศชาย จำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ 26 ส่วนใหญ่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 1 จำนวน 123 คน คิดเป็นร้อยละ 30.1 และส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ที่ 4,001 – 6,000 บาทต่อเดือน จำนวน 163 คน คิดเป็นร้อยละ 39.9

ส่วนที่ 2 ข้อมูลความฉลาดทางอารมณ์ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า ความฉลาดทางอารมณ์ของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ความฉลาดทางอารมณ์ที่มีการแจกแจงตามเกณฑ์เฉลี่ย พบว่า นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีความฉลาดทางอารมณ์ระดับต่ำกว่าปกติ จำนวน 103 คน คิดเป็นร้อยละ 25.2 ระดับปกติ 227 จำนวน คน คิดเป็นร้อยละ 55.6 และระดับสูงกว่าปกติ จำนวน 78 คน คิดเป็นร้อยละ 19.1 ตามลำดับ โดยรวมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 153.65 ซึ่งอยู่ในความฉลาดทางอารมณ์ระดับปกติ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า ความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ความยึดมั่นผูกพันในการเรียนที่มีการแจกแจงตามเกณฑ์เฉลี่ย พบว่า นิสิตกลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยรวมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 2.78 ซึ่งอยู่ในระดับสูง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่า มหาวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนิสิต หมาวิทยาลัยสามารถนำผลวิจัยที่ได้ไปส่งเสริมเพื่อพัฒนานิสิตให้เป็นคนที่มีความฉลาดทางอารมณ์ เพิ่มศักยภาพและคุณสมบัติที่ดีในการเผชิญปัญหาต่าง ๆในอนาคต รวมถึงการส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ให้นิสิตได้ตระหนักถึงการเรียนและการศึกษา เพื่อเสริมสร้างความมั่นใจในการประกอบอาชีพของตนเอง

ค่าเฉลี่ยของคะแนนความฉลาดทางอารมณ์โดยรวมอยู่ในเกณฑ์ปกติ และแบบประเมินความความยึดมั่นผูกพันในการเรียน มีระดับความยึดมั่นผูกพันในการเรียนสูงซึ่งหมายถึงพื้นฐานของนิสิตอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและสามารถพัฒนาทักษะเหล่านี้เพิ่มได้ ดังนั้นมหาวิทยาลัยอาจจะมีกิจกรรม หรือการจัดโครงการการส่งเสริมให้มีความฉลาดทางอารมณ์ โดยผ่านกระบวนเรียนในชั้นเรียน และส่งเสริมการทำกิจกรรมต่าง ๆในมหาวิทยายาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาช่วยเหลือและให้ความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยขอกล่าวนำเพื่อระลึกถึงและขอขอบคุณพวกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ คือ ทีมผู้ช่วยวิจัยทั้ง 6 ท่าน ได้แก่ คุณณัฐชญา ปรียาภัศร์สกุล, คุณชนากานต์ ฉิมพานิช, คุณอุษณีย์ เข็มรักษ์, คุณปุณมนัส ขันคำมาละ, คุณพิมพ์นารา วัฒโน, คุณปริณดา เทพคำ ที่ได้ร่วมกันทำงานวิจัยนี้ตั้งแต่เริ่มต้น ทั้งการทำเอกสารจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ การเก็บข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล จนเสร็จสิ้นกระบวนการวิจัย รวมถึงขอขอบคุณ ดร.สุรเดช ประยูรศักดิ์ และ ดร.แสงดาว วัฒนาสกุลเกียรติ ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขจนงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. กรมสุขภาพจิต. (2544). *องค์ประกอบของความฉลาดทางอารมณ์*. http://www.nanabio.com/Research/image%20research/research% 20work/EQ/EQ%2002.html

กองกิจการนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2565). รายงานประจำปี 2565 กองกิจการนิสิต มหาวิทยาลัยนเรศวร. รายงานสถิติจำนวนนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวรประจำปี 2565. มหาวิทยาลัยนเรศวร. https://www.sa.nu.ac.th/annual%20report/annual%20report%202565.pdf

กุนนที พุ่มสงวน และ กัลยา ไผ่เกาะ. (2557). พยาบาลกับการพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์. *วารสารพยาบาลทหารบก. 15*(3), 18-23

ปวีณา ชัยวนารมย์, สุมาลี ศรีชัยสวัสดิ์, กัลยา รัตนศิวะ, และบวร เครือรัตน์. (2565). ความเครียดและความฉลาดทางอารมณ์ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์แห่งรัตนโกสินทร์, *4*(1), 33-45.

พิมพ์รัตน์ ธรรมรักษา และอาภาพร เผ่าวัฒนา. (2562). ความฉลาดทางอารมณ์กับพฤติกรรมเสี่ยงในวัยรุ่น. *วารสารวิจัยสุขภาพและการพยาบาล*, *35*(3), 212-223

Babbage, D. R., & Ronan, K. R. (2000). Philosophical worldview and personality factors in traditional and social scientists: Studying the world in our own image. *Personality and Individual Differences*, *28*, 405-420.

Brackett, M. A., & Salovey, P. (2006). Measuring emotional intelligence with the Mayer-Salovery-Caruso emotional intelligence test (MSCEIT). *Psicothema*, *18*, 34-41.

Brackett, M. A., Rivers, S. E., & Salovey, P. (2011). Emotional intelligence: Implications for personal, social, academic, and workplace success. *Social and Personality Psychology Compass. 5*(1), 88-103.

Chew, B. H., Zain, A. M., & Hassan, F. (2013). Emotional intelligence and academic performance in first and final year medical students: a cross-sectional study. *BMC medical education*, *13*, 44. https://doi.org/10.1186/1472-6920-13-44

Chill Chills. (2563). *คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์เรียนเกี่ยวกับอะไร*. https://tcaster.net/2020/01/เรียนเกี่ยวกับอะไรบ้าง/

Delfino, A.P. (2019). Student Engagement and Academic Performance of Students of Partido State University. *Asian Journal of University Education*. *15*(1), 1-16

Grasgreen, A. (2012). Money on the Mind. Inside Higher Ed. https://www.insidehighered.com/news/2012/11/15/finances-affect-students-academically-nsse-2012-finds

India Today. (2019). *How emotional intelligence benefits students*. https://www.indiatoday.in/education-today/featurephilia/story/how-emotional-intelligence-benefits-students-1573558-2019-07-25

Krejcie & Morgan. (1970). *Sample Size Table*. https://www.research-advisors.com/tools/SampleSize.htm

Moeller, R. W., Seehuus, M., & Peisch, V. (2020). Emotional intelligence, belongingness, and mental health in college students. *Frontiers in Psychology*, *11*(93), 1-10. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00093

Mohzan, M. A. M., Hassan, N., & Halil, N. A. (2013). The influence of emotional intelligence on academic achievement. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. *90*, 303-312.

Pennsylvania Department of Education. (2023). *Academic Engagement and Support.* https://www.education.pa.gov/Schools/safeschools/SchoolClimate/SCIP/ActionPlanning/Pages/AcademicEngagement.aspx

Skinner, E., Furrer, C., Marchand, G., & Kindermann, T. (2008). Engagement and disaffection in the classroom: Part of a larger motivational dynamic?. *Journal of Educational Psychology*, *100*(4), 765-781 . https://doi.org/10.1037/a0012840

Surekha K. B., & Surekha, K. B. (2016). *A Study of Social Intelligence of University Students in relation to their Study Habits.* https://anubooks.com/wp-content/uploads/2017/02/JGV-16-No-2-3.pdf

University of Oxford. (2023). *The Value of the Humanities: Understanding the Career Destinations of Oxford Humanities Graduates.* https://www.ox.ac.uk/sites/files/oxford/media_wysiwyg/Oxford%20U%20Value%20of%20Humanities%20report.pdf

Vernon, P. A., Villani, V. C., Schermer, J. A., & Petrides, K. V. (2008). Phenotypic and genetic associations between the Big Five and trait emotional intelligence. *Twin Research and Human Genetics*, *11* (5), 524-530.

การศึกษาประสิทธิภาพของครีมสารสกัดกัญชงในการรักษาฝ้า

พอใจ เศรษฐกำเนิด[1*] และ ถนอมกิต เพราะสุนทร[1]

The Efficacy of Cannabis Extract Cream on the Treatment of Melasma

Porjai Sethakamnerd[1*] and Tanomkit Pawcsuntorn[1]

[1]สำนักวิชาเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง กรุงเทพมหานคร 10110

[1]School of Anti-Aging and Regenerative Medicine, Mae Fah Luang University, Bangkok 10110

*Corresponding author e-mail: sporjai@gmail.com

บทคัดย่อ

ฝ้าเป็นโรคผิวหนังซึ่งเป็นปัญหาเรื้อรังของคนไทย วิธีการรักษาฝ้าที่มีประสิทธิภาพ มากที่สุดในปัจจุบัน ได้แก่ ยาทาซึ่งประกอบด้วยไฮโดรควิโนน กรดวิตามินเอ และสเตียรอยด์ แต่การใช้ยาดังกล่าวในระยะยาวอาจทำให้เกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ได้ มีการศึกษาพบว่าส่วนประกอบสารน้ำมันดอกกัญชง (ประกอบด้วย Cannabidiol 5.0% - 6.0% Tetrahydrocannabinol (THC) < 0.2%) (สกัดโดย cold ethanol extraction) สาร Cannabidiol สามารถยับยั้งการสร้างเม็ดสีของเซลล์ผิวหนังในหลอดทดลองได้ ผู้วิจัยจึงต้องการหาแนวทางใหม่ ๆในการรักษาฝ้า วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือเพื่อศึกษาประสิทธิผลของครีมสารสกัดกัญชง (ครีมที่มีน้ำมันดอกกัญชงผสมอยู่ 3%)ในการลดฝ้าในผู้ที่เป็นฝ้าเปรียบเทียบกับยาหลอก (ครีมพื้นฐาน) อาสาสมัครจำนวนทั้งสิ้นจำนวน 18 คน จะได้รับการแบ่งครึ่งใบหน้าโดยจะมีด้านหนึ่งทาครีมสารสกัดจากกัญชงความเข้มข้น 3% และใบหน้าอีกด้านทายาหลอก ให้ทาครีมทุกวัน วันละ 2 ครั้ง ช่วงเช้า-ก่อนนอน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผู้วิจัยประเมินผลในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ด้วยเครื่อง Mexameter เพื่อหาค่าเฉลี่ย Melanin index และประเมิน MASI score ด้วยภาพถ่าย การศึกษานี้พบว่าการเปลี่ยนแปลง MASI score และ melanin index ระหว่างด้านที่ทาครีมสารสกัดกัญชงและด้านที่ทายาหลอก เมื่อวิเคราะห์ด้วย Repeated ANOVA โดยมีระดับนัยสำคัญทางสถิติอยู่ที่ p-value < 0.05 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปผลได้ว่าครีมสารสกัดจากกัญชงความเข้มข้น 3% มีประสิทธิผลในการลดฝ้าไม่แตกต่างจากยาหลอก เมื่อใช้ต่อเนื่องเป็นเวลา 12 สัปดาห์เมื่อประเมินโดย MASI score และ melanin index

คำสำคัญ: สารสกัดจากกัญชง ฝ้า น้ำมันดอกกัญชง

Abstract

Melasma is a common skin disease of Thai people. The standard treatment includes hydroquinone, tretinoin and steroid but they may cause some side effects. Previous study showed content of HEMP FLOWER CBD OIL (Cannabidiol 5.0% - 6.0% Tetrahydrocannabinol (THC) < 0.2%) (Extraction Method: cold ethanol extraction), cannabidiol can inhibit melanogenesis *in Vitro*. This study is looking for alternative treatments of melasma. The objectives of this study it to find the efficacy between cannabis extract

cream, which contain with hemp flower CBD oil 3%, and placebo (cream base) in reduce of melasma. Eighteen volunteers (aged 20-45 years) diagnosed as epidermal or mixed type of melasma were enrolled. 3% Cannabis extract cream and placebo were randomly applied in a split-face design (right and left sides), twice daily (on the morning and bedtime) for 12 weeks. The outcome was evaluated using mean melanin index measured by Mexameter and melasma area severity index (MASI score) by photograph at baseline, weeks 4, 8, and 12. When analyst with Repeated ANOVA (critical value: p-value <0.05), the result revealed that there are no statistically significant differences between Cannabis extract cream and placebo in differential MASI score and melanin index compared with baseline at week 4, 8 and 12. Conclusions: 3% *Cannabis sativa* L extract cream and placebo have same effective for reduce melasma evaluated by MASI score and mean melanin index.

Keywords: *Cannabis sativa* L extract, Melasma, Hemp flower oil

บทนำ

ฝ้า (melasma) คือภาวะเม็ดสีที่เพิ่มขึ้นที่เกิดขึ้นภายหลัง มีลักษณะ สมมาตร ขอบเขตชัดเจน สีตั้งแต่จางถึงดำเข้มบนใบหน้า บางครั้งอาจพบได้ในคอและต้นแขน พบมากในชนชาติเอเชีย ลาตินอเมริกัน และอิสปานิกในลักษณะผิวหนัง Fitzpatrick skin type III-V (Handel et al., 2014) การรักษาในปัจจุบัน ยารักษาฝ้าที่นิยมใช้ในcombination therapy คือ Kligman's formula, Pathak's formula และ Westerhof's formula. (Rigopoulos et al., 2007) Kligman's formula สูตรดั้งเดิมประกอบ ด้วย 5% hydroquinone, 0.1% tretinoin, and 0.1% dexamethasone. (Rigopoulos et al., 2007) Pathak's formula ประกอบด้วย 2% hydroquinone และ 0.05-0.1% tretinoin (Pathak et al., 1986) Westerhof's formula ประกอบด้วย 4.7% N-acetylcystein, 2% hydroquinone และ 0.1% triamcinolone acetonide (Njoo et al., 1997) สาร hydroquinone ซึ่งพบได้ในทั้งสามสูตรนั้น สามารถยับยั้งการเปลี่ยนจาก dopa เป็นmelanin ได้โดยการยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase (Palumbo et al., 1991) สามารถ hydroquinone นั้นเมื่อใช้เป็นเวลานานสามารถทำให้ภาวะเม็ดสีผิดปกติ (depigmentation) ได้ผลข้างเคียงของสาร hydroquinone ที่พบได้คือ ภาวะผิวหนังอักเสบจากการระคายเคือง (irritant dermatitis), ภาวะผื่นแพ้สัมผัส (contact dermatitis), ภาวะผิวสีเข้มหลังการอักเสบ, ภาวะ ochronosis, และภาวะเล็บไม่มีสี (nail bleaching) (Rendon et al., 2006). มีการศึกษาพบว่า สาร cannabidiol (CBD) สามารถยับยั้งการสร้าง Melanin ในเซลล์ B16F10 ที่ถูกกระตุ้นด้วย α-MSH (Gawełł-Bęben et al., 2023) ขัดกับการคึกษาของ Hwang et al., 2017 ที่พบว่า สาร CBD สามารถเพิ่มการสร้างเม็ดสีได้โดยผ่านตัวรับ CB1 ไปกระตุ้น p38 mitogen-activated protein kinase (MAPK) และ p42/44 MAPK ส่งผลให้ Microphthalmia-associated transcription factor (MITF) เพิ่มขึ้น ทำให้เพิ่มการทำงานของเอนไซม์ tyrosinase ส่งผลให้มีการสร้างเม็ดสีเพิ่มขึ้น

แต่ในทางกลับกันมีการศึกษาของ Chen et al., 2023 ที่พบว่าสาร cannabidiol สามารถยับยั้งการสร้าง melanin ของเซลล์ B16F10 ที่ถูกกระตุ้นด้วย α-MSH ในหลอดทดลองได้ นอกจากนั้นยังมีการศึกษาพบว่าสาร CB1 agonism สามารถยับยั้ง basal melanogenesis ในเซลล์เพาะเลี้ยง HaCat และ SK-mel-1 ที่ถูกเลี้ยงรวมกัน ที่โดนรังสี UV ได้ (Magina et al., 2011) จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงมีความเป็นไปได้ในการใช้สารสกัดจากกัญชงที่มีส่วนประกอบของ cannabidiol ในการลดฝ้าโดยผ่านทั้งผลการยับยั้ง melanogenesis โดยไม่ผ่านกระบวนการการยับยั้ง Tyrosinase (Gaweł-Bęben et al., 2023) โดยทำงานร่วมกับ Keratinocyte (Magina et al., 2011) แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าผ่านกระบวนการได้ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า CBD มีศักยภาพในการเกิดลดฝ้าได้ ซึ่งในน้ำมันดอกกัญชงที่ใช้ในการศึกษานี้มีสาร CBD อยู่ปริมาณสูง (Liquid Chromatography-Mass Spectrometry: Cannabidiol 5.0%-6.0%) จึงน่าจะมีประโยชน์ในการมาเตรียมครีมลดรอยฝ้าได้ แต่ยังขาดข้อมูลในมนุษย์การวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิผลของครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3% ในการรักษาฝ้าเปรียบเทียบกับยาหลอก

วัตถุประสงค์งานวิจัย: เพื่อศึกษาประสิทธิผลของครีมที่มีส่วนผสมจากสารสกัดจากกัญชงในการลดฝ้าเมื่อเทียบกับยาหลอก

สมมุติฐานงานวิจัย: สมมติฐานหลักครีมที่มีส่วนผสมสารสกัดจากกัญชงมีผลในการลดฝ้ามีประสิทธิผลดีกว่ายาหลอกเมื่อใช้ต่อเนื่องเป็นเวลาสิบสองสัปดาห์ เมื่อประเมินผลด้วย modified MASI และ melanin index

แนวคิด ทฤษฎี และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง: ฝ้า (melasma) เกิดความผิดปกติของผิวหนังที่ส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณใบหน้ามาจากการสร้างเม็ดสีที่มากขึ้น (hyperpigmentation) ทำให้เกิดการสะสมเม็ดสี melanin ในชั้นผิวหนังมากขึ้น (Maddaleno et al., 2021) กระบวนการสร้างเม็ดสี (melanogenesis) คือกระบวนการที่เซลล์เมลาโนไซท์ (melanocytes) สร้างเมลานิน (melanin) ในกระบวนการ melanogenesis มีการศึกษาพบว่า สาร cannabidiol สามารถยับยั้งการสร้าง melanin ในเซลล์ B16F10 ที่ถูกกระตุ้นด้วย α-MSH (Gaweł-Bęben et al., 2023; Chen et al., 2023) นอกจากนั้นยังมีการศึกษาพบว่าสาร CB1 agonism สามารถยับยั้ง basal melanogenesis ในเซลล์เพาะเลี้ยง HaCat และ SK-mel-1 ที่ถูกเลี้ยงรวมกัน ที่โดนรังสี UV ได้ (Magina et al., 2011) จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงมีความเป็นไปได้ในการใช้สารสกัดจากกัญชงในการรักษาฝ้าโดยผ่านกระบวนการการยับยั้ง melanogenesis

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองทางคลินิก โดยทำการสุ่มให้อาสาสมัครทาครีมต่างชนิดกันบนแต่ละด้านของใบหน้า และปกปิดข้อมูลต่อทั้งแพทย์ผู้วิจัยและอาสาสมัคร (experimental, randomized, double-blind, split face clinical trial) การศึกษานี้

ได้ผ่านการรับรองโดย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง รหัสโครงการวิจัย: EC 23015-20 ครีมสารสกัดกัญชงซึ่งมีน้ำมันดอกกัญชงในความเข้มข้น 3% ผลิตโดยบริษัท สกินเน็กซ์ จำกัด น้ำมันดอกกัญชง (hemp flower CDB oil) สกัดโดยวิธี cold ethanol extraction จากดอกกัญชง (flower of *Cannabis spp.* (Hemp)) ผลิตโดย บริษัท ทีแอช แคนนา จำกัด (TH Canna Co.,Ltd) ได้รับใบอนุญาติ ผลิต (ที่มิใช่การปลูก) ยาเสพติดให้โทษประเภทที่ 5 เฉพาะกัญชง เลขที่อ้างอิง กท 3/2565 (มป) ผลจากการตรวจสอบโดยวิธี LC-MSD Technique (Liquid Chromatography-Mass Spectrometry) พบว่าประกอบด้วย cannabidiol 5.0%-6.0% tetrahydrocannabinol (THC) < 0.2% ครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3% ได้ทำการจดทะเบียน อย. ใบรับจดแจ้งเลขที่: 13-1-6500045000 ประกอบด้วย Water, Propylene glycol, Caprylic/capric triglyceride, *Cannabis spp.* Extract (Cannabidiol), Cetearyl Olivate, Sorbitan Olivate, PED-100, Palmitic acid, Stearic Acid, Carbomer, Glyceryl Stearate, Diazolidinyl, Sodium Hydroxide, Iodopropynyl Butylcarbamate ยาหลอก (Placebo) ได้ทำการจดทะเบียน อย. ใบรับจดแจ้งเลขที่ 13-1-6500042509 ประกอบด้วย Water, Propylene glycol, Caprylic/capric triglyceride, Cetearyl Olivate, Sorbitan Olivate, PED-100, Palmitic acid, Stearic Acid, Carbomer, Glyceryl Stearate, Diazolidinyl, Sodium Hydroxide, Iodopropynyl Butylcarbamate อาสาสมัครเพศชายหรือหญิง อายุระหว่าง 20-45 ปี ที่เป็นฝ้า จำนวน 18 ราย ที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง กรุงเทพมหานคร โดยอาสาสมัครทุกรายจะต้องสมัครใจใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมจากสารสกัดกัญชง ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการวิจัย ขั้นตอนการปฏิบัติในแต่ละช่วงระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย รวมถึงผลข้างเคียงที่อาจจะเกิดขึ้นและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับให้อาสาสมัครโดยละเอียด หากอาสาสมัครไม่มีข้อสงสัยและสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (informed consent form)

จำนวนอาสาสมัครคำนวณโดยอ้างอิงจากงานวิจัย ของ Zhang et al., (2019) โดยใช้สูตรการคำนวณตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันที่วัดผลเป็นค่าเฉลี่ย (two samples comparing 2 means dependent) $n=((z_{(\alpha/2)}+z_{\beta})^2 \sigma^2)/d^2$ โดยแทนค่า α = type 1 error โดยที่ผู้วิจัยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05, Z0.025= 1.96,β = type 2 error โดยที่ผู้วิจัยกำหนดระดับกำหนดระดับความคลาดเคลื่อนที่ 10%, 1-β = 0.90, Z0.10 =1.28 , σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรจากการศึกษาที่ใช้อ้างอิงจากสูตรคำนวน SD pooled variance $S_p^2=((n_1-1) S_1^2+(n_2-1) S_2^2)/(n_1+n_2-2)$ โดย Sp คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรรวม,n1 คือจำนวนของประชากรกลุ่มที่ 1,n2 คือจำนวนของประชากรกลุ่มที่ 2,S1 คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรกลุ่มที่ 1,S2 คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรกลุ่มที่ 2 n1 = 30, n2 = 30,S1 = 6.83,S2= 5.19 และคิดจำนวนเพิ่มอีกร้อยละ 20 ในกรณีที่มีอาสาสมัครออกจากการวิจัย (drop-out rate) ผลที่ได้คือการวิจัยนี้ต้องการอาสาสมัครจำนวน 18 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัย (inclusion criteria) คือ อายุของผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่ในช่วงระหว่าง 20-45 ปีที่ได้รับการวินิจฉัยโดยแพทย์ว่าเป็นฝ้าชนิดตื้น (epidermal melasma)

หรือชนิดผสม (mixed melasma) เกณฑ์การคัดออกจากการวิจัย (exclusion criteria) คือ ผู้ที่ได้รับการรักษาฝ้าด้วยวิธีอื่นและยังไม่หยุดการรักษาภายในระยะเวลา 4 สัปดาห์, สตรีที่กำลังตั้งครรภ์หรืออยู่ระหว่างการให้นมบุตร, ผู้ที่กำลังรับประทานยาคุมกำเนิดหรือรับการรักษาด้วยฮอร์โมนทดแทน, ผู้ที่กำลังมีโรคผิวหนังอื่นบริเวณใบหน้า และ ผู้ที่มีประวัติแพ้สารสกัดจากกัญชงหรือส่วนผสมภายในสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

วิธีการวิจัย

อาสาสมัครจำนวนทั้งสิ้น 18 คนจะถูกสุ่มโดยตารางเลขสุ่มกำหนดให้จำนวน "คู่" เป็นกลุ่ม A ในขณะเดียวกันกำหนดให้ทำนวน "คี่" เป็นกลุ่ม B โดยกลุ่ม A จะได้รับครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3% บนใบหน้าด้านขวาและได้รับยาหลอกบนใบหน้าด้านซ้าย ส่วน กลุ่ม B จะได้รับครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3% บนใบหน้าด้านซ้ายและได้รับยาหลอกบนใบหน้าด้านขวา อาสาสมัครจะได้รับผลิตภัณฑ์คนละ 2 ชุด ซึ่งถูกบรรจุไว้ในบรรจุภัณฑ์แบบเดียวกันพร้อมติดฉลาก "ซ้าย" และ "ขวา" ให้อาสาสมัครทาตัวอย่างทดสอบ 1 fingertip unit วันละ 2 ครั้ง เช้า-ก่อนนอนเป็นเวลา 12 สัปดาห์ อาสาสมัครไม่สามารถได้รับการรักษาฝ้าโดยวิธีอื่นนอกเหนือจากที่กำหนดให้ระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย แต่สามารถทาผลิตภัณฑ์กันแดดและผลิตภัณฑ์เพิ่มความชุ่มชื้นต่อผิวหน้า ที่ไม่มีผลในการลดสีผิว (whitening) ได้ตามปกติ

การประเมินผล

อาสาสมัครจะถูกประเมิน modifier MASI Score [คำนวน modifier MASI Score โดยประเมิน 3 ปัจจัย ได้แก่ พื้นที่ของรอยโรค (area of involvement; A) ความเข้มสี (darkness; D) และความกลมกลืนของสี (homogeneity; H) แบ่งพื้นที่แต่ละข้างซ้าย-ขวาออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ หน้าผาก (forehead; F) แก้ม (malar; M) และคาง (chin; C) ในแต่ละพื้นที่จะให้คะแนน 0 ถึง 6 (0 = ไม่มี; 1 = <10%; 2 = 10% - 29%; 3 = 30% - 49%; 4 = 50% -69%; 5 = 70% - 89%; 6 = $\geq$90%) ส่วนความเข้มสีและความกลมกลืนจะให้คะแนนตามระดับตังแต่ 0 ถึง 4 (0 = ไม่มี (absent); 1 = เล็กน้อย (slight); 2 = ปานกลาง (mild); 3 = มาก (marked); 4 = มากที่สุด (maximum)) ส่วนผลคะแนนสุดท้ายจะนำความเข้มของเม็ดสีและความกลมกลืนกันมาคูณกับคะแนนในแต่ละพื้นในที่แต่ละข้างดังนี้ MASI total score = 0.15A(f)[D(f)+H(f)]+0.3A(m)[D(m)+H(m)]+ +0.05A(c)[D(c)+H(c)]

เมื่อ A คะแนนของพื้นที่ของรอยโรค (area of involvement); A(f) คือคะแนนส่วนหน้าผาก; A(m) คือคะแนนส่วนแก้ม; A(c) คือคะแนนส่วนคาง, D คะแนนของความเข้มสี (darkness); D(f) คือคะแนนส่วนหน้าผาก; D(m) คือคะแนนส่วนแก้ม; D(c) คือคะแนนส่วนคาง) และ H คะแนนของความกลมกลืนของสี (homogeneity); H(f) คือคะแนนส่วนหน้าผาก; H(lm) คือคะแนนส่วนแก้ม; H(c) คือคะแนนส่วนคาง (Malankar et al., 2023) จากภาพถ่าย และ

ประเมิน melanin index บนใบหน้า 3 จุดในแต่ละข้างบริเวณ หน้าผา (forehead) แก้ม (cheek) คาง (chin) ด้วยเครื่อง Mexameter โดยจะประเมินผลก่อนการใช้ผลิตภัณฑ์ และ ในสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) ในการคำนวณ โดยมีระดับนัยสำคัญทางสถิติอยู่ที่ p-value < 0.05 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปของ MASI score และ melanin index ระหว่างด้านได้รับครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3% และด้านที่ได้รับยาหลอกด้วยสถิติ repeated measure ANOVA test

ผลการศึกษา

ลักษณะทั่วไปของผู้ร่วมวิจัย

ผู้ร่วมวิจัยทั้งสิ้น 18 ราย เป็นเพศหญิง 14 รายคิดเป็นร้อยละ 77.8 เพศชาย 4 รายคิดเป็นร้อยละ 22.2 อายุเฉลี่ยของ ผู้ร่วมวิจัยคือ 39.6 ± 5.2 ปี

ตาราง 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n=18)

ข้อมูล	จำนวน
อายุ ± ปี	
mean ± SD.	39.6 ± 5.2
median (IQR)	41.5 (35.75,43.75)
Min – Max	30 - 45
เพศ	
หญิง	14 (77.8)
ชาย	4 (22.2)

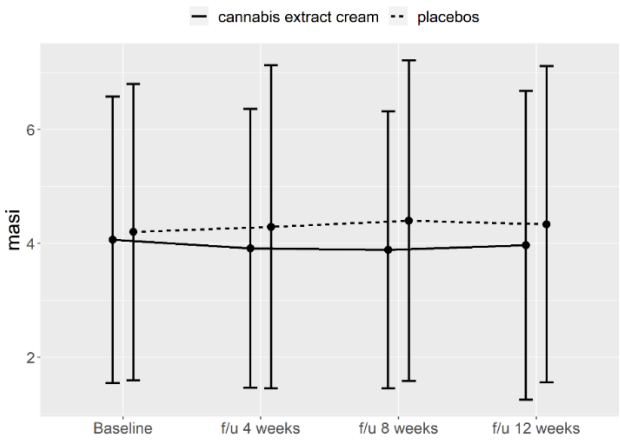
Modifier Melasma Area and Severity Index (modifier MASI score)

เมื่อทำการเปรียบเทียบ modifier MASI score ที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างด้านที่ทาครีมสารสกัดกัญชงและด้านที่ทายาหลอก ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ก่อนการวิจัยจนถึงการติดตามผล พบว่า MASI score ที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างด้านที่ทาครีมสารสกัดกัญชงและด้านที่ทายาหลอก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 4 (P=0.512) สัปดาห์ที่ 8 (P=0.297) และสัปดาห์ที่ 12 (P=0.541)

ตาราง 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของ **modifier MASI Score** จากก่อนการวิจัยถึงการติดตามผลสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ระหว่าง ครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3%เทียบกับ ยาหลอก

	MASI Score		
ข้อมูล	**Cannabis extract cream**	**placebo**	**p-value***
ก่อนการรักษา	4.1 ± 2.5	4.2 ± 2.6	
หลังการรักษา 4 สัปดาห์	3.9 ± 2.4	4.3 ± 2.8	**0.512**
หลังการรักษา 8 สัปดาห์	3.9 ± 2.4	4.4 ± 2.8	**0.297**
หลังการรักษา 12 สัปดาห์	4.0 ± 2.7	4.3 ± 2.8	**0.541**
p-value*	**0.256**	**0.165**	

* Repeated Measures ANOVA



รูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของ **modifier MASI Score** จากก่อนการวิจัยถึงการติดตามผลสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ระหว่าง ครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3% เทียบกับ ยาหลอก

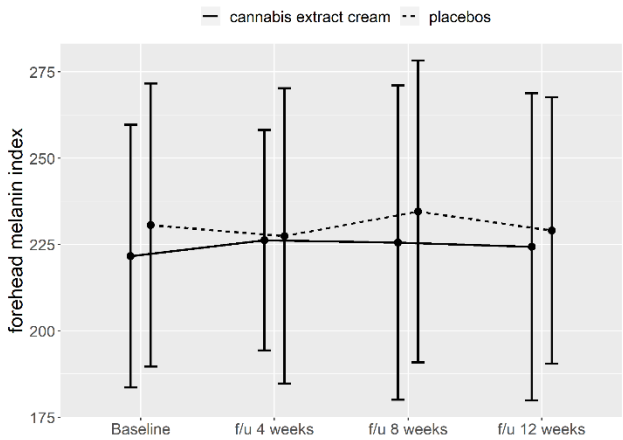
Melanin index

เมื่อทำการเปรียบเทียบ melanin index ที่เปลี่ยนแปลงไปบริเวณ forehead ระหว่างด้านที่ทาครีมสารสกัดกัญชงและด้านที่ทายาหลอก ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ก่อนการวิจัยจนถึงการติดตามผล พบว่า melanin index ที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างด้านที่ทาครีมสารสกัดกัญชงและด้านที่ทายาหลอก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 4 (P= 0.395) สัปดาห์ที่ 8 (P=0.996) และสัปดาห์ที่ 12 (P= 0.593)

ตาราง 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของ **forehead melanin index** จากก่อนการวิจัยถึงการติดตามผลสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ระหว่าง ครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3% เทียบกับ ยาหลอก

	Forehead melanin index		
ข้อมูล	**Cannabis extract cream**	**placebo**	**p-value***
ก่อนการรักษา	221.7 ± 38.0	230.6 ± 41.0	
หลังการรักษา 4 สัปดาห์	226.2 ± 31.9	227.5 ± 42.8	**0.395**
หลังการรักษา 8 สัปดาห์	225.6 ± 45.5	234.6 ± 43.7	**0.996**
หลังการรักษา 12 สัปดาห์	224.3 ± 44.5	229.0 ± 38.6	**0.593**
p-value*	**0.888**	**0.586**	

* Repeated Measures ANOVA



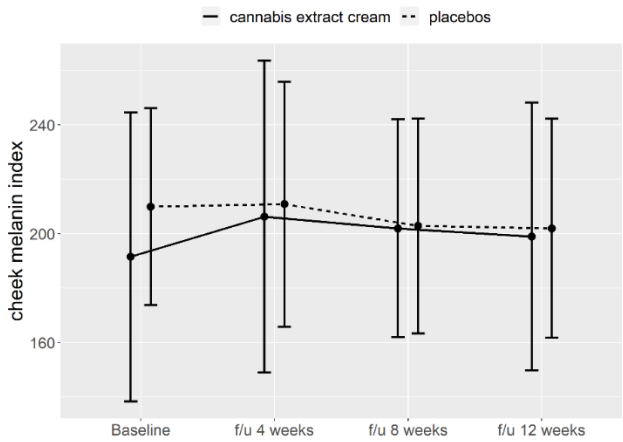
รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของ **forehead melanin index** จากก่อนการวิจัยถึงการติดตามผลสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ระหว่าง ครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3% เทียบกับ ยาหลอก

เมื่อทำการเปรียบเทียบ melanin index ที่เปลี่ยนแปลงไปบริเวณ cheek ระหว่างด้านที่ทาครีมสารสกัดกัญชงและด้านที่ทายาหลอก ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ก่อนการวิจัยจนถึงการติดตามผล พบว่า melanin index ที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างด้านที่ทาครีมสารสกัดกัญชงและด้านที่ทายาหลอก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 4 (P=0.331) สัปดาห์ที่ 8 (P=0.113) และสัปดาห์ที่ 12 (P=0.189)

ตาราง 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของ **cheek melanin index** จากก่อนการวิจัยถึงการติดตามผลสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ระหว่าง ครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3% เทียบกับ ยาหลอก

	Cheek melanin index		
ข้อมูล	**Cannabis extract cream**	**Placebo**	**p-value***
ก่อนการรักษา	191.5 ± 53.1	210.0 ± 36.2	
หลังการรักษา 4 สัปดาห์	206.3 ± 57.3	210.9 ± 45.1	**0.331**
หลังการรักษา 8 สัปดาห์	202.0 ± 40.1	202.9 ± 39.5	**0.113**
หลังการรักษา 12 สัปดาห์	199.0 ± 49.2	202.0 ± 40.2	**0.189**
p-value*	**0.160**	**0.383**	

* Repeated Measures ANOVA



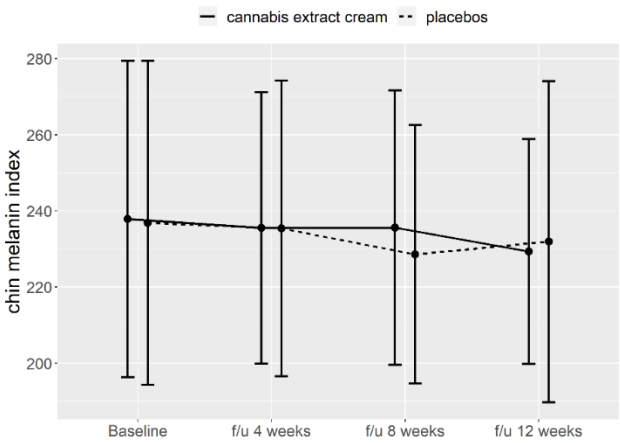
รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของ **cheek melanin index** จากก่อนการวิจัยถึงการติดตามผลสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ระหว่าง ครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3% เทียบกับ ยาหลอก

เมื่อทำการเปรียบเทียบ melanin index ที่เปลี่ยนแปลงไปบริเวณ chin ระหว่างด้านที่ทาครีมสารสกัดกัญชงและด้านที่ทายาหลอก ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ก่อนการวิจัยจนถึงการติดตามผล พบว่า melanin index ที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างด้านที่ทาครีมสารสกัดกัญชงและด้านที่ทายาหลอก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 4 (P=0.935) สัปดาห์ที่ 8 (P=0.579) และสัปดาห์ที่ 12 (P=0.743)

ตาราง 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของ **chin melanin index** จากก่อนการวิจัยถึงการติดตามผลสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ระหว่าง ครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3% เทียบกับ ยาหลอก

	Chin melanin index		
ข้อมูล	**Cannabis extract cream**	**placebo**	**p-value***
ก่อนการรักษา	237.9 ± 41.5	236.8 ± 42.6	
หลังการรักษา 4 สัปดาห์	235.5 ± 35.6	235.4 ± 38.8	**0.935**
หลังการรักษา 8 สัปดาห์	235.6 ± 36.0	228.6 ± 33.9	**0.579**
หลังการรักษา 12 สัปดาห์	229.3 ± 29.6	231.9 ± 42.2	**0.743**
p-value*	**0.427**	**0.252**	

* Repeated Measures ANOVA



รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของ **chin melanin index** จากก่อนการวิจัยถึงการติดตามผลสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 ระหว่าง ครีมสารสกัดกัญชงความเข้มข้น 3%เทียบกับ ยาหลอก

อภิปรายผลการศึกษา

สารที่ใช้การศึกษานี้คือครีมสารสกัดจากกัญชงความเข้มข้น 3% โดยสารสกัดกัญชงที่นำมาผลิตครีมนั้นมีสาร Cannabidiol 5.0% -6.0% และสาร Tetrahydrocannabinol (THC) < 0.2% เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การใช้สารสกัดที่มีสารแคนนาบิไดออลจากกัญชาและกัญชงในเครื่องสำอาง พ.ศ. 2564 ระบุส่วนประกอบที่ได้จากการสกัดกัญชาหรือกัญชง และต้องมีสาร เตตราไฮโดรแคนนาบินอล (tetrahydrocannabinol, THC) ไม่เกิน 0.2% โดยน้ำหนัก จากการศึกษาพบว่า MASI score ที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงระยะเวลาระหว่างก่อนการวิจัยจนถึงวันติดตามของสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างด้านที่ได้รับครีมสารสกัดจากกัญชงความเข้มข้น 3%

และด้านที่ได้รับยาหลอก และ melanin index ที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างด้านที่ทาครีมสารสกัดกัญชงและด้านที่ทายาหลอกทั้งบริเวณ forehead, cheek และ chin ในช่วงระยะเวลาระหว่างก่อนการวิจัยจนถึงวันติดตามของสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างด้านที่ได้รับครีมสารสกัดกัญชงและด้านที่ได้รับยาหลอกซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Manosroi et al., (2019) ที่พบว่าสารสกัดจากกัญชงสามารถยับยั้ง tyrosinase ในหลอดทดลองได้และการศึกษาของ Magina et al., (2011) ที่พบว่าสาร CB1 agonism สามารถยับยั้ง basal melanogenesis ในเซลล์เพาะเลี้ยง HaCat และ SK-mel-1 ที่ถูกเลี้ยงรวมกันที่โดนรังสี UV ได้ ขัดการศึกษาของ Goenka (2022) ที่พบว่าสาร cannabidiol สามารถเพิ่มการสร้างเม็ดสีของเซลล์ Human epidermal melanocytes from neonatal darkly-pigmented (HEMn-DP) และเซลล์ Human epidermal melanocytes from neonatal lightly-pigmented (HEMn-LP) ในหลอดทดลองผ่านทางตัวรับ CB1 โดยในการศึกษานี้ใช้ความเข้มข้น 9-tetrahydrocannabinol ที่ 1 μM และ 2 μM และความเข้มข้นสาร cannabidiol 1 μM และ 2 μM และยังมีการศึกษาของ Chen et al., (2023) ที่พบว่าสาร Cannabidiol สามารถยับยั้งการสร้าง Melanin ของเซลล์ B16F10 ที่ถูกกระตุ้นด้วย α-MSH ในหลอดทดลองได้ และยังมี การศึกษาของ Gawełł-Bęben et al., (2023) ที่พบว่า Cannabidiol สามารถยับยั้งการสร้าง Melanin ของเซลล์ B16F10 ในหลอดทดลองได้ ที่ความเข้มข้น 2.5 μg/mL และพบว่าผลการยับยั้งเด่นชัดมาขึ้นเมื่อความเข้มข้น 5 μg/mL แต่มีการศึกษาของ Chen et al., (2023) พบว่า Cannabidiol ไม่สามารถยับยั้ง Tyrosinase ในหลอดทดลองได้ Chen et al., (2023) จึงได้คาดว่า ความสามารถยับยั้งการสร้าง Melanin ของ Cannabidiol อาจไม่ได้เกิดจากการยับยั้ง Tyrosinase และยังมีการศึกษาของ Gawełł-Bęben et al., (2023) ที่พบว่า Cannabidiol สามารถยับยั้ง mushroom tyrosinase ที่มีความคล้ายกับ human tyrosinase 23.42% ได้ แต่ Cannabidiol ไม่สามารถยับยั้ง murine tyrosinase ที่มีความคล้ายกับ human tyrosinase 85.37% Gawełł-Bęben et al., (2023) จึงได้ลงความเห็นว่าความสามารถยับยั้งการสร้าง Melanin ของ Cannabidiol อาจเกิดจากกลไลอื่นนอกเหนือจากการยับยั้ง Tyrosinase เนื่องจากการศึกษาที่อ้างถึงนั้นได้ทำการการศึกษาในหลอดทดลอง ผลที่ได้จึงอาจแตกต่างจากในมนุษย์ได้ เนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการผ่านผิวหนัง พฤติกรรมหรืออาชีพที่มีผลต่อการสัมผัสแสงแดด การใช้ครีมกันแดด หรืออาจเกิดจากความเข้มข้นของสารสกัดในครีมไม่เพียงพอต่อการรักษา จากการศึกษาของ Makhakhe (2022) พบว่า สาร endocannabinoids นั้นจะแสดงผลต่างกันไปขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ในความเข้มข้นต่ำจะกระตุ้นการสร้างเม็ดสี ผ่าน CB1 receptors ในความเข้มข้นสูงจะสามารรักษา melanoma และฝ้า (melasma) ผ่านทำงานของ TRPV1 receptors ครีมสารสกัดจากกัญชงความเข้มข้น 3% อาจมีความเข้มข้นไม่พอที่จะรักษาฝ้าได้ และปริมาณสาร cannabidiol ในความเข้มข้นต่ำจะทำการเพิ่มการสร้างเม็ดสีผ่านทาง CB1 receptors ได้ โดยสังเกตได้ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ด้านที่ใช้ครีมสารสกัดจากกัญชงความเข้มข้น 3% บริเวณ forehead และ chin มี Melanin Index เพิ่มมากกว่าด้าน placebo แต่ความแตกต่างนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากการคำนวน ครีมสารสกัดจากกัญชงความ

เข้มข้น 3% (%w/w) 1 กรัมจะมี น้ำมันดอกกัญชง (hemp flower CBD oil) อยู่ 0.03 กรัม ในน้ำมันดอกกัญชงมีสาร cannabidiol 5.0% - 6.0% จากการคำนวนพบว่า ความเข้มข้นของสาร CBD ในครีมคือ 1.5 - 1.8 μg/mg ซึ่งน้อยกว่า Gawełł-Bęben et al. (2023) ที่พบว่า CBD สามารถยับยั้งการสร้าง melanin ในหลอดทดลองได้ที่ความเข้มข้น 2.5 μg/mL จึงมีความเป็นไปได้ว่า ปริมาณสาร cannabidiol ในครีมสารสกัดจากกัญชงความเข้มข้น 3% มีความเข้มข้นไม่มากพอที่จะลดการสร้างเม็ดสี และต่ำพอที่จะไปกระตุ้นการสร้างเม็ดสีแทนได้

สรุปผลการศึกษา

ครีมสารสกัดจากกัญชงความเข้มข้น 3% ไม่พบประสิทธิผลในการรักษาฝ้า เมื่อใช้ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 12 สัปดาห์ เมื่อประเมินโดย MASI score และ melanin index อาจเกิดจากปริมาณสาร cannabidiol ในครีมสารสกัดจากกัญชงความเข้มข้น 3% มีความเข้มข้นไม่มากพอ

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาประสิทธิผลในการรักษาฝ้าของครีมสารสกัดจากกัญชงในความเข้มข้นอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

Chen, X., Su, J., Wang, R., Hao, R., Fu, C., Chen, J., Li, J., & Wang, X. (2023). Structural optimization of cannabidiol as multifunctional cosmetic raw materials. *Antioxidants*, *12*(2), 314. https://doi.org/10.3390/antiox12020314

Gawełł-Bęben, K., Czech, K., & Luca, S. V. (2023). Cannabidiol and minor phytocannabinoids: A preliminary study to assess their anti-melanoma, anti-melanogenic, and anti-tyrosinase properties. *Pharmaceuticals*, *16*(5), 648. https://doi.org/10.3390/ph16050648

Goenka, S. (2022). Comparative study of Δ9-tetrahydrocannabinol and cannabidiol on melanogenesis in human epidermal melanocytes from different pigmentation phototypes: A pilot study. *Journal of Xenobiotics*, *12*(2), 131-144.

Handel, A. C., Miot, L. D. B., & Miot, H. A. (2014). Melasma: a clinical and epidemiological review. *Anais Brasileiros De Dermatologia/Anais Brasileiros De Dermatologia*, *89*(5), 771–782. https://doi.org/10.1590/abd1806-4841.20143063

Hwang, Y. S., Kim, Y., Kim, M. O., Kang, M., Oh, S. W., Nho, Y. H., Park, S., & Lee, J. (2017). Cannabidiol upregulates melanogenesis through CB1 dependent pathway by activating p38 MAPK and p42/44 MAPK. *Chemico-biological Interactions*, *273*, 107-114. https://doi.org/10.1016/j.cbi.2017.06.005

Maddaleno, A. S., Camargo, J., Mitjans, M., & Vinardell, M. P. (2021). Melanogenesis and melasma treatment. *Cosmetics*, *8*(3), 82.

Magina, S., Esteves-Pinto, C., Moura, E., Serrão, M. P., Moura, D., Petrosino, S., Di Marzo, V., & Vieira-Coelho, M. A. (2011). Inhibition of basal and ultraviolet B-induced melanogenesis by cannabinoid CB(1) receptors: A keratinocyte-dependent effect. *Archives of Dermatological Research*, *303*(3), 201-210.

Makhakhe, L. (2022). Topical cannabidiol (CBD) in skin pathology-A comprehensive review and prospects for new therapeutic opportunities. *South African Family Practice*, *64*(2).

Malankar, T. E., Thomas, M., Gangawane, A. A., & Rajpurohit, L. (2023). Melatonin: A Paradigm Shift in the Management of Melasma. *The American Journal of Cosmetic Surgery*. https://doi.org/10.1177/07488068231213416

Manosroi, A., Chankhampan, C., Kietthanakorn, B., Ruksiriwanich, W., Chaikul, P., Boonpisuttinant, K., Sainakham, M., Manosroi, W., Tangjai, T., & Manosroi, J. (2019). Pharmaceutical and cosmeceutical biological activities of hemp (Cannabis sativa L. var. sativa) leaf and seed extracts. *Chiang Mai Journal of Science (Chiang Mai J. Sci)*, *46*(2), 180-195. https://epg.science.cmu.ac.th/ejournal/journal-detail.php?id=9960

Njoo, M. D., Menke, H. E., Pavel, S., & Westerhof, W. (1997). N-Acetylcysteine as a bleaching agent in the treatment of melasma. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology (JEADV)*, *9*(1), 86-87. https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.1997.tb00238.x

Palumbo, A., d'Ischia, M., Misuraca, G., & Prota, G. (1991). Mechanism of inhibition of melanogenesis by hydroquinone. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, *1073*(1), 85-90.

Pathak, M. A., Fitzpatrick, T. B., & Kraus, E. W. (1986). Usefulness of retinoic acid in the treatment of melasma. *Journal of the American Academy of Dermatology*, *15*(4), 894-899.

Rendon, M., Berneburg, M., Arellano, I., & Picardo, M. (2006). Treatment of melasma. *Journal of the American Academy of Dermatology*, *54*(5), S272-S281.

Rigopoulos, D., Gregoriou, S., & Katsambas, A. (2007). Hyperpigmentation and melasma. *Journal of cosmetic dermatology*, *6*(3), 195-202.

Zhang, Q., Tu, Y., Gu, H., Sun, D., Wu, W., Man, M., Chen, H., Liu, H., Ma, X., & He, L. (2019). A cream of herbal mixture to improve melasma. *Journal of Cosmetic Dermatology*, *18*(6), 1721-1728.

Molecular Identification and Genetic Diversity of *Haemonchus contortus* in Domestic Goats in Three Geographical Areas of Lao PDR

Sarinya Siriporn[1], Konh Vongnady[2], Rucksak Rucksaken[1] and Bandid Mangkit[1*]

[1]Department of Veterinary Technology, Faculty of Veterinary Technology, Kasetsart University Bangkhen Campus, Bangkok, 10900

[2]Department of Livestock, Faculty of Agriculture and Forestry, Champasak University, Pakse, Champasak, po.Box81, Lao PDR

*Corresponding author. e-mail: fvetbdm@ku.ac.th

Abstract

Haemonchus contortus, is the most pathogenic nematode among *Haemonchus* spp., causing serious health problems and huge economic losses associated with small ruminants worldwide. The main aim of this present study was to preliminarily investigate the genetic diversity of *H. contortus* in domestic goats from 3 provinces of Lao PDR using nicotinamide dehydrogenase subunit 4 gene (ND4) together with identification of *Haemonchus* species using DF and synlophe patterns, and species confirmation using the second internal transcribed spacer region (ITS2). In total, 70 individual male *Haemonchus* worms distributing in 3 provinces were identified using DF and synlophe patterns; then, ITS2 was amplified and sequenced to confirm *Haemonchus* spp., while the analysis of the genetic diversity of *H. contortus* was first attempted using ND4 in the Lao populations. The phylogenetic tree of *H. contortus* for both ITS2 and ND4 was constructed using the neighbor-joining (NJ) method. The findings identified *H. contortus* as the predominant species, which was confirmed based on polymorphic loci, nucleotide sequence identities, and the NJ tree of ITS2. The use of ND4 for genetic diversity analysis of *H. contortus* showed a high degree of genetic diversity. The phylogenetic analysis using the NJ tree of the 67 ND4 haplotypes identified no obvious geographical boundaries in the Lao populations, while these haplotypes were distinct from populations for Yemen and the USA, but not from Malaysian populations. However, all *H. contortus* sequences in both Lao populations and other populations of ND4 were clearly separated from the outgroup, *H. placei*. The preliminary data obtained in the present study should be useful as basic knowledge to improve effective control strategies against the *H. contortus* nematode and to guide *monitoring* and *surveillance of anthelmintic resistance* in Lao PDR.

Keywords: Genetic diversity, Goat, *Haemonchus contortus*, Lao PDR, ND4

Introduction

Haemonchosis, caused mainly by *Haemonchus contortus*, is one of the most important parasitic diseases of livestock worldwide, including in Lao PDR, where veterinary services, knowledge of goat diseases, and the goat farm management system are still limited (Windsor et al., 2018). Furthermore, animals are infected with *H. contortus* particularly young animals, leading to anemia and hypoalbuminemia, loss of appetite, a reduced growth rate (Mannan et al., 2023), reduction milk production (Arsenopoulos et al., 2024), and resistance to anthelmintic drugs, causing great economic losses regarding livestock production (Mannan et al., 2023; Yin et al., 2013).

Among *Haemonchus* spp., *H. contortus* and *Haemonchus placei* are the most widespread species. *H. contortus* mainly infects small grazing ruminants, while *H. placei* has been detected in large ruminants (Arsenopoulos et al., 2024). Morphological identification is based on the spicule length of adult male worms integrated with a discriminant function (DF), which is an easily used and reliable tool (Achi et al., 2003; Vongnady et al., 2020) while synlophe patterns are more useful to facilitate species identification (Lichtenfels et al., 1994; Vongnady et al., 2020). However, DF values might overlap, particularly for closely related species, such as *H. placei* and *H. contortus*, as well as the synlophes presenting variations from standard values. Thus, other methods should be considered to solve these unexpected findings and allow for the correct identification of *Haemonchus* spp.

Molecular approaches have been proven to be more accurate for species identification (Shen et al, 2017). The second internal transcribed spacer (ITS2) of nuclear ribosomal DNA has been commonly used as a genetic marker to differentiate the strongylid worms, including *Haemonchus* spp. since it is high interspecific sequence difference and intraspecific sequence homogeneity. (Gharamah et al., 2012; Mannan et al., 2023). For example, Stevenson et al. (1995) separated *H. contortus* from *H. placei* with no intraspecific sequence variation of *H. contortus* detected. The nicotinamide dehydrogenase subunit 4 gene (ND4) of mitochondrial DNA is a good candidate to distinguish between closely related species along with the application of genetic diversity, population structure, and a phylogenetic tree (Gharamah et al., 2012; Shen et al, 2017). Studies of genetic diversity based on the ND4 gene of *H. contortus*, have been reported from several countries-namely Malaysia, Yemen (Gharamah et al., 2012), and China (Yin et al., 2013). However, in Lao PDR, data using the mitochondrial ND4 of *H. contortus* have had limited application. The present study tested the hypothesis that there was a single species of *Haemonchus* in goats in Lao PDR and we also tested the hypothesis that a high degree of genetic diversity would occur within *Haemonchus*

populations from goats distributed in 3 provinces of Lao PDR. In addition, we tested the hypothesis that there was a close phylogenetic relationship of *H. contortus* populations in Lao PDR with other countries. This study was the first to investigate the genetic diversity of *H. contortus* in Lao PDR based on ND4 genes together with species identification using DF, and synlophe patterns including species confirmation using ITS2 regions. The present data could be used in Lao PDR in guidelines to develop effective control strategies for this worm in goats.

Materials and Methods

Study areas, parasites

The adult male *Haemonchus* worms used in this study were obtained from abomasa goats in our previous study collected by Vongnady et al. (2020) from 3 provinces of Lao PDR-Luang Prabang, Savannakhet, and Champasak province. All new male *Haemonchus* samples utilized for morphological and molecular identification were obtained from 54 individual goats (20, 17, and 17 goats from Luang Prabang, Savannakhet, and Champasak provinces, respectively) were preserved in 70% ethanol and kept at -20 ºC. This study was approved by the Kasetsart University Institutional Animal Care and Committee Use with the project ethics approval no: ACKU65-VTN-007.

Species identification based on microscopic examinations

Five new individual male worms from each goat within the same provinces as in the previous study described above were picked randomly and then pooled together for each province. In total, 70 individual *Haemonchus* worms were used, of which 21-26 male worms were selected randomly from each of the pooled specimens in each province (Table 1). Two main morphological examinations were used for identification of the *Haemonchus* spp.,-namely the discrimination function (DF) based on spicule length as described by Achi et al. (2003) and Vongnady et al. (2020) as well as the pattern of the longitudinal ridges (synlophe patterns), as described by Lichtenfels et al. (1994) and Vongnady et al. (2020) was observed at the esophageal-intestinal junction (EI). The procedures for both methods were carried out according to Vongnady et al. (2020). The remaining individual parasite bodies identified as *H. contortus* based on morphological examinations were used for molecular analysis.

Molecular analysis

Total genomic DNA was extracted from the remaining 70 individual adult male *H. contortus* identified preliminarily based on morphological examinations using a tissue genomic DNA mini kit following the manufacturer's instructions (Geneaid Biotech Ltd.; Taiwan). The extracted *H. contortus* DNA samples were kept at -20°C for DNA amplification. For PCR amplification and sequencing, the ITS2 region (~321bp) was amplified using the primers, primers described by Stevenson et al. (1995), while the ND4 gene (~ 600 bp) as mitochondrial DNA was amplified based on PCR using the forward primer 5′-CGACAAACCACCTTGATACTTTATAT-3′ and reverse primer 5′-GCTTATTCTTCAGTTACACATATAAGA-3′, described by Blouin et al. (1995). Each PCR was performed in 20 µl volume containing a master mix of 10X Taq buffer A, 5mM dNTPs, 50mM $MgCl_2$, 10µM of each primer, 1U/µl of Taq DNA polymerase (Vivantis; Malaysia) and 2 µL of the DNA sample of *H. contortus*. The cycling protocol for the amplification of 321 bp of ITS2 was followed by Vongnady et al. (2020). For ND4, the reaction mixture was similar to ITS2 while the cycling protocol was used as described previously by Gharamah et al. (2012). The negative control used nuclease-free water (AmpliChem GmbH-An ITW Company; Germany) and positive control, *H. contortus* (Vongnady et al., 2020) were included. The PCR products were electrophoresed on 1% agarose gels stained with FluoroVue™ Nucleic Acid Gel Stain (SMOBIO Technology, Inc.; Taiwan) using 0.5xTBE buffer (Bio-Rad Laboratories Ltd.; USA). All amplicons were visualized and compared with DNA markers (100 bp ladder) using a gel documentation system (Aplegen Inc.; USA). Positive PCR products were purified using GenepHlow™ Gel/PCR Kits following the manufacturer's procedures (Geneaid Biotech Ltd; Taiwan). Finally, 20 µl of the purified DNA were sequenced using the Sanger sequencing method (ATGC Company; Thailand).

Data analysis

All *Haemonchus* worms that had been identified as *H. contortus*, based on DF and synlophe patterns, were confirmed using ITS2 prior to performing genetic diversity based on ND4. The raw sequences of ITS2 and ND4 obtained were edited using MEGA7 (Kumar et al., 2016), and preliminarily confirmed using the BLAST system (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/). Multiple alignment was carried out using Clustal W (Tamura et al., 2004). The final DNA edited sequences were generated as genotypes and haplotypes. The polymorphisms of all *H. contortus* ITS2 genotypes were observed and compared with referent sequences (*H. contortus*: accession numbers AB908961; *H. placei*: KJ724326, LC367246, and X78812). Diversity parameters (nucleotide diversity, haplotypes diversity)

were evaluated using DnaSP version 5.10.01 (Librado & Rozas, 2009). Pairwise sequence identity was calculated using the BioEdit software version 7.0.9.0 (Hall, 1999).

Phylogenetic analysis of the ITS2 was conducted using the neighbor-joining (NJ) method based on the Kimura 2 parameter (Kimura, 1980). All genotypes in the present study were analyzed with relevant sequences from other countries in GenBank (Figure 1). Three *H. placei* accession numbers (X78812, LC367246, and KJ724326) were selected as outgroups. The phylogeny of the ND4 sequences based on analyzing all haplotypes of *H. contortus* analyzed with sequences from GenBank (Figure 2) were also performed using NJ method based on Kimura 2 parameter with a sequence of *H. placei* (AF070825) as an outgroup. Bootstrap analysis was performed with 1,000 replicates for confidence assessment of the NJ method for both the ITS2 region and the ND4 gene.

Results

Morphological identification

Based on DF values and the synlophe patterns used, all 70 individual, adult male *Haemonchus* worms randomly selected from goats in 3 geographical areas of Lao PDR were identified as *H.* contortus presenting with synlophe patterns at EI and DF values of 30 ridges and less than 0.63, respectively.

Molecular identification and confirmation of *H. contortus* using ITS2

The 321 bp sections of the PCR products of the ITS2 from 70 individual adult male *H. contortus* identified by morphological examination were successfully amplified. The 231 bp segment of the ITS2 was applied. All 70 individual adult male were confirmed as *H. contortus*. Analysis of 70 ITS2 sequences found 15 genotypes (G1-G15; accession numbers: PP836638-PP836652) of *H. contortus* with G1 being the most predominant throughout the 3 provinces (Table 1). The multiple alignment of 15 genotypes compared with *H. placei* (X78812) identified 3 common positions showing genetic variations between *H. contortus* and *H. placei* at positions 24, 205, and 219. The sequences nucleotide identity ranged from 96.9% to 100% and from 96.1% to 97.8% compared with *H. contortus* and *H. placei*, respectively (data not shown). The phylogenetic analysis of 15 Lao genotypes analyzed with *H. contortus* sequences from other countries retrieved from GenBank (Figure 1) revealed that all sequences of *H. contortus* were clearly separated from the 3 outgroups of *H. placei* (KJ724326, LC367246, and X78812).

Genetic diversity and phylogenetic analysis of *H. contortus* based on ND4 gene

Approximately 600 bp of 70 ND4 sequences was successfully amplified. A 463 bp length was obtained and generated into 67 haplotype sequences (H1-H67; accession numbers: PP839304-PP839370) for phylogenetic and genetic diversity study. In total, 105 polymorphic sites were observed, with 51 singleton variable sites and 54 parsimony informative sites (data not shown). Among the 67 ND4 haplotypes, 25, 23, and 19 unique haplotypes were from Luang Prabang, Savannkhet, and Champasak province, respectively. There were no shared haplotypes among the 3 provinces while 3 shared haplotypes within areas were detected in Luangprabang and Champasak provinces. The high haplotype diversity (Hd) ranged from 0.991 to 1.000 (mean= 0.999) while the nucleotide diversity (π) ranged from 0.026 to 0.028 (mean= 0.027), as shown in Table 1.

An NJ tree was constructed based on the 67 *H. contortus* haplotypes in the 3 different populations from Lao PDR, with the analysis based on *H. contortus* sequences (463 bp) from other countries, as shown in Figure 2. The NJ tree revealed 6 main clades with an outgroup where most haplotypes from Lao PDR were commonly distinct clades from the Yemeni and US haplotypes (clades 4 and 5) with bootstrap confidence levels >50. Most of the Lao populations were in clades 1, 2, and 3, except for 1 haplotype (H44) in clade 4, with most haplotypes seeming to be randomly distributed among the 3 different provinces with weak support (<50%). However, all the Lao populations, as well as the other *H. contortus* populations retrieved from the GenBank were also distinguished clearly from the outgroup (*H. placei* AF070825) with sequence nucleotide identity values ranging from 92.8% to 99.7% and 83.8% to 85.3% compared with *H. contortus* and *H. placei*, respectively (data not shown).

Discussion

In the present study, all male *Haemonchus* worm were identified as *H. contortus* using morphological examination, synlophe patterns and DF. This was in agreement with Lichtenfels et al. (1994) and Vongnady et al. (2020) who applied the synlophes and DF for identification of *Haemonchus* spp. in ruminants, respectively.

Table 1. Genotype distribution based on ITS2 and genetic diversity indices of ND4 sequences of *H. contortus* from goats in 3 provinces of Lao PDR

Province (No.)	Genotype(ITS2)															Haplotype(ND4)		Hd	π
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	Unique	Shared		
LP(26)	6	3	6	1	-	-	2	1	2	2	1	1	1	-	-	25	1	0.997	0.026
SV(23)	11	4	1	1	2	3	-	-	-	-	-	-	-	1	-	23	0	1	0.028
CP(21)	11	4	1	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	19	2	0.991	0.026
Total(70)	28	11	8	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	67	3	0.999	0.027

LP: Luangprabang, SV: Savannakhet, CP: Champasak province, Hd: Haplotype diversity, π: nucleotide diversity

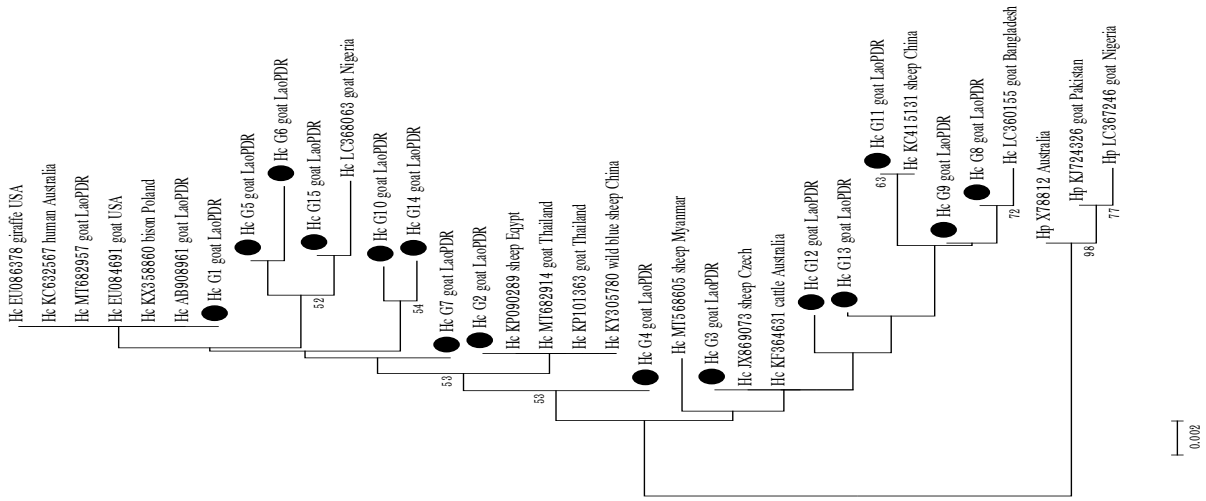


Figure 1. Neighbor-joining tree of ITS2 sequences (231bp) of 15 genotypes from 70 sequences of *H. contortus* from Lao PDR. Bootstrap values ≥ 50% shown at branch points. Circle marker (•) indicates *H. contortus* in present study

A reliable genetic marker based on ITS2 has been used to confirm all 70 adult *H. contortus* identified based on the DF and synlophes, which revealed 15 district genotypes of which G1was predominant, while Vongnady et al. (2020) had identified *H. contortus* into 10 genotypes. This difference might have been due to the small number of worms used, with most genotypes being identical to those in the present genotypes (G1: MT682957, G2: MT682958, G3: MT682963, G5: MT682960 G6: MT682962, G7: MT682959, and G14: MT682964). Among the polymorphic sites of the 15 *H. contortus* genotypes compared with *H. placei* sequences, we found that 3 main positions at 24, 205, and 219 could be used to separate closely related species such as *H. contortus* and *H. placei* that presented bases G, A, and G, respectively for *H. placei*, with similar results reported by Vadlejch et al. (2014) and Vongnady et al. (2020). Based on the NJ tree, all 15 *H. contortus* genotypes (along with the other *H. contortus*

sequences derived from the GenBank) were clearly separated from the outgroups (*H. placei*) and also more related within *H. contortus* than *H. placei*, with the sequence identities of all *H. contortus* samples ranging from 96.9% to 100%, and for *H. placei* from 96.1% to 97.80%. These results were similar to the reports of Mangkit et al. (2014) and Vongnady et al. (2020) in Thailand and Lao PDR, respectively. Thus, consideration of polymorphic sites, phylogenetic analysis, and sequence identity confirmed that all adult male *Haemonchus* worms in this present study were *H. contortus*.

Mitochondrial DNA including the ND4 gene shows a high substitution rate compared to nuclear DNA, making it easy to distinguish between closely related individual worms, as well as providing suitable molecular markers for studying genetic diversity (Shen et al., 2017; Gharamah et al., 2012). For ND4, nucleotide diversities in the Lao *H. contortus* populations in the 3 provinces in the present study were rather high (mean= 0.027), which was in agreement with some other records from Malaysia (0.032–0.044) and Yemen (0.021–0.036) (Gharamah et al., 2012) while the haplotype diversity of Lao populations also showed a high degree of haplotype diversity (mean=0.999). This high haplotype diversity was evidenced by the 67 haplotypes identified from 70 *H. contortus* worms. In a similar report, Gharamah et al. (2012) revealed 113 haplotypes from 120 individual *H. contortus* worms. The high diversity levels for *H. contortus* might be due to the size of this parasite population in nature since this species has rather high fertility, with the capability of high infection rates in their hosts, including a direct life cycle without requiring an intermediate host, which results in a rapid increase and rapid spread in a natural environment (Arsenopoulos et al., 2024). Furthermore, we also found a number of unique haplotypes in Lao populations from the 3 geographical areas. This might have been related to the number of samples utilized, with Arsenopoulos et al. (2024) suggesting an increase in unique haplotypes was based on the sample size. In addition, we observed that no haplotypes were shared among the 3 localities; this indicated *H. contortus* haplotypes might not have connectivity among localities and that distribution was limited within areas.

The phylogenetic tree using NJ with 67 ND4 haplotypes from the goats demonstrated that the Lao haplotypes were clustered together, but no clear geographical barriers among the *H. contortus* populations from the 3 different geographical areas of Lao PDR. In contrast, the Yemeni and US populations were clearly separate from the Lao *H. contortus* populations, suggesting weak dispersal ability of this nematode across strong geographic barriers so that the opportunity for infected host movement is restricted and cannot reach more distant geographical areas (Gharamah et al., 2012).

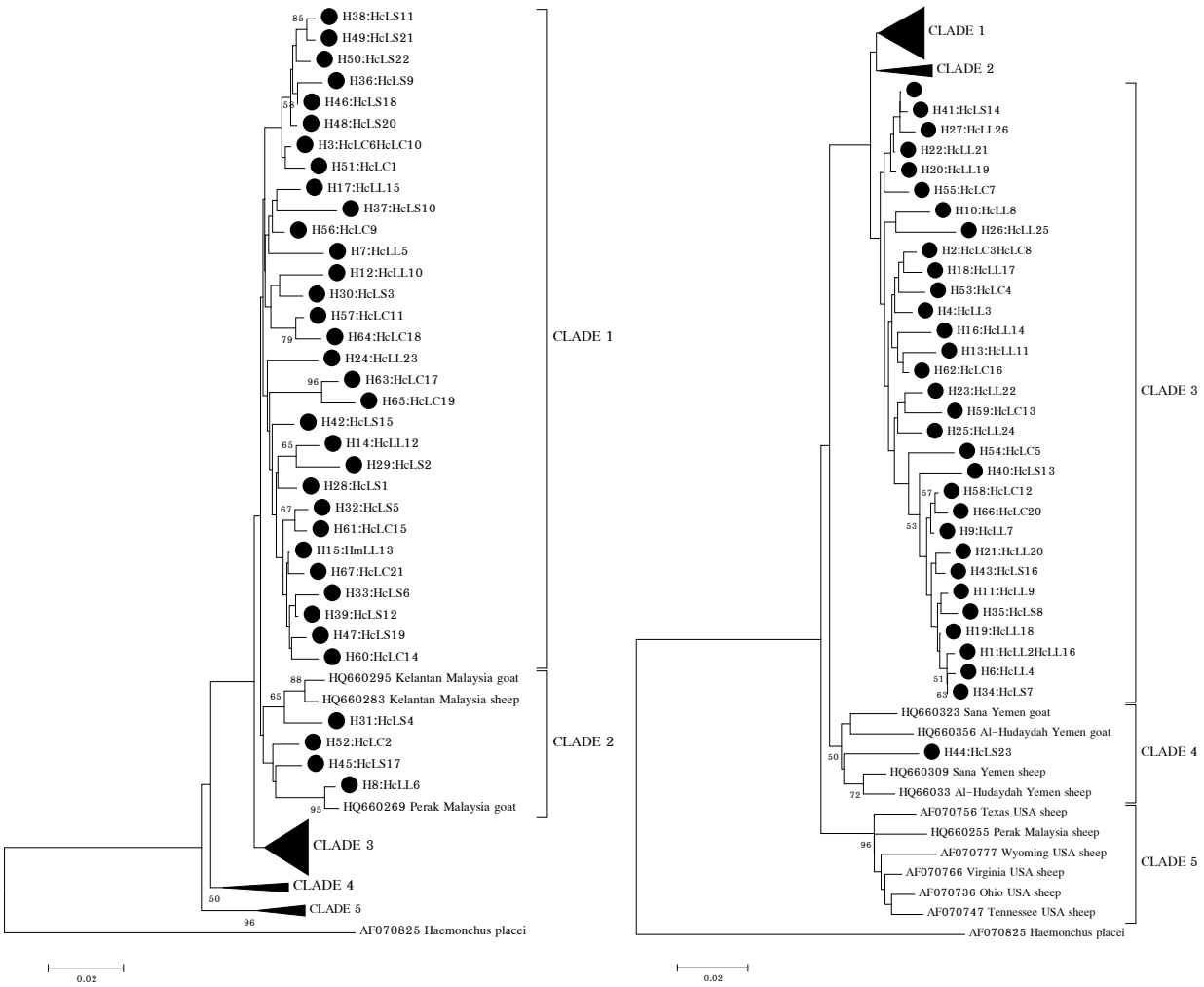


Figure 2. Neighbor-joining tree of ND4 sequences (463 bp) of 67 *H. contortus* haplotypes in goats from Lao PDR. Bootstrap values $\geq$ 50% shown at branch points. Circle marker (•) indicates *H. contortus* in present study. Outgroup: *H. placei*

However, we also found that the *H. contortus* populations in goats and sheep from Malaysia overlapped with the Lao *H. contortus* populations (clade 2), including one single haplotype from the Lao populations overlapping with the Yemeni clade (clade 4). In such cases, imported animals might be a possible cause, such as *H. contortus* from Malaysia being introduced to Lao PDR via the import of infected small ruminants. However, the NJ tree showed that all the *H. contortus* sequences from Lao PDR and other sequences from the GenBank were distinguished clearly from the outgroup of *H. placei*.

Conclusions

In this study, *H. contortus* was the predominant species in the domestic goats from Lao PDR. This was the first known published study to use the ND4 gene of *H. contortus* populations in Lao PDR, with the results identifying high nucleotide diversity and high haplotype diversity. The NJ tree based on ND4 grouped all *H. contortus* haplotypes, with a clear separation from *H. placei*. In addition, no clear geographic boundaries were identified among the populations sampled from the 3 provinces in Lao PDR. On the other hand, there was clear, extensive boundary between the Lao populations and some other countries. Further study should include investigating the population genetic structure of *H. contortus* based on an increased sample size and a broader study area, including other appropriate mitochondrial DNA, because estimation of the genetic structure and gene flow of *H. contortus* is still required. Nonetheless, this preliminary study, particularly the basic information obtained from ND4, should be useful for guidelines in future study in diagnostic test development such as the design of species-specific primers, vaccine development, the development of tests to detect anthelmintic resistance, and providing a guide to improve the effective control strategies against haemonchosis in Lao PDR.

Acknowledgements

This present study was summarized from the Master's thesis of the first author. The authors thank Mrs. Sakulchit Wichianchot for contributing relevant equipment, materials, and reagents and technical support. In addition, staff in the Faculty of Veterinary Technology, Kasetsart University, Thailand provided necessary facilities to complete the research work.

References

Achi, Y. L., Zinsstag, J., Yao, K., Yeo, N., Dorchies, P., & Jacquiet, P. (2003). Host specificity of Haemonchus spp. for domestic ruminants in the savanna in northern Ivory Coast. *Veterinary parasitology*, *116*(2), 151-158.

Arsenopoulos, K. V., Minoudi, S., Symeonidou, I., Triantafyllidis, A., Fthenakis, G. C., & Papadopoulos, E. (2024). Extensive countrywide molecular identification and high genetic diversity of Haemonchus spp. in domestic ruminants in Greece. *Pathogens*, *13*(3).

Blouin, M. S., Yowell, C. A., Courtney, C. H., & Dame, J. B. (1995). Host movement and the genetic structure of populations of parasitic nematodes. *Genetics, 141*(3), 1007-1014.

Gharamah, A. A., Azizah, M. N. S., & Rahman, W. A. (2012). Genetic variation of Haemonchus contortus (Trichostrongylidae) in sheep and goats from Malaysia and Yemen. *Veterinary parasitology, 188*(3), 268-276.

Hall, T. A. (1999). BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic acids symposium series, 41*, 95-98.

Kimura, M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of molecular evolution, 16*(2), 111-120.

Kumar, S., Stecher, G., & Tamura, K. (2016). MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 7.0 for Bigger Datasets. *Molecular biology and evolution, 33*(7), 1870-1874.

Librado, P., & Rozas, J. (2009). DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics, 25*(11), 1451-1452.

Lichtenfels, J. R., Pilitt, P. A., & Hoberg, E. P. (1994). New morphological characters for identifying individual specimens of Haemonchus spp. (Nematode: Trichostrogyloidea) and a key to species in ruminant of North America. *Parasitology, 80*(1), 107-109.

Mangkit, B., Thaenkham, U., Adisakwattana, P., Watthanakulpanich, D., Jantasuriyarat, C., & Komalamisra, C. (2014). Molecular characterization of Haemonchus contortus (Nematoda: Trichostrongylidae) from small ruminants in Thailand based on the second internal transcribed spacer of ribosomal DNA. *Kasetsart journal - natural science, 48*(5), 740-758.

Mannan, M. A., Chowdhury, S., Hossain, M. A., & Kabir, M. H. B. (2023). Genetic variability of Haemonchus contortus isolates in small ruminants from slaughterhouses in Bangladesh. *Parasitology research, 122*(12), 3101-3107.

Shen, D. D., Wang, J. F., Zhang, D. Y., Peng, Z. W., Yang, T. Y., Wang, Z. D., Bowman, D. D., Hou, Z. J., & Liu, Z. S. (2017). Genetic diversity of Haemonchus contortus isolated from sympatric wild blue sheep (Pseudois nayaur) and sheep in Helan Mountains, China. *Parasites & vectors, 10*(1), 437.

Stevenson, L. A., Chilton, N. B., & Gasser, R. B. (1995). Differentiation of Haemonchus placei from H. contortus (Nematoda: Trichostrongylidae) by the ribosomal DNA second internal transcribed spacer. *Parasitology, 25*, 483-488.

Tamura, K., Nei, M., & Kumar, S. (2004). Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101*(30), 11030-11035.

Vadlejch, J., Lukešová, D., Vašek, J., Vejl, P., Sedlák, P., Čadková, Z., Langrová, I., Jankovská, I., & Salaba, O. (2014). Comparative morphological and molecular identification of Haemonchus species in sheep. *Helminthologia, 51*(2), 130-140.

Vongnady, K., Rucksaken, R., & Mangkit, B. (2020). Morphological identification of adult male Haemonchus species in goats from Thailand and Lao PDR. *Tropical biomedicine, 37*(3), 691-712.

Windsor, P. A., Nampanya, S., Putthana, V., Keonam, K., Johnson, K., Bush, R. D., & Khounsy, S. (2018). The endoparasitism challenge in developing countries as goat raising develops from smallholder to commercial production systems: A study from Laos. *Veterinary parasitology, 251*, 95-100.

Yin, F., Gasser, R. B., Li, F., Bao, M., Huang, W., Zou, F., Zhao, G., Wang, C., Yang, X., Zhou, Y., Zhao, J., Fang, R., & Hu, M. (2013). Genetic variability within and among Haemonchus contortus isolates from goats and sheep in China. *Parasites & vectors, 6*(1), 279.

Optimizing Enzyme Pretreatment for Okara Protein Concentrate Production

Athippat Thanaratkuljarern[1] and Khanitta Ruttarattanamongkol[1*]

[1]Department of Food science and Technology, Faculty of Agriculture Nature Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

Okara, a byproduct of soymilk and tofu production, is often underutilized and poses waste management challenges. This study investigated the optimization of cell wall degrading enzymes (CWDEs) to enhance protein concentrate production from okara under alkaline conditions. Enzymatic treatments using cellulase, xylanase, and Viscozyme significantly improved protein content, recovery, and extraction yield. Especially, xylanase treatment resulted in the highest protein content (84.91%), while Viscozyme (3 and 5%) demonstrated the highest recovery rates (68.10% and 70.65%). Particle size and zeta potential analyses revealed that enzyme treatments effectively reduced particle size and increased negative charge, thereby enhancing protein solubility and functionality. Additionally, enzymatic treatments improved water and oil holding capacities, foaming properties, and emulsifying properties, with Viscozyme showing superior emulsifying activity. The enzymatic pretreatment approach to okara protein extraction offers a sustainability than chemical methods, with milder reaction conditions, reduced energy consumption, and minimal undesirable byproducts. While enzyme costs are a factor, the potential for the use of immobilized enzymes suggests industrial viability, contributing to sustainable food processing and valorization of okara as a valuable alternative protein source.

Keywords: Okara, Protein concentrate, Cell wall degrading enzyme, Alkaline extraction, Functional properties

Introduction

As the global population grows, there's an increasing interest in plant-based protein sources for their sustainability benefits over animal protein production (Ferrari et al., 2022). Soybeans are notable for their high-quality protein content, complete essential amino acid profile, and digestibility comparable to animal proteins like cow's milk, meat, and eggs. Soy products such as soymilk and tofu are becoming more popular, particularly among lactose-intolerant individuals and those concerned about cholesterol levels (Qin et al., 2022). Okara, a byproduct of soymilk and tofu production, presents a significant waste management challenge due to underutilization.

Despite its high protein content (27-38%, dry weight basis) and promising digestibility (up to 80%) (Muliterno et al., 2017), okara is often discarded or used for animal feed, representing a missed opportunity for sustainable plant-based protein sources. Extracting okara protein (OP) efficiently is challenging due to its binding to cell wall components like cellulose, hemicellulose, and lignin (de Figueiredo et al., 2018).

High temperatures (>80 °C) used in conventional soymilk processing can compromise okara protein concentrate (OPC) functionality, despite increasing protein yield up to 53.4% Protein denaturation occurs at these temperatures, as glycinin and β-conglycinin denature at approximately 82 °C and 68 °C, respectively (Vishwanathan et al., 2011). Conventional alkaline extraction (pH 9.0) also faces difficulties due to protein entanglement with fiber components. Extreme alkaline treatment can potentially improve functionality by partially unfolding proteins while maintaining some structural integrity (Momen et al., 2021). Recent research highlights the potential of cell wall degrading enzymes (CWDEs) to enhance protein extraction from plant-based sources. Enzymes like cellulases and hemicellulases target and degrade complex polysaccharides in plant cell walls, improving protein accessibility and extraction efficiency (Abramson et al., 2010). Enzymatic pretreatment, involving multi-enzyme complexes such as Viscozyme, can effectively break down the resistant secondary cell wall, enhancing extraction yields of proteins from okara (de Figueiredo et al., 2018). Similar strategies have been successfully applied to other plant-based protein sources. Combining cellulase, xylanase, and protease has been shown to disrupt the cell wall matrix of rapeseed meal, increasing protein yield and enhancing functional properties (Rommi et al., 2014). A multi-enzyme complex improved protein recovery and purity from sunflower seed meal by breaking down complex cell wall structures (Kleekayai et al., 2023)

This study aims to optimize the use of CWDEs as a pretreatment to enhance protein concentrate production from okara under alkaline conditions. The hypothesis is that CWDE treatment will break down complex polysaccharides in okara cell walls, increasing protein release, recovery rates, and preserving functional properties, contributing to more sustainable utilization of this byproduct.

Materials and Methods

Raw material and chemical

Wet okara, a byproduct of soymilk production from Dairy Plus Company Limited, was used. Soybeans were cooked at 80 - 90 °C, ground into a slurry, and okara was separated using a decanter centrifuge. In the lab,

okara was dehydrated at 60 °C for 10 hours to achieve ~5% moisture content, ground, sieved (50 mesh), and stored at 4 °C. Enzymes used included cellulase from Trichoderma reesi (≥ 700 units/g, 50 °C, pH 5.0), xylanase from Aspergillus oryzae (≥ 2500 units/g, 50 °C, pH 5.0), and Viscozyme from Aspergillus aculeatus (≥ 100 FBG/g, 45 °C, pH 5.0). All chemicals were analytical grade, sourced from Sigma-Aldrich (UK) and Merck (USA).

Alkaline extraction of okara proteins

Dried okara was mixed with distilled water at a 1:10 (w/v) ratio. Protein extraction was performed under alkaline conditions by adjusting the pH to 11.5 with 2 M NaOH at 60 °C with continuous stirring for 90 min. The mixture was then centrifuged at 10,000 rpm for 30 min (CRYSTE, VARISPIN 15, Korea). The supernatant, containing the extracted protein, was acidified with 2 M HCl to reach the isoelectric point (pI) for protein precipitation. The precipitate was washed twice with distilled water at a 1:5 (w/v) ratio by centrifugation at the same conditions used previously. The washed pellet was then re-suspended in distilled water, and its pH was adjusted to 7.0 with 2 M NaOH. The neutralized protein was frozen, followed by freeze-drying. The resulting powder was ground and stored at 4 °C until further analysis. This step will serve as a control group, which is a standard of comparison for the experiment.

Enzymatic pretreatments assisted alkaline extraction of okara proteins

Dried okara was mixed with distilled water at a 1:10 ratio (w/v) and then digested with three enzymes : cellulase and xylanase at 50 °C and pH 5.0, and Viscozyme at 45 °C and pH 5.0. Each enzyme treatment was applied at 3.0% and 5.0% (w/v) concentrations for 90 min, followed by enzyme activity inhibition at 95 °C. The mixture was performed under alkaline conditions by adjusting the pH to 11.5 with 2 M NaOH at 60 °C with continuous stirring for 90 min. Protein extraction was carried out under the same conditions as the previous method.

Determination of protein content in okara extracts

The protein content was determined using the Kjeldahl method (AOAC, 2010). Protein content, protein recovery and extraction yield were calculated using the following equations :

$$\text{Protein content } (\%) = \frac{Nitrogen\ Content\ (g) \times Conversion\ Factor(5.71) \times 100}{Sample\ Weight\ (g)} \quad (1)$$

$$\text{Protein recovery } (\%) = \frac{mass\ of\ protein\ in\ protein\ extract\ (g)}{mass\ of\ protein\ in\ OP\ (g)} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Extraction yield } (\%) = \frac{mass\ of\ protein\ extract\ (g)}{mass\ of\ OP\ (g)} \times 100\% \quad (3)$$

Zeta potential and particle size

The zeta potential of protein isolates was measured using laser Doppler velocimetry and phase analysis light scattering (Malvern Zetasizer Nano-ZS, model ZEN3600). Samples (0.5% w/v) in distilled water were equilibrated for 5 minutes, and 1 mL aliquots were transferred to an electrophoresis cell (model DTS 1060C). Measurements were done in triplicate at 25°C. OP solutions (1% w/v) were stirred for 2 hours, diluted tenfold, and particle size was determined using Dynamic Light Scattering (DLS) on a Malvern Zetasizer Nano ZS at 25°C, 173° scattering angle, and 633 nm wavelength.

Functional properties

The functional properties of the OP were evaluated, including protein solubility at pH 7, water holding capacity (WHC), oil holding capacity (OHC), flow behavior, and foaming properties (foaming activity index, FAI; foaming stability index, FSI). Methods from Tao et al. (2019) were combined for these analyses. Emulsifying properties (emulsifying ability index, EAI; emulsifying stability index, ESI) were determined following the method of Zhu et al. (2017) with slight modifications. Briefly, a 10 mg/mL OP solution (45 mL) and soybean oil (15 mL) were mixed and homogenized at 10,000 rpm for 2 minutes using an Ultra-Turrax T25 (IKA, Staufen, Germany). A 500 µL aliquot of the freshly prepared emulsion was diluted with 50 mL of 0.1% SDS solution, and its absorbance (A_0) at 500 nm was measured (control: 0.1% SDS solution). The diluted emulsion's absorbance (A_{30}) was measured again after 30 minutes to determine EAI and ESI using the following equations :

$$\text{EAI } (m^2/g) = \frac{2 \times 2.303 \times A_0 \times N}{C \times \varphi \times 1000} \quad (4)$$

$$\text{ESI } (min) = \frac{A_0}{A_0 - A_{30}} \times 30 \quad (5)$$

where N is the dilution factor (100), C is the protein concentration in the solution (0.01 g/mL), and φ is the oil volume fraction (0.25).

Statistical analysis

All experiments were performed in triplicate, and data are presented as mean ± standard deviation (SD). Statistical analysis was conducted using one-way analysis of variance (ANOVA) with IBM SPSS Statistics version 25 (SPSS Inc., Chicago, USA). Significant differences between means ($p < 0.05$) were Duncan's new multiple range test.

Results

Protein content, protein recovery and extraction yield of OP extract.

Table 1. Protein content, protein recovery and extraction yield of OP extract.

Enzymatic pretreatment	concentration (% w/v)	Protein content (% dry basis)	Protein recovery (%)	Extraction yield (%)
Control	-	73.14 ± 0.84^{e}	38.06 ± 0.32^{g}	16.73 ± 0.53^{g}
Cellulase	3.0	77.67 ± 1.66^{d}	53.77 ± 0.55^{f}	21.45 ± 1.20^{f}
	5.0	68.69 ± 0.80^{g}	60.39 ± 0.41^{d}	27.57 ± 0.37^{a}
Xylanase	3.0	70.26 ± 1.23^{f}	55.44 ± 0.45^{e}	24.45 ± 0.80^{d}
	5.0	84.91 ± 1.28^{a}	66.34 ± 0.84^{c}	24.51 ± 1.03^{c}
Viscozyme	3.0	80.35 ± 1.65^{b}	68.10 ± 0.65^{b}	25.32 ± 1.35^{b}
	5.0	79.25 ± 1.12^{c}	70.65 ± 0.54^{a}	23.55 ± 1.98^{e}

* The results are presented as the mean ± standard deviation (SD) of three independent measurements. Significant differences ($p < 0.05$) between means within the same column are indicated by different superscript letters following Duncan's new multiple range test.

Zeta potential and particle size

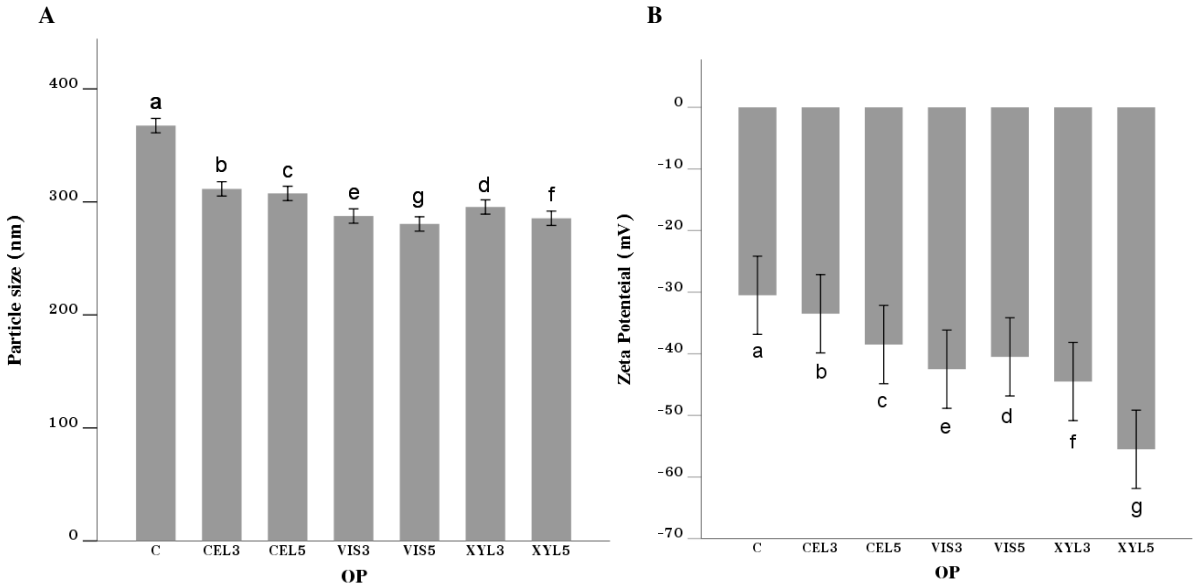


Figure 1. (A) Particle size and Zeta potential (B) of OP and OP extracted at different enzymatic pretreatment (control, cellulase, xylanase and Viscozyme). Means and standard deviation are from triplicate determinations. Different letters denote significant difference ($p < 0.05$) as determined by Duncan's new multiple range test.

Functional properties

Table 2. The solubility, water holding capacity (WHC), oil holding capacity (OHC), foam activity index (FAI), foam stability index (FSI), emulsion activity index (EAI) and emulsion stability index (ESI) of OP extract.

	C	CEL5	XYL5	VIS5
Solubility (%)	40.06 ± 0.23[d]	60.65 ± 0.33[c]	62.12 ± 0.99[a]	61.08 ± 1.68[b]
WHC (g/g)	9.23 ± 0.85[d]	11.22 ± 0.91[b]	11.09 ± 0.61[c]	12.65 ± 0.17[a]
OHC (g/g)	6.89 ± 1.32[c]	5.77 ± 1.56[d]	8.22 ± 0.25[b]	8.53 ± 0.81[a]
FAI (%)	18 ± 1.96[b]	14 ± 0.56[c]	20 ± 0.18[a]	18 ± 0.22[b]
FSI (%)	55 ± 0.85[a]	45 ± 1.66[d]	41 ± 1.02[c]	49 ± 0.32[b]
EAI (%)	50 ± 0.23[c]	48 ± 0.44[d]	52 ± 1.55[b]	59 ± 0.70[a]
ESI (min)	43 ± 0.21[b]	45 ± 0.39[a]	35 ± 0.78[d]	37 ± 0.23[c]

* The results are presented as the mean ± standard deviation (SD) of three independent measurements. Significant differences ($p < 0.05$) between means within the same row are indicated by different superscript letters following Duncan's new multiple range test.

Discussion

Protein content, protein recovery and extraction yield of OP extract.

This study examined the potential of enzymatic pretreatment (control, cellulase, xylanase, and Viscozyme) to enhance protein concentrate production from okara under alkaline conditions at pH 11.5. Enzymatic pretreatment significantly influenced protein content, recovery, and extraction yield ($p < 0.05$). The control had a protein content of 73.14%. Xylanase at 5% yielded the highest protein content (84.91%), followed by Viscozyme at 3% and 5% (80.35% and 79.25%, respectively). Cellulase at 3% resulted in a protein content of 70.26%, while at 5%, it had the lowest protein content (68.69%), suggesting potential protein denaturation at higher concentrations. Protein recovery increased with enzymatic pretreatment, from 38.06% (control) to 70.65% (Viscozyme 5%). Both cellulase and xylanase improved recovery compared to the control, but Viscozyme consistently yielded the highest values, likely due to its multi-enzyme composition facilitating effective protein release. This aligns with the broader understanding that the synergistic action of various cell wall-degrading enzymes enhances protein recovery from plant sources (Gruninger et al., 2018). Cellulase at 5% led to the highest extraction yield (27.57%), possibly due to its targeted action on cellulose, a key component of the okara cell wall, highlighting the crucial role of cellulases in maximizing protein extraction (Privatti et al., 2023). The varying effects of cellulase, xylanase,

and Viscozyme on okara protein extraction are due to their distinct substrate specificities. Xylanase, targeting xylan, yielded the highest protein content, while Viscozyme achieved the highest protein recovery. Cellulase was effective at lower concentrations but hindered protein content at higher levels. Optimal enzyme and concentration depend on whether protein content (xylanase at 5%), protein recovery (Viscozyme at 5%), or a balance of both (Viscozyme at 3%) is prioritized, considering cost and desired functionality.

Zeta potential and particle size

Particle size and zeta potential measurements reveal the effects of enzymatic pretreatment on okara protein (OP) properties. Zeta potential, measured at pH 7, indicates emulsion stability, with higher values suggesting greater stability (Liu et al., 2012). Enzymatic pretreatment significantly impacted particle size and zeta potential compared to the control (368 nm). Enzymes reduced particle sizes, with the smallest observed at 5% concentrations: cellulase (308 nm), xylanase (286 nm), and Viscozyme (280 nm). This suggests effective degradation of the okara cell wall, aligning with Mateos-Aparicio et al. (2010). Enzymatic treatment also made zeta potential values more negative than the control (-30 mV), with xylanase at 5% showing the most significant decrease (-55 mV), indicating increased negative charge on okara particles and potentially enhancing protein release during alkaline extraction. These findings align with research showing enzymatic hydrolysis alters surface charge properties, influencing protein accessibility and extraction efficiency (Colombo et al., 2018). Variations in particle size and zeta potential may correlate with protein content and recovery, implying links between enzymatic pretreatment, particle characteristics, and extraction efficiency. Changes in particle size and surface charge can impact protein solubilization and dispersion, potentially enhancing protein content and recovery rates. Further investigation is needed to clarify these relationships and optimize conditions for maximizing protein yield from okara (Rommi et al., 2015).

Protein solubility and water/oil holding capacity (WHC/OHC)

Protein solubility is a critical functional property profoundly influencing other functionalities like emulsification, foaming, and rheological behavior. To ensure reliable measurements and avoid interference from the protein's isoelectric point (pI), where the net charge is zero and solubility is minimal (Vojdani, 1996), the solubility in this study was determined at pH 7.0. The results of solubility, water holding capacity (WHC), and oil holding capacity (OHC) as shown in Table 2. shed light on the effect of enzymatic pretreatment on the functional properties of OP. Enzymatic pretreatment significantly enhanced the functional properties of okara protein

concentrate compared to the control. Protein solubility exhibited a remarkable increase, with xylanase 5% treatment leading to the highest value (62.12%). This likely resulted from the enzyme's ability to degrade cell wall components, potentially exposing more protein molecules and increasing their accessibility to the solvent. Additionally, the observed increase in protein content (84.91%) and the stabilizing effect of the higher zeta potential (-55 mV) likely contributed to the enhanced solubility. Notably, Viscozyme 5% also led to a significant increase (61.08%), aligning with previous findings by Casas et al. (2017) that suggest enzymatic degradation facilitates protein accessibility and extraction.

Similarly, WHC and OHC demonstrated positive changes with enzyme pretreatment. Viscozyme 5% achieved the highest WHC (12.65 g/g) and OHC (8.53 g/g), indicating its effectiveness in improving the moisture and oil retention abilities of the protein concentrate. While cellulase 5% also increased WHC (11.22 g/g), its OHC (5.77 g/g) was the lowest, suggesting potential interactions with specific protein fractions that might hinder oil binding. These observations underscore the potential of enzyme pretreatment, particularly with Viscozyme, in optimizing the functional properties of okara protein concentrate, potentially due to increased protein exposure and surface hydrophobicity (Cai et al., 2020). The results highlight the need for further investigation into the interplay between enzymatic treatments and protein characteristics to maximize product quality and value.

Foaming properties

This study investigated the influence of enzymatic pretreatment on the foaming properties of OP using Foam Activity Index (FAI) and Foam Stability Index (FSI). FAI and FSI are crucial parameters for evaluating protein suitability in food applications requiring foaming characteristics, such as whipped toppings and bakery products (Ellis & Lazidis, 2018). Enzymatic pretreatments yielded contrasting effects on FAI compared to the control (alkaline extraction). Xylanase 5% treatment displayed the highest FAI (20%), potentially due to cell wall degradation exposing hydrophobic regions that enhance protein-air interface interactions. This aligns with the observed high protein solubility (62.12%) for xylanase treatment, suggesting a greater abundance of protein molecules available for interfacial adsorption and potentially leading to thicker foams (Tao et al., 2019). However, xylanase treatment also resulted in the lowest FSI (41%), indicating potential disruption of the protein network and faster foam destabilization. Conversely, cellulase 5% treatment exhibited the lowest FAI (14%) but the second-highest FSI (45%), suggesting protein-protein interactions that might hinder foam formation but improve stability (Poole et al., 1984). These findings highlight the complex interplay between enzymatic pretreatments, protein characteristics, and foaming functionality.

Further research is warranted to optimize pretreatment conditions for achieving desired foaming properties in specific food applications. (Liang et al., 2020)

Emulsifying properties

Emulsifying activity index (EAI) and emulsifying stability index (ESI) are critical protein properties that determine their ability to form and stabilize emulsions, essential in food applications like salad dressings and mayonnaise. EAI reflects the protein's speed of adsorption at the oil-water interface, forming a protective layer that hinders droplet aggregation, while ESI gauges the emulsion's resistance to droplet aggregation and creaming over time. Higher EAI values indicate better emulsion formation ability, while longer ESI values signify enhanced emulsion stability (Sui et al., 2017). Enzymatic pretreatments exhibited diverse effects on EAI and ESI. Viscozyme 5% treatment resulted in the highest EAI (59%), significantly enhancing the formation and stabilization of oil-in-water emulsions compared to the control (50%) and other enzymes. This might be attributed to Viscozyme's ability to modify protein surface characteristics, leading to improved interfacial adsorption and film formation (Paterlini et al., 2017). Conversely, Cellulase 5% led to the lowest EAI (48%), potentially due to interference with protein-oil interactions or disruption of protein structures (Shao et al., 2015).

For ESI, Cellulase 5% exhibited the highest stability (45 min), suggesting its potential to promote emulsion stability through the formation of a more cohesive protein network around oil droplets (Dickinson et al., 2012). Xylanase 5%, however, resulted in the lowest ESI (35 min), potentially due to destabilization of the emulsion interface caused by its action on cell wall components and the consequent disruption of protein-protein interactions crucial for emulsion stability (Benichou et al., 2002).

Conclusions

In conclusion, our research optimized enzyme pretreatment, particularly with Viscozyme, to enhance okara protein concentrate (OP) production under alkaline conditions. This resulted in significant improvements, including xylanase achieving the highest protein content (84.91%) and Viscozyme (3 and 5%) exhibiting the highest recovery rates (68.10% and 70.65%). Enzymatic treatments also led to effective reductions in particle size, increased negative charge on okara particles, and improved protein solubility, water holding capacity (WHC), and oil holding capacity (OHC). Furthermore, foaming and emulsifying properties were notably influenced, with

Viscozyme demonstrating the highest emulsifying activity index (EAI) and Cellulase the highest emulsifying stability index (ESI). These findings underscore the potential of enzyme pretreatment to enhance the functionality of okara protein concentrate for various food applications. The enzymatic approach offers advantages over chemical catalysis, such as milder conditions, lower energy consumption, and minimal degradation product formation, making it a promising strategy for industrial usage. Despite the enzyme's high cost, pretreatment using immobilized enzymes may be economically feasible due to the potential for enzyme complex recovery, highlighting avenues for further research and industrial application.

Acknowledgements

Supported by the research promotion and support activity grant, Agricultural Research Development Agency (Public Organization), ARDA 2022

References

Abramson, M., Shoseyov, O., & Shani, Z. (2010). Plant cell wall reconstruction toward improved lignocellulosic production and processability. *Plant Science*, *178*(2), 61-72. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2009.11.003

Benichou, A., Aserin, A., & Garti, N. (2002). Protein-polysaccharide interactions for stabilization of food emulsions. *Journal of Dispersion Science and Technology*, *23*(1-3), 93-123. https://doi.org/10.1080/01932690208984192

Cai, Y., Huang, L., Tao, X., Su, J., Chen, B., Zhao, M., Zhao, Q., & Van der Meeren, P. (2020). Adjustment of the structural and functional properties of okara protein by acid precipitation. *Food Bioscience*, *37*, 100677. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100677

Casas, M. P., & González, H. D. (2017). Enzyme-assisted aqueous extraction processes. *Water Extraction of Bioactive Compounds*, 333-368. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809380-1.00013-9

Colombo, M., Minussi, C., Orthmann, S., Staufenbiel, S., & Bodmeier, R. (2018). Preparation of amorphous

indomethacin nanoparticles by aqueous wet bead milling and in situ measurement of their increased saturation solubility. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, *125*, 159-168. https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2018.01.013

de Figueiredo, V. R. G., Yamashita, F., Vanzela, A. L. L., Ida, E. I., & Kurozawa, L. E. (2018). Action of multi-enzyme complex on protein extraction to obtain a protein concentrate from okara. *Journal of food science and technology*, *55*, 1508-1517.

Dickinson, E. (2012). Emulsion gels: The structuring of soft solids with protein-stabilized oil droplets. *Food hydrocolloids*, *28*(1), 224-241. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.017

Ellis, A. L., & Lazidis, A. (2018). Foams for food applications. *Polymers for food applications*, 271-327. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94625-2_11

Ferrari, L., Panaite, S. A., Bertazzo, A., & Visioli, F. (2022). Animal-and plant-based protein sources: a scoping review of human health outcomes and environmental impact. *Nutrients*, *14*(23), https://doi.org/10.3390/nu14235115

Gruninger, R. J., Nguyen, T. T., Reid, I. D., Yanke, J. L., Wang, P., Abbott, D. W., & McAllister, T. (2018). Application of transcriptomics to compare the carbohydrate active enzymes that are expressed by diverse genera of anaerobic fungi to degrade plant cell wall carbohydrates. *Frontiers in microbiology*, *9*, 1581. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01581

Kleekayai, T., Khalesi, M., Amigo-Benavent, M., Cermeño, M., Harnedy-Rothwell, P., & FitzGerald, R. J. (2023). *Enzyme-Assisted Extraction of Plant Proteins. In Green Protein Processing Technologies from Plants*, (131-178).

Liang, G., Chen, W., Qie, X., Zeng, M., Qin, F., He, Z., & Chen, J. (2020). Modification of soy protein isolates using combined pre-heat treatment and controlled enzymatic hydrolysis for improving foaming properties. *Food Hydrocolloids*, *105*. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105764

Liu, L., Zhao, Q., Liu, T., Long, Z., Kong, J., & Zhao, M. (2012). Sodium caseinate/xanthan gum interactions in aqueous solution: Effect on protein adsorption at the oil-water interface. *Food Hydrocolloids*, *27*(2), 339-346. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.10.007

Mateos-Aparicio, I., Redondo-Cuenca, A., & Villanueva-Suárez, M. J. (2010). Isolation and characterisation of cell wall polysaccharides from legume by-products: Okara (soymilk residue), pea pod and broad bean pod. *Food chemistry*, *122*(1), 339-345. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.042

Momen, S., Alavi, F., & Aider, M. (2021). Alkali-mediated treatments for extraction and functional modification of proteins: Critical and application review. *Trends in Food Science & Technology*, *110*, 778-797. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.052

Muliterno, M. M., Rodrigues, D., de Lima, F. S., Ida, E. I., & Kurozawa, L. E. (2017). Conversion/degradation of isoflavones and color alterations during the drying of okara. *LWT*, *75*, 512-519.

Paterlini, T. T., Nogueira, L. F., Tovani, C. B., Cruz, M. A., Derradi, R., & Ramos, A. P. (2017). The role played by modified bioinspired surfaces in interfacial properties of biomaterials. *Biophysical reviews*, *9*(5), 683-698. https://doi.org/10.1007/s12551-017-0306-2

Poole, S., West, S. I., & Walters, C. L. (1984). Protein–protein interactions: Their importance in the foaming of heterogeneous protein systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *35*(6), 701-711. https://doi.org/10.1002/jsfa.2740350618

Privatti, R. T., & Rodrigues, C. E. D. C. (2023). An overview of the composition, applications, and recovery techniques of the components of okara aimed at the biovalorization of this soybean processing residue. *Food Reviews International*, *39*(2), 726-749. https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1926484

Qin, P., Wang, T., & Luo, Y. (2022). A review on plant-based proteins from soybean: Health benefits and soy product development. *Journal of Agriculture and Food Research*, *7*. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100265

Rommi, K., Hakala, T. K., Holopainen, U., Nordlund, E., Poutanen, K., & Lantto, R. (2014). Effect of enzyme-aided cell wall disintegration on protein extractability from intact and dehulled rapeseed (Brassica rapa L. and Brassica napus L.) press cakes. *Journal of agricultural and food chemistry*, *62*(32), 7989-7997. https://doi.org/10.1021/jf501802e

Rommi, K., Holopainen, U., Pohjola, S., Hakala, T. K., Lantto, R., Poutanen, K., & Nordlund, E. (2015). Impact of particle size reduction and carbohydrate-hydrolyzing enzyme treatment on protein recovery from rapeseed (Brassica rapa L.) press cake. *Food and bioprocess technology*, *8*, 2392-2399.

Shao, J. H., Deng, Y. M., Zhou, G. H., Xu, X. L., & Liu, D. Y. (2015). A Raman spectroscopic study of meat protein/lipid interactions at protein/oil or protein/fat interfaces. *International Journal of Food Science & Technology*, *50*(4), 982-989. https://doi.org/10.1111/ijfs.12695

Sui, X., Bi, S., Qi, B., Wang, Z., Zhang, M., Li, Y., & Jiang, L. (2017). Impact of ultrasonic treatment on an emulsion system stabilized with soybean protein isolate and lecithin: Its emulsifying property and emulsion stability. *Food Hydrocolloids*, *63*, 727-734. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.10.024

Tao, X., Cai, Y., Liu, T., Long, Z., Huang, L., Deng, X., & Zhao, M. (2019). Effects of pretreatments on the structure and functional properties of okara protein. *Food Hydrocolloids*, *90*, 394-402. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.028

Vishwanathan, K. H., Govindaraju, K., Singh, V., & Subramanian, R. (2011). Production of okara and soy protein concentrates using membrane technology. *Journal of food science*, *76*(1), E158-E164. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01917.x

Vojdani, F. (1996) Solubility. In: Hall, G.M., Ed., *Methods of Testing Protein Functionality*, (11-60). St. Edmundsbury Press, London.

Zhu, S. M., Lin, S. L., Ramaswamy, H. S., Yu, Y., & Zhang, Q. T. (2017). Enhancement of functional properties of rice bran proteins by high pressure treatment and their correlation with surface hydrophobicity. *Food and Bioprocess Technology*, *10*(2), 317-327. https://doi.org/10.1007/s11947-016-1818-7

การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ดหัวลิง

นลิน วงศ์ขัตติยะ[1], พันธุ์ชนะ สงวนเสริมศรี[2], เพชรรดา ขันทะรักษ์[1], ไพรัตน์ ทับประเสริฐ[3], ศิวพร แสนมงคล[3], พิรญาณ์ จันทร์เขียว[3], พิชามญชุ์ ลิ่มเจริญชาติ[1] และ ดลฤดี สงวนเสริมศรี[4*]

The Study of the Antioxidant Activity of Crude Polysaccharide Extracts from *Hericium erinaceus*

Nalin Wongkattiya[1], Phanchana Sanguansermsri[2], Phetrrada Khantharak[1], Phirat Thupprasert[3], Sivapon Saenmongkhon[3], Phiraya Chankhiao[3], Pichamon Limchareonchat[1] and Donruedee Sanguansermsri[4*]

[1]หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[3]ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เชียงใหม่ 50220

[4]ภาควิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, 50290

[2]Department of Biochemistry, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[3]Huai Hong Khrai Royal Development Study Center Chiang Mai, Chiang Mai, 50220

[4]Department of Microbiology and Parasitology, Faculty of Medical Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

การศึกษานี้วัตถุประสงค์เพื่อสกัดพอลิแซ็กคาไรด์และการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเห็ดหัวลิง ซึ่งเป็นเห็ดที่มีคุณค่าในการใช้เป็นอาหารและยา พอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ดหัวลิงเป็นสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลายรวมทั้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ดหัวลิงในส่วนดอกเห็ด โดยใช้วิธีการสกัดด้วยเอทานอลและน้ำที่สภาวะต่างๆ ผลการศึกษาพบว่า การสกัดด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 80°C ให้ผลผลิตพอลิแซ็กคาไรด์สูงสุดที่ 64.48% และปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ 177.98 ± 5.04 mg GE/g extract ค่า Polysaccharide index เท่ากับ 11.328 การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระ ABTS และ DPPH แสดงค่า IC50 ที่ 0.75-2.70 mg/ml นอกจากนี้ การสกัดด้วยน้ำยังช่วยลดการใช้สารเคมีและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า เห็ดหัวลิงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: *Hericium erinaceus* การสกัด พอลิแซ็กคาไรด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This study aimed to extract polysaccharides and evaluate the antioxidant activity of *Hericium erinaceus*, a mushroom valued for its dietary and medicinal properties. Polysaccharides from Hericium erinaceus are crucial bioactive compounds known for their diverse biological activities, including antioxidant effects. The extraction of polysaccharides from the fruiting bodies of *Hericium erinaceus* was performed using ethanol and water under various conditions. The results revealed that water extraction at 80°C yielded the highest polysaccharide yield of 64.48%, with a polysaccharide content of 177.98 ± 5.04 mg GE/g extract and a Polysaccharide index of 11.328. Antioxidant tests using ABTS and DPPH methods showed IC50 values ranging from 0.75 to 2.70 mg/ml. Additionally, water extraction contributed to reduced chemical usage and was environmentally friendly. This study demonstrates that *Hericium erinaceus* has potential for development into cosmetic and health products in the future.

Keywords: *Hericium erinaceus*, Extraction, Polysaccharide, Antioxidant activity

บทนำ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่จากวัตถุดิบธรรมชาติได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคมีความตระหนักเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากสารเคมีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมมากขึ้น เห็ดในวงศ์ Hericiaceae ได้แก่ *Hericium coralloides* และ *Hericium abietis* รวมถึงเห็ดหัวลิง (*Hericium erinaceus*) ล้วนมีคุณสมบัติทางยา และเป็นแหล่งพอลิแซ็กคาไรด์และสารต้านอนุมูลอิสระ จึงเป็นที่น่าสนใจสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางสุขภาพและความงาม การสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ดสามารถทำได้ด้วยการใช้น้ำและเอทานอลซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและได้รับความนิยมสูง การใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในการสกัดด้วยน้ำร้อนช่วยในการได้มาซึ่งสารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์ ในขณะที่การใช้เอทานอลสามารถสกัดสารละลายที่มีความเฉพาะเจาะจงและเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดได้อย่างมีประสิทธิผล เห็ดหัวลิงมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากคุณสมบัติที่ช่วยในการบำรุงรักษาสุขภาพประสาท ลดอาการอักเสบ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ การเจริญเติบโตของเห็ดนี้ต้องการสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงและอุณหภูมิต่ำ เห็ดหัวลิง (*Hericium erinaceus*) หรือเห็ดปุยฝ้าย หรือเห็ดยามาบูชิตาเกะ เป็นเห็ดป่าที่พบได้ตามธรรมชาติในป่าดิบชื้น ลักษณะอากาศค่อนข้างเย็น ใช้รับประทานเพื่อช่วยป้องกันและรักษาแผลในกระเพาะอาหาร มีพอลิแซ็กคาไรด์เป็นส่วนประกอบทางชีวภาพที่สำคัญ และมีศักยภาพเป็นสารที่มีฤทธิ์ส่งเสริมสุขภาพหลายประการ เช่น ต้านมะเร็ง กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Khan et al., 2018; Baoming et al., 2023) เนื่องจากคุณสมบัติทางชีวภาพของเห็ดหัวลิง การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ดหัวลิงมีความสำคัญเพื่อการพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ช่วยในการบำรุงและปกป้องผิว ซึ่งจะช่วย

เพิ่มมูลค่าให้กับเห็ดหัวลิงจากศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ และเป็นการสนับสนุนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิผล สารสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการดูแลผิวหนังภายนอกที่พบในเห็ดหัวลิงนี้ ได้แก่ พอลิแซ็กคาไรด์ ที่ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้น ลดรอยเหี่ยวย่น และคงความชุ่มชื้นของผิวได้ยาวนานมากขึ้น มีสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลดการเสื่อมสภาพของผิว มีกลูแคนที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการผลิตคอลลาเจน และมีวิตามินที่ช่วยลดการอักเสบและฟื้นฟูผิว (Friedman, 2015) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดหัวลิงสามารถสกัดได้จากทั้งส่วนของเส้นใย และดอกเห็ด โดยเฉพาะสารในกลุ่ม polysaccharide อันได้แก่ β-glucans, Heteroglycan, Heteroglycanpeptide, ß-1, 3 branched-ß-1, 2-mannan ที่มีฤทธิ์ต่อการทำงานของเซลล์ในภูมิคุ้มกัน (Leong, 2021) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดหัวลิงสามารถสกัดได้จากทั้งเส้นใยและดอกเห็ด โดยเฉพาะสารในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น Heteroglycan, Heteroglycanpeptide, ß-1, 3 branched-ß-1, 2-mannan ซึ่งมีผลต่อการทำงานของเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกัน การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเห็ดต้องทำการอบเพื่อลดความชื้นออกทั้งหมด ซึ่งอุณหภูมิในการอบส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญที่สกัดได้ เช่น Total phenolics, Ergosterol และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นการเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมสำคัญในการอบเพื่อส่งผลต่อปริมาณสารที่สกัดได้ (Gąsecka et al., 2019) การอบครั้งเดียวใช้พลังงานมาก เนื่องจากเห็ดหัวลิงมีขนาดใหญ่ การแปรรูปเบื้องต้นจึงจำเป็นอย่างยิ่ง โดยขนาดตัวอย่างและการให้ความร้อนเบื้องต้นเช่นการลวกหรือต้มส่งผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้ (Makhamrueang et al., 2021) หลังการอบเพื่อแปรรูปเป็นเห็ดหัวลิงแห้ง วิธีการสกัดก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณสารที่สกัดได้ โดยตัวทำละลายที่นิยมใช้คือ น้ำและแอลกอฮอล์ ซึ่งเวลาและอุณหภูมิในการสกัดมีผลอย่างมากต่อสารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์ (Tachabenjarong et al., 2022) การวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษากระบวนการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์และการประเมินคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเห็ดหัวลิง ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์สุขภาพที่มีคุณค่าเพิ่มสูง โดยจะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเห็ดหัวลิงจากศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ และเป็นการสนับสนุนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิผล

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. การสกัดเห็ดหัวลิง

การสกัดเห็ดหัวลิงเริ่มต้นด้วยการเตรียมตัวอย่างเห็ดโดยใช้ส่วนดอกเห็ด (gill) ของเห็ดหัวลิงที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ก้อนเชื้อที่ผลิตจากวัสดุขี้เลื่อยไม้ยางพารา ดีเกลือ และน้ำตาลทรายแดง คลุกเคล้าให้เข้ากันดี ก่อนบรรจุในถุงพลาสติกและนำไปนึ่งฆ่าเชื้อเป็นเวลาประมาณ 4-5 ชั่วโมง หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นลงและหยอดเชื้อเห็ดลงไป พักในโรงเรือนเพื่อให้เส้นใยเจริญเติบโต ตรวจวัดการเจริญของเส้นใยทุก 10 วันจนเส้นใยเจริญคลุมเต็มก้อน

ก่อนนำไปเปิดดอกในโรงเรือนที่มีการควบคุมความชื้นและรักษาอุณหภูมิให้คงที่ที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส การสกัดเห็ดหัวลิงเริ่มต้นด้วยการเตรียมตัวอย่างเห็ดโดยใช้ส่วนดอกเห็ดมาฉีกตามความยาวของเส้นใยและนำไปตากแดดในโรงตากเป็นเวลา 3 วัน จนแห้ง ตัวอย่างเห็ดแห้งถูกบรรจุในถุงพลาสติกและเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส การสกัดเห็ดดำเนินการโดยใช้ตัวทำละลายสองชนิดคือ เอทานอลและน้ำกลั่น (Tian et al., 2022) ตัวอย่างเห็ดแห้งถูกบดด้วยเครื่องบดจนได้ผงเห็ดแห้ง สำหรับการสกัดด้วยเอทานอล แช่ผงแห็ดแห้ง 40 กรัม ในเอทานอลที่มีความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 95% ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ส่วนการสกัดด้วยน้ำกลั่น สกัดผงแห็ดแห้ง 40 กรัม ด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 121 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาทีหลังจากนั้น ผงเห็ดถูกกรองออกด้วยผ้าขาวบาง และสารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์ถูกกรองอีกครั้งด้วยกระดาษกรอง Whatman หมายเลข 1 ตัวทำละลายถูกระเหยออกโดยใช้เครื่อง rotary evaporator (Wiggens รุ่น Strike 300) จากนั้นถูกนำไปทำ freeze dry (Drawell รุ่น DWT-B Series) ที่ -55 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง เพื่อให้ได้สารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับการทดสอบต่อไปคำนวณร้อยละของผลผลิตใช้สูตรดังนี้

ร้อยละผลผลิต = (น้ำหนักสารสกัดที่ได้ x 100)/น้ำหนักตัวอย่างแห้ง

2. การวิเคราะห์ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์

การวิเคราะห์ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิงใช้วิธี phenol-sulfuric acid โดยวิธีของ Barghout et al., (2022) เริ่มจากการเตรียมตัวอย่างสารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์ในความเข้มข้น 0.2 mg/mL ในน้ำ ปริมาตร 0.5 mL จากนั้นเติม phenol 5% จำนวน 0.5 mL และเติม sulfuric acid 98% จำนวน 2.5 mL ผสมสารละลายให้เข้ากันและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 20 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 nm ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Onilab รุ่น SP-V1100) และคำนวณปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานกลูโคส (มิลลิกรัมสมมูลของกลูโคสต่อกรัมสารสกัด (mg GE/g extract)) จากค่าปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากสารสกัดด้วยวิธีต่าง ๆ ค่าเหล่านี้จะถูกนำมาคำนวณค่าดัชนีพอลิแซ็กคาไรด์จากสารสกัดเห็ดหัวลิงอีกครั้ง ดังสูตรต่อไปนี้ การคำนวณค่าดัชนีพอลิแซ็กคาไรด์จากสารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์

ค่าดัชนีพอลิแซ็กคาไรด์จากสารสกัดเห็ดหัวลิง= (ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์จากสารสกัดเห็ดหัวลิง (กรัม) x ร้อยละผลผลิตของเห็ดหัวลิงที่สกัดได้)/(ปริมาณสารสกัดเห็ดหัวลิง 1 กรัม)

3. การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity assay)

3.1 2,2′-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) การทดสอบด้วย ABTS (Wu et al., 2022)

โดยเตรียมสารละลาย ABTS ความเข้มข้น 14 mM ในน้ำกลั่นและ potassium persulfate ความเข้มข้น 1.32 mg/mL ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง เจือจางสารละลายให้ได้ค่า OD ที่ 734 nm เท่ากับ 0.70 ± 0.02 (ABTS radical working solution) นำตัวอย่างที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 50 mg/mL และสารมาตรฐานวิตามิน C และ E ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/mL ผสมกับสารละลาย ABTS radical working solution ทำการทดสอบในสภาวะที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 6 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 nm เพื่อคำนวณความสามารถในการยับยั้ง ABTS ของตัวอย่าง

ABTS radical scavenging activity (%)=(A control − A sample)/(A control) x 10

3.2 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) การทดสอบด้วย DPPH (Wu et al., 2022)

โดยเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 mM ในเอทานอล ตัวอย่างและสารมาตรฐานวิตามิน C และ E ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 mg/mL และ 0.1 mg/mL ตามลำดับ ผสมกับสารละลาย DPPH และทำการทดสอบในสภาวะที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 nm เพื่อคำนวณความสามารถในการยับยั้ง DPPH ของตัวอย่าง (Wu et al., 2022)

% DPPH scavenging activity = (A control − A sample)/ A control x 100

3.3 Total phenolic การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu

เตรียมสารละลาย Folin-Ciocalteu 10% ในน้ำ และ sodium carbonate 7.5% ในน้ำ ตัวอย่างและสารมาตรฐาน Gallic acid ความเข้มข้น 1 mg/mL ผสมตัวอย่างกับสารละลาย Folin-Ciocalteu และ sodium carbonate ทิ้งไว้ในสภาวะที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm (Derakhshan et al., 2018)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง วิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance – MANOVA) และการทดสอบ t ที่ผู้เดียว ใช้ซอฟต์แวร์ SPSS เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มการทดลองและความแปรปรวนของข้อมูล ระดับความน่าเชื่อถือทางสถิติถือว่ามีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

1. การเตรียมตัวอย่างเห็ดเพื่อการสกัด

การเตรียมตัวอย่างเห็ดหัวลิงสำหรับกระบวนการสกัด ก่อนที่จะนำไปตากแห้ง (รูป 1a และ 1b) จากกระบวนการนี้พบว่าน้ำหนักของเห็ดหัวลิงหลังจากการตากแห้งลดลงเหลือเพียงร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับน้ำหนักเดิมในสภาพสด หลังจากนั้น เห็ดแห้งถูกบดเป็นผงเพื่อให้เหมาะสำหรับกระบวนการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ในขั้นตอนต่อไป (รูป 1c) การบดเห็ดเป็นผงช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเห็ดกับตัวทำละลายในระหว่างกระบวนการสกัด ทำให้การสกัดมีประสิทธิภาพมากขึ้นการตากแห้งเห็ดหัวลิงด้วยวิธีนี้มีความสำคัญต่อกระบวนการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ เนื่องจากความชื้นที่ต่ำเอื้อต่อการละลายของสารพอลิแซ็กคาไรด์ลงในตัวทำละลาย และยังช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ไม่พึงประสงค์ระหว่างกระบวนการสกัด

a b c

รูปที่ 1 การเตรียมตัวอย่างเห็ดหัวลิงเพื่อการสกัด

a) เห็ดหัวลิง b) เห็ดหัวลิงหลังจากการตากแห้ง c) เห็ดหัวลิงบดผง

2. การสกัดเห็ดหัวลิงและการศึกษาปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ดหัวลิงโดยใช้เอทานอลและน้ำเป็นตัวสกัด ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า การใช้เอทานอลที่ความเข้มข้น 25% และ 50% นั้นมีผลผลิตและปริมาณ

พอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่แตกต่างกัน มีปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์คือ 312.01± 4.43 และ 312.01± 5.09 mg GE/g extract และมี Polysaccharide index 9.984 และ 10.23 ตามลำดับ ในขณะเดียวกัน การสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80°C เป็นวิธีที่ได้ผลผลิตที่สูงที่สุดคือ 64.48% และปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ 177.98 ± 5.04 mg GE/g extract เมื่อพิจารณาค่า Polysaccharide index พบว่า มีค่าสูงสุดเท่ากับ 11.328 ในสภาวะการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80°C แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้พอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้ลดลง ดังนั้นการเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดด้วยน้ำไม่ได้นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้ แต่กลับทำให้ผลผลิตลดลงอย่างชัดเจน การสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80°C นั้นได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดทั้งในด้านผลผลิตและปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ ทำให้น้ำที่อุณหภูมินี้เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ดหัวลิง

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดด้วยเอทานอลและน้ำ และปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ของสารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์

การสกัด	ผลผลิต (%)	ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ (mg GE/g extract)	Polysaccharide index
เอทานอล 25%	32.44	312.01 ± 4.43 [a]	9.984
เอทานอล 50%	33.11	310.54 ± 5.09 [a]	10.23
เอทานอล 75%	19.98	93.32 ± 5.43 [b]	1.767
เอทานอล 95%	17.61	36.15 ± 2.97 [c]	0.612
น้ำ 80 ºC	64.48	177.98 ± 5.04 [a]	11.328
น้ำ 100 ºC	27.75	178.40 ± 4.20 [a]	4.806
น้ำ 121 ºC	23.94	183.44 ± 3.47 [a]	4.209

หมายเหตุ ตัวอักษรยกกำลังในแนวคอลัมน์ (ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์) แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $P<0.05$ เมื่อเปรียบเทียบในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน

3. Antioxidant activity assay

จากการศึกษา antioxidant activity (ตารางที่ 2) พบว่า การสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 100 °C และ 121 °C มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS และ DPPH ที่ดี โดยมีค่า IC50 ที่ต่ำ (0.75-2.70 mg/ml) ซึ่งดีกว่าการสกัดด้วยเอทานอล การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมแสดงว่าการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 121ºC มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของสารประกอบฟีนอลิกต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การสกัดด้วยน้ำให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

ในการได้สารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการต้านอนุมูลอิสระและมีสารประกอบฟีนอลิกรวมในปริมาณสูง

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี ABTS scavenging activity, DPPH scavenging activity และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การสกัด	ABTS assay IC 50 (mg/mL)	DPPH assay IC 50 (mg/mL)	Total phenolic content (mg GAE/g extract)
เอทานอล 25%	4.33	6.99	4.15 ± 0.24 [a]
เอทานอล 50%	2.56	4.72	4.00 ± 0.14 [ab]
เอทานอล 75%	3.01	4.40	3.72 ± 0.14 [b]
เอทานอล 95%	20.29	25.94	1.62 ± 0.05 [c]
น้ำ 80 ºC	2.04	4.42	4.48 ± 0.16 [b]
น้ำ 100 ºC	0.75	2.70	4.64 ± 0.18 [b]
น้ำ 121 ºC	0.78	1.78	5.36 ± 0.17 [a]
Ascorbic acid	0.01	0.01	ND
Tocopherol	0.02	0.05	ND

หมายเหตุ ตัวอักษรยกกำลังในแนวคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $P<0.05$ (เปรียบเทียบในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน)

อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์ผลการศึกษาการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์และการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากเห็ดหัวลิง พบว่า การสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80°C เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Leong et al., (2021) ให้ผลพอลิแซ็กคาไรด์สูงและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี ซึ่งประเมินจากค่า IC50 ที่ต่ำ ในการทดสอบ ABTS และ DPPH สำหรับการสกัดด้วยเอทานอลในความเข้มข้นต่างกันแสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน การสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 100°C และ 121°C แสดงค่า IC50 ที่ต่ำและใกล้เคียงกันในการทดสอบ ABTS และ DPPH ในทางตรงกันข้าม การสกัดด้วยเอทานอล 95% ให้ค่า IC50 ที่สูงมากในทั้งสองการทดสอบ โดยการสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80°C ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดระหว่างปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยเอทานอล 25% และ 50% ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี แต่ไม่เท่ากับการสกัดด้วยน้ำ การสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิสูงกว่าเช่น 100°C และ 121°C แม้จะมีค่า IC50 ที่ต่ำแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี แต่การสกัดด้วยน้ำที่ 80°C นับเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสกัด เพื่อประโยชน์ทางเภสัชกรรมหรือเครื่องสำอาง ซึ่งไม่เพียงแต่ส่งเสริม

คุณสมบัติในการปรับปรุงสภาพผิวและเพิ่มความชุ่มชื้น แต่ยังเป็นวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสามารถทำได้ง่ายในระดับอุตสาหกรรม การเลือกตัวทำละลายมีบทบาทสำคัญในการสกัดสาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเฉพาะเจาะจงของการละลายสารต่าง ๆ น้ำและเอทานอลเป็นตัวทำละลายหลักที่ใช้งานในการสกัด โดยเอทานอล 95% ที่มีคุณสมบัติการมีขั้วต่ำช่วยละลายสารที่มีขั้วน้อย ในขณะที่น้ำที่มีขั้วสูงเหมาะกับการสกัดโพลีแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ดี การใช้น้ำที่อุณหภูมิ 80°C เพิ่มประสิทธิภาพการสกัดด้วยการเพิ่มอัตราการละลายและการแพร่กระจายของสารในน้ำ การเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมจำเป็นต้องพิจารณาเพื่อไม่ให้ทำลายสารที่ต้องการสกัด การตากแห้งและการบดเห็ดเป็นผงไม่เพียงแต่เพิ่มความสามารถในการสกัดเท่านั้น แต่ยังช่วยให้การแพร่กระจายของตัวทำละลายเข้าสู่วัสดุได้ดียิ่งขึ้นโดยเพิ่มโอกาสในการสัมผัสกับสารบริสุทธิ์ที่ต้องการสกัด (Valu et al., 2020) ทั้งนี้มีงานวิจัยแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการเลือกตัวทำละลายและเงื่อนไขการสกัดที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากเห็ดโดยเฉพาะการใช้เทคโนโลยีการสกัดที่ทันสมัย เช่น การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟและการสกัดด้วยคลื่นอัลตราซาวด์ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มอัตราการสกัดและรักษาคุณภาพของสารสำคัญให้คงทน (Leong et al., 2021) การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า พอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดหัวลิงมีสารออกฤทธิ์หลักคือ β-glucans, ซึ่งมีฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพเช่นการต้านมะเร็ง, กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และต้านการอักเสบ (Zhong et al., 2023) นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่า กระบวนการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์มีความสำคัญต่อลักษณะทางชีวภาพ รวมทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การต้านมะเร็ง การลดไขมันในเลือด เทคนิคการสกัด ที่แตกต่างกัน เช่น การสกัดด้วยน้ำร้อน การละลายด้วยด่าง การย่อยด้วยเอนไซม์ การสกัดด้วยคลื่นอัลตราซาวนด์และการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ มีผลต่อผลผลิต และโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ และดังนั้นความสามารถในการทำงานของพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้ การเลือกส่วนของเห็ดในการสกัด และเงื่อนไขการสกัด เช่น อุณหภูมิ ปริมาณเอนไซม์ และอัตราส่วนสารสกัด มีบทบาทสำคัญในการกำหนดมวลโมเลกุล องค์ประกอบของมอโนแซคคาไรด์ และลักษณะโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างในลักษณะทางชีวภาพของสารสกัดหยาบพอลิแซ็กคาไรด์ (Liu, 2022) นอกจากนี้มีศึกษาพบว่า โพลีแซคคาไรด์จากเห็ดหัวลิงแสดงมีฤทธิ์ในการปรับภูมิคุ้มกันที่ช่วยในการต้านการอักเสบและผลการต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพที่มีคุณสมบัติเสริมภูมิคุ้มกันและผลิตภัณฑ์ เสริมอาหารและเครื่องสำอางที่มุ่งเน้นการป้องกันและฟื้นฟูผิวจากความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ เช่น การอักเสบและการเสื่อมของเนื้อเยื่อ(Yang et al., 2022) การวิเคราะห์โพลีแซคคาไรด์ได้ทดสอบโดยใช้วิธีมาตรฐาน Phenol-Sulfuric Acid ซึ่งเป็นวิธีที่เชื่อถือได้ในการวัดปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั่วไป และช่วยให้สามารถประเมินปริมาณโพลีแซคคาไรด์ ในตัวอย่างได้ การทดสอบเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อยืนยันประเภทและคุณภาพของโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดได้ สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคทางเคมีวิเคราะห์อื่น ๆ เช่น Thin Layer Chromatography (TLC) และ Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) เทคนิคเหล่านี้จะช่วยยืนยันโครงสร้างโมเลกุลของโพลีแซคคาไรด์ นอกจากนี้

การเพิ่มกระบวนการทำให้โพลีแซคคาไรด์บริสุทธิ์มากขึ้นจะเพิ่มคุณค่าและความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากสารสกัดทางการค้าในอนาคต

การศึกษานี้ได้ศึกษาการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์และแอนติออกซิแดนต์จากเห็ดหัวลิง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดนี้มีศักยภาพในการใช้งานหลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมเภสัชกรรมและเครื่องสำอาง พอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายประการ ได้แก่ การต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มความชุ่มชื้น และการต้านมะเร็ง ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรือผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพผิวต่อไป

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเห็ดหัวลิงพบว่า การสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 80°C ให้ปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีและเหมาะสมที่สุด เมื่อเทียบกับการใช้เอทานอล การวิจัยนี้ยืนยันถึงความสำคัญของการเลือกวิธีการสกัดที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากเห็ดหัวลิง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการสกัดสารพอลิแซ็กคาไรด์ เพื่อการใช้งานพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพและเครื่องสำอาง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มคุณค่าและประโยชน์จากเห็ดหัวลิงในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจาก ทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental fund) ประจำปีงบประมาณ 2567 จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปีงบประมาณ 2567 ทุนโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2567 และขอขอบคุณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริในการอนุเคราะห์เห็ดหัวลิงที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Barghout N., Djidel S., Bouaziz A., Bentahar A., Messgo-Moumene S., El Hadi D., Boudina A., Dahamna S. and Khennouf S. (2022). Sugar and protein content, hydrogen peroxide radical scavenging and total antioxidant capacity of Polianthes tuberosa L flowers grown in Algeria. *Plant cell biotechnology and molecular biology*, *23*, 68-74. https://doi.org/10.56557/pcbmb/2022/v23i27-287758

Baoming, T., Peiyi, W., Tianrui, X., Ming, C., Rongliang, M., Liang-Gie, H., Sun, P. L., & Yang, K. (2023). Ameliorating effects of Hericium erinaceus polysaccharides on intestinal barrier injury in immunocompromised mice induced by cyclophosphamide. *Food & Function*, *14*(6), 2921-2932. https://doi.org/10.1039/d2fo03769f

Derakhshan Z., Ferrante M., Tadi M., Ansari F., Heydari A., Hosseini M.S., Conti G.O. and Sadrabad E.K. (2018). Antioxidant activity and total phenolic content of ethanolic extract ofpomegranate peels, juice and seeds. *Food and chemical toxicology*, *114*, 108-111. https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.02.023.

Friedman, M. (2015). Chemistry, Nutrition, and Health-Promoting Properties of Hericium erinaceus (Lion's Mane) Mushroom Fruiting Bodies and Mycelia and Their Bioactive Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *63*(32), 7108-7123. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02914

Gąsecka, M., Siwulski, M., Magdziak, Z., Budzyńska, S., Stuper-Szablewska, K., Niedzielski, P., & Mleczek, M. (2019). The effect of drying temperature on bioactive compounds and antioxidant activity of Leccinum scabrum (Bull.) Gray and Hericium erinaceus (Bull.) Pers. *Journal of Food Science and Technology*, *57*(2), 513-525. https://doi.org/10.1007/s13197-019-04081-1

Khan, I., Huang, G., Li, X., Leong, W., Xia, W., & Hsiao, W. L. W. (2018). Mushroom polysaccharides from Ganoderma lucidum and Poria cocos reveal prebiotic functions. *Journal of Functional Foods*, *41*, 191-201. https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.12.046

Leong, Y. K., Yang, F.-C., & Chang, J.-S. (2021). Extraction of polysaccharides from edible mushrooms: Emerging technologies and recent advances. *Carbohydrate Polymers*, *251*, 117006. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117006

Liu, J., Wang, W., Hu, Q., Wu, X., Xu, H., Su, A., Xie, M., & Yang, W. (2022). Bioactivities and molecular mechanisms of polysaccharides from Hericium erinaceus. *Journal of Future Foods*, *2*(2), 103-111. https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.03.007

Makhamrueang, N., Sirilun, S., Sirithunyalug, J., Chaiyana, W., Wangcharoen, W., Peerajan, S., & Chaiyasut, C. (2021). Effect of Pretreatment Processes on Biogenic Amines Content and Some Bioactive Compounds in Hericium erinaceus Extract. *Foods*, *10*(5), 996. https://doi.org/10.3390/foods10050996

Tachabenjarong, N., Rungsardthong, V., Ruktanonchi, U., Poodchakarn, S., Thumthanaruk, B., Vatanyoopaisarn, S., Suttisintong, K., Iempridee, T., & Uttapap, D. (2022). Bioactive compounds and antioxidant activity of Lion's Mane mushroom (Hericium erinaceus) from different growth periods. *E3S Web of Conferences*, *355*, 02016-02022.

Tian, B., Geng, Y., Xu, T. Q., Zou, X., Mao, R., Pi, X., Wu, W., Huang, L., Yang, K., Zeng, X., & Sun, P. (2022). Digestive characteristics of *Hericium erinace*us polysaccharides and their positive effects on fecal microbiota of male and female volunteers during in vitro fermentation. *Frontiers in Nutrition*, *9*, https://doi.org/10.3389/fnut.2022.858585 2022.

Valu, M. V., Soare, L. C., Sutan, N. A., Ducu, C., Moga, S., Hritcu, L., Boiangiu, R. S., & Carradori, S. (2020). Optimization of Ultrasonic Extraction to Obtain Erinacine A and Polyphenols with Antioxidant Activity from the Fungal Biomass of Hericium erinaceus. *Foods*, *9*(12), 1889. https://doi.org/10.3390/foods9121889

Wu, J., Cai, B., Zhang, A., Zhao, P., Du, Y., Liu, X., Zhao, D., Yang, L., Liu, X., & Li, J. (2022). Chemical identification and antioxidant screening of Bufei Yishen Formula using an offline DPPH ultrahigh-performance liquid chromatography Q-Extractive Orbitrap MS/MS. *International Journal of Analytical Chemistry*, *2022*(1), Article 1423801. https://doi.org/10.1155/2022/1423801

Yang, Y., Li, J., Hong, Q., Zhang, X., Liu, Z., & Zhang, T. (2022). Polysaccharides from Hericium erinaceus Fruiting Bodies: Structural Characterization, Immunomodulatory Activity and Mechanism. *Nutrients*, *14*(18), 3721. https://doi.org/10.3390/nu14183721

Zhong, X., Wang, G., Li, F., Fang, S., Zhou, S., Ishiwata, A., Tonevitsky, A. G., Shkurnikov, M., Cai, H., & Ding, F. (2023). Immunomodulatory Effect and Biological Significance of β-Glucans. Pharmaceutics, *15*(6), 1615. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15061615

การศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวผิวดำที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์

ณัฐวดี ฉิมพาลี[1*], ชูชาติ บุญศักดิ์[2], ภภัสสร วัฒนกุลภาคิน[3], กัณฑิมา ทองศรี[4],

อัจฉรา จอมสง่าวงศ์[1] , และ ศมิษฐา แม้นเหมือน[1]

Studies on Harvesting Methods on Yield and Seed Quality of Black Gram

Nattawadee Chimpalee[1*], Choochat Boonsak[2], Papassorn Wattanakulpakin[3], Kantima Thongsri[4],

Achara Jomsangawong[1] and Samittha Maenmeun[1]

[1]ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สรรพยา ชัยนาท 17150

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี เมือง ลพบุรี 15210

[3]ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ สันทราย เชียงใหม่ 50290

[4]ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก วังทอง พิษณุโลก 65130

[1]Chai Nat Field Crop Research Center, Supphaya, Chai Nat, 17150

[2]Lopburi Seed Research and Development Center, Mueang, Lopburi, 15210

[3]Chiangmai Seed Research and Development Center, San Sai, Chiangmai, 50290

[4]Phitsanulok Seed Research and Development Center, Wang Thong, Phitsanulok, 65130

*Corresponding author. E-mail: nattawadee.palee@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีเก็บเกี่ยวและช่วงอายุเก็บเกี่ยวถั่วเขียวผิวดำที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำจากวิธีการเก็บเกี่ยวและช่วงอายุเก็บเกี่ยว ดำเนินการปลูกถั่วเขียวผิวดำพันธุ์ชัยนาท 4 ฤดูปลายฝน เดือนกันยายน-เดือนพฤศจิกายน 2565 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ Main plot คือ ระยะฝักสุกแก่ 3 ระยะ ได้แก่ 80% 90% และ 100% Sub plot คือ วิธีการเก็บเกี่ยว 2 วิธี ได้แก่ 1) การเก็บเกี่ยวด้วยมือและนวดด้วยเครื่อง 2) การเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวด ผลการทดลองพบว่า ด้านผลผลิตเมล็ดพันธุ์ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะฝักสุกแก่กับวิธีการเก็บเกี่ยว โดยการเก็บเกี่ยวด้วยมือแล้วใช้เครื่องนวด ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวด เท่ากับ 216 และ 199 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยการเก็บเกี่ยวที่ระยะฝักสุกแก่ 90% มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวน้อยที่สุด (1.4%) และให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์และเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด และพบว่า คุณภาพเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน (ความงอก >90%) อีกทั้งพบว่า การใช้รถเกี่ยวนวดรวดเร็วกว่า 16 เท่า และลดต้นทุนได้ 1.5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยมือ ดังนั้นการใช้รถเกี่ยวนวดสามารถเก็บเกี่ยวถั่วเขียวผิวดำให้มีคุณภาพเทียบเท่ากับการเก็บเกี่ยวด้วยมือได้ จึงเป็นวิธีแนะนำให้แก่เกษตรกรในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำ สามารถช่วยลดความเสี่ยงจากสภาพอากาศแปรปรวน ลดต้นทุน ประหยัดเวลาและทดแทนแรงงานที่ขาดแคลนในปัจจุบัน

คำสำคัญ: ถั่วเขียวผิวดำ วิธีการเก็บเกี่ยว คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ระยะฝักสุกแก่ รถเกี่ยวนวด

Abstract

Studies on Harvesting Methods on Yield and Seed Quality of Black Gram. Aims to reduce the problem of seed damage caused by harvesting methods and maturity stages. Black gram of the Chai Nat 4 variety was planted during the late rainy season from September to November 2022 at the Chai Nat Field Crops Research Center. The experiment was designed as a split-plot in a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The main plot consisted of three maturity stages of pods at 80%, 90%, and 100%, and the sub-plot consisted of two harvesting methods: 1) cut with a scythe with a machine, and 2) harvesting with a combine harvester. The results showed no interaction between maturity stages and harvesting methods in terms of seed yield. cut with a scythe with a machine resulted in a seed yield comparable to combine harvesting, at 216 and 199 kg/rai, respectively. Harvesting at 90% pod maturity resulted in the lowest post-harvest loss (1.4%) and the highest seed yield and germination percentage. Seed quality remained unchanged after eight months of storage (germination >90%). Additionally, the combine harvester was 16 times faster and reduced costs by 1.5 times compared to hand harvesting. Therefore, using a combine harvester can produce black mung bean seeds with quality equivalent to hand harvesting and is recommended for farmers to reduce the risks of weather variability, lower costs, save time, and address the current labor shortage.

Keywords: Black gram, Harvesting methods, Seed quality, Maturity stage, Combine harvester

บทนำ

ถั่วเขียวผิวดำ (Vigna mungo (L.) Hepper) เป็นพืชที่ใช้น้ำน้อย อายุเก็บเกี่ยวสั้น นิยมใช้เป็นพืชปลูกหลังนาหรือหลังปลูกข้าวโพด ศักยภาพของพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำในปัจจุบันสามารถให้ผลผลิตสูงถึง 270 กก./ไร่ ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วเขียวผิวดำ ได้แก่ สุโขทัย พิจิตร เพชรบูรณ์ สระบุรี และลพบุรี สำหรับประเทศที่รับซื้อผลผลิตถั่วเขียวผิวดำในปัจจุบันคือ ปากีสถาน และอินเดีย โดยมีปริมาณการซื้อเฉลี่ยต่อปี 1,700 ตัน มูลค่ากว่า 45 ล้านบาท/ปี (กรมการค้าต่างประเทศ, 2567) และราคาถั่วเขียวผิวดำเพิ่มสูง จากปี 2560-2566 คิดเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567) ปัจจุบันการผลิตถั่วเขียวผิวดำมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด จึงมีการนำเข้าจากต่างประเทศ และต้นทุนการผลิตสูง ปัจจุบันคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรเรื่องการผลิตถั่วเขียวผิวดำ ได้แนะนำให้เกษตรกรเก็บเกี่ยวเมื่อฝักถั่วเขียวผิวดำสุกแก่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เคียวเกี่ยวต้นแล้วมัดรวมเป็นกองไว้ หลังจากนั้นนำไปตากฝักให้แห้งและนวดทันที (ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท, 2552) ทำให้ต้องใช้เวลาในการเก็บเกี่ยวและนวดอย่างน้อย 5 วัน ประกอบกับปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเขียวผิวดำประสบปัญหาขาดแคลนแรงงานเก็บเกี่ยวที่หายากและมีราคาแพง ทำให้เกษตรกรหันมาใช้เครื่องจักรทดแทนแรงงานคน เครื่องเกี่ยวนวดเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่เกษตรกรเริ่มใช้กันอย่างแพร่หลายในการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวผิวดำ เนื่องจากสะดวกและมีต้นทุนต่ำกว่าการเก็บเกี่ยวโดยใช้เคียวเกี่ยวและ

ตากให้แห้ง แต่การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดจำเป็นต้องมีเทคโนโลยีที่เหมาะสมทั้งด้านการปรับตั้งเครื่องเกี่ยวนวดให้มีประสิทธิภาพ สภาพพื้นที่ และระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมโดยทั่วไปพืชแต่ละชนิดจะมีอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ แหล่งปลูก และสภาพแวดล้อม ถ้าเก็บเกี่ยวในระยะเวลาที่ไม่เหมาะสม คือ เก็บเร็วหรือช้าไปจะทำให้เกิดผลเสียหายต่อเมล็ดทั้งปริมาณและคุณภาพ การเก็บเกี่ยวเร็วจะทำให้ได้เมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ เมล็ดจะมีลักษณะลีบเล็ก มีความงอก และความแข็งแรงต่ำเมื่อผ่านการปรับปรุงสภาพไปแล้วเมล็ดจะเสื่อมความงอกอย่างรวดเร็ว ส่วนการเก็บเกี่ยวล่าช้าจะทำให้เมล็ดหลุดร่วงต้นหักล้อม เมล็ดถูกทำลายโดยศัตรูธรรมชาติ (วันชัย และจวงจันทร์, 2533) ดังนั้นเพื่อลดปัญหาความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำ จึงควรมีการศึกษาอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของถั่วเขียวผิวดำเพื่อให้ได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ดีและมีคุณภาพ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการปลูกถั่วเขียวผิวดำพันธุ์ชัยนาท 4 ฤดูปลายฝน เดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน 2565 ณ แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ตำบลบางหลวง อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท วางแผนการทดลอง Split plot in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ Main plot คือ ระยะฝักสุกแก่ 3 ระยะ ได้แก่ 80 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ Sub plot คือ วิธีการเก็บเกี่ยว 2 วิธี ได้แก่ 1) การเก็บเกี่ยวด้วยมือและนวดด้วยเครื่อง 2) การเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวด ขนาดพื้นที่แปลงย่อยและพื้นที่เก็บเกี่ยว 8x10 ตารางเมตร ดูแลรักษาถั่วเขียวผิวดำตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร โดยหว่านเมล็ดถั่วเขียวผิวดำ 6 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ รองพื้นก่อนปลูก ตรวจสอบและป้องกันกำจัดโรคแมลงตามความเหมาะสม ดำเนินการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวผิวดำตามกรรมวิธีช่วงอายุเก็บเกี่ยวและวิธีการเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน และสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำหลังการปรับปรุงสภาพที่เก็บรักษา ในห้องควบคุมอุณหภูมิมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุก 2 เดือน ตั้งแต่ 0-8 เดือน คือ การตรวจสอบความชื้น การตรวจสอบความงอก การตรวจสอบความแข็งแรง และการแตกร้าว ตามมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การบันทึกข้อมูล ผลผลิตเมล็ดและผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวเปอร์เซ็นต์ความชื้น และการแตกร้าว วิเคราะห์ความแปรปรวน ตามแผนการทดลอง Split Plot in RCBD ตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Duncan's new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติ STAR (Statistical Tool for Agricultural Research) Version 2.0.1 (Gulles, et al., 2014)

ผลการศึกษา

การเก็บเกี่ยวถั่วเขียวผิวดำที่ระยะฝักสุกแก่ที่แตกต่างกัน 3 ระยะ คือ 80 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และวิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การเก็บเกี่ยวด้วยมือแล้วใช้เครื่องนวด และการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวด พบว่า

ด้านผลผลิตเมล็ดพันธุ์ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะฝักสุกแก่กับวิธีการเก็บเกี่ยว โดยการเก็บเกี่ยวด้วยมือแล้วใช้เครื่องนวดที่ระยะฝักสุกแก่ 100 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงสุด 216 กก./ไร่ และไม่แตกต่างทางสถิติ การเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวด ที่ระยะฝักสุกแก่ 100 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ต่ำสุด 147 กก./ไร่ (Table 1) การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด มีเปอร์เซ็นต์สูญเสียมากที่สุด (1.9%) แตกต่างกันกับการเก็บเกี่ยวด้วยมือ (1.5%) ที่ระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์สูญเสียมากที่สุด (1.6%) รองลงมาระยะสุกแก่ 100 เปอร์เซ็นต์ (1.5%) และที่ระยะสุกแก่ 90 เปอร์เซ็นต์ มีความสูญเสียน้อยที่สุด (1.4%) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) สำหรับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำ ด้านความชื้นของเมล็ดถั่วเขียวผิวดำพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะสุกแก่กับวิธีการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวที่ระยะสุกแก่มีความแตกต่างกัน โดยระยะสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นสูงที่สุด (10.8%) รองลงมาคือ ระยะสุกแก่ 100 เปอร์เซ็นต์ (10%) และระยะสุกแก่ 90 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นน้อยที่สุด (9.8%) โดยการเก็บเกี่ยวด้วยมือมีความชื้นสูงกว่าการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวด

สำหรับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำ ด้านการแตกร้าวของเมล็ด ที่ระยะฝักสุกแก่ไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่ระยะฝักสุกแก่ 90 เปอร์เซ็นต์ มีการแตกร้าวสูงสุด (3.1%) รองลงมาคือ ระยะฝักสุกแก่ 100 เปอร์เซ็นต์ (3%) และระยะฝักสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ (1.8%) การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดมีความแตกร้าวแตกต่างกับการเก็บเกี่ยวด้วยมือ โดยการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดมีความแตกร้าวมากกว่า (3.7%) การเก็บเกี่ยวด้วยมือ (2%) ด้านความงอก ที่ระยะฝักสุกแก่ไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่ระยะฝักสุกแก่ 90 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกสูงสุด (88%) รองลงมาคือ ระยะฝักสุกแก่ 100 เปอร์เซ็นต์ (87%) และระยะฝักสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ (86%) การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดมีความงอกแตกต่างกับการเก็บเกี่ยวด้วยมือ โดยการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดมีความงอกมากกว่า (89%) การเก็บเกี่ยวด้วยมือ (85%) ด้านความแข็งแรง ที่ระยะฝักสุกแก่มีความแตกต่างกัน โดยที่ระยะฝักสุกแก่ 100 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงสูงสุด (78%) รองลงมาคือ ระยะฝักสุกแก่ 90 และ 80 เปอร์เซ็นต์ (75%) ตามลำดับ การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดไม่แตกต่างกับการเก็บเกี่ยวด้วยมือ โดยการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดมีความแข็งแรงมากกว่า (76%) การเก็บเกี่ยวด้วยมือ (75%) (Table 3) หลังเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำในห้องควบคุมอุณหภูมิ แล้วสุ่มตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุก 2 เดือน ตั้งแต่ 0-8 เดือน พบว่า การเก็บเกี่ยวที่ระยะฝักสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ด้วยรถเกี่ยวนวดมีความแข็งแรงลดลงอยู่ระหว่าง 77-66 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระยะฝักสุกแก่ 90 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ 0-8 เดือน มีความแข็งแรงผ่านมาตรฐานชั้นพันธุ์ขยาย ($\geq$75%) สำหรับความงอก ทุกระยะฝักสุกแก่ และทุกวิธีการเก็บเกี่ยวมีความงอกผ่านมาตรฐานชั้นพันธุ์ขยาย ($\geq$75%) โดยมีความงอกอยู่ระหว่าง 97-90 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1)

Table 1 Seed yield (kg/rai) of harvesting maturity and harvesting method, lately rainy 2022, Chai Nat Field Crop Research Center.

Harvest maturity (a)	Harvesting Methods (b)		Average[1/]
	Cut with a Scythe	Combine Harvester	
80%	171	163	167
90%	199	208	204
100%	216	147	182
Average[1/]	195	173	184
F-test(A)	ns		
(B)	ns		
A × B	ns		
C.V.%(a)	23.32		
C.V.%(b)	24.83		

[1/]The different lowest letters within the same column indicate statistically significant differences analyzed by DMRT at $p \leq 0.01$.

Table 2 Losses of Post-Harvest (%) of harvesting date and harvesting method, lately rainy 2022, Chai Nat Field Crop Research Center.

Treatment	Losses of Post-Harvest (%)
Cut with a Scythe	1.5 b
Combine harvester	1.9 a
80%	1.6
90%	1.4
100%	1.5
F-test(A)	ns
(B)	**
A × B	ns
C.V.%(a)	65.4
C.V.%(b)	59.1

[1/] The different lowest letters within the same column indicate statistically significant differences analyzed by DMRT at $p \leq 0.01$.

Table 3 Quality Seed (%) of harvesting date and harvesting method, lately rainy 2022, Chai Nat Field Crop Research Center.

Treatment	Moisture[1/]	Cracking[1/]	Germination[1/]	Vigor[1/2/]
80%	10.8 a	1.8	86	75 b
90%	9.8 b	3.1	88	75 b
100%	10.0 b	3.0	87	78 a
Cut with a Scythe	10.3 a	2.0 b	85 b	75
Combine harvester	10.0 b	3.7 a	89 a	76
F-test(A)	*	ns	ns	*
(B)	*	**	*	ns
A × B	*	ns	ns	ns
C.V.%(a)	3.27	63.2	2.01	1.91
C.V.%(b)	1.66	46.9	3.47	6.23

[1/] The different lowest letters within the same column indicate statistically significant differences analyzed by DMRT at $p \leq 0.01$.

[2/] การตรวจสอบความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุ (Accelerated Aging Test)

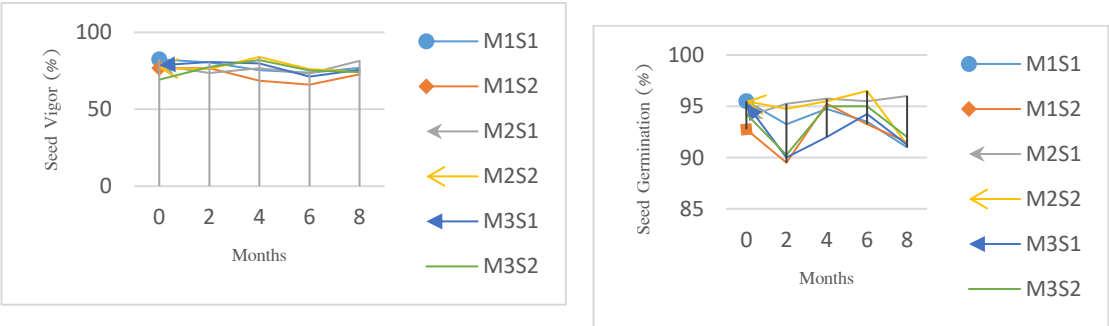


Figure 1 Seed germination and vigor after stored room temperature for eight Months of harvesting date and harvesting method, lately rainy 2022, Chai Nat Field Crop Research Center.

อภิปรายผลการศึกษา

เมื่อพิจารณาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำก่อนการเก็บรักษาพบว่า ที่ระยะฝักสุกแก่ทั้ง 3 ระยะไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ พิชญา (2538) ได้รายงานว่าก่อนการเก็บรักษาเมล็ดทุกขนาด และทุกระดับการสุกแก่มีความงอกและความแข็งแรงไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ หลังเก็บรักษาในห้องควบคุมอุณหภูมิแล้วสุ่มตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุก 2 เดือน ตั้งแต่ 0-8 เดือน พบว่า การเก็บเกี่ยวที่ระยะฝักสุกแก่ 80% ด้วยรถเกี่ยวนวด มีความแข็งแรงลดลงอยู่ระหว่าง 77-66% สำหรับความงอก ทุกระยะฝักสุกแก่ และทุกวิธีการเก็บเกี่ยว

มีความงอกผ่านมาตรฐานชั้นพันธุ์ขยาย (≥75%) โดยมีความงอกอยู่ระหว่าง 97-90% ซึ่งอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความงอกของเมล็ดและความแข็งแรงของเมล็ดลดลงตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2536) นอกจากนี้การเก็บเกี่ยวที่ระยะฝักสุกแก่ 100% มีความแข็งแรงสูงที่สุด โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีความสุกแก่จะมีคุณภาพทางสรีระวิทยาและมีความแข็งแรงสูงสุด (บัณฑิต, 2562) นอกจากนี้ผลของสภาพฟ้าอากาศ โดยเฉพาะความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและปริมาณน้ำฝน มีผลอย่างมากต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว (วันชัย และคณะ, 2535) ที่ระยะฝักสุกแก่ 90% เป็นระยะเวลาแนะนำสำหรับการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวผิวดำเพื่อการผลิตเมล็ดพันธุ์ทั้งการเก็บด้วยมือและรถเกี่ยวนวด เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวน้อยที่สุด และให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์และเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด การเก็บเกี่ยวถั่วเขียวผิวดำด้วยรถเกี่ยวนวดที่ระยะฝักสุกแก่ 90% ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างจากการเก็บเกี่ยวด้วยมือเท่ากับ 208 และ 199 กก./ไร่ ตามลำดับ และพบว่า คุณภาพเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน (ความงอก >90%) อีกทั้งพบว่า การใช้รถเกี่ยวนวดรวดเร็วกว่า 16 เท่า และลดต้นทุนได้ 1.5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยมือ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชูชาติ และคณะ (2556) ได้ศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพบว่า การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดในระยะสุกฝักแก่ 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวเพื่อใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ โดยยังคงคุณภาพมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้านความงอก ความชื้นได้ตลอดอายุการเก็บรักษา 8 เดือน นอกจากนี้สามารถนำวิธีการเก็บเกี่ยวที่ได้จากการวิจัยนี้ไปใช้ในงานทดลองเก็บเกี่ยวถั่วเขียวผิวดำพันธุ์อื่นได้ เพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่สูงขึ้น

สรุปผลการศึกษา

ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะฝักสุกแก่กับวิธีการเก็บเกี่ยว โดยการเก็บเกี่ยวด้วยมือแล้วใช้เครื่องนวด ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวด เท่ากับ 216 และ 199 กก./ไร่ ตามลำดับ การเก็บเกี่ยวที่ระยะฝักสุกแก่ 90 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวน้อยที่สุด (1.4%) และให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์และเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด และพบว่า คุณภาพเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน (ความงอก >90 %) อีกทั้งพบว่า การใช้รถเกี่ยวนวดรวดเร็วกว่า 16 เท่า และลดต้นทุนได้ 1.5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยมือ และนอกจากนี้สามารถนำวิธีการเก็บเกี่ยวที่ได้จากการวิจัยนี้ไปใช้ในงานทดลองเก็บเกี่ยวถั่วเขียวผิวดำพันธุ์อื่นได้ เพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่สูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ผู้สนับสนุนแหล่งทุนในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. กองมาตรฐานสินค้านำเข้าส่งออก. (2567). *สถิติการส่งออกถั่วเขียวผิวดำ(รายประเทศ/เปรียบเทียบราย) เดือนมิถุนายน 2566*. กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, จาก https://www.dft.go.th/th-th/dft-service-data-statistic/cid/606

ชูชาติ บุญศักดิ์ สุมนา งามผ่องใส อารดา มาสริ จิราลักษณ์ ภูมิไธสง เชาวนาถ พฤทธิเทพ ปวีณา ไชยวรรณ์ และ สุวิมล ถนอมทรัพย์. (2556). *การศึกษาวิธีการเก็บเกี่ยวที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท* (รายงานผลการวิจัยปี 2556). สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

บัณฑิต ตัะเสาร์. (2562). *การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันของถั่วลิสง 3 พันธุ์* (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พิชญา รุจิรวัฒน์. (2538). *อิทธิพลของการสุกแก่และขนาดของเมล็ดที่มีต่อความสามารถในการเก็บรักษาการเจริญเติบโตและผลผลิตถั่วลิสง.* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/kukr/search_detail/result/214204

วันชัย จันทร์ประเสริฐ และจวงจันทร์ ดวงพัตรา. (2533). งานวิจัยคุณภาพเมล็ดพันธุ์กับการผลิตพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, [*เอกสารการประชุมทางวิชาการ สัมมนาเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 4]* (น.104-131). คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ, พิชญา รุจิรวัฒน์, อังสนา วงศ์สถาน และอุษา ด้วงสงค์. (2535). ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว. *เกษตรก้าวหน้า*. 7(3). 33-44.

ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท. (2552). การผลิตถั่วเขียวผิวดำ. *[เอกสารเผยแพร่วิชาการการผลิตถั่วเขียวผิวดำ]* (น.11). ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2566). *สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2566*. จากhttps://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/jounal/2567/commodity2566.pdf

กรมวิชาการเกษตร. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท. (2536). *การศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำที่ผ่านกรรมวิธีหลังการเก็บเกี่ยวต่างกัน (ระยะที่ 2)*. ชัยนาท: ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท.

Gulles, A.A., Bartolome, V.I., Morantte, R.I.Z.A., Nora, L.A., Relente, C.E.N., Talay, D.T., Cañeda, A.A., & Ye, G. (2014). Randomization and analysis of data using STAR [Startistical Tool for Agricultural Research]. *Philippine Journal of Crop Science (Philippines) (PJCS), 39*(1), https://agris.fao.org/search/en/providers/122430/records/647391e6ce9437aa76ff9924

ผลของการทอดซ้ำด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศต่อสมบัติของน้ำมันและหัวปลีทอดกรอบ

ธัญวรัตน์ เขื่อนจักร[1], พิมพ์ภัทรา ธนัชโชติอานันท์[1], สุธีรา อำไพวงษ์[1], จิรัชยา จัดพล[1],

กัลยรัตน์ บานแย้ม[1] และ เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์[1,2*]

Effect of Vacuum Fryer Frying Cycle on Oil and Crispy Banana Blossom Properties

Thanwarat Kainjak[1], Pimphattra Thanatchotarnan[1], Sutheera Ampaiwong[1], Jiratchaya Judphol[1],

Kanyarat Banyam[1] and Riantong Singanusong[1,2*]

[1]ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านไขมันและน้ำมัน คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Center of Excellence in Fats and Oils, Faculty of Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

หัวปลีหรือปลีกล้วย มีรสฝาด มียาง มีเส้นใย และเปลี่ยนสีเร็ว จึงไม่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ ส่งผลให้มีผลผลิตล้นตลาดและราคาต่ำ หรืออาจต้องกำจัดทิ้ง ผู้วิจัยต้องการพัฒนาหัวปลีเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยใช้กรรมวิธีการทอดแบบสุญญากาศ ซึ่งเป็นการทอดภายใต้สภาวะความดันต่ำ ทำให้ลดการเสื่อมเสียคุณภาพของน้ำมัน คงคุณภาพด้านสี กลิ่นรส และสารอาหารของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของหัวปลีสดและผลของการทอดซ้ำต่อสมบัติของน้ำมันและหัวปลีทอดกรอบ พบว่า หัวปลีสดมีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด 4.54 mg GAE/g กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 3.33 mg Trolox/g และปริมาณน้ำอิสระ 0.85 จากการศึกษาผลของการทอดซ้ำด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 100°C นาน 20 นาที แล้ววิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมัน และน้ำอิสระ ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าสี และค่าความแข็งของหัวปลีทอดกรอบ และปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดของน้ำมันที่ผ่านการทอดหัวปลีในแต่ละครั้ง พบว่า จำนวนการทอดซ้ำที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สมบัติทางกายภาพและเคมีของหัวปลีทอดกรอบเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) คือ มีค่าเพอร์ออกไซด์และค่าความแข็งเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณน้ำอิสระและปริมาณไขมันลดลง นอกจากนี้จำนวนการทอดซ้ำที่

เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่หลังการทอดซ้ำ 24 ครั้ง มีปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมด 8.5% ซึ่งยังคงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (25%) ดังนั้น การทอดแบบสุญญากาศจึงเหมาะสำหรับใช้ผลิตหัวปลีทอดกรอบ

คำสำคัญ: หัวปลี การทอดซ้ำ การทอดแบบสุญญากาศ ปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมด หัวปลีทอดกรอบ

Abstract

The banana flower, also referred to as banana blossom, remains underutilized due to its astringent taste, resinous texture, fibrous nature, and tendency to change color easily. This underutilization leads to oversupply and subseqently low market prices, sometimes resulting in disposal. Researchers are focusing on developing banana blossom into a new value-added food product by developing crispy banana blossom using vacuum frying technology. Vacuum frying is a process operated in a closed system with pressure below atmospheric levels, which aids in preserving the quality of the oil, color, aroma, and nutritional value of the product. The objective of this research is to investigate some chemical properties of fresh banana blossom and examine how the frying cycle affects the quality of both the frying oil and the resulting crispy banana blossom. Fresh banana blossom was found to contain 4.54 mg GAE/g of total phenolic content, 3.33 mg Trolox/g of antioxidant activity, and had a water activity of 0.85. Following frying cycle at 100°C for 20 min, samples of crispy banana blossom were analyzed for changes in moisture content, fat content, water acitivity, peroxide value, color, and hardness. Additionally, the frying oil was determined for its total polar material (TPM) after each frying cycle. The results indicated that an increased number of frying cycles significantly altered the physical and chemical properties of the crispy banana blossom ($p < 0.05$). These changes included an increase in peroxide value and hardness, and a decrease in water activity and fat content. Moreover, there was a noticeable upward trend in TPM with an increased number of frying cycles. However, after 24 frying cycles, the TPM reached 8.5%, which meets the standard limit of 25%. Hence, vacuum frying emerges as a viable method for producing crispy banana blossom.

Keywords: Banana blossom, Frying cycle, Vacuum frying, Total polar material, Crispy banana blossom

บทนำ

หัวปลีหรือปลีกล้วย (*M. sapientum* L.) เป็นพืชวงศ์ Musaceae ถือว่าเป็นดอกของต้นกล้วย สามารถนำมาประกอบอาหารได้ โดยบริโภคได้ทั้งแบบสุกและแบบดิบ อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด มีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เนื่องจากในหัวปลีมีส่วนประกอบของ แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินเอ วิตามินบี 1 และ 2 ไนอะซิน วิตามินซี และมีปริมาณธาตุเหล็กสูง มีความเหนียวของเส้นใยเป็นไฟเบอร์ที่สามารถป้องกันโรคลำไส้ (Wickramarachchi & Ranamukhaarachchi, 2005) และมีผลวิจัยพบว่า หัวปลีสามารถนำมาทำเป็นอาหารเพื่อใช้บำรุงน้ำนมสำหรับผู้ที่ให้นมบุตร ช่วยลดน้ำตาลในเลือด และมีฤทธิ์การต้านคอเลสเตอรอล และยังสามารถยับยั้งเอนไซม์บางชนิด (Sandjo et al., 2019; Amornlerdpison et al., 2021) มีสารกลุ่มเมแทบอไลต์ทุติยภูมิคือ โพลีฟีนอลไตรเทอร์ปีน และสเตอรอล (Lau et al., 2020) จากคุณประโยชน์ที่มีมาก เมื่อเทียบกับราคาของวัตถุดิบ และยังเป็นวัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่น จึงมีศักยภาพสำหรับนำมาสร้างมูลค่าเพิ่ม อย่างไรก็ตาม การแปรรูปหัวปลีนั้นมีความยุ่งยาก ใช้เวลานานและจำเป็นต้องมีทักษะเนื่องจากหัวปลีมีรสขม มียาง มีเส้นใย และเปลี่ยนสีเร็ว จึงทำให้การใช้ประโยชน์ของหัวปลีในเชิงพาณิชย์มีจำกัด

สืบเนื่องมาจากสถานการณ์โควิดที่ผ่านมา ทำให้หัวปลีล้นตลาดและส่งผลให้เกษตรกรต้องจำหน่ายในราคาที่ต่ำลง หรือต้องกำจัดทิ้งเนื่องจากหัวปลีเกิดการเน่าเสีย เกษตรกรจึงต้องการนำหัวปลีมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม และจากการสำรวจพบว่า ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมนำผักและผลไม้มาแปรรูปให้อยู่ในลักษณะของขนมขบเคี้ยวหรือนำมารับประทานร่วมกับอาหารประเภทอื่น นักวิจัยจึงสนใจที่จะนำหัวปลีมาทอดโดยใช้เครื่องทอดแบบสุญญากาศ (Vacuum fryer) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เป็นการทอดแบบน้ำมันท่วมในระบบปิดภายใต้สภาวะที่ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติ ซึ่งจะเป็นการลดจุดเดือดของน้ำมันที่ใช้ในการทอด ทำให้ลดการเสื่อมเสียคุณภาพของน้ำมัน และคงคุณภาพด้านสีและกลิ่นรสของอาหารไว้ ลดการเกิดสารอะคริลาไมด์ (acrylamide) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ที่พบในอาหารทอดที่ใช้อุณหภูมิสูง (นันทพร อัคนิจ และ สุพัฒน์ชลี สิริโชควรกิตติ์, 2555)

น้ำมันทอดซ้ำ คือ น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารซ้ำ มากกว่า 1 ครั้ง มีปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมด (Total Polar Material, TPM) ไม่เกิน 25% ของน้ำหนัก ส่วนน้ำมันทอดซ้ำเสื่อมสภาพ คือ น้ำมันที่ใช้ทอด มากกว่า 2 ครั้ง ที่มีปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดเกิน 25% ของน้ำหนัก (กระทรวงสาธารณสุข, 2547) โดยระหว่างการทอดน้ำมันที่ใช้ในการทอดจะปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมัน ดังนั้น คุณภาพของอาหารทอดจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอดด้วยเช่นกัน โดยน้ำมันเมื่อได้รับความร้อนจากการทอดจะเกิดการเปลี่ยนแปลง มีผลทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพ โดยอาจมีสีดำ กลิ่นเหม็นหืน มีฟอง เหนียวหนืด หรือก่อให้เกิดกลุ่มสารประกอบที่เป็นอันตรายต่อร่างกายที่เรียกว่า สารโพลาร์ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ทางเคมีที่สำคัญของการเสื่อมสภาพของน้ำมันทอดที่มีการทอดที่อุณหภูมิสูง (Aladedunye &

Przybylski, 2009; Bastida & Sanchz-Muniz, 2002) สารโพลาร์เป็นสารที่มีขั้วเกิดจากเมื่อน้ำมันได้รับความร้อน ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และปฏิกิริยาเคมีพื้นฐานในน้ำมันทอดจึงทำให้เกิดสารประกอบที่ระเหยได้และระเหยไม่ได้ ได้แก่ สารมีขั้วและสารประกอบโพลิเมอลิก ในการทอดแบบปกติที่อุณหภูมิ 200°C เป็นระยะเวลานาน ๆ จะเร่งการเสื่อมสภาพของน้ำมันเร็วขึ้น ทำให้เกิดสารโพลาร์ได้มากขึ้น (Houhoula et al., 2003) โดยสารโพลาร์ที่เกิดขึ้นนี้มีส่วนส่งผลให้เกิดโรคความดันโลหิต โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคสมองตีบ โรคหัวใจ และเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งลำไส้และกระเพาะอาหาร ดังนั้น การวัดปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดในน้ำมันทอดจึงมีความสำคัญมาก

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติบางประการของหัวปลีสด และผลของการทอดซ้ำด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศต่อสมบัติของน้ำมันและหัวปลีทอดกรอบ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการใช้ประโยชน์และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับหัวปลี และเพื่อทราบจำนวนการใช้น้ำมันทอดซ้ำเพื่อให้คุณภาพของน้ำมันไม่เกินค่ามาตรฐานสำหรับการทอดแบบสุญญากาศ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ หัวปลีกล้วยน้ำว้าสดสายพันธุ์มะลิอ่อง ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก ห้างหุ้นส่วนจำกัด เทพประทานพร บานาน่า อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ส่วนเกลือและน้ำมันปาล์มโอเลอิน ซื้อจากห้างสรรพสินค้าในจังหวัดพิษณุโลก

2. วิธีการทดลอง

2.1 การศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของหัวปลีสด

นำหัวปลีสดมาศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการตาม Wichaphon et al. (2023) ได้แก่ องค์ประกอบเคมีโดยประมาณ (ความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต) (AOAC, 2000) ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด (Thaweesang, 2019) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (Thaweesang, 2019) และปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity Analyzer) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และรายงานผลการทดลองเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.2 การศึกษาผลของการทอดซ้ำต่อสมบัติของน้ำมันและหัวปลีทอดกรอบ

นำหัวปลีสดมาแยกเอากาบใบสีชมพูเข้มออก (ภาพที่ 1) จากนั้นนำกาบใบที่มีสีเหลืองอ่อนมาหั่นให้เป็นชิ้นรูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาดประมาณ 3x3 เซนติเมตร แช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 2% นาน 10 นาที เพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลของหัวปลีสด แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาด สะเด็ดน้ำและชั่งน้ำหนัก 700 กรัม เพื่อใช้สำหรับการทอดในแต่ละครั้ง จากนั้นนำมาทอดโดยใช้เครื่องทอดแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 100°C นาน 20 นาที และปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที

นาน 5 นาที (Wichaphon et al., 2023) เมื่อครบเวลานำหัวปลีทอดกรอบออก พักให้เย็นและบรรจุลงถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ไว้สำหรับการวิเคราะห์ หลังจากนั้นทำการทอดหัวปลีสดชุดใหม่โดยใช้น้ำมันเดิม โดยหลังจากการทอดในแต่ละครั้งทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันปริมาตร 100 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดและทำการทอดซ้ำต่อจนกระทั่งปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดของน้ำมันเกิน 25% วิเคราะห์สมบัติของหัวปลีทอดกรอบตาม Wichaphon et al. (2023) ได้แก่ ปริมาณความชื้น (AOAC, 2005) ปริมาณไขมัน (AOAC, 2005) ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity Analyzer) ค่าเพอร์ออกไซด์ (AOAC, 2005) ค่าสี (Hunter lab, Minolta model CR-400) และค่าความแข็ง (Texture Analyzer, 4411 S/N H 2082)

การวิเคราะห์ทั้งหมดวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเลขที่ 2-0100-0093-5 เคมีและกายภาพ สาขาวิชาเคมี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร และการวิเคราะห์ผลทางสถิติใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ภาพที่ 1 หัวปลีกล้วยน้ำว้าก่อนและหลังการลอกกาบใบสีชมพูเข้มออก

ผลการศึกษา

1. การศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของหัวปลีสด

หัวปลีสดมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต 93.92±0.03, 1.02±0.09, 0.33±0.03, 1.53±0.12, 0.58±0.08 และ 2.62±0.21% ตามลำดับ มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด 4.54±0.07 mg GAE/g กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 3.33±0.13 mg Trolox/g และปริมาณน้ำอิสระ 0.85±0.00 (ตารางที่ 1 และ 2)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของหัวปลีสด

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (% wb)
ความชื้น	93.92±0.03
โปรตีน	1.02±0.09
ไขมัน	0.33±0.03
เยื่อใย	1.53±0.12
เถ้า	0.58±0.08
คาร์โบไฮเดรต	2.62±0.21

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีบางประการของหัวปลีสด

สมบัติทางเคมี	ปริมาณ
ปริมาณฟีนอลิคทั้งหมด (mg GAE/ g)	4.54±0.07
กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (mg Trolox/g)	3.33±0.13
ปริมาณน้ำอิสระ	0.85±0.00

2. การศึกษาผลของการทอดซ้ำต่อสมบัติของน้ำมันและหัวปลีทอดกรอบ

จากการทอดหัวปลีสดด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 100°C นาน 20 นาที และความเร็วในการปั่นเหวี่ยง 1,800 rpm นาน 5 นาที พบว่า เมื่อจำนวนครั้งที่ทอดเพิ่มขึ้น หัวปลีทอดกรอบมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ค่าสี L* บ่งบอกถึงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว และค่า a* บ่งบอกสีแดงเมื่อค่าเป็นบวกและสีเขียวเมื่อค่าเป็นลบ มีการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน ในขณะที่ ค่า b* บ่งบอกสีเหลืองเมื่อค่าเป็นบวกและสีน้ำเงินเมื่อค่าเป็นลบ มีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตามจากการสังเกตด้วยตา หัวปลีทอดกรอบมีสีเหลืองสม่ำเสมอทุกชิ้น

ส่วนปริมาณความชื้นของหัวปลีทอดกรอบมีแนวโน้มไม่ชัดเจน แต่ปริมาณน้ำอิสระและปริมาณน้ำมันมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) จาก 1.58 mEq/kg ของการทอดครั้งที่ 1 ไปเป็น 2.37 mEq/kg ของการทอดครั้งที่ 24 (ตารางที่ 4) และเมื่อจำนวนครั้งที่ทอดเพิ่มขึ้น ปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดของน้ำมันเพิ่มขึ้นแบบช้า ๆ เป็นช่วง ๆ จาก 6% ของการทอดครั้งที่ 1 ไปเป็น 8.5% ของการทอดครั้งที่ 24 (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพของหัวปลีทอดกรอบที่ทอดโดยใช้น้ำมันเดิมในการทอดซ้ำ โดยใช้เครื่องทอดกรอบแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 20 นาที และความเร็วในการปั่นเหวี่ยง 1,800 rpm นาน 5 นาที

จำนวนครั้งที่ทอด	ค่าความแข็ง (N)	ค่าสี		
		L*	a*	b*
1	2.68±0.20^{g}	30.54±0.02^{d}	2.70±0.07^{e}	5.42±0.02^{e}
2	2.81±0.08^{fg}	31.21±0.13^{c}	2.99±0.09^{d}	5.77±0.15^{d}
3	2.72±0.08^{g}	32.26±0.04^{b}	3.62±0.07^{a}	6.95±0.05^{a}
7	2.98±0.08^{ef}	30.61±0.03^{d}	2.93±0.03^{d}	5.74±0.03^{d}
8	3.42±0.13^{bc}	30.24±0.03^{f}	3.25±004^{c}	5.99±0.03^{c}
13	3.33±0.08^{cd}	29.27±0.02^{h}	2.54±0.03^{f}	4.14±0.02^{i}
14	3.16±0.23^{de}	29.82±0.04^{g}	2.54±0.04^{f}	4.45±0.07^{h}
21	3.33±0.08^{cd}	29.14±0.03^{i}	2.55±0.05^{f}	3.98±0.03^{j}
22	3.86±0.08^{a}	32.60±0.02^{a}	3.39±0.01^{b}	6.28±0.02^{b}
23	3.46±0.08^{bc}	30.34±0.04^{e}	2.72±0.09^{e}	4.60±0.05^{g}
24	3.60±0.20^{b}	31.27±0.04^{c}	2.90±0.01^{d}	5.30±0.04^{f}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

L* = ค่าความสว่าง 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว, a* = ค่าสีแดง(+) จนถึงสีเขียว(-), b* = ค่าสีเหลือง(+) จนถึงน้ำเงิน (-)

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีของหัวปลีทอดกรอบที่ทอดโดยใช้น้ำมันเดิมในการทอดซ้ำ โดยใช้เครื่องทอดกรอบแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 20 นาที และความเร็วในการปั่นเหวี่ยง 1,800 rpm นาน 5 นาที

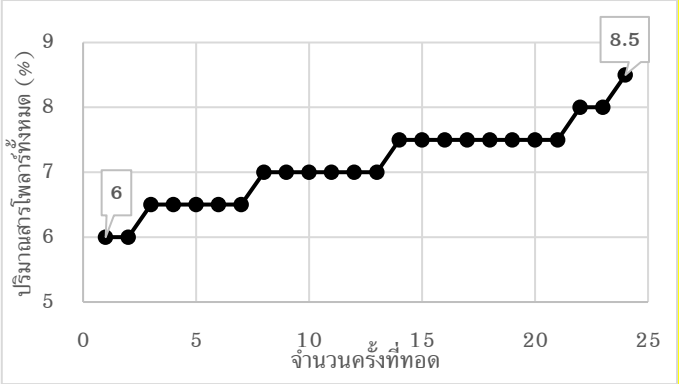
จำนวนครั้งที่ทอด	ปริมาณความชื้น (% wb)	ปริมาณน้ำอิสระ	ปริมาณน้ำมัน (% wb)	ค่าเพอร์ออกไซด์ (mEq/kg)
1	3.13±0.03^{e}	0.21±0.00^{a}	73.67±0.19^{a}	1.58±0.01^{d}
2	3.28±0.10^{d}	0.20±0.00^{b}	70.47±0.37^{d}	1.58±0.01^{d}
3	2.82±0.13^{f}	0.18±0.00^{b}	70.76±0.57^{cd}	1.58±0.01^{d}
7	2.85±0.11^{f}	0.16±0.00^{f}	71.87±0.40^{b}	1.58±0.01^{d}
8	3.56±0.03^{b}	0.16±0.00^{e}	70.12±0.36^{d}	1.57±0.01^{d}
13	3.46±0.01^{bc}	0.15±0.00^{g}	71.48±0.37^{bc}	1.59±0.01^{d}
14	3.13±0.11^{e}	0.13±0.00^{i}	72.20±0.13^{b}	1.99±0.01^{c}
21	3.82±0.16^{a}	0.17±0.00^{d}	70.18±0.64^{d}	1.99±0.01^{c}

(ต่อหน้า 148)

จำนวนครั้งที่ทอด	ปริมาณความชื้น (% wb)	ปริมาณน้ำอิสระ	ปริมาณน้ำมัน (% wb)	ค่าเพอร์ออกไซด์ (mEq/kg)
22	3.91±0.05[a]	0.17±0.00[h]	66.78±0.25[f]	1.99±0.01[c]
23	3.40±0.06[c]	0.15±0.00[h]	70.61±0.85[d]	2.25±0.23[b]
24	3.36±0.12[bc]	0.15±0.00[h]	68.31±0.32[e]	2.37±0.03[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

L* = ค่าความสว่าง 0 คือสีดำ และ 100 คือสีขาว, a* = ค่าสีแดง(+) จนถึงสีเขียว(-), b* = ค่าสีเหลือง(+) จนถึงน้ำเงิน (-)



ภาพที่ 2 ปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดของน้ำมันที่ใช้ในการทอดหัวปลี จำนวน 24 ครั้ง โดยใช้เครื่องทอดแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 20 นาที และความเร็วในการปั่นเหวี่ยง 1,800 rpm นาน 5 นาที

อภิปรายผลการศึกษา

1. การศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของหัวปลีสด

ปริมาณความชื้นของหัวปลีสด (93.92±0.03%) จากงานวิจัยนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่รายงานในงานวิจัยอื่น ๆ (89.42-90.73%) (Sheng et al., 2010; Schmidt et al., 2015; Krishnan & Sinija, 2016) ซึ่งปริมาณความชื้นที่สูงนี้แสดงถึงการมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นของหัวปลีสด ส่วนปริมาณโปรตีนและไขมันมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่น ๆ (Sheng et al., 2010; Schmidt et al., 2015; Krishnan & Sinija, 2016) ในขณะที่ปริมาณเถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตมีค่าต่ำกว่ารายงานอื่น ๆ ดังกล่าวข้างต้น ความแตกต่างของค่าดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น พันธุ์ สภาวะการดูแลในระหว่างการเจริญเติบโต (Krishnan & Sinija, 2016) ฤดูกาลและวิธีการวิเคราะห์ เป็นต้น ปริมาณฟีลอนิคทั้งหมด (4.54±0.07 mg GAE/g) มีค่าอยู่ในช่วง 2-228 mg GAE/g ที่รายงานโดย Lau et al. (2020) ซึ่งสารประกอบ

ฟีนอลิคที่พบในหัวปลีประกอบด้วย gallic acid, p-hydroxybenzoic acid, protocatechuic acid, gentisic acid, vanillic acid, vanillin, caffeic acid, syringic acid, ferulic acid, p-coumaric acid, chlorogenic acid, sinapic acid, และ catechol (Nisha & Mini, 2013; Arun et al., 2017) นอกจากนี้ Ahmad et al. (2019) รายงานว่า หัวปลีมี anthocyanins โดยประกอบด้วย delphinidin, pelargonidin, peonidin, และ malvidin ซึ่งแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและกิจกรรมทางเภสัชวิทยา

2. การศึกษาผลของการทอดซ้ำต่อสมบัติของน้ำมันและหัวปลีทอดกรอบ

การศึกษาผลของการทอดซ้ำต่อสมบัติของน้ำมันและหัวปลีทอดกรอบ ได้ทำการทอดหัวปลีทั้งหมด 24 ครั้ง ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3-4 พบว่า เมื่อใช้น้ำมันเดิมในการทอดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง สีของหัวปลีทอดกรอบ ไม่มีแนวโน้มที่จะมีสีคล้ำขึ้นตามจำนวนครั้งในการทอดที่เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของหัวปลีทอดกรอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชื้นไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณน้ำอิสระและปริมาณน้ำมันลดลง ($p<0.05$) โดยความชื้นของหัวปลีทอดกรอบเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่องผักและผลไม้ทอดกรอบ มผช.1038/2554 คือ มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า 6% (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2554) นอกจากนี้ ค่าเพอร์ออกไซด์ของหัวปลีทอดกรอบ (ตารางที่ 4) และปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดของน้ำมันที่ใช้ในการทอดซ้ำมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่ทอดซ้ำ ดังภาพที่ 2 โดยเริ่มต้นน้ำมันมีปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมด 6.0% และเพิ่มขึ้นเป็น 8.5% หลังการทอดครั้งที่ 24 ซึ่งมีปริมาณไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 25% (กระทรวงสาธารณสุข, 2547) แสดงให้เห็นว่าจากการทอดหัวปลีซ้ำ 24 ครั้ง ด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศส่งผลให้ปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่ยังคงไม่เกินมาตรฐาน และหัวปลีทอดกรอบยังคงคุณภาพ ด้านสีและปริมาณความชื้นไว้ได้แม้ว่าใช้น้ำมันเดิมในการทอด ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการใช้น้ำมันในการทอดซ้ำไม่ได้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหัวปลีโดยตรง ขณะที่การใช้น้ำมันทอดซ้ำส่งผลโดยตรงต่อค่าเพอร์ออกไซด์และปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมด ซึ่งมีการรายงานว่าจำนวนครั้งและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำมันมีปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น (ภาคภูมิ อุณหเลขจิตร, 2559) และยังมีการรายงานว่าสารโพลาร์เป็นสารที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง เช่น มะเร็งปอด มะเร็งตับ ดังนั้น ผู้ผลิตจึงควรต้องวัดปริมาณสารโพลาร์อย่างสม่ำเสมอเพื่อระวังไม่ให้มีสารดังกล่าวเกินค่ามาตรฐาน และเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

สรุปผลการศึกษา

หัวปลีสดมีปริมาณความชื้นสูงถึง 93.92% ซึ่งอาจส่งผลให้เสื่อมเสียคุณภาพได้ง่าย (2-3 วัน) การนำหัวปลีมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทขนมขบเคี้ยว นั่นคือ หัวปลีทอดกรอบ โดยใช้เทคโนโลยีการทอดแบบสุญญากาศ สามารถใช้น้ำมันเดิมในการทอดซ้ำได้มากกว่า 24 ครั้ง โดยที่ปริมาณสารโพลาร์ทั้งหมดของน้ำมันเพียงแค่ 8.5% ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานตามกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข (25%) และยังสามารถทอดซ้ำได้อีกหลายครั้ง จะส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ สามารถนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้ นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์หัวปลีทอดกรอบมีปริมาณความชื้น <4% ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานกำหนด (6%) สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าหัวปลีสดเป็นอย่างมาก เป็นการลดการสูญเสียและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับหัวปลีอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

จำนวนครั้งที่สามารถทอดซ้ำได้ของน้ำมันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดและองค์ประกอบของตัวอย่างที่ทอด ชนิดของน้ำมันที่ใช้ อุณหภูมิ เวลา และความดันที่ใช้ทอด เป็นต้น สำหรับการต่อยอดงานวิจัยคือการใช้เครื่องทอดแบบสุญญากาศในระดับอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมันและตัวอย่างในปริมาณมากเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิจัยจากโครงการ "สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทอดหัวปลีด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศระดับ Lab scale และ Pilot scale และผลของการทอดซ้ำต่อคุณภาพน้ำมันและหัวปลีทอดกรอบ" ที่ได้รับทุนจาก กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ 2565 และขอขอบคุณ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เทพประทานพร บานาน่า ที่ให้ความอนุเคราะห์หัวปลีสำหรับใช้ในการวิจัยนี้ และภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับสถานที่ทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 283) เรื่อง กำหนดปริมาณสารโพลาร์ในน้ำมันที่ใช้ในการทอดหรือประกอบอาหารเพื่อจำหน่าย. (5 พฤศจิกายน 2547). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่มที่ 121, ตอนพิเศษ 125 ง หน้า 9.

นันทพร อัคนิจ และสุพัฒน์ชลี สิริโชควรกิตติ์. (2555). *การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตกะเพราทอดสุญญากาศ*. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สถาบันวิจัยและพัฒนา.

ภาคภูมิ อุณหเลขจิตร. (2559). การศึกษาความสัมพันธ์ระยะเวลาต่อการเกิดสารโพลาร์น้ำมันที่ใช้ทอดอาหารประเภทเนื้อและแป้ง. *การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 3 ก้าวสู่ที่ศวรรษที่ 2: บูรณาการงานวิจัยใช้องค์ความรู้ สู่ความยั่งยืน. 3*(1). 401-408. http://journal.nmc.ac.th /th/showcontinue.php?idj=25

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้ทอดกรอบ. เลขที่ มผช.1038/2554. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม*

Ahmad, B. A., Zakariyya, U. A., Abubakar, M., Sani, M. M., & Ahmad, M. A. (2019). *Banana Nutrition-Function and Processing Kinetics*. London: IntechOpen

Aladedunye, F. A., & Przybylski, R. (2009). Degradation and nutritional quality changes of oil during frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *86*, 149-156. https://doi.org/10.1007/s11746-008-1328-5.

Amornlerdpison, D., Choommongkol, V., Narkprasom, K., & Yimyamet, S. (2021). Bioactive compounds and antioxidant properties of banana inflorescence in a beverage for maternal breastfeeding. *Applied Sciences*, *11*, 343. https://doi.org/10.3390/app11010343

AOAC. (2000). *Association of Official Analytical Chemists* (17th ed.). Washington D.C., U.S.: Official Method of Analysis.

AOAC. (2005). *Association of Official Analytical Chemists* (18th ed.). Arlington V.A., USA: Official Method of Analysis.

Arun, K. B., Thomas, S., Reshmitha, T. R., Akhil, G. C., & Nisha, P. (2017). Dietary fibre and phenolic-rich extracts from *Musa paradisiaca* inflorescence ameliorates type 2 diabetes and associated cardiovascular risks. *Journal of Functional Foods*, *31*, 198-207. https://doi.org/10.1016/ j.jff.2017.02.001.

Bastida, S., & Sánchez Muniz, F. J. (2002). Polar content vs. TAG oligomer content in the frying life assessment of monounsaturated and polyunsaturated oils used in deep frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *79*(5), 447-451. https://doi.org/10.1007/s11746-002-0504-8.

Houhoula, D. P., Oreopoulou, V., & Tzia, C. (2003). The effect of process time and temperature on the accumulation of polar compounds in cottonseed oil during deep-fat frying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *83*(4), 314-319. https://doi.org/10.1002/jsfa.1314.

Krishnan, A. S., & Sinija, V. R. (2016). Proximate composition and antioxidant activity of banana blossom of two cultivars in India. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, *7*(1), 13-22. https://www.ripublication.com/ijafst16/ijafstv7n1_03.pdf

Lau, B. F., Kong, K. W., Leong, K. H., Sun, J., He, X., Wang, Z., Mustafa, M. R., Ling, T. C., & Ismail, A. (2020). Banana inflorescence: its bio-prospects as an ingredient for functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, *97*, 14-28. https://doi.org/10.1016/j. tifs.2019.12.023.

Nisha, P., & Mini, S. (2013). Flavonoid rich ethyl acetate fraction of Musa paradisiaca inflorescence down-regulates the streptozotocin induced oxidative stress, hyperglycaemia and mRNA levels of selected inflammatory genes in rats. *Journal of Functional Foods*, *5*, 1838-1847. https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.09.003.

Sandjo, L. P., dos Santos Nascimento, M. V., de H. Moraes, M., Rodrigues, L. M., Dalmarco, E. M., Biavatti, M. W., & Steindel, M. (2019). NOx-, IL-1β-, TNF-α-, and IL-6-inhibiting effects and trypanocidal activity of banana (*Musa acuminata*) bracts and flowers: UPLC-HRESI-MS detection of phenylpropanoid sucrose esters. *Molecules*, *24*(24), 4564. https://doi.org/10.3390/molecules24244564.

Schmidt, M. M., Prestes, R. C., Kubota, E. H., Scapin, G., & Mazutti, M. A. (2015). Evaluation of antioxidant activity of extracts of banana inflorescences (*Musa cavendishii*). *Journal of Food*, *13*(4), 498-505. https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1007532.

Sheng, Z. W., Ma, W. H., Jin, Z. Q., Bi, Y., Sun, Z. G., Dou, H. T., Gao, J. H., Li, J. Y., & Han, L. N. (2010). Investigation of dietary fiber, protein, vitamin E and other nutritional compounds of banana flower of two cultivars grown in China. *African Journal of Biotechnology*, *9*(25), 3888-3895.

Thaweesang, S. (2019). Antioxidant activity and total phenolic compounds of fresh and blanching banana blossom (Musa ABB CV. Kluai "Namwa") in Thailand. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *639*(1), 012047. https://doi.org/10.1088/1757-899X/639/1/012047

Wichaphon, J., Judphol, J., Tochampa, T., & Singanusong, R. (2023). Effect of frying conditions on properties of vacuum fried banana bracts. *LWT - Food Science and Technology*, *184*, 115022. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115022

Wickramarachchi, K. S., & Ranamukhaarachchi, S. L. (2005). Preservation of fiber-rich banana blossom as a dehydrated vegetable. *Science Asia*, *31*(3), 267-271. http://dx.doi.org/10.2306/ scienceasia1513-1874.2005.31.265.

การพัฒนาเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

บงกช ประสิทธิ์[1*], สุรนาท แซ่ย่าง[1] และ กชภรณ์ ประสิทธิ์[2]

Development of Smart Dog Feeder Using the Internet of Things

Bongkot Prasit[1*], Suranat Saeyang[1] and Kotchaporn Prasit[2]

[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]School of Renewable Energy and Smart Grid Technology (SGtech), Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Department of Cosmetic Sciences and Natural Products, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: bongkotprasit19@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง 2) ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ 3) ศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้เครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มครอบครัวผู้เลี้ยงสุนัขในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 10 ครอบครัว วิธีการดำเนินการวิจัยจะดำเนินการวิเคราะห์ระบบเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์ และซอฟแวร์ ออกแบบระบบ พัฒนาระบบ ติดตั้งใช้งานและประเมินผล โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) เครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ 3) แบบสอบถามการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่าง สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) เครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งมีการทำงานประกอบด้วย (1) แอปพลิเคชันส่วนควบคุมและสั่งการทำงาน (2) ส่วนกำหนดการตั้งค่าเวลาสำหรับการจ่ายอาหาร (3) ระบบการลำเลียงอาหารสู่ถาดอาหารสุนัข เครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารสุนัขพบว่า การทดสอบการทำงานของระบบ 10 ครั้ง ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ของการทดสอบ และผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมากที่สุด และ 3) ผลการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่างตามทฤษฎี TAM พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อการทดลองใช้เครื่องให้อาหารสุนัข อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: เครื่องอาหารสุนัข อินเทอร์เน็ต ระบบลำเลียง แอปพลิเคชัน

Abstract

The purposes of the research were 1) to develop smart dog feeder using the Internet of Things, 2) to measure the performance of smart dog feeder using the Internet of Things, and 3) to study the technology acceptance of smart dog feeder using the Internet of Things. The target group for the research was family dog owners within the province of Mueang Phitsanulok, which has an estimated 10 family group. Research methods include system analysis of hardware and software, system design, system development, implementation, and evaluation. The research tools included 1) the smart dog feeder using the Internet of Things, 2) a performance evaluation form, and 3) the satisfaction survey form for target group users. The statistics used in the research included percentage, mean, and standard deviation. The research findings showed that 1) the smart dog feeder using the Internet of Things insisted on parts, including (1) Application the control and command system unit, (2) the timer system for food feeder, (3) food conveyor system to dog food trays, The smart dog feeder using the Internet of Things performed according to the research objective and could provide user convenience, 2) the performance of the system was evaluated by ten experiments with 100% accuracy and was graded by the experts at the highest level, and 3) the users' satisfaction towards the application, according to TAM, was at the highest level.

Keywords: Smart dog feeder, Internet of Things, Food conveyor, Application

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงทางสังคม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของผู้คนเพราะเมื่อต้องออกไปทำงานนอกบ้านหลายวันอาจเกิดความวิตกกังวลในการให้อาหารสัตว์เลี้ยงที่คุณรักทำให้เกิดความไม่สะดวกในการฝากผู้อื่นเลี้ยง และปัจจุบันสัตว์เลี้ยงกำลังเป็นที่ได้รับนิยมของคนทั่วไปเป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็นสัตว์ชนิดเล็ก เช่น นก หนู กระต่าย หรือสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น สุนัข แมว เป็นต้น จิรวัฒน์ แท่นทอง และคณะ (2561) โดยสัตว์อาจถูกเลี้ยงไว้ในบ้าน หรือที่พักอาศัย และด้วยสภาพการดำรงชีวิตในปัจจุบันผู้คนต้องออกไปทำงานนอกบ้าน หรือบางครั้งต้องออกไปทำธุระเป็นเวลานาน จึงไม่สามารถที่จะดูแลสัตว์เลี้ยงได้ทำให้เกิดความกังวลของผู้เลี้ยงสัตว์ที่อาจลืมให้อาหาร หรือลืมตรวจสอบว่าอาหารยังคงมีเพียงพอหรือไม่ และการฝากผู้อื่นเลี้ยงสัตว์ของตนหรือมีค่าใช้จ่ายในกรณีที่ต้องนำสัตว์เลี้ยงไปฝากเลี้ยงตามศูนย์หรือร้านค้าที่ให้บริการเลี้ยงสัตว์ชั่วคราว การให้อาหารแบบเดิมจะใช้วิธีการตั้งอาหารไว้แล้วค่อยเติมเป็นครั้งคราวที่อาหารหรือการนำอุปกรณ์ที่อำนวยความสะดวกอย่าง เช่น กระบอกอาหารเม็ดที่ให้อาหารไหลลงมาเองตามแรงโน้มถ่วงซึ่งการให้อาหารแบบเดิมอาจทำให้เกิดปัญหาการลืมเติมอาหารเมื่ออาหารในภาชนะหมดแม้ว่าในปัจจุบันจะมีเครื่องให้อาหารอัตโนมัติที่สามารถควบคุมผ่านสมาร์ตโฟนแต่ยังมีราคาแพง จิรภาส ทองเต็ม (2558) เทคโนโลยีมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ ระบบสมองกลฝังตัว IoT โดยการเปลี่ยนแปลงนี้มีทั้งขนาดที่เล็กลง และประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ควบคุมการให้อาหาร

ด้วยเซ็นเซอร์ที่ตัวเครื่องและใช้สมาร์ตโฟนในการควบคุม ตรวจสอบ การทำงานของอุปกรณ์ ธานิล ม่วงพูล และ วริยา เย็นเปิง (2565) ระบบออกแบบให้สามารถตรวจสอบระดับอาหารต่ำกว่าที่กำหนด เมื่ออาหารในกระบอกมีปริมาณลดลงจนเกือบจะหมดกระบอก ระบบจะมีการให้อาหารอัตโนมัติและผู้เลี้ยงสามารถตรวจเช็คปริมาณอาหารผ่านสมาร์ตโฟนระยะไกลผ่านสมาร์ตโฟน ได้มีประสิทธิภาพที่สูงที่สำคัญยังมีราคาถูก ทำให้นักพัฒนาสามารถเข้าถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ และสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ได้สะดวก รุจกา สถิรางกูร และคณะ (2564) จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น และความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการแก้ปัญหาการให้อาหารกับสัตว์เลี้ยงโดยทั่วไปคือฝากผู้อื่นเลี้ยงสัตว์แทน ฝากร้านค้าเลี้ยงสัตว์มีค่าใช้จ่ายสูง กระบอกอาหารเม็ดที่ให้อาหารไหลลงมาเองตามแรงโน้มถ่วงปัญหาคือการลืมเติมอาหาร เครื่องให้อาหารอัตโนมัติที่สามารถควบคุมผ่านสมาร์ตโฟนแต่ยังมีราคาแพง การให้อาหารในหนึ่งวันอาจจะไม่เพียงพอต่อสัตว์เหล่านั้นหรืออาจจะมากเกินไปจนทำให้คุณภาพของอาหารลดลง ผู้วิจัยจึงได้คิดทำเครื่องให้อาหารอัจฉริยะนี้โดยอาศัยแอปพลิเคชันส่วนควบคุมและสั่งการทำงาน ส่วนกำหนดการตั้งค่าเวลาสำหรับการจ่ายอาหารให้เพียงพอ ราคาถูกโดยใช้วัสดุที่เหลือใช้ภายในบ้าน ช่วยแก้ปัญหาการลืมเติมอาหาร แก้ปัญหาการให้อาหารเกินความต้องการสัตว์เลี้ยง ลดภาระการฝากผู้อื่นเลี้ยงสัตว์แทน แก้ปัญหาการฝากร้านค้าเลี้ยงสัตว์มีค่าใช้จ่ายสูง โดยมีระบบการลำเลียงอาหารสู่ถาดอาหารสุนัขซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้งานง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน สะดวกสบาย ไม่ว่าจะอยู่ภายในประเทศหรือต่างประเทศก็สามารถจัดการให้อาหารสัตว์เลี้ยงได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ เพื่อลดความกังวลในการออกไปทำกิจกรรมนอกบ้าน โดยไม่ต้องกังวลว่าสัตว์เลี้ยงจะได้รับอาหารไม่เพียงพอ ในการให้อาหารสัตว์เลี้ยงได้โดยระบบให้อาหารอัจฉริยะ ระบบจะสามารถให้อาหารตามปริมาณที่ผู้เลี้ยงต้องการได้จึงทำให้ผู้รับเลี้ยงเกิดความสบายใจ และหมดความกังวลสำหรับสัตว์ที่ตนเองเลี้ยง

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง Internet of Things (IoT) คือ "อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง" หมายถึง การที่อุปกรณ์ต่าง ๆ สิ่งต่าง ๆ ได้ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยการสั่งการเปิดไฟฟ้าภายในบ้านด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุม เช่น มือถือผ่านทางอินเทอร์เน็ต เป็นต้น รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องมือทางการเกษตร อาคาร บ้านเรือน เครื่องใชในชีวิตประจำวันต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นต้น ธานิล ม่วงพูล และคณะ (2565) IoT มีการนำมาใช้งานในด้านต่าง ๆ อย่างหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นระบบบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) Ash-Shiddieqy et al., (2020) กระดานดำอัจฉริยะ (Smart Blackboard) ที่ใช้ในการเรียนการสอน Akar (2020) ที่ใช้ในทางการแพทย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2564) รวมไปถึงระบบ

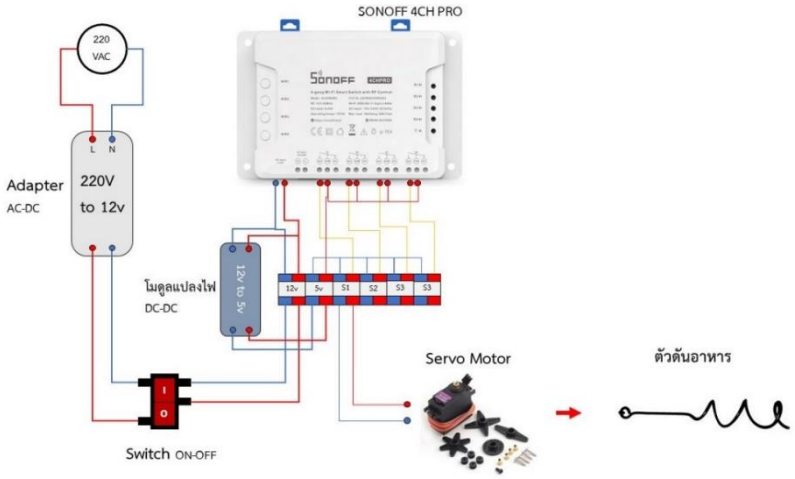
ขนาดใหญ่อย่างเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ที่มีการติดตั้งเซนเซอร์ไว้ทั่วทั้งเมือง Šulyová & Kubina (2022) ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่ได้รวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูลและโปรแกรมประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผลซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีความสมบูรณ์ในตัวมีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้หลายภาษา เพื่อคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ ธานิล ม่วงพูล และ อวยไชย อินทรสมบัติ (2560) NodeMCU คือแพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจคอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่ประกอบด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น Open Source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นมาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต Anjani et al., (2022) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จิรวัฒน์ แท่นทอง และคณะ (2561) มีการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์สำหรับเครื่องให้อาหารแมว เพื่อช่วยผู้ใช้งานสามารถให้อาหารแมวได้ในกรณีที่ลืมหรือไม่สะดวกในกรณีที่ไม่อยู่บ้านเป็นระยะเวลานาน ๆ ระบบจะมีถาดที่สามารถกำหนดปริมาณอาหารที่เหมาะสมกับแมว พร้อมด้วยเครื่องให้น้ำอัตโนมัติมีระบบแจ้งเตือนในกรณีที่น้ำมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณที่ตั้งไว้ จากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างพบว่า ระบบสามารถทำงานได้ดี รองรับการให้อาหารและน้ำได้เป็นเวลาหลายวัน Tiwari et al., (2018) ได้พัฒนาเครื่องให้อาหารสัตว์เลี้ยงอัตโนมัติด้วย Arduino เพื่อลดภาระให้กับครอบครัวที่เลี้ยงสัตว์เลี้ยงแต่ไม่มีเวลา ระบบสามารถตั้งค่าควบคุมผ่านสมาร์ตโฟนแบบอัตโนมัติ เจ้าของสัตว์เลี้ยงจะคอยตรวจสอบอาหารสัตว์เลี้ยงได้ตลอดเวลา สัตว์เลี้ยงจะมีอาหารให้ตลอดเวลา เพื่อป้องกันจากการอดอาหารเมื่อไม่มีใครอยู่ที่บ้าน ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายจากการนำสัตว์เลี้ยงไปฝากเลี้ยงตามสถานที่รับฝาก แนวคิด ดังกล่าวกำลังได้รับความนิยมไปทั่วโลกเนื่องจากระบบอัตโนมัติ Ash-Shiddieqy et al., (2020) ได้พัฒนาเครื่องให้อาหารสัตว์เลี้ยงแบบอัตโนมัติด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3D และระบบควบคุมแหล่งที่มาแบบเปิด เพื่อช่วยให้ผู้ที่ไม่มีเวลาสามารถให้อาหารสัตว์เลี้ยงได้ระบบควบคุมอาศัย Node MCU8266 และเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก อุปกรณ์ควบคุมใช้สมาร์ตโฟน การควบคุมการปล่อยน้ำด้วยเซอร์ โวมอเตอร์การตั้งเปิด-ปิดวาล์วได้ 4 สภาวะ มีตั้งแต่ 10 องศา 20 องศา 30 องศา และสูงสุด 40 องศา ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและอัตโนมัติ Vineeth et al., (2020) ได้พัฒนาเครื่องจ่ายอาหารสัตว์เลี้ยงอัตโนมัติโดยใช้การประมวลผลภาพดิจิทัล งานวิจัยนี้อาศัยหลักการการประมวลผลภาพร่วมกับการบันทึกเสียงสัตว์เลี้ยง การทำงานของระบบเมื่อ Ultrasonic Sensor จับความเคลื่อนไหวได้จะทำให้กล้องเปิดเพื่อตรวจสอบสัตว์เลี้ยงแล้วนำมาเปรียบเทียบว่าเป็นสัตว์เลี้ยงที่ได้ลงทะเบียนไว้หรือไม่ ถ้าใช่ระบบจะจ่ายอาหารให้ เมื่อจ่ายอาหารสำเร็จระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยัง สมาร์ตโฟนของผู้ใช้ทันที

เครื่องมือการวิจัย โดยมีเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง แบบประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ เป็นแบบประเมินแบบมาตราส่วน 5 ระดับ และแบบสอบถามการยอมรับเทคโนโลยี เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วน 5 ระดับ **กลุ่มเป้าหมายโดยมี** ประชากร คือกลุ่มครอบครัวผู้เลี้ยงสุนัขในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 10 ครอบครัว กลุ่มตัวอย่าง คัดเลือกจากประชากร จำนวน 10 คน และมีความเต็มใจในการใช้งานเครื่องให้อาหาร สุนัข แต่ละคนทดลองใช้ 3 วัน ผู้เชี่ยวชาญสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารสุนัขจำนวน 5 คน

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตามรูปแบบของ ADDIE Model 5 ขั้นตอน ดังนี้

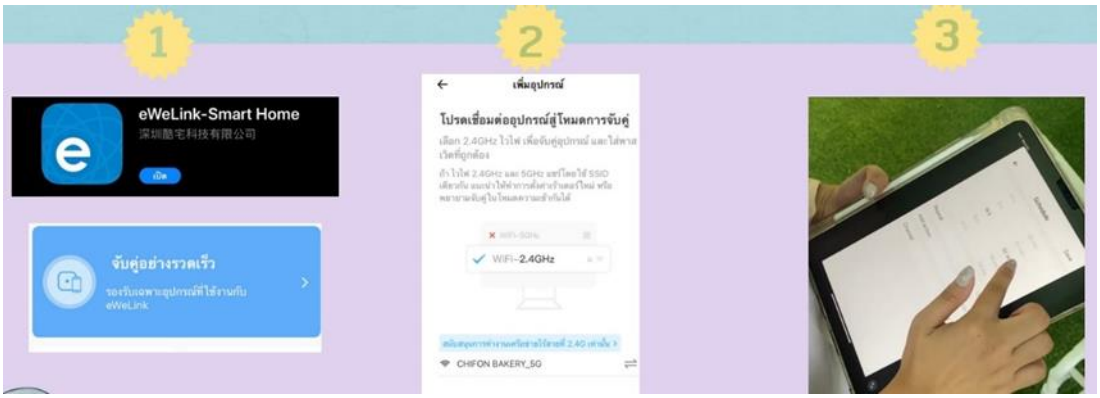
1. การวิเคราะห์ระบบ (Analyst) เป็นการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ วิธีการสร้างเครื่องต้นแบบการให้อาหารสัตว์หลักการทำงาน อุปกรณ์ชั่ง น้ำหนัก Load Cell และการส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต ไปยังสมาร์ตโฟน จากเอกสาร หนังสือ และงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ขอบเขตของระบบเพื่อจัดทำโครงสร้างของระบบ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

จากรูปที่ 1 โครงสร้างเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยมีหลักการทำงาน คือ ระบบจะทำงานกับแอปพลิเคชันสำเร็จรูป ร่วมกับสมาร์ทโฟน และทำงานเชื่อมโยงกับ WiFi ที่มีการติดตั้งกับบ้านเรือนทั่วไป เมื่อทำการเปิดแอปพลิเคชันที่ติดตั้งไว้กับสมาร์ทโฟนพร้อมกับเชื่อมต่อระบบ WiFi เรียบร้อย ผู้ใช้สามารถสั่งการและควบคุมการให้อาหารสุนัขผ่านทางสมาร์ทโฟนได้ทันที โดยการเลือกช่วงเวลาเป็นนาที ระบบจะทำการสั่งการให้อาหารสุนัขไหลลงมาตามสายพานลำเลียงโดยมีเกลียวเหล็กในการดันอาหารให้ตกลงมาตามท่อ PVC มีการกำหนดเป็นช่วงเวลาการให้ เช่นครั้งละ 1 นาที

2. การออกแบบระบบ (Design) ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างของระบบออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ และ 2) การออกแบบหน้าจอสมาร์ตโฟน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การออกแบบโครงสร้างและระบบควบคุม

จากรูปที่ 2 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในการทำงานของระบบกับหน้าจอสมาร์ตโฟน

3. การพัฒนาระบบ (Development) ผู้พัฒนามีแนวคิดพัฒนาเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เมื่อทำการเปิดแอปพลิเคชันที่ติดตั้งไว้กับสมาร์ทโฟนพร้อมกับเชื่อมต่อระบบ WiFi เรียบร้อย ผู้ใช้สามารถสั่งการและควบคุมการให้อาหารสุนัขผ่านทางสมาร์ทโฟนได้ทันที โดยการเลือกช่วงเวลาเป็นนาที ระบบจะทำการสั่งการให้อาหารสุนัขไหลลงมาตามสายพานลำเลียงโดยมีเกลียวเหล็กในการดันอาหารให้ตกลงมาตามท่อ PVC ไหลลงสู่ถาดอาหารสุนัข

รูปที่ 3 ผังการทำงานของระบบ เครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

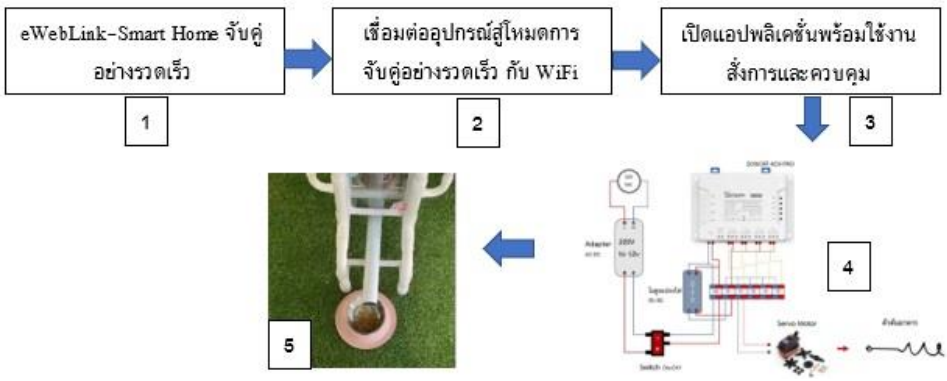
4. การติดตั้งใช้งาน (Implement) ผู้วิจัยได้นำเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประเมินเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ แล้วนำมาปรับปรุง แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ครอบครัว ผู้วิจัยได้ติดตั้งทดลองกับ กลุ่มตัวอย่างทีละคน คนละ 3 วัน โดยพิจารณาคนที่มีธุระออกนอกบ้านเป็นประจำ และมีความเต็มใจที่จะทดลอง ใช้งานระบบ แล้วประเมินความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง

5. การประเมินผล (Evaluate) มีการนำผลการประเมินผลประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์และประเมินผลหาค่าทางสถิติ ในการทดลองใช้งานคณะผู้วิจัยได้นำเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน ผู้วิจัยได้ติดตั้งทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ทีละคน คนละ 3 วัน โดยพิจารณาคนที่มีธุระออกนอกบ้านเป็นประจำ และมีความเต็มใจที่จะทดลองใช้งานระบบ เพื่อเก็บข้อมูลทางด้านความคิดเห็นและการยอมรับของนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างตามแนวคิดของทฤษฎีการยอมรับ เทคโนโลยี (The Technology Acceptance Model-TAM) และนำผลที่ได้ไปหาค่าทางสถิติต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์ การประเมิน ดังนี้ สุรเทพ แป้นเกิด และคณะ (2565) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการศึกษา

ผลการพัฒนาเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ตาม ขั้นตอนการวิจัย โดยนำข้อมูลจากการศึกษาและวิเคราะห์มาจัดทำระบบเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะ ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เครื่องมือของกิจกรรมแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การทำงานของระบบเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

เมื่อทำการเปิดระบบและเปิดแอปพลิเคชันที่ติดตั้งไว้กับสมาร์ทโฟนพร้อมกับเชื่อมต่อระบบ WiFi เรียบร้อย ผู้ใช้สามารถสั่งการและควบคุมการให้อาหารสุนัขผ่านทางสมาร์ทโฟนได้ทันที โดยการเลือกช่วงเวลาเป็นนาที ระบบจะทำการสั่งการให้อาหารสุนัขไหลลงมาตามสายพานลำเลียงโดยมีเกลียวเหล็กในการดันอาหารให้ตกลงมาตามท่อ PVC ไหลลงสู่ถาดอาหารสุนัขโดย ใน 1 นาที สามารถปล่อยอาหารลงสู่ถาดอาหารได้ 65 กรัม

ผลการหาประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ผลของการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของ ผลการประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ	4.6	0.13	ระดับมากที่สุด
2. ระบบการทำงานสะดวกต่อการใช้งาน	4.5	0.07	ระดับมาก
3. ความแม่นยำในการแสดงผลปริมาณอาหารในถัง	4.6	0.11	ระดับมากที่สุด
4. ความแม่นยำในการแสดงผลปริมาณอาหารในถาด	4.6	0.11	ระดับมากที่สุด
5. ความแม่นยำในการควบคุมการจ่ายอาหารผ่านสมาร์ตโฟน	4.7	0.11	ระดับมากที่สุด
6. ความแม่นยำในการจ่ายอาหารแบบอัตโนมัติ	4.6	0.13	ระดับมากที่สุด
7. ความถูกต้องในการแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน	4.7	0.11	ระดับมากที่สุด
8. อุปกรณ์ มีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.5	0.04	ระดับมาก
9. ง่ายต่อการบำรุงรักษา	4.7	0.11	ระดับมากที่สุด
10. ความปลอดภัยในการใช้งานของระบบในภาพรวม	4.5	0.04	ระดับมาก
โดยรวม	**4.6**	**0.09**	**ระดับมากที่สุด**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง พบว่า ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ผลของการทดสอบการทำงานของเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการให้อาหารสุนัข

ครั้งที่	ปริมาณอาหารในถัง (g)	ปริมาณการจ่ายอาหาร (g)	ปริมาณอาหารในถาดก่อนจ่ายอาหาร (g)	ปริมาณอาหารในถาดหลังจ่ายอาหาร (g)	Notificati on Line <100g	แสดงอาหารในถัง	แสดงอาหารในถาด	ให้โดยกำหนดระยะเวลา
1	500	65	0	65	X	X	X	✓
2	500	65	0	65	X	X	X	✓
3	500	65	0	65	X	X	X	✓
4	500	65	0	65	X	X	X	✓
5	500	65	0	65	X	X	X	✓
6	500	65	0	65	X	X	X	✓
7	500	65	0	65	X	X	X	✓
8	500	65	0	65	X	X	X	✓
9	500	65	0	65	X	X	X	✓
10	500	65	0	65	X	X	X	✓

จากตารางที่ 2 แสดงการทดสอบระบบผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบ จำนวน 10 ครั้ง ระบบสามารถ ทำงานตามที่กำหนดไว้ทั้ง 10 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ของการทดสอบ

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้ใช้เครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ผู้วิจัยได้นำเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน ผู้วิจัยได้ติดตั้งทดลองกับกลุ่มตัวอย่างทีละคน คนละ 3 วัน โดยพิจารณาคนที่มีธุระออกนอกบ้านเป็นประจำ และมีความเต็มใจที่จะทดลองใช้งานระบบ เพื่อเก็บข้อมูลทางด้านความคิดเห็นและการยอมรับของกลุ่มตัวอย่างตาม แนวคิดของทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (The Technology Acceptance Model-TAM) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้เครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

รายการ	$\bar{x}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน	4.68	0.079	ระดับมากที่สุด
2. ด้านความสะดวกต่อการใช้งาน	4.65	0.071	ระดับมากที่สุด
3. ด้านความน่าเชื่อถือของระบบ	4.42	0.092	ระดับมาก
4. ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน	4.66	0.07	ระดับมากที่สุด
5. ด้านประโยชน์โดยรวมที่มีต่อการใช้งาน	4.64	0.052	ระดับมากที่สุด
โดยรวม	**4.61**	**0.073**	**ระดับมากที่สุด**

จากตารางที่ 3 ผลการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้เครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.61 , S.D. = 0.073)

อภิปรายผลการศึกษา

ผลของการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จากการทดสอบการให้อาหารสุนัขจำนวน 10 ครั้ง ระบบสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ทั้ง 10 ครั้ง คิดเป็น ร้อยละ 100 ของการทดสอบ จึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิติพล พลพบู และคณะ (2566) การพัฒนาเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารสุนัขพบว่า การทดสอบการทำงานของระบบ 10 ครั้ง ระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องทั้ง 10 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ของการทดสอบ และผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมากที่สุด และ ผลการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่างตามทฤษฎี TAM พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อการทดลองใช้เครื่องให้อาหารสุนัข อยู่ในระดับมากที่สุด ผลการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้เครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด นั่นแสดงว่าเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ สามารถตรวจสอบปริมาณอาหารสุนัขทั้ง ในถังบรรจุอาหารและในถาดอาหารสำหรับสุนัขได้ ทำให้ผู้ใช้งานลดความกังวล เมื่อต้องออกไปทำธุระนอกบ้าน หรือการเดินทางไปต่างจังหวัดผู้ใช้ยังสามารถให้อาหารแก่สุนัขได้

สรุปผลการศึกษา

ผลของการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องให้อาหารสุนัขอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จากการทดสอบการให้อาหารสุนัขจำนวน 10 ครั้ง ระบบสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ทั้ง 10 ครั้ง คิด เป็นร้อยละ 100 ของการทดสอบ และผลจากการประเมินประสิทธิภพาของเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติด้วย เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด นั่นแสดงว่าเครื่องให้ อาหารสุนัขอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถให้ความสะดวกกับผู้ใช้งาน

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จะมีการนำผลการวิจัยไปใช้งาน เพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด จะต้องคำนึงถึงขนาดของเม็ดอาหาร ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบระบบด้วยอาหารสุนัขชนิดเม็ดเล็กถึงกลาง กรณีที่ต้องการใช้กับอาหารสุนัขชนิดเม็ดใหญ่มาก ๆ หรืออาหารสัตว์อื่น ๆ ต้องระมัดระวังอาหารเข้าไปติดค้างในท่อลำเลียงอาหาร ซึ่งอาจทำให้ระบบขัดข้องได้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2564). *คู่มือเทคโนโลยีการผลิตและดัชนีการใช้พลังงานอุตสาหกรรม New S-curve เขตโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (EEC): อุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร.* https://oldwww.dede.go.th/download/general64/4Medical.pdf

จิรภาส ทองเต็ม. (2558). *ระบบให้อาหารสัตว์เลี้ยงอัตโนมัติด้วยราสเบอร์รี่พาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

จิรวัฒน์ แท่นทอง, สุภลักษณ์ ตาแก้ว, และกนกลักษณ์ ศรพระขรรค์ชัย. (2561). การประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์สำหรับเครื่องให้อาหารแมว. *การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 41 ประจำปี 2561*. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ปิติพล พลพบู, ธานิล ม่วงพูล, และวริยา เย็นเปิง. (2566). การพัฒนาเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. *วารสารวิชาการ "การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม" (TM), 10*(1), 64-74.

รุจกา สถิรางกูร, พัลลภา มิตรสงเคราะห์, และอำนวย วิชญะลาส. (2564). การพัฒนาต้นแบบระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้ IoT และ RFID. *วารสารวิชาการ "การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม" (TM)*, *8*(2), 33-47.

ธานิล ม่วงพูล และวริยา เย็นเปิง. (2565). การพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที. *วารสารวิชาการ "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ" (JAIT)*, *8*(2), 7-16.

ธานิล ม่วงพูล และอวยไชย อินทรสมบัติ. (2560). การพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์. *วารสารวิชาการ "การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม" (TM)*, *4*(2), 47-56.

สุรเทพ แป้นเกิด, วาสนา ด้วงเหมือน, และสุภษี ดวงใส. (2565). เครื่องต้นแบบในการบันทึกสัญญาณชีพ ด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. *วารสารวิชาการ "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ" (JAIT)*, *8*(2), 17-27.

Akar, H. (2020). The effect of smart board use on academic achievement: A meta-analytical and thematic study. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)*, *8*(3), 261-273.

Anjani, A. G., Grisviani, P. G., Royan, R., Wibowo, K. M., Romadhona, G., Sapundani, R., Mulyanto, A., Setiawan, I., Jumrianto, J., & Prasath, N. (2022). Application of IoT Using nodeMCU ESP8266 on the Syringe Pump Device to Increase Patient Safety. *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, *4*(1), 23-27.

Ash-Shiddieqy, R. H., Saputro, B. A., Dandha, F. O., & Rusdiyana L. (2020). Automated Pet Feeder using 3D Printer with Opened Source Control System. *IPTEK, The Journal of Engineering*, *6*(3), 58-62.

Šulyová, D., & Kubina, M. (2022). *Trends in smart cities 2022.* Researchgate. https://www.researchgate.net/publication/361906927_ TRENDS_IN_ SMART_ CITIES_2022

Tiwari, M. S., Hawal, S. M., Mhatre, N. N., Bhosale, A. R., & Bhaumik, M. (2018). Automatic Pet Feeder Using Arduino. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, *7*(3), 2891-2897.

Vineeth S., Renukumar B. R., Sneha V. C., Ganjihal, P., & Rani B. (2020). Automatic Pet Food Dispenser using Digital Image Processing. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, *9*(5), 588-593.

การวิเคราะห์แนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนเงินทุนวิจัย และโครงการบริการวิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2564-2566 ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี (SGtech)

บงกช ประสิทธิ์[1*]

Trend Analysis of Increasing and Decreasing Rates for the Research Funding and Academic Service Projects in Fiscal Year 2021-2023 with Education Criteria for Performance Excellence: EdPEx within School of Renewable Energy and Smart Grid Technology (SGtech)

Bongkot Prasit[1*]

[1]วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]School of Renewable Energy and Smart Grid Technology (SGtech), Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author. E-mail: bongkotprasit19@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนเงินทุนวิจัย และโครงการบริการวิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2564-2566 ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี (SGtech) โดยใช้ Microsoft Excel เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย โดยผ่านระเบียบวิธีวิจัย จากผลการวิจัยพบว่า แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเงินทุนวิจัยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเท่ากับ 49.3% และ 294.8% ในปี 2565 และ 2566 ตามลำดับ เงินทุนโครงการบริการวิชาการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 30.7% ในปี 2566 ทำให้ผลลัพธ์ S6 ตามเกณฑ์ EdPEx การหารายได้ผ่านการทำงานโครงการวิจัยและบริการวิชาการขนาดใหญ่ (Mega Project) มีแนวโน้มที่สูงขึ้น

คำสำคัญ: EdPEx เงินทุนวิจัย บริการวิชาการ

Abstract

This research aims to trend analysis of increasing and decreasing rate for the research funding and academic service project in fiscal year 2021-2023 with Education Criteria for Performance Excellence: EdPEx within School of Renewable Energy and Smart Grid Technology (SGtech) that using Microsoft Excel as a tool for analyzing research study results which through research methods. The result of research showed that the trend of research funding increased equal 49.3% and 294.8% in fiscal year 2022-2023 respectively which academic service project funding that increased equal 30.7% in fiscal year 2023. This makes S6 results according to the EdPEx criteria for earning income through working on research and academic service mega projects more likely to increase.

Keywords: EdPEx, Research funding, Academic service

บทนำ

รายงานการประเมินตนเอง (Self-Assessment Report : SAR) ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (Education Criteria for Performance Excellence : EdPEx) ประจำปีการศึกษา วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลสำคัญและรายงานผลการดำเนินงานตามยุทธศาสตร์และพันธกิจของวิทยาลัยฯ โดยใช้กลไกเพื่อการขับเคลื่อนการบริหารและการดำเนินงานขององค์กร โดยได้นำเครื่องมือการพัฒนาที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล EdPEx มาใช้ในการพัฒนาคุณภาพขององค์กร คณะผู้บริหารของวิทยาลัยฯ กำหนดเป้าหมายของวิทยาลัยฯ ที่จะต้องผลักดันและสนับสนุนการดำเนินงานให้เกิดการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืน วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร (2566) จะเป็นองค์กรที่มีการพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่อง ยั่งยืน เพื่อเป็นองค์กรชั้นนำแห่งการเรียนรู้ การวิจัย การบริการวิชาการในด้านพลังงานทดแทน ด้านสมาร์ตกริดเทคโนโลยีและเมืองอัจฉริยะ อันเป็นส่วนสำคัญในการร่วมขับเคลื่อนการบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอนของสังคมไทยในระดับชาติและภูมิภาคอาเซียน

ด้านการวิจัย วิทยาลัยฯ มุ่งมั่นพัฒนางานวิจัยที่ตอบโจทย์ความต้องการของประเทศด้าน Renewable Energy Carbon Neutrality Smart Grid Smart City และ Digital Innovation ผลลัพธ์การดำเนินโครงการวิจัย สัดส่วนเงินสนับสนุนโครงการวิจัย การบริการวิชาการ วิทยาลัยฯ มุ่งมั่นพัฒนางานบริการวิชาการโดยใช้งานวิจัยเป็นฐานองค์ ความรู้ที่ตอบสนองความต้องการด้านพลังงานสะอาดและการบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอนของ ภาครัฐ ภาคธุรกิจ ภาคอุตสาหกรรมการผลิต และการบริการในระดับประเทศ เพื่อให้ได้ผลงานวิจัยและงานสร้างสรรค์ที่เกิดประโยชน์ การวิจัยจะประสบความสำเร็จและเกิดประโยชน์จำเป็นต้องมีส่วนประกอบที่สำคัญสามประการ คือ 1) สถาบันต้องมีแผนการวิจัย มีระบบและกลไกตลอดจนมีการสนับสนุนทรัพยากรให้สามารถดำเนินการได้ตามแผน 2) คณาจารย์มีส่วนร่วม

ในการวิจัยอย่างเข้มแข็งโดยบูรณาการงานวิจัยกับการจัดการเรียนการสอนและพันธกิจด้านอื่น ๆ ของสถาบัน 3) ผลงานวิจัยมีคุณภาพ มีประโยชน์ สนองยุทธศาสตร์ของชาติและมีการเผยแพร่อย่างกว้างขวางการวิเคราะห์แนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนเงินทุนวิจัย และโครงการบริการวิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2564-2565 ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx)วิทยาลัยพลังงานทดแทนฯ จะเป็นกระจก และสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนางาน คุณภาพของงานด้านการวิจัยและบริการวิชาการ ให้สามารถยกระดับผลงานสู่ระดับสากลต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับแนวนโยบายวิทยาลัยพลังงานทดแทนฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร และตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) ที่จะทำให้ผลลัพธ์ S6 ตามเกณฑ์ EdPEx การหารายได้ผ่านการทำงานโครงการวิจัยและบริการวิชาการขนาดใหญ่ (Mega Project) มีแนวโน้มที่สูงขึ้น

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาวิจัยจะใช้ข้อมูลรายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEx ประจำปีการศึกษา 2564-2566 ของวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี เนื่องจากวิทยาลัยฯ ได้เริ่มมีการใช้เกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) ในปี 2564-2566 และสอดคล้อง หลักการของ "LeTCI" ในการวิเคราะห์แนวโน้มผลลัพธ์ (จะใช้ข้อมูลตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อย่างน้อย 3-5 ปีต่อเนื่อง) และใช้ Microsoft Excel เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย โดยผ่านระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

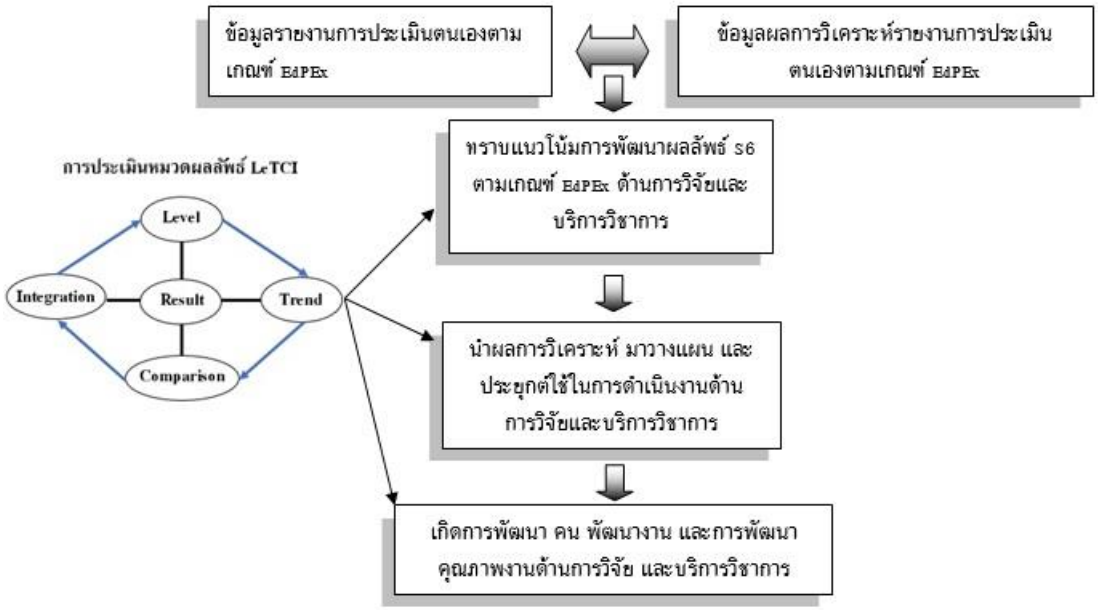
- ศึกษาผลข้อมูลรายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEx ด้านการวิจัยและบริการวิชาการของวิทยาลัยพลังงานทดแทนฯ ประจำปี 2564-2566
- นำผลข้อมูลรายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEx ด้านการวิจัยและบริการวิชาการมาวิเคราะห์แนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลง
- นำผลการวิเคราะห์ มาวางแผน และประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานด้านการวิจัยและบริการวิชาการของวิทยาลัยฯ
- ทำการวิเคราะห์ผล และแปรผลภาพรวมอัตราแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของงานด้านการวิจัยและบริการวิชาการ
- เขียนรายงานการวิจัย

สถานที่เก็บข้อมูล ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี (SGtech) มหาวิทยาลัยนเรศวร

โดยในโครงการวิจัยมีสมมุติฐานแนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนเงินทุนวิจัย และโครงการบริการวิชาการไม่น้อยกว่า 5-10% ต่อปี และมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนเงินทุนวิจัย

และโครงการบริการวิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2564-2566 ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของโครงการฯ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ทำให้ทราบสภาพและแนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนเงินวิจัย และโครงการบริการวิชาการภายในวิทยาลัยพลังงานทดแทนฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนและพัฒนาต่อไป
- แนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนเงินวิจัย และโครงการบริการวิชาการสามารถนำไปใช้เป็นตัวชี้วัดตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx)ภายในวิทยาลัยพลังงานทดแทนฯ มหาวิทยาลัยนเรศวรต่อไป ที่จะทำให้ผลลัพธ์ S6 ตามเกณฑ์ EdPEx การหารายได้ผ่านการทำงานโครงการวิจัยและบริการวิชาการขนาดใหญ่ (Mega Project) มีแนวโน้มที่สูงขึ้น

เป้าหมายการให้บริการและตัวชี้วัด

- ตัวชี้วัดเชิงปริมาณ

- แนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนเงินทุนวิจัย และโครงการบริการวิชาการไม่น้อยกว่า 5-10% ต่อปี ของผลงานต่าง ๆด้านการวิจัยและบริการวิชาการที่ผ่านมา ในช่วงปีงบประมาณ 2564-2566

- ตัวชี้วัดเชิงคุณภาพ

- สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาคน พัฒนางาน และพัฒนาคุณภาพงานวิจัย รวมทั้งการปรับปรุงแก้ไขระบบตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) ภายในวิทยาลัยฯ

- ตัวชี้วัดเชิงเวลา

- การดำเนินการประกันคุณภาพด้านการวิจัยและบริการวิชาการ โดยใช้ระยะเวลาในการจัดการที่น้อยลงกว่าการดำเนินการจัดทำรายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEx ในปีที่ผ่านมา

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

ธัญญธร พัวพิทยาธร (2565) การศึกษาสภาพปัจจุบันในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) กรณีศึกษา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้มีเพื่อการศึกษาสภาพปัจจุบันในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) กรณีศึกษา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้บริหาร อาจารย์ และบุคลากรจำนวน 52 คน เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์และเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมสำเร็จรูปหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำเสนอในรูปแบบสถิติเชิงพรรณนา ผลวิจัยพบว่า 1) ที่ตอบแบบสอบถามส่วนมากเป็นผู้หญิง (ร้อยละ 67.31) มีคุณวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาเอก (ร้อยละ 52.58) มีสถานะเป็นอาจารย์ (ร้อยละ 36.54) มีประสบการณ์การประกันคุณภาพการศึกษาภายในมากกว่า 6 ปี ขึ้นไป (ร้อยละ 94.23) เมื่อพิจารณาจากประสบการณ์การปฏิบัติงานประกันคุณภาพฯ ทุกคนได้รับการฝึกอบรมการประกันคุณภาพฯจากมหาวิทยาลัย และได้รับการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจด้านประกันคุณภาพฯกลุ่มงานประกันคุณภาพฯ ของคณะฯ (ร้อยละ 100) การได้รับความร่วมมือจากผู้ร่วมงานเรื่องการประกันคุณภาพการศึกษาอย่างสม่ำเสมอ (ร้อยละ 96.2) และ 2) สภาพปัจจุบันการดำเนินงานตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินงานที่เป็นเลิศ จากเกณฑ์การประเมินทั้ง 6 หมวดพบว่า หมวดที่ 2 การวางแผนเชิงกลยุทธ์ มีผลการดำเนินงานในปัจจุบันสูงเป็นอันดับแรก ($\bar{x}$= 4.23, SD= 0.12) อยู่ในระดับมาก รองลงมา ได้แก่ หมวดที่ 1 การนำองค์กร ($\bar{x}$=4.02, SD=0.11) อยู่ในระดับมาก หมวดที่ 5 การมุ่งเน้นผู้ปฏิบัติ ($\bar{x}$=3.89, SD=0.17)

อยู่ในระดับปานกลาง หมวด 6 การจัดกระบวนการ ($\bar{x}$=3.84, SD=0.10) อยู่ในระดับปานกลาง หมวดที่ 3 การมุ่งเน้นลูกค้า ($\bar{x}$=3.78, SD=0.08) อยู่ในระดับปานกลาง และหมวดที่ 4 การวัด วิเคราะห์และการจัดการความรู้ ($\bar{x}$=3.75, SD=0.15) อยู่ในระดับปานกลาง

ปานทิพย์ ปูรณานนท์ (2559) ความรู้และทัศนคติเกี่ยวกับเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศของบุคลากรวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สระบุรี ซึ่งเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) ได้รับการยอมรับในระดับสากลว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาองค์การสู่ความเป็นเลิศการวิจัยแบบบรรยายนี้จึงมุ่งศึกษาความรู้ และทัศนคติเกี่ยวกับเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศของบุคลากรวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สระบุรี ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ อาจารย์และบุคลากรสายสนับสนุนวิชาการของวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สระบุรี ปีการศึกษา 2557 จำนวน 70 คน ซึ่งใช้ประชากรทั้งหมดเป็นกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือวิจัยได้ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและหาค่าความเที่ยงแบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ EdPEx ของกลุ่มอาจารย์ได้เท่ากับ 0.72 และกลุ่มบุคลากรสายสนับสนุนวิชาการได้เท่ากับ 0.76 แบบสอบถามทัศนคติต่อเกณฑ์ EdPEx ของกลุ่มอาจารย์ได้เท่ากับ 0.78 และกลุ่มบุคลากรสายสนับสนุนวิชาการได้เท่ากับ 0.83 วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าอาจารย์กลุ่มตัวอย่างมีความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ EdPEx อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 44.44 ทัศนคติต่อเกณฑ์ EdPEx อยู่ในทางบวก คิดเป็นร้อยละ 55.56 บุคลากรสายสนับสนุนกลุ่มตัวอย่างมีความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ EdPEx อยู่ในระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 54.40 ทัศนคติต่อเกณฑ์ EdPEx อยู่ในทางบวก คิดเป็นร้อยละ 50.00 ดังนั้น ความรู้ของอาจารย์และบุคลากรสายสนับสนุนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนา ส่วนทัศนคติที่อยู่ในระดับดีนั้น ควรปลูกฝังให้อาจารย์และบุคลากรสายสนับสนุนมีทัศนคติที่ดีต่อเกณฑ์ EdPEx อย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นว่าการนำกลไกเพื่อการขับเคลื่อนการบริหารและการดำเนินงานขององค์กรโดยได้นำเครื่องมือการพัฒนาคุณภาพที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล EdPEx มาใช้ในการพัฒนาคุณภาพขององค์กร มีการกำหนดเป้าหมาย มีการผลักดันและสนับสนุนการดำเนินงานให้เกิดการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืน เป็นนวัตกรรมการศึกษาที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศและคุณภาพของคนเป็นสำคัญ ซึ่งการดำเนินงานจะประสบผลสำเร็จมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ความรู้ความเข้าใจของบุคลากร การมีส่วนร่วม และความพร้อมในการดำเนินงาน ดังนั้น ผู้วิจัยซึ่งเป็นบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (Education Criteria for Performance Excellence : EdPEx) โดยตรงจึงมีความสำคัญและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

วิจิตรา นุชอยู่ (2563) การจัดการความรู้เป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อน ทำให้บุคลากรมีความตื่นตัวในการจัดทำโครงการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญและขาดไม่ได้ของการจัดทำโครงการพัฒนา หรือการวางแผนงานของหน่วยงาน คือ การติดตามผลลัพธ์ เพื่อประเมินว่าผลลัพธ์การดำเนินการดังกล่าวมีแนวโน้มอย่างไร เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่และทำการวิเคราะห์หาจุดตัดสินใจว่าจะดำเนินการต่อไปหรือต้องปรับเปลี่ยนแผน หรือวิธีการดำเนินการอย่างไร เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งหลักการในการแสดงผลลัพธ์ให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และตัดสินใจ เราใช้หลักการของ **"LeTCI"**

Le : ระดับผลลัพธ์ในแต่ละปี มักแสดงผลลัพธ์เทียบกับค่าเป้าหมาย

T : แนวโน้มผลลัพธ์ (ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อย่างน้อย 3-5 ปีต่อเนื่อง)

C : เทียบเคียงกับคู่แข่ง หรือหน่วยงาน/องค์กรที่มีผลลัพธ์ที่ดีกว่า

I : แสดงตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ/แผนงาน และเป้าประสงค์ของหน่วยงาน/องค์กร

ผู้นำเสนอต้องเลือกรูปแบบการแสดงผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละประเภท และใช้หลักการของ **"LeTCI"** ในการนำเสนอข้อมูลผลลัพธ์ เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์ และรายงานผลได้อย่างครอบคลุม เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) ในหมวดที่ 4 การวัด การวิเคราะห์ และการจัดการความรู้

ผลการศึกษา

ในการวิจัยนี้ ได้ดำเนินการออกแบบการดำเนินการวิจัยทั้งในรูปแบบของนำผลของข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบในส่วนของข้อมูลรายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEx ประจำปีงบประมาณ 2564-2566 โดยเน้นสำคัญในส่วนของจำนวนเงินทุนวิจัย และโครงการบริการวิชาการ โดยใช้ข้อมูลจากรายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEx ที่ผ่านมาโดยทำการวิเคราะห์แนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนเงินทุนวิจัย และโครงการบริการวิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2564-2566 ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) วิทยาลัยพลังงานทดแทนฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร (2565) ผลลัพธ์ด้านการวิจัยและบริการวิชาการ ข้อมูล ผลการรายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEx ปี 2564 พบว่า สัดส่วนเงินสนับสนุนโครงการวิจัยต่อจำนวนอาจารย์ประจำ ข้อมูลโครงการวิจัย ในช่วง 1 มิถุนายน 2564 – 31 พฤษภาคม 2565

รูปที่ 2 สรุปสัดส่วนเงินสนับสนุนงานวิจัยแหล่งทุนภายในต่ออาจารย์ประจำ

ผลลัพธ์ด้านการวิจัยและบริการวิชาการ ข้อมูลผลการรายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEx ปี 2564 พบว่า สัดส่วนเงินสนับสนุนโครงการบริการวิชาการต่ออาจารย์ประจำ ข้อมูลโครงการบริการวิชาการ ในช่วง 1 มิถุนายน 2564 – 31 พฤษภาคม 2565

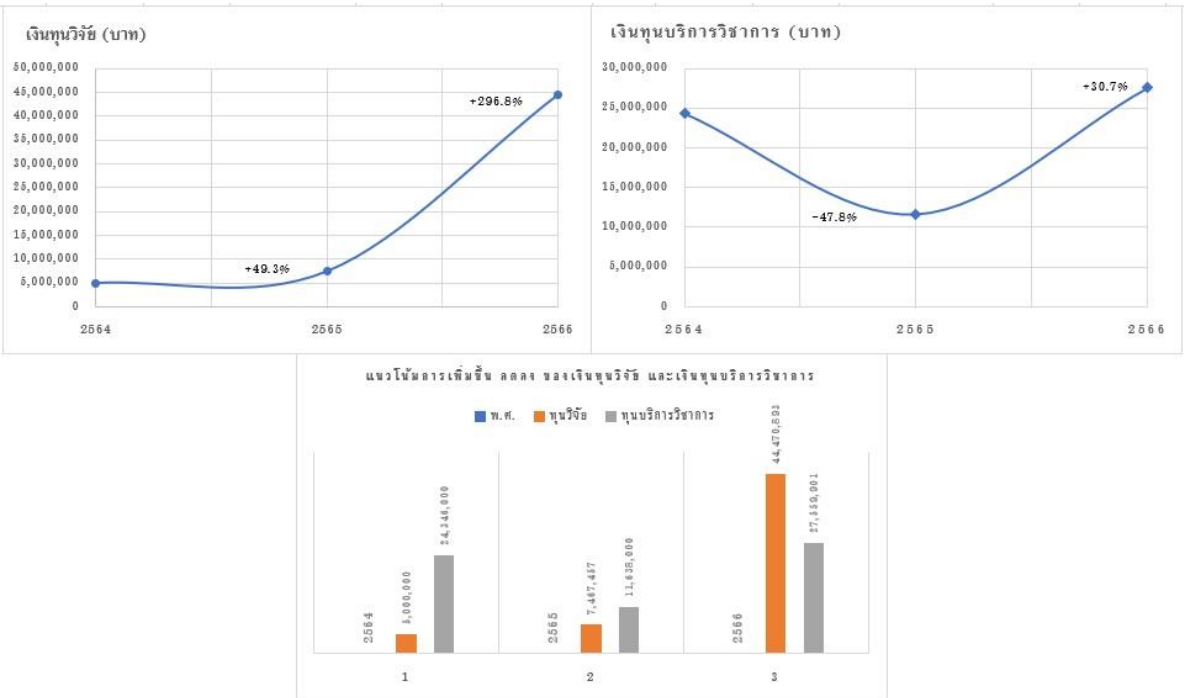
รูปที่ 3 สรุปสัดส่วนเงินสนับสนุนโครงการบริการวิชาการแหล่งทุนภายนอกต่ออาจารย์ประจำ

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลผลลัพธ์ด้านการวิจัยจำนวนเงินทุนสนับสนุนตั้งแต่ปี 2564-2566 วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร (2565)

ปี งปม.	แหล่งทุนภายใน (บาท)	แหล่งทุนภายนอก (บาท)	จำนวนโครงการ (โครงการ)	รวมเงินสนับสนุนการวิจัย (บาท)
2564	-	5,000,000	1	5,000,000
2565	1,022,400	6,445,057	4	7,467,457
2566	985,000	43,485,893	6	44,470,893

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลผลลัพธ์ด้านโครงการบริการวิชาการจำนวนเงินทุนสนับสนุนที่ได้รับตั้งแต่ปี งบประมาณ 2564-2566

ปี งบประมาณ	งบประมาณรวม (บาท)
2564	24,346,000
2565	11,638,000
2566	27,559,901



รูปที่ 4 การวิเคราะห์แนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของเงินทุนวิจัย และเงินทุนบริการวิชาการ

ผลการวิจัยพบว่า แนวโน้มการได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเท่ากับ 49.3% และ 294.8% ในปี 2564 และ 2564 ตามลำดับ โครงการบริการวิชาการ มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น 30.7% ในปี 2566 ทำให้ผลลัพธ์ S6 ตามเกณฑ์ EdPEx การหารายได้ผ่านการทำงานโครงการวิจัยและบริการวิชาการขนาดใหญ่ (Mega Project) มีแนวโน้มที่สูงขึ้น

อภิปรายผลการศึกษา

ผลลัพธ์ของตัวชี้วัดที่สำคัญด้านการวิจัยและบริการวิชาการ วิทยาลัยฯ มีโครงการวิจัยและ บริการวิชาการที่ได้รับทุนการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานภาคเอกชน ที่เกี่ยวของกับการศึกษาแนวทางด้านพลังงานทดแทน โครงข่ายไฟฟ้า ระบบกักเก็บพลังงาน แพลตฟอร์มระบบจัดการพลังงาน และโครงการอื่น ๆที่ เกี่ยวข้องด้านพลังงาน จากข้อมูลสามารถวิเคราะห์แนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนเงินทุนวิจัย และโครงการบริการ

วิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2564-2566 ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี (SGtech) การติดตามผลลัพธ์ เพื่อประเมินว่าผลลัพธ์การดำเนินการดังกล่าวมีแนวโน้มอย่างไร เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่และทำการวิเคราะห์หาจุดตัดสินใจว่าจะดำเนินการต่อไป หรือต้องปรับเปลี่ยนแผน หรือวิธีการดำเนินการอย่างไร เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งหลักการในการแสดงผลลัพธ์ให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และตัดสินใจ ใช้หลักการของ "LeTCI" พบว่า แนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นด้านการวิจัยจำนวนเงินทุนสนับสนุน มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเท่ากับ 49.3% และ 294.8% ในปี 2565 และ 2566 ตามลำดับ โครงการบริการวิชาการได้รับเงินทุนสนับสนุนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 30.7% ในปี 2566 ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นอาจมีปัจจัยหลายอย่างซึ่งสอดคล้องกับ ธัญญธร พัวพิทยาธร (2565) และ ปานทิพย์ ปูรณานนท์ (2559) ที่ต้องมีการศึกษาทั้งความรู้ความสามารถ ศักยภาพของบุคลากรในองค์กร ทัศนคติ และสภาพการณ์ในปัจจุบัน เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนเงินทุนวิจัยและโครงการบริการวิชาการ อย่างไรก็ตาม วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มีแนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นทั้งจำนวนเงินทุนวิจัย และการบริการวิชาการอย่างมีนัยสำคัญซึ่งแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งศักยภาพของบุคลากรด้านการวิจัย และแผนกลยุทธ์ด้านการวิจัยและบริการวิชาการที่สามารถตอบโจทย์สร้างตัวชี้วัดที่ชัดเจน

สรุปผลการศึกษา

แนวโน้มอัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนเงินทุนวิจัย และโครงการบริการวิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2564-2566 ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี (SGtech) จากผลการวิจัยพบว่า แนวโน้มการได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเท่ากับ 49.3% และ 294.8% ในปี 2565 และ 2566 ตามลำดับ โครงการบริการวิชาการได้รับเงินทุนสนับสนุนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 30.7% ในปี 2566 จะเห็นว่าการนำกลไกเพื่อการขับเคลื่อนการบริหารและการดำเนินงานขององค์กรโดยได้นำเครื่องมือการพัฒนาที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล ตามเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) มาใช้ในการพัฒนามีการกำหนดเป้าหมาย มีการผลักดันและสนับสนุนการดำเนินงานให้เกิดการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืน เป็นนวัตกรรมการศึกษาที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศและคุณภาพของคนเป็นสำคัญ ซึ่งการดำเนินงานจะประสบผลสำเร็จมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ความรู้ความเข้าใจของบุคลากร การมีส่วนร่วมและความพร้อมในการดำเนินงาน ดังนั้น ผู้วิจัยซึ่งเป็นบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเกณฑ์คุณภาพการศึกษา เพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (Education Criteria for Performance Excellence : EdPEx) โดยตรงจึงมีความสำคัญและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะ

การทำวิจัยสถาบันเป็นการนำผลของข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นหรืออัตราการลดลงของจำนวนเงินทุนด้านการวิจัยและบริการวิชาการ เพื่อการนำไปใช้เป็นข้อมูลของการพัฒนาคน หรือคณาจารย์และบุคลากรภายในองค์กร ที่จะทำเกิดประโยชน์และเกิดการนำผลการวิจัยไปใช้ให้ผลลัพธ์ S6 ตามเกณฑ์ EdPEx การหารายได้ผ่านการทำงานโครงการวิจัยและบริการวิชาการขนาดใหญ่ (Mega Project) มีแนวโน้มที่สูงขึ้นได้ การวิจัยสถาบันจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะสะท้อนให้เห็นภาพทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต เพื่อการวางแผนการพัฒนาต่อยอดขององค์กรต่อไป และควรทำอย่างต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี (SGtech) ที่สนับสนุนข้อมูลรายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEx ประจำปี 2564-2565 ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ธัญญธร พัวพิทยาธร. (2565). การศึกษาสภาพปัจจุบันในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศ (EdPEx) กรณีศึกษา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. *Mahidol R2R e-Journal, 9*(2), 95-107. https://doi.org/10.14456/jmu.2022.19

ปานทิพย์ ปูรณานนท์. (2559). ความรู้และทัศนคติเกี่ยวกับเกณฑ์คุณภาพการศึกษาเพื่อการดำเนินการที่เป็นเลิศของบุคลากรวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สระบุรี. *วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครราชสีมา, 22*(2), 111-123. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/Jolbcnm/article/view/75381/60753

วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2566). *รายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEx ประจำปีการศึกษา 2565.* พิษณุโลก : วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี.

วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2565). *รายงานการประเมินตนเอง Self-Assessment Report (SAR) ตามเกณฑ์ EdPEx ประจำปีการศึกษา 2564.* พิษณุโลก : วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี.

วิจิตรา นุชอยู่. (2563). แสดงอย่างไรให้เห็นผล (ลัพธ์) มารู้จักกับ "LeTCI". *KM งานจัดการความรู้ คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล.* https://www2.si.mahidol.ac.th/km/knowledgeassets/kmexperience/kmarticle/14659/

Comparison of Neural Network Models for Digital Image Colorization

Sunisa Duangtham[1] and Wansuree Massagram[1*]

[1]Department of Computer Science, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

Abstract

Colorization is the process of adding colors to grayscale or unclear images using an algorithm that can automatically convert grayscale images to colored images. Deep learning models are used to process and predict appropriate colors for each pixel of the image. The researchers aim to compare three neural network models for colorization to study which model is suitable for use with different types of images. The comparison is conducted using 1,200 artificially degraded images of size 256 × 256 pixels. The dataset consists of three different types of pictures: pets (dogs and cats), landscape, and human portrait, with 100 images for each type. Each image is then fed into the three colorization methods: 1) U-Net with conditional GAN, 2) neural networks with 8 convolutional layers, and 3) neural networks with 10 convolutional layers. The results were then evaluated using these three categories: 1) finding the average sum of RGB color difference between the original image and the colorized image, 2) scoring comparison, and 3) asking human opinion. The results of method 1 and 2 show that neural network with 10 convolutional layers model is the best for colorization of images of dogs and cats and humans, while U-Net and conditional GAN model is the best for landscape images. The results indicate that neural network with 10 convolutional layers is the best for colorization of all image types.

Keywords: Colorization, Neural network models, RGB, Image enhancement

Introduction

Humans use photographs to communicate information or express opinions about various subjects. Examples include photographing people, animals, landscapes, buildings, or other objects. Photography is widely used in communication and advertising through various mediums such as print media, television, or advertisements. Additionally, photography also captures and preserves art forms, culture, and history. Therefore, photography holds significance in the daily lives of humans, whether in the context of work, education, or personal memory preservation.

Digitalized old photographs refer to images that have been scanned or captured using a digital camera to convert the image or film into a digital file. These digital files are stored in formats such as JPEG or PNG, which can be accessed and viewed through computers or digital devices. They can be easily shared or used for various purposes. This allows old photographs to have an extended lifespan and provides convenient and easy access for those who wish to study or explore the history or culture of different places or communities.

The recording of digital images in computers is stored in an array format and displayed in a two-dimensional representation. The units of measurement are pixels. Each pixel contains numerical values representing the intensity of color ranging from 0 to 255. In grayscale images, each pixel carries a single numerical value representing the intensity of the color. In color images using the Red-Green-Blue (RGB) format, each pixel contains three numerical values representing the color intensities of red, green, and blue. By overlaying these three values, color mixing occurs, and the result is displayed on the computer screen. (Gonzalez & Woods, 2018)

Colorization is the process of adding colors to grayscale or unclear images using an algorithm that can automatically convert grayscale images to colored images. These algorithms utilize deep learning models to process and predict suitable colors for each pixel in the image. These models are trained using real-color images and corresponding colorized black and white images. Image colorization can enhance the realism and details in the images.

Image Colorization can be effectively utilized for old photographs or images with inaccurate color details to correct the color information, thereby making them useful for various purposes. Various AI platforms are commercially available for colorizations. AR Critic (2022) conducted a comparison of image colorization models from DeepAI.org, Cutout.pro, Pixbim Color Surprise AI, Photomyne.com, and MyHeritage.com (DeOldify), utilizing landscape and people images for this comparison. They employed personal judgment to determine which model achieved the most realistic colorizations. Imagecolorizer (2023) performed a comparative analysis of performance, focusing on the time taken and the size of the images produced by colorizing images using Imagecolorizer, Hotpot AI, and Vance AI. This analysis aimed to identify the most efficient model. However, they did not assess which model produced the most realistic colorizations. Photo Tech (2023) conducted an evaluation of the advantages and disadvantages of image colorization services provided by Pixbim Color Surprise AI, Palette.fm, Imagecolorizer, Hotpot AI, and Cutout.pro. Nonetheless, they did not compare which model produced colorizations that were closest to the original images.

This research compares different neural network models for image colorization to study the methods of colorizations and to determine which model produces the most realistic colorizations suitable for different types of images. The colorization techniques include: 1) a pre-trained U-Net with conditional GAN (Shariatnia, 2020) trained on a dataset of 8,000 images; 2) a pre-trained neural network with 8 convolutional layers (Zhang et al., 2016) trained on a dataset of 1.3 million images; and 3) a pre-trained neural network with 10 convolutional layers (Zhang et al., 2020) also trained on a dataset of 1.3 million images. These three models were chosen because they are opensource and can color images without limitations.

Materials and Methods

Table 1 Dataset

Model	Number of images		
	Dogs and cats	Landscape	People
Original	100	100	100
U-Net and conditional GAN	100	100	100
Neural Network with 8 Convolutional Layers	100	100	100
Neural Network with 10 Convolutional Layers	100	100	100

Image Dataset used for comparison

1. Dataset

To determine which colorizations has the best performance, the dataset for this study consists of 4 different sets of images as follows:

1) Degraded color images are 100 images of dogs and cats, 100 images of natural landscapes, 100 images of people, each with a size of 256x256 pixels. These images are degraded by converting them to grayscale before being processed by the three colorization models.

2) Images from 1) colorized using the U-Net and conditional GAN model.

3) Images from 1) colorized using a neural network with 8 convolutional layers.

4) Images from 1) colorized using a neural network with 10 convolutional layers.

Thus, the dataset size is 1,200 images in total as seen in Table 1. Figure 1. Shows the image colorization of each group of dataset.

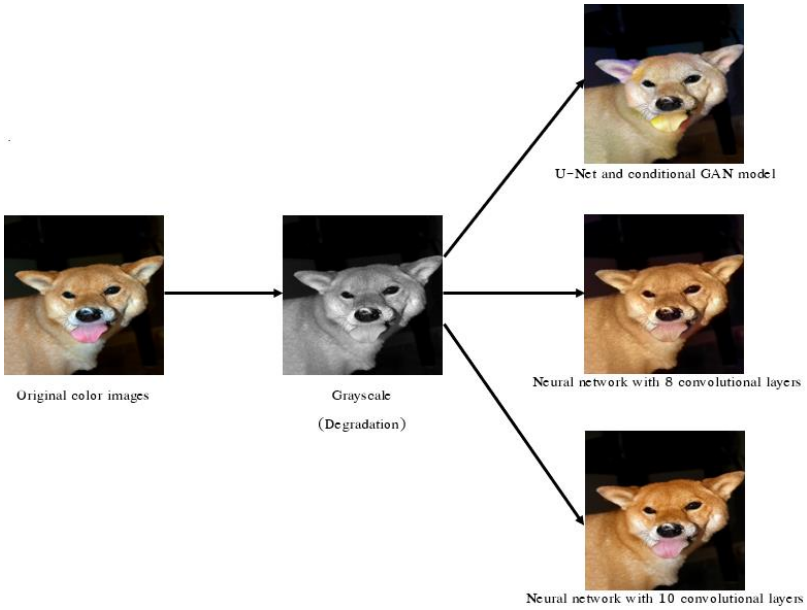


Figure 1 Image colorized process

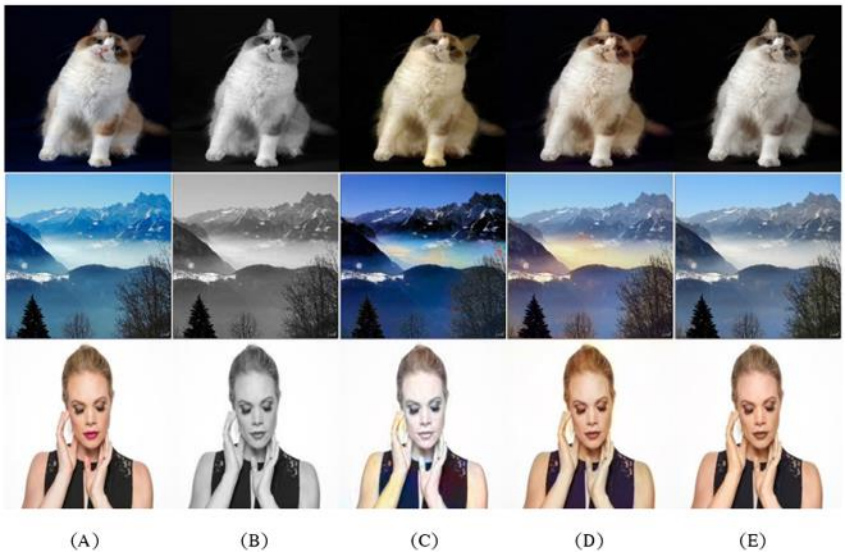


Figure 2 Example images from the dataset with column (A) original color images, (B) degraded images with grayscale, (C) images from U-Net and conditional GAN model, (D) images from neural network with 8 convolutional layers, and (E) images from neural network with 10 convolutional layers.

2. Comparison method

To compare and determine which model achieves the closest colorization resemblance to the original image, three methods are utilized as follows

1) Comparing by calculating the average sum of RGB color differences between the original and colorized images for all 100 images in each category. Then, the results can be examined to determine which model has the lowest average difference across the 100 images. A lower average difference indicates a better performance as it signifies a closer resemblance between the original and colorized images.

$$\text{sum of diff} = \frac{\sum_{m=1}^{\text{number of images}} \sum_{i=0}^{\text{number of rows}-1} \sum_{j=0}^{\text{number of columns}-1} \left(|B_o - B_M| + |G_o - G_M| + |R_o - R_M| \right)}{\text{number of images}}$$

2) Comparing the differences in RGB color values for each pixel between the original color image and the image colorized by each model, using a scoring-based comparative method. By calculating the sum of RGB color differences between the original and colorized images for each individual image, the obtained values from each model can be compared. The model with the lowest sum of color differences will be awarded 2 points, followed by 1 point, and 0 points for the remaining models in descending order.

$$\text{diff} = \sum_{i=0}^{\text{number of rows}-1} \sum_{j=0}^{\text{number of columns}-1} \left(|B_o - B_M| + |G_o - G_M| + |R_o - R_M| \right)$$

3) Comparing through the opinion-based comparison where participants are presented with sets of 5 images from each model. The participants, totaling 29 individuals, will be asked to indicate which model's image they believe most closely resembles the original image. The model that receives the highest number of selections will be considered the closest match to the original image.

Results

From images comparison the comparison results were obtained as follows table.

Table 2 Result from comparison method 1)

Model	Average sum of RGB color differences for all 100 images		
	Dogs and cats	Landscape	People
U-Net and conditional GAN	23,299,641.20	**19,477,610.13**	33,285,813.24
Neural Network with 8 Convolutional Layers	20,491,562.10	22,974,356.80	21,562,512.92
Neural Network with 10 Convolutional Layers	**19,665,730.01**	22,761,880.34	**21,250,591.31**

Result from comparing by calculating the average sum of RGB color differences between the original and colorized images for all 100 images in each category.

Table **3** Result from comparison method 2)

Model	Sum of points		
	Dogs and cats	**Landscape**	**People**
U-Net and conditional GAN	64	**150**	3
Neural Network with 8 Convolutional Layers	101	73	148
Neural Network with 10 Convolutional Layers	**135**	77	**149**

Result from comparing the differences in RGB color values for each pixel between the original color image and the image colorized by each model, using a scoring-based comparative method.

Table **4** Result from comparison method 3)

Model	Number of selections		
	Dogs and cats	**Landscape**	**People**
U-Net and conditional GAN	23	25	1
Neural Network with 8 Convolutional Layers	59	36	31
Neural Network with 10 Convolutional Layers	**63**	**84**	**113**

Result from comparing through the opinion-based comparison.

Discussion

According to the comparison of the average sum of RGB color differences, the results show that for the images of dogs and cats, the neural network with 10 convolutional layers model has the lowest average sum of differences among all 100 images. This indicates that the neural network with 10 convolutional layers model is the best for image transformation of dogs and cats, followed by the neural network with 8 convolutional layers model and then the U-Net and conditional GAN model. For the landscape images, the U-Net and conditional GAN model has the lowest average sum of differences among all 100 images. This suggests that the U-Net and conditional GAN model is the most suitable for transforming landscape images. The next effective models are the neural network with 10 convolutional layers and neural network with 8 convolutional layers models, respectively. Regarding the images of people, the neural network with 10 convolutional layers model has the lowest average sum of differences among all 100 images. This indicates that the neural network with 10 convolutional layers model is the most effective

for transforming images of people. The following effective models are the neural network with 8 convolutional layers model and then the U-Net and conditional GAN model, respectively.

Based on the scoring comparison of individual images, the results show that for images of dogs and cats, the neural network with 10 convolutional layers model receives the highest scores, indicating that the neural network with 10 convolutional layers model is the best for image transformation of dogs and cats. The next effective models are the neural network with 8 convolutional layers model and then the U-Net and conditional GAN model, respectively. For landscape images, the U-Net and conditional GAN model receives the highest scores, indicating that the U-Net and conditional GAN model is the best for transforming landscape images. The next effective models are the neural network with 10 convolutional layers and neural network with 8 convolutional layers models, respectively. For images of people, the neural network with 10 convolutional layers model receives the highest scores, indicating that the neural network with 10 convolutional layers model is the best for image transformation of people. The next effective models are the neural network with 8 convolutional layers model and then the U-Net and conditional GAN model, respectively, which have similar scores.

According to the results of the opinion-based comparison, the conclusion is that for images of dogs and cats, natural landscape images, and images of people, the neural network with 10 convolutional layers model has the highest frequency of being chosen as the most similar to the original image. This indicates that the neural network with 10 convolutional layers model is the best for image transformation in each category. Following that is the neural network with 8 convolutional layers model and the U-Net and conditional GAN model, respectively.

The three comparison methods used in this research differ from the comparison methods used by AR Critic, Imagecolorizer, and Photo Tech. Specifically, the research employs RGB color value differences between the original and colorized images for comparisons, as seen in U-Net and CNN with 8 layers. Additionally, it uses opinion-based surveys, as in Method 3, to determine which model produces colorizations most similar to the original images for each type of image. Unlike Imagecolorizer, there is no performance comparison, and unlike Photo Tech, there is no comparison of the pros and cons of the model.

Conclusions

In conclusion, both the comparison of the average sum of RGB color differences and the scoring comparison of individual images lead to the same conclusion. However, the survey-based comparison yields different results compared to other methods.

Based on the comparison of image colorization models, the neural network with 10 convolutional layers model emerges as the most effective for transforming images of dogs, cats, and people, according to the results obtained from all three methods. Additionally, the U-Net and conditional GAN model proves to be the most effective for transforming landscape images, as per comparison methods 1 and 2, while the neural network with 10 convolutional layers model takes the lead for landscape image transformation according to comparison method 3.

Suggestion

The method of comparing image colorization models can be applied to other models or different category of images.

Acknowledgements

This research study has been successfully concluded with great accomplishment. This is attributed to the invaluable guidance provided by Associate Professor Dr.Sutasinee Jitanan in devising the methodology for comparing the models. We also would like to express my heartfelt appreciation to all the respondents who participated in the survey, as well as to the creators of the three models that served as the benchmarks for comparison in this study.

Reference

AR Critic. (2022, May 8). *Best AI Image Colorizer Comparison - Converting Old or B&W Photos to Color* [Video]. YouTube. https://youtu.be/5O6eW46PqZ8?si=KjzYEztEW3j_gKfR

Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing*. Pearson Education Limited.

Imagecolorizer. (2023, April 13). *Case Study: Which AI Image Colorizer Performs Best?*. Imagecolorizer Blog. https://imagecolorizer.com/blog/which-ai-image-colorizer-performs-best/

Photo Tech. (2023, November 23). *Top 5 Best AI Colorizer Picks from Rigorous Testing | Tried and Tested Results*. Medium. https://medium.com/@phototech/ai-colorizers-17e10ce696d6

Shariatnia, M. (2020, November 19). *Colorizing black & white images with U-Net and conditional GAN — A Tutorial*. Medium. https://towardsdatascience.com/colorizing-black-white-images-with-u-net-and-conditional-gan-a-tutorial-81b2df111cd8

Zhang, R. Isola, P. & Efros, A. A. (2016, October 5). *Colorful Image Colorization [Paper Presentation]*. Computer Vision-ECCV 2016: 14th European Conference, Amsterdam, Netherlands.

Zhang, R., Isola, P., & Efros, A. A. (2020, September 11). *Colorization*. GitHub. https://github.com/richzhang/colorization

Study of Biomass-Based Materials for Supercapacitor Applications

Monton Poowiangkaew[1*], Jedsada Sodtipinta[2], Surangkana Wannapopand[1]

and Asanee Somdee[1]

[1]Faculty of science, Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology North Bangkok Rayong Campus, Rayong, 21120

[2]Department of Applied Science, Faculty of Interdisciplinary Studies, Khon Kaen University Nong Khai Campus, Nong Khai, 43000

*Corresponding author. E-mail: monton0503@gmail.com

Abstract

Global warming is one of the crucial issues that need to be addressed at present. The use of biomass materials as carbon electrodes is an interesting alternative for the development of supercapacitors, which contribute to reducing the use of energy produced from greenhouse gas emission sources. This research focuses on carbon electrodes made from (i) para rubber seed shell, (ii) palmyra palm shell, (iii) pineapple leaf fibers, (iv) and betel nut, respectively. The study was conducted using a pyrolysis process under a N2 gas and anneal at 900°C for 4 hours. The resulting carbon was then ground into a fine powder and used to fabricate carbon electrode samples using the sol-gel process. The surface morphological structure was analyzed using a scanning electron microscope (SEM), and the structure of all carbon materials was analyzed using the X-ray diffraction (XRD) technique. The specific capacitance of each carbon electrode set (one set per sample) was measured using cyclic voltammetry in a 1 M KOH solution at a scan rate of 5 mV s^{-1}, with three measurement cycles per sample. The average specific capacitance values were found to be most suitable for para rubber seed shell 353.53 F g^{-1}, palmyra palm shell 309.31 F g^{-1}, pineapple leaf fibers 108.56 F g^{-1}, and betel nut 87.76 F g^{-1}, respectively. These results demonstrate the potential for developing supercapacitor technology from biomass materials to create a sustainable and environmentally friendly energy storage materials and supercapacitor, alternatively.

Keywords: biomass, supercapacitors, carbon electrodes, specific capacitance

Introduction

The increasing demand for sustainable and efficient energy storage devices has led to extensive research on supercapacitors, which are known for their high-power density, rapid charge-discharge capability, and long cycle life (Zhang et al., 2009; Wang et al., 2017; Zhou et al., 2021). Activated carbon is widely used as an electrode material in supercapacitors due to its high surface area, excellent electrical conductivity, and stability (Zhu et al., 2011; Yan et al., 2014; Deng et al., 2020). In recent years, biomass-derived Activated carbon has gained significant attention as a sustainable and low-cost alternative to conventional activated carbon precursors (Gao et al., 2020; Sevilla et al., 2014; Inal et al., 2015).

Numerous studies have investigated the potential of various biomass precursors for activated carbon production, including agricultural waste, fruit peels, nut shells, and leaves (Tong-Xin et al., 2015; Song et al., 2019; Zhang et al., 2020). Wood-based biomass, such as sawdust and wood chips, has been widely explored for activated carbon synthesis (Wang et al., 2016). Agricultural waste, such as rice husk and corn stover, has also been used to prepare high-performance activated carbon electrodes (Wenming et al., 2014; Jiacheng et al., 2015).

Despite the significant progress in the development of biomass-derived activated carbon electrodes for supercapacitors, several challenges, and knowledge gaps still need to be addressed. These include the need for a systematic understanding of the relationship between biomass precursor characteristics, activation conditions, and the resulting activated carbon properties (Shao et al., 2018; Zhang et al., 2019), as well as the need to improve the long-term stability and rate capability of biomass-derived activated carbon electrodes to meet the demands of practical applications (Li et al., 2020; Salanne et al., 2016).

The four biomass materials studied in this research contain varying amounts of lignin, cellulose, and phenolic compounds. When subjected to the pyrolysis process under an appropriate N2 gas atmosphere and suitable conditions, these materials yield carbon materials with physical and electrochemical properties that are well-suited for use as electrode materials in supercapacitors. The resulting carbon materials possess high specific surface area, high porosity, appropriate pore size distribution, good pore connectivity on the surface, and high structural stability. These characteristics contribute to their excellent electrochemical performance, such as high specific capacitance, fast electrical conductivity and charge transfer, and long-term durability (Deng et al., 2020; Taer et al., 2018; Bonino et al., 2005).

In summary, using biomass-derived activated carbon as electrode materials for supercapacitors has shown great promise in electrochemical performance, sustainability, and cost-effectiveness. However, further research is needed to optimize the activated carbon synthesis process and elucidate the structure-property relationships to fully realize the potential of these materials in high-performance supercapacitors.

Materials and Methods

Materials

Biomass materials include (i) para rubber seed shell, (ii) palmyra palm shell, (iii) pineapple leaf fibers, and (iv) betel nut, which were studied in this work, which were obtained from Rayong province.

Synthesis

The initial steps in preparing the sample involve drying and pre-carbonization at a temperature of 250°C for 2.5 hours (Taer et al., 2018). Subsequently, the resulting material is ground into a carbon powder and undergoes a pyrolysis process in a horizontal tube furnace under a flow of N2 gas at 50 mL/min with a heating rate of 10°C/min at a temperature of 900°C for 4 hours.

Characterization

The surface morphology was analyzed using scanning electron microscopy (SEM), and the structural morphology of the carbon materials was analyzed using X-ray diffraction (XRD) techniques. The electrochemical properties were investigated by the potentiostat at various modes, e.g., the cyclic voltammetry.

Electrode Fabrication for Electrochemical Study

The carbon powder from the biomass materials was subjected to a sol-gel process with a ratio of carbon powder from biomass materials: carbon black : binder of 8:1:1, using N-Methyl-2-pyrrolidone (NMP) as the solvent in the mixture. The resulting gel was then coated on a nickel foam with a surface area of 1 x 2 cm to create a carbon electrode. The electrode was then dried in a vacuum oven at 75°C for 24 hours.

The electrochemical properties of the electrodes made from (i) para rubber seed shell, (ii) palmyra palm shell, (iii) pineapple leaf fibers, and (iv) betel nut were studied using a 3-electrode method. The material electrode was set as the working electrode, a platinum wire was used as the reference electrode, and Ag/AgCl was also used as a reference electrode. The electrolyte solution used for testing the electrochemical properties was 1M KOH.

The specific capacitance of each carbon electrode set (one set per sample) was measured using cyclic voltammetry in a 1 M KOH solution at a scan rate of 5 mV s^{-1}, with three measurement cycles per sample. The average specific capacitance values.

Results

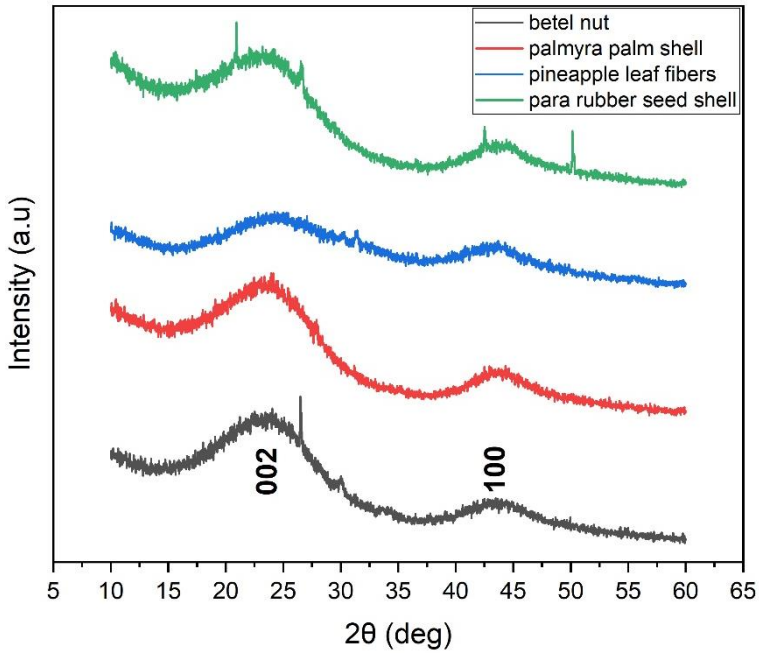


Figure 1 XRD patterns of para rubber seed shell, palmyra palm shell, pineapple leaf fibers, and betel nut.

Figure 1 shows the X-ray diffraction characterization of the para rubber seed shell, palmyra palm shell, pineapple leaf fibers, and betel nut electrodes. The curve shows a diffraction pattern with scattering angle 2θ in the range of 10°-60°. In addition, the X-ray diffraction patterns revealed the presence of two broadening peaks at 24° corresponding to the plane (002). Also, the 44° corresponds to the scattering plane (100), known as an amorphous characteristic (Bonino et al., 2005; Senthilkumar et al., 2011; Zhang et al., 2009). However, the metal impurities instigated other sharp peaks for the complete electrodes (Qu et al., 2002).

Figure 2 shows the surface morphology of all activated carbon derived from para rubber seed shell, palmyra palm shell, pineapple leaf fibers, and betel nut originating from the Rayong province. The SEM images showed the roughness and the porous of the surface in different forms. In Fig. 2a, the SEM image the para rubber seed shell illustrated the rod like, where the estimated size of the particle was around 293 – 583 nanometers. In Fig. 2b,

the palmyra palm shell showed the nanoplate morphology. Fig. 2c showed the pineapple leaf fibers derived nanocarbon, and Fig. 2d depicted the betel nut nanocarbon.

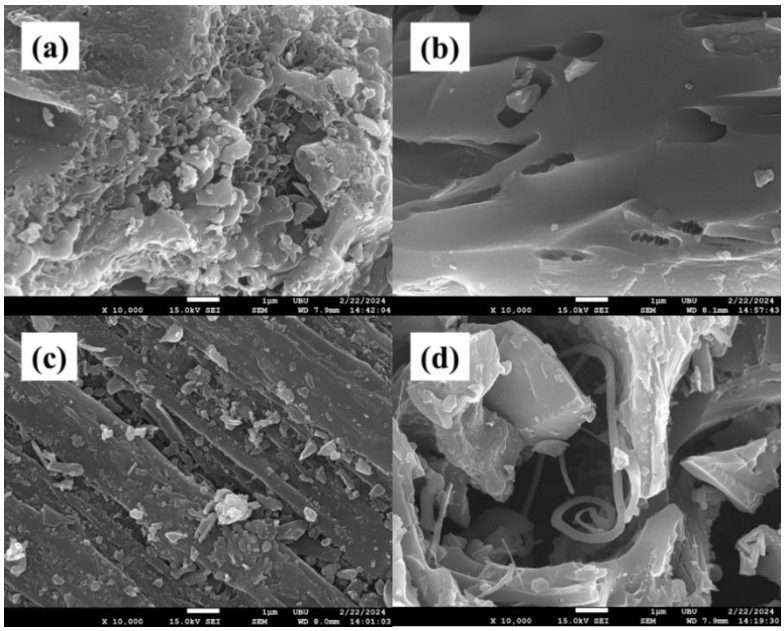


Figure 2 SEM image of (a) para rubber seed shell (b) palmyra palm shell (c) pineapple leaf fibers (d) betel nut.

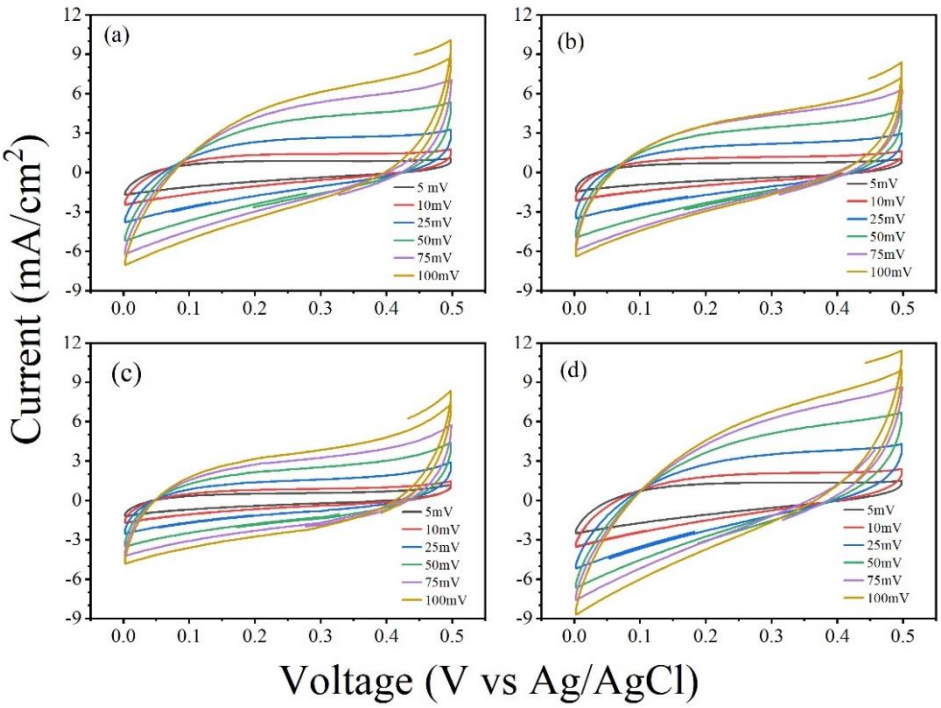


Figure 3 CV curve of the samples (a) the specific capacitance vs. potential, and (b) the specific capacitance vs. scan rate at different scan rates.

Figure 3 shows all CV curves of all samples. In this experiment, all specimens were controlled by surface area and the weight of the loaded sample into the Ni foam. The area of coated was fixed into a 1 cm^2. The CV curve was obtained from the tree electrode method, where the sample was set as the working electrode, Pt wire was set as the counter electrode, and Ag/AgCl was set as the reference electrode. The 1 M KOH was applied as an electrolyte. In the preliminary results, all samples were inspected only from 0 to 0.5 V (vs. Ag/AgCl), and this value did not create a bubble of gas. The other higher values of applied charge and discharging may be studied in further work.

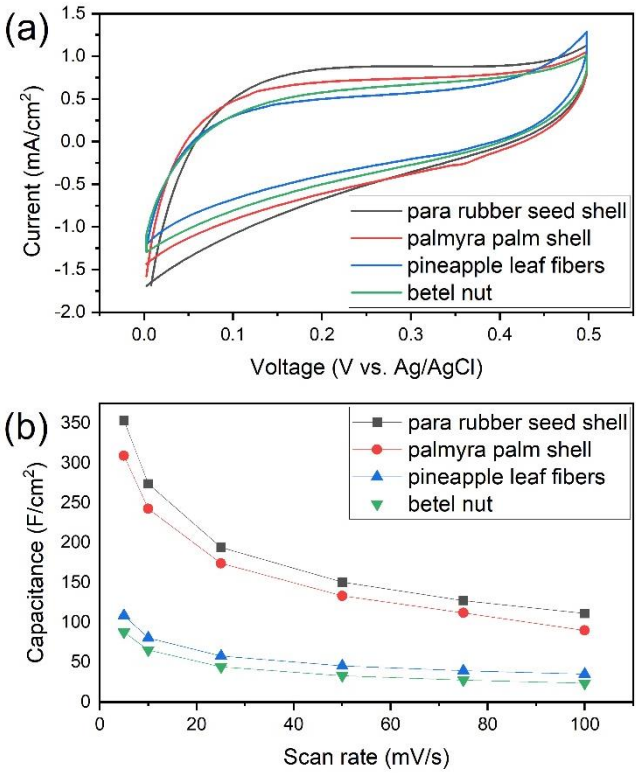


Figure 4 Comparison of the CV curve of the samples (a) the specific capacitance vs. potential, and (b) the specific capacitance at 5 mV s^{-1} scan rate.

The CV curves of the samples are presented in Figure 4. All CV curves (Figure 3a) exhibit a rectangular shape, characteristic of activated carbon electrodes derived from biomass (González et al., 2016). Among the samples, the para rubber seed shell demonstrates the largest area of the CV curves, with a specific capacitance of 353.53 F g^{-1}, and is thus considered to possess the most suitable electrical capacitance. In comparison, the other electrodes exhibit lower specific capacitances of 309.31 F g^{-1}, 108.56 F g^{-1}, and 87.76 F g^{-1} for the palmyra palm shell, pineapple leaf fibers, and betel nut samples, respectively. Figure 4 (b) shows the specific

capacitance versus variation of the scan rate. The specific capacitance of the sample decreases with increasing scan rate. This is because the ions have less time to diffuse into the pores of the carbon electrode. Conversely, using a low scan rate allows more time for the ions to completely diffuse into the pores of the carbon electrode (Farma et al., 2013).

Table 1 Comparison of the capacitive properties of biomass-based carbon materials

Electrode materials	Capacitance ($F\ g^{-1}$)	Ref.
Pineapple leaf fibers	131	Sodtipinta et al., (2017)
Pineapple crown waste	150	Taer et al., (2019)
Tea leaves	330	Peng et al., (2013)
Eucalyptus leaves	213	Jain et al., (2020)
Hardwood lignin	165	Yun et al., (2019)
Banana stem	170	Taer et al., (2018)
Coconut husk	184	Taer et al., (2018)
Phoenix tree leaves	367	Ma et al., (2017)
Para rubber seed shell	353.53	This work
Palmyra palm shell	309.31	This work
Pineapple leaf fibers	108.56	This work
Betel nut	87.76	This work

As shown in Table 1, shows the comparison between specific capacitance ($F\ g^{-1}$), energy densityelectrodes with biomass-based carbon materials. The electrodes present a great potential application on supercapacitor devices as a result of suitable capacitive properties.

Table 2 Summarization of specific capacitance of para rubber seed shell, palmyra palm shell, pineapple leaf fibers, and betel nut at scan rate 5 mV s^{-1}

Electrode materials	Capacitance (F g^{-1})
Para rubber seed shell	353.53
Palmyra palm shell	309.31
Pineapple leaf fibers	108.56
Betel nut	87.76

As shown in Table 2, the highest specific capacitance was in the para rubber seed shell, 353.53 F g^{-1}, compared to the specific capacitance values of all.

Discussion

This study demonstrates the utilization of local agricultural waste biomass as electrode materials for supercapacitors. The materials exhibit an amorphous crystalline structure with abundant pores (Zhang et al., 2009; Bonino et al., 2005), corresponding to their distinct surface morphologies. Compared to other studies, the specific capacitance values obtained are higher than those of many biomass materials (Taer et al., 2018; Sodtipinta et al., 2017). However, to further enhance the electrode performance, investigating factors influencing the development of porous structure and specific surface area is necessary (Shao et al., 2018; Zhang et al., 2019).

Conclusions

In this research, it was found that the electrical properties of the carbon electrode with the most suitable specific capacitance were as follows: para rubber seed shell 353.53 F g^{-1}, palmyra palm shell 309.31 F g^{-1}, pineapple leaf fibers 108.56 F g^{-1}, and betel nut 87.76 F g^{-1} respectively. These results demonstrate the potential for developing supercapacitor technology from biomass materials to create sustainable and environmentally friendly alternatives. These materials will be further improved to obtain a higher specific capacitance in future research.

Suggestion

For future research, various chemical activators such as KOH, NaOH, etc. can be employed along with different pyrolysis temperatures, types of gases used, and processing times to determine the factors that influence pore size and surface area for enhancing the performance of supercapacitor electrodes made from biomass materials.

References

Zhang, L. L., & Zhao, X. S. (2009). Carbon-based materials as supercapacitor electrodes. *Chemical Society Reviews*, *38*(9), 2520-2531. https://doi.org/10.1039/B813846J

Wang, J., Nie, P., Ding, B., Dong, S., Hao, X., Dou, H., & Zhang, X. (2017). Biomass derived carbon for energy storage devices. *Journal of Materials Chemistry A*, *5*(6), 2411-2428. https://doi.org/10.1039/C6TA08742F

Zhou, J., Zhang, S., Zhou, Ya., Tang, W., Yang, J., Peng, C., & Guo, Z. (2021). Biomass-Derived Carbon Materials for High-Performance Supercapacitors: Current Status and Perspective. *Electrochemical Energy Reviews. Rev. 4*, 219-248. https://doi.org/10.1007/s41918-020-00090-3

Zhu, Y., Murali, S., Stoller, M. D., Ganesh, K. J., Cai, W., Ferreira, P. J., Pirkle, A., Wallace, R. M., Cychosz, K. A., Thommes, M., Su, D., Stach, E. A., & Ruoff, R. S. (2011). Carbon-based supercapacitors produced by activation of graphene. *Science*, *332*(6037), 1537-1541. https://doi.org/10.1126/science.1200770

Yan, J., Wang, Q., Wei, T., & Fan, Z. (2014). Recent advances in design and fabrication of electrochemical supercapacitors with high energy densities. *Advanced Energy Materials*, *4*(4), 1300816. https://doi.org/10.1002/aenm.201300816

Deng, J., Xiong, T., Wang, H., Zheng, A., & Wang, Y. (2020). Effects of hydrothermal carbonization conditions on the formation of hydrochars and their application in wastewater treatment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *127*, 109874. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109874

Gao, Z., Zhang, Y., Song, N., & Li, X. (2020). Biomass-derived porous carbon materials for supercapacitors: A review. *Materials Research Letters*, *8*(5), 175-186. https://doi.org/10.1080/21663831.2020.1734433

Sevilla, M., & Mokaya, R. (2014). Energy storage applications of activated carbons: Supercapacitors and hydrogen storage. *Energy & Environmental Science*, 7(4), 1250-1280. https://doi.org/10.1039/C3EE43525C

Inal, I. I. G., Holmes, S. M., Banford, A., & Aktas, Z. (2015). The performance of supercapacitor electrodes developed from chemically activated carbon produced from waste tea. *Applied Surface Science*, *357*, 696-703. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.09.067

Tong-Xin, S., Ru-Quan, Ren., Yue-Mei, Z., & Xiao-Juan, J. (2015). Oxygen- and nitrogen-co-doped activated carbon from waste particleboard for potential application in high-performance capacitance. *Electrochimica Acta*, *163*, 32-40. https://doi.org/10.1016/j.electacta.2015.02.147

Song, Y., Shulan, W., Xuan, L., & Li, L. (2019). Biomass derived interconnected hierarchical micro-meso-macro- porous carbon with ultrahigh capacitance for supercapacitors. *Carbon*, *147*, 540-549. https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.03.023

Zhang, Z., Liu, Y., Zhang, L., Li, R., Wang, S., & Zhang, H. (2020). Hierarchically porous carbon nanofibers derived from metal-organic framework self-template for high performance supercapacitors. *Journal of Alloys and Compounds*, *822*, 153668. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.153668

Wang, K., Zhao, N., Lei, S., Yan, R., Tian, X., Wang, J., Song, Y., Xu, D., Guo, Q., & Liu, L. (2016). Promising biomass-based activated carbons derived from willow catkins for high performance supercapacitors. *Electrochimica Acta*, *166*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.electacta.2015.03.048

Wenming, H., Eva, B., Malte, L., & Niklas, H. (2014). Activated Carbons for Water Treatment Prepared by Phosphoric Acid Activation of Hydrothermally Treated Beer Waste. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *53*(40), 15389-15397. https://doi.org/10.1021/ie5004569

Jiacheng, W., & Qian, L. (2015). Fungi-derived hierarchically porous carbons for high-performance supercapacitors. *RSC Advances*, *5*, 4396-4403. https://doi.org/10.1039/C4RA13358G

Shao, Y., El-Kady, M. F., Sun, J., Li, Y., Zhang, Q., Zhu, M., Wang, H., Dunn, B., & Kaner, R. B. (2018). Design and mechanisms of asymmetric supercapacitors. *Chemical Reviews*, *118*(18), 9233-9280. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00252

Zhang, Y., Liu, X., Wang, S., Li, L., & Dou, S. (2019). Bio-nanotechnology in high-performance supercapacitors. *Advanced Energy Materials*, *9*(14), 1803563. https://doi.org/10.1002/aenm.201803563

Li, Z., Liang, Y., Yang, Z., Li, X., Hu, Y., Mai, Y., Li, W., Wang, Y., Li, Y., & Yao, H. (2020). Optimized porous biomass carbon derived from corn straw for high-performance supercapacitors. *Journal of Materials Chemistry A*, *8*(48), 25101-25119. https://doi.org/10.1039/D0TA08494J

Salanne, M., Rotenberg, B., Naoi, K., Kaneko, K., Taberna, P. L., Grey, C. P., Dunn, B., & Simon, P. (2016). Efficient storage mechanisms for building better supercapacitors. *Nature Energy*, *1*(6), 16070. https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.70

Taer, E., Afrianda, A., Taslim, R., Krisman, Minarni, Agustino, A., Apriwandi, A., & Malik, U. (2018). The physical and electrochemical properties of activated carbon electrode made from Terminalia Catappa leaf (TCL) for supercapacitor cell application. *Journal of Physics: Conference Series*, *1120*, 012007. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1120/1/012007

Bonino, F., Brutti, S., Reale, P., Scrosati, B., Gherghel, L., Wu, J., & Müllen, K. (2005). A disordered carbon as a novel anode material in lithium-ion cells. *Advanced Materials*, *17*(6), 743-746. https://doi.org/10.1002/adma.200401006

Senthilkumar, S. T., Senthilkumar, B., Balaji, S., Sanjeeviraja, C., & Selvan, R. K. (2011). Preparation of activated carbon from sorghum pith and its structural and electrochemical properties. *Materials Research Bulletin*, *46*(3), 413-419. https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2010.12.002

Zhang, G. Q., & Zhang, S. T. (2009). Characterization and electrochemical applications of a carbon with high density of surface functional groups produced from beer yeast. *Journal of Solid State Electrochemistry*, *13*(6), 887-893. https://doi.org/10.1007/s10008-008-0623-2

Qu, D. (2002). Studies of the activated carbons used in double-layer supercapacitors. *Journal of Power Sources*, *109*(2), 403-411. https://doi.org/10.1016/S0378-7753(02)00108-8

González, A., Goikolea, E., Barrena, J. A., & Mysyk, R. (2016). Review on supercapacitors: Technologies and materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *58*, 1189-1206. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.249

Farma, R., Deraman, M., Awitdrus, A., Talib, I. A., Taer, E., Basri, N. H., Manjunatha, J. G., Ishak, M. M., Dollah, B. N. M., & Hashmi, S. A. (2013). Preparation of highly porous binderless activated carbon electrodes from fibres of oil palm empty fruit bunches for application in supercapacitors. *Bioresource Technology*, *132*, 254-261. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.044

Sodtipinta, J., Amornsakchai, T., & Pakawatpanurut, P. (2017). Nanoporous carbon derived from agro-waste pineapple leaves for supercapacitor electrode. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, *8*(3), 1-10. https://doi.org/10.1088/2043-6254/aa7a6f

Taer, E., Apriwandi, A., Ningsih, Y. S., Taslim, R., & Agustino. (2019). Preparation of activated carbon electrode from pineapple crown waste for supercapacitor application. *International Journal of Electrochemical Science*, *14*(3), 2462-2475. https://doi.org/10.20964/2019.03.17

Peng, C., Yan, X. B., Wang, R. T., Lang, J. W., Ou, Y. J., & Xue, Q. J. (2013). Promising activated carbons derived from waste tea-leaves and their application in high performance supercapacitors electrodes. *Electrochimica Acta*, *87*, 401-408. https://doi.org/10.1016/j.electacta.2012.09.082

Jain, D., Kanungo, J., & Tripathi, S. K. (2020). Enhancement in performance of supercapacitor using eucalyptus leaves derived activated carbon electrode with CH3COONa and HQ electrolytes: A step towards environment benign supercapacitor. *Journal of Alloys and Compounds*, *832*, 154956. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.154956

Yun, S. I., Kim, S. H., Kim, D. W., Kim, Y. A., & Kim, B. H. (2019). Facile preparation and capacitive properties of low-cost carbon nanofibers with ZnO derived from lignin and pitch as supercapacitor electrodes. *Carbon*, *149*, 637-645. https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.04.105

Taer, E., Taslim, R., Mustika, W. S., Kurniasih, B., Agustino, Afrianda, A., & Apriwandi. (2018). Production of an activated carbon from a banana stem and its application as electrode materials for supercapacitors. *International Journal of Electrochemical Science*, *13*(9), 8428-8439. https://doi.org/10.20964/2018.09.55

Taer, E., Taslim, R., Putri, A. W., Apriwandi, A., & Agustino, A. (2018). Activated carbon electrode made from coconut husk waste for supercapacitor application. *International Journal of Electrochemical Science*, *13*(12), 12072-12084. https://doi.org/10.20964/2018.12.19

Ma, H., Liu, Z., Wang, X., Zhang, C., & Jiang, R. (2017). Supercapacitive performance of porous carbon materials derived from tree leaves. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, *9*(4), 044105-1-044105-8. https://doi.org/10.1063/1.4997019

การประยุกต์ใช้สารเปลี่ยนสถานะร่วมกับหลังคาชนิด UPVC เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนของอาคาร

เดชาพล เขียวแก้ว[1] และ อรรถกร ทองทา[1*]

Utilizing Phase Change Materials with UPVC Roofs to Reduce Heat Transmission into Building

Dachaphon Kealkaew[1] and Atthakorn Thongtha[1*]

[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[*]Corresponding author email: atthakornt@nu.ac.th

บทคัดย่อ

ศึกษาการประยุกต์ใช้สารเปลี่ยนสถานะร่วมกับหลังคาชนิด UPVC เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร สารเปลี่ยนสถานะจะทำหน้าที่เป็นวัสดุที่สามารถกักเก็บพลังงานสูงด้วยการดูดซับและคายพลังงานความร้อน ระหว่างการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว หรือจากของเหลวเป็นของแข็ง ณ อุณหภูมิจุดหลอมเหลว และจุดแข็งตัว โดยจะทำการศึกษาชนิดและตำแหน่งการติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะที่เหมาะสมสำหรับประยุกต์ใช้งานร่วมกับหลังคา UPVC ซึ่งจะมีการทดสอบและเปรียบเทียบลักษณะทางความร้อนของสารเปลี่ยนสถานะที่จุดหลอมเหลวแตกต่างกัน 2 ชนิด คือ PCM1 (55°C) และ PCM2 (45°C) ในออกแบบห้องทดสอบขนาด กว้าง × ยาว × สูง เท่ากับ 60 cm × 60 cm × 60 cm ซึ่งมีเงื่อนไขทดสอบทั้งหมด 4 เงื่อนไข คือ 1. หลังคา UPVC ไม่ติดสารเปลี่ยนสถานะ 2. ติดสารเปลี่ยนสถานะใต้หลังคา UPVC 3. ติดสารเปลี่ยนสถานะระหว่างหลังคา UPVC กับแผ่นฝ้าเพดาน 4. ติดสารเปลี่ยนสถานะบนแผ่นฝ้าเพดาน ซึ่งในการทดสอบจะควบคุมความร้อนจากเครื่องกำเนิดความร้อนที่อุณหภูมิ 40°C 50°C และ 60°C เป็นระยะเวลา 240 นาที พบว่า การติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะใต้หลังคา UPVC ลดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบได้มากสุด ร้อยละ 3.2 3.5 และ 3.6 เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาชนิด UPVC ที่ไม่มีการติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะ ที่มีการควบคุมความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนที่ 40°C 50°C และ 60°C

คำสำคัญ: หลังคา UPVC การถ่ายความร้อน สารเปลี่ยนสถานะ (PCM) การลดภาระการทำความเย็น

Abstract

The application of UPVC roof integrating with phase change materials (PCMs) was studied to reduce heat transmission into the building frame. A phase change material (PCM) functions as a high-energy storage medium by absorbing and releasing thermal energy during the transition between solid and liquid states at specific melting and freezing points. This study will investigate the appropriate type and installation location of PCMs for use with UPVC roofs. The thermal characteristics of two PCMs with different melting points, PCM1 (55°C) and PCM2 (45°C), will be tested and compared. The testing model with a dimension of 60 cm x 60 cm x 60 cm was designed to test the thermal transmission in each condition which was such as 1) UPVC roof without PCM 2) PCM layer underneath the UPVC roof surface 3) PCM layer between UPVC roof and gypsum layer 4) PCM layer above gypsum layer. All samples were tested and constantly controlled at the temperatures of 40°C, 50°C, and 60°C for 240 min. It was found that the installation of PCM position underneath the UPVC roof surface can decrease the maximum interior space temperature of the model up to approximately 3.2%, 3.5%, and 3.6% when compared with the UPVC roof without PCM at the controlled temperatures of 40°C, 50°C, and 60°C, respectively.

Keywords: UPVC Roof, Heat transmission, Phase Change Materials (PCM), Cooling load

บทนำ

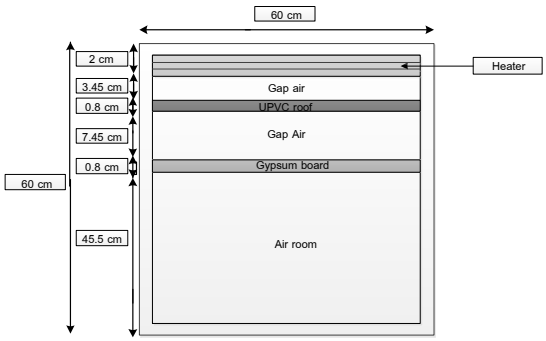
ประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตรและมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ได้รับความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยสูงตลอดทั้งปี ส่งผลทำให้ความร้อนสะสมบริเวณหลังคา เนื่องจากได้รับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน ทำให้ภายในอาคารจะมีการสะสมอุณหภูมิความร้อนถึง 43°C Thongtha et al., (2014) ทำให้เกิดสภาวะความไม่สะดวกสบายเชิงความร้อนแก่ผู้อยู่อาศัยภายในอาคารเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้อยู่อาศัยมีความต้องการใช้พลังงานอย่างมากในการระบายความร้อนโดยใช้พัดลม และเครื่องปรับอากาศเพื่อทำให้เกิดสภาวะความสบายเชิงความร้อน การลดความต้องการใช้พลังงานภายในอาคารจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมาก วิธีหนึ่งที่นิยม คือ การเลือกใช้วัสดุฉนวนความร้อนมาเป็นหลังคาของอาคาร เพื่อลดการส่งผ่านความร้อนผ่านหลังคาและทำให้ลดการสะสมความร้อนภายในบ้านได้ นอกจากนี้มีการประยุกต์ใช้สารเปลี่ยนสถานะ (PCM) ร่วมกับฉนวนความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการลดการส่งผ่านความร้อนผ่านกรอบอาคาร ซึ่งสารเปลี่ยนสถานะ (PCM) Kanjanaporn (2023) กล่าวว่า เป็นวัสดุที่สามารถกักเก็บพลังงานได้สูงด้วยการดูดซับและคายพลังงานความร้อนออกมา ระหว่างที่เกิดการเปลี่ยนสถานะสารจากของแข็งกลายเป็นของเหลวหรือการเปลี่ยนจากของเหลวเป็นของแข็งเมื่ออุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลง (Akeiber et al., 2016; Du et al., 2018; Huang et al., 2017) และสารเปลี่ยนสถานะจะทำงานในการดูดซับความร้อนในเวลากลางวันและคายความร้อนในเวลากลางคืน เมื่อนำสารเปลี่ยนสถานะมาประยุกต์ใช้งานกับวัสดุฉนวนจะช่วยทำให้ลดการส่งผ่านความร้อนได้ดี

(สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547) นอกจากนี้ Mano et al. (2024) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนด้วยการใช้สารเปลี่ยนสถานะที่มีการเติมแกรไฟต์ในส่วนของหลังคาเพื่อลดความต้องการระบายความร้อนของอาคาร เมื่อเติมแกรไฟต์ในสารเปลี่ยนสถานะร้อยละ 10 โดยน้ำหนักบริเวณใต้หลังคาจะสามารถลดอุณหภูมิห้องในช่วงสูงสุดของวันได้ถึง 1°C คิดเป็นร้อยละ 3.33 ที่อุณหภูมิ 45°C เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาที่ไม่ติดสารเปลี่ยนสถานะที่เติมแกรไฟต์ ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล และ อมตะ ทัศนภักดิ์ (2557) แต่เมื่อนำไปประยุกต์ร่วมกับสารเปลี่ยนสถานะก็จะทำให้ดูดซับได้เร็วมากขึ้น (ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล และ อมตะ ทัศนภักดิ์, 2557) นอกจากนี้ปัจจุบันหลังคาชนิด UPVC เป็นวัสดุหลังคาที่ผลิตจาก UPVC (Unplasticized Polyvinyl Chloride) ได้รับความนิยมอย่างมาก โดยมีการเพิ่มสารเพิ่มความขาวและมีคุณสมบัติสะท้อนรังสี UV จากแสงอาทิตย์ และ complex stabilizer ที่มีสมบัติในการคงทนต่อสภาพอากาศต่าง ๆ ทำให้ช่วยลดการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคารได้สูงอย่างดี เนื่องจากมีสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี รวมทั้งมีความสวยงามให้แก่อาคาร และมีความคงทนต่อการใช้งานในสภาพแวดล้อมจริง (Polyroof Erika, 2023; Thai Plastwood, 2023) เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพหลังคา การประยุกต์ใช้สารเปลี่ยนสถานะจึงเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อประยุกต์ใช้งานร่วมกับหลังคาวัสดุ UPVC

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำสารเปลี่ยนสถานะมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับหลังคา UPVC เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องทดสอบ โดยจะมีการศึกษาชนิดและตำแหน่งการติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะสำหรับประยุกต์ใช้งานร่วมกับหลังคา UPVC รวมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนของกับวัสดุหลังคาเชิงพาณิชย์ด้วย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ออกแบบห้องทดลองขนาด 60 cm × 60 cm × 60 cm โดยภายในห้องทดสอบมีการหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนชนิด PE ทั้ง 5 ด้าน และมีการประยุกต์เข้ากับสารเปลี่ยนสถานะ (PCM) ที่จุดหลอมเหลวต่างกัน 2 ชนิด คือ PCM1 (55°C) และ PCM2 (45°C) และควบคุมอุณหภูมิโดยเครื่องกำเนิดความร้อนอุณหภูมิที่ 40°C 50°C และ 60°C ดังรูปที่ 1



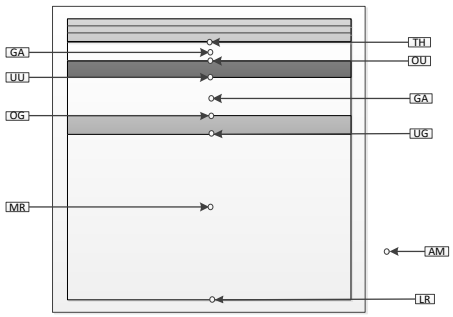
รูปที่ 1 ขนาดของห้องทดสอบจำลอง ขนาด 60 cm x 60 cm x 60 cm

ออกแบบเงื่อนไขการทดลองทั้งหมด 4 เงื่อนไข คือ 1. หลังคา UPVC ที่ไม่มีการติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะ 2. หลังคา UPVC ที่ติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะบริเวณใต้หลังคา UPVC 3. หลังคา UPVC ที่ติดสารเปลี่ยนสถานะบริเวณระหว่างหลังคา UPVC กับแผ่นฝ้าเพดาน 4. หลังคา UPVC ที่ติดสารเปลี่ยนสถานะบนแผ่นฝ้าเพดาน ดังรูปที่ 2 โดยทั้ง 4 เงื่อนไขมีการทดสอบอย่างละ 3 อุณหภูมิ คือ 40°C 50°C และ 60°C รวมทั้งหมด 12 เงื่อนไข หลังจากนั้นเลือกตำแหน่งของการติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะที่เหมาะสม เพื่อนำสารเปลี่ยนสถานะ 2 ชนิด คือ PCM1 (55°C) และ PCM2 (45°C) มาเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องว่าสารเปลี่ยนสถานะชนิดไหนที่ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องทดลองมีค่าต่ำที่สุด

(a) (b) (c) (d)

รูปที่ 2 เงื่อนไขการทดลอง 4 ตำแหน่ง คือ (a) หลังคา UPVC ไม่ติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะ (b) ติดสารเปลี่ยนสถานะใต้หลังคา UPVC (c) ติดสารเปลี่ยนสถานะระหว่างหลังคา UPVC กับแผ่นฝ้าเพดาน (d) ติดสารเปลี่ยนสถานะบนแผ่นฝ้าเพดาน

จากนั้นติดตั้งตำแหน่งบันทึกผลของอุณหภูมิทั้งหมด 10 ตำแหน่ง โดยสายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K โดยมี 10 ตำแหน่งในการบันทึกผลของอุณหภูมิ ดังนี้ 1.ใต้ Heater (TH) 2. Gap air (GA) 3. บนแผ่นหลังคา UPVC (OU) 4. ใต้แผ่นหลังคา UPVC (UU) 5. Gap air (GA) 6. บนแผ่นฝ้าเพดาน (OG) 7. ใต้แผ่นฝ้าเพดาน (UG) 8. กลางห้องทดสอบ (MR) 9. ล่างห้องทดสอบ (LR) 10. Ambient (AM) โดยมีการบันทึกผลการทดลองทุก ๆ 1 นาที เป็นระยะเวลา 240 นาที ดังรูปที่ 3

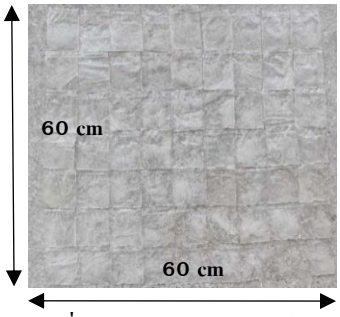


รูปที่ 3 ตำแหน่งในการบันทึกอุณหภูมิ 10 ตำแหน่ง โดยสายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K

(TH = ใต้ Heater, GA = ช่องว่างระหว่างอากาศ, OU = บนหลังคา UPVC, UU = ล่างหลังคา UPVC, GA = ช่องว่างระหว่างอากาศ, OG = บนแผ่นฝ้าเพดาน, UG = ใต้แผ่นฝ้าเพดาน, MR = กลางห้อง, LR = ล่างห้อง, AM = สภาวะแวดล้อม)

การเตรียมชิ้นงานในการทดลอง

1. บรรจุสารเปลี่ยนสถานะ PCM ที่จุดหลอมเหลวต่างกัน คือ PCM1 (55°C) และ PCM2 (45°C) ลงในถุง Polyethylene ที่มีขนาด 7 cm × 10 cm จำนวน 60 ถุง โดยควบคุมความหนาของ PCM แต่ละถุงมีขนาด 0.7 mm และนำถุง Polyethylene มาจัดวาง ให้มีขนาดความกว้าง 60 cm และยาว 60 cm ดังรูปที่ 4 เพื่อนำไปติดตั้งตามเงื่อนไขของการทดสอบในแต่ละตำแหน่งโดยจะใช้ปริมาณของสารเปลี่ยนสถานะเช่นเดียวกันทุกเงื่อนไขเพื่อนำไปติดตั้งกับห้องทดสอบจำลอง



รูปที่ 4 สารเปลี่ยนสถานะที่นำมาจัดวางขนาดความกว้าง 60 cm และยาว 60 cm

2. เตรียมห้องทดสอบขนาดกว้าง × ยาว × สูง ขนาด 60 cm × 60 cm ×60 cm โดยมีการควบคุมอุณหภูมิความร้อนด้วยเครื่องกำเนิดความร้อน โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 40°C 50°C และ 60°C โดยใช้ระยะเวลา 240 นาที

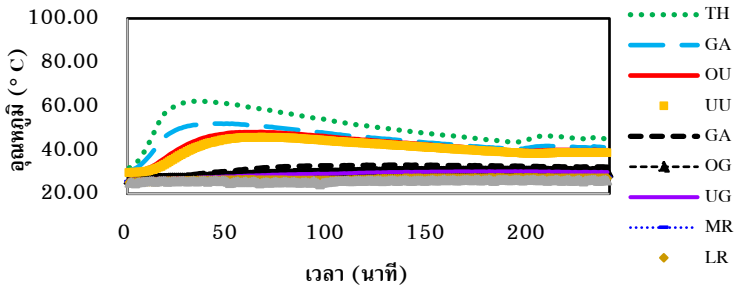
3. ใช้หลังคาชนิด UPVC ขนาด 60 cm โดยติดตั้งบริเวณเครื่องกำเนิดความร้อนและฝ้าเพดาน และติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะ (PCM) 3 ตำแหน่ง คือ 1. ใต้หลังคา UPVC 2. ระหว่างหลังคา UPVC กับฝ้าเพดาน 3. บนแผ่นฝ้าเพดาน

ผลการศึกษา

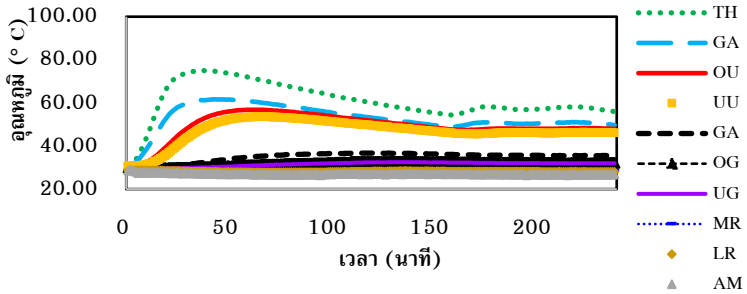
ผลการทดสอบอุณหภูมิของเงื่อนไขการทดลอง

จากผลการทดสอบของเงื่อนไขการทดลองทั้ง 4 เงื่อนไข คือ 1. หลังคา UPVC ที่ไม่มีการติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะ 2. ติดสารเปลี่ยนสถานะบริเวณใต้หลังคา UPVC 3. ติดสารเปลี่ยนสถานะระหว่างหลังคา UPVC กับแผ่นฝ้าเดาน 4. ติดสารเปลี่ยนสถานะบนแผ่นฝ้าเพดาน โดยมีตำแหน่งในการบันทึกอุณหภูมิทั้งหมด 10 ตำแหน่ง คือ 1. ใต้ Heater (TH) 2. ระหว่างช่องอากาศ (GA) 3. บนหลังคา UPVC (OU) 4. ใต้หลังคา UPVC (UU) 5. ระหว่างช่องอากาศ (GA) 6. บนแผ่นฝ้าเพดาน (OG) 7. ใต้แผ่นฝ้าเพดาน (UG) 8. กลางห้อง (MR) 9. ล่างห้อง (LR) 10. สภาวะแวดล้อม (AM) โดยควบคุมอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อน 40°C ดังรูปที่ 5a) เป็นระยะเวลา 240 นาที โดยบันทึกค่าอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที พบว่า เงื่อนไขของการติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะใต้หลังคา UPVC จะเห็นว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลังคา UPVC ที่ติดสารเปลี่ยนสถานะสามารถต้านทานความร้อนได้ดี โดยใช้ระยะเวลาคงที่เท่ากับ 90 นาที โดยพิจารณาจากตำแหน่งของอุณหภูมิที่ตำแหน่ง OU (บนหลังคา UPVC) MR (อุณหภูมิกลางห้อง)

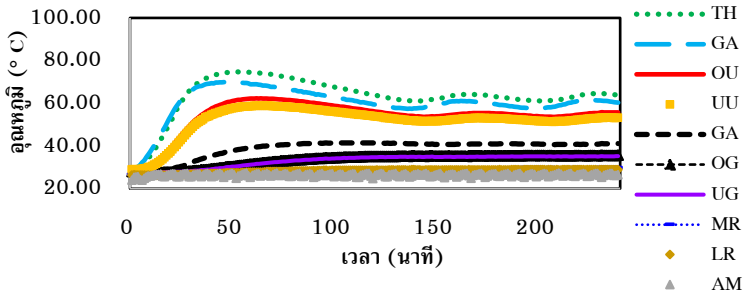
LR (อุณหภูมิล่างห้อง) และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นในเงื่อนไขอุณหภูมิ 50°C และ 60°C ดังรูป 5b), 5c) จะมีลักษณะแนวโน้มเดียวกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาที่ไม่ติดสารเปลี่ยนสถานะจะพบว่า หลังคาที่ไม่ติดสารเปลี่ยนสถานะอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและใช้เวลาน้อยกว่าเงื่อนไขที่ติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะใต้หลังคา UPVC ดังรูป 5d), 5e), 5f) แสดงให้เห็นว่าหลังคาที่ไม่ติดสารเปลี่ยนสถานะไม่สามารถต้านทานความร้อนได้ดี ในสภาวะควบคุมอุณหภูมิที่ 40°C 50°C และ 60°C



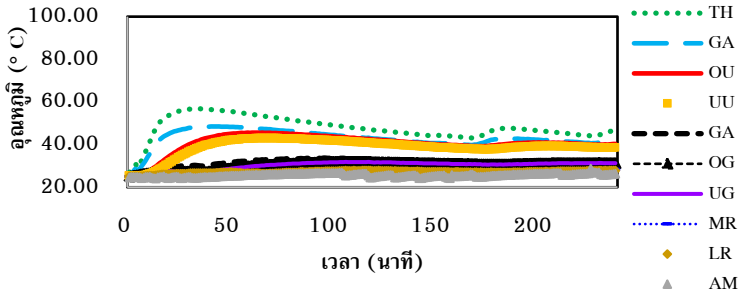
5a)



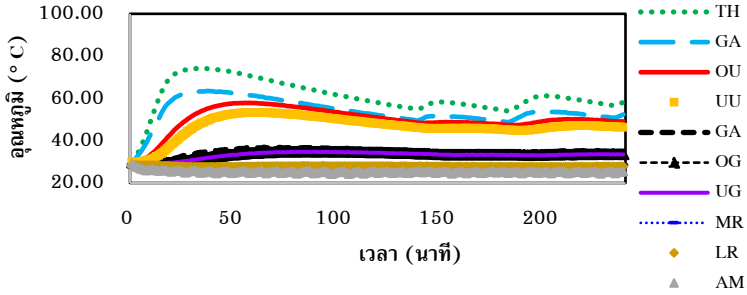
5b)



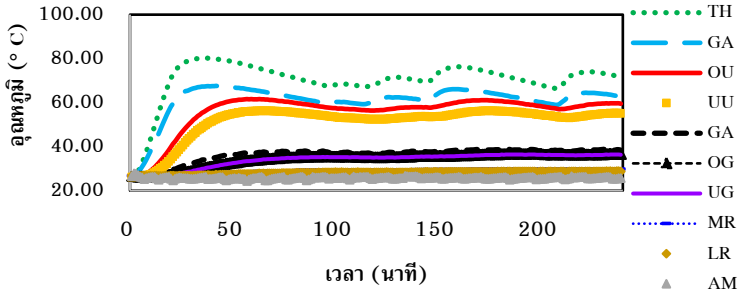
5c)



5d)



5e)



5f)

รูปที่ 5 a), b), c) กราฟค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิทุกตำแหน่งที่ติดสารเปลี่ยนสถานะใต้หลังคา UPVC ณ อุณหภูมิควบคุมที่ 40°C 50°C และ 60°C

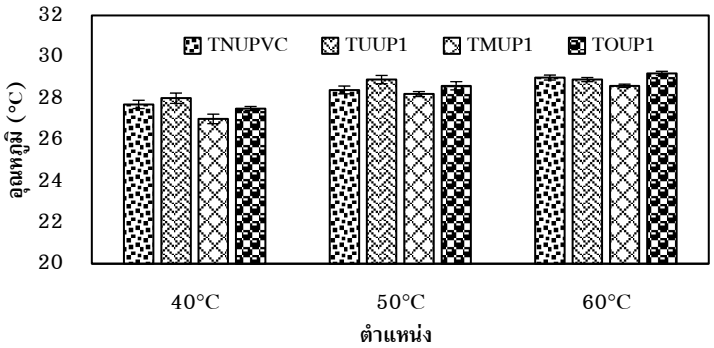
d), e), f) กราฟค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิทุกตำแหน่งที่ไม่ติดสารเปลี่ยนสถานะกับหลังคา UPVC ณ อุณหภูมิควบคุม อุณหภูมิควบคุมที่ 40°C 50°C และ 60°C

การเปรียบเทียบเงื่อนไขการทดสอบทั้ง 4 เงื่อนไข คือ

1. เปรียบเทียบตำแหน่งของสารเปลี่ยนสถานะ

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบเงื่อนไขการทดลอง 4 เงื่อนไข พบว่า ติดสารเปลี่ยนสถานะบริเวณใต้หลังคา UPVC สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องทดลองได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเงื่อนไขอื่น ๆ เมื่อมีการควบคุม

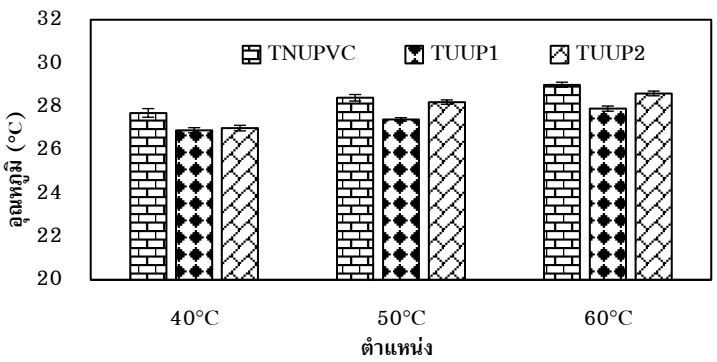
อุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อนที่ 40°C 50°C และ 60°C พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.9°C 27.4°C 27.9°C เมื่อเปรียบเทียบกับเงื่อนไขที่ไม่ติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะ พบว่า สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบคิดเป็นร้อยละ 3.2 3.5 3.6 แสดงให้เห็นว่าเงื่อนไขที่ติดสารเปลี่ยนสถานะบริเวณใต้หลังคา UPVC เป็นตำแหน่งที่ดีที่สุด เพราะเป็นตำแหน่งที่ความร้อนผ่านหลังคาแล้วถูกสารเปลี่ยนสถานะใต้หลังคาช่วยกักเก็บความร้อนได้มากขึ้น จึงส่งผลทำให้การส่งผ่านความร้อนของหลังคามีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ต่ำ จึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องทดสอบมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำสุดกว่าเงื่อนไขอื่น ๆ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 อุณหภูมิห้องทดสอบที่มีและไม่มีการติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 40°C 50°C และ 60°C โดย (TNUPVC = หลังคา UPVC ไม่ติดสารเปลี่ยนสถานะ, TUUP1 = ติด PCM1 ใต้หลังคา UPVC, TMUP1 = ติด PCM1 ระหว่างหลังคา UPVC กับแผ่นฝ้าเพาดาน, TOUP1 = ติด PCM1 บนแผ่นฝ้าเพาดาน)

2. เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องทดสอบของสารเปลี่ยนสถานะต่างชนิด

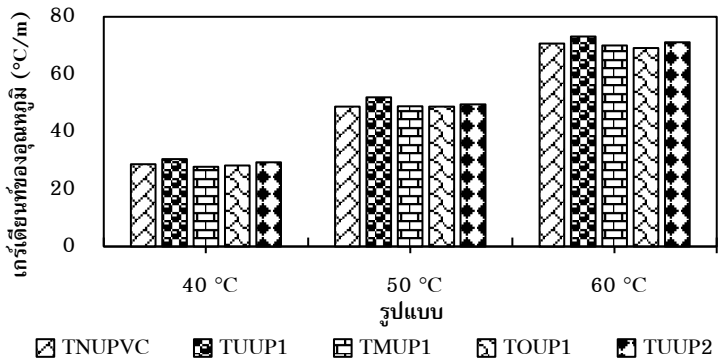
จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบเงื่อนไขการทดลองเมื่อเปรียบเทียบสารเปลี่ยนสถานะ 2 ชนิดที่มีจุดหลอมเหลวแตกต่างกัน คือ 1. PCM1 และ 2. PCM2 ณ ตำแหน่ง TUUP1 (ติด PCM1 บริเวณใต้หลังคา UPVC) พบว่า PCM1 สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบที่อุณหภูมิควบคุมจากแหล่งกำเนิดความร้อนที่ 40°C 50°C และ 60°C มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเท่ากับ 26.9°C 27.4°C และ 27.9°C และมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในห้องทดสอบต่ำกว่า PCM2 จะเห็นว่าสามารถลดอุณหภูมิได้ถึงร้อยละ 2.5 2.8 และ 2.4 เมื่อเปรียบเทียบกับสารเปลี่ยนสถานะ PCM2 จะเห็นว่า PCM1 55°C จะสามารถช่วยกักเก็บความร้อนในช่วงของจุดหลอมเหลวอุณหภูมิที่ 55°C ได้มากที่สุด และมีการใช้เวลาในการคายความร้อนได้ช้ากว่า PCM2 และส่งผลให้สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องได้มากที่สุด จึงทำให้ PCM1 ดีกว่า PCM2 แต่เมื่อมีการนำไปเปรียบเทียบกับหลังคาที่ไม่มีการติดสารเปลี่ยนสถานะจะพบว่า อุณหภูมิภายในห้องทดสอบสูงกว่าการติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะ ซึ่งเมื่อมีการประยุกต์ใช้สารเปลี่ยนสถานะจุดหลอมเหลวที่ PCM1 (55°C) และ PCM2 (45°C) จะช่วยกักเก็บพลังงานความร้อนได้ดีและส่งผลต่อห้องทดสอบที่มีค่าอุณหภูมิภายในห้องลดลงด้วย ดังรูปที่ 7



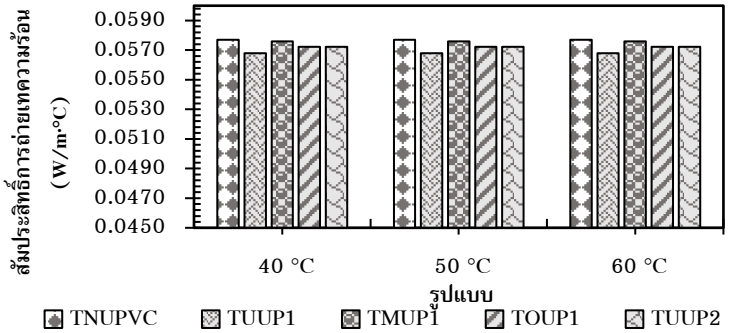
รูปที่ 7 อุณหภูมิห้องทดสอบที่มีการติดตั้งของสารเปลี่ยนสถานะที่แตกต่างกัน โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 40°C 50°C และ 60°C (TNUPVC = หลังคา UPVC ไม่ติดสารเปลี่ยนสถานะ, TUUP1 = ติด PCM1 ใต้หลังคา UPVC, TUUP2 = ติด PCM2 ใต้หลังคา UPVC)

3. เปรียบเทียบค่าการวิเคราะห์ทางความร้อน

จากผลการเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์ทางความร้อนของสารเปลี่ยนสถานะ 2 ชนิด คือ PCM1 และ PCM2 ณ ตำแหน่งเดียวกันและเงื่อนไขการทดสอบอื่น ๆ พบว่า เงื่อนไข TUUP1 ควบคุมอุณหภูมิในช่วงของ 40°C 50°C และ 60°C มีค่าเกรเดียนของอุณหภูมิสูงกว่าเงื่อนไขอื่น ๆ โดยมีค่าเท่ากับ 30.4°C/m 52.0°C/m 73.1°C/m ดังรูปที่ 8 โดยค่าเกรเดียนที่มีค่าสูงแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการส่งผ่านความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องได้มากขึ้น รวมทั้งทำให้เห็นว่าหลังคา UPVC สามารถต้านทานความร้อนที่มาจากภายนอกและส่งความร้อนเข้าสู่ภายในห้องทดลองได้ดี จึงเหมาะเป็นทางเลือกในการประยุกต์ใช้งานร่วมกับอาคารได้ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) เท่ากับ 0.0568 W/m·°C ดังรูปที่ 9 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเงื่อนไขอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่าเงื่อนไข TUUP1 เป็นเงื่อนไขที่ดีที่สุดแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพทางความร้อนที่ดีกว่าเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเงื่อนไขการทดลองอื่น ๆ รวมทั้งเงื่อนไข TUUP2 และเหมาะในการนำไปประยุกต์ใช้งานกับหลังคาเพื่อลดอุณหภูมิของอาคารและส่งผลต่อการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ



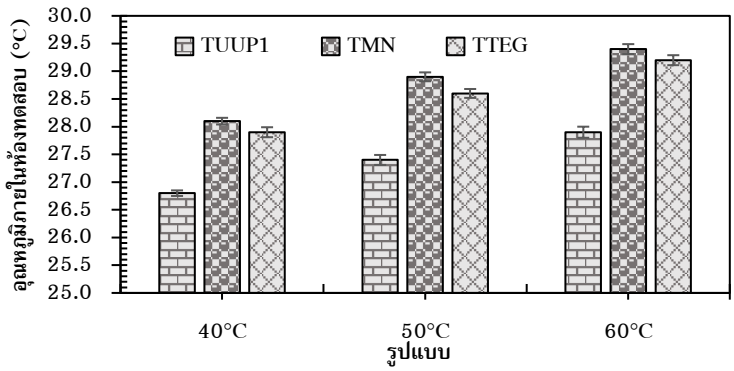
รูปที่ 8 การเปรียบเทียบเกรเดียนของอุณหภูมิของเงื่อนไขทดสอบต่างกัน โดยควบคุมอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อนที่ 40°C 50°C และ 60°C (TNUPVC = หลังคา UPVC ไม่ติดสารเปลี่ยนสถานะ, TUUP1 = ติด PCM1 ใต้หลังคา UPVC, TMUP1 = ติด PCM1 ระหว่างหลังคา UPVC กับแผ่นฝ้าเพาดาน, TOUP1 = ติด PCM1 บนแผ่นฝ้าเพาดาน, TUUP2 = ติด PCM2 ใต้หลังคา UPVC)



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในเงื่อนไขทดสอบต่างกันโดยควบคุมอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อนที่ 40°C 50°C และ 60°C

4. เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องกับวัสดุหลังคาเชิงพาณิชย์

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องทดสอบของเงื่อนไขการทดสอบที่ดีที่สุดกับวัสดุเชิงพาณิชย์ พบว่า เงื่อนไขหลังคา UPVC ที่ติดสารเปลี่ยนสถานะ PCM1 ใต้หลังคาชนิด UPVC มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ต่ำกว่าวัสดุเชิงพาณิชย์ คือ หลังคาเมทัลชีทและหลังคากระเบื้องลอนคู่ หลังคาที่ติดสารเปลี่ยนสถานะใต้หลังคา UPVC มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ควบคุมจากแหล่งกำเนิดความร้อน 40°C 50°C และ 60°C มีค่าของอุณหภูมิเท่ากับ 26.8°C 27.4°C 27.9°C โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำกว่าถึงร้อยละ 4-6 เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุหลังคาเชิงพาณิชย์ทั้ง 2 ชนิด ดังรูปที่ 10 จะเห็นว่าเมื่อมีการประยุกต์ใช้หลังคาชนิด UPVC ร่วมกับสารเปลี่ยนสถานะจะสามารถลดอุณหภูมิภายในห้องได้ดีกว่าหลังคาในเชิงพาณิชย์และช่วยลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องทดสอบกับวัสดุเชิงพาณิชย์ โดยควบคุมอุณหภูมิจากแหล่งกำเนิดความร้อน 40°C 50°C และ 60°C โดย (TUUP1 = ติด PCM1 ใต้หลังคา UPVC, TMN = หลังคาเมทัลชีทที่ไม่ติด PCM, TTEG = หลังคากระเบื้องลอนคู่ที่ไม่ติด PCM)

อภิปรายผลการศึกษา

จากการทดลองเรื่องการประยุกต์ใช้สารเปลี่ยนสถานะร่วมกับหลังคา UPVC สามารถลดการส่งผ่านความร้อนที่ผ่านมาบริเวณหลังคา จะพบว่า การติดสารเปลี่ยนสถานะ PCM1 บริเวณใต้หลังคา UPVC สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบได้มากที่สุดและเป็นตำแหน่งที่เหมาะสม รวมทั้งเมื่อวิเคราะห์ค่าเกรเดียนของอุณหภูมิสูงสุด พบว่า เงื่อนไข TUUP1 (ติดตั้ง PCM1 (55°C) ใต้หลังคา UPVC) มีค่าของอุณหภูมิสูงที่สุด โดย Ozisik (1985) กล่าวว่าเมื่อค่าเกรเดียนมีค่าสูงแสดงให้เห็นความสามารถในการต้านทานความร้อนที่ผ่านเข้ามาจากภายนอกห้องเข้าสู่ภายในห้องได้มากขึ้น และเมื่อวัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ต่ำจะทำให้เห็นถึงการส่งผ่านความร้อนผ่านวัสดุได้น้อย ซึ่งทำให้เห็นถึงข้อดีที่วัสดุประเภทหลังคา คือ หลังคา UPVC ที่ประยุกต์กับสารเปลี่ยนสถานะสามารถช่วยในการต้านทานความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาบริเวณอาคารและกรอบอาคาร ซึ่งสอดคล้องกับหลักการและทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

สรุปผลการศึกษา

การประยุกต์ใช้สารเปลี่ยนสถานะร่วมกับหลังคา UPVC สามารถลดการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคารได้ การติดสารเปลี่ยนสถานะ PCM1 บริเวณใต้หลังคา UPVC สามารถลดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบได้มากที่สุด คือ 26.9°C 27.4°C 27.9°C เมื่อควบคุมความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อน 40°C 50°C และ 60°C และลดอุณหภูมิได้ถึงร้อยละ 3.2 3.5 และ 3.6 เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคา UPVC ที่ไม่มีการติดตั้งสารเปลี่ยนสถานะ ค่าเกรเดียนของอุณหภูมิสูงสุดพบที่เงื่อนไขที่มีการติดตั้ง PCM1 (55°C) ใต้หลังคา UPVC แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการต้านทานความร้อนที่ผ่านเข้ามาจากภายนอกห้องเข้าสู่ภายในห้อง ส่งผลทำให้ช่วยลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ดังนั้นจึงเหมาะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับหลังคาบ้านเรือนได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการทุนสำหรับพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (ทุน พสวท.) และ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่อำนวยความสะดวกในการทำปฏิบัติการทดลองและเก็บผลการทดลองในการทำงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

ชลธิศ เอี่ยมวรวุฒิกุล และอมตะ ทัศนภักดิ์. (2557). อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะที่เหมาะสมสำหรับการใช้สารเปลี่ยนสถานะในโครงสร้างผนังเพื่อการเพิ่มมวลความร้อน. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 (ENETT07).* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล.

Thai Plastwood. (2566). *คุณสมบัติของหลังคา UPVC.* Thai Plastwood. https://thaiplastwood.com/%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%84%E0%B8%B2-upvc/

สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2547). วัสดุก่อสร้าง, ฉนวนความร้อน และที่อยู่อาศัย – การอนุรักษ์พลังงาน, *แนวทางเลือกวัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่ออนุรักษ์พลังงาน.* (น. 927). กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

Akeiber, H., Nejat, P., Majid, M. Z. A., Wahid, MA., Jomehzadeh, F., Famileh, IZ., Calautit, JK., Hughes, BR., & Zaki, SA., (2016). A review on phase change material (PCM) for sustainable passive cooling in building envelopes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 60,* 1470–1497. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.036

Du, K., Calautit, J., Wang, Z., Wu, Y., & Liu, H., (2018). A review of the applications of phase change materials in cooling, heating and power generation in different temperature ranges. *Applied Energy, 220,* 242–273. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.005

Huang, X., Alva, G., Jia, Y., & Fang, G., (2017). Morphological characterization and applications of phase change materials in thermal energy storage: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72,* 128–145. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.048

Kanjanaporn, W. (2023). *Phase change materials (PCMs).* Medium. https://medium.com/@wanwisa.ka/phase-change-materials-pcms-84ce19059035

Mano, C., Fazlizan, A., & Thongtha, A. (2024). Enhancing Thermal Efficiency through the Use of Graphite-Infused Phase Change Materials in Roof Structures to Reduce Building Cooling Demand. *Buildings 2024, 14*(1), 68. https://doi.org/10.3390/buildings14010068

Ozisik, M. N. (1985). *Heat transfer a basic approach.* (1st Edition). https://archive.org/details/heattransferbasi00ozis/page/n807/mode/2up

Polyroof Erika. (2023). *UPVC Roofing Sheets – Advantages and Disadvantages. Sepid Fam Varna Group.* Linkedin. https://www.linkedin.com/pulse/upvc-roofing-sheets-advantages-disadvantages-polyroof-erika

Thongtha, A., Maneewan, S., Punlek, C., Ungkoon, Y. (2014). Investigation of the compressive strength, time lags and decrement factors of AAC-lightweight concrete containing sugar sediment waste. *Energy and Buildings*, *84*, 516-525. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.08.026.

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสำโรงโดยใช้วิธีการตรึงตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดของแข็ง

น้ำฝน เบ้าทองคำ[1], ธิราวรรณ แย้มมี[1], ศศินา จันครา[1], ศศิภา ตั้งคติธรรม[1], ณัฐริกา สุยะตุ่น[1],

นิพนธ์ มากน้อย[1], จตุรงค์ สุภาพพร้อม[1] และ อนุสรณ์ วรสิงห์[1,2]*

Biodiesel Production from Pinari Oil via Solid Support Catalyst

Namfon Baothongkam[1], Thirawan Yeammee[1], Sasina Jankra[1], Sasipa tangkhatitham[1],

Nuttarika suyaton[1], Niphon maknoi [1], Chaturong Suparpprom[1] and Anusorn Vorasingha[1,2]*

[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านนวัตกรรมและเทคโนโลยีการตรวจและวัสดุขั้นสูง มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Center of Excellence for Innovation and Technology for Detection and Advanced Materials (ITDAM), Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

การพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ในกระบวนการผลิตไบโอเอสเทอร์หรือไบโอดีเซล โดยผ่านปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้น้ำมันสำโรง (Sterculia foetida L.) เป็นสารตั้งต้น โดยนำมาทำปฏิกิริยากับเมทานอล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดของแข็งกรด ซึ่งในปฏิกิริยานี้จะใช้อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทิลแอลกอฮอล์เป็น 1 ต่อ 15 และใช้อุณหภูมิทำปฏิกิริยาที่ 80 องศาเซลเซียส โดยตัวเร่งที่ใช้เตรียมมาจากเยื่อใผ่ที่ผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชันเป็นเวลาต่าง ๆกัน และที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสเวลาต่าง ๆ กัน (1, 5, 9, 12 และ 15 ชั่วโมง) จากนั้นนำตัวเร่งที่ผ่านการเผาด้วยความร้อนสูง มาผ่านกระบวนการซัลโฟเนชั่นที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยจากการทดลองพบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดกรดที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสที่เวลา 9 ชั่วโมง พบว่า มีความเข้มข้นของกรดสูงมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่น สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไบโอเอสเทอร์ด้วยเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (NMR) และเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรสโกปี (FTIR) โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้สามารถนำมาใช้ซ้ำได้มากกว่า 4 ครั้ง โดยจะพบว่า ปริมาณของไบโอเอสเทอร์ที่ได้จะลดลงเล็กน้อย การใช้น้ำมันจากสำโรงผ่านกระบวนการผลิตเป็นไบโอดีเซลด้วยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่พัฒนาขึ้นในการทดลองนี้จะให้เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตทำให้ได้คุณภาพไบโอดีเซลที่สะอาดเนื่องมาจากการใช้ตัวเร่งวิวิธพันธ์แบบของแข็ง ซึ่งจะไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับสารผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: ไบโอดีเซล ไบโอเอสเทอร์ ทรานเอสเทอร์ริฟิเคชั่น ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ น้ำมันสำโรง

Abstract

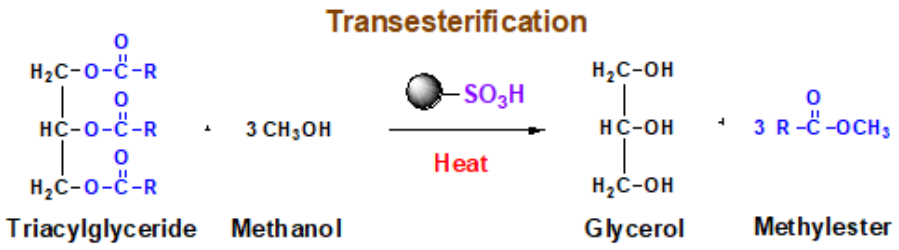
The heterogeneous catalyst for bioester or biodiesel production from Pinari oil (Sterculia foetida L.) via transesterification reaction was developed. The process starts from extracted natural oil reacts with methanol under acid solid catalyst, when the molar ratio of oil: alcohol was 1:24 and reaction temperature is 80 °C. The catalyst was prepared from bamboo fiber, with several times carbonization at 300 °C. (1, 5, 9, 12, 15 h) and follow by sulfonation on charcoal for 18 h at 150 °C. The carbonized catalyst at 300 °C and 9 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 (FTIR). The catalyst can be used more than 4 times. However, it was found that the amount of methyl ester was slightly decreased. Using oil from Samrong through the production process to become biodiesel using the catalyst developed in this experiment will increase the efficiency of the production process, resulting in clean biodiesel quality due to the use of the catalyst. Solid type which will not dissolve into the same product as the substance.

Keywords: biodiesel, bioester, transesterification, heterogeneous catalyst, pinari oil

บทนำ

น้ำมันไบโอดีเซล หรือน้ำมันไบโอเอสเทอร์ คือ น้ำมันที่ผลิตได้จากการนำน้ำมันจากธรรมชาติชนิดต่าง ๆ อาทิเช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะกอก น้ำมันมะพร้าว น้ำมันทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด เป็นต้น มาแปรสภาพโดยผ่านขบวนการทางเคมีกับแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือเอทานอล ได้ผลผลิตเป็นน้ำมันชนิดใหม่อยู่ในรูปของสารเอสเทอร์ เพื่อลดค่าความหนืด และอุณหภูมิจุดแข็งตัวของน้ำมันลง ให้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ได้ โดยเทคนิคในขั้นตอนการผลิตขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่ จำนวนพันธะคู่ในโมเลกุล และปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น คุณสมบัติเฉพาะตัวของน้ำมันแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์พืช สภาวะอากาศ ปริมาณน้ำ ปริมาณแสง และลักษณะของดินที่ใช้เพาะปลูก คุณลักษณะที่ต่างกันนี้จะส่งผลต่อคุณภาพของน้ำไบโอเอสเทอร์ที่ผลิตได้ โดยทั่วไปน้ำมันพืชสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยตรงเนื่องจากว่ามีค่าความร้อนสูง แต่จะมีข้อจำกัดในด้านกายภาพบางประการ เช่น มีความหนืดสูง ค่าการระเหยตัวต่ำ ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และทำให้เกิดปัญหาอุดตันในเครื่องยนต์ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาคุณภาพน้ำมันพืชให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ด้วยกระบวนการทางเคมีก่อนนำมาใช้น้ำมันจากธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการทางเคมี แล้วสามารถนำมาใช้โดยการผสมกับน้ำมันดีเซลที่ได้มาจากการกลั่นปิโตรเลียม ในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้งานให้มากกว่าการใช้ไบโอดีเซลเพียงอย่างเดียว โดยทั่วไปแล้วไบโอเอสเทอร์สามารถผลิตได้จากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า "ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน" โดยมีสารตั้งต้นเป็นน้ำมัน (triglyceride) จากธรรมชาติซึ่งทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ โดยส่วนมากมักจะใช้

เมทิลแอลกอฮอล์หรือเมทานอล เนื่องจากให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงกว่า ได้ผลิตภัณฑ์เป็นอัลคิลเอสเทอร์ ดังแสดงการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ในการผลิตไบโอเอสเทอร์ในอดีตนั้น มักจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดแบบเป็นเนื้อเดียวกัน ที่เรียกว่า ตัวเร่งชนิดเอกพันธุ์ โดยแบ่งเป็นตัวเร่งเอกพันธุ์ชนิดกรดและตัวเร่งเอกพันธุ์ชนิดเบส การเริ่มใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรด (Acid catalyst) ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันไบโอเอสเทอร์ มักใช้ในกระบวนการบำบัดสารไขมัน หรือกระบวนการการเตรียมน้ำมันให้เหมาะสม (Pretreatment) ก่อนที่จะนำไปเข้าทำกระบวนการของการผลิตไบโอเอสเทอร์ที่มีคุณภาพนั่นเอง กล่าวคือ การกำจัดกรดไขมันอิสระโดยเปลี่ยนเป็นน้ำมันนี้ให้อยู่ในรูปของไบโอเอสเทอร์ด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน หากมีกรดไขมันอิสระในปฏิกิริยามากกว่า 2.5% จะพบว่า ไม่สามารถใช้ตัวเร่งเบสในการนำมาเร่งปฏิกิริยาได้ เพราะอาจจะเกิดเป็นสบู่ขึ้นในปฏิกิริยาและจะทำให้ผลผลิตไบโอเอสเทอร์ที่ได้นั้นลดลง ดังนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดที่ใช้ในการผลิตไบโอเอสเทอร์คือ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ที่น่าจะนำมาใช้ได้ เนื่องจากมีการศึกษาแล้วพบว่า กรดตัวอื่น เช่น nitric acid, hydrochloric acid, formic acid และ acetic acid ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันที่ใช้ในกระบวนการของการผลิตไบโอดีเอสเทอร์ได้ นอกจากนี้ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียในการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งหมดจากตัวเร่งปฏิกิริยาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้แก่ ตัวเร่งเอกพันธุ์ชนิดกรด ตัวเร่งเอกพันธุ์ชนิดเบส และเทคโนโลยีล่าสุดคือการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดไม่เป็นเนื้อเดียวกันหรือที่เรียกว่าตัวเร่งแบบวิวิธพันธ์ โดยจะมีตัวเร่งแบบวิวิธพันธ์ชนิดกรดและวิวิธพันธ์ชนิดเบสมาใช้ในการผลิตไบโอเอสเทอร์ ซึ่งนับว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่สามารถผลิตไบโอเอสเทอร์ได้เปอร์เซ็นต์ที่สูง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการผลิตไบโอดีเซล (Biodiesel) โดยใช้วัตถุดิบที่สามารถหาได้ในท้องที่ในมหาวิทยาลัยนเรศวรได้แก่ เส้นใยจากปล้องไผ่ที่จะนำมาเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ และน้ำมันสำโรงที่สกัดบีบมาจากเมล็ดสำโรงที่อยู่ในพื้นที่ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชั่นเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีราคาแพงขึ้นทุกปี และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในแนวทางของแหล่งพลังงานทางเลือกในอนาคต ซึ่งประเทศไทยมีสภาวะอากาศเหมาะแก่การเพาะปลูก มีระบบชลประทานและพื้นที่ที่เหมาะสม ดังนั้นพืชพลังงานจึงเป็นทางเลือกสำคัญทางเลือกหนึ่งในการวางแผนพัฒนาความมั่นคงทางพลังงานของ

ประเทศในอนาคตข้างหน้าด้วยความหลากหลายและง่ายต่อใช้งานมากกว่าพลังงานทางเลือกชนิดอื่น ๆ เนื่องจากสามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซล (Diesel fuel) ที่ใช้กันอยู่อย่างกว้างขวางในปัจจุบันได้ ในงานวิจัยนี้จะใช้พืชน้ำมันที่สามารถบีบน้ำมันจากเมล็ดและสามารถเพาะปลูกได้ในประเทศไทยได้แก่ ต้นสำโรง ดังแสดงลักษณะของต้นและผลสำโรงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 ลักษณะลักษณะของต้นและผลสำโรง

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ : Sterculia Foetida (Linn.)

ชื่อวงศ์ : Sterculiaceae

ชื่อสามัญ : Jangli badam, Bastard poom, Bhatula penari

ชื่อพื้นเมือง : จำมะโฮง มะโรง มะโหรง โหมรง โหมโลง

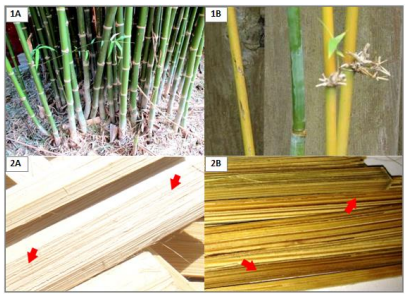
โดยลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ลำต้นเปลาตรง โคนมีพูพอนต่ำ ๆ เป็นไม้เนื้อแข็ง เปลือกเรียบสีน้ำตาลปนเทา สูง 15-30 เมตร ผลัดใบ ติดดอก พ.ย.-ธ.ค. ได้ผลแก่ ก.ย.-ธ.ค. (ใช้เวลาประมาณ 9 เดือน) เป็นพืชพื้นถิ่นของไทย พบในป่าเบญจพรรณและป่าดิบแล้ง สูงจากระดับน้ำทะเล 100-600 เมตร

หนึ่งในนวัตกรรมที่คิดค้นขึ้นมาในการผลิตไบโอดีเซลคือ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีสถานะเป็นของแข็ง (Solid Phase Catalysts) ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้จะมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำมันที่เป็นสารตั้งต้น (Heterogeneous) สามารถช่วยลดเวลาในการแยกตัวเร่งปฏิกิริยาออกจากสารผลิตภัณฑ์ และมีสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยมีการศึกษาทั้งตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดและเบสดังนี้

1. ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดเบส (Heterogeneous Base Catalysts) ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้จะมีทั้งวัสดุที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่แล้ว เช่น CaO, $CaCO_3$, MgO, $Ca(OH)_2$ และ $Ba(OH)_2$ กับแบบที่ต้องทำการตรึงหมู่ของตัวเร่งปฏิกิริยาลงบนวัสดุรองรับ เช่น Sodium silicate (Na_2SiO_3) และ Sodium aluminate ($Na_2Al_2O_4$)
2. ตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดกรด (Heterogeneous Acid Catalysts) ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้จะมีทั้งวัสดุที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่แล้ว เช่น Niobium pentoxide รู้จักกันในชื่อ Niobic acid (Nb_2O_5) กับแบบที่ต้องทำการตรึงหมู่กรดของตัวเร่งปฏิกิริยาลงบนวัสดุรองรับที่เป็นโพลีเมอร์ น้ำตาล เซลลูโลส และคาร์บอนขนาดนาโน ยกตัวอย่างเช่น C-SO_3H, P-C-SO_3H และ s-MWCNTs (Sulfonated multi-walled carbon nanotubes) เป็นต้น

งานวิจัยนี้จะศึกษาการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดกรดด้วยการตรึงกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ลงบนวัสดุรองรับที่มีพื้นผิวเป็นของแข็ง (Solid Support) ซึ่งวัสดุรองรับจากธรรมชาตินั้น มีหลายชนิดส่วนใหญ่จะเป็นเส้นใยธรรมชาติ (Cellulose) โดยก่อนหน้านี้ได้มีงานวิจัยที่ใช้เส้นใยจากธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยอ้อย ใยฝ้าย ใยนุ่น และใยดอกรัก มาทำการตรึงหมู่กรดแล้ว แต่งานวิจัยนี้จะใช้เส้นใยจากใยไม้ไผ่เป็นวัสดุรองรับ ในขั้นตอนการเตรียมวัสดุรองรับ โดยใช้เส้นใยพืชจากธรรมชาติ จะมีการนำเส้นใยปล้องไผ่ไปทำการคาร์บอไนเซชันในเตาเผาความร้อนสูง (Carbonization) เพื่อทำการเปลี่ยนโครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose) ที่อยู่ในรูปของพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ให้ไปเป็นโครงสร้างของพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs) จากนั้นจึงมาทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชันด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98 เปอร์เซ็นต์ (conc.H_2SO_4) เพื่อติดหมู่ซัลโฟนิล (Sulfonyl group; $-SO_3H$) ลงบนวงอะโรมาติกของพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเกิด 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน (Sulfonation) และอาจเกิดปฏิกิริยาโอซัลโฟเนชัน (O-Sulfonation) ขึ้นได้บริเวณปลายเส้นใยเซลลูโลสของสายใยเซลลูโลสตรงตำแหน่งอะนูเมอร์ริคคาร์บอนอะตอม (Anomeric carbon atom) ซึ่งเกิดจากความไม่สมบูรณ์ในขั้นตอนการคาร์บอไนเซชันหมู่โอซัลโฟนิล (O-Sulfonyl group; $-OSO_3H$) ที่เกิดขึ้นมีความเสถียรน้อยกว่าหมู่ซัลโฟนิลต่อการทำปฏิกิริยาด้วยความร้อนและน้ำ ดังนั้น การทดลองนี้จึงทำการควบคุมการคาร์บอไนเซชันเส้นใยเซลลูโลสของใยไผ่ เพื่อให้เกิดเป็นพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน และต้องทำให้อนุภาคของวัสดุรองรับหลังการคาร์บอไนท์จะมีโครงสร้างที่เล็ก อันเนื่องมาจากขนาดระนาบของวัสดุรองรับยิ่งเล็กจะทำติดหมู่ซัลโฟนิลได้มากขึ้น ในขณะเดียวกันก็ต้องลดการเกิดปฏิกิริยาซัลโฟเนชันด้วย ดังนั้นการเลือกอุณหภูมิในการคาร์บอไนท์ให้เหมาะสมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้

ในขั้นตอนการเตรียมวัสดุรองรับจะนำเส้นใยปล้องไผ่ที่ได้มาจากสวนไผ่ของมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยนำไปทำการเผา (Carbonization) เพื่อทำการเปลี่ยนโครงสร้างของเส้นใย (Cellulose) ที่อยู่ในรูปของพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ให้ไปเป็นโครงสร้างของพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs) จากนั้นจึงมาทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชันด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98 เปอร์เซ็นต์ (conc.H_2SO_4) เพื่อติดหมู่ซัลโฟนิล (Sulfonyl group; $-SO_3H$) ลงบนวงอะโรมาติก โดยเส้นใยไผ่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้เส้นใยของไผ่เลี้ยง (Bambusa multiplex (Lour.) Raeusch.) เส้นใยของไผ่เลี้ยงจะมีความหนาแน่นของเส้นใยเหนือกว่าไผ่ชนิดอื่น (รูปที่ 3) เมื่อนำมาทดสอบก่อนการทดลอง (Pretest) พบว่า เส้นใยของไผ่เลี้ยงมีความสามารถในการตรึงหมู่กรดได้มากกว่า



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของวัสดุตั้งต้น (เนื้อลำต้นไผ่) ที่จะนำมาใช้ในการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา; 1A คือ ไผ่ตง, 1B คือ ไผ่เลี้ยง, 2A คือ เส้นใยไผ่ตง, 2B คือ เส้นใยไผ่เลี้ยง

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเกิด 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน (Sulfonation) และปฏิกิริยาโอซัลโฟเนชัน (O-Sulfonation) ขึ้นได้บริเวณปลายเส้นใยเซลลูโลสของใยปล้องไผ่ ตรงตำแหน่งอนูเมอร์ริคคาร์บอนอะตอม (Anomeric carbon atom) ซึ่งเกิดจากความไม่สมบูรณ์ในขั้นตอนการเผา หมู่โอซัลโฟนิล (O-Sulfonyl group; -OSO3H) ที่เกิดขึ้นมีความเสถียรน้อยกว่าหมู่ซัลโฟนิลต่อการทำปฏิกิริยาด้วยความร้อนและน้ำ ดังนั้นการทดลองนี้จึงทำการควบคุมการเผาเส้นใยไผ่ เพื่อให้เกิดเป็นพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน และต้องทำให้อนุภาคของวัสดุรองรับหลังการเผามีโครงสร้างที่เล็ก อันเนื่องมาจากขนาดระนาบของวัสดุรองรับยิ่งเล็กจะทำติดหมู่ซัลโฟนิลได้มากขึ้น ในขณะเดียวกันก็ต้องลดการเกิดปฏิกิริยาโอซัลโฟเนชันด้วย ดังนั้นการเลือกอุณหภูมิในการเผาให้เหมาะสมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้

ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไบโอดีเซลโดยผ่านตัวเร่งวิวิธพันธ์ ได้มีการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ (Jatropha oil) ที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ (Tiwari et al., 2007) โดยขั้นตอนแรกจะทำการลดปริมาณกรดไขมันอิสระให้ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้กรดซัลฟูริก (1.43%v/v) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในเมทานอล (0.28%v/v) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 88 นาที จากนั้นทำปฏิกิริยา ทรานเอสเทอริฟิเคชันโดยใช้อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำมัน คือ 5:1 และใช้โพแทสเซียมไฮดรอกซ์ (0.55%w/v) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นนำชั้นของกลีเซอรอลที่อยู่ส่วนล่างออก จะได้ชั้นของเอสเทอร์ที่อยู่ส่วนบน คือ ไบโอดีเซล ได้ไบโอดีเซล 99 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาได้มีการศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันของกรดไขมันอิสระของน้ำมันดอกทานตะวันบริสุทธิ์ โดยใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Marchetti & Errazu, 2008) โดยมีการศึกษาปัจจัยต่างๆ เช่น อัตราส่วนของแอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน จำนวนตัวเร่งปฏิกิริยา ผลของอุณหภูมิ และจำนวนกรดไขมันเริ่มต้น จากผลการทดลองพบว่า สภาวะที่ดีที่สุด คือ ใช้อัตราส่วนโดยโมลแอลกอฮอล์ต่อน้ำมัน และปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา คือ 2.261 เปอร์เซ็นต์ (อัตราส่วนร้อยละต่อน้ำหนักของน้ำมัน) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และมีจำนวนกรดไขมันอิสระเริ่มต้น 10.684 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้ได้ของไบโอดีเซล 96 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นได้มีการศึกษา

การเกิดเมทิลเอสเทอร์โดยใช้เทคนิค ^{1}H-NMR ในการติดตามผลการทดลอง ผู้ทดลองได้ทำการศึกษาสูตรที่ใช้ในการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟของ ^{1}H-NMR เพื่อใช้หาอัตราส่วนการเกิดสารผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยา (Knothe, 2000) จากผลการทดลองพบว่า ตำแหน่งโปรตอนของเมทิลเอสเทอร์ (Methyl ester) จะปรากฏที่ประมาณ 3.7 ppm และกลุ่มเมทิลลีน (α-Methylene group) จะปรากฏที่ประมาณ 2.3 ppm โดยในการทดลองนี้จะนำเอาค่าอินทิเกรชันพื้นที่ ^{1}H NMR ของเมทิลเอสเทอร์ กับแอลฟาเมทิลีนมาเทียบกัน ทำให้เท่ากันโดยการหารด้วยจำนวนโปรตอนของแต่ละตำแหน่ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ จะได้อัตราส่วนของเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้น ซึ่งผลจากการทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันพืชชนิดอื่นได้ ต่อมาได้มีการศึกษาการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาของแข็ง โดยการทำซัลโฟเนชันอินทรีย์วัตถุที่คาร์บอไนซ์ไม่สมบูรณ์ คาร์บอไนซ์ที่ไม่สมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เช่น น้ำตาลแป้งหรือเซลลูโลส ในคาร์บอนที่ประกอบด้วยแผ่นคาร์บอนกลุ่มอะโรมาติกที่เป็นโพลีไซคลิกในโครงสร้างสามมิติพันธะ sp^3 (Toda et al., 2005) การทำซัลโฟเนชันของวัสดุนี้คาดว่าจะสร้างของแข็งที่เสถียรกับตำแหน่งที่มีความหนาแน่นของการเกิดปฏิกิริยาสูง ซึ่งทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้จากโมเลกุลตามธรรมชาติมีประสิทธิภาพสูง ทำการซัลโฟเนตแซคคาไรด์ที่คาบอไนซ์ไม่สมบูรณ์ โดยดีกลูโคสและซูโครสถูกคาร์บอไนซ์ไม่สมบูรณ์ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อก่อให้เกิดกระบวนการไพโรไลซิส และการก่อตัวของคาร์บอนกลุ่มอะโรมาติกที่เป็นโพลีไซคลิกขนาดเล็ก กลุ่มซัลโฟไนต์ ($-SO_3H$) โดยการใช้กรดซัลฟูริก การวิเคราะห์โครงสร้างแสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างที่เตรียมประกอบด้วยแผ่นของคาร์บอนอสัณฐานกลุ่มไฮดรอกซิลและคาร์บอกซิล (-OH และ -COOH) รวมทั้งมีความหนาแน่นสูงของกลุ่ม $-SO_3H$ สารที่ได้ไม่ละลายในน้ำ เมทานอล เบนซีน เฮกเซน ไดเมทิลฟอร์มาไมด์และกรดโอเลอิกแม้ในที่อุณหภูมิเดือด และสามารถนำไป ทำปฏิกิริยากับไขมันจากพืชที่มีกรดโอเลอิกและกรดเสตียริกได้ด้วย โดยทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80 ^oC ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง

สำหรับวัตถุประสงค์ในการวิจัย จะสามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ศึกษาการเตรียมและการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดไม่เป็นเนื้อเดียวกันกับสารตั้งต้น หรือตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดกรด (Heterogeneous Acid Catalyst) ในสถานะของแข็ง (Solid Phase) เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

2. ศึกษาการเตรียมและการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดไม่เป็นเนื้อเดียวกันกับสารตั้งต้น หรือตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ชนิดกรด (Heterogeneous acid catalyst) ในสถานะของแข็ง (Solid Phase) เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

3. ศึกษาการนำน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดต้นสำโรง (*Sterculia Foetida* Linn.) เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

การศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาคาร์บอไนเซชัน

นำใยไผ่ในส่วนที่เป็นปล้องมาตัดออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 5 เซนติเมตร นำส่วนที่เป็นเยื่อไผ่ส่วนที่อยู่ด้านในออกมา จากนั้นนำมาบดปั่นให้ละเอียด จากนั้นให้เอาไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้เส้นใยเยื่อไผ่ที่บริสุทธิ์ จากนั้นนำเส้นใยไผ่ที่เตรียมไว้มา 500 กรัม ทำการเผาด้วยเตาเผาความร้อนสูง (Furnace) เป็นเวลา 5, 10 และ15 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 600, 700, 800, 900 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะที่ปราศจากก๊าซออกซิเจน เพื่อให้เส้นใยเซลลูโลสมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง โดยในขั้นตอนนี้ใยไผ่จะถูกใส่เอาไว้ในเบ้าหลอม (Crucible) และนำไปบรรจุไว้กลางภาชนะดินเผาทรงกลมมีฝาปิดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซ็นติเมตร สูง 35 เซ็นติเมตร ภายในภาชนะจะบรรจุทรายละเอียด (เพื่อลดปริมาณอากาศในภาชนะ) จากนั้นทำการอัดแก๊สไนโตรเจน (เพื่อไล่อากาศที่มีอยู่ในภาชนะ) ตรงบริเวณฝาภาชนะจะถูกบุด้วยชั้นของใยแก้ว เพื่อเป็นตัวป้องกันก๊าซออกซิเจน จากนั้นตัวภาชนะชิ้นนี้จะถูกนำไปคาร์นอไนท์ด้วยเตาเผาความร้อนสูง (Furnace) แล้วนำวัสดุที่ได้มาบดด้วยเครื่องบดแบบใช้ลูกบอลช่วยบด (Ball Mill) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำผงวัสดุที่ได้มาร่อนด้วยเครื่องร่อนแบบสั่น (Vibratory Sieve Shaker) ผ่านตะแกรงร่อน (Sieve) ขนาด 90 ไมโครเมตร (170 mesh) จากนั้นจึงเก็บผงตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้ เอาไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อรอนำไปการศึกษาผลของเวลาในการทำปฏิกิริยา คาร์บอไนเซชันในขั้นตอนต่อไป

การศึกษาผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาคาร์บอไนเซชัน

การเตรียมการเผาเส้นใยปล้องไผ่ด้วยความร้อนสูง แต่ตั้งอุณหภูมิการคาร์บอไนเซชันเอาไว้คือ อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการเผาเป็น เป็น 1, 5, 9, 12 และ15 ชั่วโมง ดังแสดงการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเตาเผาความร้อนสูง ดังแสดงการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเตาเผาความร้อนสูง (Furnace) ในรูปที่ 4

รูปที่ 4 แสดงการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเตาเผาความร้อนสูง (Furnace)

การทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน (Sulfonation) บนเส้นใยปล้องไม้ไผ่

นำใยปล้องไผ่ที่เตรียมไว้มาปริมาณ 30 กรัม ใช้เครื่องชั่งชนิดละเอียด 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 จากนั้นกรองด้วยเครื่องกรองแบบลดความดันอากาศ (Suction filter) ล้างสารด้วยน้ำกลั่นจนกว่าสารที่ได้จะมีสภาวะเป็นกลาง นำไปอบให้แห้ง และนำมาจัดเก็บในโถอบความชื้น

การทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน

การทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน ทำโดยการตั้งปฏิกิริยาแบบกะ (Batch Reaction) ประกอบด้วยตัวให้ความร้อนพร้อมตัวกวนสารแบบแม่เหล็ก (Heater & Magnetic Stirrer) โดยให้ความร้อนผ่านถาดอลูมิเนียมที่บรรจุทรายชนิดละเอียดและคนสารด้วยแท่งคนแม่เหล็กที่หมุนด้วยความเร็ว 600 รอบต่อนาที ใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยภายในขวดก้นกลม จะใส่สารที่ต้องการทำปฏิกิริยา ได้แก่ น้ำมันสำโรง 10.0 กรัม เมทิลแอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1 ต่อ 15 โดยน้ำหนัก และใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาจากวัสดุเส้นใยปล้องไผ่ 5%wt ต่อจากนั้นจะเชื่อมต่อขวดก้นกลมด้วยตัวลดความร้อน (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อน และควบแน่นสารระเหยด้วยน้ำหล่อเย็น โดยหลังจากเสร็จสิ้นปฏิกิริยาจะทำการหยุดปฏิกิริยาโดยการหยุดกวนสาร ลดอุณหภูมิ และแยกกรองเอาตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ออกตามลำดับ สารเอสเทอร์ที่ได้จะถูกวิเคราะห์อัตราส่วนของไบโอเอสเทอร์ด้วยเทคนิค ^{1}H NMR สเปกโตรสโกปี

รูปที่ 5 แสดงการตั้งปฏิกิริยาแบบกะ (Batch Reaction)

ผลการศึกษา

การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาโดยการตรึงหมู่กรดลงไปบนวัสดุรองรับจากเส้นใยปล้องไผ่ผล ได้มีการทดสอบความสามารถในการตรึงหมู่กรดลงบนวัสดุรองรับที่ผ่านการเตรียมมาด้วยวิธีต่างกัน ด้วยวิธีการไตเตรทแบบย้อนกลับ (Back Titration) โดยเทียบกับสารตัวเร่งมาตรฐาน Amberlyst 15 โดยจากการศึกษาความเข้มข้นกรดของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิคการไตเตรทแบบย้อนกลับ ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการตรึงหมู่กรดได้มากที่สุดและตัวเร่งปฏิกิริยาที่ตรึงหมู่กรดได้น้อยที่สุดคือตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ความร้อนสูงในการเผา ซึ่งอาจเกิดโครงสร้างของโซ่โพลีไซคลิกอะโรมาติกที่ซับซ้อนของไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon หรือ PAHs) ซึ่งเป็นลักษณะโดยทั่วไปของการเผาไหม้ของสารอินทรีย์ในธรรมชาติ จากงานวิจัยที่ทำการสืบค้นมาได้อธิบายลักษณะดังกล่าวไว้ว่าอาจเกิดขึ้นจากการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิสูงจนสารเปลี่ยนไปเป็น PAHs จำนวนมากทำให้หมู่กรดไม่สามารถเข้าไปติดได้ เนื่องจากหมู่กรดต้องการบริเวณที่จะใช้สร้างพันธะยึดเกาะ และเนื่องจากลักษณะของ PAHs มีลักษณะเป็นแผ่นระนาบ แต่กรดที่จะเข้าไปยึดเกาะสามารถสร้างพันธะได้เพียงบริเวณขอบของ PAHs เท่านั้น ดังนั้นถ้าให้อุณหภูมิสูงมาก หรือนานพอจะทำให้ได้ PAHs ที่มีลักษณะที่เป็นแผ่นใหญ่ ทำให้สารที่เข้าไปยึดเกาะมีที่ยึดเกาะได้น้อย

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของตัวเร่งปฏิกิริยาจากเซลลูโลสด้วยการไตเตรทแบบย้อนกลับ (Back Titration)

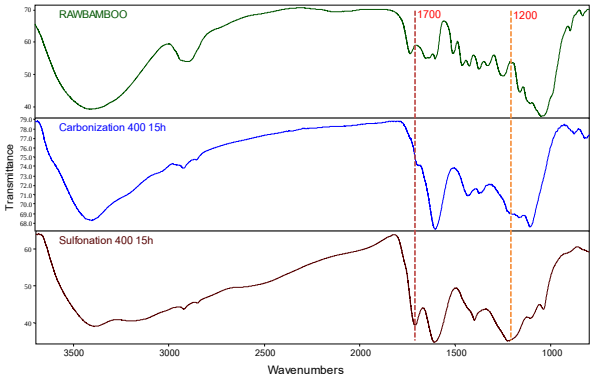
ลำดับตัวอย่าง	อุณหภูมิที่ใช้เผา (°C)	เวลาในการเผา (Hour)	การตรึงหมู่กรด (mmol/g)
1	300	1	7.08
2	300	5	7.37
3	300	9	7.67
4	300	12	6.90
5	300	15	6.24
6	400	15	5.80
7	500	15	3.02
8	600	15	2.55
9	700	15	2.50
AMB-15	-	-	4.70

จากการศึกษาความเข้มข้นกรดของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเทคนิคการไตเตรทแบบย้อนกลับ พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่เผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการตรึงหมู่กรดได้มากที่สุด และตัวเร่งปฏิกิริยาที่ตรึงหมู่กรดได้น้อยที่สุดคือตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ความร้อนสูงในการเผา ซึ่งอาจเกิดโครงสร้างของ โพลี่ไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon; PAHs) ซึ่งเป็นลักษณะโดยทั่วไปของการเผาไหม้สารอินทรีย์ในธรรมชาติ จากงานวิจัยที่ทำการสืบค้น ได้อธิบายลักษณะดังกล่าวไว้ว่าอาจเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงจนสารเปลี่ยนไปเป็น PAHs จำนวนมากทำให้หมู่กรดไม่สามารถเข้าไปติดได้เนื่องจากหมู่กรดต้องการบริเวณที่จะใช้สร้างพันธะยึดเกาะ เนื่องจากลักษณะของ PAHs มีลักษณะเป็นแผ่นระนาบ แต่กรดที่จะเข้าไปยึดเกาะสามารถสร้างพันธะได้เพียงบริเวณขอบ (edge) ของ PAHs เท่านั้น ดังนั้นถ้าให้อุณหภูมิสูงมากหรือนานพอจะทำให้ได้ PAHs ที่มีลักษณะที่เป็นแผ่นใหญ่ ทำให้สารที่เข้าไปยึดเกาะได้น้อย

ผลของวัสดุรองรับคาร์บอไนเซชัน (Carbonization) และการทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชั่น (Sulfonation) เพื่อติดหมู่กรดด้วยเทคนิค FTIR

จากผลการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างในการติดหมู่กรดด้วยเทคนิค FTIR ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งในการศึกษาสิ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา นำมาเปรียบเทียบเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในการผลิตไบโอเอสเทอร์ และจากการเปรียบเทียบลักษณะของผล FTIR พบว่า ลักษณะของเส้นใยของเยื่อกระดาษที่ยังไม่ผ่านปฏิกิริยาใด ๆ เป็นเส้นใยธรรมชาติที่แสดงความเป็นเส้นใย (Cellulose) คือ แสดงหมู่ของ –O– stretching ของพันธะไกโคซิดิก (Glycosidic bond) ของน้ำตาลที่ต่อกันเป็นเส้นใยที่ 1250, 1040 cm^{-1} ชัดเจน ประกอบกับ C–H stretching, –OH stretching และ –OH bending ขึ้นที่ 1450, 3400 และ 1606 cm^{-1} ตามลำดับ หลังจากทำการคาร์บอไนเซชันที่ 300 องศาเซลเซียส 9 ชั่วโมง เส้นใยเซลลูโลสของใยไผ่จะสูญเสียน้ำออกไปและทำให้เกิดโครงสร้างของโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon; PAHs) ซึ่งเป็นลักษณะโดยทั่วไปของการเผาไหม้สารอินทรีย์ในธรรมชาติ จากตัวอย่างพบว่า สารเกิดการสูญเสียน้ำออกไปจริง สารมีความเป็นอะโรมาติกมากขึ้นสังเกตได้จาก C=C stretching ขึ้นที่ 1600 cm^{-1} และ 1475 cm^{-1}และมีลักษณะ C=O stretching ของ หมู่อัลดีไฮด์และคีโตนซึ่งเกิดจากการคาร์บอไนท์ขึ้นที่ 1715 cm^{-1} และ 1725 cm^{-1} ตามลำดับ โดยเมื่อนำสารตัวอย่างไปทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชั่นเพื่อติดหมู่กรดซัลโฟนิล (–SO_3H) จะพบว่า เกิดสัญญาณขึ้นอย่างชัดเจนที่ตำแหน่งประมาณ 1700 cm^{-1} และ 1200 cm^{-1} ซึ่งอาจกล่าวได้ว่ามีหมู่คาร์บอกซิลิกหรือหมู่ที่สั่นใกล้เคียงกับหมู่คาร์บอกซิลิกที่ C=O stretching ที่ 1730 cm^{-1} และ C–O stretching ที่ 1210 cm^{-1} และเกิดสัญญาณแบบ Overtone (การสั่นพ้องรูปแบบหนึ่งหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งคือการเกิด Fermi resonance) ระหว่างการ blending ของ –OH กับ O=C โดยสิ่งที่ทำให้เกิดคือ พันธะไฮโดรเจนที่มันกระทำต่อกัน

ทำให้เกิดแถบความถี่ (Broadband) ขึ้นที่ 2300-2700 cm^{-1} เป็นแถบยาวติดต่อกันไปสัญญานการสั่นของ O=S=O stretching จะขึ้นที่ 1377 cm^{-1} และ S=O stretching แบบ asymmetric จะขึ้นที่ประมาณ 1200 cm^{-1} และจากการศึกษาลักษณะการติดหมู่กรดด้วยเทคนิค FTIR จะพบว่า ลักษณะโดยทั่วไปของสัญญาณจากผลการทดลองบอกลักษณะของวัสดุรองรับที่สามารถติดหมู่กรด (-SO_3H) ได้เป็นไปอย่างสอดคล้องกัน ยกเว้นเส้นใยเซลลูโลสที่ผ่านการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จะพบว่า มีการสูญเสียส่วนที่เป็น –OH ไปเกิดเป็นโครงสร้างของโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon; PAHs) มากกว่าวัสดุรองรับชนิดอื่นที่คาร์บอไนเซชันในอุณหภูมิที่น้อยกว่า



รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของเส้ใยไผ่จากธรรมชาติ (Rawbamboo; เส้นสีเขียว) เส้นใยไผ่ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส 9 ชั่วโมง และตัวอย่างการเผาที่นำมาทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชันเพื่อติดหมู่กรด (เส้นสีแดงเข้ม) จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR

ผลการทดสอบคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้จากเส้นใยเซลลูโลส การทดลองในส่วนนี้จะใช้น้ำมันปาล์มทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ดังนั้นในการทดลองในขั้นนี้ จะพบว่า ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นกระบวนการผลิตไบโอเอสเทอร์โดยศึกษาโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ที่ได้จากการเตรียมจากวัสดุรองรับจากใยไผ่ที่ผ่านการคาร์บอไนด์ ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการคาร์บอไนเซชัน 9 ชั่วโมง พบว่า อัตราส่วนของน้ำมันต่อเมทานอลที่เหมาะสมกับใช้ในการทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้คือ อัตราส่วนน้ำมัน 1 ส่วนต่อเมทานอล 15 ส่วน โดยใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 80 องศาเซลเซียส โดยใช้ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้จากวัสดุเส้นใยไผ่ 5%wt ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง พบว่า การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 95.24 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง ดังแสดงผลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (%Conversion) ของเมทิลเอสเทอร์ในน้ำมันสำโรงที่ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา 5 %wt ที่อัตราส่วนต่าง ๆของ Oil:MeOH โดยใช้ตัวเร่งวิวิธพันธ์จากเส้นใยไผ่

อัตราส่วนของ Oil:MeOH	1:9	1:15	5:18	1:21	1:24
% การเปลี่ยนแปลง	90.16%	95.24%	94.82%	93.84%	92.64%

ผลการทดสอบคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้มาทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันกับน้ำมันสำโรงเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยามาตรฐาน Amberlyst 15

เนื่องจากน้ำมันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาในการทดลองนี้ จะใช้น้ำมันที่เป็นน้ำมันไตรกลีเซอร์ไรด์ที่สกัดได้มาจากเมล็ดต้นสำโรง ดังนั้นในการทดลองจะใช้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไบโอเอสเทอร์จะเป็นปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน ศึกษาโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมจากวัสดุรองรับจากเส้นใยจากใยไผ่ที่ผ่านการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 300, 400, 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส (ใช้เวลาทำคาร์บอไนท์ 1, 5, 9, 15 และ 15 ชั่วโมง) โดยนำมาทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชั่นที่เวลา 24 ชั่วโมงและใช้ตัวเร่งปฏิกิริยามาตรฐานแอมเบอร์ลิสต์ 15 (Amberlys 15; AMB-15) เป็นตัวเปรียบเทียบ โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 5%wt (โดยน้ำหนักของน้ำมันที่ใช้ในปฏิกิริยา) และใช้แอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1:15 (อัตราส่วนโดยโมลทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอร์ไรด์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า ในการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชั่น ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมจากเส้นใยเซลลูโลสจากใยไผ่ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 ชั่วโมง จะสามารถเร่งปฏิกิริยาได้พอประมาณ คือ 95.24 เปอร์เซ็นต์ สามารถเร่งปฏิกิริยาให้ได้ผลผลิตได้ดีที่สุด

ผลการทดสอบการทำปฏิกิริยาซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้เทียบกับสารตังเร่งมาตรฐาน Amberlyst 15

ผลการทดสอบการทำปฏิกิริยาซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ ได้เทียบกับสารมาตรฐาน Amberlyst 15 ทดสอบความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาซ้ำของตั้วเร่งปฏิกิริยา เพื่อนำไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ในขั้นอุตสาหกรรมเพื่อสะดวกในขั้นตอนการแยกสารเร่งปฏิกิริยาออกจากสารตั้งต้น โดยทดลองทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง เพื่อทดสอบคุณภาพ เหตุผลในการตั้งปฏิกิริยาซ้ำเพียง 4 ครั้ง เนื่องจากสารเร่งปฏิกิริยาจะสูญเสียน้ำหนักไปในขั้นตอนการล้างสารเพื่อนำกลับมาให้ใหม่ เช่น ติดอยู่ในกระดาษที่ใช้กรอง ดังนั้นจึงต้องใช้กระดาษกรองแผ่นเดิมในการกรองตลอด 4 ครั้ง เพื่อลดการสูญเสียไปของตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สูญเสียไปจะถูกคำนวณใหม่ทุกครั้ง เพื่อให้ผลการทดลองไม่คลาดเคลื่อน แต่ผลการทดลองสามารถคลาดเคลื่อนได้อยู่หากสูญเสียน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาไปในปริมาณที่มาก เนื่องจากความสัมพันธ์ในอัตราส่วนต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 5%wt โดยน้ำหนักของน้ำมัน และใช้แอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 1:15 ทำปฏิกิริยากับกรดโอเลอิกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำซ้ำได้ 4 ครั้ง หลังจากทดลองใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้ช่วยเร่งปฏิกิริยาการผลิต ไบโอดีเซลซ้ำ 4 ครั้ง จะพบว่า ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาจะลดลง และในการทดลองเร่งปฏิกิริยาการผลิตไบโอดีเซลซ้ำครั้งที่ 2 ตัวเร่งปฏิกิริยาทุกชนิดจะสูญเสียความสามารถในการเร่งปฏิกิริยามากที่สุด โดยเฉพาะตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมด้วยอุณหภูมิที่สูง เช่น 300 องศาเซลเซียส พบว่าความเข้มข้นกรดลดลง 92.47, 58.17, 47.35 และ 41.46 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับส่วน AMB เร่งปฏิกิริยาได้ลดลงจากครั้งแรก 31.17 เปอร์เซ็นต์แต่หลังจากการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ผ่านไป พบว่า ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาหลายชนิดเร่งปฏิกิริยาได้ลดลงเล็กน้อยเท่านั้น จึงมีแนวโน้มที่จะสรุปได้ว่ามีหมู่ฟังก์ชันหรือโครงสร้างที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาในตอนแรก จะหลุดออกไป (Decomposition) ทำให้ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาลดลง โดยได้แสดงขั้นตอนการทำปฏิกิริยา ทรานเอสเทอริฟิเคชั่นและการวิเคราะห์สารผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยใช้โครมาโตกราฟีแบบผิวบาง (TLC) และใช้วิธีวิเคราะห์ทางนิวเคลียร์แมคเนติกสเปคโตรสโกปี (NMR) ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 แสดงวัสดุไม้ไผ่ที่ใช่ เครื่องปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่นแบบกะ สารไบโอเอสเทอร์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชั่น การวิเคราะห์สารที่ได้โดยใช้โครมาโตกราฟีแบบผิวบาง (TLC) การวิเคราะห์สารโดยใช้นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปี (NMR) และการวิเคราะห์สารโดยใช้เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรสโกปี (FTIR)

อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มีการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 2 ขบวนการ คือ ปฏิกิริยาคาร์บอไนเซชัน ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ใช้เวลาคาร์บอไนเซชัน 9 ชั่วโมง และปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน และจากการศึกษาความเข้มข้นของหมู่กรดซัลโฟนิกบนตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกันของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากเส้นใยเซลลูโลส และ Amberlyst 15 พบว่า มีความเข้มข้นเท่ากับ 6.89 และ 4.72 mmol/g ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR บนตัวเร่งปฏิกิริยาแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกันยืนยันมีหมู่ $-O-SO_3H$ stretching ตำแหน่งของสัญญาณขึ้นที่ตำแหน่งประมาณ 1700 และ 1200 cm-1 และจากการศึกษาปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมันมาตรฐานต่อเมทานอล พบว่า เมื่ออัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอลเพิ่มมากขึ้นพบว่า การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์เป็นอัลคิลเอสเทอร์จะเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในสำหรับการศึกษาครั้งนี้คือ น้ำมันสำโรงต่อเมทานอลเท่ากับ 1:15 ใช้อุณหภูมิเท่ากับ 80 ^{o}C ใช้ปริมาตรของตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธภัณฑ์เท่ากับ 5 %wt ใช้ที่เวลาทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง ซึ่งจะให้การเปลี่ยนแปลงเป็นเมทิลเอสเทอร์ได้สูงสุดมากกว่า 90 % ในการทดลองนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้มาจากเส้นใยข้อไผ่ พบว่ามีประสิทธิภาพสูงในการใช้เป็นตัวเร่งวิวิธพันธุ์ โดยศึกษาอัตราส่วน โดยโมลของน้ำมันสำโรงต่อเมทานอล คือ 1:15 ที่อุณหภูมิ 80 ^{O}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 5 %wt พบว่า เมื่อคำนวณสารผลิตภัณฑ์ที่ได้

โดยการใช้เทคนิค Nuclear Magnatic Rasonance จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเมทิลเอสเทอร์สูงสุดเท่ากับ 95.24% โดยศึกษาการใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา 4 ครั้งพบว่า การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์เป็นเมทิลเอสเทอร์ที่ลดลง ซึ่งอาจเกิดมาจากหลุดออกของหมู่ $-SO_3H$ บนวัสดุที่ใช้ตรึงในปฏิกิริยา

จากผลการทดลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ได้รายงานมาก่อนหน้านี้พบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาจากวัสดุรองรับที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง (อนุสรณ์ วรสิงห์ และ จตุรงค์ สุภาพพร้อม, 2560) มีรายงานว่าสามารถเร่งปฏิกิริยาทรานเอสเตอร์ได้ดี โดยสามารถเร่งปฏิกิริยาน้ำมันต่าง ๆ ได้แก่ น้ำมันคาเมลิน่า น้ำมันไตรโอเลอิน (Triolein) และน้ำมันมะเยาหินตามลำดับ แต่จากการที่อันเนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างของกรดไขมันที่อยู่ในน้ำมัน แต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ทำให้ความเร็วในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไม่เท่ากัน ตัวโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันสำโรงประกอบไปด้วยกรดไขมัน Palmitic (C16:0) เป็นส่วนปะกอบหลัก ซึ่งมีคาร์บอนสายสั้นกว่าตัวอื่น แต่โครงสร้างทางเคมีของน้ำมันมะเยาหิน จะมี Elaeostearic (C18:3n-5) เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งจะมีคาร์บอนสายยาวกว่า และเป็นกรดไขมันที่มีลักษณะเป็นคอนจุเกต (Conjugated) ทำให้เฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยามากกว่า

สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองจะพบว่า การศึกษาความเข้มข้นของหมู่กรดซัลโฟนิก ที่ตรึงอยู่บนตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ที่สังเคราะห์ได้ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ใช้เวลาคาร์บอไนเซชัน 9 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR บนตัวเร่งปฏิกิริยา ยืนยันการสั่นของ O=S=O stretching จะปรากฏขึ้นที่ 1377 cm^{-1} และ Asymmetric S=O stretching จะปรากฏขึ้นที่ 1200 cm^{-1} และหมู่คาร์บอกซิลิก หรือหมู่ที่สั่นที่ใกล้เคียงกับหมู่คาร์บอกซิลิก ซึ่งจะปรากฏขึ้นที่ C=O stretching ที่ 1730cm^{-1} และ C-O stretching ที่ 1210 cm^{-1} จากการที่ได้ทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมันชนิดต่าง ๆต่อเมทานอล พบว่าอัตราส่วนของน้ำมันมาตรฐานต่อเมทานอล ที่เหมาะสมกับการใช้ในขั้นตอนการทำปฏิกิริยาด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้ คือ อัตราส่วนน้ำมัน 1 ส่วนต่อเมทานอล 15 ส่วน โดยใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 80 องศาเซลเซียส ใช้ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้จากวัสดุเส้นใยไผ่ 5%wt และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมง ซึ่งพบว่า จะให้การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของเมทิลเอสเทอร์เท่ากับ 93.76 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำสภาวะนี้มาใช้การการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันกับน้ำมันสำโรง พบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้จากเส้นใยไผ่ที่นำมาผ่านการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมงสามารถนำมาเร่งในปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน โดยในปฏิกิริยาจะใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสและใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 24 ชั่วโมงเท่ากัน สามารถผลิตสารเมทิลเอสเทอร์ได้สูงสุด 95.24 เปอร์เซ็นต์และความสามารถของตัวเร่งที่ใช้ในปฏิกิริยาพบว่า ทำซ้ำได้ 4 ครั้ง การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์เป็นเมทิลเอสเทอร์จะลดลง

ข้อเสนอแนะ

1. ในการทำวิจัยในลักษณะนี้ที่ในส่วนของหาปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ ไบโอดีเซลหรือไบโอเอสเทอร์ ควรจะใช้วิธีการอินทิเกรทค่าที่ได้จากผลการวัดโดยใช้เครื่อง ^{1}H-NMR

2. แนวทางการพัฒนาวิธีการผลิตในอนาคต ควรส่งเสริมการใช้วิธี Contineous Transesterification Reactor เพราะจะสามารถผลิตไบโอดีเซลได้ปริมาณมาก เหมาะสำหรับภาคอุตสาหกรรม

3. ควรมีการร่วมมือพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงให้มากกว่านี้

4. ข้อดีของประโยชน์ในการพัฒนาน้ำมันไบโอดีเซล เพื่อเอาไว้เป็นพลังงานสำรองสำหรับประเทศที่สามารถผลิตได้เอง ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

5. ให้ประโยชน์ในแง่วิชาการในแง่การได้เทคโนโลยีชนิดใหม่ที่พัฒนาจากวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ นำมาสร้างคุณค่าเพิ่ม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สุทธิชาติ เกิดผล และ ดร.ศุภนิมิตร เจียมพานิชยกุล ที่ได้ช่วยเหลือแนะนำข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือที่จะต้องใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ รศ.ดร.วิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะที่มีความสำคัญต่องานวิจัย และขอขอบคุณ ดร.พูลศักดิ์ สหกิจพิจารณ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และให้ความช่วยเหลือในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และงานวิจัยในครั้งนี้ได้สำเร็จไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือจาก คุณวิชญสิทธิ์ อินทกุศล ที่ได้ช่วยเหลือในการหาข้อมูลทางวิชาการมาสนับสนุน ทางคณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

อนุสรณ์ วรสิงห์ และ จตุรงค์ สุภาพพร้อม. (2560). *การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธ์รูปแบบใหม่สำหรับกระบวนการผลิตพลังงานทดแทนประเภทไบโอดีเซล* (รายงานผลการวิจัย). คณะวิทยาศาสตร์: มหาวิทยาลัยเรศวร.

Tiwari, A. K., Kumar, A., Raheman, H. (2007). Biodiesel production from jatropha oil (Jatropha curcas) with high free fatty acids: An optimized process. *Biomass Bioenergy*, *31*(8), 569-575. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.03.003

Marchetti, J. M., Errazu, A. F. (2008). Esterification of free fatty acids using sulfuric acid as catalyst in the presence of triglycerides. *Biomass and Bioenergy*, *32*(9), 892 - 895. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.01.001

Knothe, G. (2000). Monitoring a processing transesterification reaction by fiber-optic near infrared spectroscopy with correlation to 1H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *J Amer Oil Chem Soc*, 77, 489-493. https://doi.org/10.1007/s11746-000-0078-5

Toda, M., Takagaki, A., Okamura, M., Kondo, J. N., Hayashi, S., Domen, K. and Hara, M. (2005). Biodiesel Made with sugar catalyst. *Nature*, *438*, 178.

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันคำนวณวงรอบปิด โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบสร้างสรรค์

จักรกฤษณ์ เคนน้ำอ่าง[1], ชัยสิทธิ์ จันทรา[1], ณัฐดนัย ทาแกง[1], สสิกรณณ์ เหลืองวิชชเจริญ[1]

และภัคพงศ์ หอมเนียม[1*]

Development of Web Application for Calculating Closed Traverse Using Generative Artificial Intelligence

Jakkit Kanumang[1], Chaiyasit Chantha[1], Natdanai Takeang[1],

Sasikorn Leungvichcharoen[1] and Phakphong Homniam[1*]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*Corresponding author E-mail: phakphong@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ นำเสนอการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อคำนวณ "วงรอบปิด" ซึ่งเป็นหนึ่งในงานสำคัญด้านวิศวกรรมสำรวจ โดยใช้ความสามารถในการประมวลผลทางภาษาของแชทจีพีที-4 ซึ่งเป็นโมเดลปัญญาประดิษฐ์แบบสร้างสรรค์ที่พัฒนาโดยบริษัทโอเพนเอไอ ในระหว่างการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนี้ ผู้วิจัยได้ป้อนคำถามที่เกี่ยวกับงานวงรอบปิด ไปยังแชทจีพีที-4 ซึ่งจากนั้นจะถูกประมวลผลและส่งคืนข้อมูลที่จำเป็น เช่น คำสั่งในการเขียนโปรแกรม วิธีการคำนวณปรับแก้มุมภายใน การนำเข้าข้อมูล การส่งออกข้อมูล และการแสดงหมุดบนแผนที่ เป็นต้น โดยมีการปรับปรุงคำถามและคำตอบหลายรอบ พบว่า สามารถพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันได้สำเร็จ และได้รับผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมสำรวจ จำนวน 3 คน และ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 คน ต่อประสิทธิภาพและความถูกต้องของเว็บแอปพลิเคชัน อยู่ในระดับ "สูง" (ค่าเฉลี่ย = 4.47, S.D. = 0.54) และ "สูงมาก" (ค่าเฉลี่ย = 4.60, S.D. = 0.00) ตามลำดับ และผลสำรวจความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานที่เป็นนิสิตและบุคคลากรในสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ จำนวน 33 คน อยู่ในระดับ "สูง" (ค่าเฉลี่ย = 4.36, S.D. = 0.57) เช่นเดียวกัน

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน วงรอบปิด ปัญญาประดิษฐ์แบบสร้างสรรค์ แชทจีพีที-4

Abstract

This study presents the development of a web application for calculating “Closed Traverse” an important task in survey engineering, using the natural language processing capabilities of ChatGPT-4, which is a generative artificial intelligence model developed by OpenAI. During the development of this web application, researchers entered questions related to Closed Traverse tasks into ChatGPT-4, which then processed and returned necessary information such as programming commands, methods for calculating and correcting angles internally, data importation, data exportation, and displaying pins on maps, etc. The questions and answers were revised several times until the web application was developed successfully. It received high evaluation results: the performance and accuracy of the web application were rated as ″high″ (mean = 4.47, SD = 0.54) and ″very high″ (mean = 4.60, SD = 0.00) by three experts in survey engineering and one expert in computer engineering, respectively. Additionally, a user satisfaction survey conducted among staff and students in the fields of civil and environmental engineering (totaling 33 persons) rated it as ″high″ (mean = 4.36, SD = 0.57).

Keywords: Web application, Closed traverse, Generative artificial intelligence, ChatGPT-4

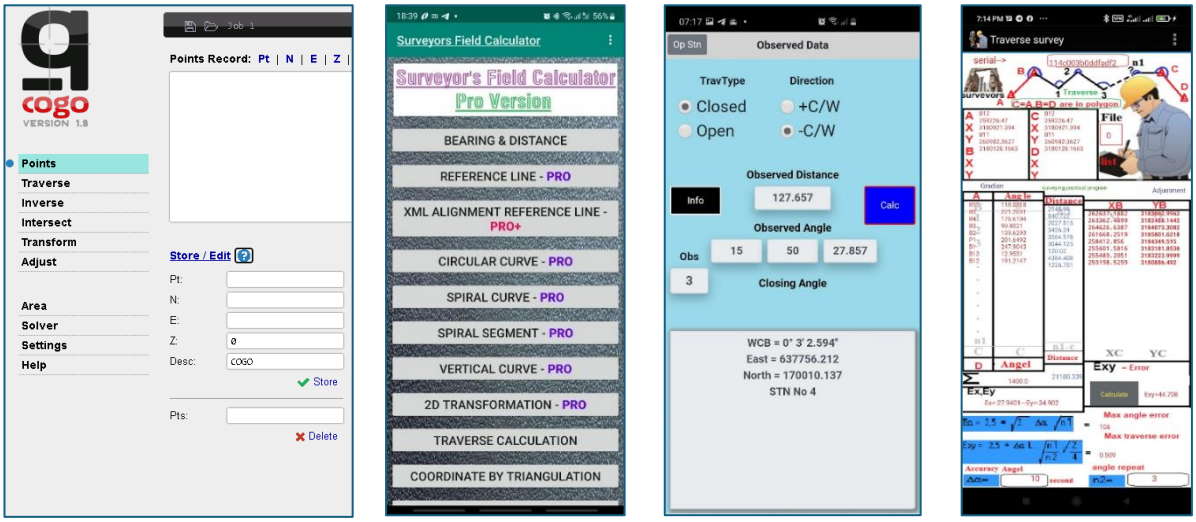
บทนำ

งานวงรอบปิด (Closed Traverse) จัดเป็นหนึ่งในงานวิศวกรรมสำรวจที่มีความสำคัญ (ภัคพงศ์, 2566) โดยปกติผู้ทำงานด้านวิศวกรรมสำรวจจะใช้กล้องสำรวจร่วมกับอุปกรณ์วัดระยะทาง และบันทึกข้อมูลที่อ่านได้ลงในสมุดสนาม (Field book) จนครบทั้งวงรอบ แล้วจึงนำข้อมูลทั้งหมดมาบันทึกลงในคอมพิวเตอร์ เพื่อประมวลและปรับแก้ผลการสำรวจตามหลักวิชาวิศวกรรมสำรวจในภายหลัง โดยผู้ทำงานนิยมใช้สมุดงานในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลล์ เนื่องจากมีความคุ้นเคย และสามารถเขียนสูตรคำนวณที่ซับซ้อน และสามารถกำหนดขั้นตอนการบันทึกข้อมูลและการตรวจสอบความถูกต้องของผลการคำนวณได้โดยง่าย

สำหรับการบันทึกข้อมูลและประมวลผลทันทีในสนามได้มีผู้พัฒนาแอปพลิเคชัน มาให้บริการทั้งแบบฟรีและมีค่าใช้จ่าย ตัวอย่างเช่น Q-Cogo (Manson, 2022), Survey Calculator Pro (Thiagarajan, 2023), SurvEngTrav (SurvEngCalcs, 2024) และ Traverse Survey (dDream, 2021) เป็นต้น (ดังรูปที่ 1) อย่างไรก็ตามแอปพลิเคชันเหล่านี้เผยแพร่ในลักษณะที่ต้องบันทึกข้อมูลตามที่กำหนดโดยผู้พัฒนาเท่านั้น ไม่สามารถปรับปรุงขั้นตอนการบันทึกข้อมูลและการกำหนดสูตรคำนวณได้เอง และอาจไม่สอดคล้องกับการทำงานในประเทศไทย ตัวอย่างเช่น หากต้องการบันทึกมุม ด้วยการส่องกล้อง ไป/กลับ 4 รอบ (โดยใช้กล้องหน้าซ้าย 4 รอบ และกล้องหน้าขวา 4 รอบ) เพื่อเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้น จะไม่สามารถดำเนินการด้วยแอปพลิเคชันดังที่กล่าวมาแล้วได้ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

สำหรับงานวงรอบปิดที่มีขั้นตอนและวิธีการเก็บรายละเอียดตามแบบที่ใช้งานทั่วไปในประเทศไทยที่สามารถบันทึกและตรวจสอบผลในระหว่างการทำงานซึ่งจะช่วยลดโอกาสแห่งความผิดพลาด และทำให้ทำงานได้สำเร็จรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยเลือกใช้แชทจีพีที-4 (OpenAI, 2023) ซึ่งเป็นโมดูลปัญญาประดิษฐ์แบบสร้างสรรค์ (Generative Artificial Intelligence) มาช่วยในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน โดยอาศัยความสามารถในการตอบคำถามและสรุปคำสั่งในการเขียนโปรแกรม วิธีการคำนวณปรับแก้มุมภายใน การนำเข้าข้อมูล การส่งออกข้อมูล และการแสดงหมุดบนแผนที่ เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของบทความวิจัยนี้ ได้แก่ เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับใช้ในการคำนวณงานวงรอบปิดสำหรับงานสำรวจและก่อสร้าง โดยใช้ความสามารถในการประมวลผลทางภาษาของแชทจีพีที-4 ซึ่งเป็นโมเดลปัญญาประดิษฐ์แบบสร้างสรรค์ที่พัฒนาโดยบริษัทโอเพนเอไอมาช่วยในการพัฒนา โดยมีสมมติฐานงานวิจัยได้แก่ (1) ด้วยการตั้งคำถามและการปรับปรุงคำถามที่เหมาะสมระหว่างผู้ใช้งานและแชทจีพีที-4 จะช่วยให้สามารถพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันได้สำเร็จ (2) เว็บแอปพลิเคชันที่ได้จะมีประสิทธิภาพและความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ดีเพียงพอ รวมทั้งให้ผลการประเมินความพึงพอใจที่ดีเพียงพอ เช่นเดียวกัน



(ก) Q-Cogo (Manson, 2022) | (ข) Survey Calculator Pro (Thiagarajan, 2023) | (ค) SurvEngTrav (SurvEngCalcs, 2024) | (ง) Traverse Survey (dDream, 2021)

รูปที่ 1 ตัวอย่างแอปพลิเคชันสำหรับงานวงรอบและงานวิศวกรรมสำรวจ

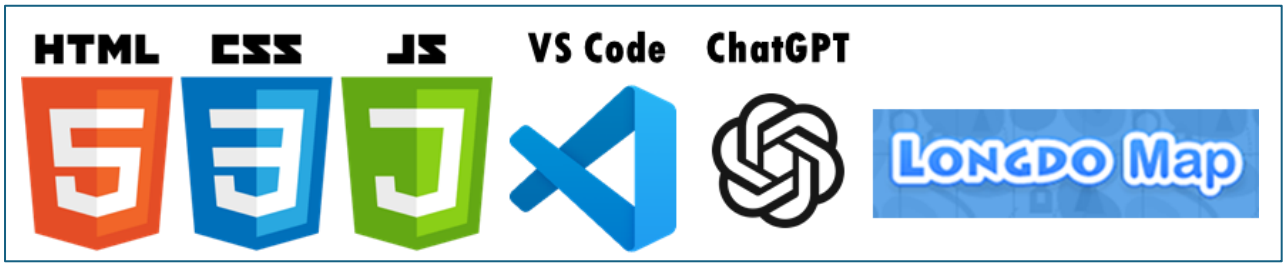
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เพื่อความเล็กกระทัดรัด ปลอดภัยและสะดวกต่อผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันนี้จะไม่มีการติดตั้งระบบฐานข้อมูล แต่จะอนุญาตให้ผู้ใช้ ดาวน์โหลดและอัพโหลด ข้อมูลตารางในรูปแบบสมุดงานไมโครซอฟต์เอ็กเซลล์ (.xlsx) ได้ ซึ่งปัจจุบัน การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่ไม่ใช้ฐานข้อมูล นิยมใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ อย่างน้อย 3 ภาษาร่วมกัน (บัญชา ปะสีละเตสัง, 2564) ได้แก่ ภาษาเอชทีเอ็มแอล (Hyper Text Markup Language; HTML) สำหรับการจัดเตรียมโครงสร้างและเนื้อหาเว็บเพจ ภาษาซีเอสเอส (Cascading Style Sheets; CSS) สำหรับการจัดรูปแบบและการตกแต่ง และภาษาสคริป (Script Language) สำหรับการรับค่า การคำนวณ และการแสดงผลลัพธ์ ในที่นี้เลือกใช้ภาษาจาวาสคริป (Javascript) ซึ่งสามารถประมวลผลได้ทั้งในฝั่งไคลเอนต์และฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (ผ่าน Node.js) โดยเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาได้แก่

(1) วิชวลสตูดิโอโค้ด (Visual Studio Code; VS Code) เป็นโปรแกรมแก้ไขและปรับแต่งข้อความ (ซอร์สโค้ด) แบบรหัสเปิด (Open source) ที่ได้รับความนิยมสูง ถูกพัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ มีส่วนขยาย (Extension) มากมาย ปัจจุบันเป็นเวอร์ชั่น 1.88 (Microsoft, 2024)

(2) แชทจีพีที-4 (ChatGPT-4) เป็นโมดูลปัญญาประดิษฐ์แบบสร้างสรรค์ ที่พัฒนาโดยบริษัทโอเพนเอไอ ได้รับการฝึกฝนด้วยชุดข้อมูลขนาดใหญ่ของข้อความและซอร์สโค้ดจากอินเตอร์เน็ตทั่วโลก ทำให้สามารถตอบคำถามและเขียนซอร์สโค้ดที่เกี่ยวข้อง ได้อย่างรวดเร็ว

(3) Longdo Map บริการแผนที่ออนไลน์สัญชาติไทย พัฒนาโดยบริษัท Longdo จำกัด ให้บริการแผนที่ประเทศไทยที่ครอบคลุม แม่นยำ สามารถใช้งานผ่านส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (Application Program Interface; API) ด้วยภาษาจาวาสคริปได้ ปัจจุบันเป็นเวอร์ชั่น 3 (Metamedia Technology, 2023)



รูปที่ 2 ภาษาและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

ขั้นตอนการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

เนื่องจากเป็นแอปพลิเคชันขนาดเล็ก มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับงานวงรอบปิด โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือ นิสิตนักศึกษาและผู้ปฏิบัติงานด้านการสำรวจ จึงสรุปขั้นตอนแผนการดำเนินงาน พอสังเขป ดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> การวางแผน ได้แก่ ร่างแนวคิด และรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน กำหนดวิธี การรับค่า สูตรคำนวณ และวิธีการแสดงผล รวมทั้งการเชื่อมโยง ของแต่ละหน้า (เพจ)

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> การเขียนซอร์สโค้ด (ด้วยภาษา HTML, CSS และ Javascript) เป็นขั้นตอนที่ต้องมีการทำซ้ำหลายรอบสลับกับขั้นตอนที่ 3 และ 4 โดยมีขั้นตอน สำคัญได้แก่

2.1 สร้างหน้าเว็บเพจ กำหนดการรับข้อมูล การคำนวณ และการแสดงผลลัพธ์

2.2 การใช้ API ของ Longdo Map เพื่อแสดงผลบนแผนที่

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> การทดลองใช้งานโดยทีมผู้พัฒนา

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> การปรับปรุงซอร์สโค้ด โดยทีมผู้พัฒนา

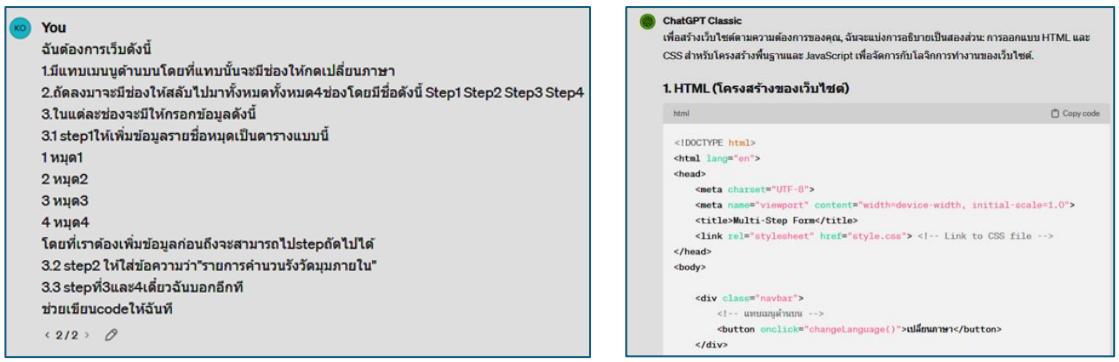
<u>ขั้นตอนที่ 5</u> การทดสอบและปรับปรุงก่อนการเปิดให้ใช้งานจริง ได้แก่

5.1 นำเว็บแอปพลิเคชันให้ผู้ใช้ลองใช้และประเมิณความพึงพอใจ

5.2 นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงระบบและแก้ไขซอร์สโค้ด

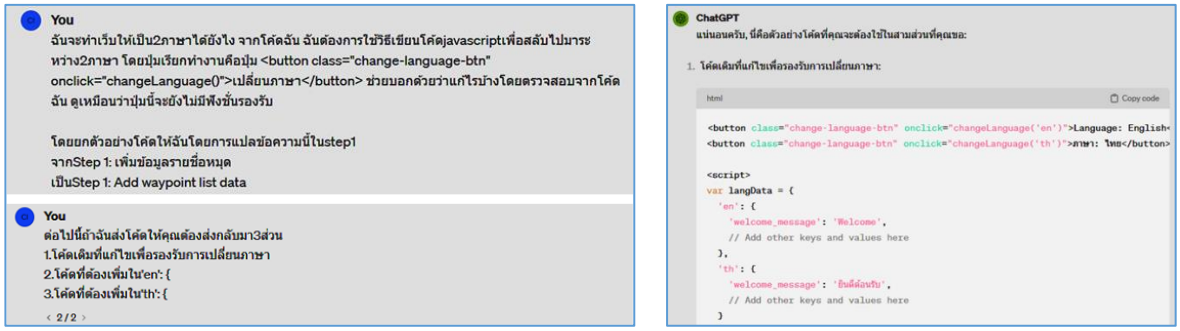
การใช้ แชทจีพีที-4 ช่วยในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยเลือกใช้ แชทจีพีที-4 มาช่วยในการดำเนินงาน ขั้นตอนที่ 2-4 โดยจะมีการเขียนคำสั่งและได้รับคำตอบเป็นซอร์สโค้ดพร้อมคำอธิบาย ซึ่งสามารถตั้งคำถาม และขอการปรับปรุงโดยการตั้งคำถามซ้ำได้ดังแสดงในรูปที่ 3-5 ทั้งนี้ซอร์สโค้ดจะถูกรวบรวมไว้ในไฟล์ index.htm และ style.css (เนื่องจากซอร์สโค้ดในส่วนของจาวาสคริป มีขนาดไม่ใหญ่มากจึงเขียนรวมอยู่ใน index.htm และใช้การอ้างอิงไปยัง ไลบรารีเฉพาะทาง เช่น html2canvas.min.js, jspdf.umd.min.js และ Proj4.js สำหรับ การบันทึกหน้า html ให้เป็นภาพ, การสร้างเอกสาร PDF, และการแปลงโคออร์ดิเนต เป็นต้น)



รูปที่ 3 ตัวอย่างคำสั่งในการสร้างหน้าเว็บด้วยข้อความ และคำตอบพร้อมซอร์สโค้ดที่ได้รับจาก แชทจีพีที-4

รูปที่ 4 ตัวอย่างคำสั่งเพื่อเพิ่มและปรับแก้จากคำตอบที่ได้รับก่อนหน้า และหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่ได้



รูปที่ 5 ตัวอย่างการสั่งเพื่อการสร้างแอปพลิเคชันแบบ 2 ภาษา

ผลการศึกษา

1. รายละเอียดและขั้นตอนการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

จากวิธีการตั้งคำถามไปยัง แชทจีพีที-4 หลายรอบเกิดเป็นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการคำนวณวงรอบปิด ประกอบด้วยแถบเมนู พื้นที่กรอกข้อมูลและแสดงผล มีรายละเอียดแสดงในรูปที่ 6-10 ดังนี้

แถบเมนูด้านบน แสดงบนทุกหน้าของเว็บ จากซ้ายไปขวา ดังนี้

(1) ตราสัญลักษณ์ (โลโก้) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

(2) คู่มือการใช้งาน

(3) ขั้นตอนการคำนวณ (ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน)

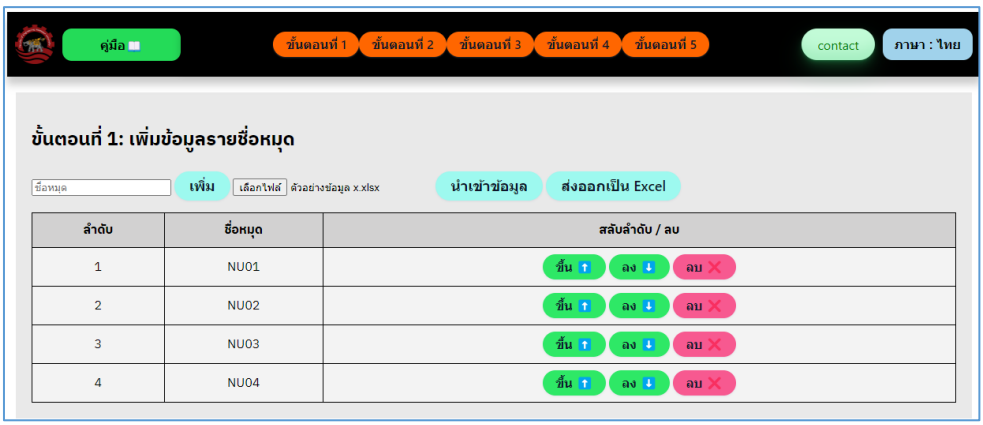
(4) ข้อมูลติดต่อผู้พัฒนา

(5) ปุ่มสำหรับการเปลี่ยนภาษา

ขั้นตอนการคำนวณวงรอบปิดมี 5 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> การเพิ่มข้อมูลรายชื่อหมุด

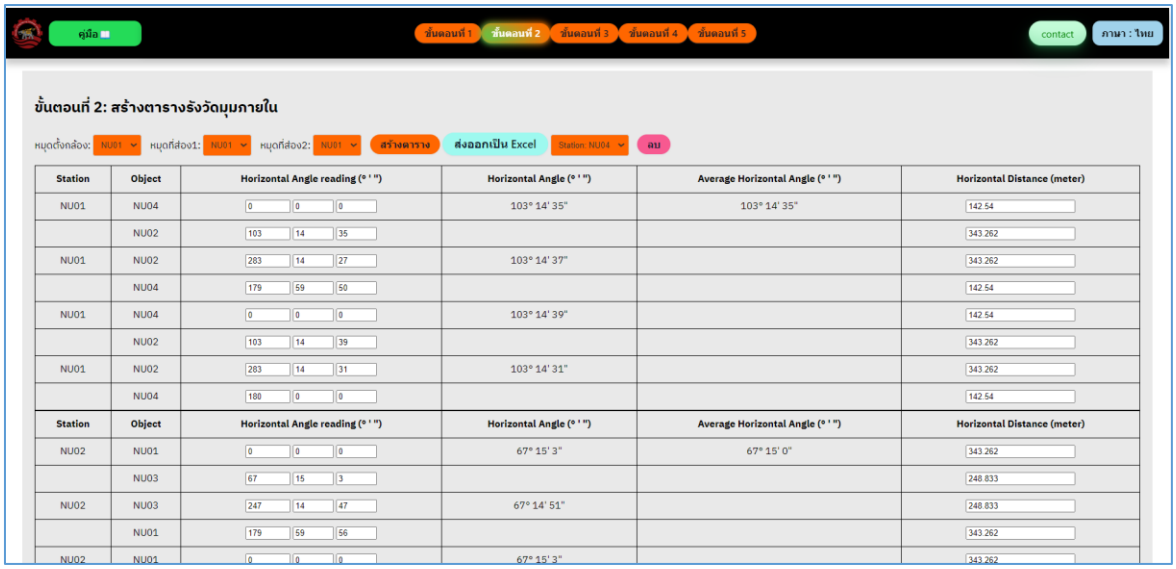
เป็นขั้นตอนการสร้างรายชื่อหมุดวงรอบตามข้อมูลที่รังวัดจากสนาม ผู้ใช้งานสามารถกด เพิ่ม ย้ายตำแหน่งหมุด หรือ ลบหมุดได้ รวมทั้ง นำเข้าข้อมูล ที่ได้บันทึกไว้ก่อนหน้า หรือ ส่งออกข้อมูลงานวงรอบ เพื่อบันทึกไว้ในอุปกรณ์ ได้จากหน้าเว็บเพจนี้



รูปที่ 6 แสดงแถบเมนูด้านบนและเว็บเพจของขั้นตอนที่ 1

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> การสร้างตารางรังวัดมุมภายใน

เป็นขั้นตอนการจัดการและกรอกข้อมูลรังวัดมุมภายใน โดยผู้ใช้จะต้องเลือก หมุดตั้งกล้อง, หมุดที่ส่อง 1 และหมุดที่ส่อง 2 จาก dropdown list แล้วทำการกดปุ่มสร้างตาราง ระบบจะสร้างตารางสำหรับการกรอกข้อมูลของหมุดตั้งกล้องนี้ขึ้นมาให้ และผู้ใช้สามารถกรอกค่ามุมและระยะทางที่อ่านได้ (แต่ละหมุดต้องกรอกค่ามุมรวม 8 ค่า ได้แก่ ค่าที่อ่านได้จากการวัดมุมปกติและการวัดมุมจากการพลิกกลับกล้อง อย่างละ 4 รอบ เป็นต้น)

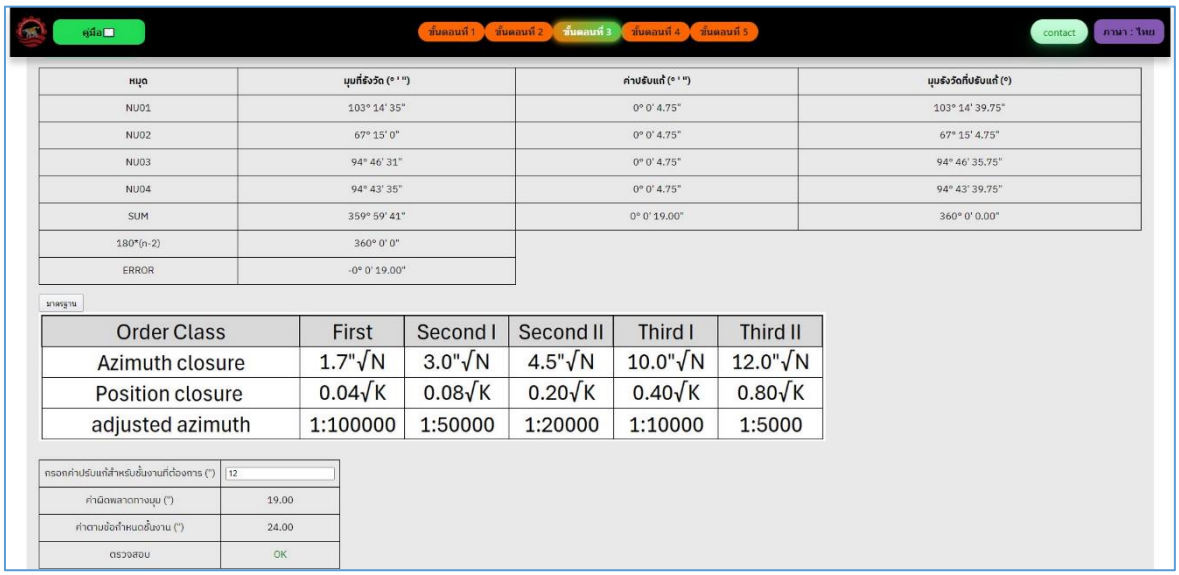


Station	Object	Horizontal Angle reading (° ' ")	Horizontal Angle (° ' ")	Average Horizontal Angle (° ' ")	Horizontal Distance (meter)
NU01	NU04	0 0 0	103° 14' 35"	103° 14' 35"	142.54
	NU02	103 14 35			343.262
NU01	NU02	283 14 27	103° 14' 37"		343.262
	NU04	179 59 50			142.54
NU01	NU04	0 0 0	103° 14' 39"		142.54
	NU02	103 14 39			343.262
NU01	NU02	283 14 31	103° 14' 31"		343.262
	NU04	180 0 0			142.54
Station	**Object**	**Horizontal Angle reading (° ' ")**	**Horizontal Angle (° ' ")**	**Average Horizontal Angle (° ' ")**	**Horizontal Distance (meter)**
NU02	NU01	0 0 0	67° 15' 3"	67° 15' 0"	343.262
	NU03	67 15 3			248.833
NU02	NU03	247 14 47	67° 14' 51"		248.833
	NU01	179 59 56			343.262
NU02	NU01	0 0 0	67° 15' 3"		343.262

รูปที่ 7 ขั้นตอนที่ 2 การสร้างตารางรังวัดมุมภายใน

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> การปรับแก้มุมภายในและการตรวจสอบค่ามาตรฐานชั้นงาน

ระบบจะคำนวนและปรับแก้ค่ามุมภายในตามหลักการทางวิศวกรรมสำรวจและผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนว่าอยู่ในระดับชั้นงานใด



หมุด	มุมที่รังวัด (° ' ")	ค่าปรับแก้ (° ' ")	มุมรังวัดที่ปรับแก้ (°)
NU01	103° 14' 35"	0° 0' 4.75"	103° 14' 39.75"
NU02	67° 15' 0"	0° 0' 4.75"	67° 15' 4.75"
NU03	94° 46' 31"	0° 0' 4.75"	94° 46' 35.75"
NU04	94° 43' 35"	0° 0' 4.75"	94° 43' 39.75"
SUM	359° 59' 41"	0° 0' 19.00"	360° 0' 0.00"
180*(n-2)	360° 0' 0"		
ERROR	-0° 0' 19.00"		

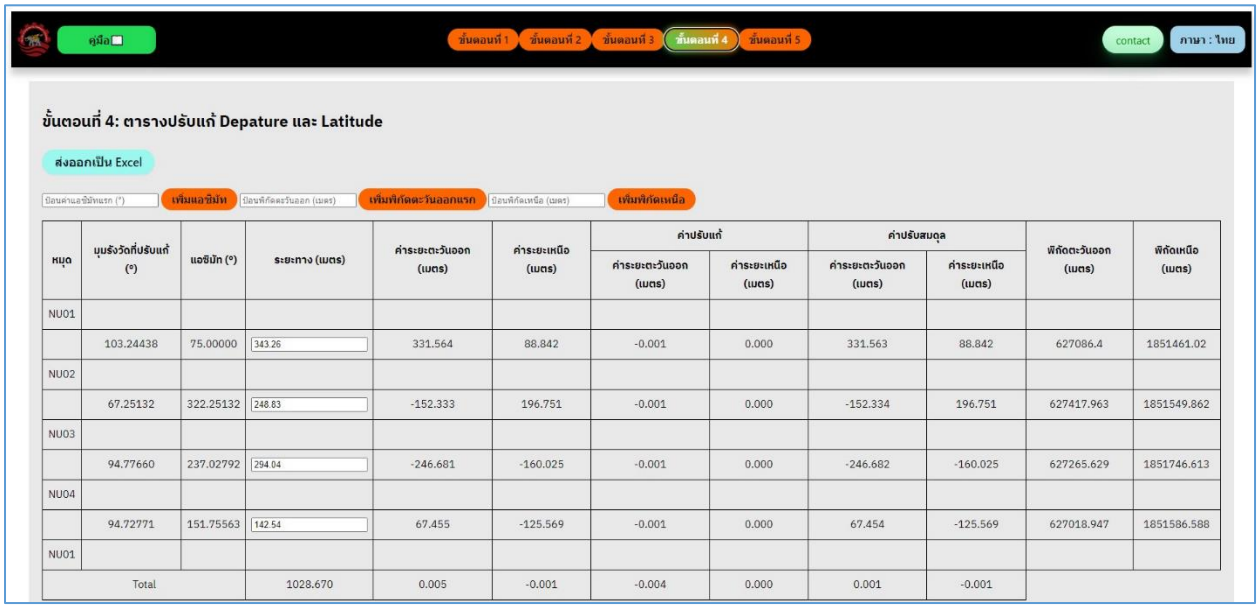
Order Class	First	Second I	Second II	Third I	Third II
Azimuth closure	1.7"√N	3.0"√N	4.5"√N	10.0"√N	12.0"√N
Position closure	0.04√K	0.08√K	0.20√K	0.40√K	0.80√K
adjusted azimuth	1:100000	1:50000	1:20000	1:10000	1:5000

กรอกค่าปรับแก้สำหรับชั้นงานที่ต้องการ (")	12
ค่าผิดพลาดทางมุม (")	19.00
ค่าตามข้อกำหนดชั้นงาน (")	24.00
ตรวจสอบ	OK

รูปที่ 8 การปรับแก้มุมภายในและการตรวจสอบค่ามาตรฐานชั้นงาน

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> การปรับแก้ระยะเหนือ ระยะตะวันออก และหาค่าพิกัดยูทีเอ็ม

เป็นขั้นตอนปรับแก้ระยะเหนือและระยะตะวันออก เพื่อใช้ในการคำนวณค่าพิกัดของหมุดวงรอบ โดยในขั้นตอนนี้ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูล ค่าอาซิมุท และค่าพิกัดยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator; UTM) ของหมุดแรก ระบบจะคำนวณค่าของหมุดอื่น ๆ ทั้งหมดให้

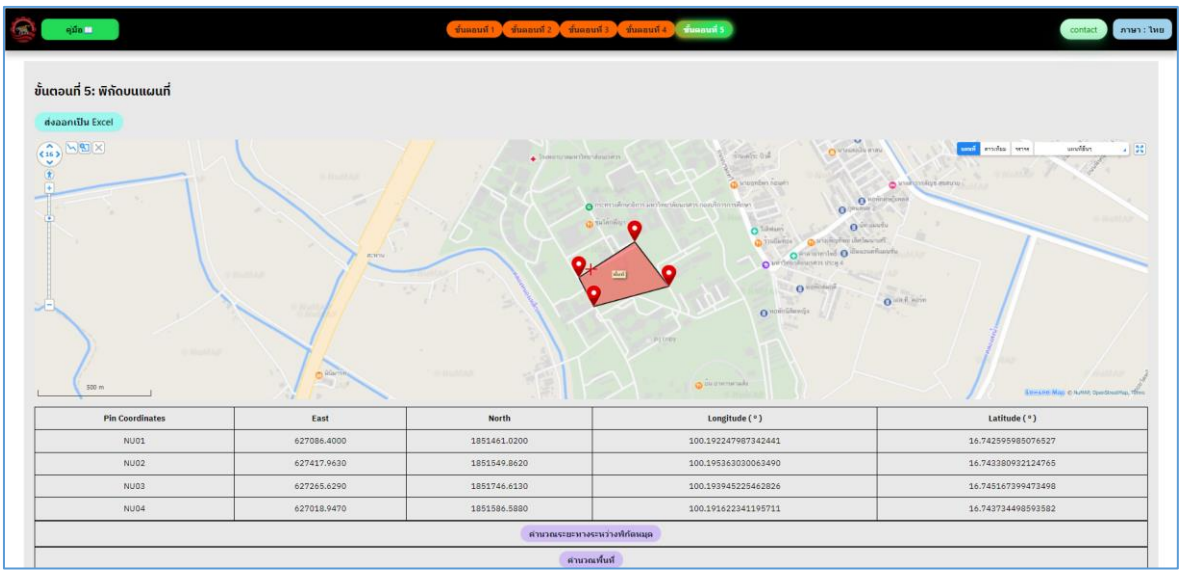


หมุด	มุมรังวัดที่ปรับแก้ (°)	แอซิมัท (°)	ระยะทาง (เมตร)	ค่าระยะตะวันออก (เมตร)	ค่าระยะเหนือ (เมตร)	ค่าปรับแก้		ค่าปรับสมดุล		พิกัดตะวันออก (เมตร)	พิกัดเหนือ (เมตร)
						ค่าระยะตะวันออก (เมตร)	ค่าระยะเหนือ (เมตร)	ค่าระยะตะวันออก (เมตร)	ค่าระยะเหนือ (เมตร)		
NU01											
	103.24438	75.00000	343.26	331.564	88.842	-0.001	0.000	331.563	88.842	627086.4	1851461.02
NU02											
	67.25132	322.25132	248.83	-152.333	196.751	-0.001	0.000	-152.334	196.751	627417.963	1851549.862
NU03											
	94.77660	237.02792	294.04	-246.681	-160.025	-0.001	0.000	-246.682	-160.025	627265.629	1851746.613
NU04											
	94.72771	151.75563	142.54	67.455	-125.569	-0.001	0.000	67.454	-125.569	627018.947	1851586.588
NU01											
Total			1028.670	0.005	-0.001	-0.004	0.000	0.001	-0.001		

รูปที่ 9 ปรับแก้ระยะตะวันออก ระยะเหนือและหาค่าพิกัดยูทีเอ็ม

<u>ขั้นตอนที่ 5</u> การแสดงผลลัพธ์

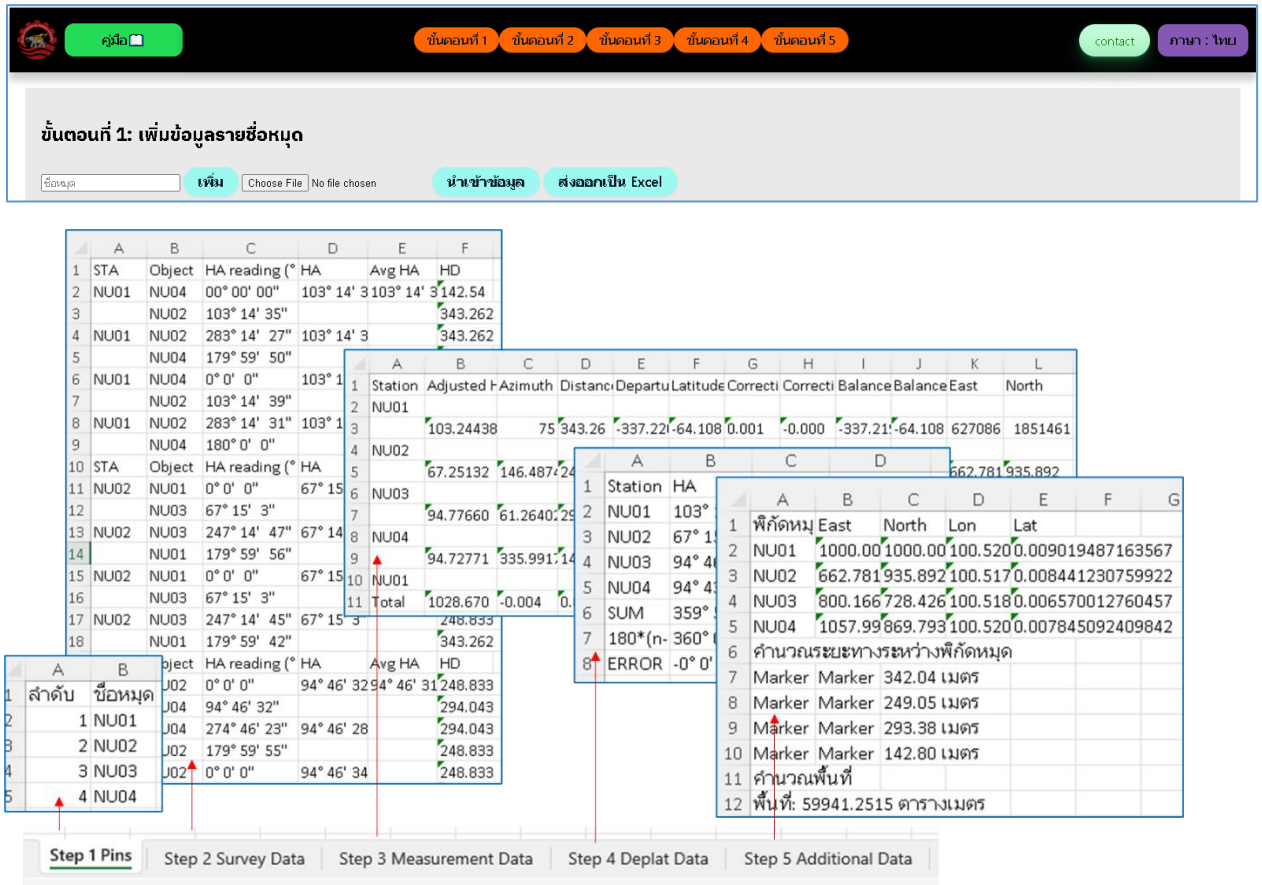
เป็นขั้นตอนการแสดงผลลัพธ์ในรูปแผนที่ โดยใช้ API ของ Longdo Map และแสดงผลการคำนวณ ระยะทางระหว่างหมุดและพื้นที่ล้อมรอบทั้งหมดของวงรอบปิด



Pin Coordinates	East	North	Longitude (°)	Latitude (°)
NU01	627086.4000	1851461.0200	100.192247987342441	16.742595985076527
NU02	627417.9630	1851549.8620	100.195363030063490	16.743380932124765
NU03	627265.6290	1851746.6130	100.193945225462826	16.745167399473498
NU04	627018.9470	1851586.5880	100.191622341195711	16.743734498593582
คำนวณระยะทางระหว่างพิกัดหมุด				
คำนวณพื้นที่				

รูปที่ 10 การแสดงผลลัพธ์ของเว็บแอปพลิเคชัน

ในระหว่างการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน ผู้ใช้สามารถนำเข้าหรือส่งออกข้อมูล ในรูปแบบสมุดงานไมโครซอฟต์เอ็กเซลล์ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 การนำเข้าและส่งออกข้อมูลในรูปแบบสมุดงานไมโครซอฟต์เอ็กเซลล์ (.xlsx)

2. ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยได้เลือกผู้ประเมินเว็บแอปพลิเคชันเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมสำรวจ (2) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และ (3) ผู้ใช้งานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวงรอบ โดย 2 กลุ่มแรก จะเป็นคำถามเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบ ในขณะที่กลุ่มที่ 3 จะเป็นคำถามเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน ทั้งนี้โดยผู้วิจัยได้ติดต่อผู้ประเมินทั้ง 3 กลุ่มเพื่อขอให้ทดสอบใช้งานและตอบแบบประเมิน ผ่านระบบ Google Form ได้ผลการสำรวจดังนี้ ผลการประเมินประสิทธิภาพ ด้านความเร็วในการแสดงผลหน้าเว็บเพจ ด้านความถูกต้อง ด้านการใช้งาน ด้านการใช้งานบนอุปกรณ์และแพลตฟอร์มต่าง ๆ และด้านความสามารถในการทำงาน พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมสำรวจ จำนวน 3 คน ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับสูง (ค่าเฉลี่ย = 4.47, S.D. = 0.54) และผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1 คน ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับสูงมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.60, S.D. = 0.00) (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมสำรวจ 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 1 คน

รายการประเมิน	ประสิทธิภาพ					
	ด้านวิศวกรรมสำรวจ			ด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
ด้านความเร็วในการโหลดหน้าเว็บ (Response Time Testing)	4.67	0.47	สูงมาก	5.00	0.00	สูงมาก
ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบแต่ละส่วน (Functional Testing)	4.67	0.47	สูงมาก	5.00	0.00	สูงมาก
ด้านการใช้งาน (Usability Testing)	4.33	0.47	สูง	5.00	0.00	สูงมาก
ด้านการใช้งานบนอุปกรณ์และแพลตฟอร์มต่าง ๆ (Cross-platform Testing)	4.00	0.82	สูง	3.00	0.00	ปานกลาง
ด้านความสามารถในการทำงาน (Performance Testing)	4.67	0.47	สูงมาก	5.00	0.00	สูงมาก
ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้งานโดยรวม	4.47	0.54	สูง	4.60	0.00	สูงมาก

และจากการสำรวจความพึงพอใจการใช้งานของเว็บแอปพลิเคชัน ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบ ด้านความถูกต้องและการแสดงผล พบว่า ผลการสำรวจความพึงพอใจโดย บุคคลการและนิสิตสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา และนิสิตสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ชั้นปีที่ 2-4 ซึ่งได้ผ่านการเรียนรายวิชา 304261 หรือรายวิชา 304231 สำรวจ (Surveying) มาแล้ว จำนวน 33 คน พบว่ามีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจการใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับสูง (ค่าเฉลี่ย = 4.36, S.D. = 0.57) (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการสำรวจความพึงพอใจการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน โดยบุคลากรและนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 33 คน

รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
<u>ด้านที่ 1 การออกแบบและการจัดรูปแบบ</u>			
ความทันสมัย ความน่าสนใจของเว็บแอปพลิเคชัน	4.33	0.53	สูง
การจัดรูปแบบในเว็บแอปพลิเคชันง่ายต่อการใช้งาน	4.12	0.59	สูง
เมนูการใช้งานง่ายต่อการใช้งาน	4.24	0.60	สูง
ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร สามารถอ่านได้ง่าย	4.39	0.60	สูง
ความเหมาะสมและความสวยงาม	4.30	0.52	สูง
<u>ด้านที่ 2 ความถูกต้อง และการแสดงผล</u>			
ความสะดวกในการเชื่อมโยงข้อมูลภายในเว็บ	4.48	0.56	สูง
ความสะดวกในการเชื่อมโยงข้อมูลภายนอกเว็บ (การนำเข้าข้อมูล)	4.39	0.60	สูง
ความสะดวกรวดเร็วในการโหลดหน้าเว็บแอปพลิเคชัน	4.45	0.66	สูง
ความถูกต้องชัดเจน ในการคำนวณค่าต่าง ๆ	4.67	0.59	สูงมาก
<u>ด้านที่ 3 ระดับความพึงพอใจโดยรวม</u>			
ความพึงพอใจในด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน	4.30	0.58	สูง
ความพึงพอใจในด้านคุณภาพของเว็บแอปพลิเคชัน	4.33	0.53	สูง
ความพึงพอใจโดยภาพรวมของเว็บแอปพลิเคชัน	4.24	0.49	สูง
ระดับความความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยรวม	4.36	0.57	สูง

อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษากระบวนการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับงานวงรอบปิด โดยใช้ความสามารถในการประมวลผลและการตอบคำถามของแชทจีพีที-4 โดยในระหว่างการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนี้ ผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงคำถามและคำตอบระหว่างผู้พัฒนาและแชทจีพีที-4 หลายรอบ พบว่า เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้ ให้ความถูกต้องเพียงพอ และสามารถใช้ทดแทนแอปพลิเคชันสำหรับการคำนวณงานวงรอบอื่น ๆ ที่มีในปัจจุบันได้ (เช่น Q-Cogo, Survey Calculator Pro, SurvEngTrav และ Traverse Survey เป็นต้น) โดยเว็บแอปพลิเคชันนี้จะได้นำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชา 304261 หรือรายวิชา 304231 สำรวจ (surveying) ซึ่งเป็นรายวิชาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธาและสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมต่อไป ผู้สนใจสามารถเข้าใช้งานได้ฟรีโดยไม่จำเป็นต้องลงทะเบียนได้ที่ https:/civilschoolnaresuanuniversity.github.io/SurveyEngineering/Traverse/

สรุปผลการศึกษา

เมื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมสำรวจและด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทำการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน พบว่าผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ "สูง" และ "สูงมาก" ตามลำดับ รวมทั้งการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานของนิสิตสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา พบว่าผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ "สูง" ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสมมติฐานของงานวิจัยที่กำหนดขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ด้วยกระบวนและแนวทางการใช้ปัญญาประดิษฐ์แบบสร้างสรรค์มาช่วยในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในส่วนของการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับงานวิศวกรรมสำรวจอื่น ๆ ได้ เช่น งานวงรอบเปิด (Open Traverse) งานสำรวจภูมิประเทศ (Topographic survey) หรืองานสำรวจเส้นทาง (Route survey) เป็นต้น จุดแข็งของงานวิจัยนี้คือ ทำให้สามารถพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว ผู้ดำเนินงานไม่จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญในการเขียนซอร์สโค้ดเหมือนเช่นในอดีต อย่างไรก็ตามอาจจะต้องจัดให้มีการทดสอบคำตอบที่ได้รับตลอดกระบวนการ ซึ่งหากมีการกำหนดวิธีตรวจสอบอย่างเป็นระบบ จะทำให้การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณต่อ ดร. สุรเดช จิตประไพกุลศาล สำหรับการทดสอบใช้ระบบและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และขอบคุณผู้ทดลองใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน และผู้ตอบแบบสำรวจทุกท่านมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

บัญชา ปะสีละเตสัง. (2564). *พัฒนา Web Application ด้วย JavaScript และ Node.js*. ซีเอ็ดยูเคชั่น

ภัคพงศ์ หอมเนียม. (2566). *บทที่ 9 งานวงรอบ. [เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 304261]*. พิษณุโลก: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

dDream. (2021). *Traverse Surveying*. Appbrain. https://www.appbrain.com/app/traverse-surveying/traverse.parseh

Thiagarajan, R. (2023). *SurveyCalculator Pro* (Version 60) [Software]. Soft112. https://survey-calculator.soft112.com/

Manson, R. M. (2022). *Q-Cogo* (Version 1.8) [Online software]. Q-Cogo. https://www.q-cogo.com/

Metamedia Technology. (2024). *Longdo Map Application Program Interface* (Version 3.0) [API]. https://map.longdo.com

Microsoft Corporation. (2024). *Visual Studio Code* (Version 1.80) [Software]. https://code.visualstudio.com

OpenAI. (2024). *ChatGPT* (GPT-4) [AI language model]. OpenAI. https://www.openai.com/chatgpt

SurvEngCalcs. (2024). *SurvEngTrav* (Version 10019) [Software]. Retrieved from https://survengtrav.soft112.com/

ความทุกข์ของจิตข้าพเจ้า

มานัส แก้วโยธา[1*]

The Suffering of My Mind

Manat Gavyota[1*]

[1]หลักสูตรมีเดียทางการแพทย์และวิทยาศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10150

[1]Medical and Science Media, Faculty of Architecture and Design, King Mongkut’s University of Technology Thonbu, Bangkok, 10150

*Corresponding author. E-mail: manat3008@gmail.com

บทคัดย่อ

ความทุกข์ของจิตข้าพเจ้า อารมณ์ความทุกข์ความรู้สึกในทางลบเหล่านี้ ถูกเก็บกดและสะสมไว้ในจิตโดยไม่รู้ตัวจึงเกิดการกระตุ้นให้เกิดจินตนาการความทุกข์ของจิต สะท้อนอารมณ์ภายในจิตใจที่เกิดจากสภาพของสังคมของข้าพเจ้า สภาวะนี้มีลักษณะเป็นนามธรรมจนสามารถสร้างแรงกระตุ้นจิตในทางลบ เกิดความรู้สึกทุกข์ เกิดจินตนาการในจิตใต้สำนึก การสร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรมนามธรรมสองมิติแสดงออกถึงอารมณ์ความรู้สึกความทุกข์ของจิตข้าพเจ้าโดยใช้เทคนิคของการหยอดสี เทสี ราดสี ใช้สีอะคริลิคผสมทินเนอร์ ผสมกับดินสอพอง เพื่อให้สื่อทั้งด้านความหมายของเนื้อหา เรื่องราว ก่อเกิดรูปร่างรูปทรงอิสระของอารมณ์ช่วงนั้น ตามหลักการทางทัศนธาตุและหลักการขององค์ประกอบศิลป์ การใช้น้ำหนักสี พื้นผิว มาแทนความรู้สึกทางด้านอารมณ์ รูปร่างรูปทรงแทนความทุกข์ของจิตสภาวะเหล่านั้นเกิดการใช้หลักการจัดองค์ประกอบศิลป์ สื่อแสดงออกโดยลดทอนความเหมือนจริงแต่สร้างรูปร่างรูปทรงอย่างเหมาะสมสรุปกระบวนการทำงานและความคิดให้สอดคล้องกับเนื้อหามีจุดเชื่อมโยงกันกลายเป็นรูปแบบนามธรรมที่แสดงบุคลิกอุปนิสัย และตัวตนที่มีลักษณะเฉพาะตน ผลงานบรรลุตามเป้าหมายที่ได้คาดไว้ได้สร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรมนามธรรมสองมิติโดยแสดงออกถึงอารมณ์ความรู้สึกความทุกข์ของจิตข้าพเจ้าได้เป็นอย่างและประสานกันอย่างลงตัวของเทคนิคและแสดงออกอารมณ์ของจิต แสดงออกถึงความทุกข์ของจิตข้าพเจ้าก่อเกิดรูปร่างรูปทรงอิสระของอารมณ์ได้อย่างดีมาก และได้สัมผัสรับรู้ถึงคุณค่าทางสุนทรียภาพทางด้านทัศนศิลป์อย่างดีมาก

คำสำคัญ: จิตรกรรมนามธรรม สีกับสภาวะอารมณ์ อารมณ์ความทุกข์

Abstract

The suffering of my mind, these negative emotions and feelings were suppressed and accumulated in my mind unconsciously, thus causing the imagination of mental suffering to be stimulated. This suffering reflects the inner emotions that arise from the social conditions that surround me. These abstract states and subconscious fantasies can create negative mental impulses and feelings of suffering. The creation of this two-dimensional abstract painting expresses the emotions and suffering of my mind. By using the technique of dripping and pouring paint, using acrylic paint mixed with thinner mixed with chalk to convey both the meaning of the content and the story, creating the free form of the emotion of that moment. According to the principles of visual elements and principles of artistic composition. I use colors and textures to represent emotional feelings, and shapes to represent mental suffering. Those states of suffering are caused by the use of artistic composition principles that reduce realism but create appropriate shapes. In summary, the process of working and thinking following the content has a point of connection, becoming an abstract form that expresses one's personality, character, and identity. The creative work was able to achieve the expected goal by creating a two-dimensional abstract painting that expressed the emotions and suffering of my mind and the perfect coordination of techniques and expression of the emotions of the mind. It is a perfect expression of the suffering of my mind through the free form of my emotions and a good experience of the aesthetic value of visual arts.

Keywords: Abstract painting, Color and emotional state, Emotion of suffering

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของการสร้างสรรค์ผลงาน (ว.วชิรเมธี, 2553) ทุกข์ คือ ความคิด ความคิดที่ปรารถนาออกไปนอกตัวตน หรืออยากเป็นโน่นเป็นนี่ แต่เป็นไม่ได้ดั่งใจตัวเองที่คิดต้องการ ก็กลายเป็นความทุกข์ใจ เกิดความทรมานจิตใจเพราะเราไม่สามารถจะดับทุกข์ที่ใจของเราได้ (พระอาจารย์ทูล ขิปฺปปญฺโญ, 2551) เหตุให้เกิดทุกข์จิตวิญญาณเมื่อในใจยังมีตัณหาคือ ความอยาก มีทั้งสมหวังและผิดหวัง มีทั้งสุขและทุกข์ ทั้งหัวเราะร้องไห้ปนกันไป จะมีการหมุนเวียนเปลี่ยนไปตามเหตุปัจจัยที่สร้างเอาไว้จะมีความพอใจยินดีอยากจะอยู่เป็นหลักฐานตลอดกาลไม่ได้ นิสัยของมนุษย์เราในโลกนี้ที่เหมือนกัน นั้นคือความอยากและความชอบใจเป็นต้นเหตุที่จะให้สร้างกรรมให้แก่ตัวเอง อยากได้สิ่งใดชอบใจในสิ่งใดจะต้องทำตามใจตัวเอง ถ้าทำอะไรตามความอยากทำอะไรตามความชอบใจเป็นต้นเหตุ โดยไม่ได้ใช้ปัญญาพิจารณาก่อนจะเป็นการทำที่ผิดมากกว่าถูกนี้คือเหตุให้เกิดทุกข์ การเปลี่ยนแปลงเมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างฉับพลันทันที โดยเราจะไม่สามารถสังเกตเห็นได้โดยตรง แต่จะสังเกตเห็นได้ทางอ้อม โดยสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านพฤติกรรมต่าง ๆ ที่มิได้แสดงออกมา ส่วนสภาวะความทุกข์ที่มาเป็นครั้งคราว เช่น ความเศร้าโศก ความพร่ำเพ้อรำพัน ความไม่สบายใจ ความน้อยใจ ความคับแค้นใจ ความประสบกับสิ่งที่ไม่ชอบ

ความพลัดพรากจากสิ่งที่ชอบ ความผิดหวังไม่ได้ตามที่ต้องการ (สุพัตรา กวีธนกุล, 2562) สภาวะที่ชื่อว่าจิต ย่อมรู้แจ้งซึ่งอารมณ์จิตใดที่เป็นกุศล อกุศล และมหากิริยาจิตฝ่ายโลกีย์ จิตนั้นชื่อว่าจิต ย่อมสั่งสมสันดานของตน จิตเป็นธรรมชาติอันกรรมและกิเลสทั้งหลายสั่งสมวิบากกรรมการกระทำจึงเกิดเหตุแห่ง "ความทุกข์ของจิตข้าพเจ้า" เกิดจากสภาพของสังคมในชีวิตประจำวัน สภาวะนี้นำมาเป็นเนื้อหาสาระหลักในผลงานชุดนี้ สามารถสร้างสรรค์ถึงอารมณ์ความทุกข์ของจิตในสภาวะหนึ่งของจิต ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมประกอบด้วยแรงกระตุ้นในจิตใจในทางลบ เกิดความรู้สึกทุกข์ เกิดจินตนาการของจิตใจลึก ๆ ในจิตใต้สำนึก

วัตถุประสงค์ของการสร้างสรรค์ผลงาน

1. เพื่อสร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรมนามธรรมสองมิติโดยแสดงออกถึงอารมณ์ความรู้สึกความทุกข์ของจิตข้าพเจ้า

2. เพื่อนำเสนอผลงานการสร้างสรรค์จิตรกรรมนามธรรมให้เป็นรู้จักและได้สัมผัสรับรู้ถึงคุณค่าทางสุนทรียภาพทางด้านทัศนศิลป์

3. เพื่อสะท้อนอารมณ์ภายในจิตใจที่เกิดจากสภาพของสังคมของข้าพเจ้า

ข้อมูลและอิทธิพลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์

ข้าพเจ้าได้ถูกเก็บอารมณ์และสะสมไว้ในจิตโดยไม่รู้ตัว จึงเกิดการกระตุ้นให้เกิดจินตนาการความทุกข์ของจิตจนสามารถสร้างแรงกระตุ้นในจิตใจในทางลบ เช่น เกิดจากสภาพทางด้านสังคมเมือง มีการพึ่งพาอาศัยกันน้อยมีการแบ่งชนชั้นทางสังคมด้วยฐานะทางเศรษฐกิจแต่สภาพจิตใจของคนในสังคมไม่ได้พัฒนาตามความก้าวหน้าทางวัตถุ มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น กลับยังคงมีความเสื่อมโทรมในด้านมโนสำนึกเกิดความเห็นแก่ตัวมากขึ้นในสังคมเมือง ประการที่สองเกิดจากสภาพมลภาวะด้านสิ่งแวดล้อม ข้าพเจ้าอยู่นั้นเป็นสังคมเมืองกรุงเทพที่เป็นเมืองหลวงในประเทศไทย ภาวะของอากาศที่มีการเจือปนของสารพิษในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ อากาศพิษจากปล่องของเสียในโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า ไอเสียจากรถยนต์ หรือจากการจราจร เผาไหม้น้ำมันดีเซลบวกเชื้อเพลิงที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ประการที่สาม เกิดจากสภาพด้านจิตใจของตัวเอง เกิดความรู้สึกทุกข์ เกิดจินตนาการของจิตใจลึก ๆ ในจิตใต้สำนึก การสร้างสรรค์และการนำเสนอ รูปแบบ กระบวนการ ตลอดจนวิเคราะห์เพื่อหาความสมดุล เอกภาพ ทฤษฎีสีกับความรู้สึก (ซูฟียา เจะอารง, 2547) สีกับสภาวะอารมณ์ ที่ทดสอบเรื่องการเชื่อมโยงสีกับสภาวะอารมณ์ของวัยรุ่นตอนปลายและผู้ใหญ่ตอนต้นหญิงและชาย พบว่า กลุ่มตัวอย่างเชื่อมโยงสีแดงกับสภาวะอารมณ์ตื่นเต้น สีเขียวและสีเหลืองกับสภาวะอารมณ์สบายใจ สีเขียว สีเหลือง สีน้ำเงิน และสีน้ำตาลกับสภาวะอารมณ์อบอุ่น สีน้ำเงินและสีน้ำตาลกับสภาวะอารมณ์ปลอดภัย สีส้มและสีเหลืองกับสภาวะอารมณ์สนุกสนาน ทุกข์ ถ่ายทอดผ่านผลงานจิตรกรรมนามธรรมเนื้อหาเรื่องราวข้อมูล (อิทธิพล ตั้งโฉลก, 2550) และอิทธิพลทางด้านศิลปะประกอบด้วย และทฤษฎีสีในแสง แอ็คชัน เพนติ้ง (Action Painting) รวมถึงศิลปิน Jackson Pollock ความบันดาลใจและแนวความคิดสร้างสรรค์ ลัทธิแอ็บสแตร็ก (Abstract)

ศิลปะไร้รูปแบบตายตัว ศิลปะไร้รูปธรรม และศิลปะไม่แสดงลักษณ์ คือศิลปะที่เกี่ยวข้องกันอย่างหลวม ๆ แม้ในความหมายเชิงลึกอาจมีความแตกต่างกันก็ตาม ศิลปะนามธรรมชี้ให้เห็นการละทิ้งค่านิยมในการสร้างสรรค์ภาพโดยที่ไม่เน้นความสมจริงนี้อาจแสดงไว้เพียงเล็กน้อย ศิลปะนามธรรมโดยสมบูรณ์คือศิลปะที่ไม่สามารถโยงเข้ากับแหล่งอ้างอิงรูปธรรมใดได้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

เฟรมผ้าใบ, สีน้ำมัน, สีอะคริลิค, น้ำมันลินสีด, น้ำมันสน, ทินเนอร์, ดินสอพอง, กาว, พู่กันแปรงทาสี

ทินเนอร์ น้ำมันลินสีด กาว เฟรมผ้าใบ

สีน้ำมัน ดินสอพอง น้ำมันสน สีอะคริลิค

รูปที่ 1 วัสดุอุปกรณ์

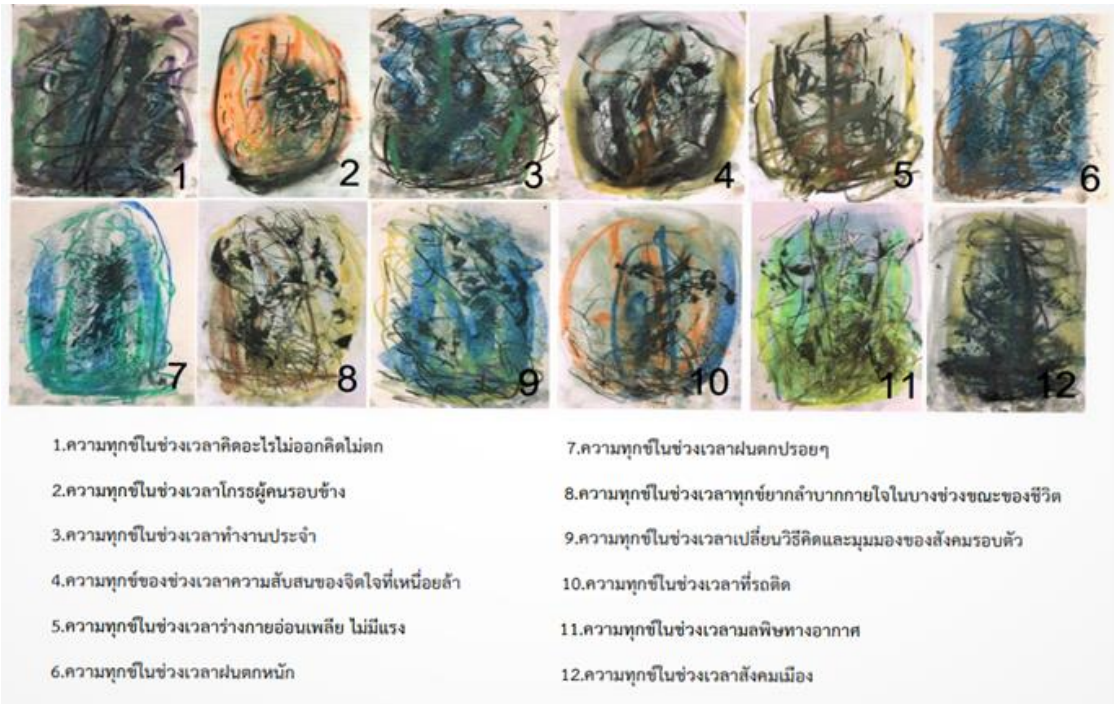
วิธีการ

จิตรกรรมเป็นเทคนิคที่ใช้ในการสร้างสรรค์มีความสำคัญอย่างยิ่งข้าพเจ้าได้ค้นคว้า ศึกษา ทดลองเทคนิคของการหยอดสี โดยผสมสีอะคริลิคกับทินเนอร์ ผสมกับดินสอพอง ตามการทดลอง กลวิธีของปฏิกิริยาทางเทคนิคเพื่อให้สื่อทั้งด้านความหมายของเนื้อหาเรื่องราวเกิดรูปร่างรูปทรงอิสระของจิตใต้สำนึกจินตนาการต่อสภาวะอารมณ์ความทุกข์ความรู้สึกของจิตใต้สำนึก เกิดการกระตุ้นให้เกิดจินตนาการความทุกข์ของจิต จนสามารถสร้างแรงกระตุ้นในจิตใจในทางลบ เช่นเหตุการณ์ ความทุกข์ในช่วงเวลา,ความทุกข์ในช่วงเวลาฝนตกปรอย ๆ, ความทุกข์ในช่วงเวลาทุกข์ยากลำบากกายใจในบางช่วงขณะของชีวิต, ความทุกข์ในช่วงเวลาทำงานประจำ, ความทุกข์ในช่วงเวลาเปลี่ยนวิธีคิด

และมุมมองของสังคมรอบตัว, ความทุกข์ของช่วงเวลาความสับสนของจิตใจที่เหนื่อยล้า, ความทุกข์ในช่วงเวลาที่รถติด, ความทุกข์ในช่วงเวลาร่างกายอ่อนเพลีย ไม่มีแรง, ความทุกข์ในช่วงเวลามลพิษทางอากาศ, ความทุกข์ในช่วงเวลาสังคมเมือง เกิดจินตนาการสร้างภาพร่างจากข้อมูลในอารมณ์ความทุกข์ความรู้สึกในทางลบเหล่านี้ ที่ไม่ได้ถูกจำกัดหรือจัดระเบียบความคิดไปอย่างแท้จริง แต่กลับถูกเก็บกดและสะสมไว้ในจิตโดยไม่รู้ตัวจึงเกิดการกระตุ้นให้เกิดจินตนาการความทุกข์ของจิตช่วงนั้นอารมณ์นั้น ๆจากนั้นสร้างภาพร่างความรู้สึกรวม ๆในกระดาษนี้คือขั้นตอนที่แรก

ขั้นตอนที่ 1

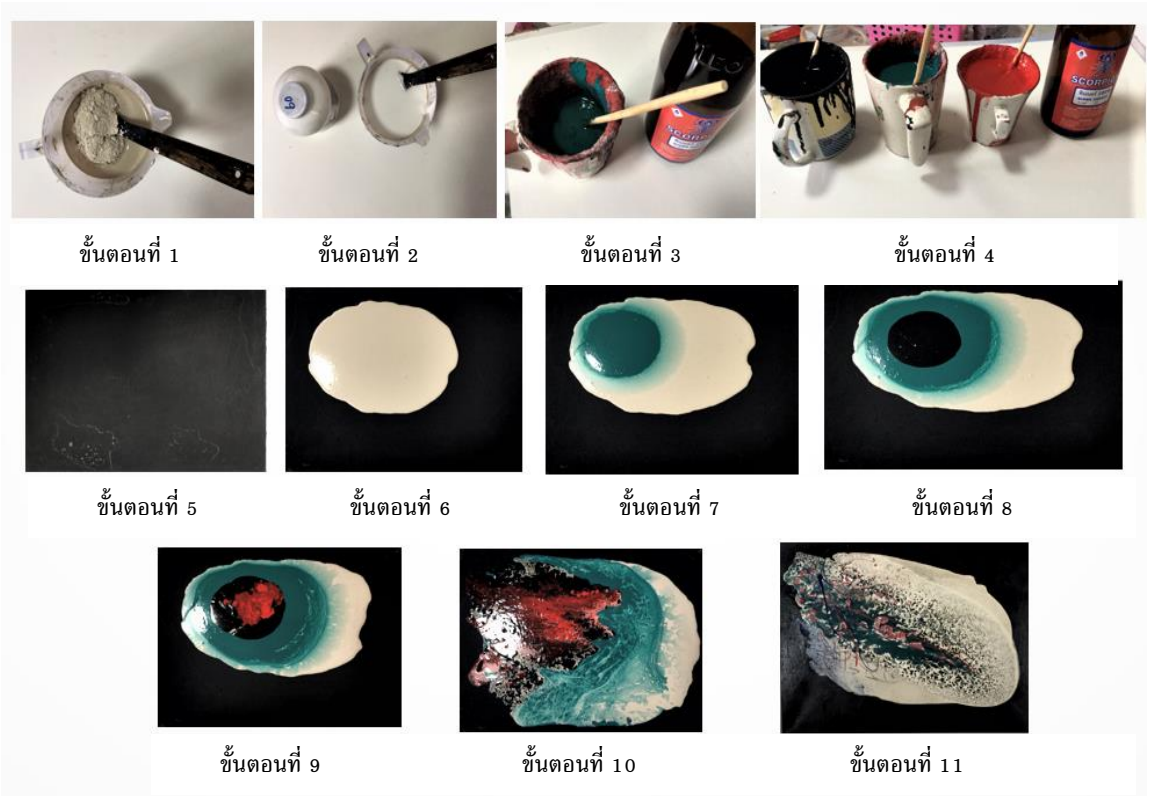
สร้างภาพร่างจากข้อมูลในอารมณ์ความทุกข์



รูปที่ 2 ภาพร่างต้นแบบ

ขั้นตอนที่ 2

นำภาพร่างที่เสร็จแล้วบนกระดาษ มาทดลองสร้างกระบวนการขั้นตอนต่าง ๆ ในเทคนิคตามแนวคิดอารมณ์ความรู้สึก เทคนิคที่ใช้สามารถยืดหยุ่นและผันแปรนตามอารมณ์และตามรูปร่างรูปทรงที่ข้าพเจ้าต้องการและตอบรับกับความรู้สึกและสอดคล้องกับความคิดได้ การสร้างสรรค์จึงมีเค้าโครงมาจากมุมมองของความทุกข์ของจิตข้าพเจ้าถ่ายทอดอารมณ์ ความรู้สึกจากจินตภาพผ่านการลดทอนทางรูปธรรมไปสู่นามธรรมโดยแสดงในความฉับพลันตามขั้นตอนในรูปนี้



รูปที่ 3 ขั้นตอนการสร้างสรรค์

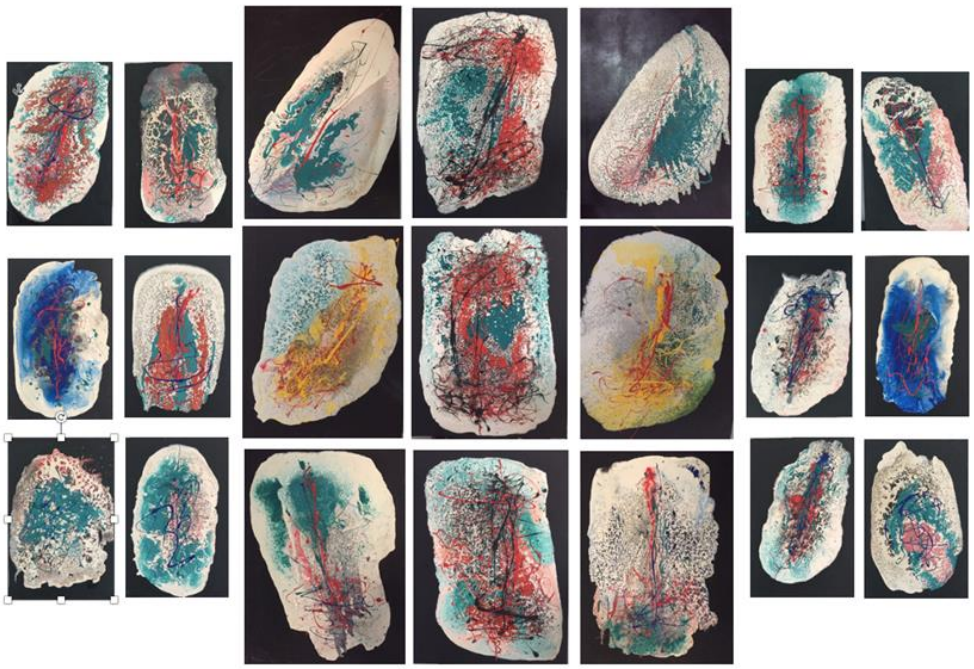
ขั้นตอนที่ 3

นำผลงานที่สร้างสรรค์ทดลองมารวมกันอย่างเหมาะสมกับเวลาและอารมณ์นั้น ๆโดยมีผลงาน 21 ชิ้น ขนาดผลงานแต่ละชิ้นใหญ่เล็กแตกต่างกันไป จัดวางให้เหมาะสมขนาดผันแปรไม่แน่นอนตามสถานที่จัดแสดงผลงาน

ผลการศึกษา

มีผลงาน 21 ชิ้น ชิ้นขนาดละ 40 × 60 มี 12 ชิ้น ขนาด 60 × 90 มี 9 ชิ้น ชื่อผลงาน “ความทุกข์ของจิตข้าพเจ้า” ข้าพเจ้าได้ศึกษาอารมณ์ของจิตของตัวเอง เกิดจินตนาการความทุกข์ของจิตโดยสร้างสรรค์ผลงานในรูปแบบจิตกรรม 2 มิติ ผลงานชุดนี้มีหลายชิ้นแต่ละชิ้นมีอารมณ์ของความทุกข์ของจิตข้าพเจ้าที่แตกต่างกันไปตามช่วงอารมณ์นั้น ๆ และจัดวางเป็นชุดให้เข้าเนื้อหา ผลงานขนาด 40 × 60 จะสื่อถึงความอึดอัด ด้วยขนาดที่ไม่กว้างพื้นที่แคบของผลงาน ส่วนขนาด 60 × 90 สื่อถึงความทุกข์ที่ยาวนานอารมณ์ที่มีแตกต่าง ๆกันไปตามช่วงอารมณ์ความทุกข์นั้น ๆ หยิบเอาโครงสร้างหลักทัศนธาตุและจิตใต้สำนึกตอนเวลานั้น ๆอารมณ์ความทุกข์ความรู้สึกในทางลบสะสมไว้ในจิตโดยไม่รู้ตัว จึงเกิดการกระตุ้นให้เกิดจินตนาการความทุกข์ของจิตช่วงนั้นอารมณ์นั้น ๆ มาเป็นสาระหลักมาวางเป็นโครงหลัก เพื่อให้ผลงานชิ้นนี้มีเฉพาะตัว ลดรูป สลายรูปทรงที่ยุ่งยากซับซ้อนให้เป็นการไหลของสีต่าง ๆ ความคิดในการสร้างสรรค์งานชิ้นนี้คือ การวางแผนตั้งเริ่มคือ การสร้างรายละเอียดของพื้นผิวของสีและเทคนิคของการไหลของดินสอพองและคล้าย

กับการเคลื่อนไหวของจิตที่สบสนจิตที่สับสน เปรียบได้กับเส้นโค้งที่ทับกันไปมา สีโทนร้อนเปรียบเหมือนความทุกข์ในช่วงเวลาต่าง ๆเช่นสีส้ม สีแดง สีดำ และสีโทนอุ่นบอกถึงช่วงเวลาใกล้ค่ำ หรือสีฟ้าสื่อถึงช่วงบ่าย ความหมายถึงอารมณ์อยากการหลุดพ้น อยากอิสระ ปลอดปล่อยถดถอย อ่อนล้า หมดพลังเป็นต้น เทคนิคการสร้าง การไหลของสีเปรียบได้กับความวนเวียนของจิตของความสับสนในจิตใต้สำนึก การใช้ดินสอพองและเทสี สื่อถึงบรรยากาศเหมือนการทับซ้อนของช่วงเวลาของจิต การวางโครงสีหลักในผลงานชิ้นนี้ต้องการสร้างผลงานมีสีลักษณะโทนที่แสดงอารมณ์ช่วงเวลาความทุกข์ของจิตตามความรู้สึกของข้าพเจ้า คือการนำสีส้ม สีแดง สีเหลือง สีฟ้า สีเขียว สีน้ำเงิน สีทั้งหมดนี้คือสีที่อยู่กับจิตความทุกข์ของข้าพเจ้า และเน้นโครงสร้างหลักที่เป็นสีบรรยากาศเช่นสีเขียว สีส้ม สีดำ ใช้ทฤษฎีสีกับสภาวะอารมณ์เพื่อหาสีตามที่กล่าวไว้ข้างต้น ผลงานสร้างสรรค์ชุดนี้ ข้าพเจ้าได้วิเคราะห์สร้างเทคนิคใหม่ได้ผสมสีอะคริลิคกับทินเนอร์ผสมกับดินสอพอง เกิดลักษณะพื้นผิวต่าง ๆ ที่พิเศษเกิดเป็นเทคนิคเฉพาะตนขึ้นผลงานจิตกรรม 2 มิติ ผลงานชุดนี้จึงตอบสนองแนวคิดของอารมณ์ความทุกข์ข้าพเจ้าได้และหวังว่าจะเป็นประโยนชกับผู้สร้างสรรค์งานต่อไป



ภาพที่ 4 ความทุกข์ของจิตข้าพเจ้า

อภิปรายผลการศึกษา

ผลงานทัศนศิลป์ประเภทจิตรกรรมนามธรรม ชื่อผลงาน “ความทุกข์ของจิตข้าพเจ้า” ได้วิเคราะห์ เพื่อแสดงถึงระเบียบขั้นตอนในการสร้างสรรค์ เรียงลำดับความเป็นมาของแนวความคิดการพัฒนารูปแบบและการพัฒนาเทคนิควิธีการนำเสนอชุดนี้ ปรากฏเกิดขึ้นด้านทางอารมณ์ความทุกข์ ความรู้สึกในทางลบและจิตที่สบสนถูกเก็บกดสะสมไว้ในจิตด้านอารมณ์ความรู้สึกภายในจิตใจที่เกิดจากสภาพของสังคมในชีวิตประจำวันโดยใช้หลักการทฤษฎี (ว.วชิรเมธี, 2553)

ทุกข์ คือ ความคิด ความคิดที่ปรารถนาออกไปนอกตัวตนโดยใช้หลักการทฤษฎีมองความรู้สึกของอารมณ์ตัวข้าพเจ้าได้กระตุ้นให้เกิดจินตนาการความทุกข์ของจิตให้เกิดการสร้างสรรค์เกิดแรงบันดาลใจก่อเกิดทัศนธาตุรูปร่าง รูปทรง ของเส้นต่าง ๆ แต่ละเส้นก็เกิดความรู้สึกอารมณ์ต่างกันไปและใช้ค่าของสีตามหลักการทฤษฎีสีกับความรู้สึก (ชูฟียา เจะอารง, 2547) สีกับสภาวะอารมณ์ ที่เป็นอารมณ์นามธรรมของจิต อิทธิพลที่ได้รับในงานศิลปะนามธรรม เกิดการเชื่อมโยงของทุกสิ่งรอบตัวที่เกิดจากสภาพของสังคมสภาพสิ่งแวดล้อมในสังคมใกล้ตัวในทางตรงและทางอ้อมในการสร้างสรรค์ (วิรุณ ตั้งเจริญ, 2544) ค่าของการรับรู้ในการสร้างสรรค์ จิตรกรรม รูปแบบสัญญะ เพื่อใช้ในการอ้างอิงในการสร้างสรรค์ความรู้สึกทุกข์ ผลงานชุด "ความทุกข์ของจิตข้าพเจ้า" มีการปรับเปลี่ยนเทคนิคให้เข้ากับแนวคิด กระบวนการ นำมาใช้ในการสร้างสรรค์ ผลที่ได้จากการสร้างสรรค์คือการเรียนรู้การพัฒนาตนเองและความคิดมุ่งเน้นไปสู่การสร้างสรรค์ สื่อให้เห็นความจริงของอารมณ์ความทุกข์ของจิตข้าพเจ้า จึงได้ใช้หลักการจัดองค์ประกอบศิลป์ทัศนธาตุ โดยใช้หลักการ (วิรุณ ตั้งเจริญ, 2544) ค่าของการรับรู้ในการสร้างสรรค์ จิตรกรรม รูปแบบสัญญะ แสดงออกให้เห็นความอารมณ์ความทุกข์ การสับสนภายในจิต อารมณ์เหล่านี้ก่อเกิดการอยากแสดงออกมาให้เห็นถึง เส้นที่ซับซ้อนรูปร่างรูปทรงที่ซับซ้อน บรรยากาศของสีและเทคนิคที่เป็นอิสระบุ่งบอกถึงการระบายอารมณ์ทางลบ ค่าของสีต่าง ๆ เหล่านี้บอกถึงความทุกข์จิตภายในจิตใต้สำนึกข้าพเจ้า การแสดงออกด้านอารมณ์หรือการระบายอารมณ์กลายเป็นนามธรรม โดยลดทอนเรื่องราวต่าง ๆ ภายในจิตใจสร้างรูปร่างรูปทรงนามธรรมในรูปแบบจิตรกรรมนามธรรม

สรุปผลการศึกษา

สรุปการสร้างสรรค์ ความคิด สอดคล้อง กับเนื้อหา มีจุดเชื่อมโยง เป็นรูปแบบนามธรรมหรือแอบสแตรกได้ดี การสร้างสรรค์ผลงานจิตรกรรมนามธรรมสองมิติโดยแสดงออกถึงอารมณ์ความรู้สึกความทุกข์ของจิตข้าพเจ้าได้อย่างชัดเจนโดยมีแบบสอบถามสำหรับผู้ชมผลงานจำนวน 70 คน มีผลสรุปดั้งนี้ 80 เปอร์เซ็นต์สะท้อนอารมณ์ความรู้สึกความทุกข์ของจิตข้าพเจ้าได้ดีมาก 10 เปอร์เซ็นต์สะท้อนอารมณ์ความรู้สึกความทุกข์ของจิตข้าพเจ้าพอใช้ 10 เปอร์เซ็นต์สะท้อนอารมณ์ความรู้สึกความทุกข์ของจิตข้าพเจ้าไม่ได้เลย และได้นำเสนอผลงานการสร้างสรรค์จิตรกรรมนามธรรมให้เป็นรู้จักได้สัมผัสรับรู้ถึงคุณค่าทางสุนทรียภาพทางด้านทัศนศิลป์โดยแสดงบุคลิกอุปนิสัยและตัวตนที่มีลักษณะเฉพาะสัมผัสรับรู้ถึงคุณค่าของการถ่ายทอดอารมณ์ความรู้สึกความทุกข์ที่เฉพาะ ได้จัดแสดงงานกับนักศึกษามีเดียทางการแพทย์ปี 2 และได้นำการสร้างสรรค์ผลงานชุดนี้โดยการเผยแพร่ให้สาธารณชนได้รับรู้ถึงคุณค่าทางด้านจิตรกรรมนามธรรมได้ดีมากโดยมีแบบสอบถามสำหรับผู้ชมผลงานจำนวน 70 คน มีผลสรุปดั้งนี้ 90 เปอร์เซ็นต์รู้ถึงคุณค่าทางด้านจิตรกรรมนามธรรมได้ดีมาก 10 เปอร์เซ็นต์ถึงคุณค่าทางด้านจิตรกรรมนามธรรมได้พอใช้

ผลงานชุดความทุกข์ของจิตข้าพเจ้า ล้วนแล้วแต่เป็นผลงานที่บรรลุตามเป้าหมายที่ได้คาดไว้และประสานกันอย่างลงตัวของเทคนิคของผลงานและแสดงออกอารมณ์ของจิตข้าพเจ้า ได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

ซูฟียา เจะอารง. (2547). *การเชื่อมโยงสีกับสภาวอารมณ์ของวัยรุ่นตอนปลายและผู้ใหญ่ตอนต้น*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พระอาจารย์ทูล ขิปฺปปญฺโญ. (2551). *เหตุให้เกิดทุกข์*. ซานฟรานซิสโก: วัดซานฟรานธัมมาราม.

วิรุณ ตั้งเจริญ. (2544). *ทัศนศิลป์วิจัย*. กรุงเทพฯ: อีแอนด์ไอคิว

ว.วชิรเมธี. (2553) *ความทุกข์มาโปรด ความสุขโปรยปราย*. กรุงเทพฯ: ปราณ พับลิชชิ่ง

สุพัตรา กวีธนกุล. (2562). สภาวะจิตของมนุษย์ตามหลักพุทธศาสตร์. *วารสารวิชาการสถาบันพัฒนาพระวิทยากร*, *2*, 99-108.

อิทธิพล ตั้งโฉลก. (2550). *แนวทางการสอนและสร้างสรรค์จิตรกรรมชั้นสูง*. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

Spiritual Intelligence for Predicting Happy Work Life of Teachers in Elementary Private Schools

Pattrawadee Makmee[1*], Pongsatean Luengalongkot[2], Sirawan Jaradrawiwat[3]

[1]Department of Research and Applied Psychology, Faculty of Education, Burapha University, Chonburi, 20131

[2]Faculty of Political Science and Law, Burapha University, Chonburi, 20131

[3]Department of Learning Management, Faculty of Education, Burapha University, Chonburi, 20131

*Corresponding author, E-mail: pattrawadee@gmail.com

Abstract

The purpose of this cross-sectional research study was to analyze spiritual intelligence to predict the happy work life of teachers in private elementary schools. The sample consisted of 100 teachers who were selected by simple random sampling from in elementary private schools. Research instrument was questionnaire, which had Index of Item Objective Congruence (IOC) was between .67-1.00 and the reliability for spiritual intelligence questions equal to .89 and .92 for happy work life questions, Data analysis was conducted to determine the mean, percentage, standard deviation, and pearson product moment correlation coefficient and multiple regression analysis was also carried out by Mplus program. The results indicated that spiritual intelligence is related to happy work life of teachers in elementary private schools. The multiple regression analysis of factors revealed that spiritual experience (X_2 = 0.36) had the highest predictive, followed by the forgiveness (X_4 = 0.29), patience (X_3 = 0.23), and self-awareness (X_1 = 0.10), respectively could predict happy work life of teachers in elementary private schools up to 65.70 % with statistical significance .01 level.

Keywords: Happy work life of teachers, Spiritual experience, Patience, forgiveness, Spiritual intelligence

Introduction

The personnel are known as the main element of an organization, be it private and public. They play an important role in development and success of an organization or an agency. Currently, many organizations are trying to enhance the staff' s ability to be more efficient and productive. These activities are consistent with the Thailand's National Economic and Social Development Plan 2023-2027 (NESCD) which stated that "the adoption of existing immunity and the strengthening of domestic immunity must be prioritized on people and social development (Office of The National Economic and Social Development Council, 2020). Effective human resource development should begin with a factor which is appropriately named happiness. Everyone needs happiness to fulfil their lives. However, happiness or desire should be based on reality and take into consideration the moral and ethical grounds (Lyubomirsky, 2001; Chiv et al., 2022). had shown that happy people were people who often experienced positive emotions such as joy, satisfaction, and pride as well as negative emotions such as sadness, anxiety, and little or no anger. In terms of performance, if the executives know the needs of the personnel in the organization or their units, they can respond directly to the points in order to create happiness in the workplaces and increase the efficiency of productivities that can be achieved. This matches Maslow's theory of needs, which consists of 5 areas, namely physiological needs, safety needs, social needs, esteem needs, and self-actualization needs.

Common issues affecting the happiness of elementary private school teachers in Thailand. A happy work life is interconnected with self-awareness, spiritual experience, patience, and forgiveness in various ways:

The first, self-awareness helps individuals understand their strengths, weaknesses, needs, and capabilities, which aids in choosing suitable jobs and creating happiness in their work life. Emotional management: Individuals with high self-awareness are better at managing their emotions, fostering good workplace relationships, and reducing stress from various challenges. The second, spiritual experience can give individuals a sense of meaning and purpose in life and work, leading to greater job satisfaction. Life balance can connect with spiritual dimensions helps individuals maintain a balance between personal life and work life, and recognize what truly matters. The third, patience enables individuals to effectively manage challenges and difficulties at work, reducing stress and dissatisfaction. Building relationships, patient individuals tend to have better workplace relationships, as they can wait and understand others better. The fourth, Forgiveness helps reduce conflicts and tensions in the workplace, creating a smoother and happier work environment. Personal and team development: forgiveness allows individuals

to learn from mistakes and grow, while fostering a cooperative and trusting team atmosphere. (Cooper et al., 2001; Brackett et al., 2010; Johnson et al., 2012). According to Herzberg (1968) the factor that contributes to happy work life is the social and welfare-support from the organization. It included accommodation, shuttle services, discounts on medical expenses during illness, and suitable environment, etc. Moreover, teachers in elementary private schools who are happy to perform their jobs will increase the efficiency of their work, enabling the organization to succeed and achieve their goals.

In this study, the researcher focused on studying the happiness of teachers in elementary private schools by using the Happinometer's concept. The concept which is similar to the concept of using mercury to measure bodily temperature measures feelings and experiences that reflect their quality of life. In addition, according to Kittisuksathit et al., (2012) it can be used to measure the happiness of people in the organization of all sectors. They defined that happiness was the experiences and feelings of the employees who wanted to be appreciated and accepted by the general public. Being able to work in a great workplace, having access to development opportunity, having compassionate supervisors, having sincere colleagues, obtaining adequate welfare and being safe during working time contribute to their happiness. Therefore, if the teachers receive these things frequently and continuously, it will lead to happiness in the workplace particularly. Research Objectives were to analyze spiritual intelligence to predict the happy work life of teachers in private elementary schools.

Research Hypotheses

1. The spiritual intelligence was related with happy work life of teachers in elementary private schools.

2. The multiple regression equation could predict the happy work life of teachers in elementary private schools.

Conceptual Framework

This research was to study the relationship between spiritual intelligence and the working happiness of teachers in elementary private schools. From reviewing the previous studies, the factors affecting the happiness of teachers included self-awareness, spiritual experiences, patience, and forgiveness (Zohar et al., 2000). A happy work life does not depend on a single factor but is a result of balance and fulfillment in various aspects of life.

Thus, developing self-awareness, having spiritual experiences, practicing patience, and embracing forgiveness are essential components in creating a happy work life. In this study, the main concept of Happinometer (Kittisuksathit et al., 2012) was applied together with synthesis of several studies. The conceptual framework is shown in Figure 1.

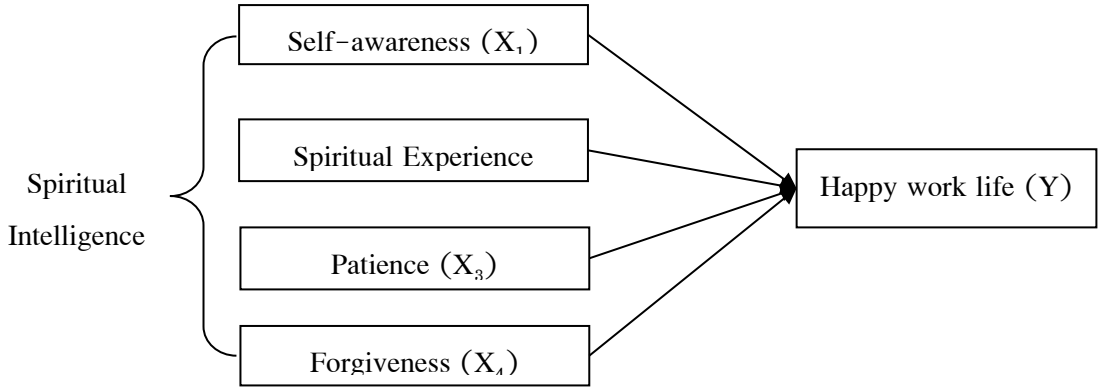


Figure 1: The spiritual intelligence predicting happy work life of teachers in elementary private schools

Materials and Methods

Population and Sample

This quantitative research was a study of cross-sectional research. The scope of this research was described as follows:

1. The population was 72,366 teachers in elementary private schools. (Office of the Private Education Commission, 2023)

2. The sample group was 100 teachers who were working in private elementary schools province. The sample was selected by simple random sampling and that sample size was determined according to Lindeman et al., (1980) indicating that the sample should be 20 times of the observed variables (20:1). In this research 4 observed variables were used for predicting happy work life 80 teachers but multiple regression is a statistical technique, an analyst should use a predicted ratio of variables to the appropriate number of units of sample, and in order to obtain a stable or reliable predictive equation, a sample group of 100 people should be used. (Hair et al., 2019)

3. The variables in this study were classified as 1) Predictive variables (X) were Spiritual intelligence include Self-awareness (X_1), Spiritual experiences (X_2), Patience (X_3) and 4) Forgiveness (X_4) 2) The Criterion variable (Y) was happy work life.

Research Instrument

The research instrument was questionnaire validated by Index of Item Objective Congruence (IOC) which was evaluated by three related experts with the acceptable criteria value between .67-1.00. Moreover, the reliability from tryout 30 teacher who were not the sample; Cronbach alpha equaled .89 for total spiritual intelligence factors and .92 for happy work life factors, which indicated a high internal consistency.

The research instrument was classified into three parts total 75 questions as follows, part 1: Personal information consists of 2 questions such as gender, working experience, the characteristic of questionnaire was a checklist form. part 2: The measurement on spiritual intelligence factor, the measurement of spiritual intelligence was divided into 4 variables: 1) Self-Awareness had 6 questions, reliability equaled .72 2) Spiritual experience had 6 questions, reliability equalled .74 3) Patience had 6 questions, reliability equalled .84, and 4) Forgiveness had 6 questions, reliability equalled .79. part 3: The measurement on happy work life factor, the measurement of happy work life consisted of 49 questions. Those questions were characterized with 5 rating scales, namely 5 stands for very high level, 4 for high level, 3 for moderate level, 2 for low level and 1 for very low level.

Data Collection and Data Analysis

Data were collected manually by distributing questionnaires to the teachers in elementary private schools. All questionnaires were completely answered by the participants which equaled to 100 questionnaires or 100 percent. For data analysis of this research, Mplus program was develop by Muthén & Muthén (2017) was used and it is described as follows: 1) Preliminary data analysis was done to check the characteristics of the sample and the distribution of the variables, using basis statistics such as frequency and percentage. 2) Analysis of the data which were obtained from the measurement questionnaire of spiritual intelligence and happy work life, using mean and standard deviation. And 3) Objective data analysis consisting of pearson product moment correlation coefficient and multiple regression to predict the happy work life of teachers in elementary private schools.

Results

Results from the analysis of spiritual intelligence predicting the happy work life of teachers in elementary private schools, was summarized as follows: Most of the teachers in elementary private schools were female totaling 81 teachers or 81.00% of all participants. Working experience of 1-5 years was found to be the highest frequency

which equaled 47 teachers and represented 47.00 %. Correlation between predictive variables of spiritual intelligence that were related to spiritual intelligence consisting of self-awareness (X_1); spiritual experience (X_2); patience(X_3); Forgiveness (X_4) affecting happy work life (Y) of teachers in elementary private schools had the values ranging from .06 to .61 which were statistically significant. The pair which had the highest correlation (.61) was between spiritual experience and patience whereas the lowest correlation (.06) was between patience and happy work life. Researcher checked the preliminary assumptions of regression that need to be checked were as follows: Linearity, Independence, Homoscedasticity, Normality of residuals, No multicollinearity, Exogeneity, Checking these assumptions helps ensure the validity and reliability of the regression model, leading to more accurate and meaningful results as shown in Table 1.

Table 1 Correlation between predictive variables of spiritual intelligence affecting happy work life of teachers in elementary private schools

Variables	Y	X1	X2	X3	X4
Y	1.00				
X1	.16**	1.00			
X2	.11**	.55**	1.00		
X3	.06**	.57**	.61**	1.00	
X4	.09**	.60**	.56**	.59**	1.00**

**p< .01

Note: Happy work life (Y); Self-awareness (X_1); Spiritual Experience (X_2); Patience(X_3); Forgiveness(X_4)

Results of multiple regression analysis for predicting work life happiness of the teachers in elementary private schools revealed that, among the four factors, self-awareness, spiritual experience, patience and forgiveness with the statistical significance .01 level, could predict happy work life of the teachers in elementary private schools up to 65.70%.

When considering the three statistically significant predictive variables at the .01 level below, it was found that the spiritual experience variable had the highest predictive coefficient, the value was 0.36, followed by the forgiveness, patience, self-awareness variable which equaled 0.29, 0.23, and 0.10 respectively. All the values were shown in Table 2.

Table 2 The results of multiple regression analysis of predictive factors affecting the happy work life of teachers in elementary private schools

Variables	*b*	*SE*	β	*t*	*p*
X_1	0.10	0.01	0.10	10.98**	.00(<.01)
X_2	0.40	0.03	0.36	11.36**	.00(<.01)
X_3	0.20	0.02	0.23	11.29**	.00(<.01)
X_4	0.30	0.03	0.29	11.29**	.00(<.01)
χ^2= 3.57, *df*= 3, χ^2/df = 1.19, *p* = 0.63, *RMSEA* = 0.00, *SRMR* = 0.00, *CFI* = 1.00, *TLI* = 1.00, *R*= .811, R^2 = .657					

**p < .01

Note: Happy work life (Y); Self-awareness (X_1); Spiritual Experience (X_2); Patience(X_3); Forgiveness(X_4)

The regression equations could be written as follows:

Regression equation in standardized scores = $0.10Z_{X1}$**+ $0.36Z_{X2}$**+ $0.23Z_{X3}$** + $0.29Z_{X4}$**

Discussion

The analysis of spiritual intelligence which influenced happy work life of teachers in elementary private schools revealed the results in consistence with research objectives and research hypotheses of this research. For predictive variables of spiritual intelligence that were related to spiritual intelligence consisting of self-awareness, spiritual experience, patience, and forgiveness affecting happy work life of teachers in elementary private schools had the values ranging from .06 to .61 which were statistically significant (Zhou et al., 2024). The pair which had the highest correlation (.61) was between spiritual experience and patience, This relationship may be explained by the fact that individuals with high levels of spiritual experience tend to have high levels of patience as well. Spiritual experiences, such as meditation, mindfulness, or spiritual practices, help individuals develop mindfulness, inner peace, and greater acceptance of things. This, in turn, leads to increased patience

whereas the lowest correlation (.06) was between patience and happy work life, This low correlation may indicate that patience alone may not be a significant factor that directly influences happiness in work life. Other factors may have a greater impact on work happiness, such as job satisfaction, relationships with colleagues, compensation and benefits, or career advancement. However, patience may be a factor that indirectly contributes to or promotes happiness at work this was consistent with the concept of Hargreaves (1998) and Warr (2007)

The multiple regression analysis of factors revealed that spiritual experience (X_2 = 0.36) had the highest predictive, followed by the forgiveness (X_4 = 0.29), patience (X_3 = 0.23), and self-awareness (X_1 = 0.10), respectively could predict happy work life of teachers in elementary private schools up to 65.70 % with statistical significance .01 level. The findings were also in agreement with the concept of Kjerulf (2020) who stated that happiness arose from work satisfaction. On the side of spiritual intelligence, the most influential factor on happy work life was spiritual experience, followed by forgiveness, patience, respectively. This is also in line with the research of Faribors et al. (2010) who studied the relationship between work life happiness of teachers in Iran with spiritual intelligence. They found that the factors that influenced the work life happiness of the teachers included spiritual experience, patience and forgiveness, and that personal factors respectively. (Hajar et al., 2014; Saliminia et al., 2021). However, Spiritual experience can be a strong predictor of a happy work life for teachers in elementary private schools due to several reasons, supported by various scholarly sources, Sense of purpose and meaning, connection to a higher purpose. Teachers with strong spiritual experiences often feel a deeper connection to their work, viewing it as a calling or mission rather than just a job. This sense of purpose can significantly enhance job satisfaction and happiness (Tisdell, 2008). Emotional resilience, Coping mechanism, Spiritual experiences can provide teachers with emotional resilience, helping them cope with stress and challenges more effectively. This can lead to a more positive outlook on their work life (Koenig, 2012).

Community and Support, Sense of belonging, Spiritual experiences often foster a sense of community and belonging, both within the school environment and beyond. This social support can contribute to higher job satisfaction and overall happiness (McCollum, & Gehart, 2010). Alignment with Institutional Values, Shared values, private elementary schools, particularly those with religious affiliations, often promote values that align with teachers' spiritual beliefs. This alignment can create a more harmonious and fulfilling work environment (Sergiovanni, 1992). Personal growth and development, Continual growth, spiritual experiences encourage personal growth and self-improvement, which can translate into professional development and a more satisfying work life (Palmer, 2003). Self-awareness may be a less significant predictor of happy work life compared to other factors due to several reasons 1) External factors: "Work environment factors such as school policies, administrative support, student behavior, and available resources play a significant role in teachers' job satisfaction. Self-awareness alone cannot mitigate the impact of these external conditions" (Skaalvik & Skaalvik, 2011). 2) Workload and

stress: "High levels of workload and stress, common in teaching, can overshadow the benefits of self-awareness, leading to burnout and dissatisfaction regardless of a teacher's self-understanding" (Kyriacou, 2001). 3) Interpersonal dynamics: "Relationships with colleagues and students, positive or negative relationships with colleagues, students, and parents significantly influence teachers' happiness at work. These dynamics are complex and not solely dependent on an individual's self-awareness" (Collie et al., 2012). 4) Institutional constraints: "Teachers often face restrictions in curriculum decisions and teaching methods. Even if they are self-aware, their ability to act on this awareness might be limited by institutional constraints" (Ingersoll, 2003). And 5) Personal values and goals: "Self-awareness might highlight a mismatch between a teacher's personal values, goals, and the demands or values of the educational institution, leading to dissatisfaction despite high self-awareness" (Klassen & Chiu, 2010). These factors collectively suggest that while self-awareness is important, it may not be as strong a predictor of happy work life for teachers compared to other contextual, interpersonal, and institutional factors that shape their work experiences and job satisfaction.

Conclusions

For spiritual intelligence that was related to spiritual intelligence consisting of self-awareness, spiritual experience, patience, and forgiveness affecting happy work life of teachers in elementary private schools and the multiple regression analysis of four factors revealed that all factors, spiritual experience variable had the highest predictive, followed by the forgiveness, patience and self-awareness, respectively could predict happy work life of teachers in elementary private schools.

Suggestion

1. There's limited research on how spiritual intelligence helps teachers achieve work-life happiness, unlike studies in healthcare. This suggests similar research on teachers could be beneficial.

2. This study focused on a one-time happiness snapshot of elementary private school teachers. Since happiness can change, long-term studies across different school levels would be valuable.

References

Brackett, M. A., Palomera, R., Moja-Kaja, J., Reyes, M. R., & Salovey, P. (2010). Emotion-regulation ability, burnout, and job satisfaction among British secondary school teachers. *Psychology in the Schools, 47*(4), 406-417. https://doi.org/10.1002/pits.20478

Chiv, C., Makmee, P., Aimon, P., & Warawutsunthon, L. (2022). Well-being and tobacco smoking statuses of health officers in hospitals under the ministry of public health in Thailand. *International Journal of Healthcare Management, 17*(1), 46-51. https://doi.org/10.1080/20479700.2022.2141715

Collie, R. J., Shapka, J. D., & Perry, N. E. (2012). School climate and social-emotional learning: Predicting teacher stress, job satisfaction, and teaching efficacy. *Journal of Educational Psychology, 104*(4), 1189-1204. https://doi.org/10.1037/a0029356

Cooper, C. L., Dewe, P. J., & O'Driscoll, M. P. (2001). *Organizational Stress: A Review and Critique of Theory, Research, and Application*s. Sage Publications.

Faribors, B., Fatemeh, A., & Hamidreza, H. (2010). The relationship between teachers' spiritual intelligence and happiness in Iran. *Procedia- Social and Behavioral Sciences, 5*, 1556-1561. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.07.325

Aghaei, H., Behjat, F., & Rostampour, M. (2014). Investigating the relationship between Iranian high school female students' spiritual intelligence, language proficiency and self-esteem. *International Journal of Language and Linguistics, 2*(6-1), 19-2. https://doi.org/10.11648/j.ijll.s.2014020601.14

Hair J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis: A global perspective*. London: Pearson.

Hargreaves, A. (1998). The emotional politics of teaching and teacher development: With implications for educational leadership. *International Journal of Leadership in Education, 1*(4), 315-336. https://doi.org/10.1080/1360312980010401

Herzberg, F. (1968). One more time: How do you motivate employees. *Harvard Business Review, 81*(1), 87-96. https://doi.org/10.1007/978-1-349-02701-9_2

Ingersoll, R. M. (2003). *Who controls teachers' work?: Power and accountability in America's schools*. Harvard University Press.

Johnson, S. M., Kraft, M. A., & Papay, J. P. (2012). How context matters in high-need schools: The effects of teachers' working conditions on their professional satisfaction and their students' achievement. *Teachers College Record, 114*, 1-39.

Kjerulf, A. (2020). *Happy Hour is 9 to 5*. The Chief Happiness Officer Blog.

Kittisuksathit, S., Tangchonlatip, K., Jaratsit, S., Saiprasert, C., Boonyatearana, P., & Aree, W. (2012). *HAPPINOMETER: The Happiness Self-Assessment* (1st ed.). Tammadapress.

Klassen, R. M., & Chiu, M. M. (2010). Effects on teachers' self-efficacy and job satisfaction: Teacher gender, years of experience, and job stress. *Journal of Educational Psychology, 102*(3), 741-756. https://doi.org/10.1037/a0019237

Koenig, H. G. (2012). Religion, spirituality, and health: The research and clinical implications. *ISRN Psychiatry, 2012*, 1-33. http://doi.org/10.5402/2012/278730

Kyriacou, C. (2001). Teacher stress: Directions for future research. *Educational Review, 53*(1), 27-35. https://doi.org/10.1080/00131910120033628

Lindeman, R. H., Merenda, P. F., & Gold, R. Z. (1980). *Introduction to bivariate and multivariate analysis* (Vol. 4). Glenview, IL: Scott, Foresman.

Lyubomirsky, S. (2001). Why are some people happier than other? The role of cognitive and motivational process in well-being. *American Psychologist, 56*(3), 239-249. https://doi.org/10.1037/0003-066X.56.3.239

McCollum, D. L., & Gehart, D. R. (2010). Using mindfulness meditation to teach beginning therapists' therapeutic presence: A qualitative study. *Journal of Marital and Family Therapy, 36*(3), 347-360. https://doi.org/10.1111/j.1752-0606.2010.00214.x

Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2017). *Mplus: The Comprehensive Modeling Program for Applied Researchers user's guide* (8th ed.). Los Angeles: Muthén & Muthén.

Office of The National Economic and Social Development Council. (2020). *The Thirteenth National Economic and Social Development Plan (2023-2027)*. Office of the National Economic and Social Development Council. https://www.nesdc.go.th/article_attach/article_file_20230615134223.pdf

Office of the Private Education Commission. (2023). *Private education statistics (2019)* . OPEC. https://opec.go.th/stat

Palmer, P. J. (2003). Teaching with heart and soul: Reflections on spirituality in teacher education. *Journal of Teacher Education, 54*(5), 376-385. http://doi.org/10.1177/0022487103257359

Saliminia, N., Emamipour, S., Farzad, V., & Kochakentezar, R. (2021). Happiness Model Development based on Spiritual Intelligence and Quality of Interpersonal Relationships with a Mediating role of Resilience and Self-compassion in Students. *Educational Development of Judishapur, 11*(4), 616-630. https://doi.org/10.22118/edc.2020.229545.1353

Sergiovanni, T. J. (1992). *Moral Leadership: Getting to the Heart of School Improvement*. John Wiley & Sons.

Skaalvik, E. M., & Skaalvik, S. (2011). Teacher job satisfaction and motivation to leave the teaching profession: Relations with school context, feeling of belonging, and emotional exhaustion. *Teaching and Teacher Education*, *27*(6), 1029-1038. https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.04.001

Tisdell, E. J. (2008). Spirituality and adult learning. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 2008(119), 27-36. http://doi.org/10.1002/ace.303

Warr, P. (2007). *Work, Happiness, and Unhappiness* (1st ed.). New York: Psychology Press.

Zhou, Z., Tavan, H., Kavarizadeh, F., Sarokhani, M., & Sayehmiri, K. (2024). The relationship between emotional intelligence, spiritual intelligence, and student achievement: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med Educ, 24*(217), 1-10. https://doi.org/10.1186/s12909-024-05208-5

Zohar, D., Marshall, I. & Marshall, I. N. (2000). *SQ: Connecting with our spiritual intelligence*. Bloomsbury USA.

การพัฒนาหน่วยปฏิบัติการวิจัยตามมาตรฐานการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (ESPReL) กรณีศึกษา หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สุวดี มีมาก[1*]

Development of Laboratory Research Unit according to the Enhancement of Safety Practice of Research Laboratory in Thailand (ESPReL) A Case Study of the Central Laboratory Research Unit, Faculty of Allied health Sciences, Naresuan University

Suwadee Meemark[1*]

[1]สำนักงานเลขานุการ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Secretary's office, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจสภาพความปลอดภัยและวิเคราะห์ผลการประเมินตนเองของหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตามมาตรฐานการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (ESPReL) ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในปี พ.ศ. 2563 หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง เริ่มต้นเข้าสู่ระบบการประเมินเพื่อยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (ESPReL) ผลการประเมินครั้งแรกโดยคณะอนุกรรมการตรวจประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตาม ESPReL Checklist พบว่า หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง มีคะแนนรวมทั้ง 7 องค์ประกอบ เพียงร้อยละ 22.3 จากนั้นมีการนำข้อเสนอแนะที่ได้จากการประเมินมาปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้ผลการตรวจประเมินโดยรวมในปี 2564 และ 2565 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 75.6 และ 95.4 ตามลำดับ ทั้งนี้ในปี 2564 หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ยื่นขอรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการปลอดภัยในรูปแบบการยอมรับร่วม (peer evaluation) และได้ผ่านการรับรองจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โดยมีคะแนนเต็มร้อยละ 100 จำนวน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 การบริหารระบบการจัดการด้านความปลอดภัย องค์ประกอบที่ 3 ระบบการจัดการข้อมูลของเสีย และ องค์ประกอบที่ 7 การจัดการข้อมูลและเอกสาร ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง ยังคงต้องได้รับการพัฒนาในทุกองค์ประกอบ เพื่อให้ห้องปฏิบัติการมีมาตรฐานความปลอดภัยที่ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง มาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย มาตรฐานห้องปฏิบัติการความปลอดภัยในรูปแบบการยอมรับร่วม รายการตรวจประเมิน ESPReL Checklist

Abstract

This research aims to investigate the safety conditions and analyze the self-assessment results of the Central Laboratory Research Unit, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University. In the year 2020, the Central Laboratory Research Unit began the evaluation process to enhance laboratory safety standards according to the Enhancement of Safety Practice of Research Laboratory in Thailand (ESPReL). The initial assessment by the evaluation committee of Naresuan University using the ESPReL Checklist revealed that the overall score across all seven elements was only 22.3%. Subsequently, continuous improvements were made based on the feedback received from the assessment, resulting in an overall assessment score of 75.6% and 95.4% in the years 2021 and 2022 respectively. In 2021, the Central Laboratory Research Unit of the Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, applied for laboratory safety standard certification through peer evaluation and was certified by the National Research Council of Thailand (NRCT) with a full score of 100% for 3 components, namely Component 1: Administration of safety management system, Component 3: Laboratory waste management system, and Component 7: Data and document management. The study results indicate that the The Central Laboratory Research Unit still needs development in all components to further improve laboratory safety standards.

Keywords: The Central Laboratory Research unit, Enhancement of Safety Practice of Research Laboratory in Thailand, Peer evaluation, ESPReL Checklist

บทนำ

หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มุ่งมั่นสร้างและพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมที่มีคุณภาพ เพื่อให้เสริมสร้างองค์ความรู้ในการพัฒนาวิชาชีพ และการแก้ไขปัญหาสาธารณสุขของชุมชนและประเทศ โดยให้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูงที่จำเป็นสำหรับงานวิจัย เพื่อสนับสนุนและยกระดับศักยภาพการวิจัยของนักวิจัยทุกระดับ สู่ผลงานที่มีคุณภาพระดับประเทศและสากล จากการรายงานสถิติความปลอดภัย International Commission on Occupational Health (ICOH) ได้รายงาน ประชากรวัยทำงานประมาณ 2.9 ล้านคนเสียชีวิตจากอุบัติเหตุและโรคจากการทำงาน และยังมีอีกอย่างน้อย 402 ล้านคนที่ได้รับผลกระทบจากการบาดเจ็บที่เกี่ยวเนื่องมาจากการการทำงาน จุฑามาศ ทรัพย์ประดิษฐ์ และ จุฑาสิริ โรหิตรัตนะ (2565) คณะสหเวชศาสตร์ได้ตระหนักถึงความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ และเริ่มเข้าสู่ระบบการประเมินเพื่อยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (ESPReL) เมื่อปี พ.ศ. 2563 โดยร่วมกับมหาวิทยาลัยนเรศวร : มหาวิทยาลัยแม่ข่าย ดำเนินการพัฒนายกระดับความปลอดภัยให้มีผลการประเมินสภาพความปลอดภัยด้วย ESPReL Checklist การยกระดับหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลางเข้าสู่ระบบมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทยนั้นอาศัยความรู้ ความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงานเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ แต่ต้องได้รับ

ความร่วมมือ ตั้งแต่ระดับผู้บริหารมหาวิทยาลัย ผู้บริหารหน่วยงาน หัวหน้าห้องปฏิบัติการ ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ ผู้รับบริการทุกระดับ พนักงานทำความสะอาด พนักงานรักษาความปลอดภัย ไม่เว้นแม้แต่ผู้เยี่ยมชมห้องปฏิบัติการ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องเข้าใจถึงกระบวนการและวิธีดำเนินงานทุกด้านของการพัฒนาความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการบนพื้นฐานที่ครอบคลุม และครบวงจร พร้อมเอกสารความรู้ และรายละเอียดวิธีดำเนินการขั้นตอนของระบบดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษากระบวนการ และวิธีดำเนินงานด้านต่าง ๆ รวมถึงข้อมูลพื้นฐานด้านการจัดการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ รายละเอียดวิธีดำเนินการขั้นตอนต่าง ๆ ของระบบ เพื่อที่จะยกระดับความปลอดภัยหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลางเข้าสู่ระบบมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย ด้วยการลงทะเบียนห้องปฏิบัติการในระบบกับสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และบันทึกข้อมูลบนเว็บไซต์ที่ http://esprellabsafety.nrct.go.th การตอบคำถามและข้อมูลประกอบด้วยการสำรวจสถานภาพในลักษณะของรายการสำรวจ (ESPReL Checklist) ที่ครอบคลุม 7 องค์ประกอบ เพื่อเป็นการลดเวลาในการศึกษาระบบและข้อมูล รวมถึงการจัดทำเอกสารต่าง ๆ ของระบบ ใช้เป็นแนวทางในการขยายการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย ไปยังห้องปฏิบัติการห้องอื่น ๆ ของคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสำรวจและวิเคราะห์ผลการประเมินตนเองด้านความปลอดภัยของหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตามรายการมาตรฐานการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (ESPReL Checklist)ของสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

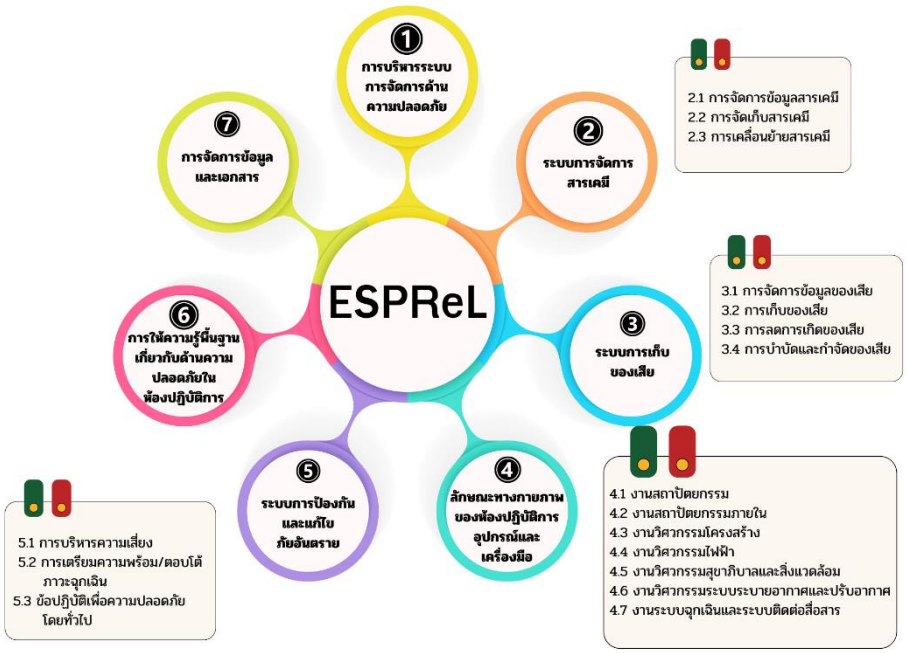
2. เพื่อพัฒนาหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เข้าสู่มาตรฐานการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (Enhancement of Safety Practice in Research Laboratory in Thailand, ESPReL) สู่การรับรองในรูปแบบ Peer evaluation

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีของหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง เข้าสู่ระบบมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย ผู้วิจัย ผู้ปฏิบัติงาน และผู้ที่เกี่ยวข้องในห้องปฏิบัติการต้องศึกษาและทำความเข้าใจ ในรายละเอียดการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทยตามโครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัย ห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (Enhancement of Safety Practice in Research Laboratory in Thailand, ESPReL) โดยนักวิทยาศาสตร์ประจำหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลางจำนวน 2 คน

เป็นผู้จัดทำข้อมูล ตามรายละเอียดดังนี้เขียนถึงเทคนิคและวิธีการทั่วไปที่ใช้ในการศึกษาวิจัย หากประกอบด้วยตาราง เพื่ออธิบายเปรียบเทียบหรือจัดรูปเนื้อหาให้สั้นกระชับเข้าใจง่าย ให้ดำเนินการดังนี้

1. การสำรวจหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตาม ESPReL Checklist ในระบบและบันทึกข้อมูลบนเว็บไซต์ที่ http://esprel.labsafety.nrct.go.th ซึ่งมีทั้งหมด 7 องค์ประกอบ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปภาพองค์ประกอบด้านความปลอดภัยตามรายการมาตรฐานการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (ESPReL Checklist) ของสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

2. วิเคราะห์ผลการประเมินตนเองและผลการตรวจประเมินโดยคณะอนุกรรมการตรวจประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยนเรศวร ของหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง ก่อนมีการพัฒนาและปรับปรุง ตามรายการ ESPReL Checklist (โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย, 2558) โดยใช้สถิติเชิงพรรณา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ร้อยละของคะแนนที่ได้ และร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสำหรับเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละองค์ประกอบด้านความปลอดภัย และวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุขององค์ประกอบที่ทำให้ร้อยละคะแนนของการประเมินตนเองไม่ถึงร้อยละร้อย เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการสู่การยอมรับร่วม (peer evaluation) ต่อไป

3. นำผลการประเมินตนเองห้องปฏิบัติการก่อนเข้าสู่ระบบตามข้อ 2 และข้อเสนอแนะคณะอนุกรรมการตรวจประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยนเรศวร มาวิเคราะห์ พิจารณาคะแนนการประเมินแต่ละหัวข้อที่มีคะแนนไม่ถึงร้อยละ 50 กำหนดให้มีการปรับปรุงข้อมูลและการทำประเมินตามแบบประเมิน ESPReL Checkist

อย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง และทุกครั้งทำหลังจากประเมินจะต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ปี คือ ในช่วงปี พ.ศ. 2563 ถึงปี พ.ศ.2565 (ครั้งที่ 1 ประเมินตนเองระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - เมษายน และครั้งที่ 2 ระหว่างเดือนกันยายน – ธันวาคม)

4. การพัฒนาหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง ตามข้อกำหนดในแบบประเมิน ESPReL Checklist ทั้ง 7 องค์ประกอบ และดำเนินการส่งหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง เข้าสู่ระบบการตรวจประเมินและรับรองในรูปแบบ Peer evaluation

ผลการศึกษา

ด้วยเล็งเห็นถึงความสำคัญเรื่องการจัดการความปลอดภัยในหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง ดังนั้นก่อนมีพัฒนาและปรับปรุงเพื่อการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง ผู้วิจัยทำการประเมินโดยตอบคำถามรายละเอียดเกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ รายการสำรวจแบบประเมินตามระบบ ESPReL Checkist เพื่อเป็นข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง เข้าสู่มาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (Enhancement of Safety Practice in Research Laboratory in Thailand, ESPReL) ผลคะแนนการประเมินแยกตามหัวข้อ รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนการประเมินแต่ละหัวข้อตาม ESPReL Checklist ของหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ก่อนเข้าสู่ระบบมาตรฐานความปลอดภัย โดยคณะอนุกรรมการตรวจประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อหัวข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	% คะแนนที่ได้
1. การบริหารระบบการจัดการด้านความปลอดภัย	**30**	**26**	**86.7**
2. ระบบการจัดการสารเคมี	**130**	**13**	**10.0**
2.1 การจัดการข้อมูลสารเคมี	41	12	29.3
2.2 การจัดเก็บสารเคมี	72	20	27.8
2.3 การเคลื่อนย้ายสารเคมี (Chemical transportation)	17	0	0
3. ระบบการจัดการของเสีย	**63**	**18**	**28.6**
3.1 การจัดการข้อมูลของเสีย	24	4	16.7
3.2 การเก็บของเสีย	30	12	40
3.3 การลดการเกิดของเสีย	5	0	0
3.4 การบำบัดและกำจัดของเสีย	4	0	0
4. ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ	**86**	**0**	**0**
4.1 งานสถาปัตยกรรม	20	0	0
4.2 งานสถาปัตยกรรมภายใน	11	0	0
4.3 งานวิศวกรรมโครงสร้าง	8	0	0

ชื่อหัวข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	% คะแนนที่ได้
4.4 งานวิศวกรรมไฟฟ้า	19	0	0
4.5 งานวิศวกรรมสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อม	6	0	0
4.6 งานวิศวกรรมระบบระบายอากาศและปรับอากาศ	6	0	0
4.7 งานระบบฉุกเฉินและระบบติดต่อสื่อสาร	16	0	0
5. ระบบการป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย	**130**	**37**	**28.5**
5.1 การบริหารความเสี่ยง	50	0	0
5.2 การเตรียมความพร้อม/ตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน	32	6	18.8
5.3 ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยโดยทั่วไป	48	31	64.6
6. การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ	**54**	**22**	**40.7**
7. การจัดการข้อมูลและเอกสาร	**28**	**0**	**0**
รวม	**521**	**116**	**22.3**

ผลการประเมินความปลอดภัย ตาม ESPReL Checklist และข้อเสนอแนะจากคณะอนุกรรมการตรวจประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยนเรศวร มาพัฒนาและปรับปรุงในทุกองค์ประกอบ มีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินสถานภาพความปลอดภัยก่อนการดำเนินการยกระดับความปลอดภัยตาม ESPReL Checklist และแนวทางการพัฒนาทั้ง 7 องค์ประกอบ ของหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปัญหาที่พบก่อนพัฒนา	แนวทางการพัฒนา
องค์ประกอบที่ 1 การบริหารระบบการจัดการด้านความปลอดภัย	
มีนโยบายและโครงสร้างการบริหารด้านความปลอดภัยที่ครอบคลุมทั้งในระดับ มหาวิทยาลัยคณะ และห้องปฏิบัติการ แต่ยังขาดส่วนของแผนงานด้านความปลอดภัยที่ครอบคลุมของระดับ คณะและห้องปฏิบัติการ การกำหนดผู้รับผิดชอบดูแลด้านความปลอดภัย ควรมีเอกสาร การมอบหมายงานที่ชัดเจนที่ระบุถึงงานด้านความปลอดภับตลอดจนมีการดำเนินงานที่สอดคล้องกับข้อกำหนด	ศึกษา รวบรวมข้อมูลการดำเนินงาน ระดมความคิดเห็นจากผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานในการกำหนดแผนงานด้านความปลอดภัยที่ครอบคลุมทั้งระดับคณะและห้องปฏิบัติการ กำหนดและมอบหมายผู้รับผิดชอบดูแลด้านความปลอดภัยครบทั้ง 7 องค์ประกอบอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร

ปัญหาที่พบก่อนพัฒนา	แนวทางการพัฒนา
องค์ประกอบที่ 2 ระบบการจัดการสารเคมี	
ขาดระบบการบันทึกข้อมูล โครงสร้างของข้อมูลสารเคมีที่บันทึกตลอดจนสารบบสารเคมี รวมไปถึงการจัดการสารเคมีที่ไม่ใช้แล้ว การเก็บถังแก๊ส ยังไม่มีอุปกรณ์ยึดถังแก๊ส และยังไม่มีการระบุถึงสถานะของถังแก๊ส	จัดทำแบบบันทึกข้อมูล โครงสร้างของสารเคมี โดยใช้โปรแกรม Cheminvent เป็นการจัดการสารบบสารเคมี ซึ่งมีข้อมูลที่ครบถ้วน เช่น โครงสร้างสารเคมี การจัดการรายการสารเคมี SDS การจัดเก็บ การรับเข้า-จ่ายออก การแบ่งปันสารเคมี จัดทำแนวปฏิบัติการจัดการสารเคมีที่ไม่ใช้แล้ว ห้องปฏิบัติการนำผลของข้อมูลมาขออนุมัติจัดซื้อจัดจ้างทำอุปกรณ์ยึดถังแก๊ส และดำเนินการติดป้ายแสดงสถานะการใช้งานของถังแก๊ส
องค์ประกอบที่ 3 ระบบการเก็บของเสีย	
ขาดระบบการบันทึกข้อมูลของเสียในรูปแบบเอกสารและอิเล็กทรอนิกส์ ไม่พบการรายงานของเสียที่เกิดขึ้น การกำจัดทิ้งไม่พบหบักฐานการใช้ประโยชน์จากข้อมูลเพื่อการบริหารจัดการ การจัดสรรงบประมาณและประเมินความเสี่ยง ไม่มีการจำแนกประเภทของเสีย การตรวจสอบความบกพร่องของฉลากและภาชนะบรรจุของเสีย การกำหนดปริมาณรวมสูงสุดและระยะเวลาเก็บของเสียในห้องปฏิบัติการที่เหมาะสม รวมไปถึงการบำบัดและจัดของเสีย	ศึกษาข้อมูลการแยกประเภทของเสีย ตามคู่มือการจัดแยกและจัดเก็บของเสียอันตราย มหาวิทยาลัยนเรศวร จัดทำแนวปฏิบัติการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายของเสียอันตราย กำหนดปริมาณสูงสุดและระยะเวลาในการจัดเก็บของเสียอันตราย รวมไปถึงการจัดเก็บ การตรวจสอบความบกพร่องฉลากและภาชนะบรรจุของเสีย ดำเนินการตรวจสอบทุก ๆ 3 เดือน รายงานการเกิดของเสียของห้องปฏิบัติการ รายงานการกำจัดของเสียจากบริษัทที่รับกำจัดของเสียอันตรายที่ได้รับอนุญาต จัดทำแนวปฏิบัติการบำบัดและกำจัดของเสีย ก่อนที่จะทิ้งตามประเภทที่กำหนด
องค์ประกอบที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุกปรณ์และเครื่องมือ	
ระบบไฟสำรองฉุกเฉินไม่สามารถใช้งานได้ อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ไม่สามารถใช้งานได้ ไม่มีแผนผังแสดงตำแหน่ง เส้นทางการหนีไฟและป้ายหนีไฟ ไม่มีถังดับเพลิงภายในห้องปฏิบัติการ รวมไปถึงหมายเลขโทรศัพท์ติดต่อกรณีฉุกเฉิน และชื่อผู้รับผิดชอบห้องปฏิบัติการ มีการใช้ปลั๊กไฟพ่วง ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	นำผลของข้อมูลเสนอต่อผู้บริหารเพื่อวางแผน จัดสรรงบประมาณในการจัดซื้อจัดจ้างระบบสำรองไฟฉุกเฉิน ป้ายหนีไฟและถังดับเพลิง รวมไปถึงระบบการใช้ไฟฟ้าให้เพียงพอ โดยไม่ใช้ปลั๊กไฟพ่วง จัดทำแผนผังแสดงตำแหน่งและเส้นทางการหนีไฟ ติดป้ายหนีไฟ ป้ายชื่อผู้รับผิดชอบและหมายเลขโทรศัพท์ติดต่อกรณีฉุกเฉิน

ปัญหาที่พบก่อนพัฒนา	แนวทางการพัฒนา
องค์ประกอบที่ 5 ระบบการป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย	
ไม่มีการประเมินความเสี่ยงของชุดอุปกรณ์และพื้นที่ในการทำงาน ไม่มีการเตรียมความพร้อม/ตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน แผนป้องกันภาวะฉุกเฉินที่เป็นรูปธรรม เครื่องมือยังไม่ได้รับการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ	ศึกษาข้อมูล และประเมินความเสี่ยงของชุดอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการแต่ละห้อง เพื่อลดความเสี่ยง จัดทำขั้นตอนการตอบโต้เหตุฉุกเฉิน และฝึกซ้อม จัดทำแผนการป้องกันภาวะฉุกเฉิน การตรวจสอบเครื่องมือ และดำเนินอย่างสม่ำเสมอ ติดป้ายสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตราย ป้ายเตือน จัดทำคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ และเครื่องมือ
องค์ประกอบที่ 6 การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ	
ควรจะมีการให้ความรู้พื้นฐานแก่ผู้บริหาร ในเรื่องระบบการจัดการด้านความปลอดภัย ตลอดจนกฎหมายที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการมีระเบียบการให้ความรู้พื้นฐานแก่ผู้ปฏิบัติงาน ที่ครอบคลุมในทุก หัวข้อและการให้ความรู้พื้นฐานแก่พนักงานท าความสะอาดและมีการประเมิน การปฏิบัติงาน ตามหลักการ ของความปลอดภัย รวมทั้งการเก็บเอกสารไว้เป็นหลักฐาน เพื่อการตรวจสอบหรือการเดินการตรวจประเมิน	นำผลของข้อมูลและข้อเสนอแนะจากคณะอนุกรรมการตรวจประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยนเรศวร เสนอต่อผู้บริหาร ประสานงานกับมหาวิทยาลัยแม่ข่ายเพื่อจัดกิจกรรมให้ความรู้พื้นฐานแก่ผู้บริหาร จัดทำระเบียบการให้ความรู้พื้นฐานให้ครอบคลุมทุกหัวข้อ และจัดอบรมให้ความรู้พนักงานทำความสะอาดและประเมินผลเป็นลายลักษณ์อักษร และดำเนินการเก็บเอกสารไว้เป็นหลักฐาน
องค์ประกอบที่ 7 การจัดการข้อมูลและเอกสาร	
ควรจัดการข้อมูลและเอกสาร โดยมีการสำรวจความเป็นอันตราย การจัดกลุ่มเอกสารการจัดเก็บเอกสาร ระบบการนำเข้าออกและติดตามเอกสาร ระบบการทบทวนและปรับปรุงเอกสารให้ทันสมัย นอกจากนี้ยังต้องมี การเก็บเอกสารและบันทึก ที่เป็นหมวดหมู่และครอบคลุมในทุกหัวข้อ	ดำเนินการจัดเก็บเอกสารแยกแฟ้มตามองค์ประกอบทั้ง 7 องค์ประกอบ จัดทำคู่มือการจัดการข้อมูลและเอกสาร และระบบการทบทวน ปรับปรุงเอกสารให้ทันสมัย

จากผลการประเมินความปลอดภัย ตาม ESPReL Checklist ของคณะอนุกรรมการตรวจประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้วิจัยนำการประเมินและข้อเสนอแนะในครั้งแรก ไปศึกษาข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวกับข้อกำหนดทั้งหมด และดำเนินการเพื่อยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการตาม ESPReL Checklist เพื่อยกระดับมาตรฐานความปลอดภัย โดยขอยื่นเข้ารับตรวจประเมิน และรับรองห้องปฏิบัติการในรูปแบบ Peer evaluation ในปี พ.ศ.2564 (ศูนย์บริหารความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน มหาวิทยาลัยมหิดล, 2564) เพื่อให้เกิดการจัดการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการให้เป็นไปตามมาตรฐานอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยจะทำการประเมินตนเองในระบบปีละ 2 ครั้ง ซึ่งทำการประเมินระบบตามรายการของ ESPReL Checklist

โดยการตอบคำถามแต่ละข้อและบันทึกข้อมูลลงเว็บไซต์ (http://espreLlabsafety nrct go.th) ผู้วิจัยนำคะแนนการประเมินจากโปรแกรมและประมวลผลในระบบ ก่อนการดำเนินงานยกระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าผลคะแนนรวมทั้ง 7 องค์ประกอบ ได้คะแนนรวมร้อยละ 31.5 ซึ่งถือว่ามีความปลอดภัยค่อนข้างต่ำ หลังการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการตรวจประเมินฯ เช่น การนำระบบสารสนเทศ Cheminvent มาใช้ในระบบการจัดสารเคมี ช่วยเรื่องของระบบการบันทึกข้อมูล การรับเข้า-จ่ายออกของสารเคมี มีข้อมูลครบถ้วน และการนำ Nu Waste Track มาใช้ในการจัดเก็บของเสีย ทำให้การแยกประเภทของเสียและการทำป้ายแสดงสถานะของเสียสะดวกมากขึ้น พบว่า มีผลการประเมินดีขึ้นแบบก้าวกระโดดในปีแรกที่พัฒนา มีผลคะแนนรวมทั้ง 7 องค์ประกอบ ได้ร้อยละ 71.9 และพัฒนาต่อเนื่องในปีถัดไป มีผลคะแนนรวมร้อยละ 85.3 และ 93.4 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ร้อยละคะแนนที่ได้จากการประเมินตนเองตาม ESPReL Checklist หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปี 2563 – 2565 ปีละ 2 ครั้ง

หัวข้อ	ร้อยละคะแนนที่ได้					
	ปี 2563		ปี 2564		ปี 2565	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1. การบริหารระบบการจัดการด้านความปลอดภัย	**20**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
2. ระบบการจัดการสารเคมี	**37.6**	**92.9**	**95.9**	**95.5**	**100**	**100**
2.1 การจัดการข้อมูลสารเคมี	29.3	90.2	90.2	90.2	100	100
2.2 การจัดเก็บสารเคมี	45.5	95.3	100	100	100	100
2.3 การเคลื่อนย้ายสารเคมี	100	100	100	100	100	100
3. ระบบการจัดการของเสีย	**30.2**	**86.2**	**86.2**	**87.9**	**100**	**100**
3.1 การจัดการข้อมูลของเสีย	18.2	83.3	83.3	83.3	100	100
3.2 การเก็บของเสีย	50	100	100	100	100	100
3.3 การลดการเกิดของเสีย	0	0	0	33.3	100	100
3.4 การบำบัดและกำจัดของเสีย	0	66.7	66.7	66.7	100	100
4. ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ	**67.8**	**73.3**	**73.3**	**84.9**	**93.0**	**97.7**
4.1 งานสถาปัตยกรรม	100	100	100	100	100	100
4.2 งานสถาปัตยกรรมภายใน	45.5	63.6	100	100	100	100
4.3 งานวิศวกรรมโครงสร้าง	75	75	0	100	100	100
4.4 งานวิศวกรรมไฟฟ้า	52.6	63.2	73.7	73.7	100	100

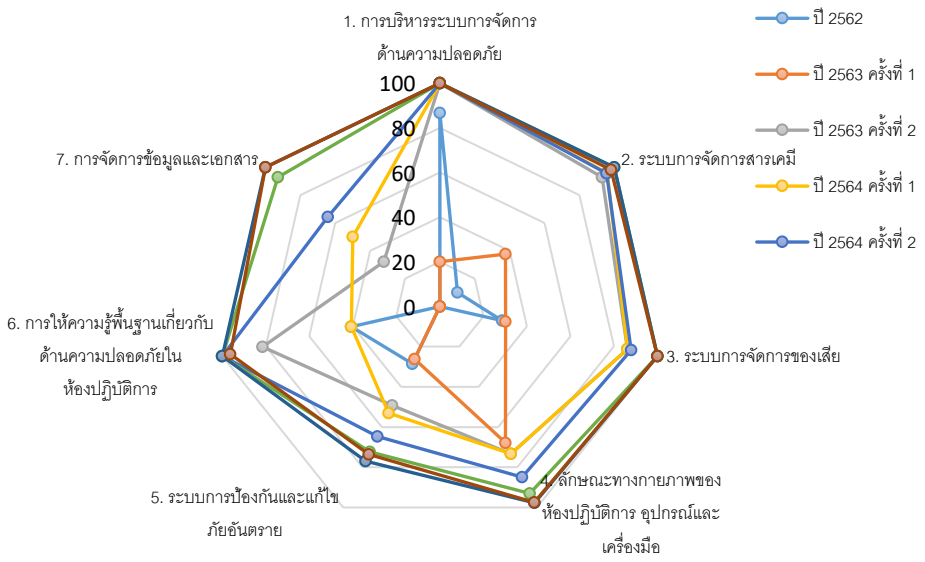
หัวข้อ	ร้อยละคะแนนที่ได้					
	ปี 2563		ปี 2564		ปี 2565	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
4.5 งานวิศวกรรมสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อม	33.3	33.3	33.3	33.3	66.7	100
4.6 งานวิศวกรรมระบบระบายอากาศและปรับอากาศ	57.1	66.7	66.7	100	100	100
4.7 งานระบบฉุกเฉินและระบบติดต่อสื่อสาร	75	75	75	75	75	87.5
5. ระบบการป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย	**26.2**	**49.2**	**53.1**	**64.6**	**72.3**	**76.9**
5.1 การบริหารความเสี่ยง	0	30	30	36	44	56
5.2 การเตรียมความพร้อม/ตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน	9.4	50	56.3	56.3	75	75
5.3 ข้อปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยโดยทั่วไป	64.6	68.8	75	100	100	100
6. การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ	**0**	**81.5**	**40.7**	**100**	**100**	**100**
7. การจัดการข้อมูลและเอกสาร	**0**	**32.1**	**50**	**64.3**	**92.9**	**100**
รวม	**31.5**	**71.9**	**70.7**	**83.5**	**90.9**	**93.4**

จากการดำเนินการเพื่อพัฒนาและปรับปรุงระบบการจัดการความปลอดภัยในหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง ได้ยื่นขอเข้ารับการตรวจประเมินในรูปแบบ Peer evaluation ในปี พ.ศ.2564 จากนั้นคณะกรรมการผู้ประเมินจากศูนย์บริหารความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Center for Occupational Safety, Health and Environment management, COSHEM) มหาวิทยาลัยมหิดล ได้เข้าตรวจประเมินในสถานที่จริง ณ หน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง ในวันที่ 2 ธันวาคม 2563 จากการที่ศูนย์บริหารความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน มหาวิทยาลัยมหิดล เข้าตรวจประเมินหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง ในรูปแบบ Peer evaluation เมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2563 และมีการแจ้งผลการประเมินห้องปฏิบัติการในรูปแบบ Peer evaluation ในวันที่ 30 กรกฎาคม 2564 ซึ่งคะแนนการประเมินหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง พบว่า ผลคะแนนร้อยละเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละองค์ประกอบ ได้ดังนี้ ได้คะแนนเต็มร้อยละ 100 ในองค์ประกอบที่ 1, 3 และ 7 โดยมีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 คะแนนแต่ละองค์ประกอบการตรวจประเมินมาตรฐานห้องปฏิบัติการปลอดภัยเพื่อการยอมรับร่วม peer evaluation ของหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

องค์ประกอบ	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม	ร้อยละ
1. การบริหารระบบการจัดการด้านความปลอดภัย	24	24	100
2. ระบบการจัดการสารเคมี	108	110	98.18
3. ระบบการจัดการของเสีย	50	50	100
4. ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือ	76	78	97.44
5. ระบบการป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย	78	106	73.57
6. การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ	52	54	96.30
7. การจัดการข้อมูลและเอกสาร	20	20	100

และเมื่อนำหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลางเข้ารับการตรวจประเมินในรูปแบบ Peer evaluation ได้รับการรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการในรูปแบบ Peer evaluation จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ รับรองในรูปแบบรายองค์ประกอบ จำนวน 3 องค์ประกอบ ทำให้เห็นพัฒนาการด้านความปลอดภัยของหน่วยปฏิบัติการวิจัยกลาง ตั้งแต่ก่อนเข้าโครงการยกระดับ ฯ จนกระทั่งได้ผ่านการประเมินในรูปแบบ Peer evaluation และได้ดำเนินการประเมินตนเองตาม ESPReL Checklist อย่างต่อเนื่อง ปีละ 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 จะดำเนินการช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน ครั้งที่ 2 ช่วงเดือนกันยายน – ธันวาคม ตั้งแต่ปี 2563 –2565 ผลการประเมินตนเองและผลการตรวจรับรองในรูปแบบ peer evaluation รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปภาพแสดงพัฒนาการดำเนินงานด้านความปลอดภัยตามองค์ประกอบจากการประเมินตาม ESPReL Checklist ตั้งแต่ปี พ.ศ.2562 ถึง 2565 และการตรวจรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการในรูปแบบ peer evaluation

อภิปรายผลการศึกษา

ผลจากการศึกษา การสำรวจและประเมินตนเองตาม ESPReL Checklist เมื่อเปรียบเทียบร้อยละคะแนนของแต่ละองค์ประกอบ ปี 2563 ครั้งที่ 1 เทียบกับปี 2565 ครั้งที่ 2 พบว่า (1) ทุกองค์ประกอบ มีร้อยละคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทุกองค์ประกอบ (2) องค์ประกอบที่ 2 และ 3 การนำระบบสารสนเทศเข้ามาใช้แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาและปรับปรุงความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการตาม ESPReL Checklist มีคะแนนร้อยละร้อย (3) องค์ประกอบที่ 5 มีคะแนนรวมไม่ถึงร้อยละ 80 ห้องปฏิบัติการควรหามาตรการมารองรับ หรือพิจารณากฎระเบียบ ข้อบังคับของหน่วยงาน ปลูกสร้างจิตสำนึก สร้างวัฒนธรรมองค์กรด้านความปลอดภัย เพื่อยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการให้สอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยต่อไป จากการพัฒนาจากการประเมินตนเองตาม ESPReL Checklist เข้าสู่มาตรฐานการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (Enhancement of Safety Practice in Research Laboratory in Thailand, ESPReL) สู่การรับรองในรูปแบบ Peer evaluation นั้น สามารถช่วยยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยของปฏิบัติการได้อย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ (4) จากผลการประเมินตนเองตาม ESPReL Checklist แล้ว การได้รับการตรวจประเมินจากหน่วยงานภายนอก จะช่วยให้ห้องปฏิบัติการเกิดการพัฒนาได้อย่างรวดเร็ว (5) การบริหารความเสี่ยงในทุกระดับ จะต้องได้รับความร่วมมือจากทุกคนที่เกี่ยวข้อง ร่วมกันระดมความคิดเพื่อประเมินความเสี่ยงและวางแผนป้องกันภัยอันตราย จากการศึกษานี้หากผู้บริหาร ผู้ปฏิบัติงานรวมไปถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องมีพฤติกรรมที่ดีด้านความปลอดภัย จะช่วยขับเคลื่อนการทำงานด้านความปลอดภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

สรุปผลการศึกษา

เพื่อยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการสู่มาตรฐานสากล ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของการตรวจประเมินจากคณะกรรมการในระดับมหาวิทยาลัย หรือจากหน่วยงานภายนอก การได้รับข้อเสนอแนะ คำแนะนำต่าง ๆ จะส่งเสริมให้การยกระดับมาตรฐานด้านความปลอดภัยห้องปฏิบัตินั้นมีประสิทธิภาพเร็วมากขึ้น และนอกจากนี้ ผู้บริหารหน่วยงานมีบทบาทที่สำคัญอย่างมาก หากผู้บริหารหน่วยงานสร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้ปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ผ่านวิธีการที่หลากหลาย อาทิ การส่งเสริมหรือมอบรางวัลแก่ห้องปฏิบัติการที่มีผลคะแนนการประเมินพัฒนาขึ้น หรือผ่านการประเมินในรูปแบบ Peer evaluation ควบคู่ไปกับการสนับสนุนนโยบายจากผู้บริหารหน่วยงานที่จริงจังและติดตามผลการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง การปลูกฝังวัฒนธรรมองค์กร พฤติกรรมด้านความปลอดภัย การปฏิบัติงานตามมาตรฐานด้านความปลอดภัยจะเกิดขึ้นได้อย่างแท้จริง เมื่อผู้ปฏิบัติงาน ผู้เกี่ยวข้องทุกระดับตระหนักและเห็นความสำคัญ รวมถึงหน่วยงานจัดสรรงบประมาณสนับสนุนการจัดการความปลอดภัยอย่างเพียงพอ หน่วยงานใดที่ดำเนินการตามแนวทางนี้ ย่อมบรรลุเป้าหมายความปลอดภัยในการปฏิบัติงานตามมาตรฐานอย่างแน่นอน

เอกสารอ้างอิง

โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย. (2558). *คู่มือการประเมินความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ* (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฑามาศ ทรัพย์ประดิษฐ์ และ จุฑาสิริ โรหิตรัตนะ. (2565). *การสร้างสรรค์วัฒนธรรมความปลอดภัย: จากแนวคิดสู่การปฏิบัติ*. ศูนย์ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. https://www.shecu.chula.ac.th/home/content.asp?Cnt=743

ศูนย์บริหารความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน มหาวิทยาลัยมหิดล. (2564). *คู่มือขอรับการตรวจประเมินและรับรองห้องปฏิบัติการในรูปแบบ peer evaluation*. นครปฐม : มหาวิทยาลัยมหิดล.

การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กรณีศึกษา ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

ชญานี คนใหญ่[1] วาสนา โชคชื่น[1] สุภาวดี ศรีแผ้ว[1*] อัญชลี กรุดทอง[1]

ณัฐวุฒิ วันศรี[1] และ จุฑาธิป ประดิพัทธ์นฤมล[1]

In the Participation of People in Community Development according to the Philosophy of Sufficient Economics Stalks of Bangrakam Subdistrict Bangrakam District Phitsanulok Province

Chayani Khonhai[1] Wassana Chokchuen[1] Suphawadi Sriphaew[1*] Anchali krutthong[1]

Natthawut Wansri[1] and Chuthatip Pradipatnaruemol[1]

[1]หลักสูตรรัฐประศาสนศาสตรบัณฑิต คณะสังคมศาสตร์และการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1]Bachelor of Public Administration Program Faculty of Social Sciences and Local Development Phibunsongkhram Rajabhat University Phitsanulok 65000

*Corresponding author. E-mail: supawadee20092520@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาชุมชนในหมู่บ้านด้วยการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ในจำนวนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 395 คน โดยใช้วิธีการคำนวณจากสูตรของ ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane) ผลการวิจัยพบว่า 1.การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก พบว่า ทั้งหมด 4 ด้าน พบว่า โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ รองลงมาคือ การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ และรายข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดการมีส่วนร่วมในติดตามและประเมินผล 2.การมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชนในหมู่บ้านด้วยการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก พบว่า ประชาชนส่วนมากในตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ต้องการให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีนโยบาย อยากให้มีการสนับสนุนการอบรมนำความรู้มาเผยแพร่ให้แก่ประชาชน เพื่อเพิ่มองค์ความรู้ในเรื่อง เศรษฐกิจพอเพียงแจกเมล็ดพันธุ์ผักเพื่อลดต้นทุนเพิ่มรายได้ และต้องการให้จัดการเกี่ยวกับปัญหาของยาเสพติดในหมู่บ้าน เพื่อส่งเสริมให้ชุมชนมีการพัฒนาที่ดียิ่งขึ้น ปัญหาคือ บางหมู่บ้านในพื้นที่ตำบลบางระกำมีน้ำท่วมขังในฤดูน้ำหลาก ทำให้ยากต่อการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

คำสำคัญ: ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง การมีส่วนร่วม การพัฒนาชุมชน

Abstract

The purpose of this study is to examine the participation of individuals in community development guided by the Sufficiency Economy Philosophy in Bangrakam subdistrict, Bangrakam district, Phitsanulok province. The study follows Taro Yamane's formula as demonstrated in his research. 1. the study on people's participation in community development under the Sufficiency Economy Philosophy in Bangrakam subdistrict Bangrakam district Phitsanulok province found that all four areas showed very high levels of participation. The highest average was in receiving benefits followed by participation in decision-making participation in practice and the lowest average was in participation in monitoring and evaluation. 2. participating in community development in villages under the philosophy of Sufficiency Economy in Bangrakam subdistrict Bangrakam district Phitsanulok province reveals that most residents desire local governments to disseminate knowledge about Sufficiency Economy to the public. They also seek distribution of vegetable seeds to reduce costs and increase income and express a need to address drug issues for enhanced community development. However, some villages in Bangrakam subdistrict face challenges such as flooding during the rainy season hindering efforts to develop communities in line with the Sufficiency Economy Philosophy.

Keywords: Sufficiency Economy Philosophy, Participation, Community Development

บทนำ

ความยากจนนับเป็นปัญหาที่ทุกประเทศทั่วโลกต่างให้ความสำคัญ เนื่องจากความยากจนมีโอกาสที่ก่อให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมาไม่ว่าจะเป็นปัญหาครอบครัว ปัญหายาเสพติด ปัญหาอาชญากรรม ปัญหาความเหลื่อมล้ำ ตลอดจนปัญหาคุณภาพประชากรและการพัฒนาประเทศ สำหรับประเทศไทยรัฐบาลทุกยุคทุกสมัยต่างพยายามที่จะแก้ปัญหาความยากจน โดยได้บรรจุเข้าในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 1 เป็นต้นมา และได้ทุ่มงบประมาณในแต่ละปีเพื่อแก้ปัญหาความยากจนเป็นเงินจำนวนมาก ทั้งนี้เป็นเรื่องยากที่ความยากจนจะหมดไปจากสังคมไทย เนื่องจากยังมีคนยากจนกลุ่มหนึ่งที่ขาดโอกาสที่จะเข้าถึงปัจจัยการผลิต และถูกเอาเปรียบซึ่งจะทำให้คนจนกลุ่มดังกล่าวยังจะจนเรื้อรังต่อไป ยังคงมีปัญหาการกระจายรายได้ ความไม่เท่าเทียมกันของคนในสังคม และปัญหาหนี้สินความยากจนเป็นปัญหาใหญ่ที่กัดกร่อนรากฐานความมั่นคงของสังคมไทยมายาวนาน และปัจจุบันนี้ข้อมูลคนจนจากระบบบริหารจัดการข้อมูลการพัฒนาคนแบบชี้เป้า (TPMAP) ณ วันที่ 3 มกราคม 2565 บ่งชี้ว่ามีคนจนกระจายตัวอยู่ใน 77 จังหวัดทั่วประเทศ รวมกัน 1,025,782 คน ขณะที่คนจนในระบบข้อมูลครัวเรือนยากจน (Practical Poverty Provincial Connext-PPPConnext) ณ วันที่ 13 มิถุนายน 2566 พบว่ามีจำนวนคนจนในพื้นที่ 20 จังหวัด ได้แก่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง พิษณุโลก เลย สกลนคร มุกดาหาร ศรีสะเกษ นครราชสีมา อำนาจเจริญ อุบลราชธานี ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ ยโสธร บุรีรัมย์

สุรินทร์ ชัยนาท พัทลุง ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส รวมกันจำนวน 1,039,584 คน ซึ่งเป็นภาพสะท้อนชัดว่า ความพยายามในการแก้ไขปัญหาความยากจนเป็นโจทย์ยากมาหลายรัฐบาลแล้ว (อาตมัน ทองอยู่, 2566)

จากการศึกษา พบว่าหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง (อาตมัน ทองอยู่, 2566) นั้นนับเป็นแนวทางสำคัญที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาความเหลื่อมล้ำของสังคมไทยให้เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันได้ โดยสิ่งสำคัญของการพัฒนาการเศรษฐกิจพอเพียง คือ การมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนโดยเฉพาะ หน่วยงานภาครัฐกับชุมชนบนฐานของการใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในพื้นที่ไปสู่กระบวนการเรียนรู้และพัฒนาร่วมกันของชุมชน เพราะการมีส่วนร่วมเป็นการที่ประชาชนได้ใช้ความพยายามหรือใช้ทรัพยากรบางอย่างของตน เช่น ความคิด ความรู้ ความสามารถ แรงงาน ดังนั้น การมีส่วนร่วมจึงเป็นได้ทั้งวิธีการซึ่งนำไปสู่การพัฒนาและเป็นเป้าหมายของการพัฒนาด้วย ทั้งนี้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีพื้นฐานอยู่บนทางสายกลางและความไม่ประมาท โดยคำนึงถึงความพอประมาณ ความมีเหตุผล การสร้างภูมิคุ้มกันที่ดีในตัวตลอดจนใช้ความรู้ความรอบคอบและคุณธรรมประกอบการวางแผน การตัดสินใจและการกระทำ ซึ่งนับเป็นแนวทางในการดำเนินชีวิตของประชาชน อย่างพอเพียง ในทุกระดับ ตั้งแต่ ระดับบุคคล และครอบครัว ระดับชุมชน ระดับการดำเนินธุรกิจ จนถึงระดับประเทศ

เนื่องจากตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เป็น 1 ใน 20 จังหวัด (อาตมัน ทองอยู่, 2566) ที่พบว่ามีจำนวนคนจนในพื้นที่ ตำบลบางระกำ ได้มีโครงการสร้างความมั่นคงทางอาหารอย่างยั่งยืน "บ้านนี้มีรัก ปลูกผักกินเอง เหลือแล้วแบ่งปัน ทางนี้มีผล ผู้คนรักกัน" 1หมู่บ้าน 1 ทางนี้ ผู้คนรักกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในหมู่บ้านให้มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นลดความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจและสังคม ขับเคลื่อนเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน ด้วยการน้อมนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ให้เกิดการพึ่งพาตนเอง ยกระดับความเป็นอยู่ของประชาชนในหมู่บ้านให้มีรายได้ มีอาชีพเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว เกิดภูมิคุ้มกันแก่ประชาชนอำเภอบางระกำ เกิดความมั่นคงของเศรษฐกิจฐานรากและทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้รับการอนุรักษ์และฟื้นฟูให้อุดมสมบูรณ์

จากที่กล่าวมาข้างต้น คณะวิจัยจึงสนใจศึกษาเรื่องการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เพื่อทราบถึงการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก และนำเสนอแนวทางการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อเป็นข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำองค์ความรู้จากการวิจัยในครั้งนี้ไปปรับใช้ในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งจะนำไปสู่ความอยู่ดีมีสุขของประชาชน

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

2. เพื่อศึกษาแนวทางการมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชนในหมู่บ้านด้วยการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เขียนถึงเทคนิคและวิธีการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณ โดยคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าตามขั้นตอนต่อไปนี้ ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเรื่องการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กรณีศึกษา ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ประชากรและผู้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง การวิจัยเชิงปริมาณ การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลโดยใช้วิธีการคำนวณในการหากลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ ทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane) คือ ประชากรที่อาศัยอยู่ในตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 14,001 คน กลุ่มตัวอย่างที่ได้ มาจากคนในชุมชนที่เกี่ยวข้องโดยตรง 395 คน เพื่อให้สะดวกต่อการเก็บกลุ่มตัวอย่าง การหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ขั้นตอนการเลือกกลุ่มตัวอย่าง (Sampling Techniques) โดยคณะผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยโดยใช้วิธีการสุ่มแบบชั้นภูมิ เพื่อที่จะครอบคลุมพื้นที่ ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก และกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นคนในชุมชนที่เกี่ยวข้องโดยตรง 19 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 16 คน หมู่ที่ 2 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 29 คน หมู่ที่ 3 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 10 คน หมู่ที่ 4 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 20 คน หมู่ที่ 5 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 22 คน หมู่ที่ 6 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 8 คน หมู่ที่ 7 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 106 คน หมู่ที่ 8 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 27 คน หมู่ที่ 9 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 11 คน หมู่ที่ 10 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 12 คน หมู่ที่ 11 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 14 คน หมู่ที่ 12 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 22 คน หมู่ที่ 13 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 19 คน หมู่ที่ 14 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 22 คนหมู่ที่ 15 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 23 คน หมู่ที่ 16 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 8 คน หมู่ที่ 17 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 5 คน หมู่ที่ 18 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 7 คน และหมู่ที่ 19 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 14 คน ในตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งจำนวนกลุ่มตัวอย่างของแต่ละหมู่บ้านได้มาจากการเทียบบัญญัติไตรยางค์

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) โดยจะใช้คำถามปลายปิด (Close-Ended Qudstion) โดยผู้วิจัยได้แบ่งแบบสอบถามออกเป็น 4 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ และสถานภาพ เป็นแบบตรวจสอบรายการ

ตอนที่ 2 ระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ได้แก่ การนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาพัฒนา กรณีศึกษา ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ด้านการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ ด้านการมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ และด้านการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า

ตอนที่ 3 ชี้วัดคุณภาพชีวิตของประชาชน กรณีศึกษา ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลกมีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า

ตอนที่ 4 ปัญหาอุปสรรค ข้อเสนอแนะที่เป็นแนวทาง ต่อการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชน ในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กรณีศึกษา ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม ตามกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

1. ขอหนังสือรับรอง เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. จัดเตรียมแบบสอบถามให้พอเพียงกับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง
3. ทำการจัดส่งแบบสอบถามและจัดเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเองทั้งหมด จำนวน 395 ชุด
4. นำแบบสอบถามที่ได้รับคืนมาตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของการตอบคำถาม
5. นำแบบสอบถามที่ตรวจสอบแล้วไปวิเคราะห์ข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่รวบรวมได้ไปดำเนินการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามแต่ละฉบับ และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ มีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยการแจกแจงความถี่ และการหาค่าร้อยละ (Percentage)

การวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 2 เกี่ยวกับระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กรณีศึกษา ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ และการมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การหาค่าเปรียบเทียบความคิดเห็นของประชาชน จำแนก เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ และสถานภาพ โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน โดยทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Mean)

การวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 3 ชี้วัดคุณภาพชีวิตของประชาชน กรณีศึกษา ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การหาค่าเปรียบเทียบความคิดเห็นของประชาชน จำแนก เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ และสถานภาพ โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน โดยทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Mean)

การวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 4 ปัญหาอุปสรรคข้อเสนอแนะในการวิเคราะห์สรุปผลออกมาเป็นข้อมูลเชิงพรรณนา

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้การคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปโดยใช้สถิติต่าง ๆ

ผลการศึกษา

การวิจัยเรื่อง การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กรณีศึกษา ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก 2. เพื่อศึกษาแนวทางการมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชนในหมู่บ้านด้วยการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 พบว่า

ตารางที่ 1 แสดงเป็นค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ในการพัฒนาชุมชนทั้งหมด 4 ด้าน

ระดับการมีส่วนร่วมในชุมชน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ	3.67	3.90	มาก
2.การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ	3.64	3.09	มาก
3.การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์	3.72	2.70	มาก
4.การมีส่วนร่วมในติดตามและประเมินผล	3.61	4.85	มาก
ผลรวม	**3.66**	**3.63**	**มาก**

โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\bar{x}$ = 3.66, S.D. = 3.63) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ ($\bar{x}$ = 3.72, S.D. = 2.70) รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ($\bar{x}$ = 3.67, S.D. = 3.90) การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ ($\bar{x}$ = 3.64, S.D. = 3.09) การมีส่วนร่วมในติดตามและประเมินผล ($\bar{x}$ = 3.61, S.D. = 4.85)

1) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การประชุมวางแผนหรือตัดสินใจเลือกกิจกรรมเพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมในการกำหนดขั้นตอนหรือวางแผนการพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง การมีส่วนร่วมในการปรึกษาหารือและพิจารณาโครงการต่าง ๆ ที่อาจเกิดปัญหาต่อการพัฒนาชุมชน ตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจ การมีส่วนร่วมในการเสนอปัญหาวิเคราะห์หาสาเหตุ และร่วมหาแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2) การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การคัดเลือกคณะกรรมการดำเนินกิจกรรมเพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง รองลงมาคือ การส่งเสริมความสัมพันธ์อันดีและวางกลุ่มต่าง ๆในชุมชน เพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง การปฏิบัติกิจกรรมตามโครงการเพื่อการพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงปรัชญา การเชิญชวนให้คนในชุมชนเข้าร่วมปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงปรัชญา

3) การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ชุมชนได้รับประโยชน์จากการพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงจากกิจกรรมหรือโครงการต่าง ๆที่ชุมชนได้ทำร่วมกัน รองลงมา คือ รู้สึกภาคภูมิใจเมื่อกิจกรรมหรือโครงการต่าง ๆ ในการพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อตัวท่านเองและชุมชน การพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง สามารถแก้ไขและพัฒนาชุมชนได้ คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นจากการเข้าร่วมกิจกรรม หรือโครงการต่าง ๆ ในการพัฒนาชุมชน ตามแนวปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4) การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การมีส่วนร่วมในการประชุมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเจ้าหน้าที่หรือคณะกรรมการชุมชน เพื่อปรับปรุงกิจกรรมหรือโครงการต่าง ๆให้มีความเหมาะสมกับชุมชน รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมในการให้ข้อเสนอแนะข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงวางแผนเพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง การมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นเพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินผลในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

การมีส่วนร่วมในการติดตามประเมินผลการจัดกิจกรรมต่าง ๆในชุมชนเพื่อการพัฒนาชุมชนตามแนวทาง ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พบว่า จากปัญหาอุปสรรคข้อเสนอแนะในครั้งนี้พบว่า ประชาชนส่วนมากในตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ต้องการให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีความประสงค์อยากให้มีการสนับสนุนการอบรมนำความรู้มาเผยแพร่ให้แก่ประชาชน เพื่อเพิ่มองค์ความรู้ในเรื่อง เศรษฐกิจพอเพียงแจกเมล็ดพันธุ์ผักเพื่อลดต้นทุนเพิ่มรายได้ และต้องการให้จัดการเกี่ยวกับปัญหาของยาเสพติดในหมู่บ้าน เพื่อส่งเสริมให้ชุมชนมีการพัฒนาที่ดียิ่งขึ้น สภาพปัญหาคือ บางหมู่บ้านในพื้นที่ตำบลบางระกำมีน้ำท่วมขังในฤดูน้ำหลาก ทำให้ยากต่อการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

อภิปรายผลการศึกษา

การวิจัยเรื่อง การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กรณีศึกษาตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก มีการอภิปรายผลตามวัตุประสงค์ ดังนี้ ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 พบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก 1) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ โดยประชาชนมีการประชุมวางแผนหรือตัดสินใจเลือกกิจกรรมเพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มีส่วนร่วมในการกำหนดขั้นตอนหรือวางแผนการพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มีการเปิดโอกาสการมีส่วนร่วมในการปรึกษาหารือและพิจารณาโครงการต่าง ๆ ที่อาจเกิดปัญหาต่อการพัฒนาชุมชน ตลอดจนมีส่วนร่วมในการเสนอปัญหาวิเคราะห์หาสาเหตุ และร่วมหาแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อพัฒนาชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับ ณัฐนรี ศรีทอง (2552) กล่าวถึงแนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชนเป็นกระบวนการ (Process) ที่ประชาชนในชุมชนได้เข้าไปดำเนินกิจกรรมในชุมชนนับตั้งแต่ร่วมกำหนดปัญหาและความต้องการร่วมระบุสาเหตุของปัญหา ร่วมกำหนดวิธีการปฏิบัติงาน เพื่อแก้ไขปัญหาร่วมปฏิบัติกิจกรรม เพื่อแก้ไขปัญหาร่วมติดตามประเมินผลกิจกรรม และร่วมรับผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมนั้น ซึ่งประเด็นหลักของการมีส่วนร่วมของประชาชน คือ ประชาชนต้องกระทำในแต่ล่ะขั้นตอนของการมีส่วนร่วมด้วยตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องเป็นผู้มีอำนาจในการตัดสินใจอย่างอิสระ เป็นการสร้างโอกาสให้ประชาชนในชุมชน ได้เข้ามามีส่วนร่วมในแนวทางการพัฒนาชุมชนโดยผ่านทางกระบวนการส่งเสริมชักนำการสนับสนุนให้ประชาชนเข้ามามีบทบาทในการเรียนรู้ การริเริ่มในการคิดร่วมกัน กำหนดแนวทางในการพัฒนาชุมชนร่วมแก้ไข และวางแผน ดังนั้นกระบวนการดังกล่าวจะนำไปสู่การร่วมคิด ร่วมตัดสินใจ ร่วมลงมือการปฏิบัติ ร่วมประเมินผล และร่วมกับประโยชน์การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

2) การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ โดยมีการคัดเลือกคณะกรรมการดำเนินกิจกรรมเพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ตลอดจนการส่งเสริมความสัมพันธ์อันดีและวางกลุ่มต่าง ๆในชุมชนเพื่อพัฒนาชุมชน การปฏิบัติกิจกรรมตามโครงการเพื่อการพัฒนาชุมชน โดยเชิญชวนให้คนในชุมชนเข้าร่วมปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อพัฒนาชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับ พีระ พรนวม (2544) กล่าวถึงแนวคิดการมีส่วนร่วม เป็นการกระจายอำนาจให้ประชาชนได้มีโอกาสเข้ามามีส่วนร่วมในการพิจารณาปัญหา ความต้องการร่วมกันในการตัดสินใจร่วมกัน วางแผนดำเนินงาน หรือแก้ไขปัญหาร่วมกัน รวมถึงสอดคล้องกับ อุทัย บุญประเสริฐ (2542) ได้เสนอแนวคิดการมีส่วนร่วมว่าการเปิดโอกาสให้สมาชิกของชุมชน และประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมตัดสินใจในกิจกรรมใด ๆให้ความช่วยเหลือ และมีอิทธิพลต่อการดำเนินกิจกรรมที่มีผลกระทบต่อประชาชน

3) การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ โดยชุมชนได้รับประโยชน์จากการพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงจากกิจกรรม หรือโครงการต่าง ๆที่ชุมชนได้ทำร่วมกัน โดยประชาชนมีความรู้สึกภาคภูมิใจเมื่อกิจกรรมหรือโครงการต่าง ๆในการพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อตัวท่านเองและชุมชน อีกทั้งการพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสามารถแก้ไข และพัฒนาชุมชนได้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นจากการเข้าร่วมกิจกรรมหรือโครงการต่าง ๆในการพัฒนาชุมชนตามแนวปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งสอดคล้องกับ ณัฐนรี ศรีทอง (2552) กล่าวถึงแนวคิดการมีส่วนร่วมนั้นมีหลากหลายในการนิยามศัพท์ และรูปแบบรวมถึงวิธีการเข้าไปมีส่วนร่วมกลไกกระบวนการวิธีการของการมีส่วนร่วม

4) การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล โดยชุมชนมีส่วนร่วมในการประชุมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเจ้าหน้าที่ หรือคณะกรรมการชุมชนเพื่อปรับปรุงกิจกรรมหรือโครงการต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมกับชุมชน โดยประชาชนมีส่วนร่วมในการให้ข้อเสนอแนะข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงวางแผนเพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ตลอดจนร่วมในการแสดงความคิดเห็นเพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินผลการพัฒนาชุมชนตามแนวทางหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยประชาชนร่วมติดตามประเมินผลการจัดกิจกรรมต่าง ๆในชุมชน เพื่อการพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งสอดคล้องกับ อภิญญา กังสนารักษ์ (2544) กล่าวถึงแนวคิดกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนว่า ชุมชนต้องมีส่วนร่วมในการประเมินผล และมีส่วนร่วมในการติดตามประเมินผลจากการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ในชุมชนเพื่อการพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษาแนวทางการมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชนในหมู่บ้านด้วยการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก พบว่า ประชาชนส่วนมากในตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ต้องการให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีนโยบาย อยากให้มีการสนับสนุนการอบรมนำความรู้มาเผยแพร่ให้แก่ประชาชน เพื่อเพิ่มองค์ความรู้ในเรื่องเศรษฐกิจพอเพียง มีการแจกเมล็ด

พันธุ์ผักเพื่อลดต้นทุนเพิ่มรายได้ และต้องการให้จัดการเกี่ยวกับปัญหาของยาเสพติดในหมู่บ้าน เพื่อส่งเสริมให้ชุมชนมีการพัฒนาที่ดียิ่งขึ้น ปัญหาคือบางหมู่บ้านในพื้นที่ตำบลบางระกำมีน้ำท่วมขังในฤดูน้ำหลาก ทำให้ยากต่อการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งสอดคล้องกับที่สำนักงานสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานจังหวัดพิจิตร (2542) กล่าวว่าการเปิดโอกาสให้ ประชาชนและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนของสังคมได้เข้ามามีส่วนร่วมสามารถจะแบ่งระดับของการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชน แบ่งออกเป็น 5 ระดับ 1) การให้ข้อมูลข่าวสาร (Inform) เช่น การประชาสัมพันธ์เสียงตามสาย 2) การรับฟังความคิดเห็น (Consult) เป็นการที่เปิดให้ประชาชนมีส่วนร่วม เช่น การรับฟังความคิดเห็น การสำรวจความคิดเห็น 3) การเกี่ยวข้อง (Involve) เป็นการเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงาน เพื่อสร้างความมั่นใจให้ประชาชนว่าข้อมูลความคิดเห็น และความต้องการของประชาชนจะถูกนำไปพิจารณาเป็นทางเลือก 4) ความร่วมมือ (Collaboration) เป็นการให้กลุ่มประชาชนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการตัดสินใจ และมีการดำเนินกิจกรรม ร่วมกันอย่างต่อเนื่อง 5) การเสริมอำนาจแก่ประชาชน (Empower) โดยให้ประชาชนเป็นผู้ตัดสินใจ

สรุปผลการศึกษา

การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กรณีศึกษา ตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก เป็นการศึกษาวิจัยเรื่องการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง กรณีศึกษา บางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งผลจากการวิจัยในด้านเชิงปริมาณก็สะท้อนให้เห็นว่าประชาชนมีส่วนร่วมอยู่ในระดับมาก ซึ่งการมีส่วนร่วมของประชาชนที่ทำให้เห็นถึงการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ประชาชนส่วนมากจะเลือก การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ชุมชนได้รับประโยชน์จากการพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจ พอเพียงจากกิจกรรมหรือโครงการต่าง ๆ ที่ชุมชนได้ทำร่วมกัน รองลงมาคือ การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ ถือว่าอยู่ในระดับที่มากพอสมควร โดยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ที่ได้จากการคำนวณในโปรแกรม SPSS โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับคะแนนของ Best (1997) ประชาชนในพื้นที่ตำบลบางระกำมีส่วนร่วมในการประชุมวางแผนหรือตัดสินใจเลือกกิจกรรมเพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ ประชาชนในพื้นที่ตำบลบางระกำมีส่วนร่วมในการคัดเลือกคณะกรรมการดำเนินกิจกรรมเพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง การมีส่วนร่วมในการติดตามและประเมินผล ให้ข้อเสนอแนะข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงวางแผนเพื่อพัฒนาชุมชนตามแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ประชาชนในพื้นที่ตำบลบางระกำต้องการให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีนโยบาย อยากให้มีการสนับสนุนการอบรมนำความรู้มาเผยแพร่ให้แก่ประชาชนเพื่อเพิ่มองค์ความรู้ในเรื่องเศรษฐกิจพอเพียง แจกเมล็ดพันธุ์ผักเพื่อลดต้นทุนเพิ่มรายได้ และต้องการให้จัดการเกี่ยวกับปัญหาของยาเสพติดในหมู่บ้าน เพื่อส่งเสริมให้ชุมชนมีการพัฒนาที่ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมคนในชุมชนให้มีการติดตาม และประเมินผล หลังจากการเข้าร่วมกิจกรรม หรือโครงการต่าง ๆ ในการพัฒนาชุมชนด้วย เพื่อจะได้นำไปใช้แก้ไขปัญหาต่าง ๆระหว่างดำเนินกิจกรรม หรือโครงการต่าง ๆ และนำไปใช้สำหรับวางแผนการจัดทำแผนพัฒนาท้องถิ่น สนับสนุนให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ

2. ควรส่งเสริมให้มีการเชิญชวนคนในชุมชน เข้าร่วมปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อที่จะได้ร่วมกันพัฒนาชุมชน สนับสนุนให้คนในชุมชนร่วมกันคัดเลือกคณะกรรมการดำเนินกิจกรรมเพื่อพัฒนาชุมชน เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าชุมชนของเรามีการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพและโปร่งใสเพื่อผลประโยชน์สูงสุดแก่ทุกคนในชุมชน

3. ควรส่งเสริมให้คนในชุมชนให้มีส่วนร่วมในการเสนอปัญหา วิเคราะห์หาสาเหตุ และร่วมหาแนวทางแก้ไขปัญหาภายในชุมชน และควรสนับสนุน ให้คนในชุมชนมีส่วนร่วมในการประชุมวางแผนหรือตัดสินใจเลือกกิจกรรมเพื่อพัฒนาชุมชน ทำให้ประชาชนมีความรู้สึกของการเป็นเจ้าของการตัดสินใจนั้นส่งผลให้การ ดำเนินกิจกรรมหรือโครงการต่าง ๆ ทำได้ง่ายยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ณัฐนรี ศรีทอง. (2552). *การเพิ่มศักยภาพภาวะความเป็นผู้นำในงานพัฒนาชุมชน*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พีระ พรนวม. (2544). *ศรัทธาต่อหลักการการมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาของผู้บริหารโรงเรียน สังกัดสำนักงานการประถมศึกษา อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่]. Chiang Mai University Digital Collections. https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:98358.

สำนักงานสวัสดิการและคุ้มครองแรงงานจังหวัดพิจิตร. (2542). *หลักการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชน*. https://phichit.labour.go.th/attachments/article/969/ การเปิดโอกาสให้เกิดการมีส่วนร่วม.PDF.

อภิญญา กังสนารักษ์. (2544). *รูปแบบการบริหารแบบมีส่วนร่วมในองค์การที่มีประสิทธิผลระดับคณะของสถาบันอุดมศึกษา* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository. http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/65834.

อาตมัน ทองอยู่. (2566). *ปัญหาและทางออกจากสถานการณ์ความยากจนของไทย*. SALIKA. https://www.salika.co/2023/ 06/26/ problems-and-solutions-from-poverty-situation-in-thailand/.

อุทัย บุญประเสริฐ. (2542). *รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาแนวทางการบริหารและการจัดการศึกษาของสถานศึกษาในรูปแบบการบริหารโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

Best, J. W. (1977). *Research in education*. New Jersey: Prentice Hall.

การวิเคราะห์ปัญหาของโครงการวิจัยที่ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ธนกร ธีระวุฒิชัยกิจ[1*]

Problem Analysis of Human Research Ethics Certified Research Projects in Health Science

Thanakorn Teerawuttichaikit[1*]

[1]กองการวิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Division of Research and Innovation, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) การวิเคราะห์ลักษณะของโครงการวิจัย และ 2) ปัญหาของโครงการวิจัย ที่ยื่นขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพจากสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ที่บันทึกผ่านบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ ในปี 2565 จำนวนทั้งสิ้น 156 โครงการ การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา ด้วยวิธีการวิจัยเชิงปริมาณ และเป็นการศึกษาข้อมูลย้อนหลัง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการแจกแจงความถี่เป็นอัตราส่วนร้อยละ และแสดงผลการวิจัยด้วยตาราง ผลการศึกษาพบว่า โครงการวิจัยที่ยื่นขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ปี พ.ศ. 2565 ไม่ผ่านการพิจารณาในครั้งแรกมี จำนวน 132 โครงการ (ร้อยละ 84.62) จากทั้งหมด 156 โครงการ พบว่าสาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้โครงการวิจัยที่ยื่นขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ครั้งแรกไม่ผ่านการรับรอง มี 2 ด้าน ได้แก่ 1) เกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย (Research methodology) คือ วัตถุประสงค์ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง วิธีการดำเนินการวิจัย และ 2) เกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คือ กระบวนการขอความยินยอม การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัย การดูแลและคุ้มครองอาสาสมัคร มีการระบุรายละเอียดที่ไม่ครบถ้วน ขาดรายละเอียดในประเด็นสำคัญ และขาดความเข้าใจในประเด็นด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ซึ่งสถาบันหรือหน่วยงานต้นสังกัดควรพิจารณาจัดการอบรมให้แก่นักวิจัยให้บ่อยครั้งยิ่งขึ้น โดยเนื้อหาการอบรมควรมุ่งเน้นไปในด้านระเบียบวิธีวิจัย และด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หรือหากโครงการวิจัยของกลุ่มนิสิตนั้น อาจารย์ที่ปรึกษาควรกำกับดูแล ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาจากความรู้ความใจและประสบการณ์จริงในการทำวิจัย

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ปัญหา โครงการวิจัย จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

Abstract

The objectives of this research are: 1) to analyze the characteristics of research projects, and 2) to identify the problems of research projects submitted for ethical review in human research in the field of health sciences by the Human Research Ethics Committee, recorded through evaluation result memos in 2022, totaling 156 projects. This study is descriptive research using quantitative research methods and is a retrospective study. Data were analyzed using frequency distribution as a percentage and the results were presented in tables. The study found that 132 out of 156 research projects (84.62%) submitted for ethical review in human research in the field of health sciences in 2022 did not pass the initial review. The main reasons for the failure of these projects to pass the initial ethical review are twofold: 1) Criteria related to research methodology, including objectives, population and sample groups, and research procedures, and 2) Criteria for ethical review in human research, including the consent process, selection of research volunteers, and care and protection of volunteers. These criteria were often inadequately detailed, lacked essential details, and showed a lack of understanding of ethical issues in human research. It is recommended that institutions or affiliated agencies consider providing more frequent training to researchers, focusing on research methodology and human research ethics. For student research projects, advisors should closely supervise, provide guidance, and consult based on their knowledge and real research experience.

Keywords: Problem Analysis, Full Protocol, Human Research Ethics

บทนำ

การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์มีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับมนุษย์และสังคม การที่ประเทศไทยมีกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับ และประกาศที่เกี่ยวข้องที่ใช้อ้างอิงในการวิจัยเป็นเรื่องสำคัญ เพื่อให้การวิจัยมีความสอดคล้องกับมาตรฐานและการคุ้มครองสิทธิของผู้เข้าร่วมวิจัย แม้ว่าประเทศไทยจะไม่มีกฎหมายเฉพาะด้านการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ แต่การอิงตามแนวทางจริยธรรมสากลเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อความปลอดภัยและความถูกต้องของการวิจัย (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2562) เพื่อพัฒนาคุณภาพของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ให้สามารถดำเนินการตามมาตรฐานสากล การรับรองคุณภาพการดำเนินงานดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการคุ้มครองสิทธิและความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมวิจัยทางมนุษย์ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2562) คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ประจำสถาบันมีหน้าที่สำคัญในการกำหนดวิธีการ หลักเกณฑ์ และการพิจารณาโครงการวิจัยในมนุษย์เพื่อให้เป็นมาตรฐานตามหลักสากล โดยการให้ความรู้ความเข้าใจ สร้างความตระหนัก และปกป้องผลประโยชน์ของผู้เข้าร่วมวิจัยในโครงการ ดังนั้นโครงการวิจัยใด ๆ จึงจำเป็นจะต้องผ่านการรับรองจากคณะกรรมการฯ ก่อนเริ่มดำเนินการวิจัยก่อนเสมอ

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เริ่มก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2546 โดยมี และรองศาสตราจารย์ ดร.มณฑล สงวนเสริมศรี เป็นประธานคณะกรรมการคนแรกของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และประกอบด้วยคณาจารย์และผู้เชี่ยวชาญจากนอกมหาวิทยาลัย (คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566) โดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวรมีหน้าที่ในการพิจารณาโครงการวิจัยจากหน่วยงานต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยหลังจากนักวิจัยส่งโครงการวิจัยเข้ารับการพิจารณานั้น จะทราบผลการพิจารณาเป็นลายลักษณ์อักษร โดยแบ่งเป็นประเภทการพิจารณา ได้แก่ 1) โครงการวิจัยประเภทยกเว้น ใช้เวลาในการพิจารณาประมาณ 1 สัปดาห์ 2) โครงการวิจัยประเภทเร่งรัด ใช้เวลาในการพิจารณาประมาณ 3-4 สัปดาห์ และ 3) โครงการประเภทเต็มรูปแบบ ใช้เวลาในการพิจารณาประมาณ 4 สัปดาห์ ซึ่งหากโครงการวิจัยที่ไม่ผ่านการรับรองในรอบแรก ผู้วิจัยจะต้องปรับแก้ไขโครงการวิจัยตามมติคณะกรรมการ ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะต่าง ๆ เช่น ด้านระเบียบวิธีวิจัย ซึ่งเกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง วิธีการดำเนินการวิจัย และการพิจารณาด้านจริยธรรม ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการขอความยินยอม การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัยการดูแลแล คุ้มครองอาสาสมัคร เป็นต้น

ทั้งนี้ หากนักวิจัยไม่มีความเชี่ยวชาญด้านระเบียบวิธีวิจัย หรือด้านจริยธรรมวิจัยในมนุษย์จะส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินการวิจัย ซึ่งอาจจะไม่ทันต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้นขณะที่ต้องดำเนินการวิจัย หรือแม้กระทั่งการ สำเร็จการศึกษาในปีที่กำหนด ดังนั้น ผู้วิจัยมีความสนใจทำการวิเคราะห์ปัญหาของโครงการวิจัยที่ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ที่มหาวิทยาลัยนเรศวร ในปี พ.ศ. 2565 ในเอกสารบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับ 1) ระเบียบวิธีวิจัย เช่นวัตถุประสงค์ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง วิธีการดำเนินการวิจัย และ 2) การพิจารณาด้านจริยธรรม เช่น กระบวนการขอความยินยอม การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัย การดูแลคุ้มครองอาสาสมัคร เพื่อวิเคราะห์ลักษณะโครงการ และปัญหาของโครงการที่ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อเป็นข้อเสนอแนะ และเป็นแนวทางในการเขียนสรุปโครงการเพื่อการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (Synopsis) และโครงการวิจัยฉบับเต็ม (Full Protocol) เพื่อขอรับรองการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แก่ผู้รับบริการที่ยื่นขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรม ต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ลักษณะโครงการ และปัญหาของโครงการที่ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

กรอบแนวคิด

ปัญหาของโครงการวิจัยที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรม	ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม
1. ระเบียบวิธีวิจัย 2. การพิจารณาด้านจริยธรรม	1. ข้อมูลทั่วไป (ประเภทการพิจารณา) 1.1 พิจารณาแบบยกเว้น 1.2 พิจารณาแบบเร่งรัด 1.3 พิจารณาแบบเต็มรูปแบบ 2. เกณฑ์ด้านระเบียบวิธีวิจัย 2.1 วัตถุประสงค์ 2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 2.3 วิธีการดำเนินการวิจัย 3. เกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรม 3.1 กระบวนการขอความยินยอม 3.2 การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัยการดูแลแล 3.3 คุ้มครองอาสาสมัคร	**ผลการพิจารณาโครงการ** 1. รับรอง 2. ปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง 3. ปรับปรุงแก้ไข และนำเข้าพิจารณาใหม่ 4. ไม่รับรอง

รูปที่ 1 ภาพกรอบแนวคิดด้านการวิจัย

ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ บันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ ที่สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพแจ้งแก่นักวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ บันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2565 – 31 ธันวาคม 2565 จำนวนทั้งสิ้น 167 โครงการ

บันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ มีข้อมูลสำคัญ 3 ส่วน คือ 1) ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้วิจัย ประกอบด้วย ชื่อนักวิจัยหลัก สถานภาพ สังกัด ชื่อโครงการวิจัย และประเภทงานของการพิจารณา ได้แก่ ประเภทการวิจัยแบบยกเว้น (Exemption) แบบเร่งรัด (Expedited) และแบบเต็มรูปแบบ (Full Board) 2) การพิจารณาประเมินโครงการวิจัยโดยคณะกรรมการฯ ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง วิธีการดำเนินการวิจัย มาตรการป้องกันความเสี่ยง การรักษาความลับของข้อมูล และเอกสารสำคัญอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัย ซึ่งผลการประเมินในแต่ละหัวข้อมี 3 รูปแบบ ได้แก่ 1.เหมาะสม 2.ไม่เกี่ยวข้อง และ 3.ปรับแก้ไข และ 3) สรุปผลการประเมินโครงการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ 1.รับรอง 2.รับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง 3.ปรับปรุงแก้ไข และนำเข้าพิจารณาใหม่ และ 4.ไม่รับรอง

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยในลักษณะพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย (Routine to Research: R2R) โดยใช้การวิจัยเอกสาร (Documentary Research) โดยการนำบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการกลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2565 – 31 ธันวาคม 2565 จำนวนทั้งสิ้น 167 โครงการ มาแยกและสกัดข้อมูล ได้แก่ 1) ประเภทการวิจัย คือ แบบยกเว้น (Exemption) แบบเร่งรัด (Expedited) และแบบเต็มรูปแบบ (Full Board) 2) ผลการพิจารณา คือ รับรอง ปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง ปรับปรุงแก้ไข และนำเข้าพิจารณาใหม่ และไม่รับรอง 3) เกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย (Research methodology) คือ วัตถุประสงค์ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง วิธีการดำเนินการวิจัย และ 4) เกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คือ กระบวนการขอความยินยอม การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัย การดูแลและคุ้มครองอาสาสมัคร ลงข้อมูลจากบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเชิงพรรณนา จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์เนื้อหาและจัดหมวดหมู่ในแต่ละประเด็น และนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง และแผนภูมิ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ขออนุญาตคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อใช้ข้อมูล "บันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ" จำนวน 167 โครงการ แต่เนื่องด้วยมีโครงการวิจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในมนุษย์ จำนวน 3 โครงการ และถูกย้ายการพิจารณาจากกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพไปยังกลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์ จำนวน 8 โครงการ เนื่องมาจากเป็นโครงการวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์ เช่น เครื่องมือแพทย์ การวิจัยทางคลินิกซึ่งต้องใช้แพทย์ในการพิจารณา ทำให้ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์เป็นจำนวน 156 โครงการ

ซึ่งเป็นอัตราร้อยละ 93% ในการวิเคราะห์ซึ่งได้รับอนุญาตให้ใช้ข้อมูลโดยมีเงื่อนไขว่าในการวิเคราะห์ข้อมูล และรายงานผลงานวิจัยจะไม่มีการเก็บข้อมูลส่วนตัวจากบันทึกข้อความแจ้งผลการประเมินโครงการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา ด้วยวิธีการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative) และเป็นการศึกษาข้อมูลย้อนหลัง (Retrospective) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เป็นเครื่องมือในการจัดการข้อมูลในรูปแบบแบบบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ 2

โครงการลำดับ	ประเภทโครงการ			ผลการพิจารณา				เกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย (Research methodology)			เกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์		
	Exemption	Expedited	Full Board	รับรอง	ปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง	ปรับปรุงแก้ไข และนำเข้าพิจารณาใหม่	ไม่รับรอง	วัตถุประสงค์	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	วิธีการดำเนินการวิจัย	กระบวนการขอความยินยอม	การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัย	การดูแลและคุ้มครองอาสาสมัคร
001	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
002	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
003	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

รูปที่ 2 ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัย และการนำเสนอข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณนั้น ผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ทางสถิติเชิงพรรณนา จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์เนื้อหาและจัดหมวดหมู่ในแต่ละประเด็น และนำเสนอข้อมูลด้วยตาราง และแผนภูมิ

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ที่เสนอต่อไปนี้ ประกอบด้วยกัน 2 ส่วน ได้แก่ 1. ลักษณะของโครงการที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และ 2. ปัญหาของโครงการที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ลักษณะของโครงการที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ในปี 2565 มีจำนวนโครงการที่ยื่นขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จำนวน 167 โครงการ แต่เนื่องด้วยมีโครงการวิจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในมนุษย์ จำนวน 3 โครงการ และถูกย้ายการพิจารณาจากกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพไปยังกลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์ 8 โครงการ เนื่องมาจากเป็นโครงการวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์ เช่น เครื่องมือแพทย์ การวิจัยทางคลินิกซึ่งต้องใช้แพทย์ในการพิจารณา ทำให้ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์เป็นจำนวน 156 โครงการ ซึ่งเป็นอัตราร้อยละ 93% ซึ่งประกอบไปด้วยโครงการที่มีการพิจารณาแบบเร่งรัด (Expedited) มากที่สุด จำนวน 96 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 61.53 รองลงมา คือ โครงการที่มีการพิจารณาแบบยกเว้น (Exemption) จำนวน 41 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 26.28 และโครงการที่มีการพิจารณาประเภทเต็มรูปแบบ (Full Board) จำนวนน้อยที่สุด คือ 19 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 12.19 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ลักษณะโครงการวิจัยที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมฯ

ตารางที่ 1 ลักษณะโครงการวิจัยที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมฯ

ประเภทการวิจัย	จำนวน	ร้อยละ
แบบเร่งรัด (Expedited)	96	61.53
แบบยกเว้น (Exemption)	41	26.28
แบบเต็มรูปแบบ (Full Board)	19	12.19
รวม	**156**	**100**

เมื่อพิจารณาผลการพิจารณาทั้ง 4 แบบ ตามโครงการที่ยื่นขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ในครั้งแรก จำนวน 156 โครงการ ซึ่งประกอบไปด้วยผลการพิจารณาโครงการ ส่วนมาก คือ แบบที่ 2 ปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง จำนวน 130 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 83.33 รองลงมา คือ แบบที่ 1 รับรอง จำนวน 24 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 15.38 รองลงมา คือ แบบที่ 3 นำเข้าพิจารณาใหม่ จำนวน 2 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 1.29 และน้อยที่สุด คือ แบบที่ 4 ไม่รับรอง จำนวน 0 โครงการ คิดเป็นร้อยละ 0 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 ผลการพิจารณาโครงการวิจัยที่ขอรับรองจริยธรรมฯ

ตารางที่ 2 ผลการพิจารณาโครงการวิจัยที่ขอรับรองจริยธรรมฯ

ประเภทผลการพิจารณา	จำนวน	ร้อยละ
แบบที่ 1 รับรอง	24	15.38
แบบที่ 2 ปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง	130	83.33
แบบที่ 3 ปรับปรุงแก้ไข และนำเข้าพิจารณาใหม่	2	1.29
แบบที่ 4 ไม่รับรอง	0	0

รวม	156	100

2. ปัญหาของโครงการที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เมื่อพิจารณาสาเหตุที่ทำให้โครงการวิจัยที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปี พ.ศ. 2565 รวม 132 โครงการ ซึ่งประกอบไปด้วย ผลการพิจารณาในแบบที่ 2 ปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง จำนวน 130 โครงการ และผลการพิจารณาแบบที่ 3 ปรับปรุงแก้ไข และนำเข้าพิจารณาใหม่ จำนวน 2 โครงการ พบสาเหตุสำคัญแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) เกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย (Research methodology) และ 2) เกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ดังต่อไปนี้

สาเหตุจากเกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย (Research methodology) ที่ไม่ผ่านการรับรองในการยื่นขอรับรองด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ในครั้งแรก พบสาเหตุสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) วัตถุประสงค์ 2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง และ 3) วิธีการดำเนินการวิจัย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

1) วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย พบว่า การระบุวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนั้นไม่สอดคล้องกับวิธีการดำเนินการวิจัย หรือระบุวัตถุประสงค์ไม่ชัดเจน หรือไม่สมเหตุสมผล มีสัดส่วนอยู่ร้อยละ 15.91 ของโครงการวิจัยทั้งสิ้น 132 โครงการ เช่น ตัวชี้วัดไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ หรือ วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยเป็นการศึกษาแต่ระบุเป็นเพื่อพัฒนา เป็นต้น

2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง พบว่า การระบุประชากรและกลุ่มตัวอย่างมีวิธีการคัดเลือกยังไม่ชัดเจน หรือไม่สมเหตุสมผล มีสัดส่วนอยู่ร้อยละ 47.73 ของโครงการวิจัยทั้งสิ้น 132 โครงการ เช่น การกำหนดกลุ่มประชากรไม่ชัด การคำนวณจำนวกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ชัดเจน เป็นต้น

3) วิธีการดำเนินการวิจัย พบว่า การระบุวิธีการดำเนินการวิจัยมีการระบุรายละเอียดที่ไม่ครบถ้วน ขาดรายละเอียดให้ประเด็นสำคัญ มีสัดส่วนอยู่ร้อยละ 47.73 ของโครงการวิจัยทั้งสิ้น 132 โครงการ เช่น การระบุการทดสอบต่าง ๆ ไม่ครบถ้วน การระบุรายละเอียดการดำเนินการวิจัยกับอาสาสมัครไม่ครบถ้วน เป็นต้น

ตารางที่ 3 สาเหตุจากเกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย (Research methodology)

เกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย (Research methodology)	จำนวนผลการรับรอง แบบที่ 2 และ 3	ร้อยละ ของ 132 โครงการ
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	21	15.91
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	63	47.73
วิธีการดำเนินการวิจัย	77	58.33

สาเหตุจากเกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ไม่ผ่านการรับรองในการยื่นขอรับรองด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ในครั้งแรก พบสาเหตุสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) กระบวนการขอความยินยอม 2) การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัยและ 3) การดูแลและคุ้มครองอาสาสมัคร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

1) กระบวนการขอความยินยอม พบว่า การระบุกระบวนการขอความยินยอมกับอาสาสมัครยังไม่ชัดเจน หรือไม่สมเหตุสมผล เช่น การขอความยินยอมกับอาสาสมัครที่อายุต่ำกว่า 20 ปี เป็นต้น มีสัดส่วนอยู่ร้อยละ 89.39 ของโครงการวิจัยทั้งสิ้น 132 โครงการ

2) การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัย พบว่า ระบุการคัดเลือกอาสาสมัครวิจัยยังไม่ชัดเจน หรือหรือไม่สมเหตุสมผล เช่น ระบุเกณฑ์การคัดเข้า เกณฑ์การคัดออก และ/หรือเกณฑ์การถอดถอน เป็นต้น มีสัดส่วนอยู่ร้อยละ 68.18 ของโครงการวิจัยทั้งสิ้น 132 โครงการ

3) การดูแลและคุ้มครองอาสาสมัคร พบว่า ระบุการดูแลและคุ้มครองอาสาสมัครยังไม่ชัดเจน หรือไม่สมเหตุสมผล เช่น ความเสี่ยงของอาสาสมัครที่จะได้รับ วิธีการดูแลอาสาสมัคร ประโยชน์ที่อาสาสมัครจะได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย เป็นต้น มีสัดส่วนอยู่ร้อยละ 56.06 ของโครงการวิจัยทั้งสิ้น 132 โครงการ

ตารางที่ 4 สาเหตุจากเกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	จำนวนผลการรับรอง แบบที่ 2 และ 3	ร้อยละ ของ 132 โครงการ
กระบวนการขอความยินยอม	118	89.39
การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัย	90	68.18
การดูแลและคุ้มครองอาสาสมัคร	74	56.06

อภิปรายผลการศึกษา

การดำเนินการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ ผู้วิจัยจะต้องนึกถึงความเสี่ยงของอาสาสมัคร ประโยชน์ที่อาสาสมัครจะได้รับ และที่สำคัญจะต้องคำนึงถึงหลักจริยธรรมพื้นฐาน 3 ประการ ได้แก่ 1. หลักความเคารพในบุคคล (Respect for persons) คือ การเคารพในศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ ซึ่งเป็นหลักสำคัญของจริยธรรมการทำวิจัยในคน เช่น เคารพในการขอความยินยอมโดยให้ข้อมูลอย่างครบถ้วนและให้อาสาสมัครตัดสินใจอย่างอิสระปราศจากการข่มขู่ บังคับ หรือให้สินจ้างรางวัล หรือเคารพในความเป็นส่วนตัวของอาสาสมัคร เป็นต้น 2. หลักคุณประโยชน์ (Benefit) คือ การระบุคุณประโยชน์ ไม่ก่อให้เกิดอันตราย เช่น ระบุว่าอาสาสมัครจะได้รับประโยชน์หรือไม่ ประโยชน์คืออะไร เป็นต้น และ

3. หลักความยุติธรรม (Justice) คือ มีเกณฑ์การคัดเข้า เกณฑ์การคัดออกที่ชัดเจน ไม่มีอคติในการคัดเลือกอาสาสมัคร หรือไม่คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่หาง่าย เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2562) และในกระบวนการขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์นั้นมีขั้นตอนและใช้ระยะเวลาในการพิจารณาโดยคณะกรรมการฯ (คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566) โดยหากโครงการวิจัยไม่ผ่านการพิจารณาในครั้งแรกจะก่อให้เกิดความเสียเวลา และรอผลการพิจารณาอีกครั้งนึง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้วิจัยจะต้องเลื่อนการดำเนินการวิจัยออกไป

ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า โครงการวิจัยที่ยื่นขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปี พ.ศ. 2565 จำนวน 132 โครงการ (ร้อยละ 84.62) จากโครงการที่ยื่นขอรับการพิจารณาฯ ทั้งหมด 156 โครงการ ไม่ผ่านการพิจารณาในครั้งแรก โดยสาเหตุสำคัญมาจาก 2 ประเภท ได้แก่ 1) เกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย ซึ่งมาจากวิธีการดำเนินการวิจัยที่มีการระบุรายละเอียดที่ไม่ครบถ้วน ขาดรายละเอียดให้ประเด็นสำคัญ การระบุจำนวนประชากรและจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ชัดเจน และวัตถุประสงค์ของโครงกา รวิจัยที่ไม่สอดคล้องกับการดำเนินการวิจัย และ 2) เกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ซึ่งสาเหตุสำคัญมาจากกระบวนการขอความยินยอมไม่มีความครบถ้วน ตลอดจนความไม่เข้าใจในกระบวนการขอความยินยอมกับอาสาสมัครที่อายุแตกต่างกัน และการระบุเกณฑ์การคัดเข้า เกณฑ์การคัดออก และ/หรือเกณฑ์การถอดถอน ไม่ชัดเจน และความไม่เข้าใจในกลุ่มเป้าหมายของ รวมถึงขาดรายละเอียดในการดูแลและคุ้มครองอาสาสมัคร (ดวงวิไล ไทยแท้, 2564) ซึ่งเป็นผลมาจากขาดความเข้าใจในประเด็นด้านจริยธรรมการวิจัย (ธัญธัช วิภัติภูมิประเทศ, 2557) ขาดประสบการณ์ในการดำเนินการวิจัย ถึงแม้ว่าจะได้รับการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แล้ว แต่ยังไม่สามารถนำความรู้มาใช้งานได้จริง (เบญจวรรณ มิ่งมนต์ชัยกุล และคณะ, 2560)

สรุปผลการศึกษา

จำนวนโครงการที่ขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปี พ.ศ. 2565 มีโครงการทั้งหมด 167 โครงการ มีโครงการวิจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในมนุษย์ จำนวน 3 โครงการ และถูกย้ายการพิจารณาจากกลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพไปยังกลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์ จำนวน 8 โครงการ เนื่องมาจากเป็นโครงการวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางการแพทย์ เช่น เครื่องมือแพทย์ การวิจัยทางคลินิก ซึ่งต้องใช้แพทย์ในการพิจารณา ทำให้ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์เป็นจำนวน 156 โครงการ ซึ่งเป็นอัตราร้อยละ 93% ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์เป็นจำนวน 156 โครงการ (ร้อยละ 93%) คือ การพิจารณาแบบยกเว้น จำนวน 41 โครงการ (ร้อยละ 26.28) โครงการวิจัยมีการพิจารณาแบบเร่งรัด จำนวน 96 โครงการ (ร้อยละ 61.53) และการพิจารณาแบบเต็มรูปแบบ จำนวน 19 โครงการ (ร้อยละ 12.19)

จากผลการศึกษาพบว่า โครงการที่ได้รับการรับรองในการเสนอขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ในครั้งแรกมีจำนวน 24 โครงการ (ร้อยละ 15.38) ในจำนวนส่วนใหญ่เป็นโครงการวิจัยที่ต้องปรับปรุงแก้ไขเพื่อรับรอง (ผลการพิจารณาแบบที่ 2) จำนวน 130 โครงการ (ร้อยละ 83.33) ที่เหลือเป็นโครงการที่ต้องปรับปรุงแก้ไขและนำเข้าพิจารณาใหม่ (ผลการพิจารณาแบบที่ 3) จำนวน 2 โครงการ (ร้อยละ 1.29) และไม่มีโครงการวิจัยใดเลยที่มีผลการพิจารณาไม่รับรอง (ผลการพิจารณาแบบที่ 4)

สาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้โครงการวิจัยที่ยื่นขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ครั้งแรกไม่ผ่านการรับรอง มี 2 ด้าน คือ

1) เกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย (Research methodology) ซึ่งสาเหตุจากวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยที่ไม่สอดคล้องกับการดำเนินการวิจัย และไม่ชัดเจน จำนวน 21 โครงการ (ร้อยละ 15.91) การระบุจำนวนประชากรและจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ชัดเจน มีจำนวนถึง 63 โครงการ (ร้อยละ 47.73) และวิธีการดำเนินการวิจัยที่มีการระบุรายละเอียดที่ไม่ครบถ้วน ขาดรายละเอียดให้ประเด็นสำคัญ มีจำนวนถึง 77 โครงการ (ร้อยละ 58.33)

2) เกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ซึ่งสาเหตุจากกระบวนการขอความยินยอมซึ่งไม่มีความครบถ้วน ขาดความชัดเจน ตลอดจนความไม่เข้าใจในกระบวนการขอความยินยอมกับอาสาสมัครที่อายุแตกต่างกัน มีจำนวน 118 โครงการ (ร้อยละ 89.39) การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัยซึ่งการระบุเกณฑ์การคัดเข้า เกณฑ์การคัดออก และ/หรือเกณฑ์การถอดถอน ไม่มีความชัดเจน และความไม่เข้าใจในกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัย มีจำนวน 90 โครงการ (ร้อยละ 68.18) และการดูแลและคุ้มครองอาสาสมัครที่มีการระบุความเสี่ยงของอาสาสมัครที่จะได้รับ วิธีการดูแลอาสาสมัคร และ/หรือประโยชน์ที่อาสาสมัครจะได้นั้นขาดความชัดเจน และไม่เพียงพอ จำนวน 74 โครงการ (ร้อยละ 56.06)

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ปัญหาของการยื่นขอรับการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ไม่ผ่านในครั้งแรก คือ 1) ความไม่เข้าใจในเกณฑ์เกี่ยวกับระเบียบวิธีวิจัย เช่น วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง วิธีการดำเนินการวิจัย และ 2) เกณฑ์การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เช่น กระบวนการขอความยินยอม การคัดเลือกอาสาสมัครวิจัย การดูแลและคุ้มครองอาสาสมัคร ซึ่งสถาบัน หรือหน่วยงานต้นสังกัดควรพิจารณาจัดการอบรมให้แก่นักวิจัยให้บ่อยครั้งยิ่งขึ้น โดยเนื้อหาการอบรมควรมุ่งเน้นไปในด้านระเบียบวิธีวิจัย และด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยให้เหมาะสมกับระดับความรู้และประสบการณ์ของนักวิจัย นอกจากนี้ การอบรมต้องมุ่งเน้นการฝึกปฏิบัติจากนักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญและประสบการณ์จริง หรือหากโครงการวิจัยของกลุ่มนิสิตนั้น อาจารย์ที่ปรึกษาควรกำกับดูแล ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาจากความรู้ความใจและประสบการณ์จริงในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ดวงวิไล ไทยแท้. (2564). การวิเคราะห์ปัญหาของโครงการที่ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. *วารสารการจัดการและพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, *1*(1), 21-31.

ธัญธัช วิภัติภูมิประเทศ. (2557). ความตระหนักในจริยธรรมการวิจัยของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาคณะศึกษาศาสตร์/ครุศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *16*(4), 46-54.

เบญจวรรณ มิ่งมนต์ชัยกุล, กิตติวรรณ นิ่มดิษฐ์, และสิทธิพร ชุลีธรรม. (2560). การประเมินความต้องการจำเป็นเกี่ยวกับกิจกรรมการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพด้านจริยธรรมการวิจัยของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. *วารสารสังคมศาสตร์บูรณาการ มหาวิทยาลัยมหิดล*, *4*(2), 108-132.

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2566). *วิธีการดำเนินมาตรฐาน เวอร์ชัน 5.0 (Standard Operating Procedures Version 5.0)*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2562). *แนวทางจริยธรรมการทำวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์* (ฉบับปรับปรุง ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

การศึกษาความสุขของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ ระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร

นันทวัน ดีอินทร์[1*], กันตพัฒน์ อนุศักดิ์เสถียร[2], สุธนิตย์ พุทธพนม[3] และจิรพนธ์ พรมงาม[3]

An Investigation into the Happiness of Undergraduate Engineering Students at Naresuan University

Nantawan Deein[1*], Kantabhat Anusaksathien[2], Sutanit Puttapanom[3] and Jirapon Promngam[3]

[1]งานกิจการนิสิตและศิษย์เก่าสัมพันธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]ภาควิชาจิตวิทยา คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[3]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Student Affairs, Engineering Faculty, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[2]Psychology Department, Social Sciences Faculty, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

[3]Industrial Engineering Department, Engineering Faculty, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาระดับความสุขและเปรียบเทียบความสุขจำแนกตามชั้นปีและสาขานิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling) โดยสุ่มจากนิสิตระดับชั้นปีที่ 2-4 จำนวน 362 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ แบบสอบถามออนไลน์ ซึ่งประยุกต์ใช้แบบประเมินความสุขในนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร ของ วิวัฒน์ เจริญอึ๊ง (2560) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการทดสอบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีการทดสอบ t-test ผลการวิจัยพบว่า มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขเท่ากับ 25.85 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.27 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทุกสาขาวิชามีค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขไม่แตกต่างกัน แต่ทุกระดับชั้นปีมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบรายคู่พบว่า เฉพาะนิสิตระดับชั้นปีที่ 2 และปีที่ 4 ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อแปลระดับความสุขจากค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขของนิสิตทั้งหมด แต่ละสาขา และแต่ละชั้นปี ได้ว่า มีความสุขเท่ากับคนทั่วไป

คำสำคัญ: ความสุข นิสิต คณะวิศวกรรมศาสตร์

Abstract

This research aims to study the level of happiness and compare the happiness levels based on year and major of undergraduate students in the Faculty of Engineering. The sample was selected using Simple Random Sampling from students in the 2nd to 4th years, totaling 362 students. The online questionnaire adapted from the Happiness Assessment for Naresuan University students by Wiwat Jaroenueng (2017) was utilized. The statistics used for data analysis included descriptive statistics, one-way analysis of variance (One-way ANOVA), and two sample t-test. The research findings revealed that the average happiness score was 25.85, with a standard deviation of 4.27. At a significance level of 0.05, the average happiness scores are not significantly different across all majors, but they are significantly different across all academic years. A pairwise comparison indicated that only the average happiness scores of 2nd year and 4th year students are significantly different. When interpreting the level of happiness from the average scores of all students, in each major, and in each academic year, it was found that the happiness level was comparable to the general people.

Keywords: Happiness, Students, The faculty of Engineering

บทนำ

สถานการณ์โลกในยุคปัจจุบันประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านเทคโนโลยี เศรษฐกิจ สังคม การเมือง มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวันก่อให้เกิดการแข่งขันรีบเร่ง ทั้งด้านสภาพแวดล้อม สังคม ครอบครัว ก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพจิต มีสภาวะความเครียด ความวิตกกังวล เกิดความท้อแท้สิ้นหวัง ก่อให้เกิดความกดดันในด้านจิตใจ เป็นโรคซึมเศร้า ทำให้เกิดปัญหาด้านอาชญากรรม ปัญหาด้านการศึกษา เศรษฐกิจ (ฐิติชญา อินชู, 2561) ซึ่งปัญหาด้านต่าง ๆ ส่งผลให้รัฐบาลไทยมีแผนการยกระดับคุณภาพชีวิตของคนไทย ปี 2560 ถือเป็นปีเริ่มต้นของการขับเคลื่อนโมเดลประเทศไทย 4.0 ซึ่งมุ่งเน้นพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งจิตใจ สติปัญญา ความรู้และคุณธรรม ดังนั้น ในแผนพัฒนาสุขภาพจิตแห่งชาติฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2561 - 2580) จึงมีเป้าหมายหลัก คือ "คนไทยมีปัญญา อารมณ์ดีและมีความสุข อยู่ในสังคมอย่างทรงคุณค่า"

สถาบันการศึกษาในระดับอุดมศึกษา เป็นสถานที่ผลิตบัณฑิตและพัฒนาผู้เรียนในด้านวิชาความรู้ เพิ่มทักษะให้กับผู้เรียนมีความคิด ทัศนคติที่ดี ตามแผนพัฒนาการศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2565-2569) มีเป้าประสงค์ในการผลิตบัณฑิตที่มีคุณลักษณะ เป็นคนดี คนเก่ง มีวินัย ภูมิใจในชาติ และหากผู้เรียนมีความสุขในด้านการเรียน จะเกิดการเรียนรู้ ก่อให้เกิดผลต่อผู้เรียนจะมีความพยายาม มีความมุ่งมั่น พัฒนาตนเอง และใช้ชีวิตภายในมหาวิทยาลัยได้อย่างมีความสุข คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นคณะหนึ่งที่สังกัดภายใน มหาวิทยาลัยนเรศวรได้ทำการเปิดสอนตั้งแต่ปี พ.ศ.2537 ซึ่งประกอบด้วยภาควิชา จำนวน 4 ภาควิชา คือ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ โดยทำการสอนในระดับปริญญาตรีทั้งหมด 9 สาขาวิชา คือ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี และสาขาวิชาวิศวกรรมนวัตกรรมอัจฉริยะ (Intelligent Innovation Engineering) การศึกษาภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นการเรียนรู้ทักษะทางด้าน การคำนวณซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอน การวิเคราะห์ การวางแผนที่ซับซ้อน มีความละเอียด ซึ่งจะต้องมีการพัฒนาเรียนรู้เทคโนโลยีที่ทันสมัยตลอดเวลา ซึ่งผู้เรียนจะต้องมีความมานะพยายาม ฝึกฝนพัฒนาตนเอง และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการประกอบอาชีพ (อมราพร สุรการ, 2558)

งานกิจการนิสิตและศิษย์เก่าสัมพันธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มีหน้าที่ส่งเสริมสนับสนุนนิสิตในด้านการแนะแนวอาชีพและศึกษา การให้คำช่วยเหลือนิสิตและบริการด้านสวัสดิการนิสิต อีกทั้งยังจัดกิจกรรมส่งเสริมพัฒนานิสิตงานวิจัยนี้ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนานิสิตให้มีความสุขในการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย อีกทั้งในปัจจุบันงานกิจการนิสิตและศิษย์เก่าสัมพันธ์ได้ตรวจสอบผลการประเมินภาวะซึมเศร้าของนิสิตทุกปีการศึกษา พบว่า นิสิตมีปัญหาด้านสุขภาพจิต มีสภาวะความเครียดและคิดทำร้ายตนเอง เพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี และอีกทั้งการเปลี่ยนทั้งด้านเทคโนโลยี เศรษฐกิจและสังคม ส่งผลกระทบต่อความสุขของนิสิต ดังนั้น งานกิจการนิสิตและศิษย์เก่าสัมพันธ์มีแนวคิดที่จะศึกษาความสุขของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์

เมื่อศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องการศึกษาความสุขของผู้เรียนในสถาบันการศึกษา มีงานวิจัยหลายงานวิจัย ดังนี้ นุสรา นามเดช (2548) ได้ทำการศึกษาความสุขของนักศึกษาพยาบาลวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สระบุรี เกี่ยวกับความหมายของความสุข การแสวงหาความสุข และปัจจัยทำให้เกิดความสุขโดยวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ การสนทนากลุ่ม การสัมภาษณ์เชิงลึก และการสังเกตร่วมกับนักศึกษา จำนวน 77 คน ผลการศึกษา พบว่า นักศึกษาให้ความหมายของความสุข คือ การมีความรู้สึกทางบวกปราศจากความรู้สึกทางลบ การมีสุขภาพกายที่สมบูรณ์ มีความสัมพันธ์ที่ดีกับบุคคลใกล้ชิด การศึกษาความสุขของนักศึกษามหาวิทยาลัยลักษณ์ ระดับปริญญาตรี จำนวน 381 คนถูกทำขึ้นโดย จิราภรณ์ สรรพวีรวงศ์ และนัยนา หนูนิล (2559) ซึ่งใช้แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบสอบถามความสุข 9 ด้าน และแบบสอบถามแหล่งที่มาของความสุข ผลการวิจัย โดยรวมนักศึกษามีความสุขในระดับมากทั้ง 9 ด้าน ด้านที่มีคะแนนมากที่สุข คือ การมีครอบครัวที่อบอุ่น แหล่งที่มีความสุขคะแนนสูงสุดคือ ด้านความเสมอภาคเท่าเทียมไม่ถูกแบ่งแยกจากความแตกต่างของภูมิลำเนา การเปรียบเทียบความสุขของนักศึกษาพบว่านักศึกษาที่เรียนต่างกลุ่มวิชามีความสุขไม่แตกต่างกัน เกษร เกษมสุข และกรรณิกา วิชัยเนตร (2560) ศึกษาความสุขของนักเรียนพยาบาลทหารอากาศจำนวน 137 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ ดัชนีชี้วัดสุขภาพจิตคนไทยฉบับสมบูรณ์ใหม่ปี 2550 (55 ข้อ) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนพยาบาลร้อยละ 64.96 มีความสุขเท่ากับคนทั่วไป วารุณี มีมุ่งบุญ (2561) ได้ศึกษาดัชนีความสุขของนักศึกษาระดับปริญญาตรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 24,839 คน ผลการวิจัยโดยรวมนักศึกษามีดัชนีความสุขอยู่ในระดับคนทั่วไปร้อยละ 66.99 รองลงมามีความสุขน้อยร้อยละ 19.76 และมีความสุขมากกว่าคนปกติร้อยละ 13.25 กมลรัตน์ ทองสว่าง และธนาวิทย์ กางการ (2564) ศึกษาความสุขของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิจำนวน 386 คน เครื่องมือที่ใช้มี 2 ส่วน คือแบบถามข้อมูลส่วนบุคคลและแบบวัดความสุขของ จตุรวัฒน์ ผนึกรัมย์ (2560) จำนวน 51 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า ระดับความสุขโดยรวมเฉลี่ย อยู่ในระดับสูง และระดับความสุขรายด้านพบว่า มีความสุขน้ำใจดี (Happy Heart) สูงที่สุด ดังนั้น จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาระดับความสุขและเปรียบเทียบความสุขจำแนกตามชั้นปีและสาขานิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อจะได้นำข้อมูลไปใช้ในการกำหนดนโยบายและการวางแผนที่จะพัฒนา ปรับปรุงปัจจัยต่าง ๆ เพื่อเสริมสร้างความสุขของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยมีสมมติฐานงานวิจัย คือ นิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มีคะแนนความสุขไม่แตกต่างกันเมื่อจำแนกตามชั้นปี และเมื่อจำแนกตามสาขา อยู่ในระดับมีความสุขเท่ากับคนทั่วไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการสำรวจและเปรียบเทียบความสุข จำแนกตามชั้นปีและสาขาในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้แบบประเมินความสุขนิสิตของมหาวิทยาลัยนเรศวร และดำเนินงานตามขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดประชากร สุ่มกลุ่มตัวอย่าง กำหนดตัวแปร และเลือกเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ นิสิตระดับชั้นปีที่ 2-4 เท่านั้นที่ถูกสำรวจ เนื่องจากการสำรวจเกิดขึ้นในช่วงต้นภาคเรียนที่ 1 นิสิตระดับชั้นปีที่ 1 ยังใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัยระยะไม่นาน ดังนั้น ประชากรคือ นิสิตระดับชั้นปีที่ 2-4 จำนวน 1,826 คน จากสูตรการหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างของทาโร่ ยามาเน่ (Taro Yamane, 1973) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำนวนกลุ่มตัวอย่างมากกว่าเท่ากับ 362 คน ตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) มี 2 ชุด ดังนี้ ชุดที่ 1 คือ ชั้นปี (2 3 และ 4) ชุดที่ 2 คือ สาขาวิชา (โยธา สิ่งแวดล้อม อุตสาหการ เคมี วัสดุ เครื่องกล ไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ และนวัตกรรมอัจฉริยะ และตัวแปรตาม คือ คะแนนประเมินความสุข

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้แบบสอบถามที่ประยุกต์จากแบบประเมินความสุขในนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร ของ วิวัฒน์ เจริญอึ้ง (2560) ซึ่งผ่านการประเมินและยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าความเชื่อมั่นในระดับที่ดี มีพื้นที่ใต้กราฟ (Receiver Operating Characteristics Curve) อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของแบบสอบถาม เพื่อให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ การศึกษาวิจัยเป็นการสำรวจผ่านระบบ Google Form โดย ส่วนที่ 1 ของแบบสอบถามเป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม แบบประเมินเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

เป็นแบบสอบถามปลายปิด โดยลักษณะของคำถามให้เลือกตอบเพียงคำตอบเดียว ประกอบด้วย เพศ ชั้นปี ส่วนที่ 2 ของแบบสอบถามเป็นแบบประเมินความสุขในนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร ของ วิวัฒน์ เจริญอึ๊ง (2560) ประกอบไปด้วยข้อคำถามเชิงบวก 12 ข้อ ข้อคำถามเชิงลบ 3 ข้อ แบ่งคะแนนเป็น 4 ระดับ และแปลความหมาย ดังนี้

ข้อความเชิงบวก ประเมินในระดับมากที่สุด, มาก, น้อย และน้อยที่สุด ให้เป็นคะแนน 3, 2, 1 และ 0 คะแนนตามลำดับ

ข้อความเชิงลบ ประเมินในระดับมากที่สุด, มาก, น้อย และน้อยที่สุด ให้เป็นคะแนน 0, 1, 2 และ 3 คะแนนตามลำดับ

ซึ่งผลรวมคะแนนแบ่งการแปลผลคะแนนออกเป็น 3 ระดับ คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 23 คะแนน คือ มีความสุขน้อยกว่าคนทั่วไป ช่วงคะแนนระหว่าง 24-33 คะแนน คือ มีความสุขเท่ากับคนทั่วไป และมากกว่าหรือเท่ากับ 35 คะแนนขึ้นไป คือ มีความสุขมากกว่าคนทั่วไป

2. เก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อปรับแบบสอบถามเสร็จแล้ว แบบสอบถามถูกประชาสัมพันธ์ไปยังกลุ่มนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 - 4 หรือ รหัสนิสิต 65, 64 และ 63 ตามลำดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และเก็บรวบรวมข้อมูลออนไลน์ โดยใช้ Google Form แบบสอบถามที่ตอบกลับมาถูกรวบรวม ตรวจสอบความถูกต้องและสมบูรณ์ เมื่อจำนวนเกิน 362 ฉบับ การวิเคราะห์ข้อมูลจะเริ่มขึ้น

3. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย และร้อยละ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และเพื่อเปรียบเทียบระดับความสุขของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ จำแนกตามสาขาวิชา และจำแนกตามชั้นปี การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างในรายกลุ่ม ถูกทำขึ้นโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One - way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างเป็นรายคู่กรณีพบค่าความแตกต่างในรายกลุ่ม จะใช้วิธีทดสอบที (t-test) เพื่อพิจารณาว่าค่าเฉลี่ยของคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 โดยที่ความแตกต่างของความแปรปรวนของคะแนนความสุขจะถูกทดสอบด้วยวิธีทดสอบเอฟ (f-test)

ผลการศึกษา

เมื่อรวบรวมแบบสอบถาม ตรวจสอบความสมบูรณ์และความถูกต้องได้ 362 ฉบับ การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive

Statistics) โดยการหาค่าความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percent) ในส่วนที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคลแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง โดยจำแนกตามชั้นปี และตามสาขาวิชา

	ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
ระดับชั้นปี	ชั้นปีที่ 2	109	30.1
	ชั้นปีที่ 3	119	32.9
	ชั้นปีที่ 4	134	37.0
	รวม	362	100.0
สาขาวิชา	สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา	55	15.2
	สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	49	13.5
	สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ	56	15.5
	สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี	53	14.6
	สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ	51	14.1
	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	27	7.5
	สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	29	8.0
	สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	40	11.0
	สาขาวิชาวิศวกรรมนวัตกรรมอัจฉริยะ	2	0.6
	รวม	362	100.0

ส่วนที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินเป็นนิสิตเพศหญิงมากกว่านิสิตเพศชาย โดยเป็นนิสิตเพศหญิงจำนวน 183 คน คิดเป็นร้อยละ 50.6 นิสิตเพศชายจำนวน 179 คน คิดเป็นร้อยละ 49.4 ตารางที่ 1 จำแนกข้อมูลตามชั้นปี และสาขาวิชา ดังนี้ ศึกษาอยู่ในชั้นปี 2 จำนวน 109 คน คิดเป็นร้อยละ 30.1 ชั้นปีที่ 3 จำนวน 119 คน คิดเป็นร้อยละ 32.9 ชั้นปีที่ 4 จำนวน 134 คน คิดเป็น ร้อยละ 37.0 ศึกษาอยู่ในสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา จำนวน 55 คน คิดเป็นร้อยละ 15.2 สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 13.5 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 15.5 สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 14.6 สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 14.1 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 7.5 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 8.0 สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 11.0 สาขาวิชาวิศวกรรมนวัตกรรมอัจฉริยะ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 0.6

ส่วนที่ 2 การประเมินความสุข ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความสุข ของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยวิธีการแจกแจงร้อยละ (Percent) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) แสดงในตารางที่ 2-3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสุขโดยรวมของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า นิสิตมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขเท่ากับ 25.85 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.27 ซึ่งแปลผลได้ว่านิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีความสุขเท่ากับทั่วไปในการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละโดยจำแนกตามระดับความสุข

ระดับความสุข	จำนวน	ร้อยละ
มีความสุขน้อยกว่าคนทั่วไป	69	19.0
มีความสุขเท่ากับคนทั่วไป	284	78.5
มีความสุขมากกว่าคนทั่วไป	9	2.5
รวม	**362**	**100.0**

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์จำนวน และร้อยละ โดยจำแนกตามระดับความสุข พบว่า มีความสุขน้อยกว่าคนทั่วไป จำนวน 69 คน คิดเป็นร้อยละ 19.0 มีความสุขเท่ากับคนทั่วไป จำนวน 284 คน คิดเป็นร้อยละ 78.5 มีความสุขมากกว่าคนทั่วไป จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5

ตารางที่ 3 คะแนนความสุข โดยจำแนกตามสาขาที่ศึกษา

สาขา	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความสุข
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา	25.36	4.20	มีความสุขเท่ากับทั่วไป
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	26.33	3.97	มีความสุขเท่ากับทั่วไป
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ	25.88	4.81	มีความสุขเท่ากับทั่วไป
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี	26.51	5.27	มีความสุขเท่ากับทั่วไป
สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ	25.92	4.14	มีความสุขเท่ากับทั่วไป
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	24.97	3.92	มีความสุขเท่ากับทั่วไป
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	26.45	3.46	มีความสุขเท่ากับทั่วไป
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์	25.14	3.47	มีความสุขเท่ากับทั่วไป
สาขาวิชาวิศวกรรมนวัตกรรมอัจฉริยะ	25.01	1.41	มีความสุขเท่ากับทั่วไป

ตารางที่ 3 แสดงผลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนคะแนนความสุข โดยจำแนกตามสาขาที่ศึกษา ซึ่งคะแนนความสุขเรียงตามลำดับดังนี้ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ วิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาวิศวกรรมนวัตกรรมอัจฉริยะ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ซึ่งคะแนนความความสุขของของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อยู่ในระดับมีความสุขเท่ากับคนทั่วไปในการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสุขในสาขาที่แตกต่างกัน ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความสุขกับสาขาที่ศึกษา ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One - way ANOVA) พบว่า ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.69 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่า สาขาที่ศึกษาที่แตกต่างกันมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขในสาขาที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	องศาความเป็นอิสระ (df)	ผลรวมกำลังสอง (SS)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	ค่า F	ระดับนัยสำคัญ
ระหว่างกลุ่ม	8	102.56	12.82	0.7	0.69
ภายในกลุ่ม	353	6484.78	18.37		

ตารางที่ 5 แสดงผลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนคะแนนความสุข โดยจำแนกตามชั้นปีที่ศึกษา พบว่า ชั้นปีที่มีคะแนนความสุขสูงที่สุดคือ ชั้นปีที่ 2 รองลงมาคือ ชั้นปีที่ 3 และคะแนนน้อยที่สุดคือ ชั้นปีที่ 4 ซึ่งคะแนนอยู่ในระดับมีความสุขเท่ากับคนทั่วไปในการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 คะแนนความสุข โดยจำแนกตามชั้นปี

ชั้นปี	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความสุข
ชั้นปีที่ 2	26.77	3.84	มีความสุขเท่ากับทั่วไป
ชั้นปีที่ 3	25.70	4.48	มีความสุขเท่ากับทั่วไป
ชั้นปีที่ 4	25.22	4.32	มีความสุขเท่ากับทั่วไป

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขในระดับชั้นปีที่แตกต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	องศาความเป็นอิสระ (df)	ผลรวมกำลังสอง (SS)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	ค่า F	ระดับนัยสำคัญ
ระหว่างกลุ่ม	2	147.68	73.84	4.12	.017
ภายในกลุ่ม	359	6439.66	17.49		

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสุขในระดับชั้นปีที่แตกต่างกัน ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความสุขกับสาขาที่ศึกษา ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One - way ANOVA) พบว่า ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.017 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าระดับชั้นปีที่แตกต่างกันมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น ค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขของแต่ละชั้นปีจะถูกเปรียบเทียบเป็นรายคู่ แต่การตรวจสอบความแตกต่างของความแปรปรวนถูกตรวจสอบ ผลลัพธ์การตรวจสอบแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งสรุปได้ว่า ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขในระดับชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 3 และความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขในระดับชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 4 แตกต่างกัน แต่ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขในระดับชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 ไม่แตกต่างกัน เมื่อสามารถเลือกวิธีทดสอบที (t-test) ว่าเป็นแบบกรณีความแปรปรวนแตกต่างกันหรือไม่แตกต่างกัน ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขในระดับชั้นปีที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คู่ชั้นปี(ความแปรปรวน)	**ค่า** f	**ค่าวิกฤตการแจกแจง** F	**ผลสรุป**
ชั้นปีที่ 2(14.73) **และ ชั้นปีที่** 3(20.06)	0.73448	0.73174	ความแปรปรวนแตกต่างกัน
ชั้นปีที่ 2(14.73) **และ ชั้นปีที่** 4(18.66)	0.78976	0.73692	ความแปรปรวนแตกต่างกัน
ชั้นปีที่ 3(20.06) **และ ชั้นปีที่** 4(18.66)	1.07526	1.34151	ความแปรปรวนไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขในแต่ระดับชั้นปีที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คู่ชั้นปี	**ค่า** t	**ค่าวิกฤตการแจกแจง** t	**ผลสรุป**
ชั้นปีที่ 2 และ ชั้นปีที่ 3	1.94720	±1.97056	ค่าเฉลี่ยคะแนนไม่แตกต่างกัน
ชั้นปีที่ 2 และ ชั้นปีที่ 4	2.95278	±1.96994	ค่าเฉลี่ยคะแนนแตกต่างกัน
ชั้นปีที่ 3 และ ชั้นปีที่ 4	0.85549	±1.96946	ค่าเฉลี่ยคะแนนไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 8 แสดงค่า t และค่าวิกฤตการแจกแจง t การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขของชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 3 และ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขของชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 ค่า t ตกนอกเขตวิกฤต จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขของชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 3 และ ชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 ไม่แตกต่างกัน แต่การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขของชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 4 ค่า t ตกในเขตวิกฤต จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขของชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาระดับความสุขและเปรียบเทียบความสุขจำแนกตามชั้นปีและสาขาวิชาของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากผู้ตอบแบบประเมิน 362 คน เพศหญิงจำนวน 183 คน เพศชายจำนวน 179 คน นิสิตมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขเท่ากับ 25.85 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.27 แปลผลได้ว่านิสิตมีความสุขเท่ากับคนทั่วไป ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยนี้มีความใกล้เคียงและสอดคล้องกับผลวิจัยของ วารุณี มีมุ่งบุญ (2561) ที่ได้ศึกษาดัชนีความสุขของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จำนวน 24,839 คน และผลการวิจัยที่ได้คือ โดยรวมนักศึกษามีดัชนีความสุขอยู่ในระดับคนทั่วไป นอกจากนั้นเมื่อมีการจำแนกตามสาขาที่ศึกษาพบว่า ทุกสาขาวิชามีค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขไม่แตกต่างกัน และแปลผลได้ว่านิสิตมีความสุขเท่ากับคนทั่วไปทุกสาขาวิชา ซึ่งสอดคล้องกับ แพรวพรรณ โสมาศรี (2556) ที่ผลการวิจัยพบว่า ด้านการเข้าร่วมกิจกรรม นิสิตมีการใช้ชีวิตอยู่ในระดับปานกลางทั้งนี้ อาจเป็นเพราะความสนใจของแต่ละบุคคลไม่เหมือนกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดสรรเวลาในการเข้าร่วมกิจกรรมไม่ลงตัวเพราะนิสิตให้ความสนใจในการเรียนเป็นหลัก และยังพบว่า สาขาวิชาที่มีคะแนนความสุขสูงที่สุด คือ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี พบว่าผู้ตอบแบบประเมินให้คำตอบว่า อยากเข้าร่วมมากกว่า โดยระบุเหตุส่วนใหญ่ว่า "เป็นการเพิ่มประสบการณ์ใหม่ที่ดี" "ได้พบเจอเพื่อนใหม่" "ใช้เวลาว่างให้สนุก ดีกว่าปล่อยไปเฉย ๆ" "ได้รู้จักการทำงาน" ซึ่งสอดคล้องกับ ทฤษฎีการทำกิจกรรมหรือกระบวนการทำกิจการต่าง ๆ นักจิตวิทยาที่ สำคัญของแนวคิดนี้คือ Mihaly Csikszentmihalyi อธิบายว่า บุคคลที่มีโอกาสทำกิจการหรือกิจกรรมต่าง ๆ ตามที่ตนสนใจและสอดคล้องกับทักษะ ความ ถนัด หรือตามศักยภาพของตนจะมีความสุขมาก

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความสุขกับระดับชั้นปี พบว่า ระดับชั้นปีที่แตกต่างกันมีคะแนนความสุขแตกต่างกัน และผลการเปรียบเทียบรายคู่พบว่า เฉพาะค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขของชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกันในหัวข้อ ท่านอยากเข้าร่วมหรือไม่อยากเข้าร่วมกิจกรรมของทางมหาวิทยาลัย จึงอาจมีแนวโน้มที่ทำให้คะแนนความสุขของทั้ง 2 ชั้นปีแตกต่างกัน เนื่องจากนิสิตชั้นปีที่ 4 จะต้องทำโครงงานและจัดเตรียมในการนำเสนอโครงงานและเตรียมความพร้อมเข้าสู่ตลาดแรงงานทำให้มีพัฒนาการมีมุมมองสู่การพัฒนาการสู่ความเป็นผู้ใหญ่ ไม่ได้เข้าร่วมกิจกรรมในระดับคณะหรือระดับของมหาวิทยาลัย โดยพบว่านิสิตชั้นปีที่ 2 ที่ตอบแบบประเมินว่า อยากเข้าร่วม มีมากกว่าโดยระบุเหตุส่วนใหญ่ ว่า "ช่วยให้มีประสบการณ์เพิ่มขึ้น" "ได้รู้จักกับเพื่อนใหม่มากขึ้น" "ได้เจออะไรใหม่ ๆ ได้เห็นความตั้งใจของผู้จัดกิจกรรมให้" "ได้ทำกิจกรรมนอกจากเรียนหนังสือ" ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามการอภิปรายความสุขที่แตกต่างกันของนิสิตชั้นปีที่ 2 และ ชั้นปีที่ 4 จึงอาจจะทำให้มีแนวโน้มที่เกิดความแตกต่างของทั้ง 2 ชั้นปีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งในเรื่องของบุคลิกภาพที่แตกต่างกันของนิสิตทั้ง 2 ชั้นปี ที่อาจจะทำให้มีคะแนนความสุขแตกต่างกัน

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาระดับความสุขและเปรียบเทียบความสุขจำแนกตามชั้นปีและสาขาวิชาของนิสิตระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้แบบประเมินความสุขในนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร ของ วิวัฒน์ เจริญอึ๊ง (2560) มีผู้ตอบแบบสอบถามที่ให้ผลสมบูรณ์และถูกต้อง 362 คน เป็นนิสิตเพศหญิงมากกว่านิสิตเพศชาย โดยเป็นนิสิตเพศหญิงจำนวน 183 คน เพศชายจำนวน 179 คน ซึ่ง พบว่า นิสิตมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขเท่ากับ 25.85 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.27 ซึ่งแปลผลได้ว่านิสิตมีความสุขเท่ากับคนทั่วไป เมื่อมีการจำแนกตามสาขาที่ศึกษา พบว่า สาขาวิชาที่มีคะแนนความสุขสูงที่สุดคือ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี แต่ไม่ได้มากกว่าสาขาอื่น ๆมากนัก ทั้งนี้ทุกสาขาวิชามีค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขไม่แตกต่างกัน และแปลผลได้ว่านิสิตมีความสุขเท่ากับคนทั่วไปทุกสาขาวิชา เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความสุขกับระดับชั้นปี พบว่า ระดับชั้นปีที่แตกต่างกันมีคะแนนความสุขแตกต่างกัน และผลการเปรียบเทียบรายคู่พบว่า เฉพาะค่าเฉลี่ยคะแนนความสุขของชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

การทำวิจัยในครั้งต่อไปควรศึกษาเพิ่มเติมปัจจัยที่ส่งผลให้นิสิตมีความสุขและส่งผลให้นิสิตมีความสุขในการเรียนรู้มากขึ้น และควรมีการปรับเปลี่ยนการวิเคราะห์ผลของคะแนนรวม เนื่องจากคะแนนเฉลี่ย 25.85 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.27 ซึ่งมากกว่า 23 คะแนน (มีความสุขน้อยกว่าคนทั่วไป) เพียงเล็กน้อย ผลการทำวิจัยในครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานแจ้งให้ทางคณะรับทราบเพื่อจะนำข้อมูลไปวางแผนและพัฒนาในกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้นิสิตมีความสุขมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาแนวทางในการส่งเสริมทั้งการเรียน กิจกรรม สิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของแต่ละสาขา ทั้งในระดับบุคคลและในระดับชั้นเรียน ไม่ใช่เพียงแค่บางสาขาวิชา แต่ให้ครอบคลุมในกลุ่มชั้นปี และคณะ เพื่อเป็นส่วนให้นิสิตมีระดับความสุขในการใช้ชีวิตในมหาวิทยาลัยเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะผู้บริหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยสถาบันสำหรับบุคลากรสายสนับสนุน จากงบประมาณรายได้ พ.ศ.2566 ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภัคพงศ์ หอมเนียม รองคณบดีฝ่ายกิจการนิสิต และขอขอบคุณ นางสาวชนากานต์ ฉิมพรนิช นางสาวอุษณีย์ เข็มรักษ์ นิสิตสาขาวิชาจิตวิทยา คณะสังคมศาสตร์ที่มีส่วนช่วยในการดำเนินงานวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กมลรัตน์ ทองสว่าง และธนาวิทย์ กางการ. (2564). ความสุขของนักศึกษาหลักสูตรปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 13* (1097-1104). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

เกษร เกษมสุข และกรรณิกา วิชัยเนตร. (2560). การศึกษาความสุขของนักเรียนพยาบาลทหารอากาศ. *วารสารพยาบาลทหารบก, 18*(3), 228-235.

จตุรวัฒน์ ผนึกรัมย์. (2560). *การศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับความสุขของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2559* (รายงานผลการวิจัย). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จิราภรณ์ สรรพวีรวงศ์ และนัยนา หนูนิล. (2559). สุขภาพจิตและพฤติกรรมการดูแลตนเองด้านสุขภาพจิตของนักศึกษาพยาบาลหลักสูตรพยาบาลศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. *วารสารการพยาบาล, 22*(3), 91-104.

ฐิติชญา อินชู. (2561). *การประเมินความสุขในนิสิตกลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร* [ปริญญานิพนธ์บัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร]. https://www.socsci.nu.ac.th/thesis/main/department

นุสรา นามเดช. (2548). *ความสุขของนักศึกษาพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี.* (รายงานผลการวิจัย). สระบุรี: วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี.

แพรวพรรณ โสมาศรี. (2556). *การศึกษาการใช้ชีวิตของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วารุณี มีมุ่งบุญ. (2561). *การศึกษาดัชนีความสุขของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ประจำปีการศึกษา 2561.* (รายงานผลการวิจัย). ปทุมธานี:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วิวัฒน์ เจริญอึ๊ง. (2560). การประ*ประเมินความสุขในนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร* [ปริญญานิพนธ์บัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร]. https://www.socsci.nu.ac.th/thesis/main/department

อมราพร สุรการ. (2558). การศึกษาปัจจัยเชิงเหตุและผลของทุนทางจิตวิทยาเชิงบวกที่มีต่อความสุขที่แท้จริงและพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษาพยาบาลในมหาวิทยาลัยของรัฐบาล. *วารสารพฤติกรรมศาสตร์เพื่อการพัฒนา, 7(1)*, 238-252. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JBSD/article/view/29929.

Yamane, T. (1973) *Statistics: An Introductory Analysis*(3rd ed.). Harper & Row, New York.

โปรแกรมช่วยในการจัดกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

อัจฉราภรณ์ ยิ้มฉิม[1*], สุธนิตย์ พุทธพนม[2], เกตุชนา บุญฤทธิ์[2] และ จิรพนธ์ พรมงาม[2]

A Student Activity Management Computer Application for Student Union and Student Clubs of Engineering Faculty, Naresuan University

Aucharaporn Yimchim[1*], Sutanit Puttapanom[2], Ketchana Boonrit[2] and Jirapon Promngam[2]

[1]งานกิจการนิสิตและศิษย์เก่าสัมพันธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

[1]Student Affairs, Engineering Faculty, Naresuan University, Muang, Phitsanulok Province, 65000

[2]Industrial Engineering Department, Engineering Faculty, Naresuan University, Muang, Phitsanulok Province, 65000

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำโปรแกรมช่วยในการจัดการกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และใช้เป็นฐานข้อมูล ซึ่งเป็นประโยชน์ในรุ่นถัดไป สามารถเรียกดูย้อนหลังได้ ด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องมือ Visual Basic for Application (VBA) ของ Microsoft Excel ในการสร้างโปรแกรมดังกล่าว เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้น ออกแบบผังการทำงานและ Algorithm สร้างและทดสอบโปรแกรม ทดลองใช้โปรแกรมและปรับปรุงโปรแกรมตามข้อเสนอแนะ ผลการดำเนินงานจากเดิมที่ใช้แบบร่างเอกสารจากโครงการที่ผ่านมาแล้วใน Microsoft Word มาปรับเปลี่ยน และต้องผ่านการตรวจสอบและแก้ไขเฉลี่ย 2-5 ครั้ง ใช้เวลาดำเนินการเฉลี่ย 2-10 วัน โปรแกรมช่วยในการจัดกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรมช่วยลดเวลาจากการร่างเอกสารเป็นการกรอกข้อมูล ใช้เวลาเพียง 2-10 นาที และใช้เวลาดำเนินการเฉลี่ยแล้วไม่ถึง 1 วัน ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรมของผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบอยู่ในระดับมากที่สุด (4.575) และ มาก (4.000) ตามลำดับ

คำสำคัญ: Microsoft Excel การจัดกิจกรรม สโมสรนิสิต ชมรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

Abstract

This research aims to develop a program to assist in the management of student clubs' and student union's activities within the Faculty of Engineering at Naresuan University. This program serves the dual purpose of managing club activities and serving as a database for future reference. The program is developed using Visual Basic for Applications (VBA) in Microsoft Excel. The process began with learning existing problems, designing a flowchart and algorithm, creating, verifying, implementing and modifying the program based on comments and suggestions. The impact of this initiative has been significant. Previously, the process involved modifying document drafts from past projects in Microsoft Word, which required an average of 2-5 rounds of review and revision, taking approximately 2-10 days to complete. The program has dramatically reduced the time required for document drafting, cutting it down to 2-10 minutes per entry. Consequently, the overall processing time has been slashed to less than a day on average. User satisfaction with the program's usability and system administration has been overwhelmingly positive, with scores of 4.575 and 4.000 respectively, reflecting a highly satisfactory experience.

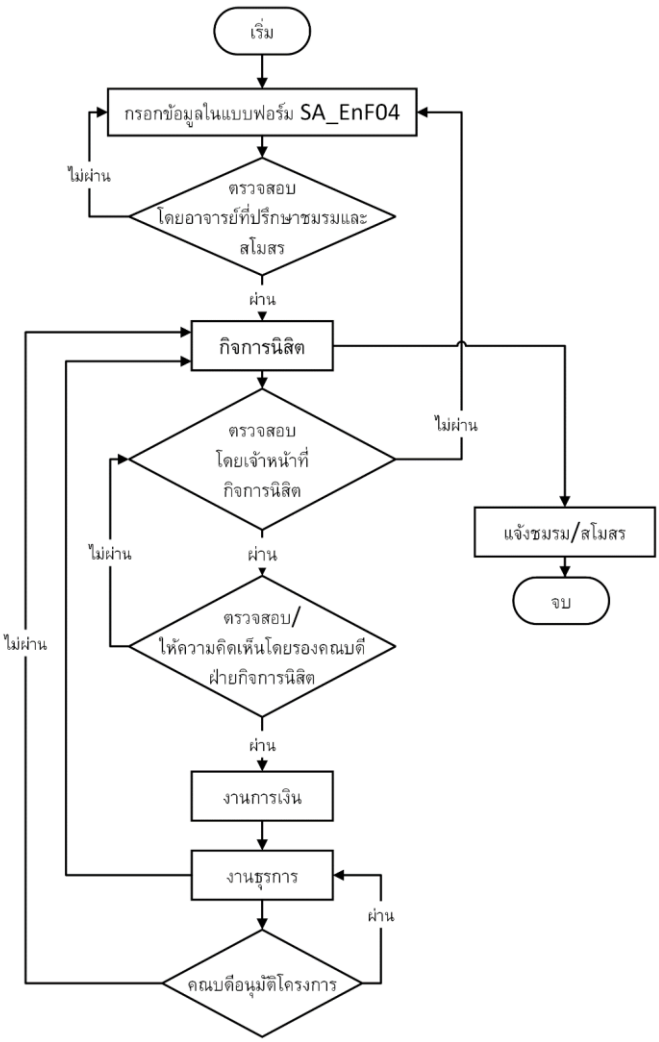
Keywords: Microsoft Excel, Activities, Student Clubs, Student Union, Faculty of Engineering

บทนำ

มหาวิทยาลัยนเรศวร มีนโยบายให้เสริมสร้างคุณภาพบัณฑิตมหาวิทยาลัยนเรศวรด้วยกิจกรรมเสริมหลักสูตร และให้สอดคล้องกับคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ของมหาวิทยาลัย คือ เก่งคน เก่งงาน เก่งคิด เก่งครองชีวิต และเก่งพิชิตปัญหา ซึ่งเป็นอัตลักษณ์ของนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร และสอดคล้องกับอัตลักษณ์ของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ คือ Smart Engineer นอกจากนี้ได้ส่งเสริมและสนับสนุนให้สโมสรนิสิตและชมรมได้จัดโครงการหรือกิจกรรมเสริมสร้างประสบการณ์ ฝึกความรับผิดชอบ ระเบียบวินัย การทำงานเป็นทีม สร้างสรรค์การจัดกิจกรรมอันนำไปสู่คุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ของมหาวิทยาลัยและของคณะวิศวกรรมศาสตร์ต่อไป โดยเป็นกิจกรรมที่ครอบคลุมด้านต่าง ๆ ดังนี้ 1.กิจกรรมด้านวิชาการ 2.ด้านบำเพ็ญประโยชน์ 3.ด้านกีฬา 4.ด้านคุณธรรม จริยธรรม 5.ด้านทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม 6. ด้านนันทนาการ

ในปัจจุบันการจัดทำโครงการหรือกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรมของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีลักษณะงานส่วนใหญ่เป็นงานด้านเอกสาร ในการดำเนินงานจัดโครงการแต่ละโครงการมีความยุ่งยากซับซ้อน ยกตัวอย่างเช่น การจัดทำเอกสารขออนุมัติโครงการใจอาสาพัฒนาเพื่อน้อง ซึ่งมีขั้นตอนขออนุมัติ ดังรูปที่ 1 โดยเริ่มต้นจากเจ้าหน้าที่/สมาชิกของชมรมกรอกข้อมูลในแบบฟอร์ม SA_EnF04 จากนั้นนำส่งเอกสารตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาชมรม หลังจากตรวจสอบเสร็จแล้ว นำเอกสารส่งงานกิจการนิสิตเพื่อตรวจสอบอีกครั้ง เมื่อผ่านการตรวจสอบแล้ว นำเสนอรองคณบดีฝ่ายกิจการนิสิตให้ลงความคิดเห็น จากนั้นนำเอกสารผ่านงานการเงินเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

และนำเสนอผ่านงานธุรการเพื่อเสนอคณบดีพิจารณาอนุมัติ กรณีอนุมัติโครงการ งานธุรการจะส่งเอกสารที่ได้รับการอนุมัติคืนงานกิจการนิสิตเพื่อดำเนินการแจ้งผลให้ชมรมทราบ และดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป จากขั้นตอนดำเนินงานดังกล่าว พบปัญหาว่า ต้องมีการแก้ไขรายละเอียดความถูกต้องในเอกสารทุกครั้ง จากการรวบรวมข้อมูลระยะเวลาดำเนินการแก้ไขเอกสารที่ผิดพลาด พบว่า มีการแก้ไขอย่างน้อย 2 ถึง 5 ครั้ง รวมระยะเวลาเร็วที่สุด 2 วัน และแก้ไขนานสุดถึง 10 วัน ปัญหาดังกล่าวนี้ทำให้เสียเวลาในการดำเนินการจัดโครงการ ทำให้ต้องเลื่อนการจัดโครงการออกไป และยังส่งผลกระทบต่อการจัดโครงการอื่น ๆ อันเนื่องมาจากนิสิตใช้ไฟล์เอกสารตัวอย่างจากคณะกรรมการรุ่นเดิมที่ผิดหรือไม่มีการส่งต่อรายละเอียดของโครงการ เนื่องจากไฟล์สูญหาย รวมไปถึงการกรอกรายละเอียดข้อมูลที่ไม่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของโครงการ จากตัวอย่างข้างต้นเป็นเพียงแค่การจัดทำเอกสารขออนุมัติโครงการเพียง 1 โครงการเท่านั้น แต่ยังพบปัญหาลักษณะดังกล่าวข้างต้นจากเอกสารอื่น ๆ อีก เช่น เอกสารการขออนุมัติเบิกเงิน เอกสารการสรุปรายงานผลโครงการ และเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดโครงการ



รูปที่ 1 Flow Chat ขั้นตอนการขออนุมัติโครงการค่ายอาสา

งานวิจัยที่ผ่านมาของ Chaudhry et al. (2021) ได้ทำการศึกษาพัฒนาระบบสารสนเทศเกี่ยวกับเอกสารเพื่อจัดการฐานข้อมูลของสำนักงานการบินพลเรือน โดยใช้เครื่องมือ VBA ของ Microsoft Excel เพื่อช่วยให้ประหยัดเวลา รวมไปถึงพัฒนาปรับปรุงการจัดระเบียบข้อมูล พบว่า การจัดระบบฐานข้อมูลใหม่โดยใช้เครื่องมือ VBA ใน Excel สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งในด้านการค้นหาเอกสาร การจัดระเบียบข้อมูลที่จำเป็น และลดเวลาการดำเนินงานในการกรอกเอกสารของพนักงานลงได้ถึงร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับการดำเนินงานแบบเดิม งานวิจัยของ Kalwar, Wassan, et al. (2023) พบปัญหาการดำเนินงานด้านเอกสาร ใช้เวลานานในการเขียนรายงานด้วยมือ รวมไปถึงเกิดข้อผิดพลาดในรายงานนั้น ๆ และใช้เวลานานในการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลเหล่านั้น จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือ Visual Basic for Applications (VBA) จากโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความผิดพลาดจากการเขียนรายงาน ให้อยู่ในรูปแบบอัตโนมัติด้วยการเขียนโค้ด VBA ให้สร้างรูปแบบการจัดการเอกสารแบบวนลูปให้อัตโนมัติ และสร้างปุ่มที่คลิกเพียงไม่กี่ครั้ง ผลการศึกษาพบว่า วิธีการทำงานอัตโนมัติเร็วกว่าวิธีการทำด้วยมือเฉลี่ย 1.360 นาที ซึ่งจากเดิมใช้เวลาในการกรอกเอกสารรายงานด้วยมือเฉลี่ยอยู่ที่ 3.110 นาทีต่อเอกสาร เช่นเดียวกันกับผลการวิจัยของ Kalwar, Khan, et al. (2023) พบว่าการใช้เครื่องมือ VBA ในโปรแกรม Microsoft Excel สร้างระบบการจัดการฐานข้อมูลต่าง ๆ ช่วยประหยัดเวลาการทำรายงานของพนักงานได้ถึงร้อยละ 83.180 อีกทั้งการสร้างแบบฟอร์มกรอกข้อมูลอัตโนมัติ ส่งผลให้ข้อผิดพลาดลดลงและช่วยลดภาระการแก้ไขของพนักงาน นอกจากนี้เครื่องมือ VBA ยังเป็นเครื่องมือที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ผลการวิจัยของ Barkah et al. (2024) ได้ทำการออกแบบโปรแกรมระบบบันทึกข้อมูลด้านงานบัญชีด้วยเครื่องมือ VBA พบว่าการสร้างระบบบันทึกข้อมูลดังกล่าว สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในกิจกรรมการบริหารการขายของบริษัทได้ อีกทั้งลดข้อผิดพลาดในการกรอกบันทึกข้อมูล ลดเวลาในการดำเนินงาน แทนการบันทึกข้อมูลแบบเดิมด้วยมือ

จากปัญหาข้างต้นและผลการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาสรุปได้ว่า การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยจัดการงานด้านเอกสารด้วยเครื่องมือ VBA ของโปรแกรม Microsoft Excel นั้นสามารถช่วยลดปัญหาความผิดพลาดและลดเวลาในการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์จะแก้ปัญหาที่พบเจอด้วยการจัดทำระบบช่วยในการทำเอกสารของสโมสรและชมรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องมือ VBA เพื่อให้สะดวกต่อการจัดการด้านเอกสาร และสามารถจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลไว้ในโปรแกรม สามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ และเป็นประโยชน์ต่อสโมสรนิสิตและชมรมภายในคณะ ฯ ในรุ่นถัดไป โดยสมมติฐานงานวิจัยนี้คือ ผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบงานมีความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรมอยู่ในระดับมาก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการดำเนินงานเพื่อออกแบบโปรแกรมช่วยในการจัดกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.1 รวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น เอกสารการขออนุมัติโครงการ การขออนุมัติเบิกเงินโครงการ และเอกสารการสรุปประเมินผลโครงการของสโมสรและชมรม จากแฟ้มข้อมูลของเว็บไซต์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ กลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานโดยตรง 5 คน และผู้ดูแลระบบจำนวน 1 คน

2. ออกแบบโปรแกรมช่วยในการจัดกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรม

ออกแบบ flow chart และ algorithm เพื่อให้ได้โปรแกรมตามวัตถุประสงค์

3. สร้างโปรแกรม และการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

เขียนโปรแกรมด้วยภาษา VBA ใน Microsoft Excel จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมด้วยโดยการกรอกข้อมูลเข้าไปในโปรแกรมแล้วรันผลลัพธ์ได้ถูกต้อง และไม่ติดปัญหา ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลที่ระบุในแต่ละส่วนจะต้องถูกประมวลผลและนำข้อมูลเหล่านั้นจัดระเบียบหน้าเอกสารให้โดยอัตโนมัติแสดงว่าโปรแกรมสามารถใช้งานได้ ถ้าหากโปรแกรมมีข้อผิดพลาดจะกลับไปออกแบบและทำการแก้ไขโปรแกรมใหม่ จากนั้นจะนำโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานและประเมินความพึงพอใจ

ผลการศึกษา

การศึกษาและออกแบบโปรแกรมช่วยในการจัดกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องมือ VBA ของโปรแกรม Microsoft Excel ผลการศึกษาแสดงได้ ดังนี้

1. ผลการรวบรวมข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้อง

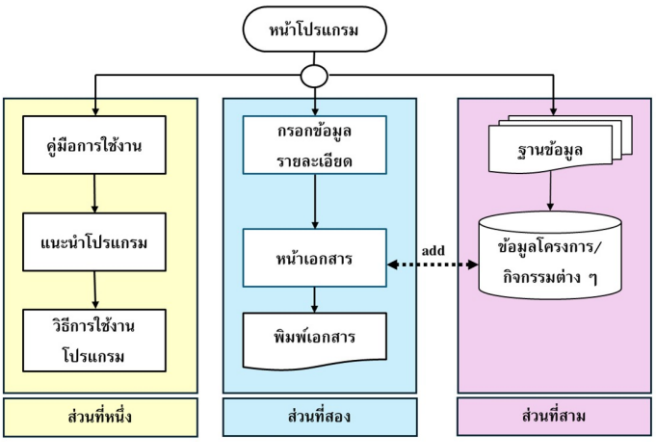
เอกสารการจัดกิจกรรมของสโมสรและชมรมของคณะวิศวกรรมศาสตร์ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดเอกสารที่เกี่ยวข้องของสโมสรนิสิตและชมรมคณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสาร	วัตถุประสงค์	รายละเอียดในเอกสาร	ผู้รับผิดชอบ
1. เอกสารการขออนุมัติโครงการ 1.1 สโมสร 1.2 ชมรม	เพื่อขออนุมัติจัดดำเนินงานโครงการหรือกิจกรรมใหม่	- วัตถุประสงค์การจัดโครงการ - แผนการดำเนินโครงการ - ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ประธาน หรือตัวแทน
2. เอกสารการขออนุมัติเบิกเงินโครงการ 2.1 สโมสร 2.2 ชมรม 2.3 จัดซื้อ/จัดจ้าง	เพื่อขออนุมัติเบิกเงินสำหรับใช้ในการดำเนินงานโครงการหรือกิจกรรม	- รายละเอียดงบประมาณที่ใช้ - ปีงบประมาณการขออนุมัติเบิกเงินโครงการ	ประธาน หรือตัวแทน
3. เอกสารการสรุปประเมินผลโครงการ 3.1 สโมสร 3.2 ชมรม	เพื่อสรุปประเมินผลโครงการหรือกิจกรรมหลังจากเสร็จสิ้น	- สรุปผลการดำเนินโครงงาน - ประมวลภาพของโครงงาน	ประธาน หรือตัวแทน

2. ออกแบบโปรแกรมช่วยในการจัดกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรม

ผังในการทำงานของโปรแกรมช่วยในการจัดกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรม แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผังการทำงานของโปรแกรมจัดกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรมคณะวิศวกรรมศาสตร์

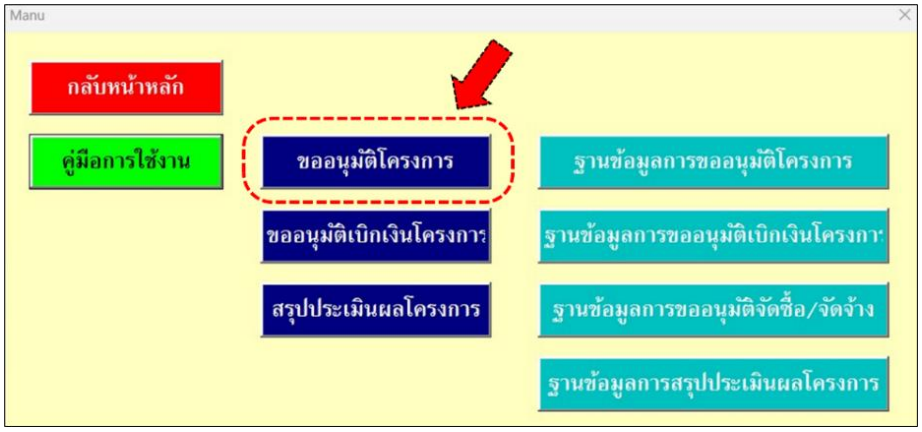
การทำงานของโปรแกรม ฯ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังรูปที่ 2 โดยส่วนที่หนึ่ง แสดงถึงคู่มือการใช้งานโปรแกรม ส่วนที่สอง เกี่ยวข้องกับการกรอกรายละเอียดข้อมูลของแต่ละโครงการหรือกิจกรรมที่ต้องการ รวมไปถึงหน้าสรุปเอกสารที่ได้หลังจากกรอกรายละเอียดแล้วเสร็จ และสามารถพิมพ์เอกสารออกมาในรูปแบบกระดาษที่ถูกต้อง

เพื่อนำส่งดำเนินการต่อไป ส่วนสุดท้าย คือ ระบบฐานข้อมูลของโครงการที่มีการบันทึกลงในฐานข้อมูลของโปรแกรม ซึ่งสามารถเรียกดูประวัติการดำเนินการของโครงการย้อนหลังได้

3. ผลการสร้างโปรแกรม และ ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

นำอัลกอริทึมข้างต้นสร้างโปรแกรม ได้หน้าต่างโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 3 และมีเมนูรายการเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่ออำนวยความสะดวกในการกรอกข้อมูล รวมไปถึงรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการกับเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องแสดงดังรูปที่ 4

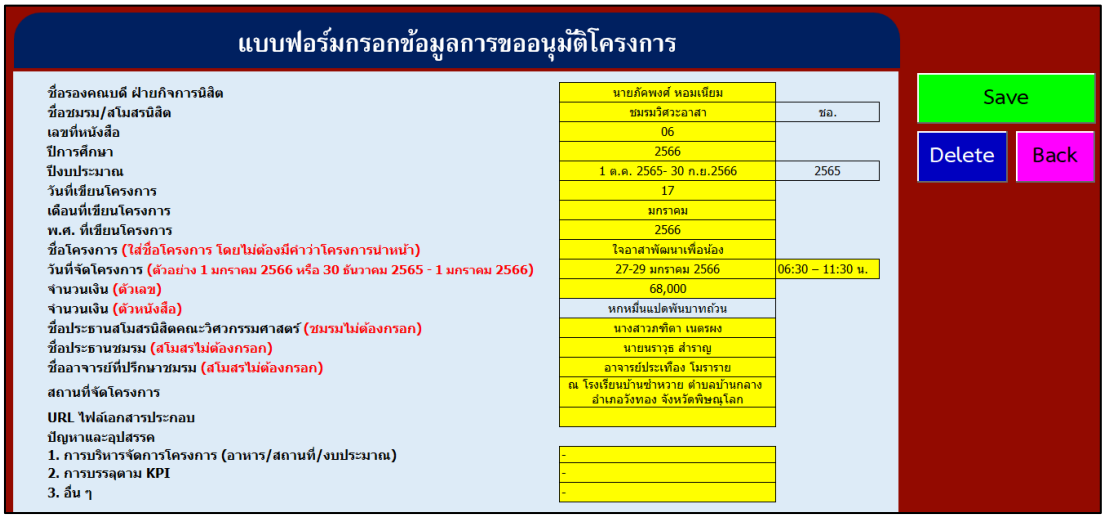
รูปที่ 3 หน้าต่างโปรแกรมระบบช่วยในการจัดการกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรมคณะวิศวกรรมศาสตร์



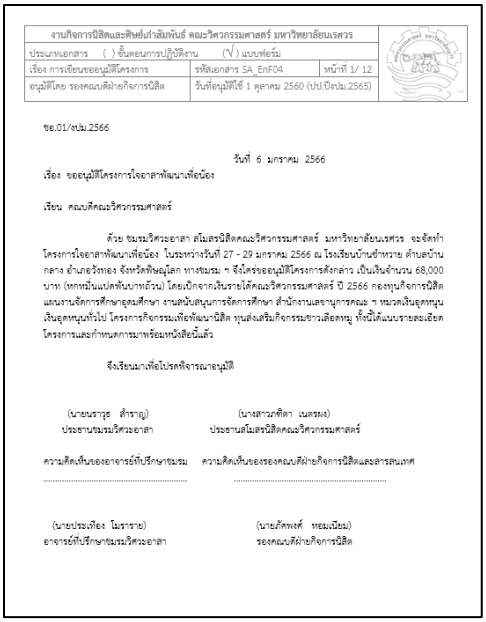
รูปที่ 4 หน้าต่างเมนูเอกสาร

เมนูหลักประกอบด้วยเอกสารที่ต้องใช้ในการจัดกิจกรรม เพื่อความสะดวกและรวดเร็ว ลดข้อผิดพลาดในการกรอกข้อมูล ขอนำเสนอตัวอย่าง การกรอกข้อมูลเอกสารการขออนุมัติโครงการ ซึ่งภายในโปรแกรมจะมีรายละเอียดที่จำเป็นต้องใช้ให้เลือก ดังรูปที่ 5 หลังจากระบุรายละเอียดข้อมูลโครงการแล้วเสร็จ กดปุ่ม Save รายละเอียดของข้อมูลที่ระบุในแต่ละส่วนจะถูกประมวลผลและนำข้อมูลเหล่านั้นจัดระเบียบหน้าเอกสารให้โดยอัตโนมัติ ผลที่ได้แสดงตัวอย่างดังรูป 6 สำหรับส่วนสุดท้าย คือ ฐานข้อมูล เป็นส่วนที่มีการบันทึกข้อมูล สามารถเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง โดยมีการจำกัด

การเข้าถึงเฉพาะบุคคลที่ได้รับอนุญาต (ป้องกันด้วยรหัสผ่าน) และมีการใช้ตัวกรองข้อมูลเพื่อช่วยในการเรียกดูข้อมูลที่ต้องการได้สะดวกมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 5 ตัวอย่างหน้าต่างกรอกข้อมูลของการขออนุมัติโครงการของสโมสรนิสิตและชมรม



งานกิจการนิสิตและศิษย์เก่าสัมพันธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประเภทเอกสาร ( ) ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (√) แบบฟอร์ม		
เรื่อง การเขียนขออนุมัติโครงการ	รหัสเอกสาร SA_EnF04	หน้าที่ 1/ 12
อนุมัติโดย รองคณบดีฝ่ายกิจการนิสิต	วันที่อนุมัติใช้ 1 ตุลาคม 2560 (ปป.ปีงปม.2565)	

ชอ.01/งปม.2566

วันที่ 6 มกราคม 2566

เรื่อง ขออนุมัติโครงการใจอาสาพัฒนาเพื่อน้อง

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

ด้วย ชมรมวิศวะอาสา สโมสรนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จะจัดทำโครงการใจอาสาพัฒนาเพื่อน้อง ในระหว่างวันที่ 27 - 29 มกราคม 2566 ณ โรงเรียนบ้านข่าหวาย ตำบลบ้านกลาง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ทางชมรม ฯ จึงใคร่ขออนุมัติโครงการดังกล่าว เป็นเงินจำนวน 68,000 บาท (หกหมื่นแปดพันบาทถ้วน) โดยเบิกจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ปี 2566 กองทุนกิจการนิสิต แผนงานจัดการศึกษาอุดมศึกษา งานสนับสนุนการจัดการศึกษา สำนักงานเลขานุการคณะ ฯ หมวดเงินอุดหนุน เงินอุดหนุนทั่วไป โครงการกิจกรรมเพื่อพัฒนานิสิต ทุนส่งเสริมกิจกรรมชาวเสือดำหมู ทั้งนี้ได้แนบรายละเอียดโครงการและกำหนดการมาพร้อมหนังสือนี้แล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

(นายนราวุธ สำราญ) ประธานชมรมวิศวะอาสา

(นางสาวภทิตา เนตรผง) ประธานสโมสรนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์

ความคิดเห็นของอาจารย์ที่ปรึกษาชมรม .....

ความคิดเห็นของรองคณบดีฝ่ายกิจการนิสิตและสารสนเทศ .....

(นายประเทือง โมรารายา) อาจารย์ที่ปรึกษาชมรมวิศวะอาสา

(นายภัคพงศ์ หอมเนียม) รองคณบดีฝ่ายกิจการนิสิต

รูปที่ 6 ตัวอย่างหน้าเอกสารของการขออนุมัติโครงการของชมรมวิศวะอาสา

เพื่อแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานรวมไปถึงช่วยลดเวลาในการดำเนินการด้านเอกสาร ได้ทำการทดสอบผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการกรอกเอกสาร หนึ่งในการทดสอบขอยกตัวอย่างการเปรียบเทียบการกรอกข้อมูลเอกสารใบปะหน้า จากเดิมที่ใช้แบบร่างเอกสารจากโครงการที่ผ่านมาแล้วใน Microsoft Word และการกรอกข้อมูลด้วยโปรแกรมที่นำเสนอใน Microsoft Excel ผลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบเวลาระหว่างการกรอกข้อมูลแบบเดิมกับการใช้ระบบจัดการกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรม

คนที่	ขออนุมัติโครงการ		ขออนุมัติเบิกเงินโครงการ		สรุปประเมินผลโครงการ	
	แบบเดิม	**แบบใหม่**	**แบบเดิม**	**แบบใหม่**	**แบบเดิม**	**แบบใหม่**
1	4.490	3.160	4.290	3.220	6.500	4.310
2	4.260	2.440	4.360	3.180	6.060	4.160
3	5.280	2.550	5.590	3.070	6.030	4.320
4	5.590	3.050	5.330	3.260	6.430	4.430
5	5.030	3.530	5.140	3.330	6.510	4.560
เวลาเฉลี่ย	**4.930**	**2.946**	**4.942**	**3.212**	**6.306**	**4.356**

หมายเหตุ: หน่วยเป็นนาที

ตารางที่ 2 เห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบการกรอกข้อมูลแบบเดิมใช้เวลาค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด 5.400 นาที ซึ่งมากกว่าผลการกรอกข้อมูลเอกสารด้วยการใช้โปรแกรมที่นำเสนอ โดยใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 3.500 นาที เห็นได้ว่ามีค่าความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยของการจัดทำเอกสารใบปะหน้า มีความแตกต่างกันถึง 1.900 นาที ซึ่งเอกสารใบปะหน้าเป็นเพียงหนึ่งในเอกสารที่ต้องดำเนินการ ยังมีเอกสารที่เกี่ยวข้องอีกหลายรายการ ดังนั้นจากข้อมูลตัวเลขในตารางที่ 2 โปรแกรมที่นำเสนอสามารถช่วยลดเวลาการจัดทำงานเอกสาร ลดข้อผิดพลาดของรายละเอียดข้อมูลที่จำเป็น สรุปผลได้ว่าระบบการจัดการเอกสารโดยใช้โปรแกรมที่นำเสนอให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า

นอกจากนี้ทำการประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานจริง (ประธานสโมสรนิสิต และประธานชมรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 14 คน) ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนมีทั้งหมด 5 ระดับ คือ 5 = มากที่สุด, 4 = มาก, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย และ 1 = น้อยที่สุด โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านกระบวนการทำงาน ด้านความสามารถในการทำงาน ด้านการจัดทำคู่มือการใช้งาน และด้านความสวยงาม และประเมินผลความพึงพอใจจากผู้ดูแลระบบ โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 5 ด้าน คือ ด้านกระบวนการทำงานของโปรแกรม ความสามารถ การรักษาความปลอดภัยของข้อมูล การจัดทำคู่มือการใช้งาน และด้านความสวยงามของโปรแกรม ผลเฉลี่ยของการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานโปรแกรมที่นำเสนอและผลที่ได้จากผู้ดูแลระบบแสดง ดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบโปรแกรมทุกด้าน มีระดับคะแนนเฉลี่ยเป็นไปตามเกณฑ์ชี้วัดที่กำหนดไว้อยู่ที่ 4.000 หรือมากกว่า 4.000 ทุกด้าน

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความพึงพอใจของผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งานจริง

หัวข้อ	ความพึงพอใจแต่ละด้าน					คะแนนเฉลี่ยรวมแต่ละด้าน
	กระบวนการทำงาน	**ความสามารถในการทำงาน**	**การจัดทำคู่มือการใช้งาน**	**ความสวยงาม**	**การรักษาความปลอดภัย**	
<u>ผู้ดูแลระบบ</u>						
คะแนนเฉลี่ย	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	**4.000**
เกณฑ์ระดับคะแนน	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	**มาก**
<u>ผู้ใช้งานจริง</u>						
คะแนนเฉลี่ย	4.750	4.580	4.500	4.470	-	**4.575**
เกณฑ์ระดับคะแนน	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด	มาก	-	**มากที่สุด**

อภิปรายผลการศึกษา

โปรแกรมที่นำเสนอ ช่วยลดเวลาขั้นตอนในการดำเนินงานด้านเอกสารได้ดีกว่าการดำเนินงานแบบเดิม ซึ่งจากเดิมที่ใช้แบบร่างเอกสารจากโครงการที่ผ่านมาแล้วใน Microsoft Word มาปรับเปลี่ยน พิมพ์ออกมาแล้วนำส่งเอกสารถึงเจ้าหน้าที่เพื่อตรวจสอบและแก้ไข เฉลี่ย 2-5 ครั้ง ซึ่งในการแก้ไขแต่ละครั้งจะต้องแก้ไขใน Microsoft World แล้วพิมพ์ออกมา ดังนั้นจึงใช้เวลาดำเนินการนาน เฉลี่ย 2-10 วัน แต่โปรแกรมที่นำเสนอเมื่อกรอกออกสารเสร็จ ข้อมูลจะถูกส่งไปยังเจ้าหน้าที่เพื่อทำการตรวจสอบและแก้ไขผ่านการแจ้งเตือนทางอีเมล เจ้าหน้าที่ทำการตรวจสอบความถูกต้องและแก้ไขเอกสาร จากนั้นเอกสารจะถูกส่งกลับทางอีเมล โดยใช้เวลาเพียง 2-10 นาทีต่อโครงการ และใช้เวลาดำเนินการเฉลี่ยแล้วไม่ถึง 1 วัน นอกจากนี้ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรม ฯ ของผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบอยู่ระดับมากที่สุด (4.575) และ มาก (4.000) ตามลำดับ ซึ่งให้ผลลัพธ์ในทิศทาง ขอเดียวกันกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา (Barkah et al., 2024; Chaudhry et al., 2021; Kalwar, Khan, et al., 2023; Kalwar, Wassan, et al., 2023) ที่ใช้เครื่องมือ VBA ในโปรแกรม Microsoft Excel มาประยุกต์ใช้ลดปัญหางานด้านเอกสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากโปรแกรมที่สร้างขึ้นยังไม่ครอบคลุมเอกสารทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ และจำเป็นต้องใช้จากคอมพิวเตอร์เท่านั้น ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปศึกษาต่อยอดได้ เช่น พัฒนาโปรแกรมสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ เข้าถึงได้สะดวก ใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น เป็นต้น

สรุปผลการศึกษา

โปรแกรมระบบช่วยในการจัดเอกสารกิจกรรมของสโมสรนิสิตและชมรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่นำเสนอสามารถช่วยลดขั้นตอนและเวลาในการดำเนินงานด้านเอกสาร ช่วยลดความผิดพลาดของการกรอกรายละเอียดเอกสารที่เกี่ยวข้อง และเรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ รวมไปถึงมีข้อมูลให้รุ่นถัดไปได้ใช้ประโยชน์ ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรม ฯ ของผู้ใช้งานอยู่ระดับมากที่สุด (4.575) และผู้ดูแลระบบให้ผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ระดับมาก (4.000)

ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้นควรพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์ ให้มีความทันสมัย สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ที่มีความหลากหลาย
2. ควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเพื่อพัฒนาโปรแกรมการใช้งานผ่านระบบออนไลน์ ใน Office 365 หรือ Google

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนทุนวิจัยสถาบันสำหรับบุคลากรสายสนับสนุน จากคณะวิศวกรรมศาสตร์และผู้บริหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ งบประมาณรายได้ พ.ศ. 2566 ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ นางสาวเกวลิน มณีวรรณ นางสาวณัฐกานต์ สีคร้าม นางสาวณัฐนรี กองสุข คณาจารย์และบุคลากรเป็นอย่างสูงที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และมีส่วนช่วยในการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Barkah, N. U., Farida, I., & Yasmin, A. (2024). The Design of An Accounting Information System Based on VBA Macros in Microsoft Excel. *International journal of innovative research in multidisciplinary education (IJIRME), 3*(3), 415-429.

Chaudhry, A. K., Kalwar, M. A., Khan, M. A., & Shaikh, S. A. (2021). Improving the Efficiency of Small Management Information System by Using VBA. *International Journal of Science and Engineering Investigations, 10*(111), 7-13.

Kalwar, M. A., Khan, M. A., Wassan, A. N., Phul, Z., Shaikh, S. A., & Marri, H. B. (2023). Automation of Post-Order Costing Analysis By Using Visual Basic For Applications In Microsoft Excel: A Case Study. *WPOM-Working Papers on Operations Management*, *14*(2), 101-136.

Kalwar, M. A., Wassan, A. N., Khan, M. A., Wadho, M. H., Shaikh, S. A., & Marri, H. B. (2023). Automation of production plan generating workbook at leather footwear company of Lahore Pakistan by using VBA in Microsoft Excel. *Journal of Applied Research in Technology & Engineering*, *4*(2), 111-129

มาตรการการบังคับใช้กฎหมายและนโยบายการใช้ทางเท้าและเส้นทางจักรยานอย่างปลอดภัยและยั่งยืนในประเทศไทย เปรียบเทียบกับกฎหมายของกลุ่มประเทศภาคพื้นสหภาพยุโรปและประเทศที่พัฒนาแล้ว

พงศ์กานต์ คงศรี[1*]

The Measures Implemented in Thailand to Ensure the Safe and Sustainable Use of Pavements and Bicycle Routes Are in Line with the Regulations of the European Union and Other Developed Countries

Pongkan Kongsee[1*]

[1]คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Faculty of Law, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

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

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประชากรไทยได้ให้ความสำคัญต่อสุขภาพและการรักษาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ประกอบกับการใช้จักรยานในการเดินทางเป็นแนวคิดการพัฒนาการขนส่งอย่างยั่งยืน นอกจากนี้ประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมการเดินเท้าและการใช้จักรยานของพลเมืองเพื่อรองรับสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยในส่วนของภาครัฐ หน่วยงานต่าง ๆได้มีนโยบายออกมาเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการศึกษาระบบการจัดผังเมือง นโยบายและกฎหมายแม่บทต่าง ๆ ของไทยในปัจจุบัน ตลอดจนความต้องการของผู้ใช้เส้นทางเดินถนนต่าง ๆ เพื่อการพัฒนาไปในทิศทางที่เป็นรูปธรรมและพัฒนาอย่างยั่งยืนจึงมีความสำคัญ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษาวิจัยเพื่อให้ทราบถึงกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการบังคับใช้เลนจักรยานของกลุ่มประเทศในสภาพยุโรป ที่มีระบบการขนส่งและผังเมืองที่เอื้อต่อคนเดินเท้า เส้นทางจักรยาน ตลอดจนศึกษามาตรการกฎหมายเปรียบเทียบระหว่างกฎหมายไทยกับกลุ่มประเทศในสภาพยุโรปและประเทศที่พัฒนาแล้ว เรื่องมาตรการนโยบายการใช้ทางเท้าและเส้นทางจักรยานจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าประเทศไทยมีเพียงพระราชบัญญัติจราจรทางบกของประเทศไทย พ.ศ. 2522 ซึ่งไม่ได้มีกฎหมายเฉพาะเรื่องดังกล่าวเหมือนเช่นในกลุ่มประเทศภาคพื้นสหภาพยุโรปและประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งมีกฎหมายเรื่องคนเดินถนนและคนใช้จักรยาน หรือ กฎหมายที่เกี่ยวข้องสำหรับคนปั่นจักรยานโดยเฉพาะ ดังนั้นทิศทางการพัฒนากฎหมายไทยจึงควรบัญญัติกฎหมายเพื่อพัฒนาระบบกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการบังคับใช้ที่เอื้อต่อคนเดินเท้า เส้นทางจักรยาน เพื่อสร้างความปลอดภัยและการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อสังคมต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: การบังคับใช้กฎหมาย, การใช้ทางเท้า, เส้นทางจักรยาน

Abstract

In contemporary times the Thai public priorities health and environmental conservation. Furthermore, utilising bicycles to travel is an idea for sustainable transportation development. Thailand too has a policy in place to encourage its inhabitants to walk and cycle. To promote sustainable development. In relation to the governmental sector, numerous agencies have been issuing an increasing number of policies. Hence, an examination of the contemporary urban planning system, regulations, and diverse master laws in Thailand, along with an analysis of the requirements of users along different road routes, to achieve a specific trajectory and sustainable development, it is crucial. Consequently, a research study was undertaken by the researcher to investigate the legal framework governing the enforcement of bicycle lanes in several European Union and other developed countries that possesses a transportation infrastructure and urban design that is favorable for the mobility of pedestrians and bicycles on the roads. In addition to examining the legal approaches of Thai law in comparison to those of European countries, according to the data analysis, Thailand's policy measures for pavements and bicycle routes are limited to the Thailand Land Traffic Act, B.E. 2522. Unlike the regulations of the European Union and other developed countries, Thailand does not have particular laws addressing this topic. Laws pertaining to pedestrians and cyclists, or laws explicitly targeting cyclists Hence, the primary focus of Thai law development should be to provide legislation that fosters a legal framework for enforcing rules that are favorable to pedestrians. The utilization of bicycle paths and road infrastructure for by the objective of fostering safety and promoting sustainable growth within society in the forthcoming years.

Keywords: Law enforcement, Utilisation of pavement, Bicycle routes

บทนำ

ปัจจุบันประชากรไทยได้ให้ความสำคัญต่อสุขภาพและการรักษาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ประกอบกับการใช้จักรยานในการเดินทางเป็นแนวคิดการพัฒนาการขนส่งอย่างยั่งยืนและได้รับความนิยมในหลาย ๆประเทศซึ่งเป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และสหภาพยุโรป เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางเสียงและมลพิษทางอากาศ ประหยัดเชื้อเพลิง และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก และยังให้ประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของผู้ขับขี่จักรยาน และยังเป็นการช่วยสนับสนุนลดภาวะโลกร้อนในปัจจุบันได้ด้วย ดังนั้นการเดินทางด้วยจักรยานจึงเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูง และเป็นที่นิยมมากสำหรับการเดินทางระยะใกล้ นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยส่งเสริมการเดินทาง ในลักษณะร่วมกับการขนส่งสาธารณะอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหาการจราจรในเมืองใหญ่ ๆ หรือเมืองที่กำลังโตในอนาคตได้ นอกจากนี้ประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมการเดินเท้าและการใช้จักรยานของพลเมือง เพื่อรองรับสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยในส่วนของภาครัฐ หน่วยงานต่าง ๆได้มีนโยบายออกมาเพิ่มมากขึ้น แต่การผลักดันเพื่อให้เกิดรูปธรรมชัดเจนใช้ได้ผลนั้นมีน้อยมาก หรือมีก็ทำได้ไม่ต่อเนื่อง นอกจากนี้การออกแบบทางเท้า จึงต้องมีการปรับทางสัญจร

ให้สอดคล้องกับทั้งนโยบายส่งเสริมการเดิน การใช้จักรยาน (พลเดช เชาวรัตน์, 2557) ที่กำหนดให้ต้องมีการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกให้คน คนเดินเท้า และผู้ใช้จักรยาน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เพื่อกำหนดกรอบการพัฒนาด้านนโยบาย กฎหมายผังเมืองและกฎหมายแม่บทในกรณีของการบังคับใช้ เรื่องคนเดินเท้า เส้นทางจักรยาน ให้มีการพัฒนาอย่างเป็นรูปธรรมและพัฒนาอย่างยั่งยืน ประกอบด้วยวัตถุประสงค์ย่อย ดังนี้

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ระบบการจัดผังเมือง นโยบาย และกฎหมายแม่บทต่าง ๆ ของไทยในปัจจุบันว่ามีปัญหาในการบังคับกฎหมายว่าด้วยเลนจักรยานว่าสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่เพียงใด ประกอบกับพฤติกรรมของผู้ใช้เส้นทางเดินถนนต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่ข้อเสนอแนะและบทสรุปที่เหมาะสมในการปรับใช้กฎหมายของไทยในอนาคต

2. เพื่อดำเนินการศึกษาวิจัยให้ทราบถึงกฎหมายผังเมืองประเทศภาคพื้นสหภาพยุโรปและประเทศที่พัฒนาแล้วที่มีระบบการขนส่งและผังเมืองที่เอื้อต่อคนเดินเท้า เส้นทางจักรยาน ซึ่งนับว่าเป็นประเทศที่มีการจัดการเรื่องดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อประโยชน์ต่อการพัฒนากฎหมายต่อไปในการประเทศไทยต่อไป

3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกฎหมายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับคนเดินเท้าและการขับขี่จักยาน เปรียบเทียบระหว่างไทยและกฎหมายไทยกับกลุ่มประเทศในสภาพยุโรปและประเทศพัฒนาแล้ว

กรอบแนวคิด

1. ศึกษาและรวบรวมของประเทศภาคพื้นทวีปยุโรป อังกฤษ และออสเตรเลีย ตลอดจนข้อมูลด้านการจัดการเมืองด้านผังเมืองอย่างยั่งยืนของต่างประเทศผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมและศึกษาข้อมูลด้านการจัดการผังเมืองอย่างยั่งยืนของของประเทศภาคพื้นทวีปยุโรป และประเทศพัฒนาแล้ว ตลอดจนข้อมูลทางด้านกฎหมายเปรียบเทียบกับประเทศไทย โดยมุ่งเน้นศึกษาโครงการที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผังเมืองของประเทศไทยอย่างยั่งยืน ตัวอย่างเช่น โครงการที่เกี่ยวกับการจัดการผังเมืองการเปลี่ยนแปลงของเมือง(Urbanization), รูปแบบของเมือง, การออกแบบที่สนับสนุนต่อการใช้เส้นทางจักรยาน และบุคคลเดินเท้า เป็นต้น

2. รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิทั้งหมดของประเทศไทย เช่น ข้อมูลทางด้านผังเมือง และข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาวิเคราะห์ และนำข้อมูลที่วิเคราะห์กำหนดกฎหมายเพื่อพัฒนาระบบเรื่องของคนเดินเท้า เส้นทางจักรยานอย่างยั่งยืนต่อไป

3. จัดทำสรุปเพื่อพัฒนาต้นแบบจากกฎหมายยุโรป เช่น ข้อบังคับว่าด้วยผลิตภัณฑ์ทั่วไป (General Product Safety Directive) ข้อบังคับว่าด้วยยานพาหนะทางบก (Motor Vehicle Directive) (European Commission, 2023)

ข้อบังคับว่าด้วยโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการขนส่ง (Infrastructure for Transport Directive) แนวทางว่าด้วยการส่งเสริมการใช้งานจักรยาน (Guidebook on promoting cycling) (European Commission, 2024) นอกจากนี้ ยังมีกฎหมายและข้อบังคับอื่น ๆ อีกมากมายที่เกี่ยวข้องกับจักรยานในระดับประเทศ ในภาคพื้นยุโรป กฎหมายเหล่านี้แตกต่างกันไปในแต่ละประเทศสมาชิก แต่โดยทั่วไปแล้ว จะครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ เช่น กฎจราจร กำหนดกฎสำหรับนักปั่นจักรยานบนถนน เช่น การหยุดไฟแดง การขับขี่บนทางเท้า และการสวมหมวกนิรภัย การจดทะเบียนจักรยาน กำหนดว่าจักรยานต้องจดทะเบียนหรือไม่ ความปลอดภัย กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับจักรยาน เป็นต้น ส่วนกฎหมายของเนเธอร์แลนด์ก็จะมีกฎหมายในส่วนของ กฎหมายที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้ เช่น Wet Verkeersvoorschriften (Wv) กฎจราจรหลักของเนเธอร์แลนด์ Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens (RVV) (Overheid.nl, 2024) ระเบียบจราจร Aanwijzingen voor de Weg (AWV) แนวทางสำหรับการออกแบบและสร้างโครงสร้างพื้นฐานการจราจร รวมถึงทางจักรยาน เป็นต้น ส่วนกฎหมายญี่ปุ่น ได้แก่ กฎจราจรทางบกมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับจักรยาน กำหนดว่าจักรยานต้องติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัย และระเบียบการบังคับใช้กฎจราจรทางบก ให้รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎจราจร รวมถึงป้ายจราจรและสัญญาณไฟ ตลอดจนกฎหมายไทยในส่วนของกฎหมายที่ใช้ในการควบคุมการใช้จักรยานและยานพาหนะของไทยในปัจจุบัน ปัจจุบันมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้จักรยาน 2 ฉบับ คือ พระราชบัญญัติล้อเลื่อน พ.ศ. 2475 และ พระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 สำหรับกฎหมายผังเมืองประกาศใช้ใน พ.ศ. 2518 เพื่อกำหนดมาตรฐานสำหรับการออกแบบและสร้างโครงสร้างพื้นฐานการขนส่ง รวมถึงทางจักรยาน**และ** เรื่องของคนเดินเท้าเลนจักรยาน อย่างเป็นรูปธรรมและอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยฉบับนี้ เน้นการการศึกษาวิจัยโดยการศึกษารวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบเอกสารทั้งที่เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยขั้นตอนการดำเนินการ ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ได้แก่ การจัดการรวบรวมข้อมูลขั้นทุติยภูมิในระดับประเทศในรูปแบบเอกสารทั้งที่เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ , การรวบรวมข้อมูลด้านผังเมืองสำหรับผู้เดินถนน เส้นทางจักรยาน การจัดทำสรุปโครงการ และประชาสัมพันธ์โครงการต่อไป

ผลการศึกษา

กฎหมายที่ใช้ในการควบคุมการใช้จักรยาน และยานพาหนะของไทยในปัจจุบัน ปัจจุบันมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้จักรยาน 2 ฉบับ คือ พระราชบัญญัติล้อเลื่อน พ.ศ. 2475 โดยพระราชบัญญัติล้อเลื่อน พุทธศักราช 2478 หรือ 2475 ซึ่งพระราชบัญญัติล้อเลื่อน พุทธศักราช 2478 และ 2475 มีเนื้อหาคล้ายคลึงกัน กฎหมายนี้มีการแก้ไขเพิ่มเติมหลายครั้ง ประเด็นสำคัญประเภทของล้อเลื่อน กฎหมายนี้ใช้กับล้อเลื่อนทุกประเภทที่ใช้บนถนนสาธารณะ

ซึ่งการจดทะเบียน ล้อเลื่อนทุกคันต้องได้รับการจดทะเบียนกับกรมตำรวจ นอกจากนี้ป้ายทะเบียน ล้อเลื่อนทุกคันต้องติดป้ายทะเบียนด้านหน้าและด้านหลัง ส่วนอุปกรณ์ความปลอดภัย ล้อเลื่อนทุกคันต้องติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัย เช่น ไฟ หน้ารถ เบรก และกระจกสะท้อนแสง โดยทั่วไปการปฏิบัติตามกฎจราจร ล้อเลื่อนต้องปฏิบัติตามกฎจราจรเช่นเดียวกับรถยนต์ ซึ่งการขับขี่บนทางเท้า ห้ามขับขี่ล้อเลื่อนบนทางเท้า การสวมหมวกนิรภัย ผู้ขับขี่ล้อเลื่อนต้องสวมหมวกนิรภัย ในทางตรงข้ามมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการใช้รถจักรยาน พระราชบัญญัติล้อเลื่อนไม่ได้ระบุถึงจักรยานโดยเฉพาะอย่างไรก็ตาม จักรยานถือเป็นล้อเลื่อนประเภทหนึ่งดังนั้น จักรยานจึงต้องปฏิบัติตามกฎหมายนี้เช่นเดียวกับล้อเลื่อนประเภทอื่น ๆ ในทางปฏิบัติ จักรยานมักได้รับการยกเว้นจากบางข้อกำหนดของกฎหมายนี้ ตัวอย่างเช่น จักรยานบางประเภทอาจไม่จำเป็นต้องติดป้ายทะเบียน นอกจากนี้ กฎหมายอื่น ๆ อาจมีผลบังคับใช้กับจักรยานอย่างเช่น กฎหมายจราจรอาจมีข้อกำหนดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการขับขี่จักรยานบนถนน กล่าวโดยสรุปพระราชบัญญัติล้อเลื่อน พุทธศักราช 2478 หรือ 2475 มีกฎหมายเกี่ยวกับการใช้ล้อเลื่อนบนถนนสาธารณะ กฎหมายนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความปลอดภัยบนถนนและเพื่อควบคุมการใช้งานล้อเลื่อน จักรยานถือเป็นล้อเลื่อนประเภทหนึ่ง และต้องปฏิบัติตามกฎหมายนี้เช่นเดียวกับล้อเลื่อนประเภทอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม จักรยานมักได้รับการยกเว้นจากบางข้อกำหนดของกฎหมายนี้ นอกจากนี้ พระราชบัญญัติจราจร ทางบก พ.ศ. 2522 สำหรับกฎหมายผังเมืองประกาศใช้ใน พ.ศ. 2518 มีการแก้ไขมาแล้ว 4 ครั้ง แยกผังเมืองเป็นสอง ลักษณะคือผังเมืองรวมและผังเมืองเฉพาะโดยพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 เกี่ยวกับเลนจักรยานพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 ไม่ได้กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับเลนจักรยานโดยตรง กฎหมายนี้มุ่งเน้นไปที่การกำหนดผังเมืองรวมและผังเมืองเฉพาะ ซึ่งเป็นกรอบการวางแผนสำหรับการพัฒนาเมือง อย่างไรก็ตาม พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 ให้อำนาจแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดกฎหมายและข้อบังคับเกี่ยวกับการใช้ที่ดินและการพัฒนา กฎหมายเหล่านี้สามารถรวมถึงข้อกำหนดสำหรับการสร้างเลนจักรยานได้ นอกจากนี้หากเป็นเขตพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครยังมีข้อบังคับกรุงเทพมหานคร ว่าด้วยการจัดกิจกรรมบนถนนและทางเท้า พ.ศ. 2561 กำหนดให้กรุงเทพมหานครจัดเตรียมพื้นที่สำหรับทางเท้าและทางจักรยาน ประกาศกรุงเทพมหานครกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และมาตรฐานการจัดเตรียมพื้นที่สำหรับทางเท้าและทางจักรยาน พ.ศ. 2562 เพื่อกำหนดมาตรฐานสำหรับการออกแบบและสร้างทางเท้าและทางจักรยาน ส่วนในทางปฏิบัติ การจัดให้มีเลนจักรยานหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับนโยบายของแต่ละท้องถิ่น บางท้องถิ่นมีเครือข่ายเลนจักรยานที่กว้างขวาง ในขณะที่บางท้องถิ่นมีเลนจักรยานเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย ซึ่งข้อจำกัดของพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 คือกฎหมายนี้ไม่ได้กำหนดข้อผูกมัดให้สร้างเลนจักรยานขึ้นอยู่กับหน่วยงานท้องถิ่นที่จะตัดสินใจว่าจะสร้างเลนจักรยานหรือไม่ ดังนั้นผลลัพธ์อาจแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตาม พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการส่งเสริมการใช้จักรยาน กฎหมายนี้ให้อำนาจแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดกฎหมายและข้อบังคับที่เอื้ออำนวยต่อการสร้าง

เลนจักรยาน การรณรงค์และการมีส่วนร่วมของประชาชนสามารถช่วยผลักดันให้หน่วยงานท้องถิ่นสร้างเลนจักรยานเพิ่มเติม กล่าวโดยสรุปพระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 ไม่ได้กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับเลนจักรยานโดยตรง กฎหมายนี้ให้อำนาจแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดกฎหมายและข้อบังคับเกี่ยวกับการใช้ที่ดินและการพัฒนา กฎหมายเหล่านี้ สามารถรวมถึงข้อกำหนดสำหรับการสร้างเลนจักรยานได้ ซึ่งการมีเลนจักรยานหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับนโยบายของแต่ละท้องถิ่นแต่ไม่มีส่วนใดที่มีการกำหนดออกมาใช้เฉพาะกับผู้ใช้จักรยาน ข้อปฏิบัติในการใช้จักรยานมีการกำหนดไว้ในมาตรา 79-84 ลักษณะ 10 กฎหมายว่าด้วยจักรยานของ พระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 ของพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 ซึ่งมีรายละเอียดที่สามารถสรุปประเด็นสำคัญบางบทบัญญัติ ซึ่งเกี่ยวข้องกับรถจักรยาน ดังนี้

"มาตรา 79 ทางใดที่ได้จัดทำไว้สำหรับรถจักรยาน ผู้ขับขี่รถจักรยานต้องขับในทางนั้น มาตรา 80 รถจักรยานที่ใช้ในทางเดินรถ ไหล่ทางหรือทางที่จัดทำไว้สำหรับรถจักรยาน ผู้ขับขี่รถจักรยานต้องจัดให้มี (1) กระดิ่งที่ให้เสียงสัญญาณได้ยิน (2) เครื่องห้ามล้อที่ใช้การได้ดี (3) โคมไฟติดหน้ารถจักรยานแสงขาว (4) โคมไฟติดท้ายรถจักรยาน ฯลฯ

มาตรา 81 การเปิดไฟผู้ขับขี่รถจักรยานอยู่ในทางเดินรถ ไหล่ทาง หรือทางที่จัดทำไว้สำหรับรถจักรยานต้องจุดโคมไฟแสงขาวหน้ารถเพื่อให้ผู้ขับขี่หรือคนเดินเท้า ซึ่งขับรถหรือเดินสวนมาสามารถมองเห็นรถ

มาตรา 82 ผู้ขับขี่รถจักรยานต้องขับให้ชิดขอบทางด้านซ้ายของทางเดินรถ ไหล่ทางหรือทางที่จัดทำไว้สำหรับรถจักรยานให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ในกรณีที่มีช่องเดินรถประจำทางด้านซ้ายสุดของทางเดินรถต้องขับขี่รถจักรยานให้ชิดช่องเดินรถประจำทางนั้น

มาตรา 83 ในทางเดินรถ ไหล่ทาง หรือทางที่จัดทำไว้สำหรับรถจักรยาน ห้ามมิให้ผู้ขับขี่รถจักรยาน (1) ขับโดยประมาทหรือน่าหวาดเสียวอันอาจเกิดอันตรายแก่บุคคลหรือทรัพย์สิน (2) ขับโดยไม่จับคันบังคับรถ (3) ขับขนานกันเกินสองคัน เว้นแต่ขับในทางที่จัดไว้สำหรับรถจักรยาน (4) ขับโดยนั่งบนที่อื่นอันมิใช่อานที่จัดไว้เป็นที่นั่งตามปกติ (5) ขับโดยบรรทุกบุคคลอื่นเว้นแต่รถจักรยานสามล้อสำหรับบรรทุกคนทั้งนี้ตามเงื่อนไขที่เจ้าพนักงานจราจรกำหนด (6) บรรทุก หรือถือสิ่งของ หีบห่อ หรือของใด ๆ ในลักษณะที่เป็นการกีดขวางการจับคันบังคับรถหรืออันอาจจะเกิดอันตรายแก่บุคคลหรือทรัพย์สิน (7) เกาะหรือพ่วงรถอื่นที่กำลังแล่นอยู่

และ มาตรา 84 ซึ่งเป็นบทบัญญัติข้อยกเว้นต่าง ๆ ฯลฯ"

โดยเป็นกฎหมายที่บัญญัติรวมไว้กับกฎหมายที่ใช้กับยานพาหนะอื่น ๆ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกฎหมายต่างประเทศนั้นพบว่ามีประเด็นดังต่อไปนี้

1. กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป มีหลักการที่สำคัญ คือ ข้อบังคับในเรื่องกฎหมายเลนจักรยานของสหภาพยุโรปสามารถกำหนดมาตรการการใช้พาหนะที่ก่อให้เกิดผลดีต่อสิ่งแวดล้อมสามารถพัฒนาการใช้งานจักรยานในชีวิตประจำวัน

ให้เป็นวัฒนธรรมการใช้งานจักรยานตลอดจนมีนโยบายและมาตรการต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมสิทธิในการใช้งานจักรยาน และสร้างทางจักรยานในท้องถิ่น หรือการสร้างทางจักรยานสาธารณะคู่ขนานกับทางสัญจรยานพาหนะอื่น ๆ ตลอดจนสร้างสาธารณูปโภคอื่น ๆ ให้สอดคล้องกับการใช้งานจักรยานในพื้นที่ นอกจากนี้กลุ่มยุโรปยังมีมาตรการความปลอดภัยในผลิตภัณฑ์รองรับการบริโภคผลิตภัณฑ์จักรยานของผู้ใช้งานหรือผู้ขับขี่

2. สำหรับประเทศเนเธอร์แลนด์ กฎหมายจะคุ้มครองผู้ขี่จักรยาน มากกว่าผู้ใช้ยวดยานอื่นทั้งกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ และการเก็บค่าจอดรถ ในแง่ของการเกิดอุบัติเหตุ ผู้ขับขี่รถยนต์ต้องรับผิดชอบตามกฎหมาย เว้นเสียแต่ว่าสามารถพิสูจน์ได้ว่าผู้ขี่จักรยาน เป็นฝ่ายผิด จักรยานเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเดินทาง เมืองทั้งเมือง ถูกเชื่อมต่อด้วยช่องทางจักรยาน และมีที่จอด จักรยานอย่างเพียงพอ จักรยานเป็นพาหนะสำหรับทุกชนชั้นในสังคมซึ่งถือว่าเป็นสิ่งจูงใจให้คนหันมาใช้จักรยานได้เป็นอย่างมาก และมีวัฒนธรรมการขี่จักรยาน ที่มาจากการที่มีสภาพแวดล้อมเอื้ออำนวยและคู่ขนานกันทั้งในแง่ของวัฒนธรรม และการพัฒนาทางกายภาพ ในการใช้จักรยาน (Pucher & Buehler, 2007)

3. ในสหรัฐอเมริกาไม่มีกฎหมายระดับชาติที่ใช้บังคับ เกี่ยวกับเลนจักรยาน แต่ละรัฐ เทศบาล และเขตปกครองมีกฎหมายและข้อบังคับของตนเองเกี่ยวกับการออกแบบ การสร้าง และการใช้งานเลนจักรยาน กฎหมายเหล่านี้แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ ประชากร และงบประมาณตัวอย่างกฎหมายเกี่ยวกับเลนจักรยานในสหรัฐอเมริกา ระดับรัฐ California: California Vehicle Code (CVC) Section 21450 et seq. กำหนดมาตรฐานสำหรับการออกแบบ การสร้าง และการบำรุงรักษาเลนจักรยาน Florida: Florida Statutes § 316.106 กำหนดให้สร้างเลนจักรยานบนถนนสาธารณะใหม่บางสาย New York: New York Vehicle and Traffic Law (VTL) § 1255 กำหนดกฎสำหรับการขับขี่บนเลนจักรยาน ส่วนระดับท้องถิ่น New York City: New York City Department of Transportation (DOT) Bicycle Rules กำหนดกฎสำหรับการออกแบบ การสร้าง และการใช้งานเลนจักรยานในนครนิวยอร์ก Chicago: Chicago Department of Transportation (CDOT) Bike Lanes and Trails Manual กำหนดมาตรฐานสำหรับการออกแบบ การสร้าง และการบำรุงรักษาเลนจักรยานในชิคาโก San Francisco: San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA) Bicycle Facilities Design Guidelines กำหนดมาตรฐานสำหรับการออกแบบ การสร้าง และการใช้งานเลนจักรยานในซานฟรานซิสโก

4. กฎหมายเกี่ยวกับเลนจักรยานในออสเตรเลีย รัฐนิวเซาท์เวลส์: กฎจราจรทางบก (NSW) (Fishman et al., 2015) 2014 กำหนดให้สร้างเลนจักรยานบนถนนสาธารณะใหม่บางสาย รัฐวิกตอเรีย: กฎจราจรทางบก (Vic) 2006 กำหนดกฎสำหรับการขับขี่บนเลนจักรยาน นครเมลเบิร์น: กฎจราจรทางบก (Melb) 2021 กำหนดมาตรฐานสำหรับการออกแบบ การสร้าง และการใช้งานเลนจักรยานในนครเมลเบิร์น

5. ประเทศญี่ปุ่นในญี่ปุ่นไม่มีกฎหมายเฉพาะชื่อว่าด้วยเลนจักรยาน แต่มีกฎหมายจราจรที่ควบคุมการใช้จักรยานบนถนน ทั้งนี้ประเทศญี่ปุ่นจะเน้นการปลูกฝังให้มีความเข้มงวดกับการใช้กฎกติกามารยาทในการขี่จักรยาน มีการสอนการใช้จักรยานในโรงเรียนประถมและมัธยม และมีการอบรมผู้นิยมใช้จักรยานก่อนใช้งาน ทั้งการสอนภาคทฤษฎีและฝึกภาคปฏิบัติจริงด้วย ในหลายพื้นที่ของญี่ปุ่นกำหนดให้ผู้ขี่รถจักรยานต้องเข้าอบรม เพื่อสอบขอใบอนุญาตขี่จักรยาน และรถจักรยานถือเป็นยานพาหนะอย่างหนึ่งจึงต้องอยู่ภายใต้กฎจราจรเช่นเดียวกับพาหนะประเภทอื่น หากผู้ขับขี่ละเลยไม่ปฏิบัติตามกฎจราจรจะต้องถูกลงโทษ หากนักเรียนคนใดฝ่าฝืนกฎจราจร เช่น ขี่จักรยานฝ่าสัญญาณไฟแดงจะได้รับสติ๊กเกอร์สีเหลืองหนึ่งใบ และหากได้รับสติ๊กเกอร์ถึง 3 ใบ ทางสถานีตำรวจจะรายงานพฤติกรรมดังกล่าวให้ทางครอบครัวและทางโรงเรียนทราบ นอกจากนี้ยังมีแผนที่เส้นทางสาหรับรถจักรยาน โดยระบุย้ำให้ทราบว่า บริเวณใดที่ควรใช้ความระมัดระวังในการขี่รถเป็น พิเศษ และบริเวณใดที่ควรเดินจูงรถไปและให้ขี่รถอย่างระมัดระวังในบริเวณที่รถเข้าออกในจุดจอดรถ (เชิดชัย โชติสทุธิ์, 2543)

6. ประเทศไทยพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 เป็นกฎหมายหลักที่เกี่ยวข้องกับคนเดินเท้าและสัตว์บนถนนพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 กำหนดบทบัญญัติเกี่ยวกับหน้าที่ของคนเดินเท้า คนเดินเท้าต้องใช้ความระมัดระวังในการใช้ถนน ห้ามเดินบนทางเท้าที่จัดไว้ให้รถจักรยานหรือรถลาก ห้ามเดินข้ามถนนโดยประมาท หน้าที่ของผู้ขับขี่ ผู้ขับขี่ต้องลดความเร็วและหยุดรถเมื่อเห็นคนเดินเท้าข้ามถนน ห้ามขับขี่บนทางเท้าที่จัดไว้ให้คนเดินเท้า การขนส่งสัตว์ ห้ามขนส่งสัตว์บนรถโดยไม่มีการป้องกันที่เหมาะสม ห้ามปล่อยสัตว์เลี้ยงออกจากบ้านโดยไม่มีการควบคุม นอกจากนี้ยังมีกฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องประมวลกฎหมายอาญา (เกียรติขจร วัจนะสวัสดิ์, 2551) : กำหนดบทลงโทษสำหรับการกระทำที่เป็นอันตรายต่อผู้อื่น เช่น การขับขี่โดยประมาทหรือน่าหวาดเสียว ซึ่งมีข้อจำกัดของกฎหมายกฎหมายอาจไม่มีผลบังคับใช้เสมอไป ผู้ฝ่าฝืนกฎหมายอาจไม่ได้รับโทษกฎหมายอาจไม่ครอบคลุมทุกสถานการณ์ อาจมีช่องโหว่ที่อาจนำไปสู่ความเสี่ยง

อภิปรายผลการศึกษา

มาตรการกฎหมายเปรียบเทียบระหว่างกฎหมายไทยกับกลุ่มประเทศในสภาพยุโรปในส่วนมาตรการนโยบายการใช้ทางเท้าและเส้นทางจักรยานจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าประเทศไทยมีเพียงพระราชบัญญัติจราจรทางบกของประเทศไทย พ.ศ. 2522 ซึ่งไม่ได้มีกฎหมายเฉพาะเรื่องดังกล่าวเหมือนเช่นในกลุ่มประเทศภาคพื้นสหภาพยุโรปและประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งมีกฎหมายเรื่องคนเดินถนนและคนใช้จักรยาน หรือ กฎหมายที่เกี่ยวข้องสำหรับคนปั่นจักรยานโดยเฉพาะ ดังนั้นทิศทางการพัฒนากฎหมายไทยจึงควรบัญญัติกฎหมายเพื่อพัฒนาระบบกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับ

การบังคับใช้ที่เอื้อต่อคนเดินเท้า เส้นทางจักรยาน เพื่อสร้างความปลอดภัยและการพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อสังคมต่อไปในอนาคต จากข้อมูลทางกฎหมายดังกล่าวสามารถเปรียบเทียบเป็นตารางสรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการศึกษาพฤติกรรมผู้ขับขี่ระหว่างประเทศไทยและต่างประเทศ

การศึกษาแนวคิดพฤติกรรมผู้ขับขี่ ข้อบังคับ และกฎหมายต่าง ๆ	การศึกษาจากต่างประเทศกรณีแนวคิดพฤติกรรมผู้ขับขี่	การวิเคราะห์บริบทของไทยและต่างประเทศ	สรุปและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
กฎหมายระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องสำหรับคนเดินถนนในภาคพื้นทวีปยุโรป (Traffic rules for pedestrians)	- ประเทศภาคพื้นยุโรปมีการกำหนดกฎหมายแม่บทเพื่อเป็นหลักเกณฑ์ไปกำหนดกฎหมายภายในประเทศในยุโรป โดยมีการกำหนดกฎเกณฑ์อย่างละเอียด และมีการกำหนดข้อยกเว้นอย่างชัดเจน เพื่อไม่ให้มีการตีความอย่างกว้างขวางมากจนเกินไป	- ยังไม่มีกฎหมายที่เป็นกฎหมายแม่บทในกลุ่มประเทศอาเซียน มีกฎหมายเกี่ยวกับคนเดินถนนแต่ไม่มีรายละเอียดที่ชัดเจน	- ควรมีการผลักดันเข้าสู่ที่ประชุมอาเซียนเพื่อกำหนดแนวนโยบายใช้ร่วมกัน เช่น ยุโรปเพื่อนำไปสู่การเดินทางแบบเชื่อต่อขนส่งมวลชนเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมต่อไป และเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ถนนคนเดินเท้า
กฎหมายที่เกี่ยวข้องสำหรับคนปั่นจักรยานในภาคพื้นทวีปยุโรป	- มีกฎหมายสนับสนุนการใช้จักรยานเพื่อส่งเสริมการปั่นจักรยาน นอกจากการออกกำลังกาย รวมไปถึงการกำหนดเป็นปทานุกรมจักรยานสหภาพยุโร (European Cycling Lexicon) แต่เป็นเพียงข้อบังคับที่สนับสนุนหรือเอื้อต่อการใช้งานจักรยาน - มีสมาพันธ์นักปั่นสนับสนุน	- ยังไม่ถูกกำหนดให้เป็นข้อบังคับ มีแต่เพียงการร่วมมือร่วมแรงร่วมใจรณรงค์ให้ใช้จักรยานนอกจากการออกกำลังกาย - มีสมาคมนักปั่นจักรยานและการรณรงค์ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) เช่นในต่างประเทศ	ควรสร้างระบบที่เอื้อต่อการปั่นจักรยานก่อนเช่น ระบบโครงสร้างการขึ้นลงระบบขนส่งเพื่อให้นำจักรยานไปยังจุดเชื่อต่อระบบขนส่งได้ง่ายขึ้นและจูงใจผู้ใช้จักรยาน นอกจากนี้ควรปรับเปลี่ยนบางจุดให้มีหลังคาเนื่องจากประเทศไทยอากาศร้อน และบังคับกฎหมายเรื่องความเร็วใช้รถร่วมเส้นทาง จึงจะสามารถดึงดูดคนใช้เส้นทางจักรยานได้
ข้อบังคับที่เกี่ยวข้องสำหรับคนปั่นจักรยานในภาคพื้นทวีปยุโรป	- ข้อบังคับเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในชุมชนเมืองกับการการใช้งานจักรยาน ได้มีการตราข้อบังคับสหภาพยุโรปว่าด้วยมาตรฐานคุณภาพอากาศและอากาศที่ดีกว่าสำหรับสหภาพยุโรปค.ศ.2008 (Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe)	ประเทศไทยไม่มีข้อบังคับดังกล่าว	ควรกำหนดมาตการข้อบังคับในอาเซียนร่วมกันเพื่ออากาศที่ดี และบังคับในทางอ้อมให้คนมาใช้จักรยานมากขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการศึกษาพฤติกรรมผู้ขับขี่ระหว่างประเทศไทยและต่างประเทศ (ต่อ)

การศึกษาแนวคิดพฤติกรรมผู้ขับขี่ ข้อบังคับ และกฎหมายต่าง ๆ	การศึกษาจากต่างประเทศกรณีแนวคิดพฤติกรรมผู้ขับขี่	การวิเคราะห์บริบทของไทยและต่างประเทศ	สรุปและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
มาตรการกฎหมายไทย การใช้หมวกนิรภัย	- มาตรการกฎหมายออสเตรเลียในเรื่องของการใช้หมวกนิรภัย เริ่มมีแนวคิดกฎหมายตั้งแต่ ค.ศ. 1992 - ไม่ได้มีการใช้มาตรการของกฎหมายยุโรปเพื่อการใช้หมวกนิรภัยเป็นการเฉพาะ คงมีแต่มาตรการตามข้อบังคับสหภาพยุโรปว่าด้วยอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนตัว(Directive 89/686EEC on personal protective equipment)เพียงเท่านั้น (IT Can Be Done, 1996; Litman, 2012)	- ประเทศไทยไม่เน้น/ไม่มีบทลงโทษชัดเจน - ประเทศออสเตรเลียเน้นให้ใส่หมวกนิรภัย และมีมาตรการบทลงโทษอย่างชัดเจน - ประเทศแถบพื้นทวีปยุโรป เช่น ในประเทศอังกฤษไม่มีมาตรการบังคับ ขึ้นอยู่กับความสมัครใจของผู้ขับขี่เอง ไม่มีบทลงโทษ	- ควรมีการกำหนดบทลงโทษในกรณีเรื่องการบังคับใช้ไว้อย่างชัดเจน เพราะทรัพยากรบุคคลควรให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัย คนจะไม่กล้าปั่นหากไม่ปลอดภัยและมีข่าวสารทางลบบ่อยครั้ง
มาตรการกฎหมายไทยสำหรับคนเดินถนน	- มีมาตรการกฎหมายในภาคพื้นทวีปยุโรปในเรื่องกฎหมายคนเดินถนนดังได้กล่าวมา	- ทวีปยุโรปบัญญัติกฎหมายได้โดยละเอียด พร้อมข้อยกเว้น ยากต่อการใช้ดุลพินิจอย่างกว้างขวาง	- ไม่มีมาตรการที่กำหนดชัดเจนสำหรับไทย และควรตราเป็นกฎหมาย
กฎหมายที่เกี่ยวกับการปั่นจักรยานในภาคพื้นทวีปยุโรป	- กฎหมายภาคพื้นทวีปยุโรป นโยบายและมาตรการต่าง ๆ ส่งเสริมสิทธิในการขี่จักรยานมีการจัดสรรงบประมาณอย่างชัดเจน - กฎหมายอังกฤษสนับสนุนวัฒนธรรมการใช้จักรยานในพื้นที่ชุมชนเมือง เมื่อมีพระราชบัญญัติ Cycle Tracks Act 1984 และ พระราชบัญญัติ Town and Country Planning Act 1990 (Jones, 2001)	- ทวีปยุโรปบัญญัติกฎหมายได้โดยละเอียด	- ไม่มีมาตรการที่กำหนดชัดเจนในไทย
กฎหมายที่เกี่ยวกับบทลงโทษเพิ่มเติมกับคู่กรณีกรณีที่เกิดอุบัติเหตุกับจักรยาน	- ประเทศเนเธอแลนด์ มีบทลงโทษคู่กรณีที่เกิดอุบัติเหตุกับจักรยานที่เป็นฝ่ายผิดโดยมีโทษที่สูง เพื่อแนวคิดทางด้านความเชื่อมั่นปลอดภัยสูงสุดต่อผู้ใช้จักรยาน	- ประเทศเนเธอแลนด์บัญญัติเป็นกฎหมาย	- ประเทศไทยยังไม่มีมาตรการนี้กำหนด เห็นควรเสนอแนะให้พิจารณากำหนด

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการศึกษาพฤติกรรมผู้ขับขี่ระหว่างประเทศไทยและต่างประเทศ (ต่อ)

การศึกษาแนวคิดพฤติกรรมผู้ขับขี่ ข้อบังคับ และกฎหมายต่าง ๆ	การศึกษาจากต่างประเทศกรณีแนวคิดพฤติกรรมผู้ขับขี่	การวิเคราะห์บริบทของไทยและต่างประเทศ	สรุปและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
การวางผังเมืองเพื่อพัฒนาโครงข่ายที่เชื่อต่อระบบขนส่งมวลชนกับจักรยาน	- ในประเทศในแถบยุโรป ออสเตรเลีย และอังกฤษ มีโครงสร้างระบบขนส่งมวลชนที่มีระบบเชื่อมโยงต่อการขับขี่จักรยาน (Graham, 2000)	- กฎหมายอังกฤษสนับสนุนวัฒนธรรมการใช้จักรยานในพื้นที่ชุมชนเมือง เมื่อมีพระราชบัญญัติ Cycle Tracks Act 1984 และ พระราชบัญญัติ Town and Country Planning Act 1990 (Davies et al., 1997; Franklin, 2001)	- ประเทศไทยกำลังปรับปรุงพัฒนาแนวคิดนี้
การจำกัดความเร็วของรถที่ใช้เส้นทางร่วมกันกับจักรยานอย่างเข้มงวด	- ประเทศออสเตรเลีย อังกฤษและยุโรปมีการจำกัดความเร็วรถที่ใช้ถนนร่วมเส้นทางกับจักรยานอย่างเข้มงวด	- มีการกำหนดกฎหมายโดยมีบทลงโทษ ในออสเตรเลีย อังกฤษและยุโรป โดยโทษปรับที่มีอัตราที่สูงและเด็ดขาดหากฝ่าฝืนกฎหมายส่งฟ้องศาล	- ประเทศไทยมาตรการบังคับใช้ไม่ต่อเนื่องและไม่เข้มข้น ประกอบกับอัตราโทษไม่สูง
กฎหมายที่ใช้ในการควบคุมการใช้จักรยาน และยานพาหนะ	- ในประเทศออสเตรเลีย มาตรการดีเยี่ยมทั้งเรื่องช่องทางจักรยาน และหมวกนิรภัยตลอดจนความเร็วของผู้ใช้เสนทางรถร่วม มีกฎหมายที่ดี ทันสมัย - ประเทศในยุโรป เป็นเพียงข้อบังคับบรณรงค์ไม่มีมาตรการบังคับเด็ดขาดแบบประเทศออสเตรเลียโดยประเทศออสเตรเลียออกเป็นกฎหมายไม่ใช่เพียงข้อบังคับ แต่มีสาธารูปโภคที่สอดคล้องกับการใช้จักรยาน - สหรัฐอเมริกา มีนโยบายจัดช่องทางอย่างเพียงพอและเชื่อมต่อกัน - ประเทศญี่ปุ่น มีการปลูกฝังการปั่นจักรยานอย่างมีมารยาทตั้งแต่ประถม มัธยม มีการอบรมทั้งปฏิบัติและ ทฤษฎี มีการสอบใบอนุญาตขี่จักรยาน	- ออสเตรเลียมีบทลงโทษเด็ดขาด - ยุโรปมีบทลงโทษเด็ดขาด เช่น กรณีประเทศอังกฤษ กับเรื่องการไม่สวมหมวกนิรภัย - ผลของการจัดช่องทางของอเมริกาดังกล่าวทำให้ลดอุบัติเหตุ - เน้นที่คุณภาพผู้ขับขี่ ตัวบุคคลผู้ขี่จักยานต้องผ่านการฝึกฝนหลายระดับ	- ควรบังคับให้ใส่หมวกนิรภัยและมีบทลงโทษ - ควรมีการเพิ่มช่องทางจักรยานในไทยให้ใช้ทุกเส้นทาง เว้นแต่ทางหลักและทางด่วน - ควรปลูกฝังเยาวชนไทยแต่เยาวัยเช่นเดียวกับญี่ปุ่น

สรุปผลการศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบกฎหมายไทยกับมาตรการทางกฎหมายของภาคพื้นประเทศในยุโรปเกี่ยวกับนโยบายและมาตรการการใช้คนเดินเท้าและเลนจักรยาน พบว่าประเทศไทยมีเพียง พระราชบัญญัติขนส่งทางบก พ.ศ. 2522" เท่านั้น

ซึ่งผลการศึกษาของผู้วิจัยนั้นพบว่า พระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 เป็นกฎหมายหลักที่เกี่ยวข้องกับคนเดินเท้าและสัตว์บนถนน กฎหมายนี้กำหนดบทบัญญัติเกี่ยวกับหน้าที่ของคนเดินเท้า ผู้ขับขี่ และการขนส่งสัตว์ อย่างไรก็ตาม กฎหมายนี้อาจไม่มีผลบังคับใช้เสมอไป และอาจไม่ครอบคลุมทุกสถานการณ์ เหมือนเช่นในประเทศแถบยุโรป ซึ่งมีกฎหมายเกี่ยวกับคนเดินถนนและนักปั่นจักรยานหรือเฉพาะสำหรับนักปั่นจักรยาน ดังนั้นทิศทางการพัฒนากฎหมายไทยควรกำหนดกฎหมายและกำหนดระบบกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการบังคับใช้กฎหมายที่เป็นประโยชน์ต่อคนเดินเท้าทางจักรยาน เพื่อสร้างสังคมที่ปลอดภัยและยั่งยืนสำหรับอนาคต โดยอนุวัติการกฎหมายต่างประเทศและบัญญัติกฎหมายเฉพาะมาบังคับใช้ในระดับพระราชบัญญัติต่อไป

ข้อเสนอแนะ

เปรียบเทียบกฎหมายไทยกับมาตรการทางกฎหมายของประเทศในยุโรปเกี่ยวกับนโยบายและมาตรการเกี่ยวกับการใช้ทางเดินเท้าและทางจักรยาน พบว่าประเทศไทยมีเพียง "พระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522" เท่านั้น แต่ไม่มีกฎหมายเฉพาะในเรื่องดังกล่าวเหมือนกับประเทศในทวีปยุโรป ซึ่งได้บัญญัติกฎหมายสำหรับคนเดินเท้าและเลนจักรยาน ดังนั้นแนวทางการพัฒนากฎหมายไทยควรกำหนดกฎหมายที่เป็นประโยชน์ต่อคนเดินถนนและสร้างระบบกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการบังคับใช้กฎหมาย เลนจักรยานที่สามารถเข้าถึงได้ ซึ่งสมควรบัญญัติเพื่อบังคับใช้โดยเฉพาะเพื่อสร้างสังคมที่ปลอดภัยและยั่งยืนสำหรับอนาคต

เอกสารอ้างอิง

เกียรติขจร วัจนะสวัสดิ์. (2551). *กฎหมายอาญาภาค 1: บททั่วไป* (พิมพ์ครั้งที่ 10). พลสยาม พริ้นติ้ง.

เชิดชัย โชติสทุธิ์. (2543). *ทัศนะและพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัย ของผู้ใช้รถจักรยานยนต์: ศึกษากรณีศึกษาใช้รถจักรยานยนต์ในเขตพื้นที่สถานีตำรวจนครบาล มักกะสัน* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

พลเดช เชาวรัตน์. (2557). มาตรการแบบอ่อนสำหรับการส่งเสริมการใช้จักรยาน [*เอกสารการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 10]* (น.73-85). คณะมนุษยศาสตร์และ สังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

Davies, D. G., Halliday, M. E., Mayes, M., & Pocock, R. L. (1997). *Attitudes to cycling: a qualitative study and conceptual framework.* https://trid.trb.org/View/575843

European Commission. (2023). *Generalised Scheme of Preferences.* https://policy.trade.ec.europa.eu/development-and-sustainability/generalised-scheme-preferences_en

European Commission. (2024). *Infrastructure and Investment.* https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment_en

Fishman, E., Washington, S., Haworth, N., & Watson, A. (2015). Factors influencing bike share membership: An analysis of Melbourne and Brisbane. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 71*, 17-30. https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.10.021

Franklin, J. (2001). *'Quo Vadis?', Cycle Campaign Network News 55.* http://www.cyclenetwork.org.uk/

Graham, A. (2000). *Personal communication based upon unpublished treasury documentation, cited in TravelSmart leaflet.* Transport WA.

IT Can Be Done. (1996). *A bicycle network on arterial roads. Completing Melbourne's Principle Bicycle Network.* https://www.vicroads.vic.gov.au/safety-and-road-rules/cyclist-safety/wearing-a-bicycle-helmet

Jones, M. (2001). 'Promoting cycling in the UK: Problems experienced by the practitioners'. *World Transport Policy and Practice*, 7(3), 7-12.

Litman, T. (2012). *Evaluating Non-Motorized Transportation Benefits and Costs*. Victoria Transport Policy Institute.

Overheid.nl. (2024). *Reglement verkeersregels en verkeerstekens 1990 (RVV 1990).* https://wetten.overheid.nl/BWBR0004825/

Pucher, J., & Buehler, R. (2007). At the frontiers of cycling: Policy innovations in the Netherlands, Denmark, and Germany. *World Transport Policy and Practice*. https://ralphbu.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/frontiers.pdf

The NRIC 20th Collaborative Journal

Asian Health, Science and Technology Reports	Prof. Dr. Sutisa Thanoi
Journal of Community Development Research	Assoc. Prof. Dr. Watana Padgate
Mekong-Salween Civilization Studies Journal	Dr. Jaruwan Daengbuppha
Journal of Business, Innovation and Sustainability	Assoc. Prof. Dr. Vichayanan Rattanawiboonsom
Journal of Renewable Energy and Smart Grid Technology	Assoc. Prof. Dr. Nipon Ketjoy

RUSHMORE

PRECISION CO.,LTD.

Agilent

SYNTECH
INNOVATION CO.,LTD.

LMS

MLS

MY LAB SCALE CO.,LTD

กองการวิจัยและนวัตกรรม
DIVISION OF RESEARCH AND INNOVATION
NARESUAN UNIVERSITY

conference.nu.ac.th/nric20
DRI Naresuan University
@dri_nu
nric@nu.ac.th
0 5596 8641