

การพัฒนาความแข็งแรงของวัสดุผสมของพอลิแลกติกแอซิดกับเซลลูโลสจากฟางข้าว

ปณต โกเสนตอ

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2560

DEVELOPMENT OF STRENGTH PROPERTIES OF POLY-LACTIC ACID AND RICE STRAW
CELLULOSE COMPOSITE

Panot Kosentor

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
For The Degree of Master Engineering Program in Engineering Technology
Graduate School
Thai-Nichi Institute of Technology
Academic Year 2017

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาความแข็งแรงของวัสดุผสมของพอลิแล็กติกแอซิดกับ
เซลลูโลสจากฟางข้าว

โดย

ปณต โกเสนโต

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร.ดอน แก้วดก

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่ เดือน พ.ศ.

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต สุขสวัสดิ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์)

..... กรรมการ

(ดร. วิโรช ทักษะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. ดอน แก้วดก)

ปณต โกเสนตอ : การพัฒนาความแข็งแรงของวัสดุผสมของพอลิแลกติกแอซิดกับเซลลูโลสจากฟางข้าว, อาจารย์ที่ปรึกษา: ดร. ดอน แก้วดก, 48 หน้า.

ข้าวเป็นผลิตภัณฑ์หลักของภาคเกษตรกรรมในประเทศไทย ผลพลอยได้หลักจากการปลูกข้าว คือ ฟางข้าว ฟางข้าวมีแนวโน้มการนำมาเป็นเส้นใยธรรมชาติเพื่อทดแทนเส้นใยสังเคราะห์ต่าง ๆ ได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการลดปริมาณเศษวัสดุจากธรรมชาติโดยเลือกฟางข้าว เพื่อศึกษากระบวนการเพิ่มมูลค่าเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายยิ่งขึ้น โดยการนำเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวมาพัฒนาวัสดุพอลิเมอร์ พอลิแลกติกแอซิด โดยการศึกษาวิธีการปรับปรุงวัสดุผสมไม้พลาสติกให้มีสมบัติด้านความแข็งแรงมากกว่าพอลิแลกติกแอซิดบริสุทธิ์ โดยการมุ่งเน้นการเปรียบเทียบผลการทดสอบความแข็งแรงไม้พลาสติกของกระบวนการกำจัดลิกนินจากเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวกับเส้นใยฟางข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการกำจัดลิกนิน และปริมาณเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว นอกจากการปรับปรุงสมบัติด้านความแข็งแรงและการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมแล้ว ข้อดีของไม้พลาสติกยังมีสมบัติทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ป้องกันแมลง และยังยืดอายุการใช้งานได้เพราะเป็นการรวมข้อดีของพอลิแลกติกแอซิดและฟางข้าวเข้าด้วยกัน จนสามารถพัฒนาสูตรการผสมเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว โดยสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวที่เหมาะสมที่สุดคือ 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวลในไม้พลาสติก โดยที่ฟางข้าวต้องผ่านกระบวนการกำจัดลิกนินก่อนการผสมพอลิแลกติกแอซิดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยสามารถเพิ่มความต้านทานแรงดึง 50.8% และเพิ่มความต้านทานแรงดัดมากกว่า 200% ของพอลิแลกติกแอซิดบริสุทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม

ปีการศึกษา 2560

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

PANOT KOSENTOR: DEVELOPMENT OF STRENGTH PROPERTIES OF POLYLACTIC ACID AND RICE STRAW CELLULOSE COMPOSITE. ADVISOR: DON KAEWDOK, 48 PP.

Rice is the main product from agriculture in Thailand and its by-product is rice straw. The rice straw has a tendency to be used as a renewable fiber for preparing eco-material. The objective of this study aims to reduce waste from the agriculture and add the value into it by making the wood plastic composite. Therefore, this study aims to find the optimized parameters to improve the strength properties of the wood plastic composite made from rice straw and polylactic acid resin matrix. The wood plastic composite which is the environmentally preferable materials could be able to reduce the volume of natural wood. This study focused on the various ratios of rice straw and polylactic acid resin which compare with polylactic acid plastic (10:90, 20:80, and 30:70). Besides the merits mentioned above, the wood plastic composite also has high environmental resistivity and longer lifetime. Furthermore, the wood plastic composite prevents the problems from termites and insects which are often found in the natural wood material. The tensile strength of WPC was significantly increased when the percentage of fiber increased and the best result of experimentation is 20% fiber which increased to 50.8% and the flexural strength is increased more than 200% of pure polylactic acid.

TNI

Graduate School

Student's Signature

Field of Engineering of Technology

Advisor's Signature

Academic Year 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยได้รับคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ดอน แก้วดก ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต สุขสวัสดิ์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์ และดร.วิโรช ทัศนะ อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ด้วยที่คอยให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในทุกขั้นตอนของการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้มีความเรียบร้อยสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และอาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน และท่านที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเครื่องมือการเตรียมงานวิจัยนี้ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้

และสุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาและทุนวิจัย เพื่อพัฒนาผลงานวิจัย ขอบพระคุณพ่อ แม่ ครอบครัว และเพื่อน ๆ ทุกท่านทั้งผู้ที่กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนาม ที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาและสนับสนุนในการทำงาน จนดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ปณต โกเสนตอ

TNI

THAI - JAPAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ซ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป	ญ

บทที่

1	บทนำ.....	1
	ที่มาและความสำคัญ.....	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	ขอบเขตของการวิจัย.....	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
	แผนงานและระยะเวลาดำเนินการ	5
2	ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
	ไม้พลาสติก	6
	พลาสติก	7
	เส้นใยจากธรรมชาติ.....	11
	กระบวนการขึ้นรูปไม้พลาสติก	13
	มาตรฐานการทดสอบสมบัติด้านความแข็งแรง.....	14
3	วิธีดำเนินการวิจัย	18
	ผังกระบวนการดำเนินงาน	18
	ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	19
	กำหนดตัวแปร	19
	วางแผนและออกแบบการทดลอง.....	21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	การเตรียมวัสดุ.....	23
	การผสมวัสดุ	24
	การบดเม็ดไม้พลาสติก	25
	การขึ้นรูปและการตัดชิ้นงาน.....	26
	การทดสอบชิ้นงาน.....	28
	การวิเคราะห์ผลการทดลอง	28
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	30
	กระบวนการผสมไม้พลาสติกจากเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าว.....	30
	ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง	31
	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบ อันตรกิริยาและการเปรียบเทียบผลทางสถิติ....	35
	การวิเคราะห์ลักษณะผิวและภาพตัดขวางชิ้นงานระดับไมโคร	39
	การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค FTIR.....	41
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	43
	สรุปผลการทดลอง	43
	อภิปรายผล.....	43
	ข้อเสนอแนะ.....	44
	บรรณานุกรม.....	45
	ประวัติย่อผู้วิจัย	47

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงานปี พ.ศ. 2650 – 2651.....	5
3.1 แผนการทดลอง	22
3.2 แสดงน้ำหนักฟางข้าวสำหรับผสมในสัดส่วนต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง	24
4.1 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ความต้านทานการเปลี่ยนรูปใน แนวแรงดึง (Tensile modulus) ของพอลิแลคติกแอซิดที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูป เหมือนกับชิ้นงานไม้พลาสติกทดสอบ	31
4.2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ความต้านทานแรงดัด (Flexural strength) และการเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่น (Young's modulus) ของไม้พลาสติก	32

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 วงจรของพอลิแลกติกแอซิดในธรรมชาติ.....	9
2.2 โครงสร้างโมเลกุลของพอลิแลกติกแอซิด	11
2.3 ลักษณะโครงสร้างของเซลลูโลส.....	12
2.4 แสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของเครื่องกดอัดขึ้นรูป	13
2.5 รูปแสดงความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดจากการทดสอบความต้านทานแรงดึง ของวัสดุ.....	15
2.6 ลักษณะและขนาดสำหรับชิ้นงานสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงของวัสดุไม้พลาสติก Type I.....	16
2.7 ลักษณะการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดึงของพลาสติก.....	17
3.1 รูปเครื่องบดผสม (Internal mixer).....	25
3.2 ลักษณะของไม้พลาสติกผสมจากเครื่องบดผสม (Internal mixer).....	25
3.3 เม็ดไม้พลาสติกผสม จากเครื่องบดพลาสติกขนาดตะแกรงบด 4 มิลลิเมตร.....	26
3.4 เครื่องอัดแผ่นขึ้นงานแนวตั้ง.....	27
3.5 แผ่นขึ้นงานจากเครื่องอัดแผ่น ขนาด 20x20x0.3 เซนติเมตร.....	27
4.1 ความสัมพันธ์ความต้านทานแรงดึงของชิ้นงาน (Tensile Strength) กับเปอร์เซ็นต์เส้นใย เซลลูโลสจากฟางข้าวในไม้พลาสติกโดยเปรียบเทียบฟางข้าวที่ผ่านการล้างก่อนผสม และไม่ล้าง.....	33
4.2 แสดงความสัมพันธ์ความต้านทานแรงดัดของชิ้นงาน (Flexural Strength) กับเปอร์เซ็นต์ เส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวในไม้พลาสติกโดยเปรียบเทียบฟางข้าวที่ผ่านการล้างก่อน ผสมและไม่ล้าง.....	34
4.3 แสดงความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงรูปแบบยืดหยุ่นหรือชั่วคราว (Young's modulus) กับ เปอร์เซ็นต์เส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวในไม้พลาสติกโดยเปรียบเทียบฟางข้าวที่ผ่าน การล้างก่อนผสมและไม่ล้าง	34
4.4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของชิ้นงานที่ผสมจาก ฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างและไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสมและปัจจัย ที่มีผลกระทบต่อความต้านทานแรงดัด (Flexural strength) ของชิ้นงานที่ผสมจาก ฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างและไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสม.....	35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.5 อันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้านทานแรงดึง (Tensile strength)	
อันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้านทานแรงดัด (Flexural strength).....	36
4.6 ความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของ	
ชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างและไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อน	
การผสมความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด	
(Flexural strength) ของชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้าง	
และไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนผสม.....	37
4.7 ความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของ	
ชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสมกับพอลิแล็กติกแอซิด	
ความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด (Flexural strength)	
ของชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสมกับ	
พอลิแล็กติกแอซิด.....	38
4.8 ความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของ	
ชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสมกับพอลิแล็กติกแอซิด	
ความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด (Flexural strength)	
ของชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสมกับ	
พอลิแล็กติกแอซิด.....	39
4.9 ภาพขยาย 500 เท่าของพื้นผิวของชิ้นงานตัวอย่าง	40
4.10 ภาพขยาย 100 เท่าของภาพตัดขวางของชิ้นงานตัวอย่าง.....	41
4.11 ภาพแสดงผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR.....	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยมีความต้องการใช้ไม้และไม้แปรรูปเพิ่มขึ้น โดยนิยมใช้ไม้เพื่อก่อสร้าง ที่พักอาศัยและวัสดุตกแต่ง เครื่องใช้ต่าง ๆ มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ ปริมาณป่าไม้ที่เป็นแหล่งที่มาของไม้และไม้แปรรูปต่าง ๆ ลดลงและมีการจำกัดพื้นที่สัมปทาน เพิ่มพื้นที่ป่าสงวน เพื่อควบคุมปริมาณการตัดไม้ทำลายป่าไม่ให้ลุกลามเป็นวงกว้าง ปัจจุบัน การนำไม้มาแปรรูปหรือทำวัสดุทดแทนไม้ เพื่อใช้ทดแทนไม้จากธรรมชาติ ที่สามารถออกแบบได้ง่ายและใช้งานได้สะดวกมากขึ้น จึงเป็นที่นิยมนำไปใช้เพื่อทดแทนแทนการใช้ไม้จากธรรมชาติได้เป็นอย่างดี

การใช้งานวัสดุทดแทนไม้จากธรรมชาติสามารถนำไปใช้เป็นชิ้นงานต่าง ๆ ได้หลากหลาย เช่น เฟอร์นิเจอร์ วัสดุปูพื้น หรือประกอบกับชิ้นส่วนต่าง ๆ เป็นชิ้นส่วนโครงสร้างหรือวัสดุสำหรับการตกแต่งบ้าน เป็นต้น แต่การใช้งานยังไม่สามารถทดแทนไม้จริงได้ทั้งหมด เนื่องจาก สมบัติทางกลบางประการของวัสดุทดแทนไม้ ยังมีข้อด้อยกว่าไม้จากธรรมชาติมาก เช่น ความแข็งแรง การรับน้ำหนักมาก ความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่สม่ำเสมอ ความต้านทานต่อความชื้นและแสงแดด เป็นต้น นอกจากนี้ การใช้วัสดุทดแทนไม้ยังสามารถทดแทนผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ทำจากพลาสติกได้อีกด้วย เพราะวัสดุที่ใช้ทดแทนผลิตภัณฑ์จากพลาสติก มีการนำวัสดุจากธรรมชาติผสมพลาสติกประเภทต่าง ๆ จึงสามารถใช้งานวัสดุผสมดังกล่าวทดแทนผลิตภัณฑ์จากพลาสติกได้ การใช้งานวัสดุผสมนี้ ผลิตภัณฑ์จากพลาสติกแม้จะสามารถทดแทนผลิตภัณฑ์จากพลาสติกบางผลิตภัณฑ์ แต่ยังคงพบข้อบกพร่องในการใช้งาน กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมระหว่างพลาสติกกับวัสดุจากธรรมชาติ มีความเปราะมากกว่า พลาสติกที่ใช้ในปัจจุบัน แม้ต้นทุนการผลิตจะต่ำกว่าพลาสติกมากก็ยังไม่เป็นที่นิยมนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะ การนำไปใช้เป็นโครงสร้างที่รับน้ำหนักมาก งานวิจัยนี้เห็นประโยชน์การเพิ่มมูลค่าของวัสดุธรรมชาติที่เหลือจากภาคเกษตรกรรมจำนวนมาก ที่สามารถลดต้นทุนของวัสดุผสมพลาสติกกับวัสดุจากธรรมชาติได้มาก แต่ยังต้องการการพัฒนาสมบัติด้านความแข็งแรงของวัสดุผสมนี้ให้มีความแข็งแรงมากกว่าพลาสติกบริสุทธิ์หรือเทียบเท่า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร วารสารพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร ปีที่ 31 ฉบับที่ 2 เดือนมิถุนายน 2559 รายงานพื้นที่การเพาะปลูกในประเทศไทย ระบุมีข้าวนาปีและนาปรัง รวมถึง 76% ของพื้นที่เพาะปลูกสินค้าเกษตรที่สำคัญ เป็นเหตุผลที่น่าสนใจที่จะเลือกวัสดุเหลือจากการปลูกข้าวนั้นคือ ฟางข้าว เปลือกข้าว เป็นอาทิ เพื่อพัฒนาเป็นวัสดุผสมพลาสติก [1-2]

เนื่องจาก ฟางข้าวเป็นส่วนที่เหลือจากการปลูกข้าวปริมาณมากและมีลักษณะเป็นเส้นใย ซึ่งมีโอกาสช่วยเสริมแรงพลาสติก และทำให้วัสดุผสมมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ข้าวที่ต้องการนำมาผ่านกระบวนการผสมเป็นวัสดุผสมดังกล่าว ควรมีปริมาณเซลลูโลสในฟางข้าวที่เหมาะสมเป็นตัวแทนของฟางข้าวที่ปลูกในประเทศไทย

จากผลการวิจัยเพื่อทดสอบและคัดเลือกพันธุ์ข้าวให้เซลลูโลสสูง พบว่า ข้าวพันธุ์ กข6 ให้เซลลูโลสประมาณ 41.85% ซึ่งเป็นค่ากลางของพันธุ์ข้าวที่ปลูกในประเทศไทย โดยพันธุ์ข้าวที่ให้เส้นใยเซลลูโลสสูงสุด คือ พันธุ์ข้าว กข27 ซึ่งให้ปริมาณเซลลูโลสถึง 60.93% ขณะที่ พันธุ์ข้าวสามผิว ให้ปริมาณเซลลูโลสเพียง 21.96% ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้พันธุ์ข้าว กข6 เป็นตัวแทนฟางข้าวเพื่อพัฒนาวัสดุผสมพลาสติกกับเส้นใยจากฟางข้าวพันธุ์ กข 6 ร่วมกับพลาสติกชนิดพอลิแลคติกแอซิด ซึ่งเป็นพลาสติกที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติเช่นกันและมีใช้อย่างแพร่หลาย สามารถขึ้นรูปขึ้นงานได้หลายวิธี เช่น การฉีดขึ้นรูป การอัด หรือการเป่าขึ้นรูป เป็นต้น ด้วยข้อดีของพอลิแลคติกแอซิด จึงมีการนำไปใช้ประยุกต์งานต่าง ๆ หลากหลาย [3]

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเซลลูโลสจากฟางข้าว
2. เพื่อพัฒนาความแข็งแรงของพอลิแลคติกแอซิด ด้วยการเสริมแรงจากเซลลูโลสจากฟางข้าว

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสมบัติทางความแข็งแรงของไม้ประกอบพลาสติกจากฟางข้าวและโพลีเอสเตอร์ ต่อไปในงานวิจัยนี้จะเรียกไม้ประกอบพลาสติกจากฟางข้าวและโพลีเอสเตอร์ว่า ชิ้นงาน โดยใช้ฟางข้าวที่ควบคุมปริมาณความชื้นมาลดขนาดด้วยเครื่องบดแบบลูกบอล แนวนอน และคัดขนาดด้วยตะแกรงร่อน คัดเลือกขนาดของฟางข้าวเพื่อนำไปทดลอง

1.3.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปรต้น

1. กระบวนการเตรียมเส้นใยฟางข้าว

- การเตรียมฟางข้าวโดยผ่านกระบวนการล้างฟางข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวล ก่อนผสมพอลิแลคติกแอซิด
- การเตรียมฟางข้าวโดยไม่ผ่านกระบวนการล้างฟางข้าวก่อนผสมพอลิแลคติกแอซิด

2. ปริมาณฟางข้าวที่ผสมพอลิแลคติกแอซิด

- ปริมาณเส้นใยจากฟางข้าว 10% โดยมวล
- ปริมาณเส้นใยจากฟางข้าว 20% โดยมวล
- ปริมาณเส้นใยจากฟางข้าว 30% โดยมวล

ตัวแปรตาม

1. ความต้านทานแรงดึงของชิ้นงานวัสดุผสม
2. ความต้านทานแรงดัดของชิ้นงานวัสดุผสม
3. ลักษณะโครงสร้างภายในชิ้นงานด้านตัดขวาง โดยมองผ่านกล้องจุลทรรศน์

อิเล็กทรอนิกส์แบบส่องกราดกำลังขยาย 100 เท่า

ตัวแปรควบคุม

1. พันธุ์ข้าว (ข้าวเหนียว กข.6)
2. ขนาดของเส้นใยจากฟางข้าว
3. เงื่อนไขการผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยจากฟางข้าว
4. เงื่อนไขการบดวัสดุผสมเป็นเม็ดพลาสติกผสม
5. เงื่อนไขการอัดขึ้นงานเป็นแผ่นขนาด 20x20x0.3 เซนติเมตร
6. การตัดชิ้นงานตามขนาดมาตรฐานการทดสอบความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงดัด ใช้เครื่องตัดเลเซอร์ Mitsubishi ML3015LX 2000W
7. ความหนาแน่นของชิ้นงาน

1.3.2 การวิเคราะห์ผลของตัวแปรตาม

การวิเคราะห์วิเคราะห์สมบัติเชิงกล ตามมาตรฐาน ASTM ดังนี้

1. ความแข็งแรงดัด D790
2. ความแข็งแรงดึง D638

1.3.3 วัสดุ

1. ฟางข้าวจากข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6
2. เม็ดพลาสติกพอลิแลคติกแอซิด

1.3.4 อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การเตรียมฟางข้าวโดยการล้างด้วย NaOH
2. เครื่องชั่ง

3. เครื่องตัดฟาง จากห้องปฏิบัติการไบโอโคก สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
4. เครื่องผสมวัสดุ จากห้องปฏิบัติการด้านวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีปทุมวัน
5. เครื่องบดไม้พลาสติก จากห้องปฏิบัติการด้านวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีปทุมวัน
6. เครื่องอัดแผ่นชิ้นงานและแม่พิมพ์ขนาด 20x20x0.3 เซนติเมตร จากห้องปฏิบัติการวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
7. เครื่องตัดแผ่นไม้พลาสติก รุ่น Mitsubishi ML3015LX 2000W จาก บริษัท คนไทยเลเซอร์ จำกัด.
8. เครื่องทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุ Shimazu AG-X plus จากห้องปฏิบัติการออกแบบและการผลิตขั้นสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับทางตรง

1. ได้รับกระบวนการที่สามารถพัฒนาความแข็งแรงของวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยจากฟางข้าว
2. ชิ้นงานวัสดุผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยจากฟางข้าวที่มีความแข็งแรง ทนต่อแรงดึงและแรงดัดมากกว่าพอลิแลคติกแอซิดบริสุทธิ์

1.4.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับทางอ้อม

1. ได้วัสดุผสมใหม่ที่มีต้นทุนด้านวัตถุดิบที่ต่ำกว่า แต่แข็งแรงกว่าพอลิแลคติกแอซิดบริสุทธิ์
2. สามารถนำชิ้นงานไปประยุกต์ใช้งานจริงเพื่อทดแทนการใช้พอลิแลคติกแอซิดบริสุทธิ์ได้ดีกว่า
3. สามารถนำกระบวนการเตรียมเส้นใยธรรมชาติประยุกต์กับวัสดุธรรมชาติอื่น ๆ ได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไม้พลาสติก (Wood plastic composite: WPC)

2.1.1 นิยาม

ไม้พลาสติก คือ วัสดุผสมจากเศษไม้หรือพืชอื่น ๆ กับพลาสติก ไม้พลาสติกจึงถือเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับประเทศไทย ที่เป็นการนำสมบัติที่ดีของไม้และพลาสติกมาเสริมกัน เพื่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีลักษณะเด่นจากพลาสติก กล่าวคือ ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงจากสิ่งแวดล้อม เช่น ความชื้น เชื้อรา นอกจากนี้ ไม้พลาสติกที่ผลิตจากพลาสติก แม้ว่าสมบัติบางประการอาจลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติก ไม้พลาสติกสามารถรับแรงทางกลได้มากกว่า มีความทนทานต่อแสงได้ดีกว่า มีการหด และขยายตัวน้อยกว่าและมีน้ำหนักเบาว่าพลาสติกจึงสามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์ใน งานต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง

2.1.2 ประเภทของไม้พลาสติก

เนื่องจาก ไม้พลาสติกเป็นวัสดุผสมระหว่างไม้และพลาสติกชนิดต่าง ๆ ดังนั้น เมื่อพิจารณาชนิดของพลาสติก สามารถแบ่งไม้พลาสติกตามชนิดของพลาสติกได้ 2 ประเภท ดังนี้

2.1.2.1 ไม้พลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก เป็นไม้พลาสติกที่ประกอบขึ้นด้วยพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก ใช้กระบวนการหลอมเหลวเทอร์โมพลาสติกชนิดต่าง ๆ ผสมกับเศษวัสดุจากธรรมชาติ ไม้พลาสติกชนิดนี้ยังสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ตามสมบัติของพลาสติกที่นำมาใช้ประกอบขึ้นอีกด้วย

2.1.2.2 ไม้พลาสติกชนิดเทอร์โมเซตติง เป็นไม้พลาสติกที่ประกอบขึ้นด้วยพลาสติกชนิดเทอร์โมเซต ที่ต้องใช้หลักการขึ้นรูปแบบพลาสติกเทอร์โมเซต กล่าวคือ การขึ้นรูปจะต้องใช้วัสดุ 3 องค์ประกอบหลัก โดยสองส่วนคือส่วนของพลาสติก ประกอบประกอบด้วย พลาสติกและตัวทำปฏิกิริยา เพื่อทำให้วัสดุพลาสติกเทอร์โมเซตแข็งตัว และอีกส่วนจากวัสดุจากธรรมชาติ หรือใช้วิธีการให้ความร้อนและความดัน และขึ้นรูปได้เพียงครั้งเดียว ซึ่งไม้พลาสติกประเภทนี้จะไม่สามารถนำกลับมาหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ และการประยุกต์ใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้น้อยกว่า แต่มีความแข็งแรงมากกว่าตามสมบัติของพลาสติกเทอร์โมเซต

2.1.3 องค์ประกอบของไม้พลาสติก

ไม้พลาสติก เกิดจากการผสมระหว่างพลาสติก ซึ่งส่วนใหญ่พลาสติกที่นำมาใช้เป็นชนิดเทอร์โมพลาสติก เนื่องจากความสะดวกต่อการนำไปใช้งานจริง การขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำสู่ท้องตลาดได้หลายหลายมากกว่า

ดังนั้น องค์ประกอบของไม้พลาสติกจึงประกอบด้วย

- เทอร์โมพลาสติกชนิดต่าง ๆ เช่น พอลิโพรพิลีน (PP) พอลิเอทิลีน (PE) เป็นต้น
- วัสดุจากธรรมชาติ เช่น เศษไม้จากต้นไม้ชนิดต่าง ๆ หรือวัสดุเหลือใช้จากวัสดุธรรมชาติอื่น ๆ
- สารเติมแต่งอื่น ๆ เพื่อเพิ่มสมบัติทางกายภาพ เช่น สารเสริมสภาพพลาสติก (Plasticizer) สารปรับปรุงคุณภาพ (Modifier) สารเสริม (Filler) สารคงสภาพ (Stabilizer) สารยับยั้งปฏิกิริยา (Inhibitor) สารหล่อลื่น (Lubricant) และผงสี (Pigment) เป็นต้น

2.2 พลาสติก (Plastic)

ในอดีตวัสดุที่ถูกนำมาใช้งานเป็นเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น ภาชนะ ที่อยู่อาศัย เป็นวัสดุจากธรรมชาติ แต่เมื่อเวลาผ่านไป ประชากรอาศัยบนโลกมากขึ้น การใช้วัสดุจากธรรมชาติมากขึ้นและไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ จึงมีการคิดค้นวัสดุใหม่ขึ้น เรียกว่า “พลาสติก” ซึ่งเป็นวัสดุที่สังเคราะห์ขึ้นจากปิโตรเลียม และใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน พลาสติกจะมีลักษณะอ่อนตัวสามารถทำให้ มีรูปร่างหรืออัดแบบได้ ตามที่ต้องการโดยใช้ความร้อนและแรงดันนอกจากนี้พลาสติกยังสามารถ นำไปใช้ประโยชน์ร่วมกับโลหะหรือวัสดุบางชนิด สามารถพบการใช้งานพลาสติกในอุตสาหกรรมและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเกือบทุกกิจกรรม ดังนั้น พลาสติกแปรรูป จึงมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์

2.2.1 ประเภทของพลาสติก

2.2.1.1 เทอร์โมพลาสติก

เทอร์โมพลาสติกเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นแบบเส้นตรง แบบกิ่งสั้น โครงสร้างภายในยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล สามารถละลายได้ในตัวทำละลายบางชนิด เช่น โทลูอีน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ และเมื่อถูกความร้อน จะอ่อนตัวและสามารถดัดโค้งได้ง่าย และเมื่อได้รับความร้อนมากพอเทอร์โมพลาสติกสามารถหลอมเหลวและจะแข็งตัวเมื่อเย็น ดังนั้น เทอร์โมพลาสติกจึงสามารถนำกลับมาหลอมและทำให้แข็งตัวได้หลายครั้ง โดยไม่ทำให้สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนไป

เทอร์โมพลาสติก สามารถแบ่งกลุ่มย่อยได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

- เทอร์โมพลาสติกอสัณฐาน (Amorphous thermoplastic)

เทอร์โมพลาสติกอสัณฐานเป็นพอลิเมอร์ที่มีลักษณะแข็งเปราะ เช่น พอลิสไตรีน (Polystyrene: PS) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride) พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate: PC) พอลิแลคติกแอซิด (Poly-lactic acid: PLA) เป็นต้น

- เทอร์โมพลาสติกที่มีผลึกบางส่วน (Partial crystalline thermoplastics)

เทอร์โมพลาสติกที่มีผลึกบางส่วน มีโครงสร้างของโซโมเลกุลเป็นระเบียบ ทำให้เรียงตัวได้ดี จึงมีความเป็นผลึกในส่วนที่เป็นอสัณฐาน ทำให้พลาสติกชนิดนี้เหนียวและยืดหยุ่น เช่น พอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) พอลิพรอพิลีน (Polypropylene: PP) พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate: PET) เป็นต้น พลาสติกชนิดนี้มีข้อจำกัดการใช้งาน คือ ไม่สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูง เพราะอาจเกิดการเสียรูปได้ง่าย

2.2.1.1 เทอร์โมเซตติงพลาสติก

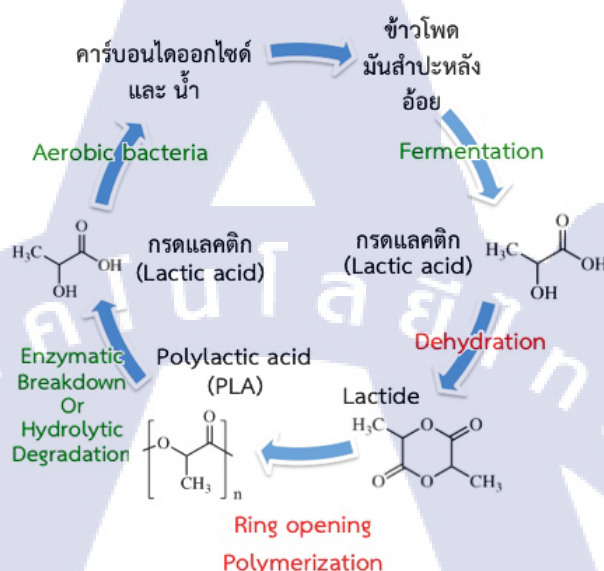
พลาสติกเทอร์โมเซตติง มีโครงสร้างแบบร่างแห ซึ่งสามารถหลอมเหลวขึ้นรูปได้เพียงครั้งเดียว เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยให้ความร้อนและความดัน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในโครงสร้าง เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ทำให้ผลิตภัณฑ์จากเทอร์โมเซตติงพลาสติกไม่สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ และเมื่อให้ความร้อนสูงเกินไปจะเกิดการสูญเสียการเป็นพอลิเมอร์และไหม้ ตัวอย่างของพลาสติกเทอร์โมเซตติง ได้แก่ ฟีนอลิกเรซิน (Phenolic resins) อีพอกซีเรซิน (Epoxy resins) เป็นต้น [4]

2.2.2 พอลิแลคติกแอซิด (Poly-lactic acid)

หากกล่าวถึงพลาสติกที่สลายตัวได้ทางชีวภาพในปัจจุบัน ต้องกล่าวถึงพลาสติกที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “พีแอลเอ”

พีแอลเอหรือพอลิแลคติกแอซิด (Poly-lactic acid) คือ พอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่เกิดจาก กรดแลคติกเป็นมอนอเมอร์ โดยกรดแลคติกได้มีการผลิตมาเป็นเวลานาน โดยเริ่มมีการค้าขายตั้งแต่ ค.ศ. 1881 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่พยายามนำมาใช้แทนครีมออฟทาร์ทาร์ ซึ่งเป็นส่วนผสมในผงฟูแต่ไม่ประสบความสำเร็จ แต่การผลิตกรดแลคติกยังคงมีการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยประเทศผู้นำการผลิตคือ ประเทศเยอรมัน เนื่องด้วยสมบัติการทำละลายของกรดแลคติกเหมาะสำหรับกระบวนการผลิตพอลิเมอร์ จึงมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก จนกระทั่ง สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตพลาสติก ถือเป็นความสำเร็จจากการผลิตพลาสติกที่ไม่ได้ใช้วัตถุดิบจากแหล่งปิโตรเลียม และเป็นวัสดุที่สามารถนำไปใช้ได้หลากหลายและยังสามารถย่อยสลายตามธรรมชาติดังรูปที่ 2.1 รูปแสดงวัฏจักรของพอลิแลคติกแอซิด ที่แสดงแหล่งที่มาของพอลิแลคติกแอซิดจากธรรมชาติ จนกระทั่งถึงการย่อยสลายทางชีวภาพไปสู่สิ่งแวดล้อม

การย่อยสลายของพอลิแลกติกแอซิดใช้เวลาเพียง 6-24 เดือน เมื่อเทียบกับพลาสติกจากปิโตรเลียมที่ใช้เวลานานถึง 100 ถึง 1,000 ปี ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ทำให้ความต้องการพอลิแลกติกแอซิดมีแนวโน้มสูงขึ้นและสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.1 วงจรของพอลิแลกติกแอซิดในธรรมชาติ [5]

ผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้ พอลิแลกติกแอซิดไปใช้ ได้แก่ ขวดน้ำพลาสติก ภาชนะบรรจุต่าง ๆ เป็นต้น

2.2.2.1 สมบัติของพอลิแลกติกแอซิด

- สมบัติการละลาย

การละลายของพอลิแลกติกแอซิด ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของหน่วยที่เป็นองค์ประกอบในสายโซ่พอลิเมอร์และระดับความเป็นผลึก ไม่ละลายน้ำ แอลกอฮอล์ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีหมู่แทนที่ แต่สามารถละลายได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น อะซิโตน (Acetone) ไซลีน (Xylene) เมทิลเอทิลคีโตน (Methyl ethyle ketone) เป็นต้น

- สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล

พอลิแลกติกแอซิด มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.25 มีความเปราะ คงรูปได้ดี และแข็งแรง เมื่อผ่านการดึงยืดจะมีสมบัติใกล้เคียงกับพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate: PET) แต่ดีกว่าพอลิสไตรีน (Polystyrene: PS) โมดูลัสแรงดึงและแรงดัดจะสูง

กว่าพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene: HDPE) พอลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) แต่ทานต่อแรงกระแทกและการยืดที่จุดแตกหักมีค่าต่ำกว่าพอลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ

- สมบัติทางความร้อน

พอลิแล็กติกแอซิด มีอุณหภูมิกลาสทรานสิชันและอุณหภูมิหลอมเหลวค่อนข้างสูงกว่าเทอร์โมพลาสติกทั่วไป โดยขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุลอัตราส่วนระหว่าง อิแนนทิโอเมอร์ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักโมเลกุล โดยทั่วไปอุณหภูมิหลอมเหลวของพอลิแล็กติกแอซิด มีค่าประมาณ 130-180 องศาเซลเซียส

- สมบัติด้านการซึมผ่านของก๊าซและของเหลว

สมบัติดังกล่าวของพอลิแล็กติกแอซิดมีค่าใกล้เคียงกับพอลิเมอร์ทั่วไปที่ใช้ในงานบรรจุภัณฑ์ เช่น พอลิสไตรีน แต่ค่าสัมประสิทธิ์การยอมรับให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และ ไนโตรเจนผ่านได้จะมีค่าน้อยกว่าพอลิสไตรีน การยอมรับให้น้ำผ่านมีค่าใกล้เคียงกัน และพอลิแล็กติกแอซิดมีสมบัติการป้องกันการแพร่ผ่านของกลิ่นได้ดี

2.2.2.2 ข้อดีและข้อเสียของพอลิแล็กติกแอซิด

ข้อดี

- มีฐานวัตถุดิบที่มาจากผลิตผลทางการเกษตร
- สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้

ข้อเสีย

- ลักษณะแข็งเปราะ ทำให้มีข้อจำกัดการใช้งานกับผลิตภัณฑ์บางกลุ่มที่ต้องการการอ่อนตัวสูง เช่น แผ่นฟิล์ม

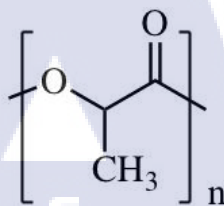
- ไม่ทนความร้อน
- มีความแข็งแรงในภาวะหลอมเหลวต่ำ ซึ่งมีผลต่อการกระบวนการขึ้นรูป เช่น การอัดรีด และการเป่าขึ้นรูป

2.2.2.3 การนำไปใช้งาน

พอลิแล็กติกแอซิดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายด้าน เช่น ด้านการแพทย์ สามารถเข้ากับเนื้อเยื่อและสามารถดูดซึมได้โดยระบบชีวภาพในร่างกาย ด้านการเกษตร บรรจุภัณฑ์ เส้นใย หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และด้านอื่น ๆ อีกมากมาย

จากข้อมูลสมบัติทางกายภาพ ทางกลที่ยังต้องการพัฒนา การย่อยสลายตามธรรมชาติได้ และการนำไปใช้หลากหลายของพอลิแล็กติกแอซิด จึงเป็นเหตุผลให้งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัสดุพอลิแล็กติกแอซิดเป็นส่วนประกอบในไม้พลาสติก และนอกจากนั้นแล้ว โครงสร้างโมเลกุลของพอลิแล็กติกแอซิด เหมาะสมและมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับเส้นใยจากธรรมชาติที่มีโมเลกุลของเซลลูโลสได้ ดังนั้น ไม่เพียงแต่การเสริมแรงของวัสดุจากธรรมชาติที่ทำให้วัสดุไม้พลาสติก จะแข็งแรง

ขึ้นแล้วยังทำให้วัสดุทั้งสองชนิดเกิดพันธะยึดเหนี่ยวกันและเสริมความแข็งแรงของวัสดุผสมดังกล่าวให้มากขึ้นอีกด้วย ดังรูปที่ 2.1 รูปแสดงสูตรโครงสร้างของพอลิแลกติกแอซิดที่แสดงให้เห็นโอกาสการเกิดการสลายพันธะที่อุณหภูมิผสมวัสดุซึ่งมากกว่าจุดหลอมเหลวของพอลิแลกติกแอซิดและเกิดปฏิกิริยากับเส้นใยธรรมชาติได้ [5-6]



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของพอลิแลกติกแอซิด [5]

2.3 เส้นใยจากธรรมชาติ (Natural fiber)

2.3.1 เส้นใยจากพืชและเซลลูโลส

เส้นใยจากธรรมชาติ หมายถึง เส้นใยที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มักพบในพืช สัตว์และแร่ธาตุ เส้นใยที่พบในพืช ได้แก่ เส้นใยเซลลูโลส เส้นใยที่พบในสัตว์ ได้แก่ เส้นใยโปรตีน และเส้นใยที่พบในแร่ธาตุ คือ ไยหิน ซึ่งจะแตกต่างจากเส้นใยประดิษฐ์ที่แม้จะมีองค์ประกอบที่มาจากธรรมชาติก็ตาม

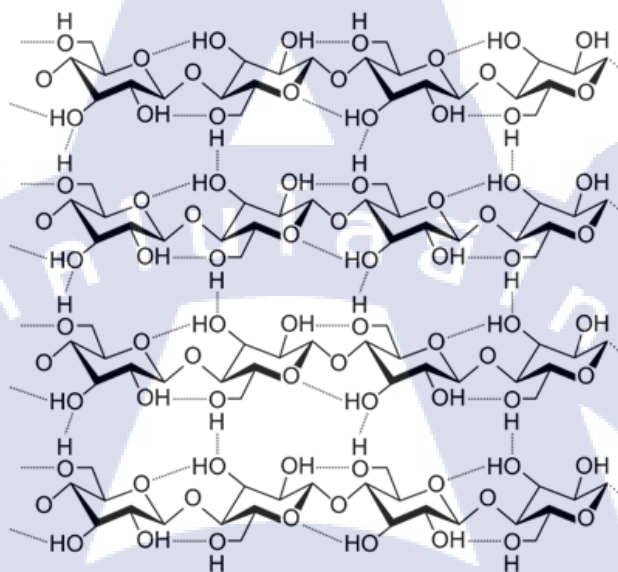
พืชในธรรมชาติมีจำนวนมากที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับให้เส้นใย เช่น เส้นใยจากเมล็ด ได้แก่ ฝ้าย นุ่น เส้นใยจากลำต้น ได้แก่ ปอกระเจา กัญชง ต่ำแย ข้าว เส้นใยส่วนของใบ ได้แก่ ป่านนารายณ์ ป่านมะนิลา กล้วย และเส้นใยจากผล ได้แก่ มะพร้าว เป็นต้น เส้นใยเซลลูโลสในพืชเหล่านี้ สามารถปลูกทดแทนขึ้นใหม่ได้และย่อยสลายตามธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์

งานวิจัยนี้ ใช้เส้นใยธรรมชาติผสมกับพอลิแลกติกแอซิด เพื่อผลิตเป็นไม้พลาสติก โดยเส้นใยที่ได้มาจากฟางข้าว

เส้นใยเซลลูโลสมีโครงสร้างทางเคมีที่น่าสนใจ กล่าวคือ พบหมู่ฟังก์ชันในโครงสร้างทางเคมีของเส้นใยเซลลูโลส ได้แก่ หมู่ฟังก์ชันของกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งหากตามทฤษฎีของการเกิดปฏิกิริยา มักจะเกิดขึ้นในจุดที่เป็นหมู่ฟังก์ชัน ดังนั้น จึงเป็นเหตุผลที่สนับสนุนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเซลลูโลสกับเซลลูโลสและเซลลูโลสกับพอลิแลกติกแอซิด เกิดเป็นพันธะใหม่และเสริมความแข็งแรงในวัสดุผสมขึ้นอีกด้วย

เส้นใยเซลลูโลสมักพบบริเวณผนังเซลล์ของพืช ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างพอลิเมอร์ 3 ชนิด ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เรียกรวมเส้นใยพืชที่ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบนี้ว่า ลิกโนเซลลูโลส โดยปริมาณเซลลูโลสในพืชนอกจากการเจริญเติบโตและสายพันธุ์แล้ว ยังขึ้นกับชนิดพืช

อีกด้วย เช่น ฟางข้าวมีปริมาณเซลลูโลสประมาณ 32% ชานอ้อยมีปริมาณเซลลูโลสประมาณ 33% ชังข้าวโพดมีปริมาณเซลลูโลส 45% เซลลูโลสมักรวมอยู่กับเฮมิเซลลูโลสและเพกทินเพื่อทำหน้าที่เสริมสร้างโครงสร้างของลำต้น กิ่งก้าน ของพืชให้แข็งแรงมากขึ้น และไม่สามารถละลายในน้ำ หรือย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ได้



รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างของเซลลูโลส [7]

2.3.2 ฟางข้าว

ฟางข้าวนอกจากเป็นผลผลิตหลักจากภาคเกษตรกรรมแล้ว ฟางข้าวยังมีปริมาณเซลลูโลสอยู่เป็นจำนวนมาก และมีงานวิจัยหลายงานวิจัยที่พยายามเปรียบเทียบปริมาณเส้นใยเซลลูโลสในฟางข้าวแต่ละสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่พบปริมาณเซลลูโลสมากที่สุดคือ ข้าวพันธุ์ กข27 พบว่าให้เซลลูโลสมากถึง 60% และพันธุ์ข้าวที่พบปริมาณเซลลูโลสน้อยที่สุดคือ ข้าวพันธุ์สามผิว พบว่าให้เซลลูโลสประมาณ 21% และพันธุ์ข้าว กข6 ปริมาณเซลลูโลสประมาณ 41% ซึ่งเป็นปริมาณเซลลูโลสโดยส่วนใหญ่ที่พบในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ

2.3.3 การเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าว

เนื่องจากในเส้นใยจากฟางข้าว (สำหรับงานวิจัยนี้เลือกฟางข้าวจากข้าวพันธุ์ กข27 เนื่องจากพบการให้เซลลูโลสใกล้เคียงกับปริมาณที่พบการให้เซลลูโลสส่วนใหญ่ในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ) นอกจากจะพบเซลลูโลสแล้วยังพบลิกนิน ซึ่งเป็นสารที่ไม่ต้องการเพราะลิกนินไม่ได้เป็นเส้นใยธรรมชาติเพื่อใช้

เสริมแรงในไม้พลาสติก ดังนั้น จึงมีวิธีการกำจัดลิกนินออกจากฟางข้าวด้วยวิธีต่าง ๆ ที่หลายงานวิจัยได้นำเสนอ เช่น การล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ สามารถลดปริมาณลิกนินออกไปได้ หรือการสกัดเซลลูโลสด้วยไอน้ำแรงดันสูง ก็เป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีการนำเสนอ

งานวิจัยนี้เลือกการบำบัดทางเคมีด้วยวิธีการกำจัดลิกนินออกจากเส้นใยฟางข้าวด้วยการละลายกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% ซึ่งสามารถลดปริมาณ เฮมิเซลลูโลสได้อีกด้วย [7-8]

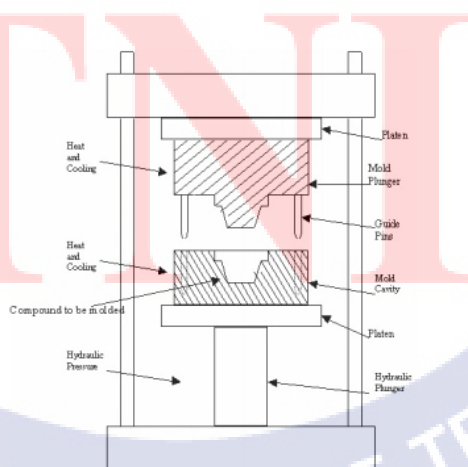
2.4 กระบวนการขึ้นรูปไม้พลาสติก

เนื่องจากไม้พลาสติกประกอบด้วยวัสดุ 2 ชนิด ได้แก่ พลาสติก และเศษวัสดุจากธรรมชาติ ซึ่งเศษวัสดุจากธรรมชาตินี้เองจะเป็นสิ่งกำหนดกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ไม้พลาสติก เนื่องจากการขึ้นรูปไม้พลาสติกบางกระบวนการไม่สามารถขึ้นรูปวัสดุผสมที่ผสมวัสดุจากธรรมชาติที่มาขนาดใหญ่ได้ เช่น การเป่าขึ้นรูป เป็นต้น ดังนั้น จึงสามารถขึ้นรูปวัสดุไม้พลาสติกได้ด้วยวิธีการที่นิยม คือ กระบวนการกดอัดขึ้นรูป (Compression molding)

2.4.1 กระบวนการกดอัดขึ้นรูป (Compression molding)

กระบวนการอัดขึ้นรูปขึ้นงานเป็นกระบวนการขึ้นรูปแบบดั้งเดิม สามารถใช้ขึ้นรูปได้ทั้งพลาสติกเทอร์โมเซตติงและเทอร์โมพลาสติก ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการอื่นได้ยาก เช่น ช้อน จาน เป็นต้น

การอัดขึ้นรูป มีกระบวนการไม่ซับซ้อน โดยหลักการทำงานคือ นำเป็ดไม้พลาสติกมาอัดในแม่พิมพ์ ภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อให้พลาสติกหลอมและไหลไปยังช่องว่างในแม่พิมพ์ ส่วนประกอบหลักของเครื่องกดอัด คือ แผ่นอัด จำนวนสองชุด แผ่นหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ลงได้และอีกแผ่นถูกยึดกับที่ แม่พิมพ์ทั้งตัวผู้และตัวเมียจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กอัดทั้งสองแผ่นนี้ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของเครื่องกดอัดขึ้นรูป [9]

นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ของเครื่องอัดขึ้นรูปอีก เช่น ระบบให้ความร้อน ระบบหล่อเย็น และระบบขับเคลื่อน โดยทั่วไปเครื่องอัดขนาดเล็กที่ใช้ในห้องปฏิบัติการจะมีระบบขับเคลื่อนที่ดีที่เหมาะสมกับการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ คือ ราคาถูก ผลิตง่าย สูญเสียวัสดุน้อย เคลื่อนที่ให้ความดันประมาณ 5-100 ตัน เครื่องอัดในอุตสาหกรรมจะมีระบบขับเคลื่อนให้ความดันถึง 10-4,000 ตัน

2.4.2 วัฏจักรของกระบวนการกดอัด

กระบวนการกดอัดเริ่มจากการยึดแม่พิมพ์กับแผ่นเหล็กอัดทั้งสองแผ่น จากนั้นให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ขึ้นกับชนิดของวัสดุที่ใช้ และเติมวัสดุที่ต้องการกดอัดขึ้นรูปลงในแม่พิมพ์ โดยต้องคำนึงถึงขนาดของผลิตภัณฑ์ ความหนาแน่นของวัสดุ จากนั้นปิดแม่พิมพ์โดยการเคลื่อนที่แผ่นอัดด้วยความดันที่เหมาะสม พลาสติกจะเกิดการหลอมตัว แลไหลเข้าสู่ช่องว่างของแม่พิมพ์ สำหรับไม้พลาสติกที่ประกอบด้วยพลาสติกชนิดเทอร์โมเซตติงพลาสติกต้องปล่อยให้พลาสติกอยู่ในภาวะความดันนี้และอุณหภูมินี้ระยะหนึ่งเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงโมเลกุลของพลาสติกเทอร์โมเซตนั้น ๆ จึงสามารถหล่อเย็นเพื่อให้วัสดุแข็งตัว

2.4.3 แม่พิมพ์สำหรับกระบวนการกดอัด

แม่พิมพ์สำหรับกระบวนการกดอัดต้องรับการเสียดสีสูงมากจากพลาสติกและสารเติมแต่ง ดังนั้น วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ควรทนต่อความดันและแรงอัดสูง ทนต่ออุณหภูมิสูง ทนต่อการขัดสี และทนต่อการกัดกร่อน โดยสามารถแบ่งแม่พิมพ์ได้ 3 ประเภท

- แม่พิมพ์อัดผลิตภัณฑ์ราบหรือแม่พิมพ์ชนิดบาง จะยอมให้วัสดุส่วนเกินไหลออกนอกแม่พิมพ์
- แม่พิมพ์ปิดอัดหรือแม่พิมพ์ชนิดบวก ไม่ให้วัสดุโดนกดอัดไหลออกนอกแม่พิมพ์
- แม่พิมพ์แบบฝาประกบหรือชนิดกึ่งบวก จะเป็นการรวมระหว่างแม่พิมพ์ชนิดบางกับแม่พิมพ์ชนิดบวก วัสดุบางส่วนอาจสามารถไหลออกจากแม่พิมพ์ได้ระยะหนึ่งและจะหยุดไหลออกเมื่อแม่พิมพ์ตัวผู้ปิดสนิท [9]

2.5 มาตรฐานการทดสอบสมบัติด้านความแข็งแรง

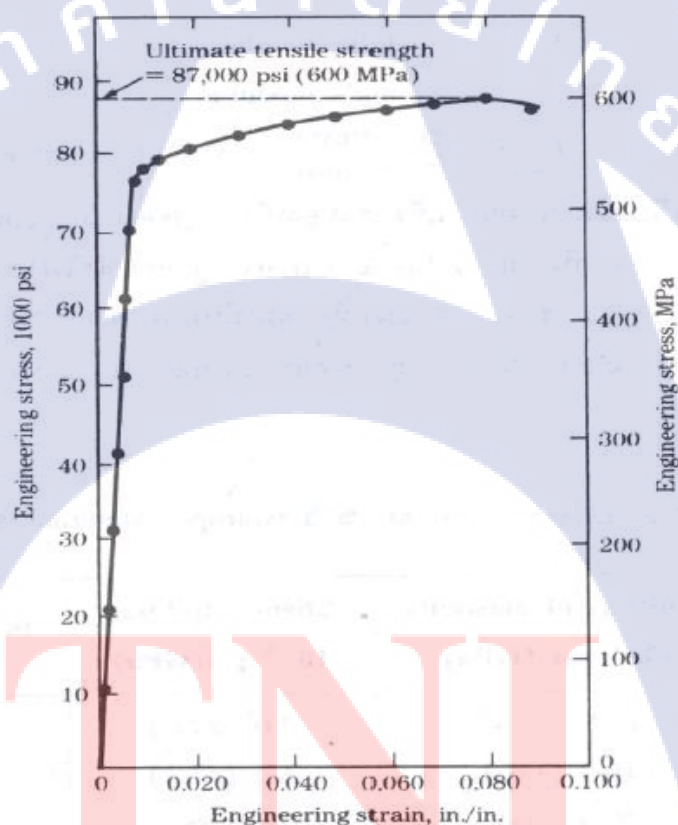
2.5.1 สมบัติทางกลของวัสดุไม้พลาสติก

สมบัติทางกลของวัสดุ คือ สมบัติของวัสดุที่ตอบสนองต่อแรงกลที่มากกระทำ และเกิดแรงต้านทานภายในเนื้อวัสดุ จนกระทั่งวัสดุไม่สามารถต้านทานแรงกระทำภายนอกได้จะเกิดการเสียรูป

แตกหัก ได้ ดังนั้น ค่าที่บอกความสามารถในการต้านทานแรงที่มากระทำจะเรียกว่า ความแข็งแรงของวัสดุ

2.5.1.1 ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength)

ความต้านทานแรงดึง คือ ความต้านทานที่วัสดุใด ๆ สามารถต้านทานแรงกระทำภายนอกในแนวตามยาวได้ ซึ่งเมื่อทดสอบความต้านทานแรงดึงจะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นแรงดึงและความเครียดดังรูปที่ 2.5 โดยกราฟจะแสดงระยะที่วัสดุจะสามารถหดกลับไปเหมือนเดิมได้ เรียกว่า การเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่น (Elastic deformation) และระยะที่วัสดุจะเปลี่ยนรูปไปถาวร (Plastic deformation)



รูปที่ 2.5 รูปแสดงความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดจากการทดสอบความต้านทานแรงดึงของวัสดุ [10]

การเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่น จะเป็นช่วงกราฟที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง เกิดขึ้นในช่วงการทดสอบความต้านทานแรงดึงในช่วงแรก โดยความชันของช่วงดังกล่าวเรียกว่า ค่า Young's modulus ซึ่งจะสามารถบ่งชี้ความแข็งตัวของวัสดุ เรียกว่า ความสามารถในการต้านทานการผิดรูป

การเปลี่ยนรูปแบบดาว เป็นช่วงกราฟหลังจากกราฟเส้นตรง เนื่องจากการดึงที่แรงมากขึ้น จนถึงจุดสิ้นสุดช่วงยืดหยุ่น แรงดึงสามารถเอาชนะแรงระหว่างโมเลกุลจนมีการเปลี่ยนรูปแบบดาวส่งผลให้ขนาดของวัสดุทดสอบเปลี่ยนไปอย่างถาวร

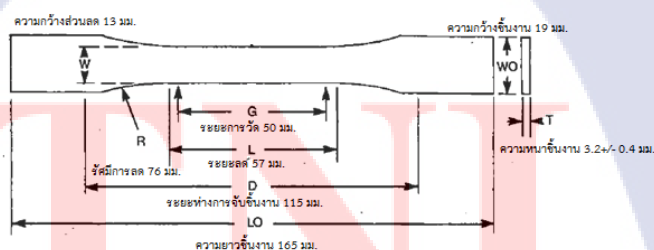
2.5.1.1 ความเหนียว (Ductility)

ความเหนียวของชิ้นงานทดสอบสามารถบอกได้จาก เปอร์เซ็นต์อีลองเกชัน (% Elongation: %EL) ถ้าวัสดุมี %EL มากกว่า 5% จัดกลุ่มวัสดุจำพวกนี้ว่าวัสดุเหนียว

$$\%EL = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1)$$

สมการที่ 1 เป็นสมการสำหรับค่าเปอร์เซ็นต์อีลอนเกชัน (%EL) สามารถคำนวณได้จาก ความยาวที่เปลี่ยนแปลงหารด้วยความยาวเดิมของวัสดุ

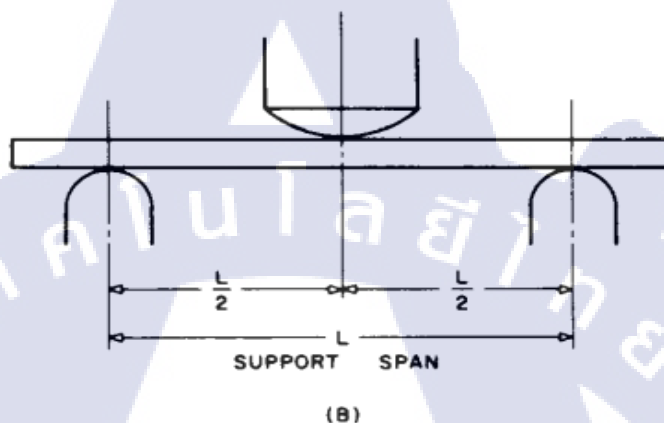
สำหรับการทดสอบความความต้านทานแรงดึง ของพลาสติก และพลาสติกเสริมแรง หรือไม้พลาสติก จะทดสอบโดยใช้ชิ้นงานรูปทรง ดัมเบลล์ (Type I) ดังรูปที่ 2.6 ทดสอบภายใต้ อุณหภูมิ ความดัน และเครื่องมือทดสอบถูกควบคุม สามารถใช้ชิ้นงานที่มีความหนาได้ตามความเหมาะสมถึง 14 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.6 ลักษณะและขนาดสำหรับชิ้นงานสำหรับทดสอบความต้านทานแรงดึงของวัสดุไม้พลาสติก
Type I [11]

สำหรับการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดัดของไม้พลาสติกแบบ 3 จุด (three-pointed bending) เป็นการให้แรงกระทำที่จุดกึ่งกลางของชิ้นงานทดสอบและจุด รับรองในทิศทางตรงกันข้ามบริเวณปลายทั้งสองด้านที่มีระยะห่างจากจุดกึ่งกลาง เท่ากัน เหมาะสำหรับการทดสอบ

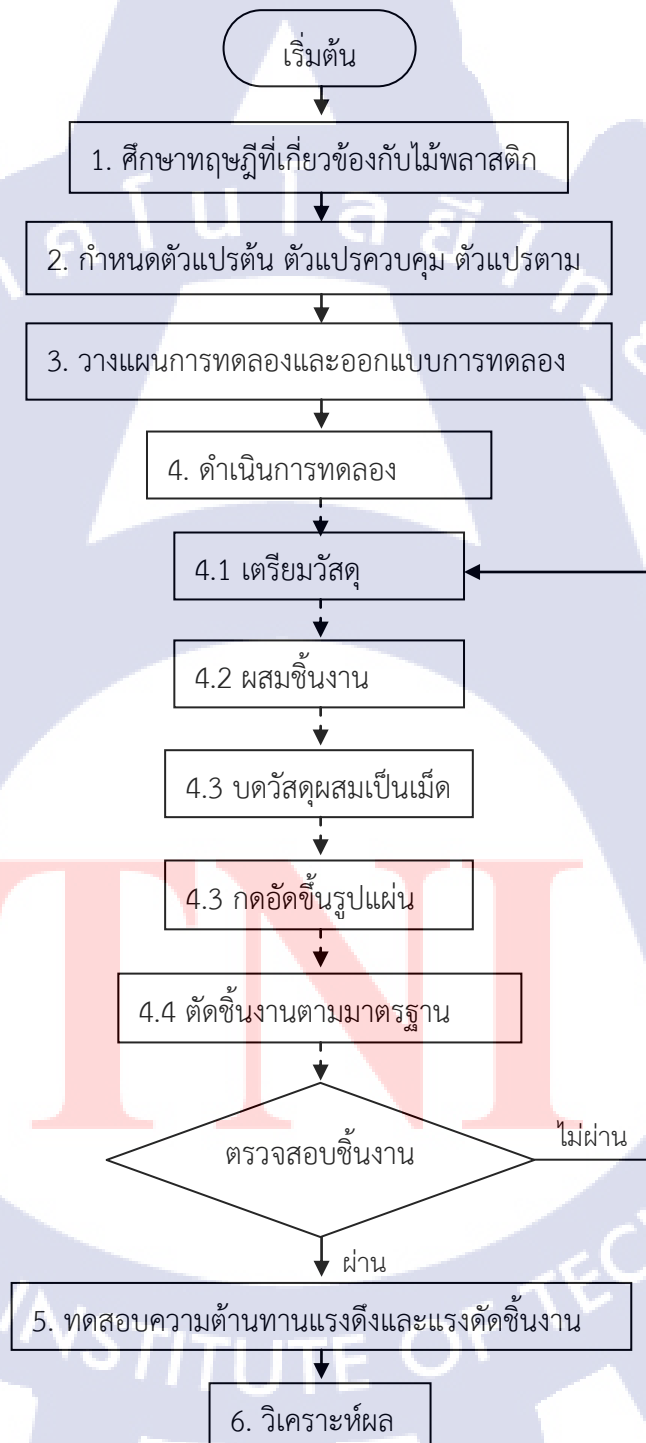
พลาสติกที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ต่ำ หัวกดที่ใช้ให้แรงกระทำและชุดรองรับมีลักษณะเป็นใบมีดมน (round knive edges) หรือเพลาลูกเหล็กแข็ง รัศมีของหัวกด และชุดให้แรงกระทำต้องมีรัศมีอย่างต่ำ 3.2 มิลลิเมตร และ มีรัศมีสูงสุดไม่เกิน 4 เท่าของความหนาชิ้นงานทดสอบสำหรับหัวกด และ 1.5 เท่าของความหนาชิ้นทดสอบสำหรับชุดรองรับ ระยะห่างระหว่างจุดรองรับทั้งสองกับความหนาของชิ้นทดสอบโดยมีค่าได้ระหว่าง 16:1 ถึง 60:1 ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ลักษณะการทดสอบสมบัติการต้านทานแรงดึงของพลาสติก [12]

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ผังกระบวนการดำเนินงาน



3.2 การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาไม้พลาสติกจากวัสดุเส้นใยธรรมชาติจากพืช ได้แก่

3.2.1 ศึกษาปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศและวัสดุเหลือจากภาคเกษตรกรรม

เนื่องจากวัสดุที่มาจากภาคเกษตรกรรมต้องเป็นวัสดุที่ให้ผลผลิตและเศษวัสดุเหลือใช้จำนวนมากและราคาถูก ดังนั้น การใช้วัสดุเหลือใช้จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ วัสดุที่เหลือใช้ต้องมีปริมาณเส้นใยอยู่เป็นจำนวนมาก

3.2.2 ศึกษาพันธุ์ข้าวที่สามารถนำเป็นตัวแทนของพันธุ์ข้าวทั้งหมด

พันธุ์ข้าวในประเทศไทยมีมากกว่า 20 สายพันธุ์ ดังนั้น ปริมาณเซลลูโลสในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ จึงแตกต่างกัน การเลือกพันธุ์ข้าวที่เป็นตัวแทนเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาให้เหมาะสม

3.2.3 ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ

ปัจจัยที่งานวิจัยอื่นเคยศึกษาและทดลองมาก่อน ปัญหา และข้อเสนอแนะจากงานวิจัยอื่น เพื่อแก้ไขจุดบกพร่อง ที่สำคัญคือการศึกษาปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมีขององค์ประกอบไม้พลาสติกทั้งสององค์ประกอบ

3.2.4 ศึกษาข้อมูลความเป็นไปได้ของการพัฒนาและแนวทางการพัฒนาวัสดุไม้พลาสติก

การศึกษาโอกาสการพัฒนาเป็นการศึกษาเหตุผลของความล้มเหลวและความสำเร็จ ของงานวิจัยอื่น ประกอบกับทฤษฎีที่ต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางกล เพื่อนำไปสู่การกำหนดปัจจัยที่ต้องการศึกษาอย่างมีหลักการและเหตุผล

3.3 กำหนดตัวแปร

การกำหนดตัวแปร สามารถกำหนดได้จากปัจจัยที่ได้ศึกษามาข้างต้น เลือกปัจจัยที่มีโอกาสสามารถพัฒนาสมบัติความแข็งแรงของวัสดุไม้พลาสติกได้

3.3.1 ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ

ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ เป็นตัวแปรที่สนใจศึกษาอิทธิพลต่อความแข็งแรงของไม้พลาสติก มีปัจจัยดังต่อไปนี้

- กระบวนการเตรียมเส้นใยจากจากฟางข้าว

เนื่องจากการเตรียมเส้นใยธรรมชาติ มีผลต่อปริมาณของลิกนินในเส้นใยจากฟางข้าว ซึ่งเป็นสารหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบของเส้นใยธรรมชาติ ดังนั้น ต้องเปรียบเทียบความแข็งแรงของวัสดุเส้นใย

จากฟางข้าวที่มีกระบวนการกำจัดลิกนินออกจากฟางข้าว กับฟางข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการกำจัดลิกนิน ดังนั้น สามารถกำหนดตัวแปร X ได้ดังนี้

X_1 คือ เส้นใยธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการกำจัดลิกนินด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวล ก่อนผสมพอลิแลคติกแอซิด

X_2 คือ เส้นใยธรรมชาติที่ไม่ผ่านกระบวนการกำจัดลิกนินก่อนผสมพอลิแลคติกแอซิด

- ปริมาณเส้นใยธรรมชาติในวัสดุไม้พลาสติก

หากกล่าวถึงการเกิดการผสมของวัสดุ 2 ชนิดขึ้นไป ต้องมีองค์ประกอบสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเสมอ คือ สัดส่วนที่เหมาะสมของการผสม แม้ว่าสารสองชนิดจะเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ ต้องพิจารณาว่า ปริมาณที่สารสองชนิดจะทำปฏิกิริยาพอดีกัน เพื่อป้องกันวัสดุใดวัสดุหนึ่งเหลือจากปฏิกิริยา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัสดุขนาดใหญ่ สำหรับงานวิจัยนี้ คือ เส้นใยธรรมชาติ หากมีมากเกินไป อาจจะทำให้วัสดุทั้งสองผสมเข้ากันไม่ดีพอ ดังนั้น จึงต้องมีการศึกษาปัจจัยของปริมาณเส้นใยธรรมชาติในวัสดุไม้พลาสติก โดยกำหนดตัวแปร Y ได้ดังนี้

Y_1 คือ ปริมาณเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว 10% โดยมวล

Y_2 คือ ปริมาณเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว 20% โดยมวล

Y_3 คือ ปริมาณเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว 30% โดยมวล

3.3.2 ตัวแปรต้นหรือตัวแปรตาม

สำหรับปัจจัยที่เราต้องการทราบผลของการทดสอบ คือ ความแข็งแรงของวัสดุ สำหรับงานวิจัยนี้ เลือการศึกษาความต้านทานแรงดึงของวัสดุไม้พลาสติก และความต้านทานแรงดัดของวัสดุไม้พลาสติก เพื่อวิเคราะห์ตัวแปรอิสระที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงดังกล่าว

3.3.3 ตัวแปรควบคุม

สำหรับตัวแปรควบคุมเป็นตัวแปรที่อาจจะมีผลหรือไม่มีผลต่อความแข็งแรงของวัสดุไม้พลาสติก แต่ไม่ต้องต้องการศึกษาขณะนี้ ดังนั้น จึงต้องควบคุมให้ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้คงที่ และควบคุมให้เหมือนกันทุกการทดลอง มีดังต่อไปนี้

- พันธุ์ข้าว (ข้าวเหนียว กข.6)

- ขนาดของเส้นใยจากฟางข้าว

การควบคุมขนาดของเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวสามารถทำได้โดยการคัดแยกขนาดและผสมปริมาณเส้นใยขนาดต่าง ๆ รวมกัน จึงสามารถกำหนดได้ว่าการทดลองจะใช้เส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวขนาดเท่ากันทุกการทดลอง

- เงื่อนไขการผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยจากฟางข้าว

เนื่องจากในกระบวนการผสมเส้นใยธรรมชาติกับพอลิแลคติกแอซิด มีตัวแปรอื่น ๆ ที่ต้องควบคุม ได้แก่ อุณหภูมิการผสม เวลาการผสม ลำดับการผสม อุปกรณ์ที่ใช้ผสม และปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าว อาจจะมีผลต่อความสมบูรณ์ของการรวมตัวกันของวัสดุทั้ง 2 ชนิด ดังนั้น ต้องควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ให้คงที่ทุกการทดลอง

- เงื่อนไขการบดวัสดุผสมเป็นเม็ดพลาสติกผสม

การบดเม็ดไม้พลาสติกให้มีขนาดเล็กเพื่อง่ายต่อการขึ้นรูปด้วยการกดอัดขึ้นรูปตามแม่พิมพ์ มีตัวแปรหนึ่งที่สำคัญคือ ขนาดของเม็ดไม้พลาสติก การควบคุมตัวแปรนี้สามารถควบคุมโดยการกำหนดขนาดของตะแกรงบดให้มีขนาดเท่ากันทุกการทดลอง โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ตะแกรงขนาด 4 มิลลิเมตร

- เงื่อนไขการอัดขึ้นงานเป็นแผ่นขนาด 20x20x0.3 เซนติเมตร

การกดอัดขึ้นรูปถือเป็นกรรมวิธีการขึ้นรูปไม้พลาสติกอย่างหนึ่งซึ่งต้องอาศัยความร้อนและแรงดัน สำหรับการกดอัด ดังนั้น ทุกการทดลองต้องควบคุม อุณหภูมิ และความดันให้เท่ากัน นอกจากนี้ ยังต้องควบคุมความหนาแน่นของไม้พลาสติก เพื่อใช้กำหนดน้ำหนักของเม็ดไม้พลาสติกให้ได้ความหนาแน่นเท่ากันทุกการทดลอง

- การตัดชิ้นงานตามขนาดมาตรฐานการทดสอบความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงดัด ใช้เครื่องตัดเลเซอร์ Mitsubishi ML3015LX 2000W

การตัดชิ้นงานเป็นกระบวนการสุดท้ายก่อนนำชิ้นงานไปทดสอบ ดังนั้น ในขั้นตอนนี้ต้องไม่ทำความเสียหายต่อชิ้นงานทดสอบโดยเด็ดขาด วิธีการที่สามารถตัดชิ้นงานได้จึงใช้การกำหนดขนาดจากโปรแกรมให้ได้ขนาดที่เท่ากับและตัดด้วยเลเซอร์เพื่อลดแรงกระทำต่อชิ้นงานให้ได้มากที่สุด

3.4 วางแผนและออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้สำหรับปรับภาวะของกระบวนการให้ได้ผลตอบสนองที่เป็นไปตามที่เราต้องการ ซึ่งต่างจากวิธีการทดลองโดยทั่วไปแบบลองผิดลองถูก หรือทดลองปรับภาวะทีละค่า (One-Factor-at-a-Time: OFAT) และจะเป็นผลเสียต่อกระบวนการที่มีอันตรกิริยาระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยตนเอง

การออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล ที่ประกอบด้วยตัวแปร 2 ตัวแปร

ตัวแปรที่ 1 กระบวนการเตรียมเส้นใยจากฟางข้าว มี 2 ระดับ ดังนี้

X_1 คือ เส้นใยธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการกำจัดลิกนินด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวล ก่อนผสมพอลิแลคติกแอซิด

X_2 คือ เส้นใยธรรมชาติที่ไม่ผ่านกระบวนการกำจัดลิกนินก่อนผสมพอลิแล็กติกแอซิด

ตัวแปรที่ 2 ปริมาณเส้นใยธรรมชาติในวัสดุไม้พลาสติก มี 3 ระดับ ดังนี้

Y_1 คือ ปริมาณเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว 10% โดยมวล

Y_2 คือ ปริมาณเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว 20% โดยมวล

Y_3 คือ ปริมาณเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว 30% โดยมวล

การทดลองแบบสุ่มลำดับการทดลองและการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ ดังตารางออกแบบการทดลอง ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลอง

ตัวแปรต้น การทดลอง	X	Y	ผลการทดสอบ (ตัวแปรตาม)	
			ความต้านทานแรงดึง (MPa)	ความต้านทานแรงดัด (MPa)
1	X_1	Y_1		
2	X_2	Y_2		
3	X_2	Y_1		
4	X_2	Y_1		
5	X_1	Y_2		
6	X_2	Y_3		
7	X_1	Y_2		
8	X_2	Y_1		
9	X_2	Y_2		
10	X_2	Y_3		
11	X_1	Y_3		
12	X_1	Y_1		
13	X_1	Y_1		
14	X_1	Y_2		
15	X_2	Y_3		
16	X_2	Y_2		
17	X_1	Y_3		
18	X_1	Y_3		

3.5 การเตรียมวัสดุ

3.1.1 การเตรียมฟางข้าว

ก่อนผสมเม็ดพลาสติก Poly-lactic acid

- a) ตัดฟางข้าวให้มีความยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร
- b) บดฟางข้าวที่ตัดแล้วให้มีขนาดเล็ก
 - การบดฟางข้าวใช้เวลาบด 5 นาที ด้วยเครื่องตัดแนวตั้ง
 - ปริมาณการบดต่อกะ 50 กรัม ปริมาณทั้งหมดที่บดเตรียมสำหรับงานวิจัยนี้ 500 กรัม
- c) แบ่งฟางข้าวเป็นสองส่วน ส่วนละ 250-300 กรัม
- d) ส่วนแรกให้นำไปล้างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 15% โดยมวล สัดส่วนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวลต่อฟางข้าว เท่ากับ 20:1 [13]
 - เวลาการล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 15% โดยน้ำหนัก 30 นาที
 - กวนฟางข้าวอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา
- e) เมื่อครบเวลาแยกฟางข้าวออกจากสารละลายโดยการกรองด้วยผ้ากรองหยาบและล้างด้วยน้ำสะอาดผ่านผ้ากรองเป็นเวลา 10 นาที
- f) ทิ้งให้หมาด 8 ชั่วโมง และอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จนกระทั่งฟางข้าวน้ำหนักคงที่ (ประมาณ 4-6 ชั่วโมง)
- g) แยกขนาดของฟางข้าวที่ล้างแล้วและยังไม่ได้ล้างแยกกัน
 - ขนาดฟางข้าวที่ต้องการ 1-0.425 มิลลิเมตร อย่างละ 100 กรัม
 - ขนาดฟางข้าวที่ต้องการ 0.425-0.250 มิลลิเมตร อย่างละ 100 กรัม ซึ่งน้ำหนัก
- h) ซึ้งน้ำหนักฟางข้าวตามตารางที่ 3.2

3.1.2 การเตรียมเม็ดพลาสติก Poly-lactic acid

การเตรียมวัตถุดิบเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นมาก เนื่องจาก การผสมวัสดุสองชนิดต้องควบคุมภาวะของกระบวนการทั้งหมดให้เหมาะสม เช่น ปริมาณผสมต่อการผสม 1 ครั้ง อุณหภูมิที่ใช้ผสม เวลานำในการผสม รอบของการบดผสม จำเป็นต้องควบคุม เพราะเราไม่ทราบแน่ชัดว่าปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อตัวแปรตามของการทดลองในงานวิจัยนี้หรือไม่ อย่างไร

ดังนั้น การเตรียมวัตถุดิบจำเป็นต้องเตรียมพร้อมตามอัตราส่วนผสมในตารางที่ 3.2 เป็นตารางแสดงสูตรการเตรียมผสมวัตถุดิบ

ตารางที่ 3.2 แสดงน้ำหนักฟางข้าวสำหรับผสมในสัดส่วนต่าง ๆ ตามแผนการทดลอง

ตัวอย่าง	Y	X	ขนาดฟางข้าว (ไมครอน)		น้ำหนัก ฟางรวม (กรัม)	น้ำหนัก PLA (กรัม)	น้ำหนัก สุทธิ (กรัม)
			1-0.425	0.425-0.25			
1	Y ₁	X ₁	3.5	3.5	7	63	70
			3.5	3.5	7	63	70
2	Y ₁	X ₂	3.5	3.5	7	63	70
			3.5	3.5	7	63	70
3	Y ₂	X ₁	7	7	14	56	70
			7	7	14	56	70
4	Y ₂	X ₂	7	7	14	56	70
			7	7	14	56	70
5	Y ₃	X ₁	10.5	10.5	21	49	70
			10.5	10.5	21	49	70
6	Y ₃	X ₂	10.5	10.5	21	49	70
			10.5	10.5	21	49	70

3.2 การผสมวัสดุ

ใช้เครื่องอัดผสม (Internal Mixer) เพื่อทำเป็นเม็ดพลาสติกผสม

3.2.1 เตรียมเครื่อง

ปรับตั้งอุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผสมเม็ดพลาสติก PLA ควรมากกว่าจุดหลอมเหลวของพลาสติกชนิดนั้น และไม่เกินอุณหภูมิที่ฟางจะไหม้ การวิจัยนี้ใช้อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ปรับตั้งรอบการบดผสม 20 รอบต่อนาที

3.2.2 การผสมวัตถุดิบ

- เดินเครื่อง เติมเม็ดพลาสติกลงเครื่องที่ช่องเติมด้านบน ดังรูปที่ 3.1
- เติมฟางข้าวทั้งสองขนาดลงเครื่องบดผสม
- หลังจากเติมวัตถุดิบทั้งหมดแล้วปิดฝาบน เมื่ออุณหภูมิถึง 190 ให้เริ่มจับเวลา 5 นาที



รูปที่ 3.1 รูปเครื่องบดผสม (Internal mixer)

d) แกะพลาสติกผสมออกจากเครื่องบดผสมจะได้ชิ้นงานลักษณะดังรูปที่ 3.2 (ชิ้นงานที่แกะออกมาจะยังร้อนและอ่อนตัว ดังนั้นจึงต้องปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง)



รูปที่ 3.2 ลักษณะของไม้พลาสติกผสมจากเครื่องบดผสม (Internal mixer)

e) ล้างทำความสะอาดเครื่องก่อนการเปลี่ยนสัดส่วนของวัตถุดิบและหลังใช้งานแล้ว

3.3 การบดเม็ดไม้พลาสติก

การบดพลาสติกเป็นเม็ดใช้เครื่องบดพลาสติกทั่วไป กำหนดขนาดตะแกรงบด เป็น 4 มิลลิเมตร ไม่มีการควบคุมเวลาการบด เนื่องจากพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่า 4 มิลลิเมตร ตามขนาด

ตะแกรงจะผ่านรูตะแกรงร่อนในกระบะรับก่อน บดจนกระทั่งพลาสติกหมด เม็ดพลาสติกจากได้ตามรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เม็ดไม้พลาสติกผสม จากเครื่องบดพลาสติกขนาดตะแกรงบด 4 มิลลิเมตร

3.4 การขึ้นรูปและการตัดชิ้นงาน

3.4.1 กำหนดความหนืดของวัสดุ

ก่อนการขึ้นรูปชิ้นงาน เพื่อให้ชิ้นงานแต่ละชิ้นมีความหนาแน่นเท่ากัน โดยความหนาแน่นของ Poly-lactic acid เท่ากับ 1.25 ลูกบาศก์มิลลิเมตร

3.4.2 นำเม็ดไม้พลาสติกผสมขึ้นรูป

โดยการอัดลงแม่พิมพ์แนวตั้งดังรูปที่ 3.4 แม่พิมพ์ที่ใช้ขนาด 20x20x0.3 เซนติเมตร หากต้องการขึ้นงานความหนาแน่น 1.25 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ต้องใช้เม็ดไม้พลาสติกผสม 150 กรัมอัดขึ้นรูปชิ้นงานตามแม่พิมพ์

- เตรียมเครื่องอัดขึ้นรูป โดยการปรับตั้งค่าอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
- ตั้งค่าเวลาหลอมเหลว 5 นาที เวลาอัดตัว 5 นาที และเวลาเย็นตัว 5 นาที
- ชั่งเม็ดไม้พลาสติกผสม 150 กรัม เทเม็ดลงแม่พิมพ์บริเวณกลางแม่พิมพ์
- เริ่มเดินเครื่อง การทำงานเครื่องจะทำงานอัตโนมัติ เมื่อครบเวลาหลอมเครื่องจะอัดเพิ่มเป็น 100 MPa เป็นเวลา 5 นาทีตามที่ตั้งค่า

e) ย้ายแม่พิมพ์ลงมาช่องเย็นตัว และเริ่มเดินเครื่องใหม่ เครื่องจะอัดแม่พิมพ์อีกครั้ง ที่ ความดัน 100 MPa เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบ 5 นาที สามารถจับแม่พิมพ์ด้วยมือเปล่า นำ แม่พิมพ์และชิ้นงานออกจากเครื่องได้

f) การตัดชิ้นงานตามขนาดมาตรฐานการทดสอบความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงดัด ใช้เครื่องตัดเลเซอร์ Mitsubishi ML3015LX 2000W



รูปที่ 3.4 เครื่องอัดแผ่นชิ้นงานแนวตั้ง

ลักษณะของชิ้นงานจากเครื่องอัดแผ่นชิ้นงานจะได้ชิ้นงานดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผ่นชิ้นงานจากเครื่องอัดแผ่น ขนาด 20x20x0.3 เซนติเมตร

3.5 การทดสอบชิ้นงาน

3.5.1 ทดสอบสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน

a) สมบัติความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ทดสอบโดยใช้ขนาดชิ้นงานอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D638

- ห้องทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 25-27 องศาเซลเซียส
- ระยะห่างการจับชิ้นงาน 110 มิลลิเมตร
- ความเร็วการดึงชิ้นงาน เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อนาที

b) สมบัติความต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural strength) ทดสอบโดยใช้ระยะห่างฐานรับชิ้นงานอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D790

- ห้องทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 25-27 องศาเซลเซียส
- ระยะห่างฐานรับชิ้นงาน 25 มิลลิเมตร
- ความเร็วการกดชิ้นงาน เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อนาที

3.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง

3.6.1 วิเคราะห์ผลกระทบของปริมาณของฟางข้าว

วิเคราะห์อิทธิพลของปริมาณเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวในไม้พลาสติกต่อสมบัติทางกลของวัสดุผสม โดยการเปรียบเทียบความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงดัดโค้งชิ้นงาน ในสัดส่วนต่าง ๆ

3.6.2 วิเคราะห์ผลกระทบของการล้างฟางข้าว

วิเคราะห์อิทธิพลวัสดุเสริมพลาสติกต่อสมบัติทางกลของชิ้นงาน โดยเปรียบเทียบสัดส่วนที่เท่ากัน ระหว่างชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และไม่ล้าง

3.6.3 วิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยร่วม

วิเคราะห์อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณฟางข้าวและการล้างฟางข้าวก่อนขึ้นรูปชิ้นงานที่กระทบต่อความแข็งแรงของชิ้นงาน

3.6.4 วิเคราะห์ลักษณะชิ้นงานที่ปรากฏและภาพขยายด้านตัดขวางของชิ้นงาน

วิเคราะห์ลักษณะของชิ้นงานภายนอก เช่น ผิวของชิ้นงาน และภาพขยายด้านตัดขวางชิ้นงาน ดูลักษณะโครงสร้างภายนอกของชิ้นงานแต่ละตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์เหตุผลสนับสนุนผลการทดสอบของงานวิจัยนี้ให้สมบูรณ์



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้เป็นการอภิปรายผลการวิเคราะห์อิทธิพลของปริมาณของเส้นใยธรรมชาติจากฟางจากเม็ดพลาสติกพอลิแลคติกแอซิดกับฟางข้าว จากกระบวนการผสมแบบบดผสมขณะให้ความร้อนถึงจุดหลอมเหลว และอัดขึ้นรูปเป็นแผ่น โดยการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานจะอ้างอิงจากผลการทดสอบความเค้นของการดึงชิ้นงาน (Tensile stress) และความเค้นการดัดชิ้นงาน (Flexural stress) ตามมาตรฐาน ASTM D638 และ D790 ตามลำดับ โดยการทดสอบจะใช้ชิ้นงานตัวอย่างละ 3 ชิ้นงาน ที่ขึ้นรูปพร้อมกันและตัดตามขนาดมาตรฐานด้วยเครื่องตัดเลเซอร์ เพื่อความแม่นยำของขนาด จากนั้นนำข้อมูลวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติศาสตร์ Minitab 17 โดยอภิปรายผลการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน การตรวจสอบค่าความถูกต้องของการทดลองและสรุปปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของชิ้นงานไม้พลาสติก

4.1 กระบวนการผสมไม้พลาสติกจากเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าว

จากผลการทดลองสมบัติด้านความแข็งแรงของชิ้นงานผสมพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว พบว่า เส้นใยจากธรรมชาติที่เหมาะสมจะต้องผ่านกระบวนการล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 15% โดยมวล

สามารถสรุปกระบวนการที่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของไม้พลาสติกผสมจากพอลิแลคติกแอซิดกับเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวในงานวิจัยนี้ คือ กระบวนการเตรียมเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 ตัดฟางข้าวด้วยอุปกรณ์ตัด เช่น กรรไกร มีด เป็นต้น โดยฟางข้าวที่นำมาใช้สำหรับเตรียมเส้นใยเซลลูโลสเป็นฟางข้าวแห้ง ตัดให้ได้ฟางข้าวขนาด 1-2 มิลลิเมตร

4.1.2 ตัดด้วยเครื่องตัดให้มีขนาดเล็ก แยกขนาดโดยไม่ใช้ขนาดเล็กกว่า 250 ไมครอน และใหญ่กว่า 1,000 ไมครอน โดยใช้เครื่องร่อนแยกขนาด

4.1.3 นำฟางข้าวจากขั้นตอนที่ 4.1.2 ล้าง โดยการแช่ในโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 15% โดยมวล ในอัตราส่วนโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อฟางข้าวเท่ากับ 20 ต่อ 1 ขณะแช่ฟางข้าวต้องมีการกวบการกวบอย่างสม่ำเสมอ เวลา 30 นาที

4.1.4 ล้างฟางข้าวด้วยการล้างน้ำสะอาดผ่านฟางข้าว 10 นาที โดยเรียกเส้นใยธรรมชาตินี้ว่า “เส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าว”

4.1.5 อบเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวให้แห้ง โดยการอบให้อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้น้ำหนักฟางคงที่ (เวลาที่ใช้ประมาณ 4-6 ชั่วโมง)

4.1.6 นำเส้นใยเซลลูโลสที่ได้ผสมกับพอลิแลกติกแอซิดตามสัดส่วน เส้นใยต่อพอลิแลกติกแอซิดเท่ากับ 20 ต่อ 80 ผสมด้วยเครื่องผสมภายใน (Internal mixer) โดยควบคุมภาวะการผสมดังนี้

- อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส
- ความเร็วรอบการผสม 20 รอบต่อนาที
- เวลาการผสม 5 นาที

4.1.7 เมื่อครบเวลา 5 นาที ให้แกะชิ้นงานออกจากเครื่องผสมโดยใช้อุปกรณ์ทองเหลืองแกะ ทั้งไว้ให้แห้ง จึงสามารถนำไปกดด้วยเครื่องบดที่ใช้ตะแกรงขนาด 4 มิลลิเมตร

4.1.8 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 4.1.7 เป็นเม็ดไม้พลาสติกที่พร้อมนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบกดอัดขึ้นรูป

วิธีการนี้ วิธีหนึ่งที่สามารถใช้ผลิตเม็ดไม้พลาสติกที่ปรับปรุงสมบัติด้านความแข็งแรงของไม้พลาสติกจากพอลิแลกติกแอซิดกับเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าว

4.2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง

จากการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และความต้านทานการเปลี่ยนรูปในแนวแรงดึง (Tensile modulus) ของพอลิแลกติกแอซิดที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปเหมือนกับชิ้นงานไม้พลาสติกทดสอบ

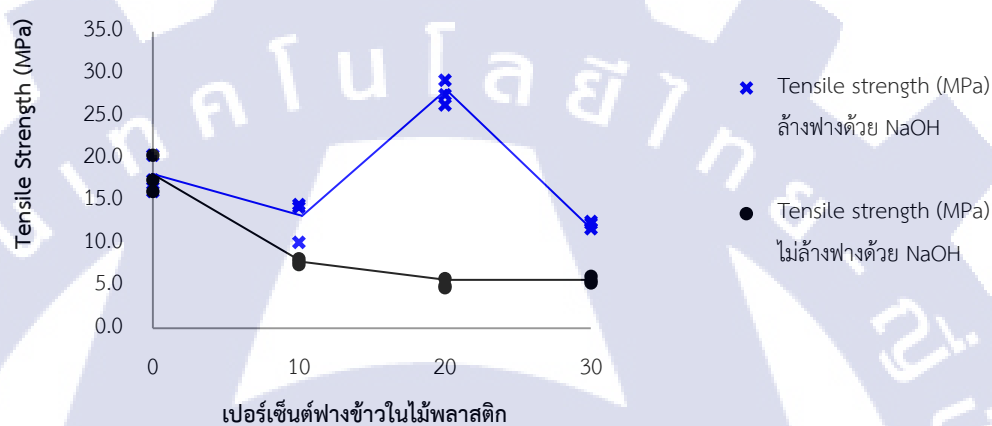
พอลิแลกติกแอซิด 100%	ผลการทดสอบ		
	Tensile strength (MPa)	Flexural strength (MPa)	Young's modulus (MPa)
ครั้งที่ 1	17.5	12.8	1,086.659
ครั้งที่ 2	16.1	15.5	1,416.420
ครั้งที่ 3	20.4	20.5	1,145.629

ตารางที่ 4.1 แสดงความแข็งแรงของฟิล์มเคลือบที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วยวิธีเดียวกันกับไม้พลาสติกที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ความต้านทานแรงดัด (Flexural) และการเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่น (Young's modulus) ของไม้พลาสติก

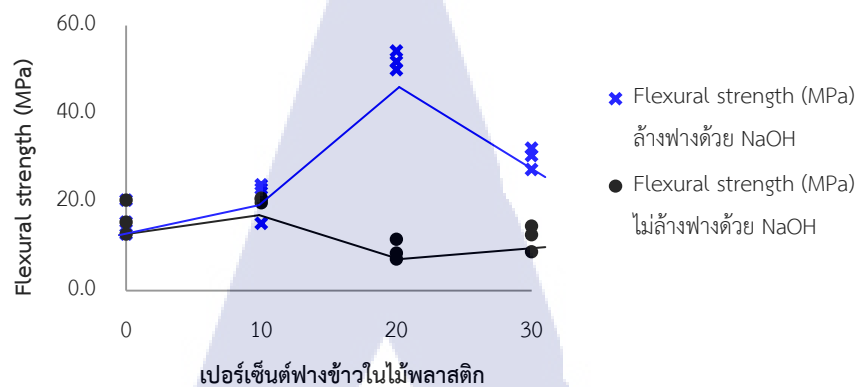
ตัวแปรต้น การทดลอง	X	Y	ผลการทดสอบ		
			Tensile strength (MPa)	Flexural strength (MPa)	Young's modulus (MPa)
1	X ₁	Y ₁	14.5957	23.9430	1,217.745
2	X ₂	Y ₂	4.7843	8.5835	2,303.304
3	X ₂	Y ₁	7.5126	20.9310	635.474
4	X ₂	Y ₁	7.8772	20.7060	616.892
5	X ₁	Y ₂	27.5524	54.2120	1,263.444
6	X ₂	Y ₃	6.1388	12.6490	1,223.380
7	X ₁	Y ₂	29.2682	49.9950	1,259.682
8	X ₂	Y ₁	8.2112	19.8780	412.501
9	X ₂	Y ₂	5.0270	7.1530	3,529.732
10	X ₂	Y ₃	5.6304	14.6070	1,057.839
11	X ₁	Y ₃	12.3572	27.4070	1,073.190
12	X ₁	Y ₁	10.1403	15.2320	1,240.783
13	X ₁	Y ₁	14.2815	23.0500	1,242.003
14	X ₁	Y ₂	26.9721	51.8020	1,231.118
15	X ₂	Y ₃	5.3528	8.8090	1,036.443
16	X ₂	Y ₂	5.8692	11.6330	1,759.649
17	X ₁	Y ₃	11.7577	30.5690	1,058.011
18	X ₁	Y ₃	12.6040	32.2260	1,037.294

จากตารางบันทึกผลการทดสอบ นำข้อมูลสร้างกราฟแสดงผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของ พอลิแลกติกแอซิด 100% เปอร์เซ็นต์ของฟางข้าว 10% 20% และ 30% เห็นได้ว่าโดยส่วนใหญ่ชิ้นงานที่ผสมฟางข้าวจะมีความต้านทานแรงดึงน้อยกว่า พอลิแลกติกแอซิด 100% และมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณเส้นใยฟางข้าวที่เพิ่มขึ้น แต่ผลการทดสอบของชิ้นงานที่ผสมฟางข้าวที่ผ่านการล้างด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวล มีความต้านทานแรงดึงมากกว่าชิ้นงาน พอลิแลกติกแอซิด 100% และมีแนวโน้มที่สูงขึ้นโดยเฉพาะที่สัดส่วนเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าว 20% มีความแข็งแรงสูงที่สุด ดังรูปที่ 4.1



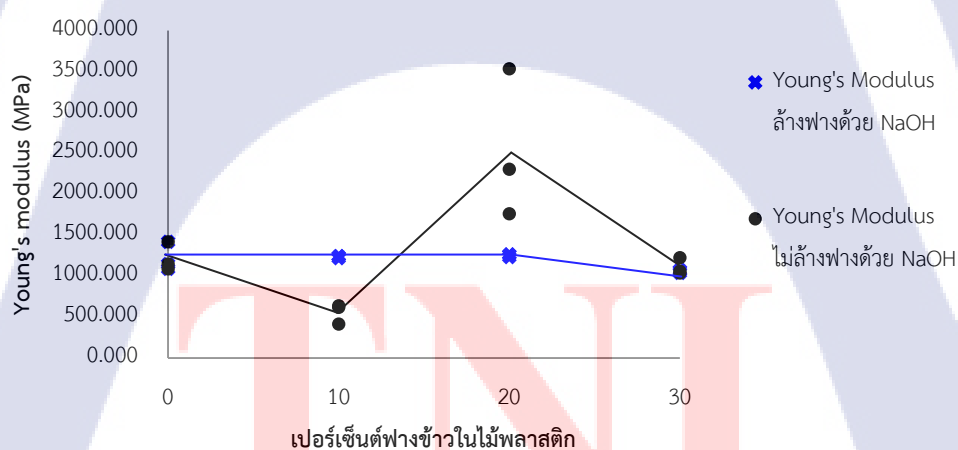
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ความต้านทานแรงดึงของชิ้นงาน (Tensile Strength) กับเปอร์เซ็นต์เส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวในไม้พลาสติกโดยเปรียบเทียบฟางข้าวที่ผ่านการล้างก่อนผสมและไม่ล้าง

นอกจากนี้ จากตารางบันทึกผลการทดสอบ นำข้อมูลสร้างกราฟแสดงผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด (Flexural strength) ของ พอลิแลกติกแอซิด 100% เปอร์เซ็นต์ของฟางข้าว 10% 20% และ 30% เห็นได้ว่าโดยส่วนใหญ่ชิ้นงานที่ผสมฟางข้าวจะมีความต้านทานแรงดัดน้อยกว่า พอลิแลกติกแอซิด 100% และมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณเส้นใยฟางข้าวที่เพิ่มขึ้น แต่ผลการทดสอบของชิ้นงานที่ผสมฟางข้าวที่ผ่านการล้างด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวล มีความต้านทานแรงดัดมากกว่าชิ้นงาน พอลิแลกติกแอซิด 100% และมีแนวโน้มที่สูงขึ้นโดยเฉพาะที่สัดส่วนเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าว 20% มีความแข็งแรงสูงที่สุด ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ความต้านทานแรงดัดของชิ้นงาน (Flexural Strength) กับเปอร์เซ็นต์เส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวในไม้พลาสติกโดยเปรียบเทียบฟางข้าวที่ผ่านการล้างก่อนผสมและไม่ล้าง

การพิจารณาการเปลี่ยนรูปของวัสดุผสมไม้พลาสติกในงานวิจัยนี้ จะเห็นผลการทดสอบในรูปที่ 4.3 นี้ ในทุกอัตราส่วนเส้นใยในชิ้นงานที่ผสมด้วยเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าว 20% แสดงให้เห็นถึงความสามารถการเปลี่ยนรูปร่างถาวรได้ใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับพอลิแลกติกแอซิดด้วย



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงรูปแบบยืดหยุ่นหรือชั่วคราว (Young's modulus) กับเปอร์เซ็นต์เส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวในไม้พลาสติกโดยเปรียบเทียบฟางข้าวที่ผ่านการล้างก่อนผสมและไม่ล้าง

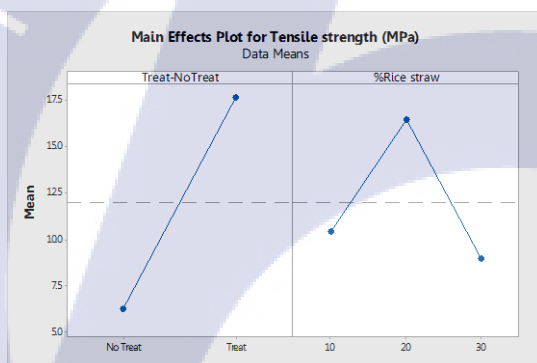
4.2 การวิเคราะห์แต่ละปัจจัยที่มีผลกระทบ อันตรกิริยาและการเปรียบเทียบผลทางสถิติ

ผลการทดลองของการทดสอบค่าความแข็งแรงของชิ้นงานไม้พลาสติกที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และความต้านทานแรงดัด (Flexural strength) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลโดยแยกเป็นการวิเคราะห์ปัจจัยหลักของการทดลองและอันตรกิริยา

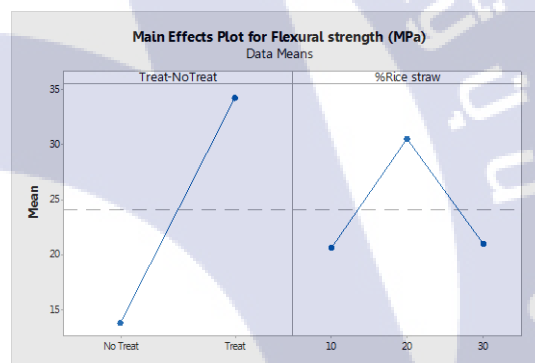
4.2.1 การวิเคราะห์ผลกระทบหลักแต่ละปัจจัย

สามารถนำข้อมูลมาเพื่อวิเคราะห์หาแต่ละปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของชิ้นงานได้ ดังนี้

จากรูปที่ 4.4 (a) และ (b) แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงในตัวแปร X คือการล้างเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวล จนได้เป็นเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวก่อนผสมกับพอลิแลกติกแอซิดสามารถทำให้ชิ้นงานไม้พลาสติกมีความแข็งแรงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงดัด หากเมื่อวิเคราะห์อีกปัจจัยที่กำหนดเป็นตัวแปร Y กล่าวคือ เป็นการปรับปริมาณเส้นใยในไม้พลาสติก แสดงผลว่า ปริมาณเส้นใยธรรมชาติ 20% มีผลการทดสอบความแข็งแรงสูงกว่า 10% และ 30%



(a)

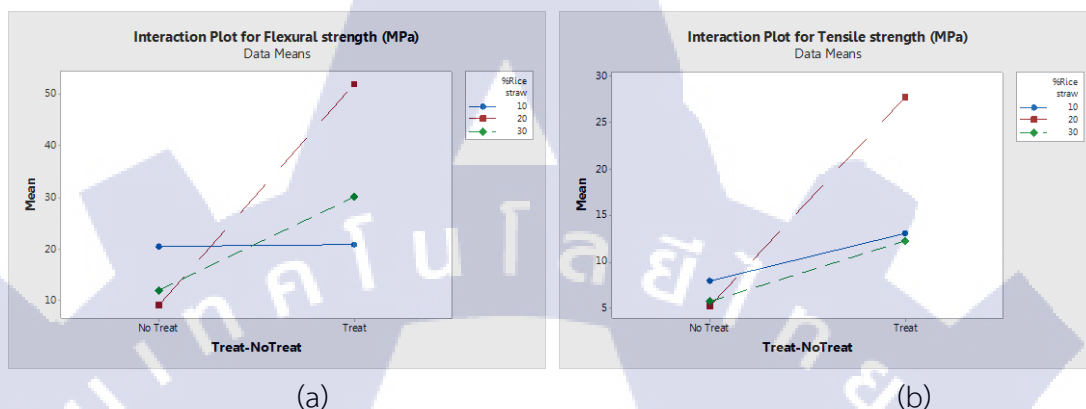


(b)

รูปที่ 4.4 (a) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างและไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสม (b) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้านทานแรงดัด (Flexural strength) ของชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างและไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสม

4.2.2 การวิเคราะห์ผลอันตรกิริยา

การวิเคราะห์ผลที่แต่ละปัจจัยในกระบวนการทดสอบมีผลต่อกัน เนื่องจากการทดลองสามารถทดสอบผลอันตรกิริยาระหว่างการล้างและไม่ล้างเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวล ก่อนผสมกับพอลิแลกติกแอซิด กับปริมาณเส้นใยที่อยู่ในไม้พลาสติกได้ ดังนี้



รูปที่ 4.5 (a) อันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้านทานแรงดึง (Tensile strength)

(b) อันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้านทานแรงดัด (Flexural strength)

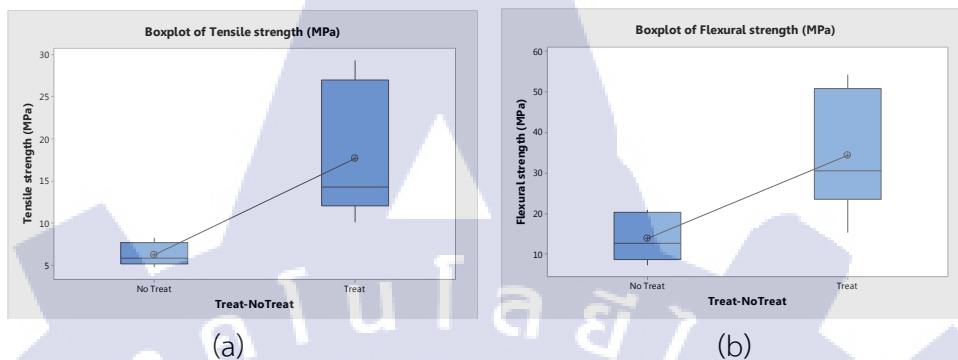
จากรูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ เพื่อทดสอบผลกระทบต่อความแข็งแรงของวัสดุไม้พลาสติก พบว่า เมื่อนำเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 15% โดยมวล แล้วจึงนำมาผสมกับพอลิแลกติกแอซิด แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงที่มากกว่าทุกสัดส่วน โดยเฉพาะ จุดที่ดีที่สุดที่ทำให้ไม้พลาสติกมีความแข็งแรงมากที่สุดคือ ที่ไม้พลาสติกที่ผสมเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าว (ผ่านการล้าง) ในปริมาณ 20% โดยมวล

4.2.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

เมื่อนำข้อมูลผลการวิเคราะห์มายืนยันความแตกต่างโดยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบผลที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของข้อมูลผลการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานไม้พลาสติก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า

4.2.3.1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานที่ผสมจากเส้นใยจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างและไม่ผ่านกระบวนการล้าง เปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 4.6 โดยส่วนใหญ่ชิ้นงานที่ผสมฟางข้าวจะมีความต้านทานแรงดึงน้อยกว่า พอลิแลกติกแอซิด 100% ดังแสดงใน

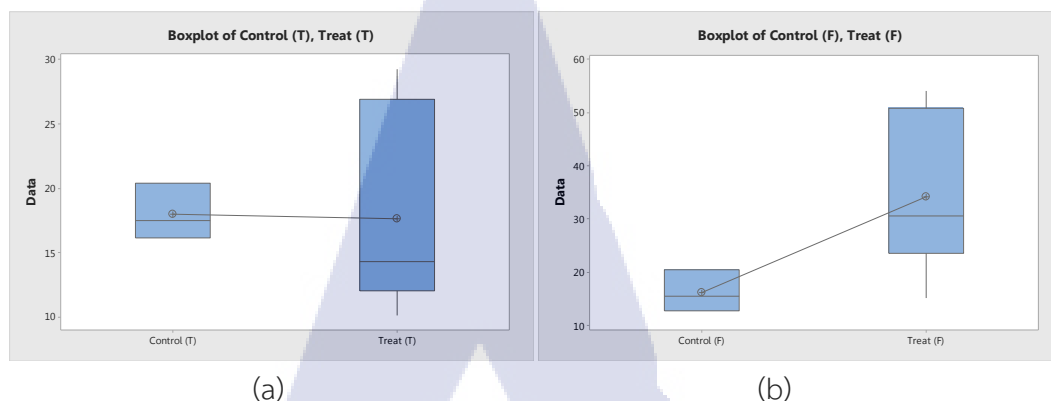
รูปที่ 4.4 แต่มีผลการทดสอบของชิ้นงานที่ผสมฟางข้าวที่ผ่านการล้างด้วย NaOH 15% มีความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงดัดมากกว่าชิ้นงานที่ไม่ผ่านการล้างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05



รูปที่ 4.6 (a) ความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างและไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสม (b) ความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด (Flexural strength) ของชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างและไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนผสม

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 นำข้อมูลสร้างกราฟ t-test เห็นได้ว่าโดยส่วนใหญ่ชิ้นงานที่ผสมฟางข้าวจะมีความต้านทานแรงดึงน้อยกว่า พอลิแลกติกแอซิด 100% ดังแสดงในรูปที่ 4.4 แต่มีผลการทดสอบของชิ้นงานที่ผสมฟางข้าวที่ผ่านการล้างด้วย NaOH 15% มีความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงดัดมากกว่าชิ้นงานที่ไม่ผ่านการล้างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (P-value = 0.002)

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ t-test ดังรูปที่ 4.7 (a) เปรียบเทียบผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) พอลิแลกติกแอซิด 100% เปรี่เซ็นต์ กับผลการทดสอบของชิ้นงานไม้พลาสติกทุกชิ้นจากการผสมด้วยเส้นใยฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างก่อนผสม แต่ผลการทดสอบข้อมูลทั้งสองชุดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-value = 0.893) เนื่องจาก ในส่วนผสมเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวที่ 10% ให้ผลการทดสอบความแข็งแรงด้านความต้านทานแรงดึงต่ำ แต่เมื่อพิจารณารูปที่ 4.7 (b) ผลการเปรียบเทียบความต้านทานแรงดัดโค้ง (Flexural strength) ของ พอลิแลกติกแอซิด 100% เปรี่เซ็นต์ พบว่า ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P-value = 0.006)

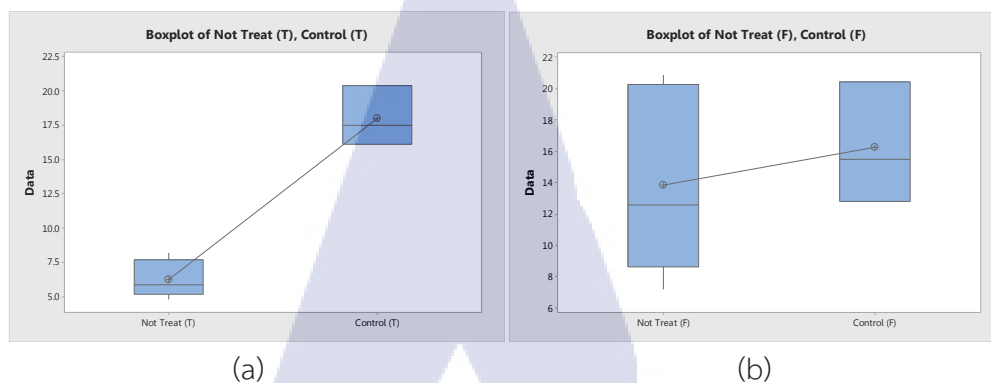


รูปที่ 4.7 (a) ความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสมกับพอลิแล็กติกแอซิด
(b) ความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด (Flexural strength) ของชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสมกับพอลิแล็กติกแอซิด

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างชิ้นงานที่ผสมเส้นใยจากฟางข้าวโดยไม่ผ่านการล้างกับพอลิแล็กติกแอซิด พบว่าผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของชิ้นงานไม้พลาสติกทุกชิ้นจากการผสมด้วยเส้นใยฟางข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนผสม แต่ผลการทดสอบข้อมูลทั้งสองชุดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\text{-value} = 0.284$) กับพอลิแล็กติกแอซิด เนื่องจาก ในส่วนผสมเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวที่ 10% ให้ผลการทดสอบความแข็งแรงด้านความต้านทานแรงดึงต่ำ แต่เมื่อพิจารณารูปที่ 4.8 (b) ผลการเปรียบเทียบ พบว่า ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P\text{-value} = 0.000$)

จากผลการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานไม้พลาสติก และบทวิเคราะห์ต่าง ๆ สามารถสรุปผลจากข้อมูลทางสถิติได้ว่า

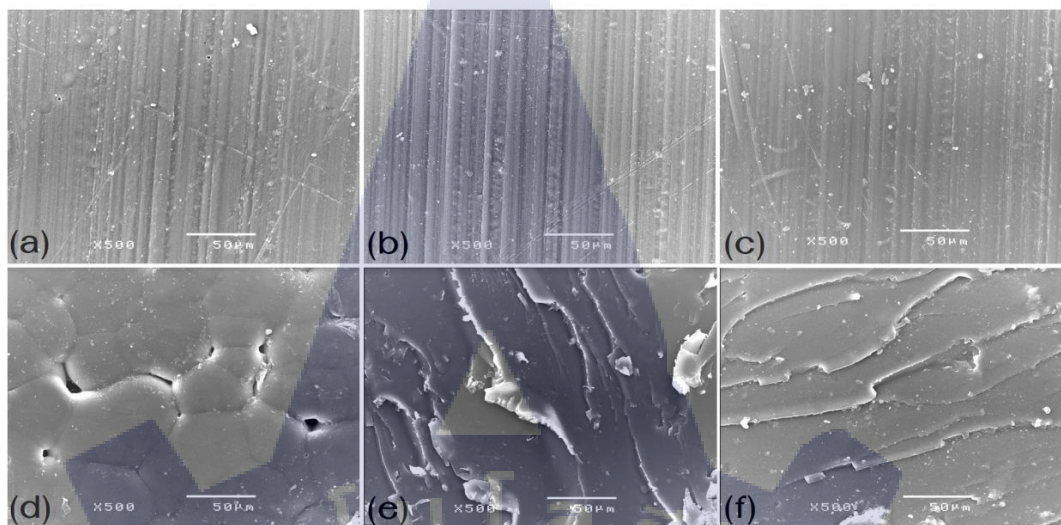
1. ชิ้นงานไม้พลาสติกที่ให้ค่าทดสอบความแข็งแรงได้ดีที่สุดคือ ไม้พลาสติกผสมจากเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าว ซึ่งได้โดยการล้างเส้นใยจากฟางข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวลก่อนผสม ผสมกับพอลิแล็กติกแอซิด ในอัตราส่วน 20 ต่อ 80 ตามลำดับ
2. เมื่อเติมเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวโดยไม่ผ่านกระบวนการล้างด้วยเส้นใยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวลก่อนผสม จะทำให้วัสดุสูญเสียความต้านทานแรงดึง
3. เมื่อเติมเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวโดยผ่านกระบวนการล้างด้วยเส้นใยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวลก่อนผสม จะทำให้วัสดุเพิ่มความแข็งแรงด้านความต้านทานแรงดัด



รูปที่ 4.8 (a) ความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสมกับพอลิแล็กติกแอซิด (b) ความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด (Flexural strength) ของชิ้นงานที่ผสมจากฟางข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสมกับพอลิแล็กติกแอซิด

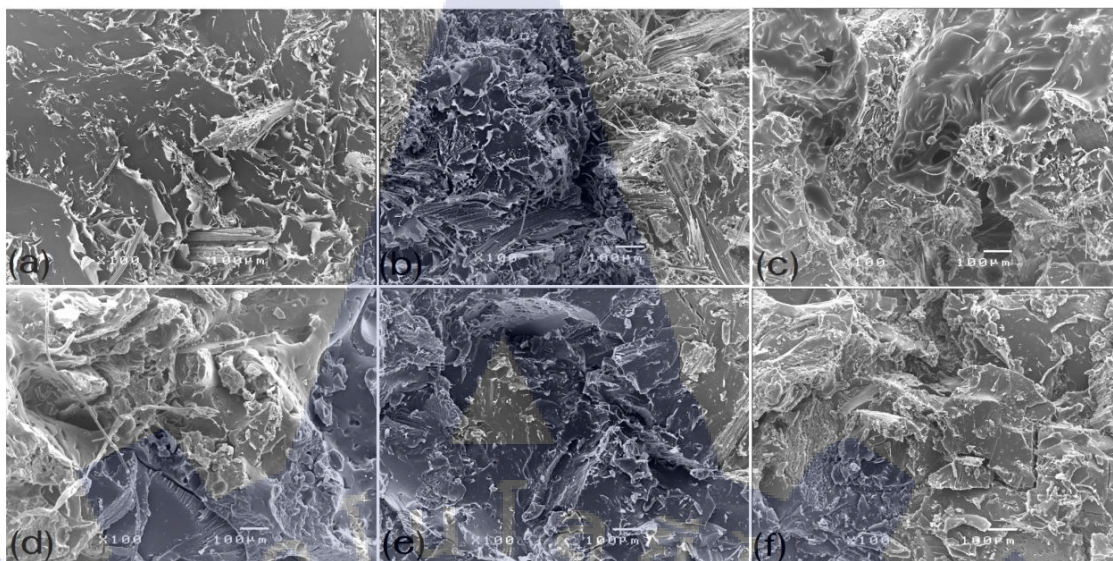
4.3 การวิเคราะห์ลักษณะผิวและภาพตัดขวางชิ้นงานระดับไมโคร

จากการขยายภาพจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) กำลังขยาย 500 เท่า ที่ผิวของชิ้นงานแต่ละตัวอย่างดังรูปที่ 4.9 พบว่า ชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยวัสดุผสมระหว่าง ฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสมกับเม็ดพลาสติก พอลิแล็กติกแอซิด บริเวณผิวของโดยส่วนใหญ่เรียบกว่าชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยวัสดุผสมระหว่างฟางข้าวที่ไม่ผ่านขั้นตอนการล้างก่อนผสม และจากรูปยังแสดงให้เห็นว่า การขึ้นรูปของชิ้นงานทั้ง 3 สัดส่วน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการล้างฟางข้าวและไม่ล้างฟางข้าวก่อนการผสมกับเม็ดพลาสติก ยังพบว่า ทั้ง 3 สัดส่วน ชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยวัสดุผสมระหว่าง ฟางข้าวที่ผ่านกระบวนการล้างก่อนการผสมกับเม็ดพลาสติก พอลิแล็กติกแอซิด จะให้ชิ้นงานที่ผานเป็นชิ้นเดียวกันดีกว่าดังรูปที่ 4.10 แสดงภาพด้านตัดขวางของชิ้นงานแต่ละตัวอย่าง ชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยวัสดุผสมระหว่างฟางข้าวที่ไม่ผ่านขั้นตอนการล้างก่อนผสม จะพบรอยแตกภายในชิ้นงานทุกสัดส่วนผสมของฟางข้าว



รูปที่ 4.9 ภาพขยาย 500 เท่าของพื้นผิวของชิ้นงานตัวอย่าง

- (a) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 10% ที่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด
- (b) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 20% ที่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด
- (c) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 30% ที่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด
- (d) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 10% ที่ไม่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด
- (e) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 20% ที่ไม่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด
- (f) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 30% ที่ไม่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด



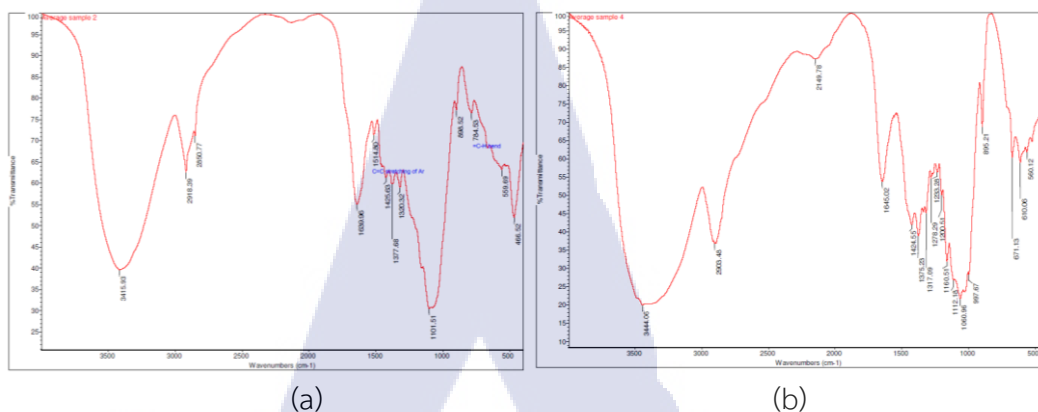
รูปที่ 4.10 ภาพขยาย 100 เท่าของภาพตัดขวางของชิ้นงานตัวอย่าง

- (a) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 10% ที่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด
- (b) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 20% ที่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด
- (c) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 30% ที่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด
- (d) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 10% ที่ไม่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด
- (e) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 20% ที่ไม่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด
- (f) ภาพของชิ้นงานผสมฟางข้าว 30% ที่ไม่ผ่านการล้างก่อนผสม พอลิแลกติกแอซิด

ดังนั้น เป็นเหตุผลสนับสนุนได้ว่า ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วสามารถผสมกับเม็ดพลาสติก พอลิแลกติกแอซิด ได้และยังเสริมสมบัติทางกลของวัสดุผสมไม้พลาสติกในงานวิจัยนี้ให้แข็งแรงมากขึ้นอีกด้วย

4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค FTIR

เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองอย่างมีเหตุผล ดังนั้น จากข้อสังเกต การล้างเส้นใยธรรมชาติด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ช่วยลดปริมาณลิกนินในเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวแล้ว จึงมีการเปรียบเทียบผลการทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยฟางข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนการผสมกับพอลิแลกติกแอซิด เทียบกับเส้นใยเซลลูโลสจากฟางข้าวซึ่งมาจากเส้นใยฟางข้าวกลุ่มเดียวกันนำไปล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนนำไปผสมกับพอลิแลกติกแอซิด สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ภาพแสดงผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR

- (a) ภาพผลการวิเคราะห์ของเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวที่ไม่ผ่านการล้าง
 (b) ภาพผลการวิเคราะห์ของเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวหลังการล้าง

พบว่า หลังการล้างเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 15% โดยมวล พบว่าหมู่ฟังก์ชันที่แสดง องค์ประกอบของวงเบนซีนในลิกนินไม่พบการเกิดพีคที่ 1514 cm^{-1} ($\text{C}=\text{C}$ เส้นตรงในวงเบนซีน) และพบพีคที่ 784 cm^{-1} ($=\text{C}-\text{H}$ งอ) เป็นกิ่งของโครงสร้างหนึ่งของลิกนินหายไป ดังนั้น จึงสามารถสนับสนุนผลการทดลองความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นว่า เมื่อนำเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวผ่านการล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 15% โดยมวลนาน 30 นาที สามารถลดปริมาณลิกนินบางส่วนจากเส้นใยฟางข้าวได้

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อพัฒนาสมบัติทางกลด้านความแข็งแรงของวัสดุไม้พลาสติกที่ขึ้นรูปจากการบดผสมด้วยความร้อนโดยมีส่วนประกอบจากเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว สามารถสรุปผลงานวิจัยได้ ดังนี้

5.1.1 กระบวนการเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุไม้พลาสติก

กระบวนการที่สามารถนำไปใช้ เพื่อพัฒนาวัสดุผสมพอลิแล็กติกแอซิดกับจากเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว คือ การล้างเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% โดยมวล เพื่อกำจัดลิกนินจากเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว สามารถเพิ่มโอกาสการเกิดปฏิกิริยาระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดกับเซลลูโลสในเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากฟางข้าว โดยการเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยฟางข้าวก่อนการล้างและหลังจาก พบว่า หมู่ฟังก์ชันที่แสดงถึงลิกนินในเส้นใยธรรมชาติ ถูกล้างออกและไม่พบพิกัดแสดงหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเมื่อนำเส้นใยที่ผ่านการล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค FTIR

5.1.2 ผลการทดสอบสมบัติด้านความแข็งแรงของไม้พลาสติกจากพอลิแล็กติกแอซิดกับเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว

จากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า การล้างเส้นใยธรรมชาติก่อนการผสมพอลิแล็กติกแอซิดร่วมกับสัดส่วนเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการทดสอบความแข็งแรงทั้งความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดัด ดีที่สุด (ความต้านทานแรงดึง เท่ากับ 27 MPa ความต้านทานแรงดัด เท่ากับ 51 MPa) เมื่อเทียบกับพอลิแล็กติกแอซิดบริสุทธิ์ (ความต้านทานแรงดึง เท่ากับ 17.9 MPa ความต้านทานแรงดัด เท่ากับ 16 MPa) ไม้พลาสติกดังกล่าวสามารถเพิ่มความต้านทานแรงดึงจากพอลิแล็กติกแอซิดบริสุทธิ์ถึง 50.8% และเพิ่มความต้านทานแรงดัดจากพอลิแล็กติกแอซิดบริสุทธิ์ถึง 281% หรือ 2.8 เท่าของพอลิแล็กติกแอซิดบริสุทธิ์

5.2 อภิปรายผล

เนื่องจาก เส้นใยธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการล้างสามารถสร้างพันธะเคมีโดยการเกิดปฏิกิริยาและเสริมแรงวัสดุให้มีความแข็งแรงมากขึ้น และเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาต้องมีความ

สมดุล ดังนั้น สัดส่วนที่เหมาะสม ต่อการเกิดปฏิกิริยา คือ ปริมาณเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ตาม การศึกษาปัจจัยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของวัสดุผสมได้ควบคุมปัจจัยอื่นที่ไม่สนใจเป็นอย่างดี แต่ปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อระดับความแข็งแรงของวัสดุได้เช่นกัน เช่น ระยะเวลาการบดผสม อุณหภูมิที่ใช้ในขั้นตอนการบดผสม วิธีการขึ้นรูปชิ้นงาน และขนาดของเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การนำวัสดุผสมไปใช้

เนื่องจากวัสดุผสมในงานวิจัยนี้ ให้ผลการทดสอบที่ดีกว่าพอลิแล็กติกแอซิดบริสุทธิ์ ดังนั้น สูตรผสมและวิธีการในงานวิจัยนี้สามารถผลิตเม็ดไม้พลาสติก เพื่อนำไปขึ้นรูปใช้ทดแทนพอลิแล็กติกแอซิดบริสุทธิ์ได้ เช่น พีแอลเอฟิลาเมนต์สำหรับเครื่องพิมพ์สามมิติ ไม้พลาสติกสำหรับปูพื้น หรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เนื่องจากวัสดุเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวและพอลิแล็กติกแอซิดสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายกว่าพลาสติก และยังผลิตจากวัสดุจากธรรมชาติทั้งหมด ดังนั้น จึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปใช้ทดแทนพลาสติกในปัจจุบัน

5.2.2 การศึกษาสมบัติทางกลในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาโดยใช้กระบวนการขึ้นรูปแบบอัดเป็นแผ่นขนาด 20x20x0.3 เซนติเมตร การขึ้นรูปที่กำหนดความหนาแน่นให้เท่ากันทุกๆ สัดส่วนของการผสมเส้นใยอาจจะไม่เหมาะสมกับปริมาณเส้นใยบางอัตราส่วน เนื่องจากความสามารถไหลของวัสดุอาจมีความแตกต่างกันเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแข็งแรงต้องอ้างอิงที่ความหนาแน่นที่เท่ากัน แต่งานวิจัยนี้ยังไม่ได้ศึกษาถึงความหนาแน่นที่เหมาะสมแต่ละสัดส่วน แต่อ้างอิงจากความหนาแน่นของพลาสติกที่นำมาเป็นวัสดุหลักของชิ้นงานนี้เท่านั้น

5.2.3 การใช้กระบวนการขึ้นรูปแบบอัดแผ่นเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็วและสามารถศึกษาได้หลากหลายมากที่สุด แต่อาจมีข้อบกพร่องเรื่องของความสม่ำเสมอของวัสดุทั่วทั้งชิ้นงานหากต้องการใช้งานทั้งชิ้นงาน แต่ยังสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าว่าจุดไหนที่ชิ้นงานไม่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงเลือกจุดกลางชิ้นงานทั้งหมดเหมือนกันทุกตัวอย่าง เพราะเป็นจุดที่กระจายทั่วทั้งชิ้นงานมากที่สุด เพื่อศึกษาความแข็งแรงและสามารถยอมรับการเปรียบเทียบกันได้

5.2.4 การศึกษาต่อยอดงานวิจัยนี้ สามารถพัฒนาถึงระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน แต่ยังพบข้อบกพร่องของวัสดุนั้นๆ เช่น เส้นใย PLA สำหรับการพิมพ์สามมิติ ที่ปัจจุบันยังพบปัญหาการแตก หัก ของวัสดุ หรือแม้การนำวัสดุอื่น ๆ มาผสมเพื่อใช้ลดต้นทุน ดังนั้น ผลการทดลองในงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อผลิตเป็นวัสดุดังกล่าวได้

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้, “ข้อมูลสถิติกรมป่าไม้ พ.ศ.2558,” [Online]. Available: <http://forestinfo.forest.go.th/Content.aspx?id=10284>. [Accessed: 11 พฤศจิกายน 2560].
- [2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, “ผลพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร,” *วารสารพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร*, ปีที่ 31, ฉบับที่ 1, หน้า 1-187, มีนาคม 2559.
- [3] ณัฐพร บุญเกิด และคณะ, “การทดสอบและคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ให้เซลลูโลสสูง,” *การประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย ครั้งที่ 1, PRC 1*, อาคารเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา, 12-13 มกราคม 2555, ไม่ปรากฏเลขหน้า.
- [4] สมจิตต์ ตั้งชัยวัฒนา, *ชนิดพลาสติก*, กรุงเทพฯ: ม.ป.พ., 2558.
- [5] วชิระ ยมาภัย, “Polymer,” [Online]. Available: <https://enchemcom1po.wordpress.com>. [Accessed: 5 พฤษภาคม 2561].
- [6] Shady Farah et al., “Physical and mechanical properties of PLA, and their functions in widespread applications- a comprehensive review,” *Advanced Drug Delivery Review*, vol. 107, pp. 92-367, December 2016.
- [7] สถาบันพลาสติก, “เซลลูโลส,” eMaterial, [Online]. Available: <http://asp.plastics.or.th:8001/ArticleKnowledgeListDetail.aspx?id=46>. [Accessed: 3 มีนาคม 2561].
- [8] H.Chen, *Biotechnology of Lignocellulose: Theory and Practice*, Beijing: Institute of Process Engineering, 2014.
- [9] ดรธรณี พัชรวรากร, *เทคโนโลยีกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์*, เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ม.ป.ป.
- [10] แม้น อมรสิทธิ์, “วัสดุวิศวกรรม,” กรุงเทพฯ: ม.ป.พ., ม.ป.ป.
- [11] ASTM International, “Standard testing method for tensile properties of plastic,” [Online]. Available: <https://www.astm.org/Standards/D638.htm> [Accessed: October 4, 2017].
- [12] ASTM International, “Standard testing method for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials,” [Online]. Available: <https://www.astm.org/Standards/D790.htm> [Accessed: October 4, 2017].

- [13] M.Boonperm et al., “Characterization and comparison of cellulose fiber extraction from rice straw by chemical treatment and thermal steam explosion,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 134, pp. 592-599, October 2016.

