



## อิทธิพลของเส้นใยเซลลูโลสจากหนังสือพิมพ์เหลือใช้ต่อสมบัติเชิงกล ของฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด

นัยน์ภัค บุญจวบ<sup>1</sup>, จิรัชญา สังขชาติ<sup>2</sup> และทองใส จันทอง<sup>3\*</sup>

### Influence of cellulose fibers from recycle newspaper on the mechanical properties of Poly(lactic acid) film

Naipak Boonjuban<sup>1</sup>, Jiratchaya Sangkhachat<sup>2</sup>, Tongsai Jammongkan<sup>3\*</sup>

<sup>1,2,3</sup> ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและพลศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.ชลบุรี 20230

<sup>1,2,3</sup> Department of Fundamental Science and Physical Education, Faculty of Science at Sriracha, Kasetsart University, Chonburi, 20230

\*Corresponding author E-mail : sfscitsj@src.ku.ac.th

#### บทคัดย่อ

พอลิแลคติกแอซิด เป็นพลาสติกที่สามารถผลิตจากผลผลิตทางการเกษตรและสามารถย่อยสลายได้ทางธรรมชาติ อย่างไรก็ตามพลาสติกชนิดนี้มีสมบัติเชิงกลค่อนข้างต่ำ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพอลิแลคติกแอซิดโดยการนำเส้นใยเซลลูโลสที่ได้จากกระดาษหนังสือพิมพ์มาคอมโพสิตกับพอลิแลคติกแอซิด มีการศึกษาอิทธิพลของปริมาณเส้นใยเซลลูโลสต่อสมบัติเชิงกลและศึกษาพฤติกรรมการบวมตัวของฟิล์มคอมโพสิต นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของฟิล์มคอมโพสิต พบว่าอุณหภูมิและปริมาณของเส้นใยเซลลูโลสมีผลต่อพฤติกรรมการบวมตัวของฟิล์มคอมโพสิต นอกจากนี้พบว่าเส้นใยเซลลูโลสสามารถแทรกเข้าไปในฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดได้ ซึ่งส่งผลให้สมบัติเชิงกลของฟิล์มคอมโพสิตดีขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าฟิล์มคอมโพสิตที่มีเส้นใยเซลลูโลสปริมาณร้อยละ 2 จะสมบัติเชิงกลเพิ่มสูงมากที่สุด

**คำสำคัญ:** ฟิล์มคอมโพสิต พอลิแลคติกแอซิด เส้นใยเซลลูโลส อัตราการบวมตัว การทนต่อแรงดึง

#### Abstract

Poly(lactic acid) (PLA) is made from agricultural production and biodegradable. However, it is well known that the PLA has relatively low mechanical properties. Therefore, in this study, we intended to study and improve the properties of poly(lactic acid) composited with cellulose fibers from recycled newspaper. The influence of cellulose fiber content on mechanical properties and swelling behavior of composite films was investigated. In addition, the morphological property of composite films also characterized by SEM. It was found that the temperature and amount of cellulose fibers has affects to swelling behavior of the composite film. In addition, we found that the cellulose fibers can embed into the film, which resulting to increase the mechanical properties of the composite films. However, it was found that the composite films at 2 wt% of cellulose fibers exhibited highest increases in the mechanical properties

**Keywords:** Composite film, Poly(lactic acid), Cellulose fiber, Swelling ratio, Tensile strength



## บทนำ

ในชีวิตประจำวันพลาสติกถูกนำมาใช้งานในหลาย ๆ ด้าน ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเคมี (Petroleum based plastics) ซึ่งเป็นพลาสติกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น เกิดปัญหาขยะล้นเมือง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกจึงสนใจที่จะนำพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ (Bioplastic) มาใช้ทดแทนพลาสติกทั่ว ๆ ไป เพื่อลดปัญหาดังกล่าว พอลิแลคติกแอซิด (Poly(lactic acid), PLA) เป็นหนึ่งวัสดุที่ได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์จำนวนมาก เนื่องจากพอลิแลคติกแอซิดเป็นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Dorgan et al., 2001) และสามารถผลิตได้จากผลผลิตทางการเกษตร เช่น ข้าวโพด และมันสำปะหลัง เป็นต้น (Dong et al., 2014)

อย่างไรก็ตามพอลิแลคติกแอซิดยังมีข้อด้อยในเรื่องสมบัติเชิงกลที่ค่อนข้างต่ำมีความเปราะและแตกหักง่าย จึงมีการนำพอลิแลคติกแอซิดไปผสมกับสารอื่น ๆ เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Bondeson et al., 2007) พอลิไวนิลไพโรลิโดน (Quiros et al., 2015) นอกจากนี้แล้วยังพบว่ามีกรนิยมนำพอลิแลคติกแอซิดไปผสมหรือคอมโพสิตกับเส้นใยต่าง ๆ โดยเฉพาะเส้นใยจากธรรมชาติ เช่น เส้นใยเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน (Manshor et al., 2006) เส้นใยเซลลูโลสจากไม้ (Faludi et al., 2013) และเส้นใยเซลลูโลสจากถ่านไม้ไผ่ (Ho et al., 2015) เป็นต้น

เส้นใยที่เราสนใจนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ คือ เส้นใยเซลลูโลสที่ได้มาจากหนังสือพิมพ์เหลือใช้ (Recycled newspaper cellulose fiber) เนื่องจากในปัจจุบันมีการผลิตหนังสือพิมพ์มาใช้เป็นประจำทุกวัน ทำให้มีหนังสือพิมพ์เหลือใช้จำนวนมาก ดังนั้นแล้วคณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดการสกัดเส้นใยเซลลูโลสจากหนังสือพิมพ์มาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยการนำเส้นใยเซลลูโลสจากกระดาษหนังสือพิมพ์เหลือใช้ในสำนักงานมาคอมโพสิตพอลิแลคติกแอซิด เพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลของคอมโพสิตให้ดีขึ้น

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดและฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดคอมโพสิตกับเส้นใยเซลลูโลสเพื่อศึกษาสมบัติเชิงกล โครงสร้างทางเคมี และลักษณะพื้นผิว นอกจากนี้ยังศึกษาอิทธิพลปริมาณและผลของการเติมเส้นใยเซลลูโลสต่อสมบัติด้านต่าง ๆ ของฟิล์มคอมโพสิตอีกด้วย

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

### สารเคมี

พอลิแลคติกแอซิด (Poly(lactic acid), PLA) จากบริษัท Bc polymers marketing ประเทศไทย โซเดียมไฮดรอกไซด์ จากบริษัท AGC chemicals ประเทศไทย โซเดียมซิลิเกตจากบริษัท Applichem panreac ประเทศเยอรมัน คลอโรฟอร์มจากบริษัท Carloerba ประเทศอังกฤษ และหนังสือพิมพ์เหลือใช้จากสำนักงาน (คณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

### การเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากหนังสือพิมพ์

เส้นใยเซลลูโลส (Cellulose fiber, CF) จากหนังสือพิมพ์เหลือใช้ในสำนักงานสามารถเตรียมได้ดังนี้ ขั้นตอนแรกทำการตัดกระดาษหนังสือพิมพ์ให้มีขนาดเล็ก ๆ ประมาณ 5 กรัม ทำการสกัดเส้นใยโดยใช้สารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการฟอกสีเส้นใยที่ได้ด้วยสารละลายโซเดียมซิลิเกตประมาณ 1 กรัม จากนั้นทำการปั่นกวนให้สารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกันโดยเครื่องกวนแบบใช้แม่เหล็กที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำการล้างเส้นใยที่สกัดได้ด้วยน้ำจนกระทั่งเส้นใยที่ได้เป็นกลาง นำเส้นใยที่ได้ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เส้นใยที่ได้เก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อใช้ในการเตรียมคอมโพสิตต่อไป



### การเตรียมฟิล์มคอมโพสิต

เตรียมสารละลายพอลิแลคติกแอซิดที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก จำนวน 30 กรัม เติมเส้นใยเซลลูโลสที่เตรียมได้ในร้อยละปริมาณ 1 2 และ 3 ของน้ำหนักพอลิแลคติกแอซิดตามลำดับ จากนั้นคนสารละลายต่อให้เส้นใยกระจายตัวเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เทสารลงในจานเพาะเชื้อ (Petri dish) นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก็จะได้แผ่นฟิล์มคอมโพสิต PLA/1%CF PLA/2%CF และ PLA/3%CF ตามลำดับ เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ต่อไป

### โครงสร้างทางเคมีของคอมโพสิต

โครงสร้างทางเคมีของฟิล์มคอมโพสิตสามารถตรวจสอบด้วยเทคนิคฟูรีเออร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (FT-IR spectroscopy) (รุ่น FTIR-4100, Jasco, Japan) ทำการตรวจวัดที่ช่วงเลขคลื่น (Wavenumber) ระหว่าง  $4,000\text{ cm}^{-1}$  ถึง  $400\text{ cm}^{-1}$  โดยการเตรียมตัวอย่างของฟิล์มที่ใช้ในการตรวจสอบจะถูกเตรียมด้วยเทคนิค Film casting

### สมบัติการบวมตัวของคอมโพสิต

สมบัติการบวมตัวของฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด และฟิล์มคอมโพสิตระหว่างพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยเซลลูโลสจะศึกษาจากอัตราการบวมตัวของฟิล์มคอมโพสิตที่อุณหภูมิต่างกัน โดยทำการศึกษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสทำการตัดฟิล์มให้มีขนาด  $1 \times 1$  ตารางเซนติเมตร จากนั้นชั่งน้ำหนักของแผ่นฟิล์มที่สภาวะแห้ง ( $W_d$ ) แล้วนำแผ่นฟิล์มไปแช่ในน้ำปราศจากไอออนที่ระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อถึงเวลาที่กำหนดนำฟิล์มดังกล่าวออกมาจากน้ำและชั่งแผ่นฟิล์มด้วยกระดาษกรองเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินบริเวณพื้นผิวออก ซึ่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงที่ระยะเวลาใด ๆ ( $W_s$ ) คำนวณหาอัตราการบวมตัว (Swelling ratio, %SR) ของฟิล์มคอมโพสิต ดังสมการที่ (1)

$$\%SR = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ  $W_s$  คือ น้ำหนักของฟิล์มคอมโพสิตในสภาวะบวมตัวที่เวลา  $t$  ใด ๆ หน่วย กรัม

$W_d$  คือ น้ำหนักของฟิล์มคอมโพสิตในสภาวะแห้ง หน่วย กรัม

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

### ลักษณะพื้นผิวของคอมโพสิต

ลักษณะของพื้นผิวและพื้นผิวย่อยแตกของฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด และฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดคอมโพสิตกับเส้นใยเซลลูโลส สามารถตรวจสอบได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) โดยนำฟิล์มที่ต้องการทดสอบตัดให้มีขนาดพอเหมาะ วางลงบนแผ่นคาร์บอนเทปที่ติดอยู่กับแท่นวางตัวอย่าง จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว

### สมบัติเชิงกลของคอมโพสิต

เป็นที่ทราบกันดีว่าสมบัติเชิงกลเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของฟิล์มคอมโพสิต เพื่อใช้เป็นพารามิเตอร์ในการทำนายความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้งาน ดังนั้นแล้วผู้วิจัยจึงทำการทดสอบสมบัติดังกล่าวของฟิล์มคอมโพสิตที่เตรียมได้จากเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile tester) โดยทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D882 (ASTM, 2010) โดยใช้แรงดึงเพื่อให้ชิ้นงานยืดออก โดยตัดตัวอย่างขนาดความกว้าง 10 มิลลิเมตร มีระยะห่างระหว่างตัวจับ (Gage length) 50 มิลลิเมตร และทำการดึงตัวอย่างด้วยความเร็วในการทดสอบ 125 มิลลิเมตรต่อนาที



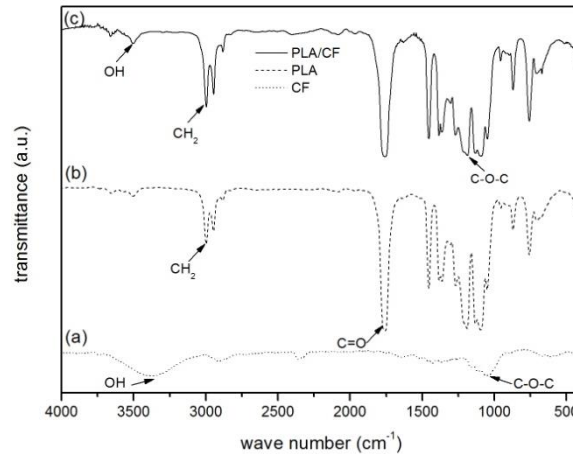
### ผลและการอภิปรายการทดลอง

#### โครงสร้างทางเคมีของคอมโพสิต

จากการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอซิดคอมโพสิตกับเส้นใยเซลลูโลสที่ได้จากกระดาษหนังสือพิมพ์เหลือใช้พบว่า FT-IR spectra ของพอลิแลคติกแอซิดคอมโพสิตกับเส้นใยเซลลูโลสพอลิแลคติกแอซิด และเส้นใยเซลลูโลส ซึ่งแสดงพีคที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

โครงสร้างทางเคมีของเส้นใยเซลลูโลสที่เตรียมได้ แสดงได้ในรูปที่ 1(a) พบพีคที่บริเวณ  $3,398\text{ cm}^{-1}$  และ  $1,185\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งแสดงถึงหมู่  $\text{-OH}$  stretching และ  $\text{C-O-C}$  ซึ่งพบอยู่ในโครงสร้างของเซลลูโลส (CF) (Ziaulkarim et al., 2014; Abdulkhani et al., 2013) และพบว่าในโครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอซิด (รูปที่ 1b) จะมีพีคเกิดขึ้นที่บริเวณ  $2,995\text{ cm}^{-1}$  และ  $1,756\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งแสดงถึงหมู่  $\text{C-H}$  stretching และหมู่  $\text{C=O}$  ที่มาจาก acetate group ซึ่งอยู่ในโครงสร้างของโพลีแลคติกแอซิด (PLA) (Hoidy et al., 2010) ตามลำดับ

นอกจากนี้พบว่าโครงสร้างทางเคมีของฟิล์มคอมโพสิต PLA/CF จะแสดงพีคคุณลักษณะของเส้นใยเซลลูโลส และ PLA ของฟิล์มคอมโพสิตดังกล่าว (รูปที่ 1c) กล่าวคือจะมีพีคที่บริเวณ  $3,505\text{ cm}^{-1}$  และ  $2,995\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นพีคที่แสดงถึง  $\text{-OH}$  stretching ที่พบในโครงสร้างของเซลลูโลส และหมู่  $\text{C-H}$  stretching ที่พบในโครงสร้างของพอลิแลคติกแอซิด ตามลำดับ

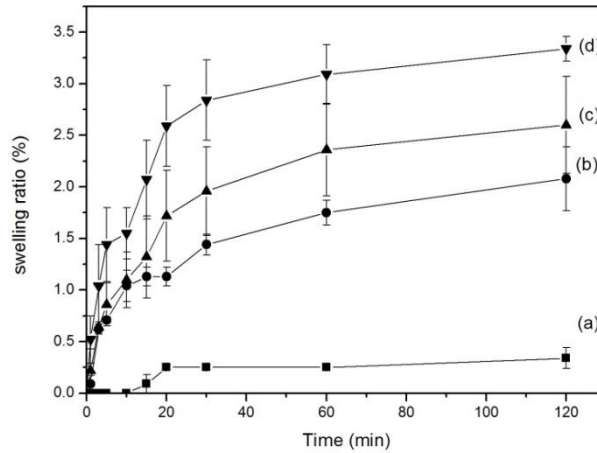


รูปที่ 1 FT-IR spectra ของฟิล์ม (a) CF (b) PLA และ (c) PLA/CF

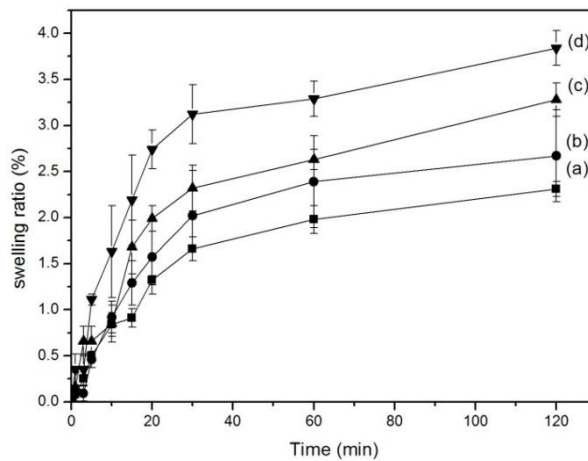
#### สมบัติการบวมตัวของคอมโพสิต

จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการบวมตัวของฟิล์มคอมโพสิต และพบว่าฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดคอมโพสิตกับเส้นใยเซลลูโลสจะมีอัตราการบวมตัวที่สูงกว่าฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด ดังรูปที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องจากเส้นใยเซลลูโลสมีสมบัติความชอบน้ำ (Hydrophilic property) เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิล ( $\text{-OH}$ ) จำนวนมากภายในโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส จึงทำให้เส้นใยมีการบวมน้ำ อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราการบวมตัวในน้ำของฟิล์มทุกชนิดมีค่าค่อนข้างต่ำมาก เนื่องจากพอลิแลคติกแอซิดมีสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic property)

นอกจากนี้แล้วยังพบว่าที่สภาวะอุณหภูมิสูง (60 องศาเซลเซียส) อัตราการบวมตัวของฟิล์มคอมโพสิตชนิดต่าง ๆ จะมีอัตราการบวมตัวที่สูงกว่าที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ ดังรูปที่ 3



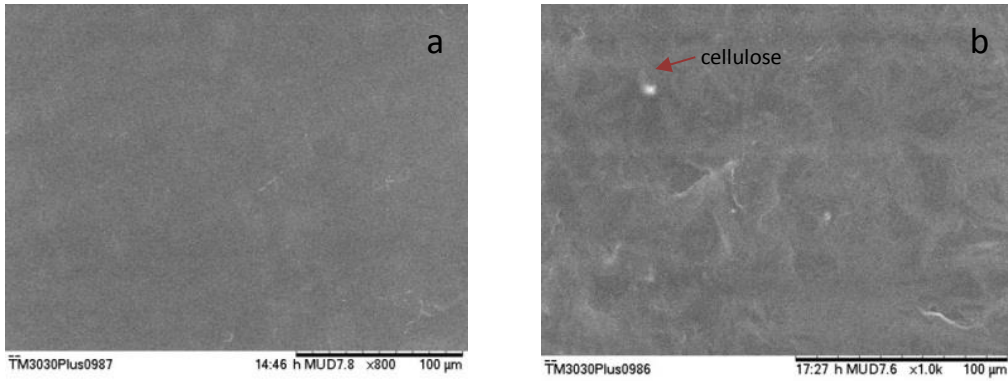
รูปที่ 2 อัตราการบวมตัวของฟิล์ม (a) PLA (b) PLA/1%CF (c) PLA/2%CF และ(d) PLA/3%CF ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง



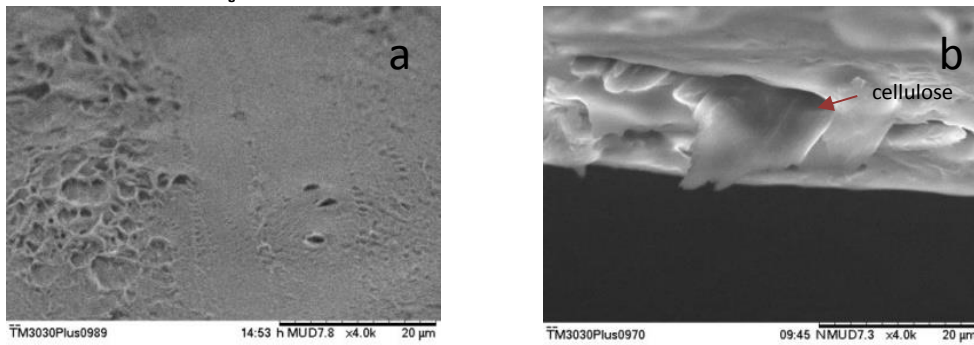
รูปที่ 3 อัตราการบวมตัวของฟิล์ม (a) PLA (b) PLA/1%CF (c) PLA/2%CF และ (d) PLA/3%CF ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

### ลักษณะพื้นผิวและพื้นผิวรอยแตกของฟิล์มคอมโพสิต

ลักษณะของพื้นผิวของฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด และฟิล์มคอมโพสิตระหว่างพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยเซลลูโลสแสดงในรูปที่ 4 พบว่าลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดจะมีลักษณะเรียบ ไม่มีความเป็นขรุขระ ดังแสดงในรูป 4(a) พบว่ามีลักษณะที่ตรงกันข้ามกับฟิล์มคอมโพสิตระหว่างพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยเซลลูโลส กล่าวคือ บริเวณพื้นผิวของฟิล์มดังกล่าวมีการกระจายตัวของเส้นใยเซลลูโลสค่อนข้างดี (รูป 4 b) นอกจากนี้แล้วทางผู้วิจัยยังทำการศึกษาลักษณะพื้นผิวของรอยแตกหักของฟิล์มแต่ละประเภท พบว่าฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดจะมีลักษณะพื้นผิวของรอยแตกหักค่อนข้างเรียบ ดังแสดงในรูป 5(a) ตรงกันข้ามกับลักษณะพื้นผิวของรอยแตกของฟิล์มคอมโพสิตระหว่างพอลิแลคติกกับเส้นใยเซลลูโลส ที่มีลักษณะไม่เรียบ มีความขรุขระอย่างชัดเจน และยังพบว่าเส้นใยเซลลูโลสสามารถแทรกเข้าไปในฟิล์มของพอลิแลคติกแอซิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ดังรูปที่ 5 b) ซึ่งพบว่าผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาสมบัติการบวมตัวในน้ำของฟิล์มคอมโพสิต



รูปที่ 4 ลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม (a) PLA และ (b) PLA/CF

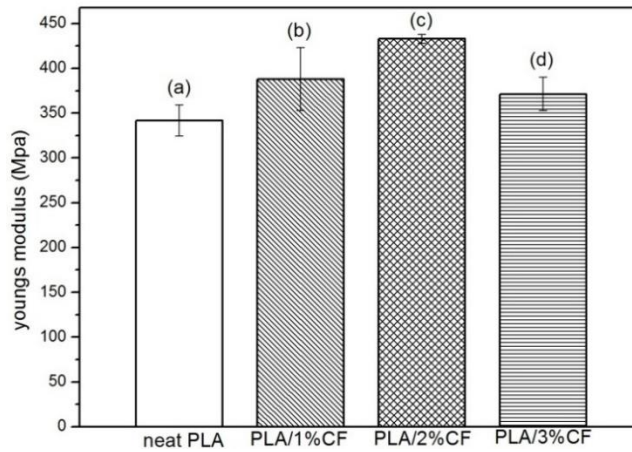


รูปที่ 5 ลักษณะพื้นผิวรอยแตกหักของฟิล์ม (a) PLA และ (b) PLA/CF

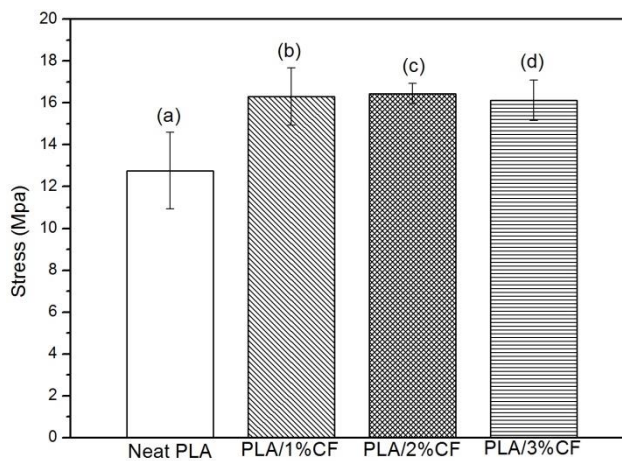
#### สมบัติเชิงกลของฟิล์มคอมโพสิต

จากการทดสอบการทนต่อแรงดึงของฟิล์มคอมโพสิตต่าง ๆ พบว่าเส้นใยเซลลูโลสมีผลต่อสมบัติเชิงกล กล่าวคือเมื่อเติมเส้นใยเซลลูโลสส่งผลให้ค่า Young's Modulus ของฟิล์มคอมโพสิตมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 6 อย่างไรก็ตามพบว่าค่า Young's Modulus ของฟิล์มคอมโพสิต PLA/2%CF จะมีค่าสูงสุด ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณและการกระจายตัวของเส้นใยเซลลูโลสในฟิล์มคอมโพสิต ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sawpan และคณะ (Sawpan et al., 2011) ในขณะเดียวกันกลับพบว่าค่า Young's Modulus ของฟิล์มคอมโพสิต PLA/3%CF จะมีค่าลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการกระจุกตัวของเส้นใยภายในฟิล์มจึงทำให้ค่า Young's Modulus ลดลงได้ ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dong และคณะ (Dong et al., 2014) นอกจากนี้แล้วคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค่าความเค้น (Stress) ของฟิล์มคอมโพสิตต่าง ๆ ด้วย ซึ่งมีผลการทดลองสอดคล้องและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับค่า Young's Modulus (ดังรูปที่ 7) กล่าวคือการเติมเส้นใยเซลลูโลสในฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดจะส่งผลให้ฟิล์มคอมโพสิตมีความเค้นที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด





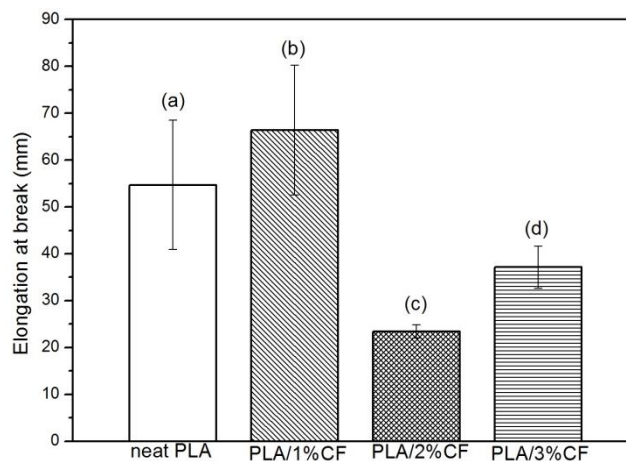
รูปที่ 6 ค่า Young's modulus ของฟิล์มคอมโพสิต (a) PLA (b) PLA/1%CF (c) PLA/2%CF และ (d) PLA/3%CF



รูปที่ 7 ค่าความแข็งแรง (Stress) ของฟิล์มคอมโพสิต (a) PLA (b) PLA/1%CF (c) PLA/2%CF และ (d) PLA/3%CF

นอกจากนี้พบว่าค่าการดึงยืด ณ จุดขาด (Elongation at break) ของฟิล์มคอมโพสิตชนิดต่าง ๆ จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่า PLA/1%CF มีค่าการดึงยืด ณ จุดขาดสูงที่สุดในขณะที่ฟิล์มชนิดอื่น ๆ (PLA/2%CF และ PLA/3%CF) มีค่าการดึงยืดที่ต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยเซลลูโลสภายในฟิล์มเกิดการขัดขวาง

จากการศึกษาสมบัติเชิงกลคณะผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการเติมเส้นใยเซลลูโลสที่เตรียมได้จากหนังสือพิมพ์เหลือใช้สามารถปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดได้ ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 8 ค่าการดึงยืด ณ จุดขาดของฟิล์ม (a) PLA (b) PLA/1%CF (c) PLA/2%CF และ (d) PLA/3%CF



ตารางที่ 1 ค่า Young's modulus, Elongation at break, stress and strain ของฟิล์มคอมโพสิตชนิดต่าง ๆ

Composite films	Young's modulus (Mpa)	Elongation at break (mm)	Stress (Mpa)	Strain (Mpa)
Neat PLA	341.83±17.33	54.65±13.8	12.76±1.83	13.48±1.51
PLA/1%CF	387.87±35.41	66.36±13.86	16.29±1.37	15.85±0.61
PLA/2%CF	432.94±5.08	23.42±1.44	16.44±0.48	14.06±0.17
PLA/3%CF	371.26±21.15	37.13±4.50	16.11±0.96	16.25±0.31

### บทสรุปผลการศึกษา

ผู้วิจัยสามารถเตรียมฟิล์มจากพอลิแลคติกแอซิดและฟิล์มคอมโพสิตระหว่างพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยเซลลูโลสได้สำเร็จโดยสามารถยืนยันได้โครงสร้างทางเคมีของฟิล์มคอมโพสิตจาก FT-IR spectra และเห็นการแทรกฝังตัวของเส้นใยเซลลูโลสอยู่ในฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด จากภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด จากผลการศึกษาพบว่าเส้นใยเซลลูโลสมีผลกระทบต่อพฤติกรรมการบวมตัวของฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด กล่าวคือ เมื่อมีการผสมเส้นใยเซลลูโลสลงในฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด โดยเส้นใยเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีสมบัติชอบน้ำ จึงส่งผลให้พฤติกรรมการบวมตัวมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ยังศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อพฤติกรรมการบวมตัวพบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีพฤติกรรมการบวมตัวที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับพฤติกรรมการบวมตัวที่อุณหภูมิห้อง อีกทั้งยังพบว่า การเติมเส้นใยเซลลูโลสจะส่งผลให้สมบัติเชิงกลของฟิล์มคอมโพสิตดีขึ้น โดยพบว่า การเติมเส้นใยเซลลูโลสที่ปริมาณร้อยละ 2 จะสามารถเพิ่มสมบัติเชิงกลของฟิล์มคอมโพสิตได้มากที่สุด

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนวิจัยบางส่วนจากคณะวิทยาศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา และทุนอุดหนุนวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รหัสโครงการวิจัย ป-ย (ด) 18.60 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.สุปราณี แก้วภิรมย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้คำแนะนำและความอนุเคราะห์ในการทดสอบสมบัติเชิงกลของฟิล์มคอมโพสิต และขอขอบคุณบริษัท COAX Group Corporation จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์ลักษณะทางพื้นผิวในงานวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Abdulkhani, A., Marvast, E. H., Ashori, A., Hamzeh, Y., & Karimi, A. N. (2013). Preparation of cellulose/polyvinyl alcohol biocomposite films using 1-Atalic-butyl-3-methylimidazolium chloride. *International Journal of Biological Macromolecules*, 62, 379-386.
- American Society for Testing and Materials. (2010). *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*.
- Bondeson, D., & Oksman, K. (2007). Polylactic acid/cellulose whisker nanocomposites modified by polyvinyl alcohol. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 38, 2486-2492.
- Dong, Y., Ghataura, A., Takagi, H., Haroosh, H. J., Nakagaito, A. N., & Lau, K. T. (2014). Polylactic acid (PLA) biocomposites reinforced with coir fibres: Evaluation of mechanical performance and multifunctional properties. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 63, 76-84.
- Dorgan, J. R., Lehermeier, H. J., Palade, L. I., & Cicero, J. (2001). Polylactides: properties and prospects of an environmentally benign plastic from renewable resources. *Macromolecular Symposia*, 175, 55-66.
- Faludi G., Dora, G., Renner, K., Móczó, J., & Pukánszky, B. (2013). Improving interfacial adhesion in pla/wood biocomposites. *Composites Science and Technology*, 89, 77-82.





- Hanani, Z. N., O'Mahony, J. A., Roos, Y. H., Oliveira, P. M., & Kerry, J. P. (2014). Extrusion of gelatin-based composite films: Effects of processing temperature and pH of film forming solution on mechanical and barrier properties of manufactured films. *Food Packaging and Shelf Life*, 2, 91-101.
- Hoidy, W. H., Ahmad, M. B., Al-Mulla, E. J., & Ibrahim, N. A. B. (2010). Preparation and characterization of polylactic acid/polycaprolactone clay nanocomposites. *Journal of Applied sciences*, 10, 97-106.
- Ho, M. P., Lau, K. T., Wang, H., & Hui, D. (2015). Improvement on the properties of polylactic acid (PLA) using bamboo charcoal particles. *Composites Part B: Engineering*, 81, 14-25.
- Huda, M. S., Drzal, L. T., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2006). Chopped glass and recycled newspaper as reinforcement fibers in injection molded poly (lactic acid)(PLA) composites: a comparative study. *Composites Science and Technology*, 66, 1813-1824.
- Huda, M. S., Drzal, L. T., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2007). The effect of silane treated-and untreated-talc on the mechanical and physico-mechanical properties of poly (lactic acid)/newspaper fibers/talc hybrid composites. *Composites Part B: Engineering*, 38, 367-379.
- Karim, M. Z., Chowdhury, Z. Z., Hamid, S. B. A., & Ali, M. E. (2014). Statistical optimization for acid hydrolysis of microcrystalline cellulose and its physiochemical characterization by using metal ion catalyst. *Materials*, 7, 6982-6999.
- Manshor, M. R., Anuar, H., Aimi, M. N., Fitrie, M. A., Nazri, W. W., Sapuan, S. M. & Wahit, M. U. (2014). Mechanical, thermal and morphological properties of durian skin fibre reinforced PLA biocomposites. *Materials & Design*, 59, 279-286.
- Qua, E. H.; Hornsby, P.R.; Sharma, H.S.; Lyons, G.; McCall, R. D. 2009. Preparation and Characterization of poly (vinyl alcohol) nanocomposites made from cellulose nanofibers. *J Appl Polym Sci*, 113, 2238-2247.
- Quiros, J., Boltes, K., Aguado, S., de Villoria, R. G., Vilatela, J. J., & Rosal, R. (2015). Antimicrobial metal-organic frameworks incorporated into electrospun fibers. *Chemical Engineering Journal*, 262, 189-197.
- Sawpan, M. A., Pickering, K. L., & Fernyhough, A. (2011). Improvement of mechanical performance of industrial hemp fibre reinforced polylactide biocomposites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 42, 310-319.
- Visakh, P. M.; Thomas, S.; Oksman, K.; Mathew, A. P. 2012. Effect of cellulose nanofibers isolated from bamboo pulp residue on vulcanized natural rubber. *Bioresources*, 7, 2156-2168.