

วัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดเสริมแรงด้วยเส้นใยใบสับประรด
สำหรับเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม

**PINEAPPLE LEAF FIBER REINFORCED POLY(LACTIC ACID)
FOR ENVIRONMENT-FRIENDLY PRODUCT**

ศิริพงศ์ แกมขุนทด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ
คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วัสดุเชิงประกอบพอลิแล็กติกแอซิดเสริมแรงด้วยเส้นใยใบสับปะรดสำหรับ
เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม



ศิริพงศ์ แกมขุนทด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดเสริมแรงด้วยเส้นใยใบ สับประรดสำหรับเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดลอม
ชื่อ - นามสกุล	นายศิริพงษ์ แกมขุนทด
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุมนมาลย์ เนียมกลาง, ปร.ค.
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเส้นใยใบสับประรด (Pineapple Leaf Fiber, PALF) ที่เหลือจากการเก็บผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากเส้นใยของใบสับประรดเหนียวมาก จึงมีแนวความคิดที่จะนำใบสับประรดมาทำให้มีมูลค่าเพิ่มโดยการนำมาพัฒนาเป็นแผ่นอัดเชิงประกอบกับพอลิเมอร์ใช้เป็นวัสดุทางเลือกเป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยพอลิเมอร์ที่นำมาศึกษา คือ พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA)

จากนั้นทำการเตรียมโดยนำเส้นใยใบสับประรดมาทำให้เหลือขนาด 2 เซนติเมตร แล้วนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 5, 7 และ 10 %wt เป็นเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง และหลังจากนั้นทำการล้างเส้นใยด้วยน้ำกลั่นจนมีค่า pH 7 ทำการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 60 °C 24 ชั่วโมง จากนั้น นำเส้นใยที่ได้ไปผสมกับพอลิเมอร์ ด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง อุณหภูมิที่ใช้ในการผสม 180 °C สำหรับ PLA และขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องอัดแบบไฮดรอลิกที่ความดัน 90 MPa อุณหภูมิ 180 °C ทั้งที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิว ไม่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิว และที่เติมสารเชื่อมประสานเพื่อศึกษาผลของปริมาณเส้นใยใบสับประรดต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบได้ โดยปริมาณของเส้นใยใบสับประรดที่ใช้ คือ 0, 5, 10, 15 และ 20 %wt

เมื่อได้วัสดุเชิงประกอบมาแล้วสีของแผ่นจะมีสีเหลืองทอง จึงนำมาทำการทดสอบสมบัติเชิงกล ซึ่งพบว่าสมบัติการทนต่อแรงดึงนั้นสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใยใบสับประรดลงไป และความแข็งของแผ่นอัดเชิงประกอบไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เนื่องจากเส้นใยใบสับประรดนั้นเข้าไปเสริมแรงให้กับในพอลิเมอร์เมทริกซ์ทำค่าการทนต่อแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาดลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลและสมบัติเชิงกลที่เหมาะสมกับนำไปใช้เป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: พอลิแลคติกแอซิด เส้นใยใบสับประรด วัสดุเชิงประกอบ วัสดุเพื่อสิ่งแวดล้อม

Thesis Title Development of Pineapple Leaf Fiber Reinforced Poly (Lactic Acid) for Environment-Friendly Product

Name - Surname Mr. Siripong Ghamkuntod

Program Material Engineering

Thesis Advisor Miss Sumonman Naimlang, Ph.D.

Academic Year 2018

ABSTRACT

This study aimed to develop pineapple leaf fiber (PALF) which is very tough as a value added composite reinforced with polymer. This can be used as an alternative environment friendly material. Hence, Poly Lactic Acid (PLA) was studied.

To prepare the fiber, a 2 centimeter-long pineapple leaf was immersed in 5, 7, 10% wt. of NaOH for 6, 12, and 24 hours. The treated fiber was then rinsed with 7 pH distilled water and dried in the oven at 60°C for 24 hours. Next, it was mixed with polymer by a two-roll mill at 180°C. After that, the composite was fabricated by compression molding at 90 MPa and 180 °C for improving, non-improving surface of pineapple leaf fiber, and added coupling agent. This aimed to examine the effect of PALF on mechanical property of composite by implementing 0, 5, 10, 15, and 20 % wt. of PALF.

The yellow like composite gained was then tested for its mechanical property. It revealed that its tensile strength increased with an increased amount of PALF. However, its hardness differed slightly because PALF reinforced polymer matrix in tensile testing at break and % elongation at break. This composite had mechanical property suitable for use as environment-friendly material.

Keywords: poly lactic acid, pineapple leaf fiber, composite, environment-friendly product

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณา และความอนุเคราะห์ของ ดร.สุมนมาลย์ เนียมกลาง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ รวมถึงเอื้อเฟื้อวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ดร.ฉัตรชัย วีระนิติสกุล และ ดร.ณรงค์ชัย โอเจริญ อาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และ ดร.พิมลพรรณ เนียมกลาง อาจารย์จากสาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้ข้อเสนอแนะและเป็นกรรมการสำหรับสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือทดสอบ

ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ได้ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และคอยช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ และคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคณะครู-อาจารย์ที่ให้การสนับสนุนประสิทธิ์ประสาทวิชา และ เพื่อน พี่น้อง ที่คอยช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ และเป็นกำลังใจให้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ หากวิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความผิดพลาด ขาดตกบกพร่องประการใด หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยขอกราบขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ศิริพงศ์ แกมขุนทด

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันพลาสติกนั้นมีบทบาทในชีวิตประจำวัน เช่น การนำพลาสติกมาทำเป็นภาชนะ และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เมื่อผ่านการใช้งานและนำไปกำจัดขยะ พลาสติกก่อให้เกิดปัญหา เช่น การตกค้างในธรรมชาติและใช้เวลาในการย่อยสลายเป็นระยะเวลานาน เพื่อแก้ปัญหาขยะพลาสติกดังกล่าว จึงมีแนวโน้มที่จะใช้พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable plastic) ในชีวิตประจำวันมากขึ้น แต่เนื่องจากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพยังคงใช้เทคโนโลยีใหม่อยู่ทำให้ราคาเม็ดพลาสติกชนิดนี้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติกที่ใช้อยู่ทั่วไป ยกตัวอย่าง ราคาพอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA) หนึ่งในพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพราคา กิโลกรัมละ 60-130 บาท [1] ในขณะที่พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเรท (Polyethylene terephthalate, PET) ราคา กิโลกรัมละ 40 บาท [2]

เพื่อเป็นการลดการใช้เนื้อพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงมีความพยายามในการสร้างวัสดุเชิงประกอบระหว่างพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพผสมกับเส้นใยธรรมชาติเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกล และลดการใช้เนื้อเมทริกซ์ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีต้นทุนลดลงและมีความสวยงามมากขึ้น เช่น พอลิแลคติกแอซิดผสมกับฟ้ายและไหม [3] พอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยกล้วย [4]

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกสับปะรดกระป๋องทำให้มีการปลูกสับปะรดในหลายพื้นที่ ใบสับปะรดเป็นอีกหนึ่งในผลผลิตพลอยได้ของสับปะรด สามารถนำมารีดทำเส้นใยและนำเส้นใยไปถักทอเป็นเครื่องนุ่งห่มได้ ทั้งนี้เส้นใยสับปะรดมีสมบัติโดดเด่น คือ เส้นใยสับปะรดมีสมบัติเชิงกล ที่ค่อนข้างสูง มีโมดูลัส และความแข็งแรงสูง หากพิจารณาสมบัติเชิงกลจำเพาะ (Specific mechanical properties) ซึ่ง เทียบกับความหนาแน่น จะพบว่ามีค่าอยู่ในระดับเดียวกับเส้นใยแก้ว [5]

แต่การนำมาถักทอเป็นเครื่องนุ่งห่มนั้นจำเป็นต้องใช้เวลาและความเชี่ยวชาญในการผลิต ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงมีแนวความคิดที่จะเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นใยสับปะรดด้วยการนำเส้นใยสับปะรดมาเป็นเส้นใยเสริมแรงในพอลิแลคติกแอซิดสำหรับใช้เป็นผลิตภัณฑ์ในบ้าน

เส้นใยสับปะรดเสริมแรงพอลิแลคติกแอซิดจะถูกขึ้นรูปที่สัดส่วนเส้นใยสับปะรดต่างๆ โดยจะศึกษาผลของปริมาณเส้นใยสับปะรด และผลของการปรับปรุงเส้นใยต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของวัสดุเชิงประกอบที่ขึ้นรูปได้ และนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่สามารถ

ใช้ได้ในการรีไซเคิลและเป็นแนวทางสำหรับวิสาหกิจชุมชน หรือกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดย่อมในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลพลอยได้ทางการเกษตรและเพิ่มรายได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบ เส้นใยสับปะรดเสริมแรงพอลิแลคติกแอซิดสำหรับเป็นผลิตภัณฑ์ในครัวเรือน

1.2.2 ศึกษาผลของปริมาณเส้นใยสับปะรดและการปรับปรุงผิวต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบที่ขึ้นรูปได้

1.2.3 ศึกษาผลของเวลาและความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นใยสับปะรด

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบผลทดสอบสมบัติเชิงกล

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 การขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบ เส้นใยสับปะรดเสริมแรงพอลิแลคติกแอซิดสำหรับเป็นถาดใส่ของบนโต๊ะอาหาร

1.3.2 ศึกษาผลของปริมาณเส้นใยสับปะรดและการปรับปรุงผิวต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบที่ขึ้นรูปได้ (0, 5, 10, 15, และ 20 %w/w)

1.3.3 ศึกษาผลของเวลาและความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของเส้นใยสับปะรด (0, 12, และ 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 0, 5, 7, และ 10 %w/w NaOH)

1.3.4 ศึกษาสมบัติเชิงกล และค่ามาตรฐาน ASTM

- ความสามารถทดสอบแรงดึง (Tensile strength) ตามมาตรฐานของ ASTM D 638
- การทดสอบความแข็ง (Hardness ; shore D) มาตรฐานของ ASTM D 2240
- การทดสอบการแตกหัก (Impact ; izod) ตามมาตรฐาน ASTM D 256

1.3.5 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ

- การทดสอบลักษณะการสั่นฐานวิทยาของวัสดุผสมระหว่างเส้นใยสับปะรดและ

PLA

1.3.6 วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ

- Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FT-IR)

- X-ray Diffractometer (XRD)

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.4.1 ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงพื้นผิวโดยใช้เส้นใยสับปะรดผสมกับ PLA
- 1.4.2 ได้ทราบปริมาณที่เหมาะสมระหว่าง PLA ผสมกับ เส้นใยสับปะรด
- 1.4.3 เป็นการนำเส้นใยจากใบสับปะรดที่เหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ในการเสริมแรงให้กับ PLA เพื่อนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์อาหาร



บทที่ 2

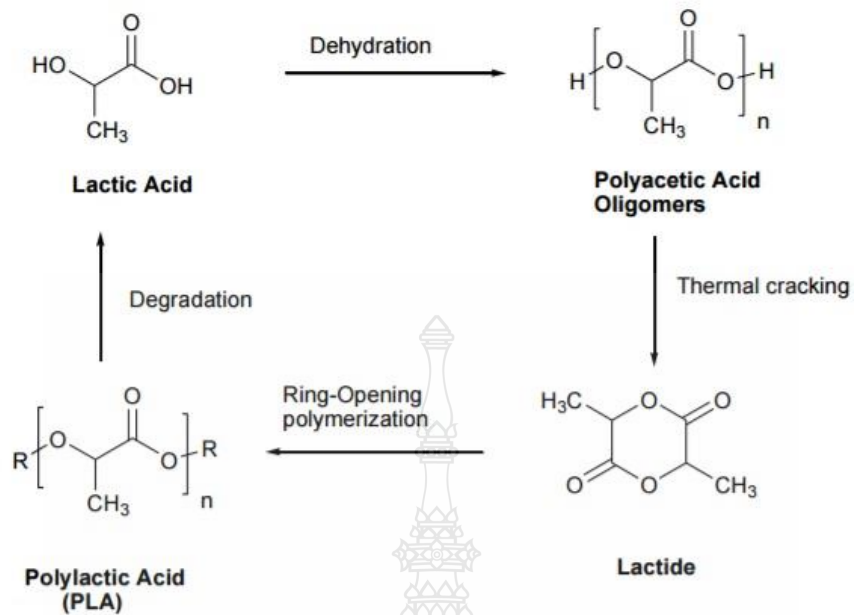
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA) [11]

พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA) เป็นพลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) สามารถย่อยสลายได้ เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ได้ด้วยจุลินทรีย์ในธรรมชาติภายหลังจากการใช้งานผลิตมาจากวัตถุดิบที่สามารถผลิตทดแทนขึ้นใหม่ ได้ในธรรมชาติ (Renewable resource) เช่น ผลิตมาจากพืช เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย เป็นต้น โดยการบดหรือโม้พืชนั้นให้ละเอียดเป็นแป้งแล้วใช้เอนไซม์ย่อยแป้งให้ เป็นน้ำตาลกลูโคส ผ่านกระบวนการหมัก (Fermentation) โดยใช้แบคทีเรีย *Lactobacillus brevis* ได้ผลผลิตเป็น กรดแลคติก (Lactic acid) ผ่านกระบวนการทางเคมีได้ Lactide มีโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน แล้วจึงนำไปผ่าน กระบวนการพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) กลั่นในระบบสุญญากาศเพื่อเปลี่ยน โครงสร้างได้เป็นพอลิเมอร์

2.1.1 สูตรโครงสร้างทางเคมี PLA [12]

พอลิแลคติกแอซิด (PLA) เป็นพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ ที่ได้มาจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของกรดแลคติก ซึ่งเป็นสารที่ได้จากการหมักคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งการสังเคราะห์ PLA สามารถทำได้หลายวิธี (รูปที่ 2.1) เช่น การสังเคราะห์โดยปฏิกิริยา Azeotropic dehydration condensation ซึ่งจะทำได้ PLA ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากกว่า 100,000 หรือปฏิกิริยาควบแน่นโดยตรงของกรดแลคติก ได้เป็นพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ 1,000 – 5,000 บางครั้งเรียกว่าพอลิเมอร์



รูปที่ 2.1 ปฏิกริยาการสังเคราะห์ PLA

การย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ เนื่องจากพลาสติกชีวภาพประกอบด้วย องค์ประกอบหลักคือ แป้ง ข้าวโพด เป็นวัตถุดิบที่ได้มาจากธรรมชาติ ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวสามารถเกิดการย่อยสลาย (Degradation) จากกระบวนการหมักแป้ง จะได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เป็นสารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้น PLA จึงมีจุดเด่นในเรื่องของการย่อยสลายและถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมเพื่อแก้ปัญหาขยะ



รูปที่ 2.2 การย่อยสลายของผลิตภัณฑ์จาก PLA [13]

2.1.2 สมบัติของพอลิแลคติกแอซิด [14]

พอลิแลคติกแอซิดเป็นพอลิเมอร์ที่มีความวาว และมีค่ามอดูลัสสูงใกล้เคียงกับพอลิสไตรีน โครงสร้างของพอลิแลคติกแอซิดมีทั้งส่วนที่เป็นผลึกและอสัณฐาน มีค่ามอดูลัสอยู่ในช่วง 3000–4000 MPa และความทนต่อแรงดึงอยู่ในช่วง 50–70 MPa จึงสามารถใช้งานได้หลากหลาย เช่น งานบรรจุภัณฑ์ประเภทต่างๆ แต่ข้อจำกัดในการใช้งานถูกกำหนดโดยค่าความยืดหยุ่นที่ค่อนข้างต่ำ พอลิแลคติกแอซิดมีค่า T_g อยู่ในช่วง 60–70 °C จึงเป็นพลาสติกเปราะที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามการปรับปรุงสมบัติของพอลิแลคติกแอซิดทำได้โดยปฏิกิริยาโคพอลิเมอร์ไรเซชัน หรือการผสมกับพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ชนิดอื่น โดยเฉพาะยาง และการเติม พลาสติกไซเซออร์

2.2 เส้นใยใบสับปะรด [14]

เส้นใยสับปะรดได้จากใบสับปะรด (*Ananas Comosus*) ซึ่งอยู่ในแฟมิลี Bromeliaceae สับปะรดเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนของทวีปอเมริกา แอฟริกา และเอเชีย (Mwaikambo, 2006) ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการปลูกและส่งออกสับปะรดรายใหญ่ของโลก จึงมีขยะที่เกิดจากใบสับปะรดจำนวนมาก และเกษตรกรจะกำจัดโดยการหมักเป็นปุ๋ยหรือเผาทำลาย ซึ่งการเผาทำลายนั้นก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมมากมาย

เส้นใยสับปะรดจัดเป็นเส้นใยลิกโนเซลลูโลส มีโครงสร้างคล้ายริบบิ้นเชื่อมติดกันด้วยลิกนิน ซึ่งทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง (George et al, 1998) รูปที่ 3 แสดงภาพตัดขวางของเส้นใยสับปะรด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า แต่ละเซลล์ในเส้นใยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 10 μm ความยาวเฉลี่ย 4.5 mm และ Aspect ratio เท่ากับ 450 ความหนาของผนังเซลล์มีค่าเท่ากับ 8.3 μm ซึ่งอยู่ระหว่างค่าความหนาของผนังเซลล์ของเส้นใยป่าน (12.8 μm) และเส้นใยจากใบกล้วย (1.2 μm)



รูปที่ 2.3 แสดงภาพตัดขวางของเส้นใยสับปะรด

Chemical composition (%)	Source						
	Bhaduri et al. (1983)	Mohanty et al. (2000)	Abdul Khalil et al. (2006)	Saha et al. (1990)	Rowell and Han (2000)	Munirah et al. (2007)	Siregar et al. (2008)
Cellulose	69.5	70–82	73.4	68.5	80–81	78.11	67.12–69.34
Hemicellulose	–	–	–	18.80	16–19	9.45	–
Hollocellulose	–	–	80.5	–	–	87.56	82.3–85.5
Lignin	4.4	5–12.7	10.5	6.04	4.6–12	4.78	14.5–15.4
Pectin	1.2	–	–	1.10	2–3	–	–
Fat and wax	4.2	–	–	3.2	–	–	–
Ash	2.7	–	2	0.9	–	–	1.21
Extractive	–	–	5.5	–	–	–	3.83–0.97

รูปที่ 2.4 องค์ประกอบในเส้นใยใบสับปะรด

กระบวนการผลิตเส้นใยสับปะรดจากใบสับปะรด[20]

เส้นใยสับปะรดสามารถถูกแยกออกมาได้ด้วยวิธีเชิงกลและการหมักที่ไม่ซับซ้อนเหมือนเส้นใยธรรมชาติอื่น เช่น เส้นใยกล้วย จึงมีโอกาสด้านธุรกิจค่อนข้างสูง การผลิตเส้นใยสับปะรดเริ่มจากการนำใบสับปะรดที่ทำความสะอาดแล้วเข้าสู่เครื่องรีด เพื่อให้ใบสับปะรดแตกหรือแยกออกจากกันมากที่สุด เป็นการลดเวลา ทำให้ใบสับปะรดเปื่อยเร็วขึ้น

วัสดุเชิงประกอบหรือวัสดุคอมโพสิต(Composites)[21]

วัสดุที่ประกอบด้วยวัสดุ 2 ประเภทขึ้นไปโดยที่องค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันและจะต้องไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งอาจเกิดจากการผสมหรือการสร้างพันธะ สมบัติของวัสดุเชิงประกอบเป็นตัวเสริมแรงที่จะช่วยทำให้สมบัติทางกลโดยรวมของเนื้อพื้นผิวดีขึ้นเนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดจะมีทั้งข้อดีข้อเสีย เช่น พอลิเมอร์จะมีน้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงต่ำ ทนความร้อนไม่ได้ นำไฟฟ้าไม่ได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำเอาวัสดุต่างชนิดมาผสมกันเพื่อจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติพิเศษที่ได้จากข้อดีของวัสดุแต่ละชนิด เช่น ไฟเบอร์กลาสเป็นวัสดุผสมที่มีน้ำหนักเบา (จากสมบัติที่ดีของพอลิเมอร์) และมีความแข็งแรง (จากสมบัติที่ดีของใยแก้ว) เป็นต้น

การปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยสับปะรด[22]

วิธีการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยสับปะรด มีทั้งการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ เอนไซม์เซลลูเลส เพคตินเนส และ อื่นๆอีกมากมาย สาเหตุที่เราทำการปรับปรุงพื้นผิวเพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลให้กับวัสดุที่เราจะนำมาใช้ทำชิ้นงาน ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น

2.3 เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two rolls mill)

เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้งเป็นเครื่องผสมระบบเปิดที่ประกอบด้วย ลูกกลิ้ง 2 ลูก หมุนเข้าหากันด้วยความเร็วต่างกัน ทำให้เกิดแรงเฉือนที่จำเป็นต่อการผสมเม็ดพลาสติกกับสารเคมี ในการผสมเม็ดพลาสติกกับสารเคมีจะใส่เม็ดพลาสติกลงช่องระหว่างลูกกลิ้ง เม็ดพลาสติกจะถูกบดและรีดออกมาเป็นแผ่นรอบลูกกลิ้งด้านหน้า จากนั้นจึงเติมสารเคมี โดยผู้ผสมต้องทำการกรีดแผ่นและพับไปมาในขณะที่เติมสารเคมีลงไป ซึ่งเม็ดพลาสติกที่ถูกตัดพับจะถูกใส่กลับไปช่องระหว่างลูกกลิ้ง แรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะช่วยให้สารเคมีต่างๆ กระจายตัวเข้ากับเนื้อพลาสติกได้ดี เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้งใช้ผสมเม็ดพลาสติกในปริมาณไม่มาก เนื่องจากต้องใช้ความชำนาญและกำลังคนในการผสม



รูปที่ 2.5 เครื่อง Two rolls mill

(ที่มา:ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

2.4 กระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ (Compression molding)

เป็นกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์ซึ่งใช้ในเชิงอุตสาหกรรมที่เก่าแก่ที่สุด นิยมใช้ในการขึ้นรูปพอลิเมอร์จำพวก Thermosetting การขึ้นรูปพอลิเมอร์แบบนี้ส่งผลให้การจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลเป็นไปในทุกทิศทางหรือมีค่าการจัดเรียงตัวของโมเลกุลในทิศทางเดียวกัน (Orientation) ก่อนข้างต่ำ นอกจากนี้กระบวนการขึ้นรูปโดยการฉีดเข้าแม่แบบยังไม่สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นวงกลมบางเรียบโดยปราศจากการบิดตัวหรือโค้งงอได้



รูปที่ 2.6 เครื่อง Compression molding

(ที่มา:ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

2.5 การทดสอบแรงดึง (Tensile strength) [15]

การทดสอบด้วยการดึงเป็นการทดสอบเพื่อหาสมบัติของวัสดุที่เป็นที่รู้จักดี การทดสอบนี้ช่วยให้ได้ค่าสมบัติด้านความยืดหยุ่น ความแข็งแรงคราก (Yield strength) หรือจุดที่วัสดุรับแรงได้สูงสุดโดยไม่เสียรูป ความแข็งแรงแรงดึง (Tensile strength หรือ Ultimate strength) หรือจุดที่วัสดุรับแรงสูงสุด และอัตราส่วนการหดตัวสัมพัทธ์ของหน้าตัด (Poisson ratio) ซึ่งเหล่านี้เป็นสมบัติที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของวัสดุ นอกจากนั้นยังสามารถที่จะหาการยืดตัวเมื่อแตกหักของวัสดุได้อีกด้วย การทดสอบด้วยการดึง โดยทั่วไปเป็นการให้แรงในแนวแกนเดียว (Uniaxial tensile test) แก่ชิ้นทดสอบ โดยแรงดึงนี้จะกระจาย อย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ หากนำขนาดของแรงดังกล่าวหารด้วยพื้นที่หน้าตัดที่รับ แรงก็จะได้ค่าที่เรียกว่า “ความเค้น (Stress: σ)” ซึ่งมีหน่วยเป็น N/m^2 หรือ Pa ในขณะที่รับแรงดึงวัสดุ จะเกิดการเสียรูปโดยยืดตัวออก สัดส่วนระหว่างระยะยืดตัวต่อความยาวเดิมของชิ้นงานทดสอบเรียกว่า “ความเครียด (Strain: ϵ)” ซึ่งมีหน่วยเป็น m/m หรือไม่มีหน่วย ค่ามาตรฐาน ASTM เท่ากับ ASTM D 638



รูปที่ 2.7 เครื่องทดสอบแรงดึง

(ที่มา:ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

2.6 การทดสอบความแข็ง (Hardness) [16]

ในปัจจุบันการทดสอบความแข็งของวัสดุได้ก้าวหน้าไปมากและสามารถบ่งบอกค่าความแข็งออกมาในเชิงตัวเลขได้ วิธีที่นิยมใช้นั้นมีอยู่ 4 วิธีดังนี้

2.7.1 การทดสอบความแข็งบริเนลล์ (Brinell Hardness Test)

สำหรับการทดสอบความแข็งแบบบริเนลล์ ก็คือกดหัวกดด้วยแรงคงที่ ลงบนผิวชิ้นทดสอบ ปกติจะให้อยู่ภายใต้แรงกดชั่วขณะ แล้วเอาแรงกดออก ซึ่งทำให้เกิดรอยบุ๋มถาวร บนชิ้นทดสอบ แล้ววัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยบุ๋ม เพื่อหาค่าความแข็งจากสมการข้างล่างต่อไป

2.7.2 การทดสอบความแข็งวิกเกอร์ (Vickers Hardness Test)

การทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ มีลักษณะการวัดที่คล้ายกับการทดสอบแบบบริเนลล์แต่เปลี่ยน Indenter หรือ วิธีนี้เหมาะสำหรับวัสดุที่มีหัวกดทดสอบจากทรงกลมเป็นหัวกดรูปปริมาตรฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสมุมยอดมีขนาด 136 องศาทำจากเพชร การทดสอบลักษณะอ่อนไปจนถึงแข็งมาก (VHNประมาณ 1500) โดยไม่ต้องเปลี่ยนหัวกด จะเปลี่ยนก็เฉพาะแรงกดเท่านั้น ในที่นี้จะกล่าวถึง วิธีการทดสอบความแข็งวิกเกอร์ โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งยู

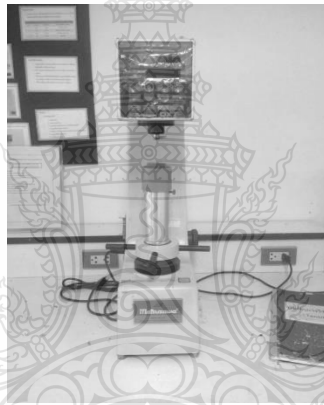
2.7.3 การทดสอบความแข็งน็อพ (Knoop Hardness Test)

วิธีการนี้จะคล้ายคลึงกับวิธี Vickers แต่หัวกดที่ใช้เป็นเพชรรูปร่าง ปริมาตรที่มีมุมเป็น 130 องศา และ 172 องศา 30 ลิปดา เนื่องจากหัวกดมีลักษณะเรียวยาวจึงสร้างรอยกดที่มีความยาวของเส้นทแยงมุมมากกว่าวิธีการอื่นๆ ถึง 7 เท่า ทำให้สามารถเห็นภาพรอยกดได้อย่างชัดเจนแม้ใช้แรงกดต่ำ เทคนิคนี้

จึงเหมาะสำหรับการทดสอบฟิล์มบาง หรือวัสดุที่เปราะแตกง่าย เช่น แก้ว เซรามิก รวมถึงการทดสอบสมบัติที่ขึ้นอยู่กับทิศทาง (Anisotropy) ได้

2.7.4 การทดสอบความแข็งร็อกเวลล์ (Rockwell Hardness Test)

Rockwell hardness test ถูกกำหนดให้มีแรงกด 2 ระดับด้วยกันเรียกว่า แรงกดเบื้องต้น (Preliminary test force) และแรงกดหลัก (Total test force) กระบวนการวัดเริ่มจากชิ้นงานทดสอบจะถูกกดด้วยแรงกดเบื้องต้นผ่านหัวกด ตำแหน่งจมที่เกิดขึ้นนี้จะถูกอ้างเป็นตำแหน่งอ้างอิง จากนั้นจะเพิ่มแรงกดเป็นแรงกดหลักและทิ้งไว้ด้วยเวลาที่กำหนดระยะเวลา ไม่คืนตัวจะถูกวัดเทียบกับตำแหน่งอ้างอิง หลังถอนแรงกดหลักออกให้เหลือเพียงแรงกดเบื้องต้น เป็นตำแหน่งอ้างอิง แทนที่จะกดด้วยแรงกดหลักโดยตรงและอ้างตำแหน่งอ้างอิงจากผิวชิ้นงานทดสอบ ค่ามาตรฐาน ASTM เท่ากับ ASTM D 2240



รูปที่ 2.8 Rockwell hardness test

(ที่มา:ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและ โลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

2.7 การทดสอบการกระแทก (Impact ; izod) [17]

การทดสอบการกระแทกเป็นการวัดการส่งถ่ายพลังงานที่จำเป็นในการแตกหักของวัสดุ ค่าความแข็งแรงการกระแทกจะบ่งบอกถึงความสามารถในการรับแรงแบบฉับพลัน (Shock load) แม้พลังงานไม่สามารถสร้างและทำลายแต่พลังงานการกระแทกจะสูญเสียไป ในหลายลักษณะเช่น ถูกใช้ในการเสีรูแบบยืดหยุ่นและแบบถาวรของวัสดุและแรงเสียดทานจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่างๆ เป็นต้น โดยการออกแบบโครงสร้างและเครื่องจักร ประการแรกต้องให้ชิ้นงานสามารถดูดซับพลังงานให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในช่วงของการยืดหยุ่น และประการที่ สองคืออาศัยการหน่วงบางรูปแบบเพื่อลดการดูดซับพลังงานของเครื่อง ในการทดสอบการกระแทกจะใช้พลังงานของลูกตุ้มกระแทกให้ชิ้นทดสอบแตกหัก ค่ามาตรฐาน ASTM เท่ากับ ASTM D 256



รูปที่ 2.9 เครื่องทดสอบแรงกระแทก

(ที่มา:ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

2.8 เครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคชัน (X-ray Diffractometer) [18]

เครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคชัน (X-ray Diffractometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของ สารประกอบและแร่ ทำให้นักวิทยาศาสตร์กลุ่มนี้ สามารถแยกแยะประเภท และ ชนิดของวัสดุที่พบในธรรมชาติ ว่ามีรูปแบบ โครงสร้างผลึกแบบใด หรือจำแนกได้ว่าวัสดุที่พบเห็น นั้นเป็นแร่ชนิดใด โดยทำการวัดค่าความเข้มของรังสี ที่สะท้อนออกมาที่มุมต่างๆ เปรียบเทียบกับ ข้อมูล

มาตรฐานที่ทำการตรวจวัดโดยองค์กร JCPDs (Joint Committee on Powder Diffraction Standard) เนื่องจากสารประกอบแต่ละชนิด มีรูปแบบ โครงสร้างผลึกแตกต่างกัน และระยะห่าง ระหว่างระนาบของอะตอม ที่จัดเรียงกันอย่างเป็นระเบียบ ก็แตกต่างกันไปด้วย ขึ้นอยู่กับขนาดและ ประจุของอะตอม สารประกอบแต่ละชนิด จะมีรูปแบบ (XRD Pattern) เฉพาะตัว เปรียบเช่นเดียวกับ ลายนิ้วมือของคนที่แตกต่างกัน จากหลักการทำงานของ XRD มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการ วิเคราะห์วัสดุที่มีสูตร โครงสร้างทางเคมีเหมือนกัน แต่มีโครงสร้างผลึกต่างกัน



รูปที่ 2.10 เครื่อง X-ray Diffractometer (XRD)

(ที่มา:ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

2.9 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) [19]

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) เป็นเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (Infrared light) ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่สามารถบอกหมู่ฟังก์ชันคร่าวๆได้ เครื่อง FT-IR Spectroscopy มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เมื่อรังสีอินฟราเรดที่มีหลายความถี่จากแหล่งคลื่นรังสีอินฟราเรด ผ่านเข้าไปยังอินเทอร์โพโรมิเตอร์ ลำแสงจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่เป็น Beam splitter ลำแสงครึ่งหนึ่งจะผ่านไปยังกระจกที่ตรึงอยู่กับที่ และกระจกที่เคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วคงที่เมื่อลำแสงสะท้อนกลับมาที่ Beam splitter จะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันหรือการแทรกสอดแบบหักล้างของแต่ละความยาวคลื่น เมื่อแสงผ่านสารตัวอย่างไปยังตัววัดสัญญาณ ที่อ่านได้ทุกความถี่พร้อมกันกับช่วงสแกนของกระจก โดยที่อัตราการสแกนวัดสัญญาณและความเร็วของกระจกที่เคลื่อนที่ได้จะถูกควบคุมให้มีความถูกต้องและคงที่เรียกสัญญาณอ้างอิงจากตัววัดสัญญาณที่เกิดจากหลอด He - Ne Laser ว่า Internal Reference Laser สัญญาณที่ตัววัดสัญญาณอ่านได้จะอยู่ในรูปอินเทอร์โพแกรมถูกเก็บไว้

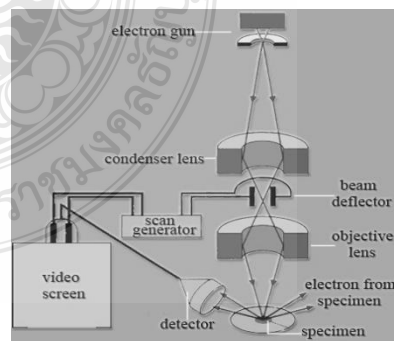


รูปที่ 2.11 เครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR)
(ที่มา:ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

2.10 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

Scanning Electron Microscope (SEM) [18]

เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีกำลังขยายอยู่ประมาณ 10 นาโนเมตร ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อที่จะทำการทดสอบด้วยเครื่อง การสร้างภาพทำได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของตัวอย่างที่ทำการสำรวจ ซึ่งภาพที่ได้จากเครื่อง SEM นี้จะเป็นภาพลักษณะของ 3 มิติ ดังนั้นเครื่อง SEM จึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง เช่น ลักษณะพื้นผิวด้านนอกของเนื้อเยื่อและเซลล์ หน้าตัดของโลหะและวัสดุ เป็นต้น



รูปที่ 2.12 เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

(ที่มา:ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nanthaya Kengkhetkit และ Taweechai Amornsakchai [6] การศึกษารายละเอียดที่แสดงความสำคัญของวัสดุที่นำมาเป็นตัวเสริมแรง เช่น เส้นใยสับปะรดที่ใช้ในการผสมเข้ากับพลาสติกกรีโนคอมโพสิต ซึ่งมีอยู่หลากหลายและสามารถปรับปรุงสมบัติ ได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการผลิต การนำเส้นใยสับปะรดมาใช้ประโยชน์สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับตัวสับปะรดแล้วยังสามารถลดมลพิษของขยะได้อีกด้วย ผลที่ได้ คือ ได้พลาสติกที่เสริมแรงด้วยเส้นใยสับปะรดมีสมบัติที่แข็งแรงมากขึ้นสมบัติเชิงกลดีขึ้น

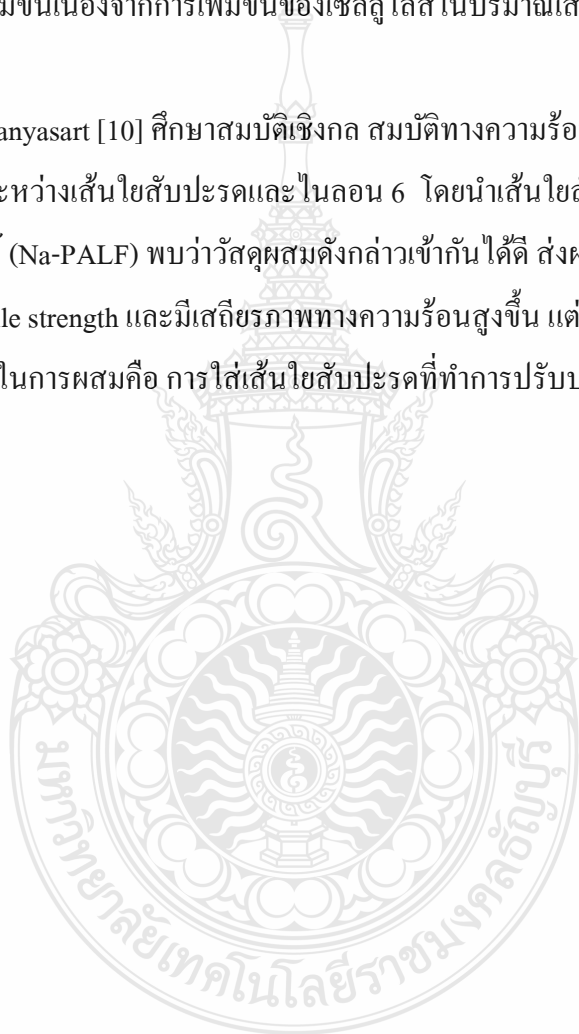
สุปราณี แก้วภิรมย์ และ ศิริเดช บุญแสง [7] ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิแลคติกแอซิด (PLA)ผสมกับเส้นใยสับปะรด เส้นใยสับปะรดที่ใช้สกัดได้จากใบสับปะรดด้วยวิธีเชิงกล (ใช้เครื่องขูดใบ) ตรวจสอบสัณฐานวิทยาของพื้นผิวและสมบัติความทนต่อแรงดึงของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และเครื่องทดสอบแรงดึงอเนกประสงค์ (Universal testing) โดยเส้นใยสับปะรดที่ใช้ผสมนั้นจะถูก ตัดให้มี ความยาว ประมาณ 1-3 มม. และนำไปผสมกับ PLA ด้วยเครื่องผสมแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin-screw extruder) ในปริมาณเส้นใยร้อยละ 10-50 ก่อนที่จะขึ้นรูปเป็นชิ้นงานด้วยเครื่องขึ้นรูปแบบฉีด (Injection molding) การทดสอบแรงดึงของวัสดุเชิงประกอบด้วย มาตรฐาน ASTM D638 พบว่าค่ามอดูลัสของยัง (Young's modulus) ของวัสดุเชิงประกอบเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น โดยวัสดุเชิงประกอบที่มีปริมาณเส้นใยร้อยละ 50 มีค่ามอดูลัสของยัง เพิ่มขึ้นจาก PLA ร้อยละ 68 ส่วนคอมโพสิตที่มีปริมาณเส้นใยร้อยละ 40 มีค่ามอดูลัสของยังเพิ่มขึ้น จาก PLA ร้อยละ 48 แต่มีค่าความหนืดขณะหลอม (Melt viscosity) ต่ำกว่าคอมโพสิตที่มีปริมาณเส้นใยร้อยละ 50 นอกจากนี้ เพื่อปรับปรุงความเข้ากันได้ของ PLA กับเส้นใย งานวิจัยนี้ยังได้เติมสารคู่ควบ (Coupling agent) มาเลอิกแอนไฮไดรด์ร้อยละ 10 ลงในคอมโพสิตที่มีปริมาณเส้นใยร้อยละ 40 ผลที่ได้พบว่าค่ามอดูลัสของยังของ คอมโพสิตเพิ่มจาก 3.8 เป็น 5.1 GPa หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 34 สาเหตุที่สมบัติเชิงกลเพิ่มขึ้น เพราะ ค่ายังมอดูลัสมีค่าเพิ่มมากขึ้นจากตอนแรกเริ่ม

R.M.N.Arib และ คณะ [8] การศึกษานี้ เป็นการทำการศึกษาพฤติกรรมของแรงดึงและการตัดตัวของโพลิโพรพิลีนที่เสริมแรงด้วยเส้นใยสับปะรด พบว่าค่ายังมอดูลัสของแรงดึงและค่าความต้านทานของแรงดึงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเส้นใยเพิ่มปริมาณในการผสมมากขึ้น ค่ายังมอดูลัสแรงดึงและค่า

ความต้านทานคิดเป็น 10.8% มีค่าเป็น 687.20 และ 37.28 MPa ตามลำดับ เมื่อมีการใส่เส้นใยไปในปริมาณ 2.7%

Jayamol George และ คณะ [9] ศึกษาการดูดซึมน้ำของโพลีเอทิลีนที่เสริมแรงด้วยเส้นใยสับปะรด ได้ศึกษาโดยการแช่วัสดุเชิงประกอบในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 28, 50 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของเซลล์โลสในปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้น

Kloykamol Panyasart [10] ศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อนและลักษณะพื้นฐานวิทยาของวัสดุผลสมระหว่างเส้นใยสับปะรดและไนลอน 6 โดยนำเส้นใยสับปะรดมาปรับปรุงผิวด้วยสาร หมู่อัลคาไลน์ (Na-PALF) พบว่าวัสดุผสมดังกล่าวเข้ากันได้ดี ส่งผลให้มีค่าสมบัติเชิงกล เช่น ค่า Young's modulus ค่า Tensile strength และมีเสถียรภาพทางความร้อนสูงขึ้น แต่ค่าความยืดหยุ่นมีค่าลดน้อยลง / สูตรที่ดีที่สุดในการผสมคือ การใส่เส้นใยสับปะรดที่ทำการปรับปรุงผิว แล้วลงไป 30%



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินการโครงการ

กิจกรรม	ระยะเวลาการดำเนินการ												
	2560					2561							
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	ค.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←-----→												
2. ศึกษาวิธีการทำงาน		←-----→											
3. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และสารเคมี	←-----→												
4. ทำการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยใบสับปะรด		←-----→											
5. ทำการขึ้นรูปและเตรียมชิ้นงานทดสอบ		←-----→											
6. ทดสอบสมบัติของชิ้นงาน		←-----→											
7. วิเคราะห์ผลการทดสอบ					←-----→								
8. สรุปผลการทดสอบ						←-----→							
9. จัดทำรูปเล่มปริญา นิพนธ์									←-----→				

←-----→ แสดงการดำเนินงานตามแผน

←-----→ แสดงการดำเนินงานจริง

3.2 วัสดุ สารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

3.2.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1. เม็ดพลาสติก PLA
2. เส้นใยโพลีเอสเตอร์
3. น้ำกลั่น

3.2.2 สารเคมีที่ใช้

1. NaOH แบบ AR GRADE

3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้

1. บีกเกอร์ขนาด 500 ml
2. แท่งแก้วคนสาร
3. จานเพาะเชื้อ

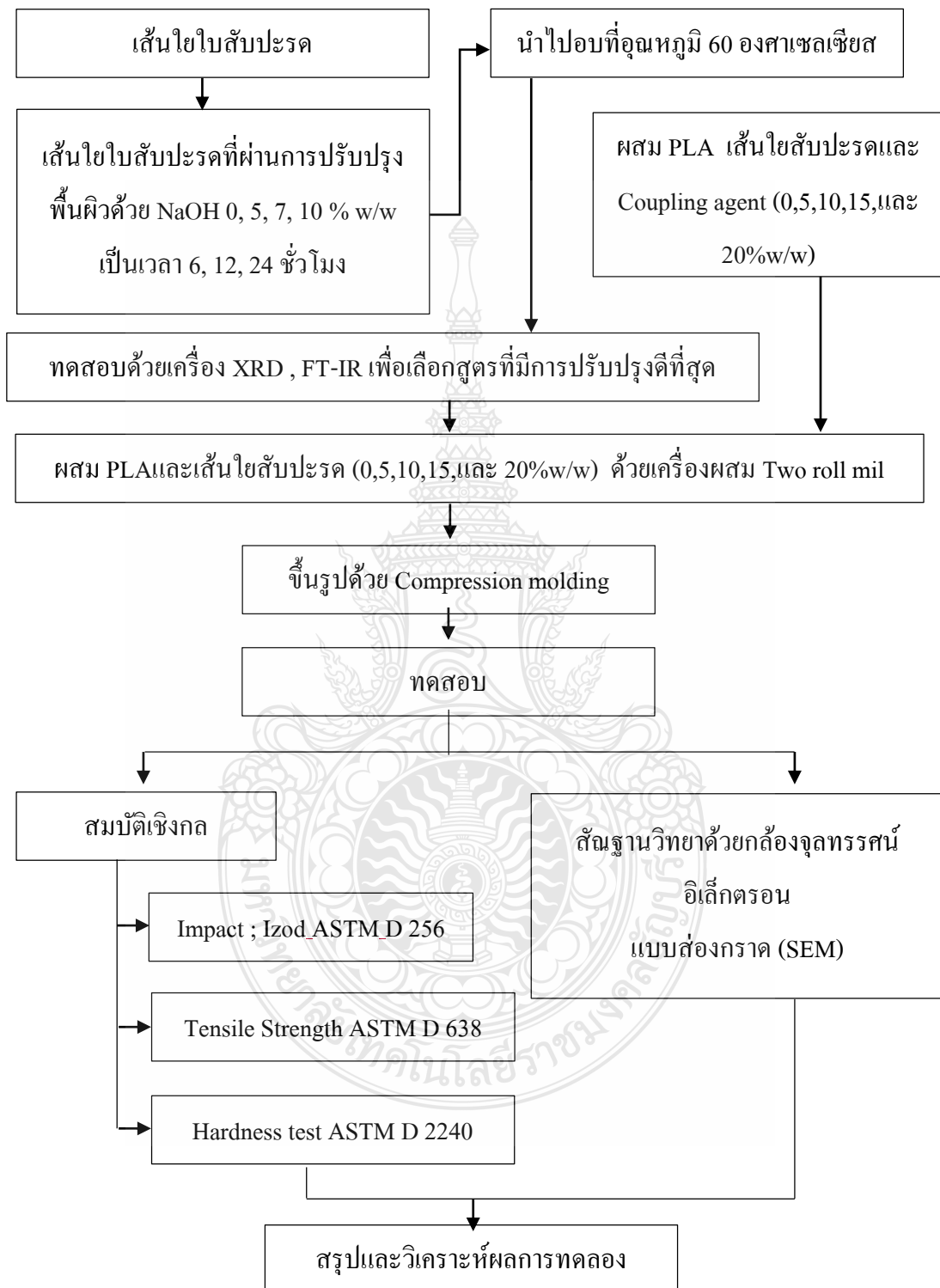
3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

1. เครื่องรีดแบบสองลูกกลิ้ง (Tow-roll mills) จากบริษัท Lab Tech
2. เครื่องกระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ (Compression molding)

Lab Tech

3. ตู้อบ ยี่ห้อ Memmert รุ่น UF110

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.4 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงาน

3.4 วิธีการดำเนินงาน

3.4.1 การปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยสับปะรด

เพื่อทดสอบสถานะที่เหมาะสมในการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยสับปะรด สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ถูกเตรียมที่ความเข้มข้น 0, 5, 7 และ 10 %w/w หลังจากนั้นนำเส้นใยสับปะรดไปแช่กับ NaOH ที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วทิ้งไว้ที่เวลา 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเส้นใยที่ได้ไปล้างจนเป็นจนมีความเป็นกรด – ด่างเป็นกลาง ทดสอบด้วยกระดาษ universal pH meter แล้วจึงนำอบที่และทดสอบโครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่อง FT-IR spectroscopy และทดสอบโครงสร้างผลึกของเซลลูโลสในเส้นใยสับปะรดที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิว ด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer ; XRD

3.4.2 วิเคราะห์สมบัติต่างๆ

1) วิเคราะห์สมบัติการทดสอบแรงดึง (Tensile strength) ของ PLA ที่ผสมเข้ากับเส้นใยสับปะรดตามมาตรฐาน ASTM D 638 ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงเพื่อดูเพื่อทำการทดสอบหาความสามารถในการทนแรงดึงของชิ้นงานทดสอบ ในการทดสอบนี้จะบอกถึงค่าการทนต่อแรงดึงของชิ้นงาน

2) วิเคราะห์สมบัติความแข็ง (Hardness) ของชิ้นงาน ตามมาตรฐาน ASTM D 2240 ด้วยเครื่องทดสอบความแข็ง (Rockwell hardness test) ชิ้นงานที่นำมาทดสอบจะต้องมีความหนา 3 mm. และผิวชิ้นงานทดสอบเรียบ ทดสอบกดหัวเข็มลงบนชิ้นงานจนหัวเข็มถึงจุดหยุดแล้วอ่านค่าที่ได้จากแผงควบคุม จะใช้กับวัสดุที่ค่อนข้างแข็ง

3) วิเคราะห์สมบัติการทนต่อแรงกระแทกของชิ้นงานทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM D 256 ด้วยเครื่องทดสอบ (Impact ; izod) นำไปทำการบากเมื่อได้ชิ้นงานจึงนำมาใช้ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ ค่าความแข็งแรงกระแทกสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Impact strength} = W/A$$

เมื่อ W คือ ค่าพลังงานกระแทก (kJ)

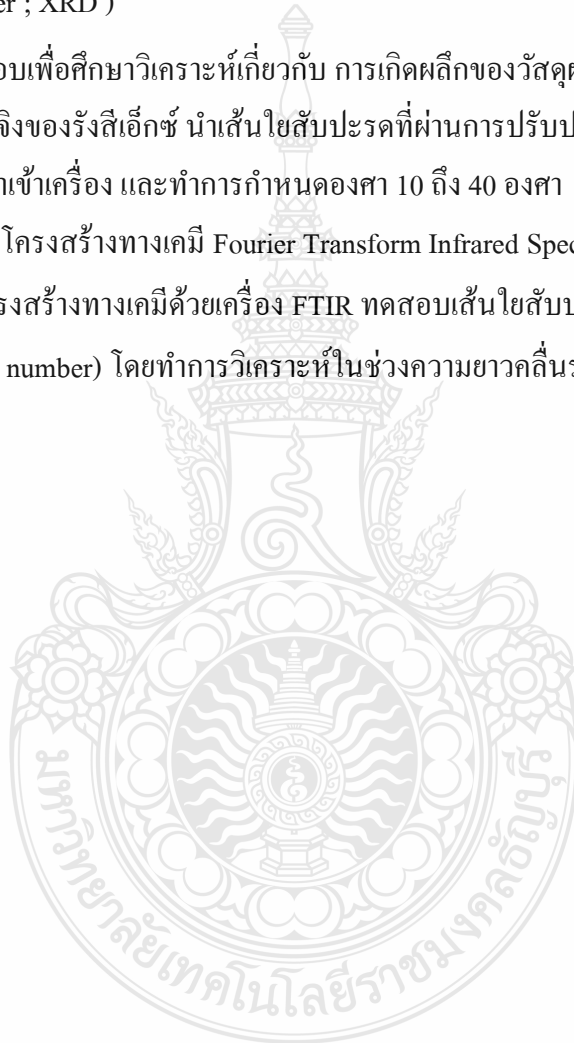
A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง (m²)

4) ทดสอบสมบัติทางกายภาพ (Scanning Electron Microscopy, SEM) ทดสอบสัณฐานวิทยา ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อดูพื้นผิวของแผ่นอัดที่ทำการผสมระหว่าง PLA กับ เส้นใยสับปะรด ซึ่งดูจากลักษณะการแตกหักของชิ้นงานทดสอบว่า ชิ้นงานทดสอบของเรามีสมบัติเชิงกลที่ดีมากน้อยอย่างไร

5) วิเคราะห์โครงสร้างผลึกของชิ้นงานที่ใช้ PLA ผสมกับเส้นใยสับปะรดด้วยเครื่อง (X-ray Diffractometer ; XRD)

เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับ การเกิดผลึกของวัสดุผสม โดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนและการกระเจิงของรังสีเอ็กซ์ นำเส้นใยสับปะรดที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวมาใส่บนแผ่นสไลด์จากนั้นทำการนำเข้าเครื่อง และทำการกำหนดองศา 10 ถึง 40 องศา

6) ทดสอบ โครงสร้างทางเคมี Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR) ตรวจสอบโครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่อง FTIR ทดสอบเส้นใยสับปะรดที่ผ่านการปรับปรุงผิวในช่วงเลขคลื่น (wave number) โดยทำการวิเคราะห์ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง $4,000-400\text{ cm}^{-1}$

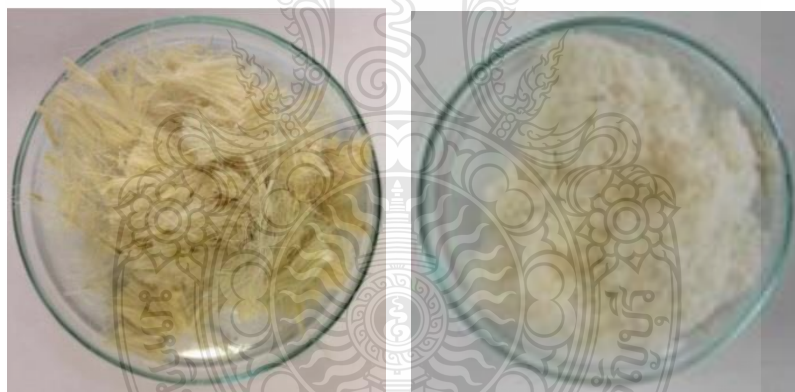


บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

จากการศึกษาจากการทดสอบสมบัติทางกลประกอบไปด้วย การทดสอบเส้นใยใบ สับปะรดที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุงผิว ที่ผ่านการปรับปรุงผิวและที่ใส่สารเชื่อมประสาน การทดสอบแรงดึง การทดสอบความทนต่อแรงกระแทก การทดสอบความแข็ง และสันฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบที่ขึ้นรูปได้สำหรับใช้เป็นวัสดุเชิงประกอบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 การเตรียมและทดสอบเส้นใยใบสับปะรดที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์



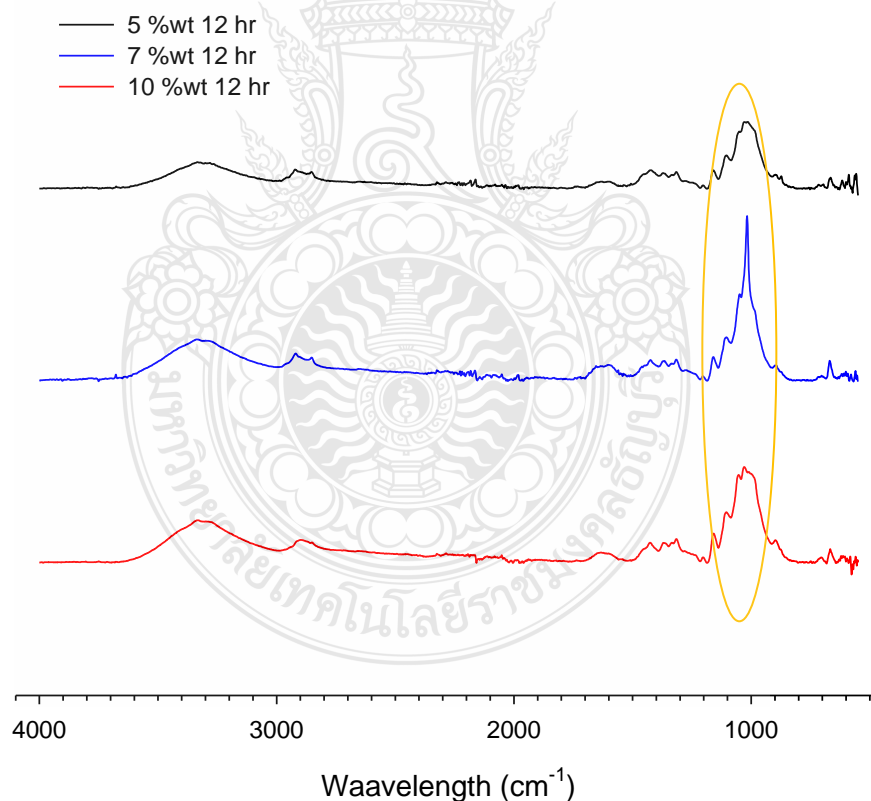
(ก)

(ข)

รูปที่ 4.1 (ก)ไม่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิว (ข)ผ่านการปรับปรุงพื้นผิว

เพื่อทำให้ผิวสัมผัสระหว่างเมทริกซ์ พอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยใบสับปะรดดีขึ้น โดยนำเส้นใยใบสับปะรดมาตัดให้มีขนาด 1-2 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.1 จากนั้นทำการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยใบสับปะรด โดยการแช่สารละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อต้องการเอาลิกนินที่อยู่ในเส้นใยใบสับปะรดออกที่ความเข้มข้น 0, 5, 7 และ 10 %w เป็นเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการล้างเส้นใยใบสับปะรดจนมีค่าเป็นกลางด้วยน้ำกลั่น (ตรวจสอบให้มีค่า pH~7) แล้ว

นำเข้าสู่อบเพื่อไล่ความชื้นออกเส้นใยใบสับประรดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นใยใบสับประรดที่อบเสร็จแล้วไปทำการศึกษาลักษณะฟังก์ชันทางเคมีด้วยเครื่อง FT-IR spectroscopy แล้วทำการเลือกสถานะที่ดีที่สุดในการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยใบสับประรด และนำเส้นใยใบสับประรดที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวไปผสมกับพอลิแลคติกแอซิดต่อไป ในรูปที่ 4.2 แสดงสเปกตรัมของเส้นใยใบสับประรดที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวที่สถานะต่างๆพบว่าพีคที่ 1630 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของลิกนิน ซึ่งพีคจะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโพลีเอทิลีนไดออกไซด์และเวลาพบว่าเวลา 12 ชั่วโมง ความเข้มข้น 7 %wt เป็นสถานะที่ถูกเลือก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alfredo R. Sena Neto[22]ซึ่งช่วงพีคที่ $1625\text{-}1730\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นพีคของเฮมิเซลลูโลส เห็นได้ชัดว่าพีคมีค่าที่ลดต่ำลงและพีคช่วง $1030\text{-}1170\text{ cm}^{-1}$ เป็นพีคของเซลลูโลส ที่ความเข้มข้น 7 %wt เป็นความเข้มข้นที่เซลลูโลสมีเหลือเยอะสุด








รูปที่ 4.2 สเปกตรัมของเส้นใยใบสับประรดที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวที่ความเข้มข้น 5, 7, 10 %wt ที่เวลา 12 hr

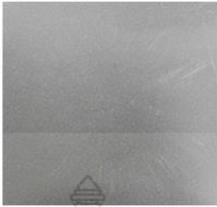
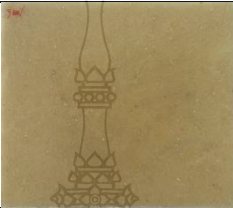
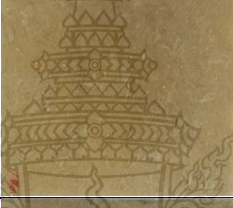


4.2 ลักษณะทางกายภาพของวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยใบสับปะรด

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยใบสับปะรดมาเพิ่มมูลค่าและทำวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยใบสับปะรด สำหรับใช้เป็นวัสดุเพื่อสิ่งแวดล้อม วัสดุหลักที่เราเลือกคือ พอลิแลคติกแอซิด ถูกผสมกับเส้นใยใบสับปะรดที่อัตราส่วน 0 ,5 ,10 ,15 และ20 %wt ผสมกันด้วยเครื่องผสมพลาสติกแบบสองลูกกลิ้ง อุณหภูมิที่ใช้คือ 180 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำคอมพาวด์ที่ผสมได้ ไปขึ้นรูปด้วยเครื่องกดอัดขึ้นรูป อุณหภูมิที่ใช้คือ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ดังตารางที่ 4.1 ,4.2 และ4.3 ตามลำดับ

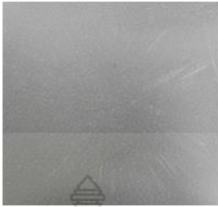
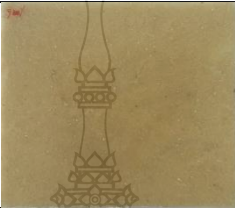
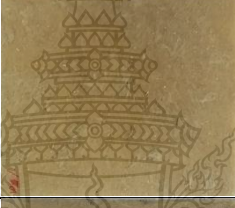


ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ไม่ปรับปรุงพื้นผิว

ตัวอย่าง	ลักษณะของชิ้นงาน	หมายเหตุ
PLA/PALF 0		ใส แข็งเปราะ
PLA/PALF 5		สีเหลืองอ่อน โปร่งแสง
PLA/PALF 10		สีเหลือง ทึบแสง
PLA/PALF 15		สีเหลืองเข้ม ทึบแสง
PLA/PALF 20		สีเหลืองเข้ม ทึบแสง

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่เติมสารเชื่อมประสาน

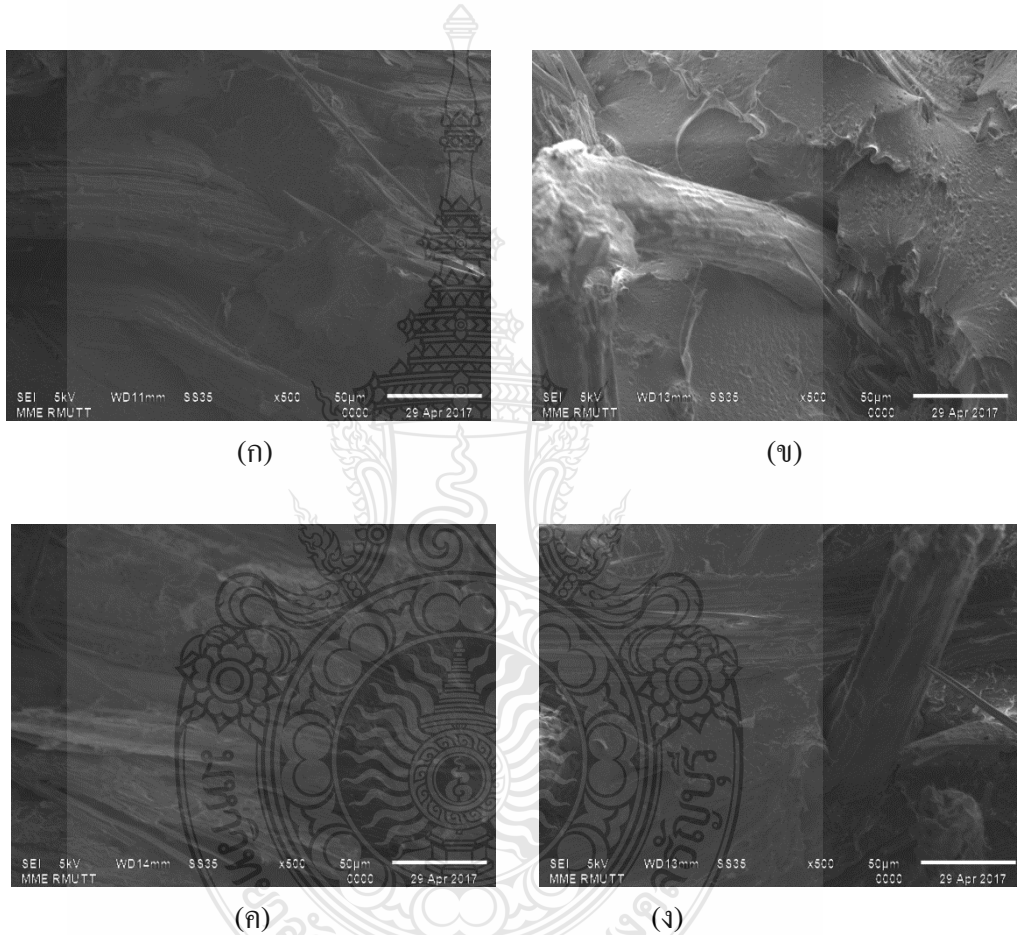
ตัวอย่าง	ลักษณะของชิ้นงาน	หมายเหตุ
PLA/PALF 0		ใส แข็งเปราะ
PLA/PALF 5		สีเหลืองอ่อน โปร่งแสง
PLA/PALF 10		สีเหลือง ทึบแสง
PLA/PALF 15		สีเหลืองเข้ม ทึบแสง
PLA/PALF 20		สีเหลืองเข้ม ทึบแสง

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่ปรับปรุงพื้นผิว

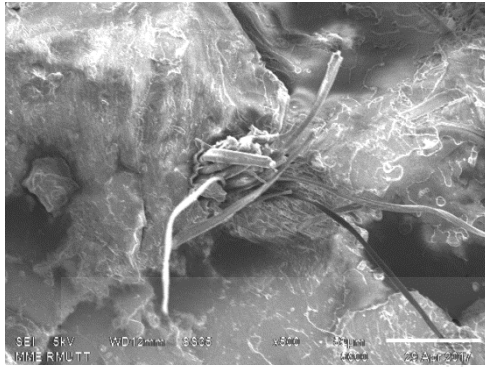
ตัวอย่าง	ลักษณะของชิ้นงาน	หมายเหตุ
PLA/tPALF 0		ใส แข็งเปราะ
PLA/tPALF 5		สีเหลืองอ่อน โปร่งแสง
PLA/tPALF 10		สีเหลือง ทึบแสง
PLA/tPALF 15		สีเหลืองเข้ม ทึบแสง
PLA/tPALF 20		สีเหลืองเข้ม ทึบแสง

4.3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยใบสับประรดที่ขึ้นรูปได้

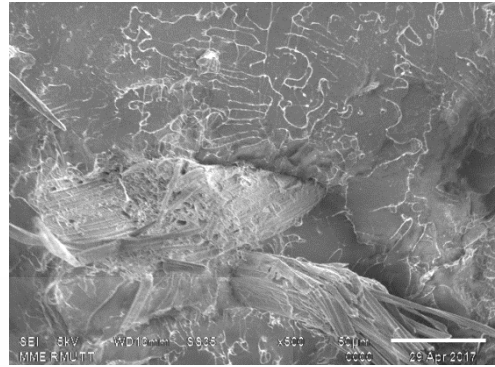
การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยใบสับประรดที่ทำการขึ้นรูปได้ด้วย SEM พบว่าพื้นผิวที่ทำการเติมเส้นใยใบสับประรดที่กระจายตัวอยู่ในเนื้อเมทริกซ์ โดยทำการศึกษาทางสัณฐานวิทยาในครั้งนี้ใช้กำลังขยายเพียง 500 เท่า



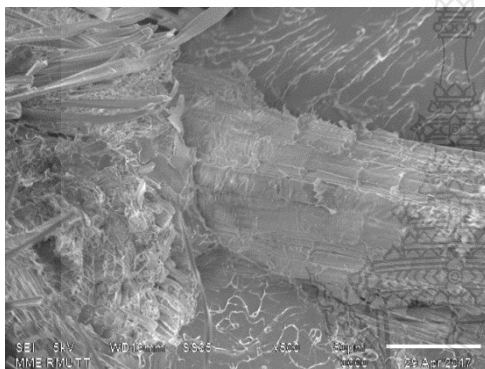
รูปที่ 4.3 ภาพถ่าย SEM ของเส้นใยใบสับประรดที่ไม่ปรับปรุงพื้นผิว (ก) PLA/PALF 5% (ข) PLA/PALF 10% (ค) PLA/PALF 15% (ง) PLA/PALF 20%



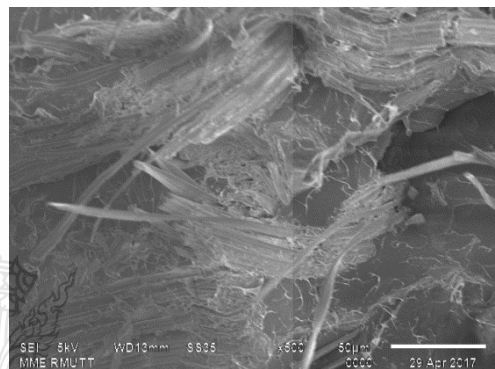
(ก)



(ข)



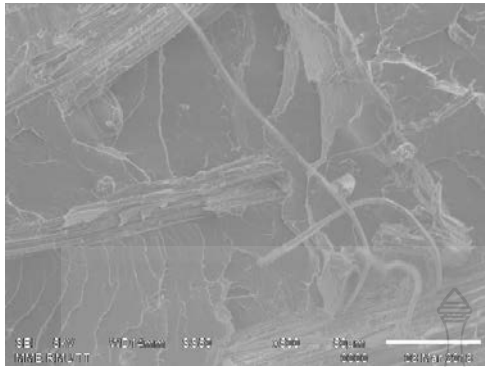
(ค)



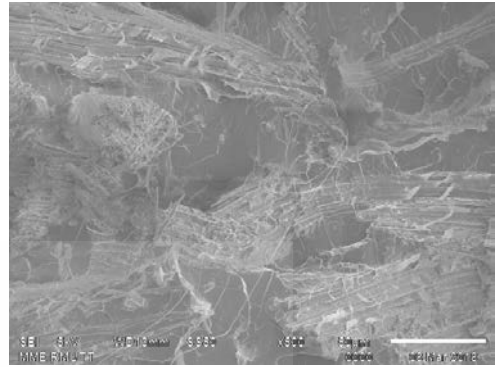
(ง)

รูปที่ 4.4 ภาพถ่าย SEM ของเส้นใยโพลีแลคติกที่เติมสารเชื่อมประสาน (ก) PLA/PALF 5% (ข) PLA/PALF 10% (ค) PLA/PALF 15% (ง) PLA/PALF 20%

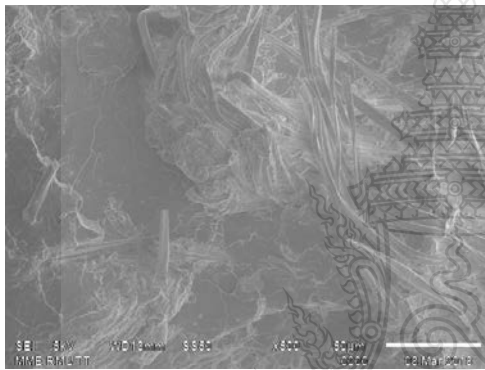




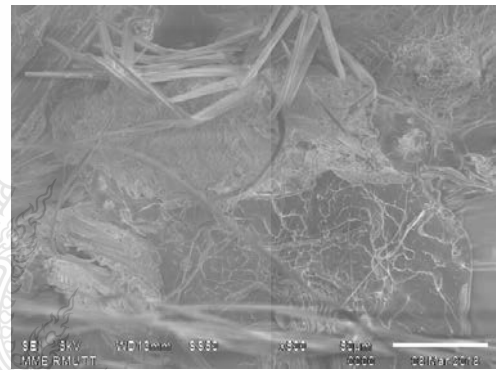
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.5 ภาพถ่าย SEM ของเส้นใยไบโอสปประรดที่ปรับปรุงพื้นผิว (ก) PLA/PALF 5% (ข) PLA/PALF 10% (ค) PLA/PALF 15% (ง) PLA/PALF 20%

4.4 สมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยใบสับปะรด

4.4.1 ผลการทดสอบการทนต่อแรงดึง

4.4.1.1 วัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิด เสริมแรงเส้นใยใบสับปะรด (เส้นใยที่ไม่ปรับปรุงพื้นผิว) (PLA/PALF)

ผลจากการทดสอบการทนต่อแรงดึง จากอัตราส่วนผสมที่ทำการศึกษารวมของ PLA/PALF 0 ,5 ,10 ,15 และ 20 %wt ผลจากการศึกษาผลของความทนต่อแรงดึง ที่อัตราส่วน 15 %wt มีความทนต่อแรงดึงมากที่สุด 48.09 MPa และมีค่า Young's Modulus 3264.7 MPa สูงที่สุดด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการทนต่อแรงดึง PLA/PALF

PLA/PALF	Tensile Strength (MPa)	Young's Modulus (MPa)
100:0	71.45	2052.87
95:5	47.77	3233.0
90:10	43.78	3040.6
85:15	48.09	3264.7
80:20	46.63	3191.8

4.4.1.2 วัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิด เสริมแรงเส้นใยใบสับปะรด (เส้นใยที่ไม่ปรับปรุงพื้นผิวและเติมสารเชื่อมประสาน) (PLA/PALF)

ผลจากการทดสอบการทนต่อแรงดึง จากอัตราส่วนผสมที่ทำการศึกษารวมของ PLA/PALF 0 ,5 ,10 ,15 และ 20 %wt และเติมสารเชื่อมประสาน 2 %wt ผลจากการศึกษาผลของความทนต่อแรงดึง ที่อัตราส่วน 15 %wt มีความทนต่อแรงดึงมากที่สุด 47.78 MPa และมีค่า Young's Modulus 3296.9 MPa สูงที่สุดด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการทนต่อแรงดึง PLA/PALF C.2

PLA/PALF	Tensile Strength (MPa)	Young's Modulus (MPa)
100:0	70.52	1788.7
95:5	45.28	2994.4
90:10	44.74	3265.4
85:15	47.78	3296.9
80:20	43.75	3385.9

4.4.1.3 วัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิด เสริมแรงเส้นใยไบโอสตีบประรด (เส้นใยที่ปรับปรุงพื้นผิว)(PLA/PALF)

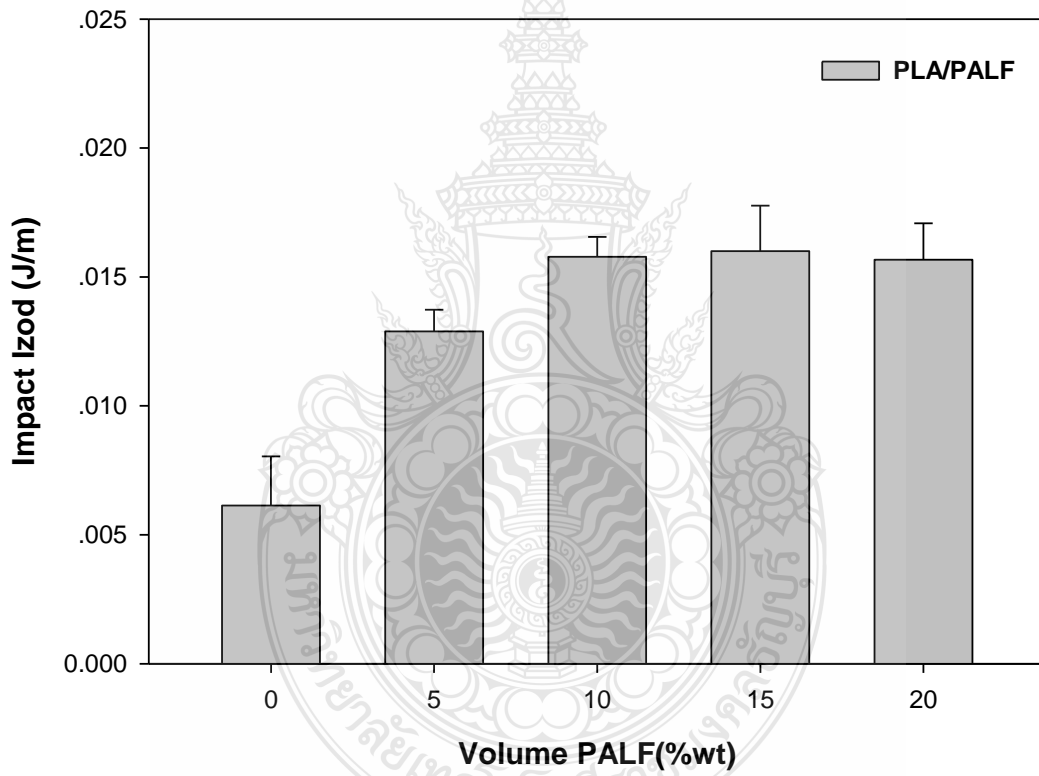
ผลจากการทดสอบการทนต่อแรงดึง จากอัตราส่วนผสมที่ทำการศึกษาของ PLA/PALF 0 ,5 ,10 ,15 และ 20 %wt และเติมสารเชื่อมประสาน 2 %wt ผลจากการศึกษาผลของความทนต่อแรงดึง ที่อัตราส่วน 15 %wt มีความทนต่อแรงดึงมากที่สุด 47.78 MPa และมีค่า Young's Modulus สูงที่สุดด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการทนต่อแรงดึง PLA/tPALF

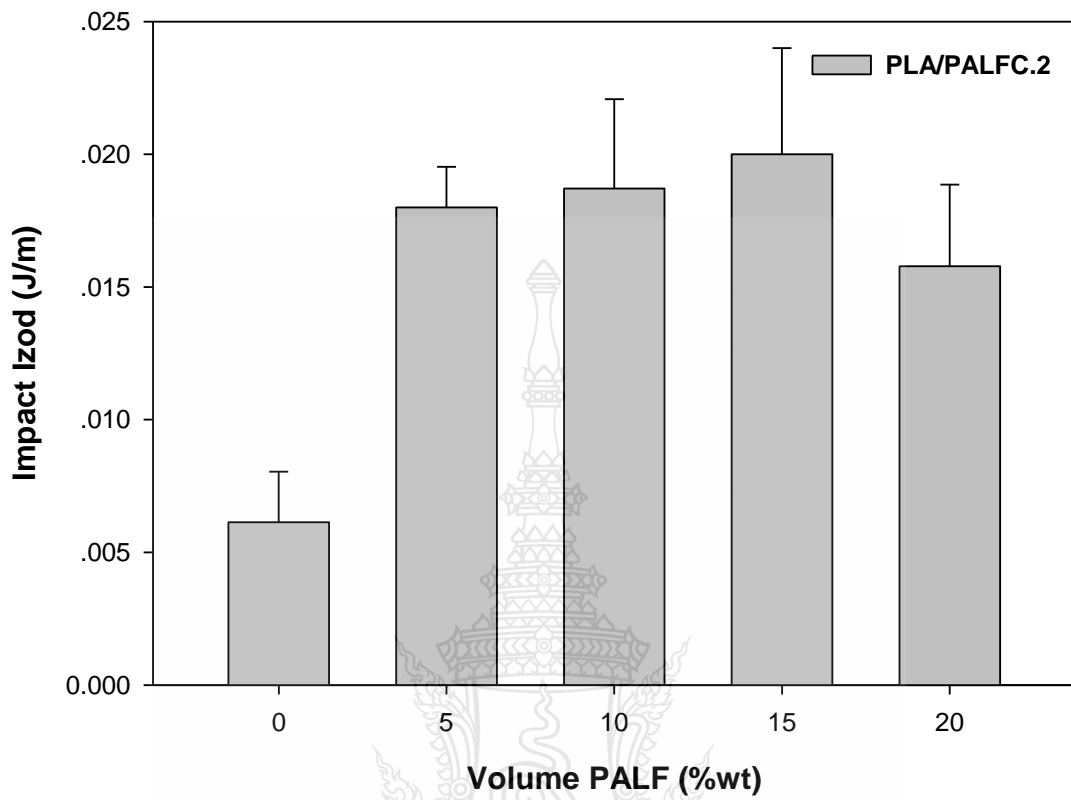
PLA/tPALF	Tensile Strength (MPa)	Young's Modulus (MPa)
100:0	70.52	1788.7
95:5	47.55	2595
90:10	51.57	2969
85:15	64.8	3801
80:20	55.97	3153

4.4.2 ผลการทดสอบการทนต่อแรงกระแทก

ผลของความทนต่อแรงกระแทกของ PLA กรณีที่ไม่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยไบโอสับปะรด มีค่าน้อยกว่าโดยที่ PLA95/PALF5, PLA90/PALF10, PLA85/PALF15, PLA80/PALF20 ซึ่งค่าที่มีการเติมเส้นใยไบโอสับปะรด แต่ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยไบโอสับปะรดที่เติมลงไปนั้น ไปทำหน้าที่เป็นตัวเสริมแรง แต่เมื่อเติมลงไป 20%wt พบว่าค่าการทนต่อแรงกระแทกนั้นลดลงอันเนื่องมาจากการเกาะกลุ่มกันของเส้นใยไบโอสับปะรด

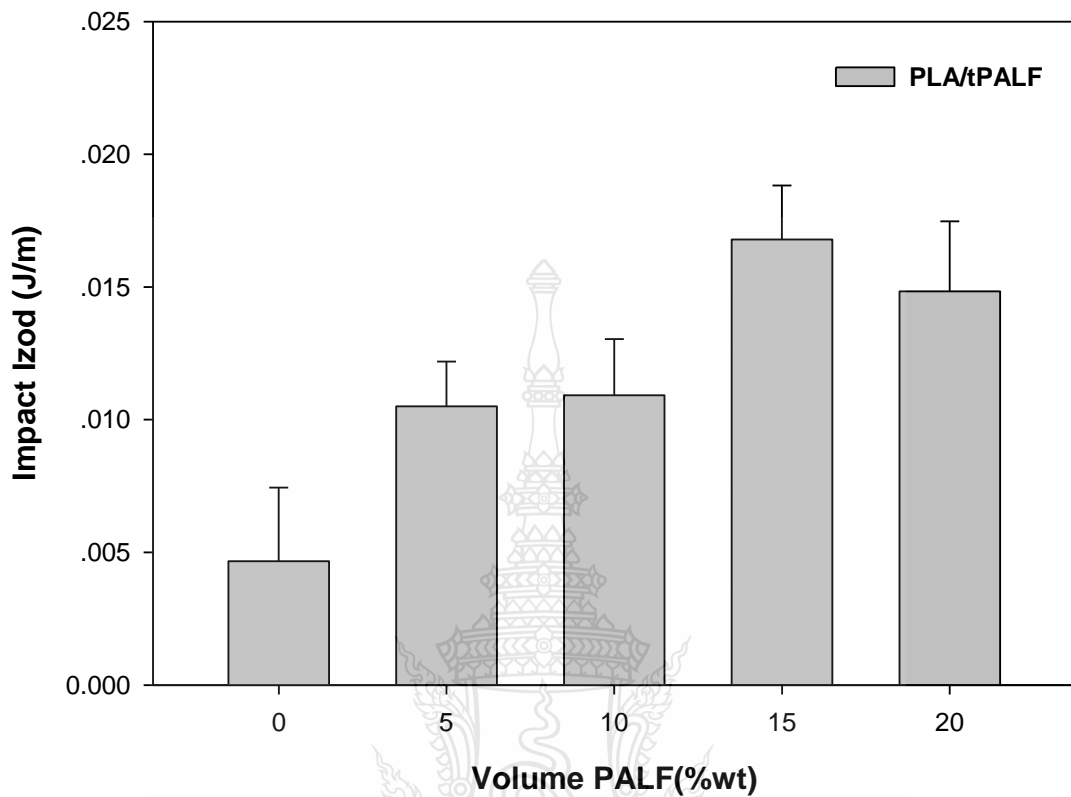


รูปที่ 4.6 กราฟการทนต่อแรงกระแทกที่ไม่มีการปรับปรุงพื้นผิว



รูปที่ 4.7 กราฟการทนต่อแรงกระแทกที่มีการเติมสารเชื่อมประสาน

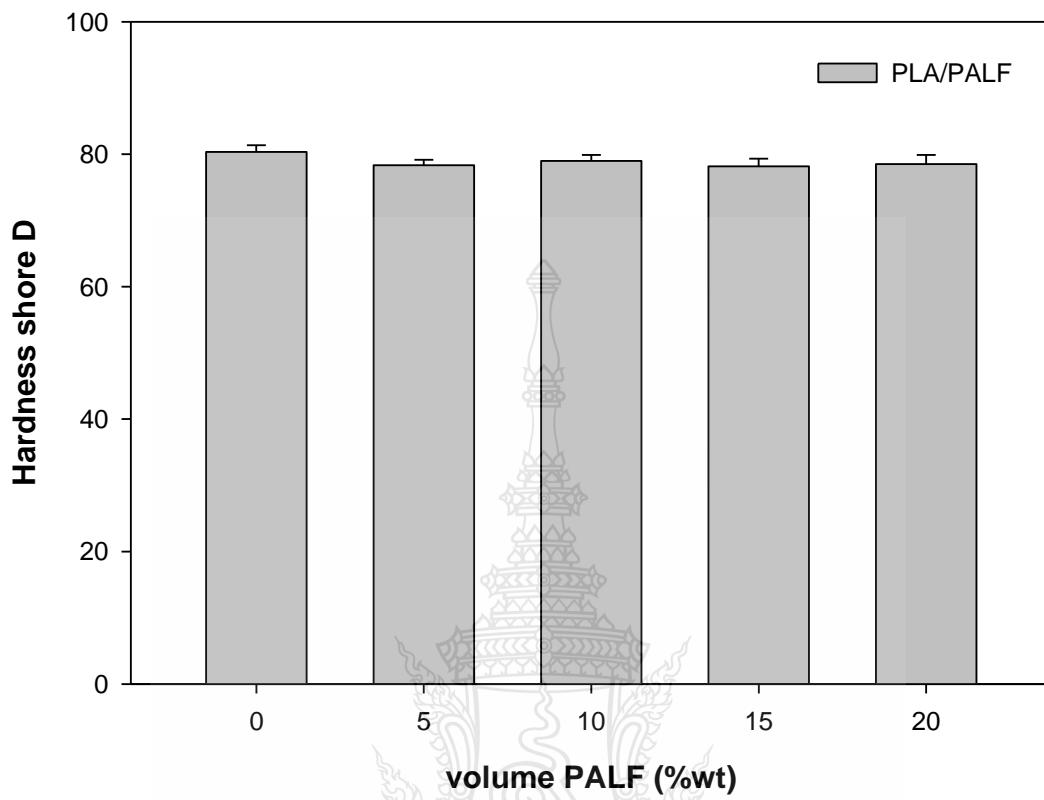




รูปที่ 4.8 กราฟการทนต่อแรงกระแทกที่มีการปรับปรุงพื้นผิว

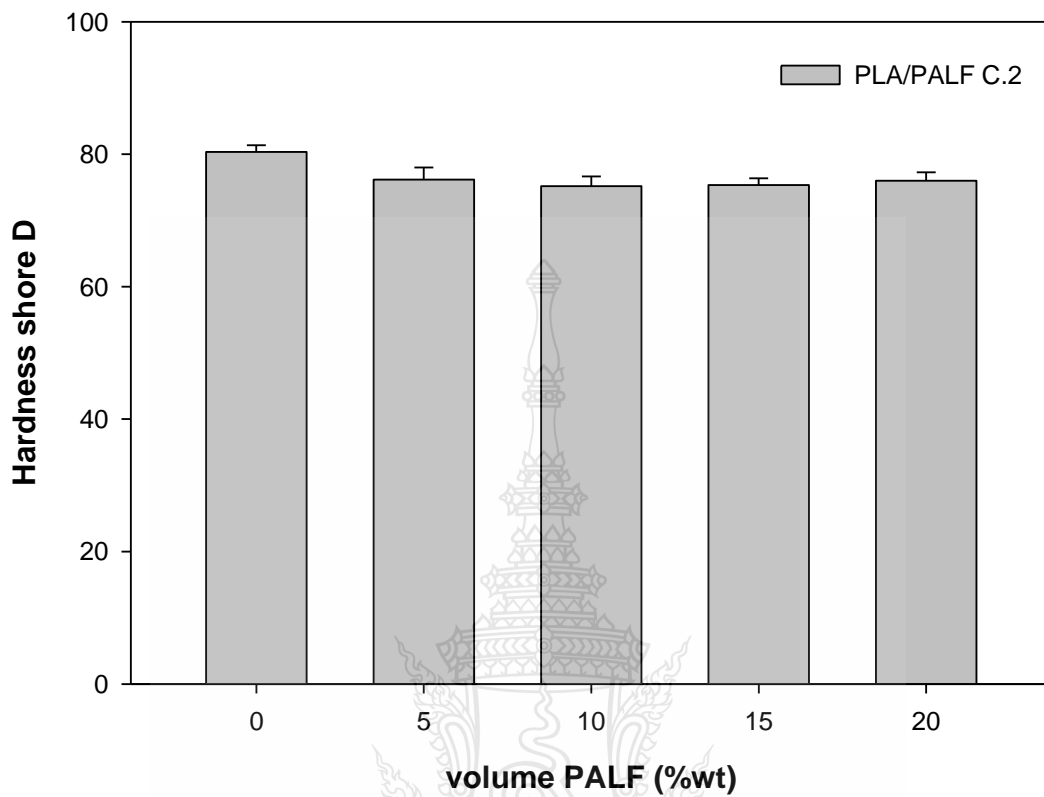
4.4.3 ผลการทดสอบความแข็ง

ผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบความแข็ง พบว่าเมื่อมีการเติมเส้นใยใบสับประดลงไป ความแข็งที่ผิว ทั้งที่มีการปรับปรุงพื้นผิว ไม่มีการปรับปรุงพื้นผิว และการเติมสารเชื่อมประสาน ไม่มีผลต่อความแข็งที่ผิวมากนัก เนื่องจากการทดสอบความแข็งที่ผิวเป็นการทดสอบบริเวณพื้นผิวเท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากการทดสอบสมบัติเชิงกลอื่นๆ



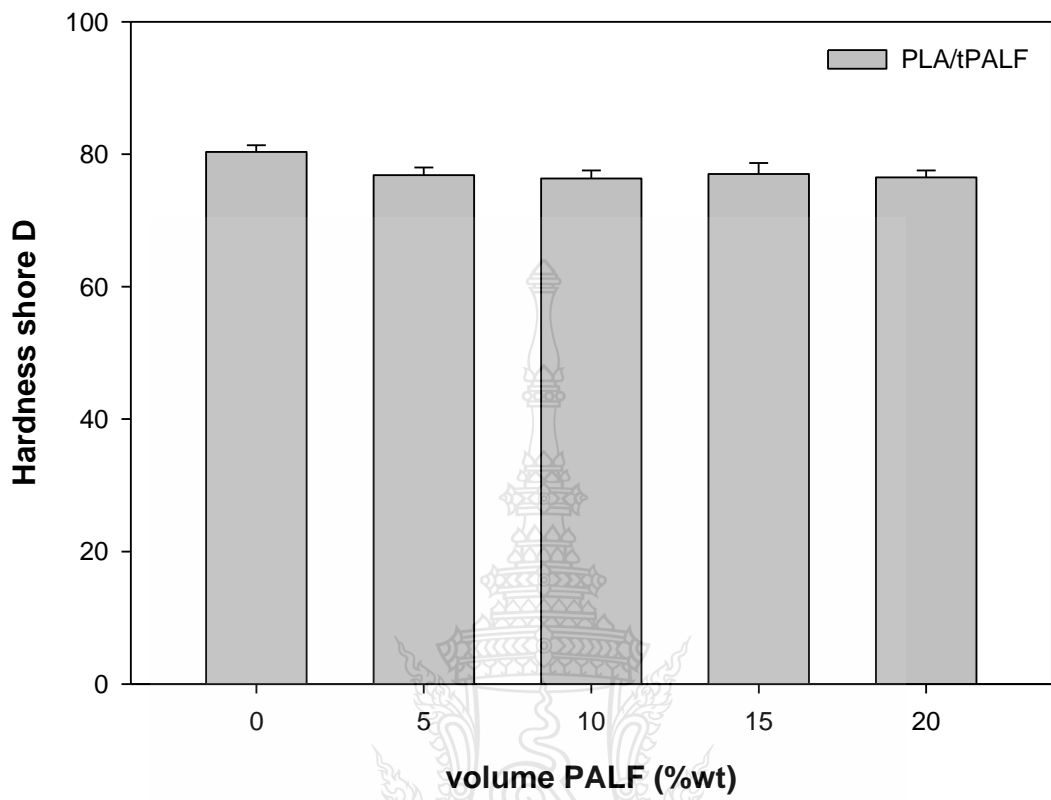
รูปที่ 4.9 PLA/PALF กราฟระหว่าง Hardness และการเติมปริมาณเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่ไม่ปรับปรุงพื้นผิว





รูปที่ 4.10 PLA/PALF กราฟระหว่าง Hardness และการเติมปริมาณเส้นใยโพลีลิกซานที่เติมสารเชื่อมประสาน





รูปที่ 4.11 PLA/tPALF กราฟระหว่าง Hardness และการเติมปริมาณเส้นใยไบสัปประดที่ปรับปรุงพื้นผิว



บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการพัฒนาวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยโพลีเอสเตอร์คาร์บอนโดยการนำมาจัดทำงานวิจัยได้สำเร็จลุล่วงโดยผลการดำเนินการวิจัยนั้นทำให้ได้ข้อสรุปดังนี้

5.1 สรุป

จากการศึกษาการพัฒนาวัสดุเชิงประกอบเสริมแรงด้วยเส้นใยโพลีเอสเตอร์คาร์บอนโดยการนำมาพัฒนาเป็นวัสดุเชิงประกอบกับพอลิแลคติกแอซิด (PLA) ในการปรับปรุงพื้นผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 7 %wt เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่จะมีลิกนินอยู่ที่ตำแหน่งคลื่น 1630 cm^{-1} และเมื่อทำการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยพอลิเอสเตอร์คาร์บอนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 7 %wt ที่เวลา 12 ชั่วโมง พบว่าพีคของลิกนินมีค่าลดลงมากเมื่อเทียบกับเส้นใยโพลีเอสเตอร์คาร์บอนที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงพื้นผิว เมื่อนำเส้นใยโพลีเอสเตอร์คาร์บอนที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวที่ดีที่สุดนำมาผสมกับ PLA นำมาผสมกับพลาสติกที่ปริมาณ 0, 5, 10, 15 และ 20 %wt เมื่อทำการผสมแล้วค่าการทนต่อแรงดึงมีค่าลดลงเกินครึ่งในทุกอัตราส่วนและค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด ลดลงทุกอัตราส่วนเช่นกัน แต่ค่ายังโมดูลัสเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วนจากนั้นพบว่าวัสดุเชิงประกอบผสมกับเส้นใยโพลีเอสเตอร์คาร์บอนที่สัดส่วน PLA/PALF 100/0, 95/5, 90/10, 85/15 และ 80/20 %wt มีสมบัติการทนต่อแรงดึงยืดค่ายังโมดูลัส ค่าการทนต่อแรงกระแทกดีขึ้น สมบัติการทนต่อแรงยึดทนต่อแรงกระแทกดีกว่าพลาสติกที่ไม่ได้ทำการผสมเส้นใยโพลีเอสเตอร์คาร์บอน

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดเสริมแรงด้วยเส้นใยโพลีเอสเตอร์คาร์บอน นั้นเป็นวัสดุผสมธรรมชาติที่สามารถนำไปใช้เลือกให้ได้ตามความเหมาะสมของแต่ละงานที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

บรรณานุกรม

- [1] Kriengsak Wongpromrat . 2556. **Plastics foresight**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สถาบันพลาสติก.
- [2] “รายงานราคามีดพลาสติกรายวัน.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :
<http://www.tpia.org/stat/graphday.asp> (29 มกราคม 2560)
- [3] “เส้นใยชีวภาพ.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.manager.co.th/Science/>
(29 มกราคม 2560)
- [4] “วัสดุผสมชีวภาพ.” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.tpa.or.th/publisher/>
(29 มกราคม 2560)
- [5] “แหล่งเส้นใยธรรมชาติที่ไม่ควรมองข้าม” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :
<http://www.thaiscience.info/journals/Article/> (29 มกราคม 2560)
- [6] Nanthaya Kengkhetkit, Taweechai Amornsakchai. 2013. “A new approach to Greening plastic composites using pineapple leaf waste for performance and cost effectiveness”. *Materials & Design* (1980-2015). Vol.
- [7] ผศ. ดร. สุปราณี แก้วภิรมย์, ผศ. ดร. ศิริเดช บุญแสง. 2557. พิมพ์ครั้งที่ 1. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [8] R.M.N. Ariba, S.M. Sapuana, M.M.H.M. Ahmada, M.T. Paridahb, H.M.D. Khairul Zamanc. 2006. “Mechanical properties of pineapple leaf fibre reinforced polypropylene composites”. **Materials & Design** (1980-2015). Vol. 27 : 391-396.
- [9] Jayamol Georgea, S.S. Bhagawanb, Sabu Thomas. 1998. “Effects of environment on the properties of low-density polyethylene composites reinforced with pineapple-leaf fibre”. **Composites Science and Technology**. Vol. 58, (Sep) : 1471-1485.
- [10] Kloykamol Panyasart. Nattawut Chaiyut. Taweechai Amornsakchai. Onuma Santawitee. 2014. “Effect of Surface Treatment on the Properties of Pineapple Leaf Fibers Reinforced Polyamide 6 Composites”. **Energy Procedia**. Vol. 56, (Jul) : 406-413.

- [11] วชิระ ขมาภัย, ปราณิ ชาวกล้า, นัฐกานต์ ไตรอุโฆษ, วัชรพล วงษ์ชนเจริญ. 2012. พลาสติก PLA (Polylactic acid) .POLYMER ENGINEERING 05.
- [12] จตุพร วุฒิกันกกาญจน์ และคณะ. ทฤษฎี งานวิจัย และสถิติที่เกี่ยวข้อ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.seem.kmutt.ac.th/research/pentec/images>
- [13] MCOT. 2554. ขวดพลาสติกเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://campus.sanook.com/935440/> (18 กุมภาพันธ์ 2560)
- [14] ผศ. ดร. สุปราณี แก้วภิรมย์, ผศ. ดร. ศิริเดช บุญแสง. 2557. พิมพ์ครั้งที่ 1. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [15] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. การทดสอบแรงดึง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://eng.sut.ac.th/me/2014/laboratory/document/Tensile_Test.pdf
- [16] PB All Techno. 2558. การทดสอบความแข็ง (Hardness Test). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <https://www.pballtechno.com/article/>
- [17] “การทดสอบการกระแทก(Impact Testing).” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : [http://e-book.ram.edu/e-book/m/MY318\(51\)/MY318-8.pdf](http://e-book.ram.edu/e-book/m/MY318(51)/MY318-8.pdf) (22 กุมภาพันธ์ 2560)
- [18] สรินทร ลิ้มปนาท, เครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน, เครื่องมือวิจัยทางวัสดุศาสตร์ : ทฤษฎีและหลักการงานเบื้องต้น, วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา และคณะ(editor), สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2543, หน้า 309-322.
- [19] กนกภรณ์. 2556. การทดสอบด้านเคมี. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://science.kmutt.ac.th/sic/index.php/chemistry/>
- [20] ดร. ชาญชัย สิริเกษมเลิศ. 2554. เส้นใยสังเคราะห์. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.ttistextiledigest.com/articles/technology/item/3775> (18 กุมภาพันธ์ 2560)
- [21] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC). 2553. วัสดุที่เรียกว่า "คอมโพสิต (composites)" คือวัสดุประเภทใด. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <https://www.mtec.or.th/academic-services/mtec-question-answer/> (18 กุมภาพันธ์ 2560)

- [22] ชลัท ศิลปะสุนทร. 2553. อิทธิพลของการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยสับปะรดด้วยเอนไซม์ต่อสมบัติต่างๆ ของวัสดุคอมโพสิตพอลิคาร์บอเนตและเส้นใยสับปะรด. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก [:http://www.thapra.lib.su.ac.th/objects/thesis/fulltext/snamcn/Chalat_Silapasunthorn/fulltext.pdf](http://www.thapra.lib.su.ac.th/objects/thesis/fulltext/snamcn/Chalat_Silapasunthorn/fulltext.pdf) (18 กุมภาพันธ์ 2560)



ภาคผนวก



ผลงานตีพิมพ์และเผยแพร่



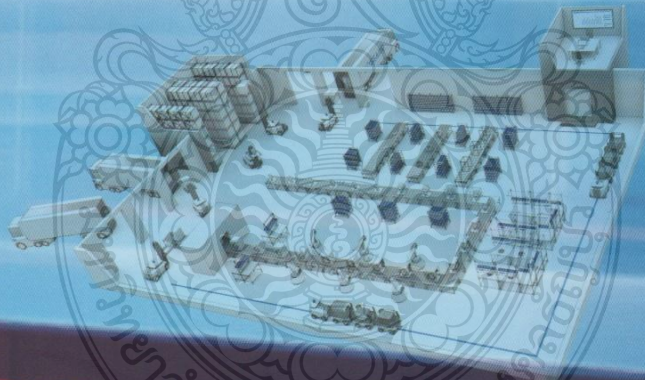
PROCEEDINGS

IE Network Conference

2017

The Empress Hotel
Chiang Mai, July 12th-15th 2017.

INDUSTRY 4.0 CHALLENGES FOR THAILAND



Proceeding download link



IE Network
2017

Code	Title	Page
ME059	The study of Factors Affected the Workpiece in Piercing Punch Procedure by Using Medium Carbon Steel	45
ME060	Development of Pineapple Leaf Fiber Reinforced Poly(lactic acid) for Environment-Friendly Product	46
ME061	The Fabrication of Shellac and Gelatin Hydrogel for Transdermal Gallic Acid Delivery Patch	46
ME062	A study of river sandy ratio which influence to material SS400 steel in abrasive water jets cutting.	47
ME064	Influential %elongation of Polyoxymethylene by adding silane coupling agent	47
ME065	The study on tensile stress of polyoxymethylene by adding silane coupling agent	48
ME067	Effect of CaCO ₃ from Paphia Undulate Shell by Hydrothermal Method Addition in Polyethylene for Rotational Molding on Mechanical and Flame Retardant Properties	49
ME069	Design of experiments that affect to pack carburizing cutting molds.	49
ME070	Study of Factors that Affect Weldability of a Titanium Welding	50
ME074	An Investigation on Influence of Substrate Grain Size on Intermetallic Compounds Between Sn-58Bi Lead-Free Solder and Cu Substrate	50
ME077	Production of Sintered Fe-Cr-Mo-Ni-Al-Si-C Alloy Steel by Admixing of Fe, Pre-alloyed 316L Stainless Steel, FeAl and SiC Powders	51
ME079	Machine parameter setting for tighten nut pinion A case study in an auto part industrial	52
ME080	Preparation and finding influence of factor for Preparing Copper Surface by Dielectric barrier discharge Plasma	52
ME086	Application of Response Surface Methodology for Optimization of Cutting Parameters and Prediction Surface Roughness for Face Milling Process of Tool Steel	53
ME087	The improvement of Milk packaging process: A case study of Dairy Cooperative in Ratchaburi	53
ME088	Optimization of gas tungsten arc welding (GTAW) parameters on copper alloy by Taguchi's method	54
ME089	Investigation of gas metal arc welding (GMAW) parameters on mechanical properties in SUS304 Using Taguchi's method	54
ME090	Wear behavior of hardened Blanking Die using hard facing weld	55



การพัฒนาวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดเสริมแรงด้วยเส้นใยใบสับประรดสำหรับเป็น ผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม

Development of Pineapple Leaf Fiber Reinforced Poly(lactic acid) for Environment-Friendly Product

ศิริพงศ์ แกมขุนทด¹ และ สุมนมมาลย์ นียมหลวง^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail: sumonman.n@en.mutt.ac.th *

Siripong Ghamkuntod¹ and Sumonman Niamlang^{1*}

¹ Department of Materials and Metallurgical Engineering, Faculty of Engineering Rajamangala
University of Technology Thanyaburi

E-mail: sumonman.n@en.mutt.ac.th *

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้จะพัฒนาผลิตภัณฑ์วัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดเสริมแรงด้วยเส้นใยใบสับประรด เพื่อศึกษาผลของปริมาณเส้นใยใบสับประรดในพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยใบสับประรด ต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกล โดยวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิด (Poly(lactic acid), PLA) กับเส้นใยใบสับประรด (Pineapple leaf fiber, PALF) ได้ถูกเตรียมขึ้นตามอัตราส่วนต่างๆกัน (0, 5, 10, 15 และ 20 %w/w สำหรับ PLA/PALF0, PLA /PALF5, PLA /PALF10, PLA / PALF15 และ PLA / PALF20 ตามลำดับ) และนำไปผสมด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill) จากนั้น นำไปขึ้นเป็นแผ่นโดยเครื่องอัดเข้าแบบไฮดรอลิค (Compression Molding) ที่อุณหภูมิ 180 °C 90 MPa แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง ซึ่งผลการทดสอบล้นฐานวิทยาพบว่าเส้นใยสับประรดมีการแทรกตัว และกระจายตัวอยู่ระหว่างเนื้อของพอลิแลคติกแอซิด แต่เกิดช่องว่างระหว่างรอยต่อระหว่างผิวของเส้นใยและเมทริกซ์ชัดเจน ซึ่งเป็นผลมาจากแรงผลักระหว่างเซลล์และพอลิเมอร์เมทริกซ์เนื่องจากความเป็นขี้ของเซลล์ในเส้นใย ส่งผลให้ค่าทนต่อแรงดึง (Tensile strength) นั้นลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยสับประรดในวัสดุเชิงประกอบ ในขณะที่เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยใบสับประรดในระบบพบว่า Hardness และค่า Impact strength แทบจะไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นเพื่อปรับปรุงความสามารถในการเข้ากันได้ของเส้นใยสับประรดและพอลิแลคติกแอซิด สารเชื่อมประสานจึงถูกเติมลงไป พบว่าการเติมสารเชื่อมประสานลงไปในนั้นทำให้ช่องว่างระหว่างเนื้อเมทริกซ์และเส้นใยใบสับประรดลดลง ส่งผลให้ค่า Hardness, Impact strength และ Tensile strength สูงขึ้นกว่าในระบบที่ไม่มีการเติมสารเชื่อมประสานลงไป ดังนั้นวัสดุเชิงประกอบนี้เหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้นกว่าพอลิแลคติกแอซิดที่ไม่มีการเติมเส้นใยใบสับประรด และสามารถลดราคาต้นทุนของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

คำหลัก พอลิแลคติกแอซิด, เส้นใยใบสับประรด, วัสดุเชิงประกอบ, วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

Abstract

The development of pineapple leaf fiber reinforced poly(lactic acid) (PALF reinforce PLA) was studied in this work. To investigate the effect of amount of PALF on the mechanical properties of



PLA/PALF composite, the PLA/PALF composite at various amount of PALF were prepared (0, 5,10, 15 and 20 %w/w PALF for PLA/PALF0, PLA /PALF5, PLA /PALF10, PLA /PALF15 and PLA /PALF20, respectively). PLA and PALF compounds were prepared by using two roll mill. The fabrication of PLA/PALF composite was conducted by compression molding at 180 °C and 90 MPa. From SEM micrograph, the PALF particle was dispersed in PLA matrix. The separation between PALF and PLA interface was observed due to the polarity of PLAF. Thus the tensile strength decreases with increasing amount PALF because of micro-voids between interfacial phase. The hardness and impact strength of PLA/PALF composite is comparable to neat PLA. To improve the PLA and PALF interface, coupling agent was added in PLA/PALF composite. PLA/PALF composite with coupling agent shows higher Impact strength, hardness and tensile strength than neat PLA/PALF composite due to the decreasing of micro-void in composite. Thus these environmental friendly PLA/PALF composite could be the suitable material for using in decoration applications.

Keywords: Poly(lactic acid), Pineapple leaf fiber, Composite material , Eco-friendly material

1. บทนำ

ปัจจุบันทิศทางของผลิตภัณฑ์ตกแต่งภายในบ้าน โดยเฉพาะที่ต้องสัมผัสกับมนุษย์นั้นจะเน้นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หรือเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เพื่อให้ผู้บริโภครู้สึกถึงความปลอดภัย และช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมไปด้วย ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะมีราคาค่อนข้างสูง พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid, PLA) เป็นหนึ่งในพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่สังเคราะห์ได้จากกรดแลคติกซึ่งเป็นผลผลิตจากมันสำปะหลัง อ้อย หรือข้าวโพด เนื่องจากสามารถย่อยสลายได้ในสภาวะ [1] [2] แต่พอลิแลคติกแอซิดยังมีข้อจำกัดด้านสมบัติเชิงกล โดยมีความเหนียวต่ำ และยังมีราคาสูงกว่าพลาสติกทั่วไป [4] มีงานวิจัยที่มุ่งเน้นในการพัฒนาสมบัติเชิงกลของพอลิแลคติกแอซิดด้วยการเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติมากมาย เช่น โยไฟ, ปอ, ป่าน หรือเส้นใยไหม [3,4] นอกจากนี้จะเป็นการปรับสมบัติเชิงกลของพอลิแลคติกแอซิดแล้วยังเป็นการผลิตต้นท่อนเนื้อเมทริกซ์ของพอลิแลคติกแอซิด ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นใยธรรมชาติเหล่านั้นด้วย

ในประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกสับปะรดกระป๋องรายหลักของโลก ดังนั้นใบสับปะรดจึงมีปริมาณมาก และมีการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การทำกระดาษจากใบสับปะรด นำไปทำปุ๋ยหมัก หรือทำเส้นใยไปถักทอเป็น

ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ [อ้างอิงให้ด้วยคะ] ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์จากพลาสติกให้มีมูลค่ามากขึ้น พร้อมทั้งปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพลาสติก ใบสับปะรดที่เหลือทิ้งจากการเก็บผลผลิตแล้ว ถูกนำไปเพื่อเป็นเพิ่มมูลค่าให้กับเส้นใยใบสับปะรดด้วยการนำไปผสมกับพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพสำหรับนำไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ในครัวเรือน

งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะพัฒนาวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยใบสับปะรด สำหรับประยุกต์ใช้ในงานสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม วัสดุเชิงประกอบนี้เลือกใช้เส้นใยใบสับปะรดเป็นตัวเสริมแรงในวัสดุเชิงประกอบ โดยศึกษาผลของปริมาณเส้นใยสับปะรดและการเติมตัวเชื่อมประสานลงในวัสดุเชิงประกอบต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับเลือกใช้วัสดุเชิงประกอบนี้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่สวยงามและมีสมบัติที่เหมาะสม [5]

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบ

เพื่อศึกษาผลของเส้นใยใบสับปะรดในวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิด (PLA) และเส้นใยใบสับปะรด (PLAF) ต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบ พอลิแลคติกแอซิด (บริษัท



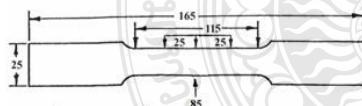
Nature work เกรด 3052D) , สาร Coupling agent maleic anhydride (C) (เกรด MA8510) ถูกผสมกับเส้นใยโพลีลัปประรด ด้วยเครื่อง Two roll mill (Labtech) ด้วยสัดส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นนำไปขึ้นเป็นแผ่น โดยเครื่องอัดเข้าแบบไฮดรอลิก (Compression Molding) ที่อุณหภูมิ 180 °C 70 MPa [7]

ตารางที่ 1 สัดส่วนการผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยโพลีลัปประรด

Sample code	Matrix	Pineapple leaf fiber (%w/w)	Coupling agent (%w/w)
PLA/PLAF0	PLA	0	0
PLA / PLAF 5	PLA	5	0
PLA / PLAF 10	PLA	10	0
PLA / PLAF 15	PLA	15	0
PLA / PLAF 20	PLA	20	0
PLA / PLA 0/C2	PLA	0	2
PLA / PLAF5/C	PLA	5	2
PLA / PLAF10/C2	PLA	10	2
PLA / PLAF15/C2	PLA	15	2
PLA/PALF 20/C2	PLA	20	2

2.2 ทดสอบสมบัติการทนแรงดึง (Tensile strength)

ทดสอบหาความสามารถในการทนแรงดึงของพลาสติก ด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638



รูปที่ 1 ขนาดของชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบการทนแรงดึง (หน่วย มิลลิเมตร)

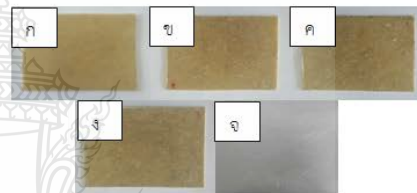
2.3 ทดสอบความแข็ง (Hardness)

ทดสอบความแข็งของแผ่นอัดวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยโพลีลัปประรด ด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D2240 Shore D

3. ผลและวิเคราะห์ผล

3.1 ลักษณะทางกายภาพของวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยโพลีลัปประรด

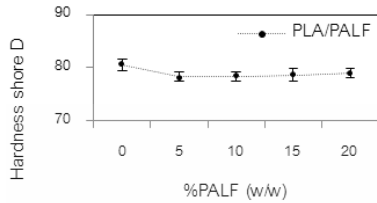
เนื่องจากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยโพลีลัปประรด สำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น หลังจากทำการขึ้นรูปแล้ววัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยโพลีลัปประรดที่ปริมาณสัดส่วนต่างๆ ถูกศึกษาลักษณะทางกายภาพดังแสดงใน รูปที่ 2 จะพบว่าชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้นั้นมีสีเหลืองอมน้ำตาลและมีลวดลายของเส้นใยโพลีลัปประรดสวยงาม เหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุตกแต่งภายใน



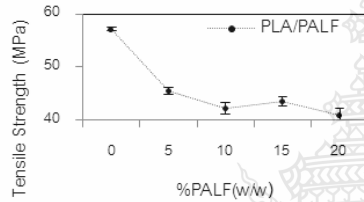
รูปที่ 2 ชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดที่ผสมเส้นใยโพลีลัปประรดที่ปริมาณ ก) 5, ข)10, ค) 15 และ ง) 20 %w/w และ จ) พอลิแลคติกแอซิด

3.2 สมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยโพลีลัปประรด

เพื่อศึกษาผลของปริมาณเส้นใยโพลีลัปประรดต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดและเส้นใยโพลีลัปประรด วัสดุเชิงประกอบที่สัดส่วนของเส้นใยโพลีลัปประรดต่าง ๆ (0-20 %w/w) ถูกนำไปขึ้นรูปและทดสอบสมบัติ Hardness, และ tensile strength ดังแสดงในรูปที่ 3 และ4 ตามลำดับ

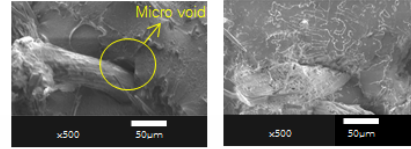


รูปที่ 3 ค่า Hardness ของวัสดุเชิงประกอบพอลิแลกติกแอซิดและเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่ปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนต่างๆ



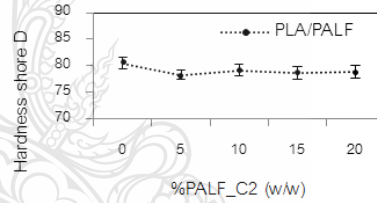
รูปที่ 4 ค่า Tensile strength ของวัสดุเชิงประกอบพอลิแลกติกแอซิดและเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่ปริมาณเส้นใยโพลีโพรพิลีนต่างๆ

เมื่อมีการเติมเส้นใยโพลีโพรพิลีนลงไปพบว่าค่าความแข็ง (Hardness) ของวัสดุเชิงประกอบพอลิแลกติกแอซิดและเส้นใยโพลีโพรพิลีนจะไม่แตกต่างจากพอลิแลกติกแอซิดที่ไม่มีการผสมใดๆ แต่ในขณะเดียวกันค่าทนต่อแรงดึง (tensile strength) นั้นลดลง ทั้งนี้สามารถอธิบายได้จากลักษณะการกระจายตัวของเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่พบช่องว่างระหว่างเนื้อเมทริกซ์พอลิแลกติกแอซิดและเส้นใยโพลีโพรพิลีนค่อนข้างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 5 เนื่องจากค่าความเป็นขี้ของเซลลูโลสในข้าวเปลือกนั้นสูง ซึ่งช่องว่างระหว่างเมทริกซ์และอนุภาคนั้นทำให้เกิดรูขนาดเล็กขึ้น (Micro void) ทำให้รบกวนการกระจายตัวของแรงดันที่ใส่ลงไปทำให้ค่าการทนต่อแรงดึงต่ำลง [6]

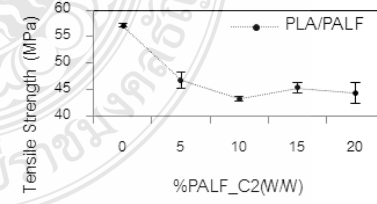


รูปที่ 5 สัณฐานวิทยาของ ก) PLA/PALF10 และ ข) PLA/PALF10/C2 กำลังขยาย 500

เพื่อปรับปรุงการเข้ากันได้ของเนื้อเมทริกซ์พอลิแลกติกแอซิดและเส้นใยโพลีโพรพิลีน สาร Coupling agent ถูกเติมลงไปเป็นปริมาณ 2%w/w พบว่าค่า Hardness ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ค่า tensile strength นั้นสูงขึ้น (รูปที่ 6 และ 7) ทั้งนี้เนื่องจากช่องว่างระหว่างพอลิแลกติกแอซิดและเส้นใยโพลีโพรพิลีนลดลง เพราะสาร Coupling agent นั้นสามารถปรับปรุงพื้นผิวสัมผัสระหว่างพอลิแลกติกแอซิดและเส้นใยโพลีโพรพิลีน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 6 ค่า Hardness ของวัสดุเชิงประกอบพอลิแลกติกแอซิดและเส้นใยโพลีโพรพิลีนผสมสาร coupling agent ที่สัดส่วนต่างๆ



รูปที่ 7 ค่า Tensile strength ของวัสดุเชิงประกอบพอลิแลกติกแอซิดและเส้นใยโพลีโพรพิลีนผสมสาร coupling agent ที่สัดส่วนต่างๆ



4. สรุปผลการทดลอง

วัสดุเชิงประกอบจากพอลิแลกติกแอซิดและเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่สกัดส่วนของเส้นใยโพลีโพรพิลีนด้วยเครื่องอัดเข้าแบบไฮดรอลิก (Compression Molding) ที่อุณหภูมิ 180 °C 90 MPa ได้แผ่นอัดที่มีเหลืองอมน้ำตาล มีการกระจายตัวของเส้นใยโพลีโพรพิลีนที่ดีในวัสดุเชิงประกอบ เมื่อมีการเพิ่มปริมาณ ค่าความแข็ง (Hardness) ของวัสดุเชิงประกอบไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ในขณะที่ค่า tensile strength นั้นลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นขั้วของเซลลูโลสในเส้นใยโพลีโพรพิลีนทำให้เกิดช่องว่างขึ้นระหว่างเมทริกซ์และเส้นใยโพลีโพรพิลีน เกิดรูขนาดเล็ก (Micro void) ขึ้นรบกวนการกระจายแรงดันทำให้ความสามารถในการต้านแรงดึงลดลง

เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบ สาร Coupling agent ลงไปเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งพบว่าค่า Tensile strength สูงขึ้น อีกทั้งยังมีการนำแผ่นอัดที่ขึ้นรูปได้มาสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมต้นแบบได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

กลุ่มวิจัย Advanced materials research และภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมหมาย ผิวสะอาด ,สรพงษ์ ภาวสุปรีดิ์ ,ภูริทัต ใจหลัก ,อุบล อินทร์ศร และวีราภรณ์ ผิวสะอาด.Preparation of Polymer Blends between Poly (L-lactic acid), Poly(butylene succinate-co-adipate) and Poly(butylene adipate-co-terephthalate) for Blow Film Industrial Application.การประชุมวิชาการรายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554
- [2] อมรรัตน์ เลิศวรสิริกุล, ฉบับที่ 77 ปีที่ 24 กรกฎาคม - กันยายน 2554, พอลิแลกติกแอซิด : พอลิเอสเทอร์ จากทรัพยากรที่สร้างทดแทนใหม่ได้, ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

- [3] M. Ho, K. Lau , H. Wang, D. Hui “Improvement on the properties of polylactic acid (PLA) using bamboo charcoal particles” Composites Part B: Engineering, Vol. 81, 2015, pp. 14–25
- [4] S. Hinchcliffe, K.Hess, W.Srubar “Experimental and theoretical investigation of prestressed natural fiber-reinforced polylactic acid (PLA) composite materials” Composites Part B: Engineering, Vol. 95, 2016, pp. 346–354
- [5] ตรีชัย อมรศักดิ์ชัย, นันทยา เก่งเชตรกิจ “โพลีโพรพิลีน แพล่งเส้นใยธรรมชาติที่ไม่ความองขำ” บทความ
- [6] G. U. Raju, S. Kumarappa, V. N. Gaitonde “Study on Effect of Process Parameters on Tensile Properties of Groundnut Shell-Vinyl Ester Composites: Analysis Using Design of Experiments” International Journal of Materials Science and Engineering, Vol.3, 2015, pp. 193-207
- [7] นายศิริพงษ์ แกมขุนทด, เกวลี นิลกำแหง, สมานมาลย์ นิยมกลาง, Kiyooki Ishimoto และ ศรศิลป์ โสภณสกุลวงศ์. “การพัฒนาวัสดุเชิงประกอบพอลิแลกติกแอซิด ผสมข้าวเปลือกสำหรับเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม”การประชุมวิชาการราชภัฏจันทรเกษมด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ประจำปี 2559.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายศิริพงศ์ แกมขุนทด

วัน เดือน ปีเกิด 6 พฤษภาคม 2536

ที่อยู่ 107/2 หมู่ 1 ตำบลชันนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี 15130

การศึกษา ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมพอลิเมอร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เบอร์โทร 096-7926466

อีเมล g.t.siripong@gmail.com

