



การศึกษาสมบัติของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมจากพอลิแลคติกแอซิดผสมเกลบ

Studying The Properties of Composite Material Prepared from Polylactic Acid and Rice Husk

กนกพร อนันต์ชั้นสุข* จิรวรรณ เผ่าบริบูรณ์ และ ธนัชพร แดงโชติ

Kanokporn Ananchuensook* Jirawan Paoboriboon and Tanachaporn Daengchot

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี ประเทศไทย

College of Engineering, Rangsit University, Pathum Thani, Thailand

*Corresponding author, E-mail: kanokporn.a@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมจากพลาสติคพอลิแลคติกแอซิด (Polylactic Acid : PLA) ผสมเส้นใยเกลบด้วยเทคนิคการหลอมอัดรีด เกลบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 35 μm ความยาวเฉลี่ย 195 μm ค่า Aspect ratio 5.5 ที่อัตราส่วน 0 1 2 และ 3 % wt. ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเข้าแบบ ที่อุณหภูมิ 180 °C ความดัน 1 bar จากนั้นทำการทดสอบสมบัติต่างๆ พบว่าเมื่อเติมเกลบในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ค่าความต้านทานแรงกระแทก มีค่าเพิ่มขึ้น ค่ามวลโมเลกุลเฉลี่ย ค่าความต้านทานแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาดมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ PLA บริสุทธิ์ เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างเส้นใยเกลบกับเนื้อพลาสติค PLA จึงส่งผลให้มีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้วัสดุคอมโพสิตมีสมบัติที่เสื่อมถอยลงเมื่อนำไปใช้งาน

คำสำคัญ: พอลิแลคติกแอซิด เกลบ เครื่องอัดเข้าแบบ ความต้านทานแรงกระแทก

Abstract

This research studied the properties of the composite material prepared from polylactic acid (PLA) and rice husk in the internal mixer with average diameter, length and aspect ratio of 35 μm , 195 μm and 5.5 respectively. The mixing ratios of rice husk were 0, 1, 2 and 3% wt. Compression molding was used for composite material processing at 180 °C and 1 bar. Then the sample specimens were tested. The impact strength was found to increase with increasing amount of rice husk but the molecular weight, tensile strength, and % of elongation at break decreased when compared to pure PLA. This was due to the gap between the rice husk fibers and PLA which resulted in increased water absorption, making the composite material deteriorate when used.

Keywords: polylactic acid, rice husk, compression molding, impact strength



1. บทนำ

ปัจจุบันมีความพยายามนำวัสดุอื่นมาแทนที่พอลิเมอร์ที่ผลิตจากปิโตรเลียม เพื่อเป็นการลดปัญหาจากของเสียที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงมีการนำพลาสติกชีวภาพมาใช้แทนโดยเฉพาะในรูปของวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิต เช่น พอลิแลคติกแอซิด หรือ PLA ผสมเส้นใยเนื่องจากมีสมบัติที่เข้าทดแทนกันได้ มีสมบัติที่ดีในการใช้งานทางวิศวกรรม (Porras, 2012) ย่อยสลายทางชีวภาพได้ ผลิตจากวัตถุดิบที่หลากหลาย เช่น น้ำตาล มันสำปะหลัง (Porras, 2012; Aniwat et al, 2006) สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ด้วยเครื่องจักรที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ดังนั้น PLA จึงเป็นพลาสติกชีวภาพผสมเส้นใยที่มีสมบัติและประสิทธิภาพการใช้งานที่เหมาะสม (Vink et al, 2003) แต่ยังมีข้อที่ต้องปรับปรุงอีก การเติมเส้นใยธรรมชาติซึ่งเตรียมได้จาก ชีวมวลเพื่อผลิตวัสดุคอมโพสิตที่ยังคงสมบัติต่างๆที่ดีไว้ เช่น เส้นใยจากฝ้าย ทุเรียน ปอ แกลบ และอื่นๆ หรือของเหลือทิ้งซึ่งจะเติมลงใน PLA เพื่อทำหน้าที่เป็นฟิลเลอร์หรือสารเสริมแรงและสารก่อผลึกในเมทริกซ์ของพอลิเมอร์ เนื่องจาก PLA เป็นพลาสติกที่มีระดับความเป็นผลึกต่ำ การเกิดผลึกช้า สารเสริมแรงหรือสารก่อผลึกนี้จะไปทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพของ PLA โดยการลดความหนาแน่นและลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ มีองค์ประกอบที่เข้ากันได้ดี เส้นใยกระจายไปทั่วชิ้นงาน (Tengku et al, 2010) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานดี

ในงานวิจัยนี้ใช้เส้นใยจากแกลบบดที่ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 325 mesh และล้างบนถาด เป็นเส้นใยขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถกระจายในเมทริกซ์ของ PLA ได้ดีและสม่ำเสมอ เส้นใยมีขนาด $\leq 45\mu\text{m}$ ใช้เป็นสารเสริมแรงให้กับ PLA ในการเตรียมวัสดุคอมโพสิต โดยทำการศึกษาผลของปริมาณเส้นใยที่มีต่อการดูดซึมน้ำ สันฐานวิทยามวลโมเลกุล และสมบัติทางกล

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 ศึกษาการเตรียมวัสดุคอมโพสิตจาก PLA ผสมเส้นใยจากแกลบ
- 2.2 ศึกษาผลของปริมาณเส้นใยที่เตรียมจากแกลบต่อสมบัติของวัสดุคอมโพสิต

3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารตั้งต้น

1. PLA เป็นพลาสติกชีวภาพเกรด PLA 2003D จากบริษัท บี ซี พอลิเมอร์ มาร์เก็ตติ้ง จำกัด
2. แกลบ จากอำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี สีเหลืองอมน้ำตาล

3.2 อุปกรณ์ แสดงดังตารางที่ 1

3.3 การเตรียมวัตถุดิบ



นำเม็ดพลาสติก PLA อบแห้งที่อุณหภูมิ 90 °C นาน 24 h บดเกลบ คัดขนาดด้วยตะแกรงร่อน ใช้เกลบที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 325 mesh แต่ล้างบนถาด เส้นใยมีขนาด $\leq 45\mu\text{m}$ นำไปอบต่อที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 h จะได้เส้นใยที่เตรียมจากเกลบเพื่อใช้ผสมกับ PLA และขึ้นรูปชิ้นงานต่อไป

ตารางที่ 1 อุปกรณ์การวิจัย

อุปกรณ์	หน้าที่
1. เครื่องผสมแบบปิด ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและพอลิเมอร์ มจร.	- ใช้ผสมพลาสติกและเส้นใย ก่อนการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดพลาสติก
2. เครื่องอัดเข้าแบบพลาสติก ยี่ห้อ Hydraulic press รุ่น MGLP 20AT	- ใช้ขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิต
3. เครื่องทดสอบแรงกระแทก ยี่ห้อ GOTECH รุ่น GT - 7045	- ใช้ทดสอบแรงกระแทก
4. เครื่องทดสอบแรงดึง ยี่ห้อ Comtech รุ่น QC-506BA	- ใช้ทดสอบแรงดึง
5. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-6400	- ศึกษาการกระจายตัวของเส้นใยเกลบในเมทริกซ์ของ PLA และขนาดของเส้นใย

3.4 การเตรียมวัสดุคอมโพสิต

นำเม็ดพลาสติก PLA ที่อบแล้วไปผสมกับเส้นใยจากเกลบ ใช้อัตราส่วนของเกลบปริมาณ 0 1 2 และ 3 %wt โดยการผสมในเครื่องผสมแบบปิด ที่อัตราเร็วของสกรูเท่ากับ 20 rpm อุณหภูมิ 180°C ขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องอัดเข้าแบบที่อุณหภูมิ 180°C ความดัน 1 bar นำไปเข้าระบบหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิและปล่อยให้คงรูปเป็นเวลา 10 min

3.5 การวิเคราะห์สมบัติของเส้นใยที่เตรียมได้

3.5.1 ปริมาณความชื้น

ความชื้นของเส้นใยที่เตรียมจากเกลบ ใช้การวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM: D4442-7 โดยการชั่งน้ำหนักเส้นใยจากเกลบ แล้วนำไปอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 105°C นาน 30 min โดยปริมาณความชื้นของเส้นใยมีความหมายถึง เปอร์เซนต์น้ำหนักที่สูญหายไปในการอบ คำนวณจากสมการที่ (1)

$$\text{Percent humidity} = \frac{W_0 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ W_0 คือน้ำหนักของเส้นใยก่อนการอบแห้ง W_1 คือน้ำหนักของเส้นใยหลังการอบแห้ง

3.5.2 ความยาว เส้นผ่านศูนย์กลางและค่า Aspect ratio ของเส้นใย

ขนาดของเส้นใยถูกศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดหรือ SEM นำเส้นใยจำนวน 30 เส้นมาวัดความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลาง คำนวณค่าเฉลี่ยโดยใช้สมการที่ (2) และ (3) ดังนี้



$$\text{avg } \varnothing = \frac{D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n}{n} \quad (2)$$

$$\text{avg length} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}{n} \quad (3)$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย n คือ จำนวนเส้นใย และ L คือ ความยาวของเส้นใย สำหรับอัตราส่วน Aspect ratio ถูกนำมาคำนวณเพื่อศึกษาความสามารถเสริมแรงของเส้นใย การคำนวณ Aspect ratio โดยใช้สมการที่ (4) ดังนี้

$$\text{Aspect ratio} = \frac{\text{length}}{\text{diameter}} \quad (4)$$

3.6 การทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ สันฐานวิทยา มวลโมเลกุลและสมบัติทางกล

3.6.1 การดูดซึมน้ำ

ตามมาตรฐาน ASTM D570 ใช้ตัวอย่างชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm หนา 4 mm ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักแห้ง แช่ตัวอย่างชิ้นงานในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 30°C นาน 24 h นำออกมาซับด้วยผ้าไมโครไฟเบอร์ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเปียกอีกครั้ง คำนวณค่าการดูดซึมน้ำ ตามสมการที่ (5)

$$\%H_2O \text{ absorbed} = \frac{\text{Wet weight} - \text{Dry weight}}{\text{Dry weight}} \times 100\% \quad (5)$$

3.6.2 การศึกษาสันฐานวิทยา

ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อตรวจสอบการกระจายของเส้นใย ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยนำชิ้นงานวางบนแท่นรอง ติดกาว เคลือบด้วยทอง ตรวจสอบที่กล้องจุลทรรศน์ 2,000 เท่า แล้วทำการบันทึกภาพ

3.6.3 การหามวลโมเลกุลโดยใช้เทคนิค Gel Permeation Chromatography

ใช้เครื่อง GPC เพื่อหามวลโมเลกุลเฉลี่ยของ PLA ในวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมได้โดยใช้พอลิสไตรีนเป็นสารมาตรฐานและใช้เตตระไฮโดรฟورانเป็นตัวทำละลาย ปรับอัตราการไหลเท่ากับ 1.0 mL/min. และอุณหภูมิของเตเท่ากับ 35 °C

3.6.4 การทดสอบแรงดึง

ตามมาตรฐาน ASTM D638 ตัวอย่างชิ้นงานขนาดความกว้าง 19 mm ความยาว 115 mm ความหนา 4 mm อัตราการดึง 50 mm/min ด้วย Load cell 10 kN ระยะจับชิ้นงาน 30 mm บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ ระยะยืด แรงที่ใช้และนำไปคำนวณค่าความเค้นและความเครียดแล้วนำไปเขียนกราฟเพื่ออ่านค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด เปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด การคำนวณแสดงดังสมการที่ (6) และ (7)

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (6)$$

เมื่อ F = แรงที่ใช้ในการดึง (N)

A_0 = พื้นที่หน้าตัดเริ่มต้นของชิ้นงาน

σ = ความเค้นเนื่องจากแรงดึงชิ้นงานตัวอย่าง



$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \quad (7)$$

เมื่อ L = ความยาวของชิ้นงาน ณ จุดแตกหัก (m)

L_0 = ความยาวเริ่มต้นของชิ้นงาน (m)

ε = การยืดตัวของชิ้นงาน ณ จุดขาด (%)

3.6.5 การทดสอบแรงกระแทก

ตามมาตรฐาน ASTM D256 ตัวอย่างชิ้นงานขนาดความกว้าง 12.5 mm ความยาว 60 mm ความหนา 4 mm และทำการบากรูปตัววีตรงกลางชิ้นงานไว้ที่ด้านหนึ่ง วางชิ้นงานไว้ระหว่างแท่นรองรับชิ้นงานให้ชิ้นงานอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางรอยบากตรงกับตำแหน่งที่กำหนด ยกตุ้มไปยังมุมเริ่มต้นการกระแทก แล้วปล่อยตุ้มเหวี่ยงลงมากระแทกชิ้นงานที่ทดสอบ ตุ้มจะกระแทกกับชิ้นงานที่บริเวณกึ่งกลางรอยบากระหว่างแท่นรองรับชิ้นงาน บันทึกผลการทดสอบ การคำนวณแสดงดังสมการที่ (8) - (10)

$$E = E' - (E1 + E2) \quad (8)$$

$$E1 = L \times \left(\frac{F}{2}\right) \times [(\cos\alpha' - \cos\alpha) + (\cos\beta' - \cos\beta)] \quad (9)$$

$$E2 = L \times F \times (\cos\theta' - \cos\theta) \quad (10)$$

เมื่อ α = มุมเริ่มต้นในการตี

α' = มุมที่ตีได้จากมุมเริ่มต้น

β = มุมที่กำหนดเอง

β' = มุมที่ตีได้จากมุมที่กำหนด

θ = มุมที่ได้จากการตีซ้ำ

θ' = มุมที่ไม่ได้ขึ้นทดสอบที่เข็มชี้ไม่เคลื่อนที่เนื่องจากตุ้มน้ำหนัก

L = ความยาวของแกนตี

F = น้ำหนักตุ้ม

E = พลังงานที่ถูกดูดซับ

4. ผลการวิจัย

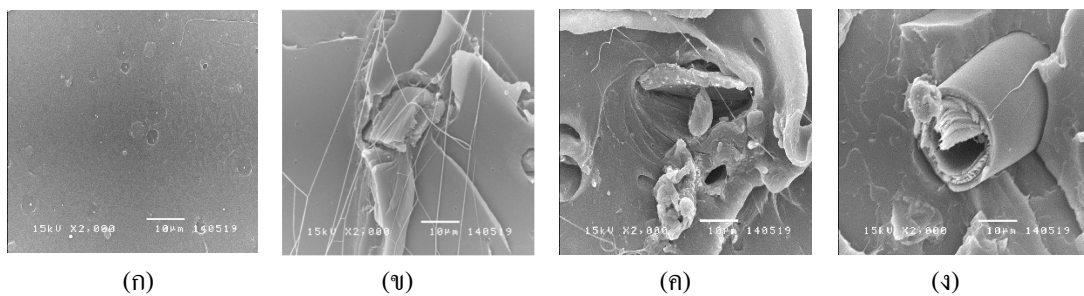
4.1 สมบัติของเส้นใยเกลบที่เตรียมได้มีค่าดังนี้คือ ความชื้น 7.8% เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 35 μm ความยาวเฉลี่ย 195 μm ซึ่งให้ค่า Aspect ratio เท่ากับ 5.5 เป็นเส้นใยที่มีศักยภาพในการเสริมแรงพลาสติกชีวภาพเพื่อเตรียมวัสดุคอมโพสิตได้จากการที่เส้นใยมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและต่อเนื่อง

4.2 การดูดซึมน้ำของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมจาก PLA ผสมเส้นใยจากเกลบของตัวอย่างชิ้นงานที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 30 วัน พบว่า วัสดุคอมโพสิต PLA ผสมเส้นใยจากเกลบมีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อผสมเกลบ



ปริมาณมากขึ้น จากค่า 0.80 %wt สำหรับ PLA บริสุทธิ์ เพิ่มขึ้นเป็น 0.84 %wt 0.91 %wt และ 1.05 %wt เมื่อผสม แกลบ 1%wt 2 %wt และ 3 %wt ตามลำดับ

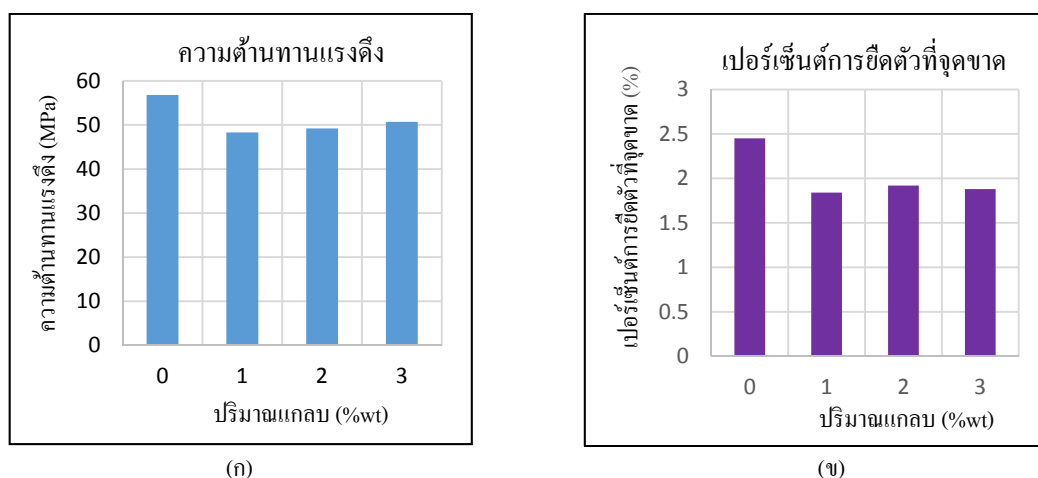
4.3 การศึกษาพื้นฐานวิทยาใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อตรวจสอบการกระจายของเส้นใย ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลาง แสดงดังรูปที่ 1 พบว่าเส้นใยจากแกลบมีการกระจายตัวดี ไม่เกาะกันเป็นกลุ่ม แต่มีช่องว่างระหว่างเส้นใยแกลบกับเนื้อพลาสติก PLA



รูปที่ 1 ภาพถ่าย SEM แสดงการเสริมแรงและการกระจายตัวของเส้นใยแกลบในวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมจาก PLA ผสมเส้นใยแกลบ (ก) 0% wt (ข) 1% wt (ค) 2% wt (ง) 3% wt

4.4 การหาค่ามวลโมเลกุลโดยใช้เทคนิค GPC ได้ค่ามวลโมเลกุลเฉลี่ยของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมจาก PLA ผสมเส้นใยจากแกลบปริมาณ 0 1 2 และ 3 %wt มีค่าเท่ากับ 112,418 93,487 82,415 และ 76,591 g/mol ซึ่งมีค่าลดลง เมื่อเติมเส้นใยแกลบปริมาณเพิ่มขึ้น

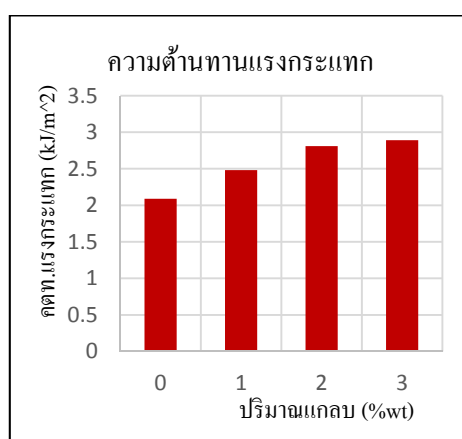
4.5 การทดสอบแรงดึงของวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมจาก PLA ผสมเส้นใยจากแกลบปริมาณ 0 1 2 และ 3 %wt พบว่าปริมาณเส้นใยแกลบมีผลต่อการค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดและเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด แสดงดังรูปที่ 2 (ก) และ (ข)



รูปที่ 2 ความต้านทานแรงดึง (ก) และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่จุดขาด (ข) ของ PLA และ วัสดุคอมโพสิต



4.6 การทดสอบแรงกระแทกวัสดุคอมโพสิตที่เตรียมจาก PLA ผสมเส้นใยจากแกลบปริมาณ 0 1 2 และ 3 %wt พบว่าปริมาณเส้นใยแกลบมีผลต่อการค่าความต้านทานแรงกระแทก แสดงดังรูปที่ 3



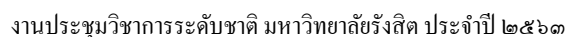
รูปที่ 3 ความต้านทานแรงกระแทกของ PLA และ วัสดุคอมโพสิต

5. การอภิปรายผล

การนำเส้นใยชีวภาพจากพืชมาใช้เป็นสารเสริมแรงสามารถนำส่วนต่างๆของต้นไม้มามาใช้ได้หลายส่วน เช่น ลำต้น ใบ ผล เมล็ด ฟาง หรือหญ้า (Jawaid and Abdul, 2011) ซึ่งเส้นใยจากแกลบที่เตรียมได้มีความยาวเฉลี่ย 195 μm เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 35 μm ค่า Aspect ratio เท่ากับ 5.5 เป็นเส้นใยที่มีศักยภาพในการเสริมแรงพลาสติกชีวภาพที่เหมาะสมในการเตรียมวัสดุคอมโพสิตได้ดี (Manshor, 2012) จากการที่เส้นใยมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและต่อเนื่อง แต่เส้นใยจากพืชมีองค์ประกอบเป็นสารประเภทเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ซึ่งชอบดูดความชื้น (Aswa et al, 2013) ดังนั้นเมื่อมีการเติมเส้นใยแกลบปริมาณมากขึ้นจึงส่งผลให้การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นจาก 0.80 %wt สำหรับ PLA บริสุทธิ์ เพิ่มขึ้นเป็น 0.84 %wt, 0.91 %wt และ 1.05 %wt เมื่อผสมแกลบ 1, 2 และ 3 %wt ตามลำดับ

นอกจากนี้การศึกษาฐานวิทยาศาสตร์ของวัสดุคอมโพสิตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อตรวจสอบการกระจายของเส้นใยแกลบพบว่าเส้นใยแกลบมีการกระจายที่ดี ไม่เกาะกันเป็นกลุ่ม แต่มีช่องว่างระหว่างเส้นใยแกลบกับเนื้อพลาสติก PLA จึงเป็นเหตุผลว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยแกลบจะทำให้การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น จากปริมาณเส้นใยแกลบที่เพิ่มขึ้นจะไปเพิ่มจำนวนรูพรุนและทำให้เกิดช่องว่างรอบๆเส้นใยส่งผลให้เกิดการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น [Aswa et al, 2013; Thi et al, 2014]. ขณะเดียวกันการเกิดช่องว่างรอบๆเส้นใยแกลบจะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวของ PLA และเส้นใยแกลบมีค่าน้อย การเติมแกลบปริมาณมากขึ้นจาก 0, 1, 2 และ 3 %wt จึงทำให้มวลโมเลกุลเฉลี่ยของวัสดุคอมโพสิตมีค่าลดลงจาก 112,418 93,487 82,415 และ 76,591 g/mol

สำหรับการทดสอบสมบัติทางกลของการทดสอบแรงดึง พบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยแกลบซึ่งมีขนาดคงที่เพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 48.3 MPa, 49.3 MPa และ 50.7 MPa เมื่อผสมแกลบ 1 %wt, 2 %wt และ 3 %wt ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลจากการทำหน้าที่เป็นสารเสริมแรงของเส้นใยแกลบ แต่มีค่าต่ำกว่า



เมื่อพิจารณาผลการทดสอบแรงกระแทกพบว่าความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุคอมโพสิตมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยแกลบเพิ่มขึ้นและมีค่ามากกว่า PLA บริสุทธิ์ โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 2.09 kJ/m² เป็น 2.48 kJ/m², 2.81 kJ/m² และ 2.89 kJ/m² เมื่อผสมเส้นใยแกลบ 1 %wt, 2 %wt และ 3 %wt ตามลำดับ เนื่องจาก PLA ผสมเส้นใยแกลบเป็นวัสดุคอมโพสิตที่สามารถดูดซับพลังงานที่สูงขึ้นเมื่อปริมาณแกลบเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นการหยุดการแตกร้าวที่จะขยายตัวออกไปเมื่อได้รับแรงกระแทกเพิ่มขึ้น (Mei et al, 2015)

วัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมจาก PLA ผสมเส้นใยแกลบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 35 μm ความยาวเฉลี่ย 195 μm ค่า Aspect ratio 5.5 ที่อัตราส่วน 0 %wt, 1 %wt, 2 %wt และ 3 %wt มีผลในการปรับปรุงสมบัติของวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิต โดยทำให้ค่าความต้านทานแรงกระแทกเพิ่มขึ้น ค่ามวลโมเลกุลเฉลี่ย ค่าความต้านทานแรงดึง เปอร์เซ็นต์การยึดตัวที่จุดขาดลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ PLA บริสุทธิ์ เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างเส้นใยแกลบกับเนื้อพลาสติก PLA จึงส่งผลให้มีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้วัสดุคอมโพสิตมีสมบัติที่เสื่อมถอยลงเมื่อนำไปใช้งาน

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยรังสิตที่กรุณาให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยและเผยแพร่ผลงานฉบับนี้

Aniwa, H et al., (2006). Characterization and mechanical properties of poly(ϵ -caprolactone)/ organoclay nanocomposites prepared by melt compounding. *Polymer Engineering and Science*. 27(3), 1-6.

Azwa, Z.N., YousifA, B.F., Manalo, C.,Karunasena, W. (2013). A review on the degradability of polymeric composites based on natural fibres. *Materials and Design*. 47, 424-442.

Jawaid, M., Abdul,K.H. (2011). Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: a review.*Carbohydrate Polymers*. 86, 1–18.

Manshor, RM., Anuar, H., Wan, N. WB., Ahmad, F. I. (2012). Preparation and characterization of physical properties of durian skin fibres biocomposite. *Advanced Materials Research*. 576, 212–215.

Mei, P.H., Kin, T.L., Hao,W. and David, Hui. (2015). Improvement on the properties of polylactic acid (PLA) using bamboo charcoal particles. *Composites: Part B: Engineering*. 81, 14-25.



- Porras, A., Maranon, A. (2012). Development and characterization of a laminate composite material from polylactic acid (PLA) and woven bamboo fabric. *Composites: Part B*. 43, 2782-2788.
- Tengku, F. ZH., Amri, F., Salmah, H., Tahir, I. (2010). The effect of acetic acid on properties of coconut filled low density polyethylene composites. *Indonesian Journal of Chemistry*. 10(3), 334–340.
- Thi, P., Thao, T., Bénézet, J.C. and Anne, B. (2014). Rice and Einkorn wheat husks reinforced poly(lactic acid) (PLA) biocomposites: Effects of alkaline and silane surface treatments of husks. *Industrial Crops and Products*. 58, 111-124.
- Vink, ETH., Rabago, KR., Glassner, DA., Gruber, PR. (2003). Application of life cycle assessment to NatureWorks polylactide production. *Polymer Degradation and Stability*. 80, 403–419.