

การเตรียมวัสดุเชิงประกอบจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและผงเปลือกแปะก๊วย Preparation of Composite Material from low Density Polyethylene and Ginkgo Shell Powder

เกศกนก ศิริทิบุลย์¹ ศิริชล บัวบุญ¹ อภิรัตน์ เล่าห์บุตรี² และ ฉัตรชัย วีระนิตสกุล^{1,*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Email: chatchai.v@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

วัสดุเชิงประกอบในงานวิจัยนี้เตรียมได้จากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและผงเปลือกแปะก๊วยที่มีปริมาณของผงเปลือกแปะก๊วยเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 ส่วนในร้อยส่วนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและผงเปลือกแปะก๊วยถูกนำมาทำคอมพาวนด์ด้วยเครื่องอัดรีดแบบ สกรูคู่ ความหนาแน่นของเม็ดคอมพาวนด์มีค่าประมาณ 0.93-0.95 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อัตราการไหลของเม็ดคอมพาวนด์มีค่าประมาณ 2.97-3.73 กรัมต่อ 10 นาที สรุปผลได้ว่าความหนาแน่นและความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณผงเปลือกแปะก๊วยเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นแผ่นวัสดุเชิงประกอบถูกเตรียมจากเม็ดคอมพาวนด์เข้ากระบวนการอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณผงเปลือกแปะก๊วยเพิ่มขึ้น เนื่องจากความแข็งของผงเปลือกแปะก๊วย ความต้านทานแรงดึงและร้อยละการยืดตัว ณ จุดขาดลดลงเมื่อปริมาณผงเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกาะกลุ่มของผง อย่างไรก็ตามมอดูลัสของยังส์เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณผงเพิ่มขึ้น เนื่องจากผงไปขัดขวางการเสียรูปของพลาสติก รูปจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงให้เห็นถึงการสูญเสียการยึดติดกันระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและผงเปลือกแปะก๊วย และมีช่องว่างภายในโครงสร้างมากขึ้น ดังนั้นการแตกหักแบบเปราะจึงเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณผงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิอ่อนตัวของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้มีค่าประมาณ 45.5-47.5 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

คำสำคัญ:

วัสดุเชิงประกอบ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ผงเปลือกแปะก๊วย

Abstract

Composite material were successfully prepared from low density polyethylene (LDPE) and ginkgo shell powder with the mixing ratios of 10, 20, 30, 40 and 50 phr of ginkgo shell powders. The LDPE and ginkgo shell powder were compounded via twin screw extruder. The density of the compounds were 0.93-0.95 g/cm³. The melt flow rate was approximately 2.97-3.73

g/10 min. It can be concluded that the density and viscosity increased when the ginkgo shell powders increased. After that, the sheets were prepared from the compounds by compression molding at 190°C. The hardness increased when the powder contents increased because of the hardness of ginkgo shell. The tensile strength and % elongation at break decreased when the powder contents increased due to agglomeration of powders. However, the Young's modulus increased with increasing the powder contents because the powders hindered the deformation. The scanning electron micrographs showed the loss of adhesion between LDPE and the ginkgo shell powders and more gap in surface structure. Therefore, the brittle fracture increased when the powder contents increased. Moreover, the heat deflection temperature (HDT) was approximately 45.5-47.5°C, which is similar to pure LDPE.

Keyword:

composite materials, low density polyethylene, ginkgo shell powder

1. บทนำ

พลาสติกโคมภัณฑ์หรือใช้งานทั่วไป (Commodity plastic) เป็นพลาสติกที่ใช้งานได้หลากหลาย ราคาไม่แพง และมีปริมาณการใช้งานสูงกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณพลาสติกทั้งหมด พลาสติกประเภทนี้ได้แก่ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High density polyethylene, HDPE) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low density polyethylene, LDPE) พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Poly(vinyl chloride), PVC) เป็นต้น

พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเป็นวัสดุที่มีการใช้งานในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำมาใช้งานในชีวิตประจำวันได้อย่างหลากหลาย มีสมบัติเป็นพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก สามารถรีไซเคิลได้ ทนสารเคมี กรดและด่างได้ดี ทนต่อการกรอบแตก จึงนิยมใช้งานในรูปของแผ่นฟิล์มถึง 2 ใน 3 ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด เช่น ถุง กระเป๋า ซองใส่อาหาร

ฟิล์มหุ้มอาหาร รวมถึงนำไปผลิตเป็นขวดพลาสติกอ่อน ชนิดบีบได้ วัสดุเคลือบผิว ของใช้ในครัวเรือน ฉนวนหุ้มสายไฟ สายเคเบิล และผลิตภัณฑ์พวกของเล่น

อย่างไรก็ตาม LDPE ยังมีข้อเสียในการใช้งาน เช่น ทนความร้อนได้ไม่สูงนัก มีความแข็งแรงต่ำ มีสีขาวขุ่น และอากาศสามารถซึมผ่านได้ จึงนิยมเติมสารปรับแต่งพอลิเมอร์ในกลุ่มสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อน สารเสริมแรง สารให้สี เป็นต้น แต่สารปรับแต่งที่ใช้โดยทั่วไปเป็นสารเคมี ซึ่งเป็นมลพิษต่อธรรมชาติ และมีราคาแพง ปัจจุบันจึงนิยมหันมาปรับปรุงให้ LDPE มีสมบัติที่ดีขึ้นโดยใช้วัสดุจากธรรมชาติ เช่น การนำเมล็ดธัญพืชที่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบเป็นสารเติมแต่งแก่ LDPE เพื่อให้ LDPE มีค่ามอดุลัส และความแข็งแรงเพิ่มขึ้น รวมถึงลดการติดไฟ [1] จากที่กล่าวมาคณะวิจัยพบว่า เปลือกแปะก๊วยเป็นวัสดุจากธรรมชาติที่มีความแข็งแรง และมีองค์ประกอบเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่คล้ายคลึงกับผงไม้และเมล็ดธัญพืช รวมถึงเป็นวัสดุเหลือจากการผลิตเม็ดแปะก๊วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกใช้เปลือก

ปะก๊วยเป็นสารเสริมแรง LDPE ซึ่งน่าจะให้ผลที่ใกล้เคียงกับสารเติมแต่งจากธรรมชาติตัวอื่นๆ โดยจะศึกษาหาปริมาณผงเปลือกปะก๊วยที่เหมาะสมสำหรับเติมลงใน LDPE รวมถึงศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบที่เตรียมได้

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 การเตรียมและทดสอบวัสดุดิบ

นำเปลือกปะก๊วยไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดแบบลูกบอล นำผงที่ได้ไปคัดขนาดผ่านตะแกรงขนาด 45 ไมครอน จากนั้นนำไปวิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope: SEM) วิเคราะห์เสถียรภาพทางความร้อนของผงเปลือกปะก๊วยด้วยเครื่องวิเคราะห์ความเสถียรภาพทางความร้อน (Thermogravimetric analyzer: TGA) โดยใช้สภาวะการทดสอบที่อุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสต่อนาทีและอุณหภูมิสูงสุด 700 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน

สำหรับเม็ดพลาสติก LDPE นำไปทดสอบหาความหนาแน่นด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักพร้อมอุปกรณ์สำหรับวัดความหนาแน่น ตามมาตรฐาน ASTM D792 จำนวน 10 เม็ด คำนวณหาค่าความหนาแน่นดังสมการที่ (1) และหาค่าเฉลี่ย

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{W}{W - W_1} \times \rho \quad (1)$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของเม็ดพลาสติกที่ชั่งในอากาศ (กรัม)
 W_1 คือ น้ำหนักของเม็ดพลาสติกที่ชั่งใน 2-โพรพานอล (กรัม)

ρ คือ ค่าความหนาแน่นของ 2-โพรพานอลมีค่าเท่ากับ 0.785 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

และทดสอบหาอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวด้วยเครื่องมือวัดอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลว (Melt flow index: MFI) ตามมาตรฐาน ASTM D1238 โดยใช้สภาวะอุณหภูมิทดสอบที่ 190 องศาเซลเซียสใช้น้ำหนักกด 2160 กรัมผ่านหัวตายที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2.095 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักของชิ้นงาน และนำน้ำหนักที่ได้ไปเทียบน้ำหนักเป็นกรัมต่อ 10 นาที ดังสมการที่ (2)

$$MFI = \frac{m \times 600}{t} \quad (2)$$

เมื่อ MFI คือ ค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลว (กรัม/10 นาที)

m คือ น้ำหนักของพอลิเมอร์หลอมเหลวที่ตัดออกมา (กรัม)

t คือ เวลาที่ใช้ในการตัดต่อชิ้น (วินาที)

2.2 การทำคอมพาวนด์และทดสอบคอมพาวนด์

นำวัตถุดิบไปชั่งเพื่อเตรียมคอมพาวนด์ตามสูตรในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรการเตรียมวัสดุเชิงประกอบ

สูตรที่	ปริมาณ (phr)	
	LDPE	ผงเปลือกปะก๊วย
1	100	0
2	100	10
3	100	20
4	100	30
5	100	40
6	100	50

โดยนำเม็ดพลาสติก LDPE มาเขย่าผสมกับผงเปลือก
ปะเกียวย จากนั้นนำของผสมมาผ่านเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่
โดยตั้งอุณหภูมิภายในกระบอกบาร์เรลถึงหัวตายเป็น
150, 160, 170, 180 และ 180 องศาเซลเซียส แล้วใช้
ความเร็วรอบการหมุนของสกรูเท่ากับ 50 รอบต่อนาที
ตัดคอมพาวนด์เป็นเม็ดด้วยเครื่องตัดเม็ดพลาสติก และนำ
เม็ดคอมพาวนด์ไปทดสอบหาความหนาแน่นด้วยเครื่อง
ซึ่งน้ำหนักพร้อมอุปกรณ์สำหรับวัดความหนาแน่น ตาม
มาตรฐาน ASTM D792 นำค่าน้ำหนักที่ซึ่งได้มาคำนวณ
หาค่าความหนาแน่นตามสมการที่ (2.1) และทดสอบหา
อัตราการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวด้วยเครื่องมือ
วัดอัตราการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลว (Melt flow
index: MFI) ตามมาตรฐาน ASTM D1238 คำนวณ
หาน้ำหนักที่ได้เป็นกรัมต่อ 10 นาที ดังสมการที่ (2)

2.3 การขึ้นรูป

วัสดุเชิงประกอบถูกขึ้นรูปให้ได้ชิ้นงานแผ่นเรียบด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปโดยการนำเม็ดคอมพาวนด์มาซึ่งได้น้ำหนัก 120 ± 10 กรัม สำหรับแม่พิมพ์ขนาด $20 \times 20 \times 0.3$ เซนติเมตร และน้ำหนัก 240 ± 10 กรัม สำหรับแม่พิมพ์ขนาด $20 \times 20 \times 0.6$ เซนติเมตร โดยใช้อุณหภูมิ 190 องศา

2.4 การทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นขึ้นงาน

การทดสอบความแข็งด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบดูโรมิเตอร์ (Durometer) ประเภท Shore D ตามมาตรฐาน ASTM D2240 โดยเตรียมชิ้นงานทดสอบให้มีความหนา 6 มิลลิเมตร และทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง 10 จุด โดยใช้โหลดในการทดสอบเท่ากับ 5 กิโลกรัม

การทดสอบความต้านทานแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึงมาตรฐาน (Universal testing machine) ตามมาตรฐาน ASTM D638 โดยจะเตรียมชิ้นงานทดสอบเป็นรูปดัมเบลล์แบบ Types I

มีความหนา 3 มิลลิเมตร ความกว้าง 19 มิลลิเมตร และ ความยาว 165 มิลลิเมตร และใช้แรงดึงเท่ากับ 250 นิวตัน อัตราเร็วในการดึงเท่ากับ 500 มิลลิเมตรต่ออนาที ระยะ การดึงสูงสุดเท่ากับ 1,000 มิลลิเมตร และระยะห่างของ หัวจับขึ้นงาน (Grip) 100 มิลลิเมตร

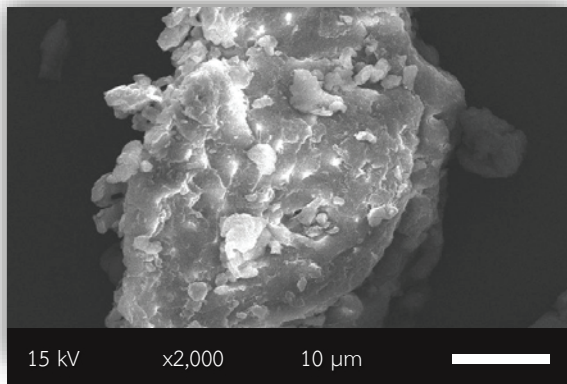
การทดสอบความต้านทานต่อแรงกระแทกด้วย
เครื่องทดสอบความต้านทานต่อแรงกระแทก (Izod
impact testing) ตามมาตรฐาน ASTM D256 ขึ้น
งานทดสอบมีความหนา 3.17 มิลลิเมตร ความยาว 60
มิลลิเมตร ความกว้าง 13 มิลลิเมตร และรอยบาก 2.5
มิลลิเมตร

จากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการดึงจนขาดไปวิเคราะห์
 สันฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่อง
 กราด โดยตั้งค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในการวิเคราะห์
 10 กิโลโวลต์ วิเคราะห์โดยใช้กำลังขยาย 500 เท่า และ
 ทดสอบอุณหภูมิอ่อนตัวของพลาสติกด้วยเครื่องทดสอบ
 อุณหภูมิในการอ่อนตัวของพลาสติก (Heat deflection
 temperature & vicat) ตามมาตรฐาน ASTM D648 โดย
 ให้ชิ้นงานทดสอบมีความหนา 3 มิลลิเมตร ความกว้าง
 13 มิลลิเมตร และความยาว 127 มิลลิเมตร

3. ผลการทดลอง

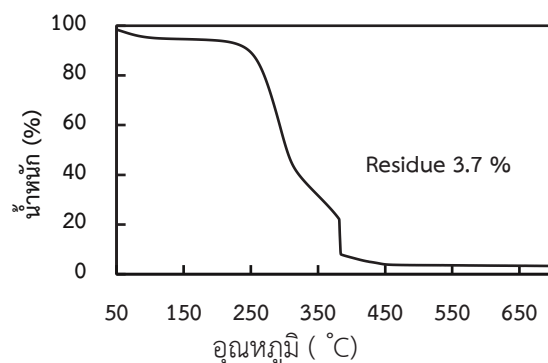
3.1 ผลการเตรียมและการทดสอบวัตถุดิบ

ผงเปลือกแพะก๊วยที่ได้ผ่านตะแกรงมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อนเมื่อวิเคราะห์พื้นฐานวิทยาของผงเปลือกแพะก๊วยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าผงเปลือกแพะก๊วยมีลักษณะรูปร่างที่ไม่แน่นอนมีขนาดที่ไม่เท่ากัน แม้ว่าจะคัดขนาดแล้วก็ตาม พื้นที่ผิวมีรูพรุนน้อย อนุภาคเกาะกลุ่มกันเป็นก้อน (Agglomeration) และมีขนาด 5-45 ไมครอน (ดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ภาพถ่าย SEM ของผงเปลือกแปะก๊วย

เมื่อนำผงเปลือกแปะก๊วยไปวิเคราะห์เสถียรภาพทางความร้อนได้ผลดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เทอร์โมแกรมน้ำหนักภายใต้ความร้อนของผงเปลือกแปะก๊วยและอุณหภูมิ

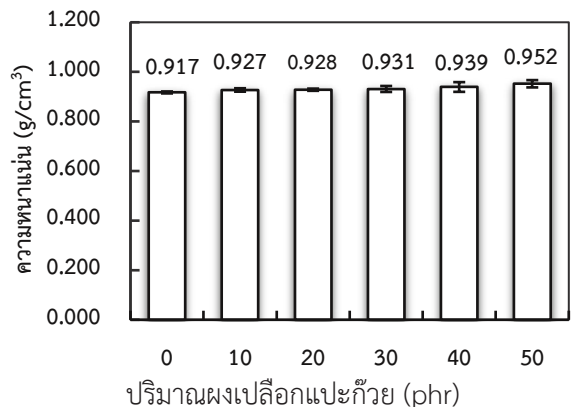
ผลทดสอบพบว่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักใน 3 ช่วงอุณหภูมิ โดยช่วงที่ 1 อุณหภูมิ 50-250 องศาเซลเซียสเป็นการสลายตัวของน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในผงเปลือกแปะก๊วย ช่วงที่ 2 อุณหภูมิ 250-370 องศาเซลเซียสเป็นช่วงการสลายตัวของสารอินทรีย์หรือเปลือกแปะก๊วย และในช่วงที่ 3 อุณหภูมิ 370-440 องศาเซลเซียสเป็นการสลายตัวของเส้นใยที่เกิดจากการเผาไหม้ของสารอินทรีย์หรือผงเปลือกแปะก๊วย และหลงเหลือปริมาณของสารบางชนิดที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ในช่วง

อุณหภูมิที่ทำการทดสอบในปริมาณร้อยละ 3.7 ทั้งนี้ผงเปลือกแปะก๊วยมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ 250 องศาเซลเซียส

สำหรับผลทดสอบเม็ดพลาสติก LDPE พบว่ามีความหนาแน่นเท่ากับ 0.911 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีอัตราการไหล 5.41 กรัมต่อ 10 นาที

3.2 ผลการทำคอมพาวนด์และการทดสอบคอมพาวนด์

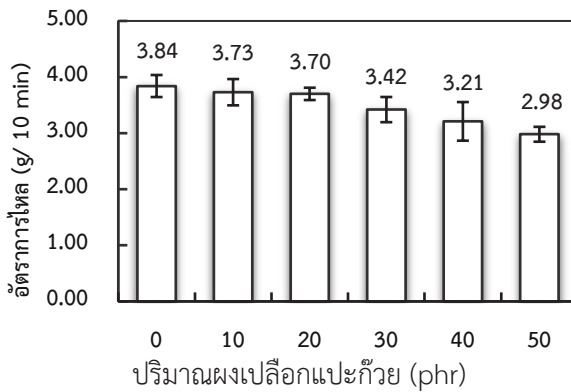
เม็ดพลาสติก LDPE เริ่มต้นมีลักษณะเป็นเม็ดกลมสีขาวขุ่น เม็ดคอมพาวนด์ที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นเม็ดสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเข้มตามปริมาณของผงเปลือกแปะก๊วย และก่อนนำเม็ดคอมพาวนด์ไปขึ้นรูปเป็นวัสดุเชิงประกอบนั้นจะนำเม็ดคอมพาวนด์ไปทดสอบหาความหนาแน่นได้ผลดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดคอมพาวนด์กับปริมาณผงเปลือกแปะก๊วย

ผลทดสอบพบว่าความหนาแน่นของเม็ดคอมพาวนด์มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของผงเปลือกแปะก๊วยที่เติมเข้าไป ซึ่งเกิดจากอนุภาคของผงเปลือกแปะก๊วยมีความหนาแน่นมากกว่าความหนาแน่นของ LDPE เมื่อผงเปลือกแปะก๊วยเข้าไปแทรกกระจายในเนื้อพลาสติก

ทำให้เม็ดคอมพาวนด์มีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น หลังจากนั้นทดสอบอัตราการไหลซึ่งได้แสดงดังภาพที่ 4

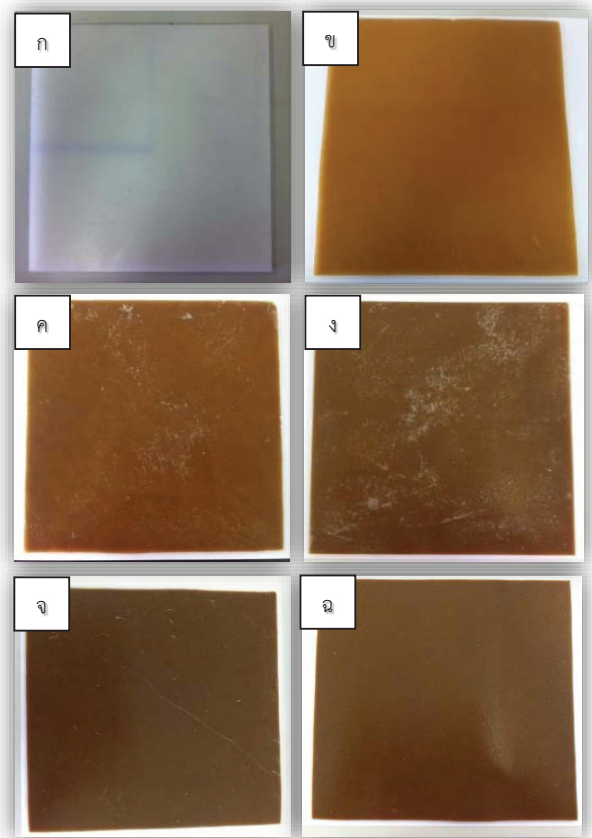


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของเม็ดคอมพาวนด์กับปริมาณผงเปลือกแปะก๊วย

ผลทดสอบพบว่าอัตราการไหลของเม็ดคอมพาวนด์มีค่าลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อผสมผงเปลือกแปะก๊วยที่เติมเข้าไปซึ่งอาจเกิดจากผงเปลือกแปะก๊วยเข้าไปขัดขวางการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลว จึงทำให้พอลิเมอร์หลอมเหลวมีความหนืดเพิ่มขึ้น

3.3 การขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบ

เม็ดคอมพาวนด์ที่นำมาขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูปได้ขึ้นงานวัสดุเชิงประกอบเป็นแผ่นพลาสติกสีเหลืองขนาด 20x20 x0.3 เซนติเมตร และขนาด 20 x 20 x 0.6 เซนติเมตร โดยแผ่นพลาสติกที่ไม่มีการเติมผงเปลือกแปะก๊วยมีลักษณะสีขาวขุ่น แต่แผ่นที่มีการเติมผงเปลือกแปะก๊วยมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเข้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของผงเปลือกแปะก๊วยที่ผสมในพลาสติกดังภาพที่ 5

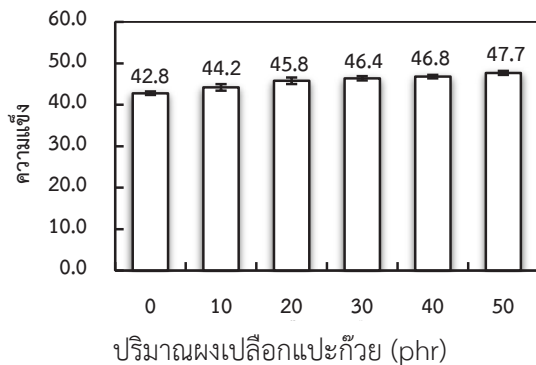


ภาพที่ 5 ภาพถ่าย (ก) แผ่นพลาสติก LDPE

และแผ่นวัสดุเชิงประกอบที่มีการผสมผงเปลือกแปะก๊วยในปริมาณ (ข) 10 phr (ค) 20 phr (ง) 30 phr (จ) 40 phr และ (ฉ) 50 phr

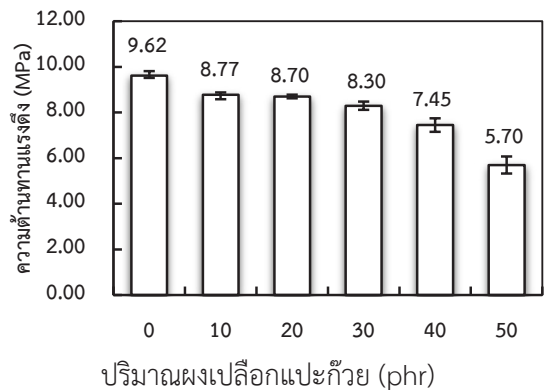
3.4 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นขึ้นงาน

ความแข็งแรงของแผ่นขึ้นงานแสดงในภาพที่ 6 พบว่าความแข็งแรงของวัสดุเชิงประกอบที่ได้มีความแข็งแรงผันตามปริมาณการผสมผงเปลือกแปะก๊วย เนื่องจากผงเปลือกแปะก๊วยเป็นอนุภาคของแข็งเข้าไปแทรกกระจายในเนื้อพลาสติกทำให้วัสดุจากที่มีสมบัติจากเหนียวเป็นวัสดุที่มีสมบัติแข็งเปราะ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ XuegangbL และคณะ [1] และงานวิจัยของ ฉกาจ จบนุช [2]



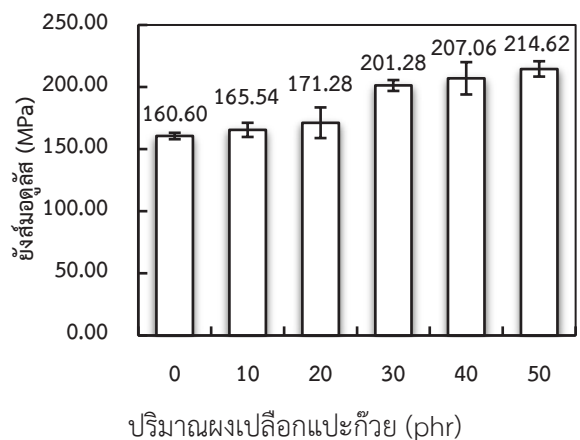
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับปริมาณผงเปลือกแปะก๊วย

สำหรับการทดสอบความต้านทานแรงดึง (ภาพที่ 7) พบว่าความต้านทานแรงดึงแปรผกผันตามปริมาณผงเปลือกแปะก๊วย เมื่อปริมาณผงเปลือกแปะก๊วยที่เพิ่มมากขึ้น จะเห็นได้ว่าความต้านทานแรงดึงลดลง เนื่องจากเมื่ออนุภาคผงเปลือกแปะก๊วยเข้าไปกระจายตัวในพลาสติกทำให้พลาสติก LDPE มีความเหนียวลดลง และผลจากสัณฐานวิทยา (ภาพที่ 11) พบว่าภายในโครงสร้างของวัสดุมีรูพรุนเกิดช่องว่างภายใน อนุภาคของผงเปลือกแปะก๊วยเกาะกลุ่มกันเป็นก้อน จึงเกิดการกระจายตัวที่ไม่ดี ส่งผลให้วัสดุเชิงประกอบมีสมบัติแข็งแรงเปราะ ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ความต้านทานแรงดึงลดลง คือ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลมีทิศทางที่ไม่แน่นอนเนื่องจากการขึ้นรูปชิ้นงานจากกระบวนการอัดขึ้นรูป โดยทำให้วัสดุมีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่ไม่อยู่ในแนวรับแรงดึงซึ่งผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ AlMaadeed AM และคณะ [3] งานวิจัยของ Mirmehdi SM และคณะ [4] และงานวิจัยของ Moubarik A และคณะ [5]

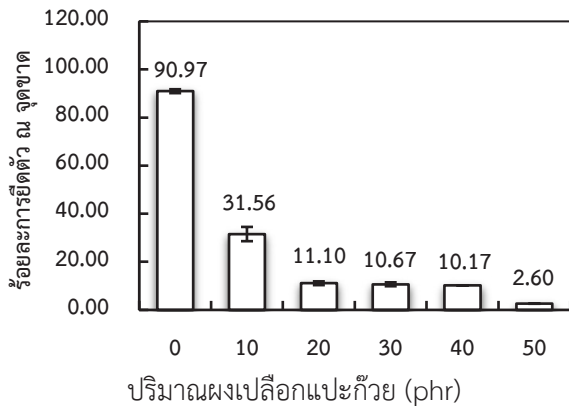


ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงดึงกับปริมาณผงเปลือกแปะก๊วย

สำหรับผลมอดูลัสของยังส์แปรผันตามปริมาณผงเปลือกแปะก๊วย (ภาพที่ 8) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณผงเปลือกแปะก๊วยจะทำให้ยังส์มอดูลัสสูงขึ้น เนื่องจากผงเปลือกแปะก๊วยมีอนุภาคของแข็ง ทำให้ความเหนียวลดลงส่งผลต่อพฤติกรรมของพลาสติกโดยผงเปลือกแปะก๊วยเข้าไปขวางการเสีรूपของพลาสติกต้องใช้แรงเพิ่มขึ้นจึงจะทำให้วัสดุเชิงประกอบเสีรूपซึ่งผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ AlMaadeed AM และคณะ [3] และงานวิจัยของ Moubarik A และคณะ [5]

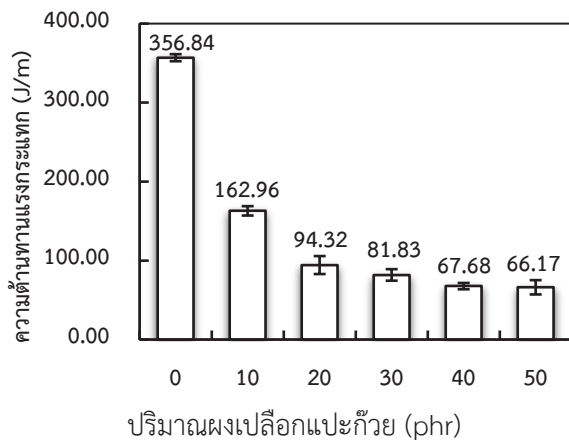


ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างยังส์มอดูลัสกับปริมาณผงเปลือกแปะก๊วย



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการยืดตัว ณ จุดขาดกับปริมาณพวงเปลือกแปะก๊วย

ภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่าร้อยละการยืดตัว ณ จุดขาดแปรผกผันกับปริมาณพวงเปลือกแปะก๊วย ทั้งนี้ อาจเกิดจากการผสมพวงเปลือกแปะก๊วยทำให้วัสดุมีการเปลี่ยนแปลงด้านความยืดหยุ่นมีความเหนียวลดลง ทำให้วัสดุมีสมบัติแข็งเปราะ และทำให้วัสดุยืดตัวน้อยลง



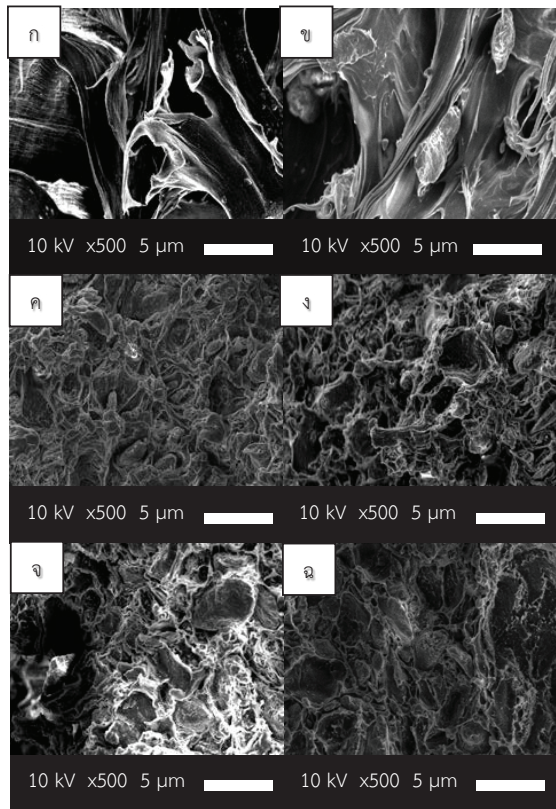
ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงกระทำกับปริมาณพวงเปลือกแปะก๊วย

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อผสมพวงเปลือกแปะก๊วย ในพลาสติก LDPE ความต้านทานแรงกระทำแปรผกผัน กับปริมาณการผสมพวงเปลือกแปะก๊วย (ภาพที่ 10) ทั้งนี้ความต้านทานแรงกระทำก็มีความสัมพันธ์ กับร้อยละการยืดตัว ณ จุดขาด ซึ่งอาจเนื่องมาจากสาร ตัวเติมมีความแข็งหรือมอดุลัสสูงกว่าเมทริกซ์ เมื่อเพิ่ม ปริมาณของสารตัวเติมจะทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของ ภูมิภาคเมทริกซ์ และมีอินเทอร์เฟซที่ไม่แข็งแรงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความต้านทานแรงกระทำลดลง [6, 7]

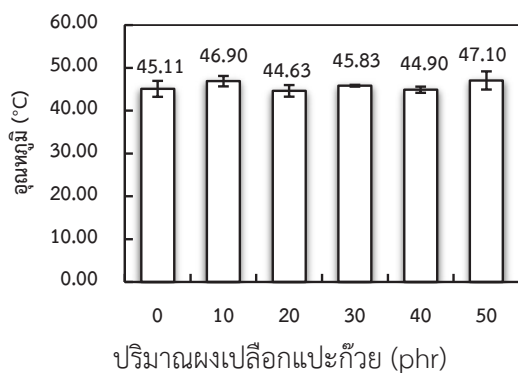
3.5 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

เมื่อนำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบความต้านทาน แรงดึงไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ ส่องกราด (ภาพที่ 11) พบว่าเมื่อปริมาณพวงเปลือกแปะก๊วย เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้รอยดึงยึด ความเหนียว และการ ยึดติดกันระหว่างอินเทอร์เฟซลดลง ซึ่งทำให้วัสดุเชิง ประกอบนั้นไม่สมบัติแข็งเปราะ

สำหรับการทดสอบสมบัติอุณหภูมิการอ่อนตัว ของพลาสติกพบว่าอุณหภูมิการอ่อนตัวของพลาสติก LDPE มีค่า 45.10 องศาเซลเซียสเมื่อปริมาณพวงเปลือก แปะก๊วยเพิ่มมากขึ้น วัสดุเชิงประกอบมีการเปลี่ยนแปลง ต่ออุณหภูมิการอ่อนตัวเล็กน้อย (ภาพที่ 12) เนื่องจาก พวงเปลือกแปะก๊วยไม่มีผลกระทบกับอุณหภูมิการอ่อนตัว ดังนั้นวัสดุเชิงประกอบมีอุณหภูมิการอ่อนตัวใกล้เคียง กับพลาสติก LDPE



ภาพที่ 11 ภาพถ่าย SEM บริเวณรอยขาดจากชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการทดสอบความต้านทานแรงดึง (ก) 0 phr (ข) 10 phr (ค) 20 phr (ง) 30 phr (จ) 40 phr และ (ฉ) 50 phr



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอ่อนตัวของพลาสติกกับปริมาณผงเปลือกแพะก้วย

4. สรุปผลการทดลอง

ผงเปลือกแพะก้วยขนาด 45 ไมครอน มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อน มีลักษณะรูปร่างที่ไม่แน่นอน มีการจับตัวเกาะกลุ่มกันเป็นก้อน และเสถียรภาพทางความร้อนอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส

เมื่อเตรียมผงเปลือกแพะก้วยเป็นคอมพาวนด์จะได้คอมพาวนด์ที่มีความหนาแน่นมากขึ้น และอัตราการไหลลดลงเพียงเล็กน้อยตามปริมาณของผงเปลือกแพะก้วยที่เติมลงไป

จากการทดลองพบว่าสูตรที่ดีที่สุดคือสูตรที่มีการเติมผงเปลือกแพะก้วย 10 phr เนื่องจากชิ้นงานมีการขึ้นรูปและการกระจายตัวของผงเปลือกแพะก้วยที่ดี ด้านความแข็ง และมอดุลัสของยังส์มีค่ามากที่สุด

โดยผลจากงานวิจัยนี้จะสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุเชิงประกอบจำพวกพลาสติก ชิ้นส่วนของ และของตกแต่งภายในครัวเรือนได้ในอนาคต

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Xuegang L, Wei L, Juan F, Songzhi X, and XioyanL (2013). Evaluation of Distillers Grains as Fillers for Low Density Polyethylene: Mechanical, Rheological and Thermal Characterization. Composites Science and Technology,89:175-179.

[2] ฉกาจ จบนุช (2013). การศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบจากยูคาลิปตัสและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง. โครงการวิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ประเทศไทย.

[3] AlMaadeed AM, Nogellova Z, Micusík M, Igor N, and Igor K (2014). Mechanical, Sorption and Adhesive Properties of Composites Based on Low Density Polyethylene Filled with Date Palm Wood Powder. *Materials and Design*, 53: 29-37.

[4] Mirmehdi MS, Zeinaly F. and Dabbagh F (2014). Date Palm Wood Flour as Filler of Linear Low-Density Polyethylene. *Composites: Part B*, 56: 137-141.

[5] Moubarik A, Grimi N. and Boussetta N (2013). Structural and Thermal Characterization of Moroccan Sugar Cane Bagasse Cellulose Fibers and their Applications as a Reinforcing Agent in Low Density Polyethylene. *Composites: Part B*, 52: 233-238.

[6] อธิพิณ แจ่มชัด, ชีรพัฒน์ อุณหโชค, พจนีย์ ศรธรรมลี และวราธรรม อุ่นจิตติชัย (2002). การศึกษาไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยผักตบชวาและพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำที่ใช้พอลิเอทิลีน-กราฟท์-มาลิกแอโนไฮดรยด์เป็นสารช่วยผสม. การประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2002 ด้านวัสดุทดแทนไม้, กรุงเทพฯ.

[7] Tajeddin B, Russly AR. and Luqman CA (2010). The Effect of Polyethylene Glycol on the Characteristics of Kenaf Cellulose/Low-Density Polyethylene Biocomposites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 47: 292-297.