รายงานวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

Feasibility Study of Compaction the Coir and Vetiver Grass

กรองกาญจน์ หลีหมัด

พัชรีมาศ ลาเต๊ะ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2561

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ซึ่งลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก อาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตร และ ผศ.ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ ที่ได้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ซึ่งให้คำแนะนำในการดำเนินการทดลองและให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์และช่วยในการตรวจทานงานวิจัยฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์ อาจารย์นัดดา โปดำ ผศ.ขวัญกมล ขุนพิทักษ์ ดร.สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์ ดร.สายสิริ ไชยชนะ และดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณสอแหละ บางูสัน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และคุณวรรณฤดี หมื่นผล เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชายางและพอลิเมอร์ที่ให้ความสะดวกเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและโปรแกรมวิชายางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องและมีส่วนช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้ทุกภาคส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์ใดๆที่พึงได้จากงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้มอบเป็นรางวัลแห่งความภาคภูมิใจแด่ บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

กรองกาญจน์ หลีหมัด

พัชรีมาศ ลาเต๊ะ

20 กันยายน 2561

ชื่อเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

ชื่อผู้ทำงานวิจัย นางสาวกรองกาญจน์ หลีหมัด รหัสนักศึกษา 564231004
นางสาวพัชรีมาศ ลาเต๊ะ รหัสนักศึกษา 564231029

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตร

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สถาบัน มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาสมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก ที่ผลิตจากเปลือกของผลมะพร้าวและหญ้าแฝก โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม 3 อัตราส่วน โดยใช้อัตราส่วนระหว่างวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์) ต่อเส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) ได้แก่ 50:50, 60:40 และ 70:30 ใช้อัตราส่วนละ 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) สูตรที่ 2 กาบมะพร้าว และสูตรที่ 3 หญ้าแฝก อัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิค ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส โดยทำการอัดร้อน เป็นเวลา 15 นาที และอบหลังการขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากผลการศึกษา พบว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของเส้นใยและลดสัดส่วนของวัสดุประสานทำให้แผ่นอัดมีความหนาแน่นสูง ส่งผลให้ร้อยละปริมาณความชื้นและการพองตัวตามความหนามีแนวโน้มสูงขึ้น และเมื่อลดสัดส่วนของเส้นใยและเพิ่มสัดส่วนของวัสดุประสานทำให้แผ่นอัดมีความหนาแน่นต่ำ ส่งผลให้ร้อยละปริมาณความชื้นและการพองตัวตามความหนามีแนวโน้มลดลง ส่วนสมบัติเชิงกล ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า พบว่า ความหนาแน่นที่สูงขึ้นมีผลทำให้ความแข็งแรงของแผ่นอัดสูงขึ้นด้วย ในการศึกษาครั้งนี้แผ่นอัดที่มีความเหมาะสมและมีความแข็งแรงที่สุด คือ แผ่นอัดสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) อัตราส่วนวัสดุประสาน 60 ต่อเส้นใย 40 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) มีค่าความหนาแน่น คือ 451.20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าปริมาณความชื้น คือ ร้อยละ 4.57 ซึ่งมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547)

Title Feasibility Study of Compaction the Coir and Vetiver Grass

Authors Miss Krongkan Leemud Student Code 564231004
Miss Pashreemas Lateh Student Code 564231029

Advisor Mr. Kamonnawin Inthanuchit

C0-advisor Assistant Professor Dr. Polphat Ruamcharoen

Bachelor of Science degree Environmental Science

Institute Songkhla Rajabhat University

Academic year 2018

Abstract

This research is a feasibility study of the product from the compression of the coir and vetiver gress made from the shell of the coconut palms and vetiver grass. Study the proper ratio 3 aspect ratio using the ratio between the material (Latex) to the fibers are (coir and vetiver gress) use the ratio of 3 is the formula that formula 1 mix (coir and vetiver grass) formular 2 coir and formular 3 vetiver gress drawing with the hydraulic press at a temperature of 150 °c, compressed heat for 15 minutes and the over after the image at a temperature of 60 °c for 24 hours. The study found that when you add the as pect ratio of the fabric and reduce the propertion of sealing neterial to the compression, high-density as a result, the quantily per cent humidity and the seatbacks as the thickness and trending up and when the propertion of the fabric and add the propertion of sealing meterial to the compression low density. The property is a mechanical the against the force of the waves, modulus flexibility and against the force of the pull set parallel to the surface. It was found that the density has the effect of the strength of the high compression. In this study, the compression is appropriate and have the strength is best the compression the formula 1 mix (coir and vetiver grass) ratio of sealing material 60 to 40 Fiber (percent by weight). There is a density value is 451.20 kg/m^3 and the amount of moisture is 4.57 % which has a

value over the criteria thai industrial standard flat pressed particleboards (TIS. 876-2547).

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ตัวแปร	2
1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	2
1.5 สมมติฐาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ไม้อัด	5
2.2 มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ	7
2.3 วัสดุประสาน	8
2.4 เส้นใยธรรมชาติ	13
2.5 มะพร้าว	16
2.6 หญ้าแฝก	17
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 วิธีการวิจัย	22
3.2 ขอบเขตการวิจัย	23
3.3 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี	24

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย	24
3.5 การทดสอบสมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก	27
บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย	
4.1 สมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก	32
4.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก	34
4.3 การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิต	41
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	44
5.2 ข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก แบบเสนอโครงร่างวิจัย	ผก-1
ภาคผนวก ข ภาพประกอบขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	ผข-1
ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดลอง	ผค-1
ภาคผนวก ง การคำนวณต้นทุนในการผลิต	ผง-1
ภาคผนวก จ ตัวอย่างการคำนวณที่ใช้ในงานวิจัย	ผจ-1
ภาคผนวก ฉ ประวัติผู้วิจัย	ผฉ-1

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.7-1 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	4
2.3-1 องค์ประกอบทางเคมีของกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก	15
3.2-1 อัตราส่วนวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์): เส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)	23
3.4-1 อัตราส่วนวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์): เส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)	26
4.3-1 ต้นทุนด้านวัสดุ	41
4.3-2 ต้นทุนด้านพลังงาน	41
4.3-3 ต้นทุนรวมของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก	42
4.3-4 ราคากลางแผ่นไม้อัด	42

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.4-1 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของลิกนิน	3
2.3-1 แสดงโครงสร้างโมเลกุล polyvinyl acetate	12
2.4-1 แสดงโครงสร้างและการยึดเกาะของเส้นใยเซลลูโลส	13
3.4-1 การเตรียมกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก	25
3.4-2 ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นอัด	27
3.5-1 ขั้นตอนการทดสอบความหนาแน่น	28
3.5-2 การชั่งน้ำหนักก่อน-หลังอบของชิ้นทดสอบ	29
3.5-3 การทดสอบการพองตัวตามความหนา	29
3.5-4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น	31
3.5-5 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า	31
4.1-1 สมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดในอัตราส่วน 50:50	32
4.1-2 สมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดในอัตราส่วน 60:40	33
4.1-3 สมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดในอัตราส่วน 70:30	34
4.2-1 ผลการทดสอบความหนาแน่น	34
4.2-2 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น	35
4.2-3 ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนา	37
4.2-4 ผลการทดสอบความต้านแรงดัด	38
4.2-5 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น	39
4.2-6 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า	40

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

พื้นที่ป่าไม้มีสภาพเสื่อมโทรมและมีแนวโน้มลดลงอย่างมาก เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ลักลอบตัดไม้ทำลายป่า การเผาป่า การบุกรุกพื้นที่เพื่อต้องการที่ดินเป็นที่อยู่อาศัยและการทำการเกษตร เป็นต้น จากสภาพปัญหาด้านทรัพยากรป่าไม้ดังกล่าวจึงจำเป็นต้องลดการใช้ไม้ธรรมชาติในประเทศเพื่อรอการฟื้นฟูให้เพียงพอจนเกิดสมดุลที่ยั่งยืน ในขณะที่ความต้องการใช้มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามการเติบโตของปริมาณประชากร การเลือกใช้วัสดุเหลือใช้และวัสดุที่เป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรมาผลิตเป็นแผ่นอัดเพื่อทดแทนการใช้ไม้จริงเป็นการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ ลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือภาวะโลกร้อน โดยการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการประกอบอุตสาหกรรมและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น เช่น การผลิตแผ่นไม้ประกอบ ผลผลิต คือ แผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง แผ่นประกอบพลาสติกเสริมวัสดุเซลลูโลส เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหลืออยู่เป็นจำนวนมากจึงควรนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนการใช้ทรัพยากรป่าไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ชานอ้อย กาบมะพร้าว หญ้าแฝก ฟางข้าว เปลือกส้มโอ เป็นต้น มีจำนวนมากขึ้นทุกปีโดยมักจะมีการกำจัดโดยไม่ถูกวิธีโดยการนำไปเผา ทำให้เป็นการสร้างมลพิษทางอากาศ กาบมะพร้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีอยู่มาก เช่น ในพื้นที่อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา เนื่องจากเป็นพื้นที่อยู่ติดทะเลที่มีการปลูกมะพร้าวเป็นจำนวนมาก มีการทิ้งกาบมะพร้าวเกลื่อนกลาดและบางส่วนนำไปเผาทิ้ง

เส้นใยกาบมะพร้าวเป็นวัสดุธรรมชาติที่ไม่มีสารพิษและสามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีได้ ซึ่งส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติต่างๆที่เหมาะสมและเป็นเส้นใยที่ความแข็งแรงและรับแรงดึงได้ดีเนื่องจากมีลิกนินในองค์ประกอบเป็นปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยพืชชนิดอื่น สำหรับหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีเส้นใยอยู่ในตระกูล Gramineae เช่นเดียวกับ ไผ่ ข้าวโพด ข้างฟ่าง และอ้อย ซึ่งมีองค์ประกอบเคมีเป็นเซลลูโลสและลิกนิน (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2556) ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำเส้นใยจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกมาผลิตเป็นแผ่นอัดได้

คณะผู้วิจัยได้คิดนำเอากาบมะพร้าวและหญ้าแฝกนำกลับเอามาใช้ประโยชน์ใหม่โดยมีแนวคิดนำมาพัฒนาเป็นแผ่นอัดผนังห้องโดยมุ่งหวังว่าจะเป็นการนำทรัพยากรเหลือใช้ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรในท้องถิ่นและช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

1.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น: อัตราส่วนระหว่างวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์) ต่อเส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

ตัวแปรตาม: การทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

ตัวแปรควบคุม: อุณหภูมิในการอัดขึ้นรูป ระยะเวลาในการอัดขึ้นรูป และความหนาแน่นในการอัดขึ้นรูป

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1. มะพร้าว ชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Cocos nucifera* Linn. เป็นพืชที่มีลำต้นเดียว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น ลักษณะของใบเป็นใบประกอบ ออกอยู่ตามส่วนของลำต้น ประกอบด้วยก้านทางที่มีขนาดใหญ่ ยาว และมีใบย่อยบนก้านทางประมาณ 200-250 ใบ และผลของมะพร้าวประกอบไปด้วยเปลือก 3 ชั้น คือ เปลือกชั้นนอก เป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อแก่อาจมีสีเขียว แดง เหลืองหรือน้ำตาล เปลือกชั้นกลาง มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ และเปลือกชั้นใน มีลักษณะแข็งหรือที่เรียกกันว่า กะลา ในงานวิจัยนี้กาบมะพร้าว คือ เปลือกชั้นกลาง มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ (พัชราภา มากคช, 2560: ออนไลน์) ในงานวิจัยนี้ใช้ส่วนของกาบมะพร้าว คือ เปลือกชั้นกลางของผลมะพร้าวมีลักษณะเป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง

2. หญ้าแฝก ชื่อวิทยาศาสตร์ *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty เป็นพืชที่จัดเป็นไม้จำพวกหญ้า มีอายุหลายปี เป็นหญ้าที่ขึ้นเป็นก่อแน่น ใบยาวตั้งตรงขึ้นได้สูงประมาณ 1-2 เมตร กอแฝกจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ โคนกอเบียดแน่นไม่มีไหลส่วนโคนของลำต้นจะแบน โดยเกิดจากส่วนของโคนใบที่แบนเรียงซ้อนกัน และลำต้นแท้จะมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ในกาบใบบริเวณคอดิน มีรากเหง้าเป็นฝอยอยู่ใต้ดินและมีกลิ่นหอม มักขึ้นเป็นกลุ่มใหญ่ๆหรือขึ้นกระจายกันแต่ไม่ไกลกันมากนัก ส่วนการเจริญเติบโตและการแตกกอ พบว่าจะมีการแตกหน่อใหม่ทดแทนหน่อเก่าอยู่เสมอ โดยจะแตกหน่อออกทางด้านข้างรอบๆกอ มักจะพบหญ้าแฝกได้มากในที่โล่งแจ้ง โดยเฉพาะบริเวณที่มีความชื้นสูงหรือใกล้แม่น้ำและในป่าเต็งรัง (นิตยสารเกษตรศาสตร์, 1 พฤษภาคม 2557) ในงานวิจัยนี้จะใช้หญ้าแฝกในส่วนของใบหญ้าแฝกเท่านั้น

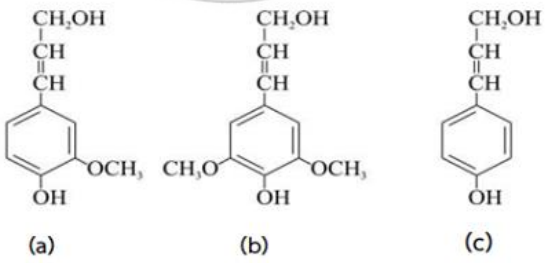
3. การอัดร้อน คือ แผ่นเส้นใยที่ลำเลียงเข้าเครื่องอัดร้อนซึ่งทำหน้าที่อัดเส้นใย โดยมีกาวทำให้แข็งตัวภายใต้ความร้อนและแรงอัดสูง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 5 สิงหาคม 2547)

4. แผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก คือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นทำจากชิ้นไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส อัดในเครื่องอัดร้อนให้ยึดติดกันด้วยกาว ให้ทิศทางของแรงอัดตั้งฉากกับระนาบของแผ่น การทำอาจทำเป็นแผ่นๆหรือทำต่อเนื่อง ชิ้นไม้ส่วนใหญ่นอนตัวขนานกับระนาบของแผ่นชิ้นไม้อัดอาจทำให้มีลักษณะโครงสร้างเป็นชั้นเดียว สามชั้น หลายชั้น หรือโครงสร้างที่มีชิ้นไม้ขนาดลดหลั่นกันก็ได้ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 5 สิงหาคม 2547) ในงานวิจัยนี้ คือ ผลิตภัณฑ์แผ่นอัดจากเส้นใยกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

5. เซลลูโลส เป็นโฮโมพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง ไม่มีกิ่งก้าน ประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ เบต้า-ดี-กลูโคไพราโนส เชื่อมด้วยพันธะเบต้า 1,4-ไกลโคซิดิก เกิดเป็นโพลิเมอร์กลูแคน มีความยาวตามธรรมชาติประมาณ 10,000 หน่วย ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน

6. เฮมิเซลลูโลส เป็นเฮทเทอร์โรโพลิเมอร์ของน้ำตาลชนิดต่างๆหลายชนิดผสมกัน เช่น กลูโคส แมนโนส ไซโลส และอะราบิโนส ซึ่งพบอยู่ในรูปพอลิเมอร์ไซแลน แมนแนน กาแลกแตน และอะราบิแนน มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 200 หน่วย

7. ลิกนิน เป็นเฮเทอร์โรพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบ 3 มิติ ประกอบด้วย tran-p-coumaryl, trans-coniferyl alcohol และ trans-p-sinapyl alcohol และนอกจากนี้โมเลกุลของลิกนินยังเชื่อมต่อกับสารประกอบอะโรมาติกอื่นๆอีกมากมาย เช่น vanillin และsyringaldehyde สูตรโครงสร้างของ tran-p-coumaryl, trans-coniferyl alcohol และtrans-p-sinapyl alcohol (รัชพล พะวงศ์รัตน์, 2558: ออนไลน์)



ภาพที่ 1.4-1 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของลิกนิน

ที่มา : ออนไลน์เข้าถึงได้จาก http://www.research-system.siam.edu

1.5 สมมติฐาน

1. กาบมะพร้าวและหญ้าแฝกสามารถผลิตเป็นแผ่นอัด โดยกระบวนการอัดขึ้นรูปแบบอัดร้อนได้

2. แผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถนำกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกมาอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นอัด

1.6.2 ทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

1.7 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

จากการศึกษาแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก มีระยะเวลาในการทำการวิจัยดังตารางที่ 1.7-1

ตารางที่ 1.7-1 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2558	2559	2560								2561									
	ธ.ค.	ม.ค. - ธ.ค.	*ม.ค. - เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1.รวบรวมข้อมูลและตรวจสอบเอกสาร	↔	↔																				
2.สอบโครงร่างวิจัยเฉพาะทาง	↔																					
3.ทำการทดลอง				↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔											
4.วิเคราะห์และสรุปผล									↔	↔	↔	↔	↔	↔								
5.รายงานความก้าวหน้าวิจัยเฉพาะทาง														↔	↔							
6.การเขียนเล่มวิจัย															↔	↔	↔	↔	↔	↔		
7.สอบจบวิจัยเฉพาะทางและแก้ไขเล่ม																				↔	↔	
8.ส่งเล่มวิจัยฉบับสมบูรณ์																						↔

หมายเหตุ : *ม.ค. - เม.ย. 2560 เป็นช่วงของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในครั้งนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น โดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆดังรายละเอียด ดังนี้

2.1 ไม้อัด

ไม้อัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่คงใช้พื้นฐานวัตถุดิบทางธรรมชาติ โดยถูกพัฒนากรรมวิธีการผลิตขึ้นมาเพื่อตอบสนองการใช้ไม้จริงที่มีขนาดหน้ากว้างมาก ที่ปัจจุบันการเจริญเติบโตของป่าไม้ในประเทศไทยไม่ทันต่อการตอบสนองในการใช้งาน จึงต้องมีการพัฒนาการใช้ต้นไม้ที่มีหน้ากว้างขนาดเล็ก เป็นไม้ทั่วไปที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็วและหาได้ง่าย นำมาดัดแปลง เพื่อใช้งานแทนไม้อุตสาหกรรมต่างๆ ที่นับวันเริ่มหาได้ยากขึ้นทุกทีภายในประเทศ ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านแทน ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของไม้อัดได้ 4 ชนิดดังนี้

2.1.1 อุตสาหกรรมไม้อัดและไม้บาง (plywood and veneer industeies)

อุตสาหกรรมไม้อัดของไทยเริ่มผลิตออกจำหน่ายเมื่อปี 2500 ส่วนอุตสาหกรรมไม้บางนั้นก็ผลิตคู่กันมาเพื่อทำเป็นไม้อัด และได้ผลิตเพื่อการส่งออกไม้บางเมื่อปี 2514 แผ่นไม้อัดเป็นที่นิยมเพราะมีสมบัติที่ดีในการก่อสร้าง ที่เห็นได้ชัดคือแผ่นกว้าง ใหญ่ น้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับไม้จริง

2.1.2 อุตสาหกรรมแผ่นไม้ประกอบ (composite board industeies)

แผ่นไม้ประกอบเป็นการใช้เศษปลายไม้ที่เหลือใช้จากการทำไม้หรือเศษเหลือจากโรงงานเลื่อยซึ่งสามารถผลิตได้โดยเทคโนโลยีง่ายๆในปัจจุบัน คือ

1) แผ่นไม้ปาร์เก (parqute and mosaic parqute) วัตถุดิบในการผลิตจะได้จากไม้ยางพาราและไม้โตเร็วชนิดต่างๆ การผลิตไม้ปาร์เกเป็นการใช้เทคโนโลยีไม้ง่ายๆ เพียงตัดซอยไม้ ปรับสภาวะชิ้นโดยใช้คนเป็นหลักในการเรียงไม้ในแบบ (frame) ประกอบเป็นแผ่นแล้วใช้กระดาษหรือผ้าตาข่ายทากาวปิดทับ

2) ไม้ประสาน (plock board) แผ่นไม้ประสานสามารถผลิตได้ในโรงงานเลื่อยหรือโรงงานผลิตเครื่องเรือนโดยนำเศษไม้ ปลายไม้จากโรงงาน มาตัดซอยให้ได้ขนาดการต่อปลายแบบนิ้วประสาน (finger joint) แล้วทากาวด้านข้างเรียงต่อเป็นแผ่นกว้าง ใหญ่ ด้วยกรรมวิธีผลิตง่ายๆ

2.1.3 อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด (particleboard industeies)

อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้เศษไม้ ปลายไม้ แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น (duated) จากชิ้นแผ่นไม้อัด 3 ชั้น (3 layer) 5 ชั้น (5 layer) และ 1 ชั้น (single layer) แผ่นชิ้นไม้สามารถใช้ทดแทนแผ่นไม้อัดได้และมีราคาถูกกว่า แผ่นชิ้นไม้อัดมักจะนำมาปิดทับด้วยแผ่นพลาสติกฟอร์ไมก้า หรือนำมาใช้เป็นแกนกลาง (core) ของไม้อัด เพื่อเพิ่มความหนาของไม้อัดและช่วยลดต้นทุนการผลิตของไม้อัด แผ่นไม้อัดบางชนิดมีรูตรงกลาง (extruded qarticleboard) เพื่อลดปริมาณและน้ำหนัก อีกทั้งยังเป็นทางสอดท่อน้ำ สายไฟ และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ง่าย นอกจากนี้เทคโนโลยีการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดยังได้พัฒนาให้ดียิ่งขึ้นจนเทียบเท่าไม้อัดและไม้จริง คือ

1) แผ่นเวเฟอร์บอร์ด (wafer board) แผ่นเวเฟอร์บอร์ดนี้ใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบาง เรียกว่า เกล็ดไม้ มีทั้งลักษณะสี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งจะแบ่งออกเป็นชนิด single-layer waferboard, 3- layer waferboard และชนิดพิเศษคือ waferboard-plus ตามลักษณะของเกล็ดไม้และเรียงตัวโดยมีกาวเป็นสารช่วยยึดเกาะซึ่งแผ่นเวเฟอร์บอร์ดที่ได้นี้จะมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่าแผ่นไม้อัด

2) แผ่นเกล็ดไม้อัดชนิดเรียงชิ้น (oriented starand board: osb) แผ่นเกล็ดไม้อัดชนิดเรียงชิ้น ไม้ที่มีลักษณะบาง แบนและมีความยาวมากเมื่อเปรียบเทียบกับความกว้าง เรียกว่า starnds โดยนำมาเรียงชิ้นเป็น 3 ชั้น คือ ผิวหน้าด้านนอกสองข้างจะเรียงความยาวแผ่น ส่วนแกนกลางจะเรียงตามขวางเช่นเดียวกับลักษณะของชิ้นไม้ ทำให้มีความแข็งแรงและมีความต้านทานสูง สามารถใช้ทดแทนแผ่นไม้อัดได้

2.1.4 อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัด (fiber board industeies)

อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดนี้สามารถผลิตแผ่นไม้ทดแทนแผ่นไม้อัดประกอบอื่นๆได้ดี โดยเฉพาะแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (medium density fiber board: mdf) ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงไม้ธรรมชาติและสามารถเพิ่มคุณค่าให้สูงขึ้นโดยการปิดทับด้วยไม้บาง กระดาษ ตกแต่งฟอร์มก้า เคลือบเมลามิน แผ่นวัสดุกันความร้อนหรือการพิมพ์สีและสลักลายลงบนสีเส้นใยไม้อัดสามารถจำแนกได้ตามความหนาแน่นเป็น 3 กลุ่ม คือ

1) แผ่นใยไม้อัดอ่อนหรือแผ่นใยไม้อัดฉนวน

มักจะทำการผลิตโดยกรรมวิธีเปียก มีน้ำหนักเบา มีความหนาแน่นต่ำ หรือประมาณ 40-400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นแผ่นใยไม้อัดที่ไม่มีการอัดร้อน แต่ใช้วิธีอบแผ่นใยให้แห้งแทน แผ่นใยไม้อัดที่ผลิตเป็นการค้าส่วนมากมีความหนาแน่นประมาณ 234-275 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่นใยไม้อัดอ่อนส่วนใหญ่จะใช้เพื่อวัตถุประสงค์เป็นฉนวนป้องกันอากาศร้อน หนาว และเสียง ใช้ทำฝ้า

เพดาน ผนังห้องประชุม โรงมหรสพ ห้องเสียง ห้องสมุดและสำนักงาน เนื่องจากตัวประสานของเส้นใยในแผ่นใยไม้อัดส่วนใหญ่นั้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำ แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.1) แผ่นใยไม้อัดอ่อนหรือแผ่นใยไม้อัดฉนวนความหนาแน่นปานกลาง

1.2) แผ่นใยไม้อัดอ่อนหรือแผ่นใยไม้อัดฉนวนความหนาแน่น

2) แผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

แผ่นใยไม้อัดชนิดนี้เป็นแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่นตั้งแต่ 500-800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระดับความหนาแน่นที่ผลิตส่วนมากอยู่ระหว่าง 700-750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่น เป็นผลิตภัณฑ์แผ่นไม้วิทยาศาสตร์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงไม้ธรรมชาติมากที่สุด

3) แผ่นใยไม้อัดแข็ง ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีความหนาแน่นสูง

มีความหนาแน่นตั้งแต่ 800-1,200 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร คุณภาพของเส้นใยไม้อัดแข็งนั้นอยู่ในระดับสูงมาก ทั้งนี้ เกิดจากการอัดด้วยเครื่องจักรที่มีกำลังอัดสูงและเกิน 3,604 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การเชื่อมตัวระหว่างเส้นใยที่ประสานกันโดยกาวธรรมชาติที่เกิดจากไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในกรรมวิธีการผลิตจะใช้กาววิทยาศาสตร์เล็กน้อย เพื่อเพิ่มคุณสมบัติความแข็งแรงให้สูงขึ้น ระดับความหนาแน่นที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรมอยู่ในช่วง 900-1,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

3.1) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

3.2) แผ่นใยไม้อัดแข็ง

3.3) แผ่นใยไม้อัดแข็งชนิดพิเศษ (สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, ม.ป.ป.)

2.2 มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) เป็นมาตรฐานที่กำหนดคุณสมบัติและคุณลักษณะของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบที่มีความหนาแน่นตั้งแต่ 400-900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับใช้งานทั่วไปในสภาวะแห้ง โดยไม่ครอบคลุมถึงแผ่นไม้อัดชนิดอัดราบที่มีไม้บางหรือวัสดุอื่นปิดทับหน้า

2.2.1 แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (flat pressed (fp) particleboards)

แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ หมายถึง วัสดุที่เป็นแผ่นทำจากชิ้นไม้หรือลิกโนเซลลูโลส (lignocellulosic material) อัดในเครื่องอัดร้อนให้ยึดติดกันด้วยกาว ให้ทิศทางของแรงอัดตั้งฉากกับระนาบของแผ่น แผ่นชิ้นไม้อัดอาจทำให้มีโครงสร้างเป็นชั้นเดียว สามชั้น หลายชั้น หรือโครงสร้างที่มี

ชิ้นไม้ขนาดลดหลั่นก็ได้ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 400-900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่นชิ้นไม้อัดสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างออกเป็น 4 แบบ คือ

1) แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียว

2) แผ่นชิ้นไม้อัดสามชั้น

3) แผ่นชิ้นไม้อัดหลายชั้น

4) แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น

2.2.2 คุณลักษณะของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ประกอบด้วย

1) ลักษณะต้องมีความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดแผ่น ขอบต้องตั้งฉากกับระนาบผิว โดยการตรวจอย่างพินิจ

2) ความหนาแน่นเฉลี่ย ต้องอยู่ในช่วง 400 ถึง 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความหนาแน่นแต่ละแผ่นจะคลาดเคลื่อนจากความหนาแน่นเฉลี่ยได้ไม่เกิน ร้อยละ 10

3) ปริมาณความชื้น เฉลี่ย ต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 4 ถึง 13

4) การพองตัวตามความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดหนา 3-6 มิลลิเมตร กำหนดไม่เกินร้อยละ 12

5) ความต้านทานแรงดัดของแผ่นชิ้นไม้อัดหนา 3-6 มิลลิเมตร กำหนดไม่น้อยกว่า 15 MPa

6) มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชิ้นไม้อัดหนา 3-6 มิลลิเมตร กำหนดไม่น้อยกว่า 1,950 MPa

7) ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นชิ้นไม้อัดหนา 3-6 มิลลิเมตร กำหนดไม่น้อยกว่า 0.45 MPa (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 5 สิงหาคม 2547)

2.3 วัสดุประสาน

2.3.1 วัสดุประสาน

วัสดุประสาน หมายถึง วัสดุที่ใช้ผสมลงไปในวัสดุที่นำออกมาอัดแผ่นเพื่อทำให้วัสดุดังกล่าวเกาะติดกันเป็นก้อนได้ดียิ่งขึ้น วัสดุประสานนั้นต้องมีคุณสมบัติที่ดี คือ ราคาไม่แพง ทนน้ำ มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูง และสามารถคลุมพื้นที่ผิวของวัสดุที่บดอัดได้ทั่วถึง

กาว เป็นวัสดุประสานที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรมเพราะสามารถใช้ติดวัสดุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันได้ โดยเฉพาะงานไม้บางประเภทสามารถใช้กาวแทนตะปูแม้แต่การยึด

ติดโลหะก็ทำได้ดีโดยเมื่อเอากาวมาทาวัตถุ 2 ชิ้นแล้วนำมาประกบกัน กาวจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็ง สามารถรับแรงดึงได้ซึ่งการยึดเกาะที่ดีนั้นขึ้นอยู่กับความยึดเกาะระหว่างกาวกับผิวหน้าที่ติด และอีกประการหนึ่งคือ ขึ้นอยู่กับความยืดเหนี่ยวระหว่างตัวกาวเองที่จะได้ผลในการยึดเกาะที่ดีนั้น รอยต่อจะต้องออกแบบโดยเฉพาะเป็นแห่งๆไป หรืออาจเป็นวัสดุสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น กลุ่มอีพอกซี่ มนุษย์รู้จักใช้กาวมาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ครั้งแรกที่ใช้เป็นยางไม้ตามธรรมชาติ เช่น ขี้ผึ้ง วัสดุเหล่านี้ได้มาจากต้นไม้ต่างๆหรือจากแมลงบางชนิด กาวที่เก่าแก่ที่สุดเป็นกาวหนังสัตว์และกาวยางในสมัยอียิปต์ใช้ในการทำเครื่องเรือนไม้ติดลายไม้ประดับกับผิวหน้า กาวประเภทนี้แม้ในปัจจุบันก็ยังเป็นสินค้าขาออกใช้ในงานอุตสาหกรรมช่างไม้อยู่มาก ปลายปี พ.ศ. 2473 กาวที่ใช้ทั่วๆไปเป็นกาวหนังสัตว์ กาวยาง และยางจากพืชผักบางชนิดและยางธรรมชาติ เช่น กาวแป้ง และกาวเลือด เป็นต้น ซึ่งใช้มากกับเครื่องเรือนไม้และอุตสาหกรรมกระดาษ ต่อมาเมื่อยางพลาสติกได้ถูกค้นพบในปี พ.ศ. 2478 จึงขยายการใช้ไปยังวงการอุตสาหกรรม รวมทั้งอุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องบิน เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และงานอื่นๆอีกมาก แต่การใช้กาวสังเคราะห์อัดร้อนได้เริ่มมาเพียงศตวรรษนี้เท่านั้น การนิยมใช้กาวสังเคราะห์นั้นเนื่องจากใช้งานสะดวกรวดเร็ว คุณภาพดีและสม่ำเสมอ

2.3.2 วัสดุประสานที่นิยมใช้ในงานไม้

วัสดุประสานที่นิยมใช้ในงานไม้ คือ กาวสังเคราะห์ วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตกาวสังเคราะห์ ได้แก่ ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์และฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ แหล่งของวัตถุดิบหลักเหล่านี้มาจากธรรมชาติ ถ่านหินและน้ำมันดิบ และเป็นสารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาจากก๊าซธรรมชาติ ส่วนฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ถูกสังเคราะห์มาจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีหรือจากอุตสาหกรรมถ่านหิน แหล่งของวัตถุดิบได้ขุดขึ้นมาจากพื้นโลกและมีการใช้อย่างมากมายในรูปของเชื้อเพลิงและอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ต่างๆ ราคาของสารที่ใช้สังเคราะห์กาวจึงสูงขึ้น และสารดังกล่าวอาจจะหมดไปในไม่ช้า ประกอบกับความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการจึงได้มีการค้นคว้าสารที่มาทดแทนฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์และยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ทั้งที่ได้มาจากธรรมชาติ เช่น แทนนิน ลิกนิน และได้จากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ไอโซไซยาเนต เป็นต้น เนื่องจากการพัฒนากาวต่างๆ ต้องใช้พื้นฐานมาจากการสังเคราะห์กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์และกาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งใช้เป็นกาวสังเคราะห์อัดร้อนในอุตสาหกรรมไม้

กาวสังเคราะห์ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (thermo-setting resins) เป็นกาวที่ได้รับความร้อนจะแปรสภาพเป็นแผ่นแข็งที่ไม่สามารถหลอมละลายได้อีก และกาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (thermo-plastic resins) หรือร้อนเหลว (hot-melts) เป็นกาวที่ต้องให้ความร้อนจึงกลายเป็นสารยึดติดเมื่อเย็น

กาวเรซินเป็นกาวที่แข็งตัวโดยการทำปฏิกิริยาทางเคมี เกิดเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างสามมิติ กลายสภาพเป็นของแข็งในเวลาเดียวกันเกิดการยึดติดกับไม้

1) กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (uf, urea formaldehyde) กาวชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวาง เป็นกาวที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มีคุณสมบัติคงทนต่อน้ำและอุณหภูมิที่สูงขึ้นต่ำลง ซึ่งก็จะไม่แนะนำให้ใช้ในการต่อไม้ที่ต้องใช้ในที่ๆ มีความชื้นและมีความร้อน

2) กาวเรซินยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ พบมีการใช้โดยทั่วไปในการผลิตแผ่นไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแผ่นใส้ไม้ระแนงนิยมใช้กันมากในการปิดผิวไม้บางบนงานเครื่องเรือน แต่ก็ต้องระมัดระวังว่าเป็นกาวที่เหมาะต่อการใช้งานเพียงพอทนทานต่อความชื้นแต่ไม่ต้านทานน้ำ

3) กาวเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ (mf, melamine formaldehyde) เป็นกาวที่คล้ายคลึงกับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ลักษณะของกาวเป็นกาวขาวใส ซึ่งก็จะทำให้แนวกาวที่ใส กาวเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่ทำให้แข็งตัวที่สูงกว่ายูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ แต่มีความต้านทานน้ำและอุณหภูมิที่สูงได้ดีกว่า ข้อเสียคือราคาเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์สูง ซึ่งสูงกว่าราคายูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ถึง 4–5 เท่า จึงมีการนำมาผสมกับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ เพื่อลดต้นทุนราคาลง เรียกว่า กาวเมลามีน-ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งคุณสมบัติของกาวเมลามีน-ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการผสมระหว่าง เมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ และยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ กาวเมลามีนมักนิยมใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ที่มีคุณสมบัติพิเศษ โดยเฉพาะการต้านทานต่อความชื้นและสภาพฝนฟ้าอากาศร้อนของแผ่นเอ็มดีเอฟ กาวเมลามีนยังมีการใช้ในการต่อไม้ที่ต้องการใช้ชิ้นงานในสภาพที่เปียกชื้นด้วย

4) กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (pf, phenol formaldehyde) มีการใช้กันมากในการผลิตแผ่นไม้อัดชนิดใช้งานในทะเล (marine plywood) และ เอฟบีและแผ่นเกล็ดไม้อัดชนิดเรียงชิ้นสำหรับใช้งานในการก่อสร้าง กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์มี 2 ชนิด คือ รีโซล (resoles) และโนโวแลค (novolacs) ชนิดรีโซลเป็นชนิดที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ดเช่น ไม้อัดปาร์ติเกิลบอร์ด แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง รีโซลเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับฟีนอล ในสารละลายด่างรีโซลต้องใช้อุณหภูมิในการแข็งตัวที่สูงและได้แนวกาวที่มีความต้านทานน้ำ ความร้อนและเชื้อราสำหรับกาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ชนิดโนโวแลค สังเคราะห์ขึ้นในสภาวะที่เป็นกรดและมีสัดส่วนของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ต่ำ หากจะต้องทำให้เป็นกาวอัดร้อนจะใช้ hexamethylene tetramine ผสม ส่วนใหญ่ใช้ในงานประดิษฐกรรมไม้เพื่อผลิตชิ้นงานที่พิเศษ ใช้ผลิต wafer board ชนิดพิเศษโดยใช้โนโวแลค และใช้ในการผลิต densified wood ผลิตโดยการนำไม้บางคล้ายกับการทำไม้อัด แต่แทนที่จะทากาวบนไม้บางระหว่างชั้นไม้บางก็ใช้ไม้บางแช่ อัดกาวในสารละลายกาว แล้วปล่อยให้กาวไหลออก แล้วนำมาเรียงประกบกันตามความหนาที่ต้องการ แล้วอัดด้วยแรงดันสูงมาก เพื่อลดความหนาและได้ไม้เพิ่มความแน่นที่มีสมบัติทนทานต่อการสึกหรอได้ดีมาก

5) กาวฟีนอล-เรซอซินอล ฟอร์มัลดีไฮด์ (p-rf, phenol-resorcinol formaldehyde) p-rf resins ผลิตโดยการเติม resorcinol ผสมในกาวรีโซลที่ระยะสุดท้ายของการสังเคราะห์ เป็นกาวสีน้ำตาลเข้มใช้ในการผลิตคานไม้ประสาน (laminated beams) โดยมีข้อดี 2 ลักษณะ คือ มีความต้านทานน้ำ และมีความไวในการทำปฏิกิริยาซึ่งหมายความว่าสามารถใช้เป็นกาวที่อุณหภูมิต่ำมากๆ ซึ่งบางครั้งต่ำถึง 5 องศาเซลเซียส ใช้ paraformaldehyde เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) และรอยต่อไม้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิได้ถึง 70 องศาเซลเซียส และมักนิยมใช้ผงไม้ผสมในกาวเพื่อ ปรับปรุงคุณสมบัติการอุดช่องว่างไม้ในการติดไม้แปรรูป

6) กาวแทนนิน (tannin resins) สารแทนนินเป็นสารฟีนอลประเภทหนึ่งตามธรรมชาติ เกิดอยู่ในเนื้อไม้และเปลือกไม้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะในเปลือกไม้โอ๊ก และวอตเติล การใช้งานกาวแทนนินยังไม่แพร่หลายนัก แต่ก็มีการนำไปใช้ในบางประเทศเพื่อผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดและเอ็มดีเอฟ ซึ่งจะทำให้มีความต้านทานความชื้นได้ดี

7) กาวไอโซไซยาเนต (isocyanate resins) ในทางด้านงานไม้มีการใช้กันน้อย ปัจจุบันถูกใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เอ็มดีเอฟและแผ่นเกล็ดไม้อัดชนิดเรียงชิ้น ถูกนำมาใช้เมื่อต้องการชิ้นงานที่มีความทนทานสูง โดยมันจะเกิดการยึดเหนี่ยวทางเคมีกับลิกนินและเซลลูโลสในไม้

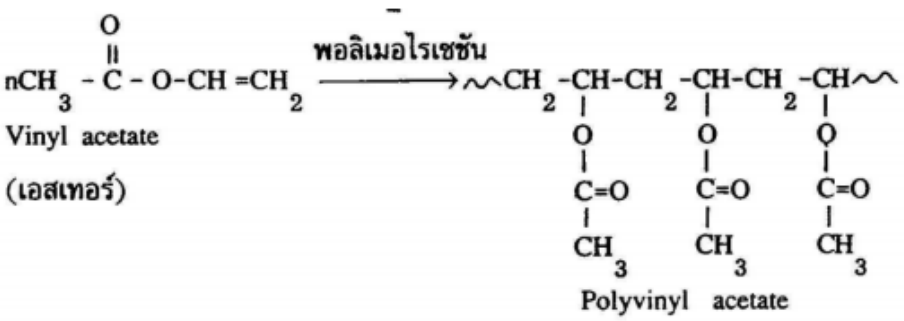
8) กาวเรซินอีพ็อกซี (epoxy resins) อีพ็อกซี เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง bisphenol-A กับ epichlorhydrin ได้เป็นอีพอกซีที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน จึงมีคุณสมบัติต่างกันไป สารหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นสารเร่งแข็ง (สารทำให้แข็งตัว) แต่ที่ใช้กันมากแพร่หลายในขณะนี้ คือ polyamides อีพ็อกซีเรซิน จะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องโดยใช้แรงดันอัดข้อต่อไม้เล็กน้อย มีคุณสมบัติในการอุดช่องว่างได้ดี โดยหากใช้ในงานไม้จะใช้อีพอกซี ที่เป็นของเหลวมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและไม่ใส่ตัวทำละลายอื่นซึ่งจะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาแบบรวมตัว (addition reaction) ซึ่งไม่มีการสูญเสียผลผลิตจากปฏิกิริยาจึงมีการสูญเสียปริมาณเพียงเล็กน้อย ขณะที่แข็งตัว (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, ม.ป.ป.)

9) กาวติดสัมผัส (contact adhesive) เป็นกาวที่ประกอบด้วยสารละลายของยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ ซึ่งจะแปรสภาพเกิดการยึดติด เมื่อสารระเหย (solvent) เป็นกาวที่มีการใช้งานน้อยในงานไม้ แต่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับงานตกแต่งหุ้มเบาะเครื่องเรือน (วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ, 2556)

10) กาวลาเท็กซ์หรือวัสดุที่ใช้ประสานในรูปแบบน้ำเหนียวข้น คือส่วนผสมของของเหลวหรือวัสดุกึ่งของเหลวที่สามารถเชื่อมติด หรือประสานวัสดุสองชิ้นหรือหลายๆชิ้นผนึกเข้าด้วยกัน กาวมีอยู่หลากหลายรูปแบบมีทั้งมาจากธรรมชาติหรือสารเคมีสังเคราะห์ ซึ่งการใช้งานกาวลาเท็กซ์ มักจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำมาติดกัน กาวลาเท็กซ์ ใช้ติดวัสดุที่มีลักษณะบาง หรือวัสดุที่แตกต่างกัน โดยกาว

จะแตกต่างจากการเชื่อมวัสดุแบบอื่นคือ กาวจะใช้เวลาในการประสาน กาวลาเท็กซ์มีคุณสมบัติ ให้การยึดเกาะที่ดีและแข็งแรงเหนียวแน่นไม่หลุดลอกง่ายติดได้แน่นสนิท จับติดกันเป็นเนื้อเดียวกับชิ้นงาน ไม่ผสมสารปรอท ตะกั่ว มีความข้นเหลวพอเหมาะ มีการแห้งตัวที่เหมาะสม ตลอดจนการไหลตัวที่ดี ช่วยให้ทำงานง่ายขึ้น มีสารป้องกันเชื้อรา ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมและไม่เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคเมื่อใช้งาน

กาวลาเท็กซ์ ผลิตมาจากสารไฮโดรคาร์บอน ที่เรียกว่า polyvinyl acetate ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีแขนงหนาแน่นมากกว่าชนิดอื่นๆ พอลิเมอร์ชนิดนี้มีลักษณะโมเลกุลแบบอะแทกติก (atactic) ไม่มีความเป็นผลึกจึงมีลักษณะอ่อนนิ่มมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับพอลิเมอร์ชนิดอื่นจนทำให้เป็นสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส อีกทั้งไม่ละลายในน้ำหรือน้ำมัน แม้ว่าจะแข็งตัวโดยการใช้ความร้อนบ้าง แต่ก็จะยังคงอ่อนตัวอยู่ที่อุณหภูมิสูงๆ มันจะสามารถถูกปรับปรุงให้มีความหนืดสูงหรือต่ำ แข็งหรืออ่อนหยุ่นได้ (rigidity or flexibility) และย้อมสีใส่หรือใส่วัตถุเพื่อให้เกิดสี เรซินโพลีไวนิลอาซีเตตแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบโฮโมพอลิเมอร์ จะอ่อนตัวทันทีเมื่อได้รับความร้อน และแบบโคโพลีเมอร์ จะมีการใช้สารเร่ง (catalyst) เพื่อยืดเหนี่ยวทำให้มีความต้านทานความร้อนดีขึ้นแป้งข้าวโพดหรือแป้งชนิดอื่นสามารถเติมลงไปเพื่อเพิ่มความหนืดและป้องกันให้กาวเยิ้มออกจากข้อต่อหรือทะลุผ่าน pores ของไม้บางออก สารเติมจำพวกแร่ธาตุ (mineral fillers) ก็อาจใช้กันแต่ต้องระมัดระวังอย่าใช้กับวัสดุที่มีฤทธิ์เป็นด่างซึ่งมันจะลดการแข็งตัวของกาวไป โดยปกติแล้วกาวลาเท็กซ์ในรูปลักษณะที่เป็นนั้นมีปริมาณ โพลีไวนิลอาซีเตท อยู่ในน้ำเพียง 50% ในลักษณะของโมเลกุลแขวนลอย กระจายอยู่ในน้ำสภาพอีมัลชั่น ทำให้เห็นเป็นสีขาวข้น กาวลาเท็กซ์เป็นประโยชน์ มากในอุตสาหกรรมหีบห่อ เช่น ทำกล่องกระดาษ ผนึกสิ่งต่างๆ เข้าด้วยกัน สลากปิดซอง หรือ ภาชนะกระดาษ ทั้งนี้ เพราะกระดาษมีความพรุนตัวสูง และมีโครงสร้าง ไม่แข็งแรงนักจึงสามารถติดกาวได้ง่าย (บริษัทเอสซีเปเปอร์แพ็ค, ม.ป.ป.)



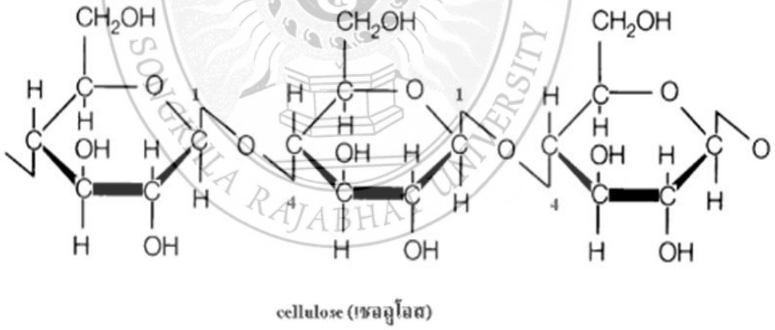
ภาพที่ 2.3-1 แสดงโครงสร้างโมเลกุล polyvinyl acetate

ที่มา : ออนไลน์เข้าถึงได้จาก http://www.research-system.siam.edu

2.4 เส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เส้นใยจากพืชหรือเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยจากสัตว์หรือเส้นใยโปรตีน เส้นใยแร่ โลหะ

เส้นใยเซลลูโลส เป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งเกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะด้วยพันธะเคมีที่เป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตร $(C_6H_{10}O_5)_x$ โครงสร้างและการยึดเกาะของโมเลกุลดังแสดงในภาพ 2.3-1 โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของเส้นใย กล่าวคือ ในโมเลกุลเซลลูโลสจะเกิดหน่วยโมเลกุลซ้ำ (repeat units) ยึดจับกันเป็นสายยาว หน่วยโมเลกุลซ้ำ คือ เซลโลไบโอส (cellobiose) เกิดจากบีต้ากลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะด้วยพันธะ C-O-C ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบ (crystalline) ค่อนข้างมากคือ 85-95% และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) เป็นระยะๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง จากข้อมูลคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใยธรรมชาติ จะเห็นว่าสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของแผ่นอัดได้ ดังนั้นกรอบแนวคิดในการนำเส้นใยจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกจึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่ง



ภาพที่ 2.4-1 แสดงโครงสร้างและการยึดเกาะของเส้นใยเซลลูโลส
ที่มา : ออนไลน์เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com

2.4.1 ประเภทของเส้นใย

1) เส้นใยจากธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยที่มีอยู่ในธรรมชาติ แบ่งเป็น 3 ประเภท

1.1) เส้นใยจากพืช ได้แก่ เส้นใยจากเซลลูโลส เป็นโฮโมพอลิเมอร์ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสจำนวนมากและเป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งได้จากส่วนต่างๆของพืช เช่น ป่าน ปอ ลินิน ใยสับปะรด ใยมะพร้าว ฝ้าย นุ่น ศรนารายณ์ เป็นต้น

1.2) เส้นใยจากสัตว์ ได้แก่ เส้นใยโปรตีน เช่น ขนสัตว์ (wool) ไหม (silk) ผม (hair) เล็บ เขา ใยไหม เป็นต้น เส้นใยเหล่านี้ มีสมบัติ คือ เมื่อเปียกน้ำ ความเหนียวและความแข็งแรงจะลดลงถ้าสัมผัสแสงแดดนานๆ จะสลายตัว

1.3) เส้นใยจากหินแร่ เช่น แร่ใยหิน (asbestos) ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีทนไฟไม่นำไฟฟ้า

2) เส้นใยสังเคราะห์ เป็นเส้นใยที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ใช้ทดแทนเส้นใยจากธรรมชาติ แบ่งเป็น 4 ประเภท

2.1) เส้นใยพอลิเอสเตอร์ เช่น เทโทรอน ใช้บรรจุในหมอนเพราะมีความฟูยืดหยุ่นไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง สำหรับดาครอน (dacron) เป็นเส้นใยสังเคราะห์พวกพอลิเอสเทอร์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า mylar มีประโยชน์ทำเส้นใยทำเชือก และฟิล์ม

2.2) เส้นใยพอลิเอไมด์ เช่น ไนลอน (nylon) เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์มีหลายชนิด เช่น ไนลอน 6,6 ไนลอน 6,10 ไนลอน 6 ซึ่งตัวเลขที่เขียนกำกับหลังชื่อจะแสดงจำนวนคาร์บอนอะตอมในมอนอเมอร์ของเอมีนและกรดคาร์บอกซิลิก ไนลอนจัดเป็นพวกเทอร์มอพลาสติก มีความแข็งมากกว่าพอลิเมอร์แบบเติมชนิดอื่น (เพราะมีแรงดึงดูดที่แข็งแรงของพันธะเพปไทด์) เป็นสารที่ติดไฟยาก (เพราะไนลอนมีพันธะ C-H ในโมเลกุลน้อยกว่าพอลิเมอร์แบบเติมชนิดอื่น) ไนลอนสามารถทดสอบโดยผสมโซดาลาม ($NaOH + Ca(OH)_2$) หรือเผาจะให้ก๊าซแอมโมเนีย ประโยชน์ของไนลอนใช้ในการทำเสื้อผ้า ถุงเท้า ถุงน่อง ขนแปรงต่างๆ สายกีต้าร์ สายเอ็น ไม้แร็กเก็ต เป็นต้น

2.3) เส้นใยอะคริลิก เช่น ออร์ ใช้ในการทำเสื้อผ้า ผ้านวม ผ้าขนแกะเทียม ร่ม ชายหาด หลังคากันแดด ผ้าม่าน พรม เป็นต้น

2.4) เซลลูโลสแอซีเตด เป็นพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากการใช้เซลลูโลสทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติกเข้มข้น โดยมีกรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การใช้ประโยชน์จากเซลลูโลสแอซีเตด เช่น ผลิตเป็นเส้นใยอาร์แนล 60 ผลิตเป็นแผ่นพลาสติกที่ใช้ทำแผงสวิตช์และหุ้มสายไฟ

3) เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เป็นเส้นใยที่ได้จากการนำสารจากธรรมชาติ มาปรับปรุงโครงสร้างให้เหมาะกับการใช้งาน เช่น การนำเซลลูโลสจากพืชมาทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ นำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเส้นใยธรรมชาติ ตัวอย่างเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เช่น วิสคอสเรยอง แบมเบอร์เรยอง เป็นต้น

2.4.2 สมบัติของเส้นใย

โครงสร้างทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และการเรียงตัวของโมเลกุลของเส้นใย เป็นสมบัติซึ่งมีผลโดยตรงต่อสมบัติของผ้าที่ทำขึ้นจากเส้นใยนั้นๆ เส้นใยโดยทั่วไปควรมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1) มีความแข็งแรง และทนทาน (strength and durability)

2) สามารถปั่นได้ (can be spun)

3) มีความสามารถในการดูดซับดี (absorbency)

2.4.3 เส้นใยเซลลูโลส

โดยทั่วไปเส้นใยธรรมชาติของผนังเซลล์พืชประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นสายยาวใหญ่ โมเลกุลของเซลลูโลสจะเรียงขนาดซ้อนกันมองดูคล้ายกับร่างแหที่ซับซ้อน นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารจำพวกลิกนิน (lignin) คิงติน (cutin) เพคติน (pictin) เรซิน (rasin) กรดไขมัน (fatty acid) น้ำตาล (sugar) และซูเบอริน (suberin) ซึ่งปะปนกับเซลลูโลส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลพืชโดยปกตินำ้ตาล แป้ง เพคติน กรดอะมิโน โปรตีน และสารอินทรีย์ ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่ถูกย่อยสลายได้ง่าย ส่วนเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายอันดับต่อไป เส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งจากกลูโคสเดี่ยวเรียงต่อกันเป็นโมเลกุลใหญ่ (มีอะตอมมากกว่า 1500 อะตอม) ยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลที่มีสูตรเป็น $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อมีหมู่ไฮดรอกซิล ถึง 3 หมู่ ต่อ 1 หน่วย ที่ซ้ำกันโดยพบรวมกันกับลิกนิน (lignin) ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ลิกนินเป็นสารประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน รวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิดซึ่งสารอะโรมาติก ลิกนิน ไม่ละลายน้ำไม่มีสมบัติของการยืดหยุ่นเพราะฉะนั้นจึงทำให้พืชที่มีลิกนินมาก มีความแข็งแรงทนทานสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสจึงมีมากทำให้เซลลูโลสมีความผนึกสูง อุณหภูมิการหลอมตัวสูงมาก มักจะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัวและมีความสามารถในการละลายต่ำ โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อสมบัติเส้นใย กล่าวคือ ในโมเลกุลของเซลลูโลส (repeat units) ยึดกันเป็นสายยาวเกิดจากเบต้า-1,4 ของกลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะพันธะอีเธอร์ (-C-O-C-) ในโมเลกุลของเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ระเบียบ (crystaline) ค่อนข้างมาก คือ 85-95% และจะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่างกัน การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพ ส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำส่งผลให้สมบัติทางกายภาพไม่ดี

ตารางที่ 2.3-1 องค์ประกอบทางเคมีของกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

ชนิด	ร้อยละขององค์ประกอบทางเคมี		
	หญ้าแฝกดอน	หญ้าแฝกลุ่ม	กาบมะพร้าว
โฮโลเซลลูโลส	72.64	72.76	56.80
ลิกนิน	17.03	15.98	29.80
เพนโตเซน	28.26	29.60	14.40

ที่มา: ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ อัญชิสา สันติจิตโต, 2555; วรธรรม อุ่นจิตติชัย, ม.ป.ป.

2.5 มะพร้าว

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cocos nucifera* Linn.
ชื่อภาษาอังกฤษ : Coconut
ชื่อวงศ์ : palmae (พืชตระกูลปาล์ม)
ชื่ออื่นๆ : ดุง เฮ็ดดุง โพล คอส่า พร้าว

2.5.1 ลักษณะทั่วไป

1) ลำต้น มีลำต้นเดียว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น สามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้ คือ ในปีหนึ่งมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12-14 ใบ ดังนั้นใน 1 ปี จะมีรอยแผลที่ลำต้น 12-14 รอยแผล

2) ใบ เป็นใบประกอบ ออกอยู่ตามส่วนของลำต้น ประกอบด้วยก้านทาง (rechis) มีขนาดใหญ่และยาว และมีใบย่อย (leaflet) บนก้านทางประมาณ 200-250 ใบ

3) ดอก ออกดอกเป็นช่อชนิดพานิเคิล มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย อยู่ในช่อเดียวกัน ดอกมีกลีบดอก 6 กลีบ สีครีมหรือสีเหลืองนวล ไม่มีก้านดอกย่อยดอกตัวเมียจะมีกลีบดอกหนาและแข็งกว่ากลีบดอกตัวผู้

4) ผล มะพร้าวเป็นชนิดไฟบรัสดรุป (fibrous drupe) เรียกว่า นัท (nut) มีเปลือก 3 ชั้น คือเปลือกชั้นนอก (exocarp) เป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อแก่อาจมีสีเขียว แดง เหลืองหรือน้ำตาล เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ และเปลือกชั้นใน (endocarp) มีลักษณะแข็งหรือที่เรียกกันว่า กะลา (shell)

5) เมล็ด เนื้อมะพร้าวภายในเมล็ดเป็นช่อกลวงขณะผลอ่อนจะมีน้ำอยู่เต็ม ผลแก่น้ำมะพร้าวจะแห้งไปบางส่วน

6) กาบมะพร้าวหรือเปลือกมะพร้าว เปลือกชั้นกลาง มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ มีคุณสมบัติแข็งแรง คงทนต่อน้ำและน้ำทะเล มีความยืดหยุ่น และสปริงดี นำมาทำเชือก ทำพรม กระสอบ แปรงชนิดต่างๆ อวน ไม้กวาด ส่วนเส้นใบสั้นใช้อัดไส้ของที่นอน เบาะรถยนต์ เป็นต้น (พัชราภา มากคช, 2560: ออนไลน์)

2.5.2 คุณสมบัติของกาบมะพร้าว

มีคุณสมบัติแข็งแรง ต้านทานปฏิกิริยาจากจุลินทรีย์และการกัดกร่อนจากน้ำเค็มได้ดี มีความยืดหยุ่นและรับแรงดึงได้ดี เนื่องจากมีลิกนินในองค์ประกอบในปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยพืชชนิดอื่น (ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ อัญชิสา สันติจิตโต, 2555) นอกจากนี้สามารถนำมา

ทำเชือก พรม กระสอบ อวน ไม้กวาด และแปรงชนิดต่างๆ ส่วนเส้นใยสั้นๆใช้อัดไส้ของที่นอน เบาะรถยนต์ เป็นต้น

2.6 หญ้าแฝก

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty

ชื่อสามัญ : Vetiver grass, Khuskhus, Cuscus, Sevendara grass

ชื่ออื่นๆ : หญ้าแฝกหอม แกงหอม แคมหอม

หญ้าแฝกมีอยู่ในโลกประมาณ 11-12 ชนิด แต่ในประเทศไทยพบว่ามีอยู่เพียง 2 ชนิด คือ หญ้าแฝกหอมหรือหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน ในธรรมชาติเราจะพบหญ้าแฝกทั้งสองชนิดนี้ได้ทั่วไป เพราะ ขึ้นได้ดีในสภาพพื้นที่ทั้งที่ลุ่มและที่ดอน ในดินสภาพต่าง ๆ จากความสูงใกล้กับระดับน้ำทะเลไปจนถึงระดับประมาณ 800 เมตร และถิ่นกำเนิดดั้งเดิมของพืชชนิดนี้สันนิษฐานว่าอยู่ในประเทศอินเดีย

2.6.1 ความแตกต่างระหว่างหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน

หญ้าแฝกทั้งสองชนิดจะมีลักษณะภายนอกของใบที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยสามารถจำแนกได้ดังนี้

1) หญ้าแฝกหอม ใบมีความกว้างประมาณ 0.6-1.2 เซนติเมตร และยาวประมาณ 45-100 เซนติเมตร ใบเป็นสีเขียวเข้ม หลังใบโค้งปลายแบน เนื้อใบค่อนข้างเนียน มีไขเคลือบทำให้ดูมัน ส่วนท้องใบจะออกเป็นสีขาวซีดกว่าหลังใบ

2) หญ้าแฝกดอน ใบมีความกว้างประมาณ 0.4-0.8 เซนติเมตร และยาวประมาณ 35-80 เซนติเมตร ใบเป็นสีเขียวซีด หลังใบพับเป็นสันสามเหลี่ยม เนื้อใบหยาบสากมือ มีไขเคลือบน้อยทำให้ดูกร้าน ส่วนท้องใบจะเป็นสีเดียวกับหลังใบ แต่จะมีสีซีดกว่าสำหรับลักษณะโครงสร้างภายนอกเมื่อทำการเปรียบเทียบจะพบว่า ใบหญ้าแฝกหอมจะมีเนื้อใบหนากว่า และขนาดของช่องอากาศก็มีขนาดใหญ่กว่าหญ้าแฝกดอนด้วย ส่วนความแตกต่างของลักษณะภายในรากที่เห็นได้ชัดเจน คือ รากหญ้าแฝกหอมจะมีโพงอากาศในบริเวณคอร์เท็กซ์ และมีขนาดที่ใหญ่กว่าหญ้าแฝกดอน

2.6.2 ลักษณะของหญ้าแฝก

1) ต้นหญ้าแฝก จัดเป็นไม้จำพวกหญ้า มีอายุหลายปี เป็นหญ้าที่ขึ้นเป็นก่อแน่น ใบยาวตั้งตรงขึ้นได้สูงประมาณ 1-2 เมตร กอแฝกจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ โคนกอเบียดแน่นไม่มีไหลส่วนโคนของลำต้นจะแบน โดยเกิดจากส่วนของโคนใบที่แบนเรียงซ้อนกัน และลำต้นแท้จะมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ในกาบใบบริเวณคอดิน มีรากเหง้าเป็นฝอยอยู่ใต้ดินและมีกลิ่นหอม มักพบขึ้นเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ส่วนการ

เจริญเติบโตและการแตกกอ พบว่าจะมีการแตกหน่อใหม่ทดแทนหน่อเก่าอยู่เสมอ โดยจะแตกหน่อออกทางด้านข้างรอบๆกอ มักจะพบหญ้าแฝกได้มากในที่โล่งแจ้ง โดยเฉพาะบริเวณที่มีความชื้นสูงหรือใกล้แม่น้ำและในป่าเต็งรัง

2) รากหญ้าแฝก รากมีลักษณะเป็นรากฝอยที่แตกจากส่วนของลำต้นใต้ดิน โดยจะกระจายแผ่กว้างออกเพื่อยึดพื้นดินไปตามแนวนอน การเจริญของระบบรากจะเป็นไปในแนวดิ่ง แต่จะเจาะไม่ลึกมาก และจะแตกต่างจากรากหญ้าทั่วไป คือมีรากที่เจริญโตเร็ว สานกันแน่น หยั่งลึกในแนวดิ่งลงใต้ดินไม่แผ่ขนาน และมีรากฝอยขนาดใหญ่อยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อหญ้าแฝกมีอายุได้ประมาณหนึ่งปีครึ่ง รากจะเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ รากแกนส่วนโคนกอจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร และเปลือกรากจะมีลักษณะอวบน้ำคล้ายกับนวม ช่วยทำหน้าที่เพิ่มความหนา เพิ่มความแข็งแรง ช่วยดูดน้ำและความชื้น และช่วยป้องกันส่วนลำเลียงน้ำและสารอาหารที่อยู่ภายใน

3) ใบหญ้าแฝก ใบเป็นใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ โดยใบจะแทงออกมาจากเหง้าที่อยู่ใต้ดิน ลักษณะของใบเรียวยาวหรือแคบยาว ขอบใบขนาดปลายใบสอบแหลม ขอบใบเรียบ ใบมีขนาดกว้างประมาณ 8 มิลลิเมตร และยาวประมาณ 120 เซนติเมตร หลังใบและท้องใบเรียบ ท้องใบจะมีสีจางกว่าด้านหลังใบ เนื้อใบกร้านสากและคายมือ โดยเฉพาะใบแก่ ขอบใบและเส้นกลางใบจะมีหนามละเอียด หนามบนใบที่ส่วนโคนและกลางแผ่นใบจะมีน้อย โดยหนามจะมีลักษณะตั้งทแยงชี้ขึ้นไปทางปลายใบ ส่วนกระจังหรือเยื่อกันน้ำฝนที่โคนใบจะลดรูปเหลือเพียงแผ่นโค้งของขนสั้นละเอียด แต่จะมีมากตรงปลาย ก้านใบเป็นกาบหุ้มลำต้น

2.6.3 ประโยชน์ของหญ้าแฝก

หญ้าแฝกหอมเป็นพืชที่สะสมน้ำมันหอมไว้ในส่วนของราก คนไทยสมัยก่อนจึงใช้รากของหญ้าแฝกเป็นเครื่องหอมสำหรับอบเสื้อผ้า แก้กลิ่นอับในตู้เสื้อผ้า ใช้ขับไล่แมลง ด้วยการใช้รากแห้งนำมาแขวนในตู้เสื้อผ้า และยังใช้ผสมกับน้ำมันให้เกิดกลิ่นหอม หรือนำไปผลิตเป็นเครื่องสำอางต่อไป

2.6.4 คุณสมบัติของหญ้าแฝก

หญ้าแฝกเป็นพืชที่มีเส้นใยอยู่ในตระกูล gramineae เช่นเดียวกับ ไผ่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และอ้อย ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นเซลลูโลสและลิกนิน (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2556) เนื่องจากภายในรากหญ้าแฝกมีลักษณะเหมือนกับรากของพืชน้ำ มันจึงสามารถทนต่อน้ำท่วมขังได้เป็นอย่างดี จึงนำมาใช้ปลูกเพื่อการอนุรักษ์ดิน น้ำ สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศน์ เพื่อช่วยแก้ปัญหาและป้องกันการพังทลายของดิน ป้องกันความเสียหายของชั้นบันไดดินหรือคันคูครองรับน้ำรอบเขา ป้องกันรักษาการกัดเซาะของน้ำจากแม่น้ำบริเวณคอสะพาน ป้องกันตะกอนดินลงสู่ทางน้ำ ปลูกเพื่อแก้ปัญหาดินดาน

ฟื้นฟูดิน ควบคุมมลพิษ รักษาสภาพแวดล้อม หรือใช้ปลูกเป็นแถวตามแนวระดับ ขวางความลาดเท เป็นต้น ส่วนประโยชน์ของหญ้าแฝกหอมอื่นๆ เช่น การนำเย็บเป็นตับเพื่อใช้มุงหลังคา ใช้ในคอกสัตว์ รองนอนให้เล้าสัตว์เลี้ยง ใบใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ใช้เพาะเห็ด ทำเป็นปุ๋ยหมักและพืชคลุมดิน หรือใช้รากนำมาทำพัด สำหรับพัดให้ความเย็นและให้กลิ่นหอมเย็น และใช้ในงานหัตถกรรมต่างๆ ทำเชือก หมวก ตะกร้า เครื่องประดับ เครื่องตกแต่งบ้าน ของใช้สำนักงาน ไม้อัด งานประดิษฐ์ งานจักสาร ฯลฯ (นิตยสารเกษตรศาสตร์, 1 พฤษภาคม 2557)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐพร เคียงคู่,สิรินารี เงินเจริญ และ ชัยฤกษ์ ตั้งเฮงเจริญ (2556) ได้ศึกษาการผลิตแผ่นกันความร้อนจากเศษฉลากของอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่มและเส้นใยชานอ้อยของอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลทราย ดำเนินการโดยแช่เศษฉลากและเส้นใยชานอ้อยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1% โดยมวลต่อปริมาตรเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำมาผสมกันด้วยอัตราส่วนระหว่างเศษฉลากต่อเส้นใยชานอ้อย เท่ากับ 25:75 50:50 และ 75:25 โดยมวลทุกอัตราส่วนผสมกับกาวลาเท็กซ์ 50 กรัม ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์เป็นชิ้นงานรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 9x10x1.5 เซนติเมตร ผึ่งแดด 7 วันจนแห้งสนิทแล้วเชื่อมต่อเป็นแผ่นกันความร้อนขนาด 45x100x1.5 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าแผ่นกันความร้อนซึ่งเตรียมจากเศษฉลากและเส้นใยชานอ้อยในอัตราส่วน 75:25 นั้นเหมาะสมสำหรับใช้เป็นแผ่นกันความร้อนมากที่สุด โดยพบว่าวัสดุดังกล่าวมีสีเทาอ่อนแกมเขียว (light greenish gray) น้ำหนักความหนาแน่นและความชื้นต่ำสุดเมื่อเทียบกับแผ่นกันความร้อนอัตราส่วนอื่น คือ 44.66±4.10 กรัมต่อชิ้นงาน 0.17±0.03 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ 8.35±0.15% ตามลำดับ การทดสอบดัชนีการแตกร่วนและอัตราการเผาไหม้ให้ผลว่าแผ่นกันความร้อนไม่แตกร่วนและสามารถหยุดเผาไหม้ได้เอง อย่างไรก็ตามหากแผ่นกันความร้อนเปียกจะพองตัวทางความหนา 9.40±2.55% และเสียสภาพได้ เมื่อนำแผ่นกันความร้อนในอัตราส่วนดังกล่าวไปทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างระบบจำลองที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งแผ่นกันความร้อน พบว่าอุณหภูมิภายในระบบจำลองที่ติดตั้งแผ่นกันความร้อนแตกต่างกับระบบจำลองที่ไม่ติดตั้งแผ่นกันความร้อน ($P<0.05$) โดยสามารถลดอุณหภูมิลงได้ 1.17 องศาเซลเซียส

ภาวดี เมธะคานน และคณะ (2548) ได้ศึกษาคุณสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จากการใช้กาว PVA (กาว control) กาว PVA+ไคโตซาน (กาว formular 1) กาว PVA+ลิกนิน+แป้ง (formular 2) และกาว PVA+ลิกนิน+ไคโตซาน (กาว formular 3) เป็นตัวประสาน เท่ากับ 3.62% ในปริมาณเนื้อกาวแห้งเทียบกับน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้ยูคาลิปตัส จากการทดลองพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาว (formular 1) (กาว formular 2) และ (กาว formular 3) เป็นตัวประสานจะมีค่าการพองตัวหลังการแช่น้ำและการดูดซึมน้ำที่ต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาว control เป็นตัวประสานให้ค่าความต้านแรงดัด

(MOR) ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MOE) และค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB) ของแผ่นชิ้นไม้อัดมากกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ (กาว formular 2) เป็นตัวประสานมีคุณสมบัติด้านต่างๆโดยรวมดีที่สุด เมื่อทำการทดสอบและเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994: particleboards ผลปรากฏว่าค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของแผ่นชิ้นไม้อัด (813-847 kg/m^3 และ7.24-7.26% ตามลำดับ) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนค่าความต้านทานแรงดัด (22.90-26.65 MPa) และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (1.02-1.51 MPa) มีค่าที่สูงกว่าหรือดีกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (1,890.1-2,110.0 MPa) และการพองตัวหลังการแช่น้ำ (20.02-31.01%) ยังคงมีค่าที่ด้อยกว่ามาตรฐานกำหนดและควรปรับปรุงค่าทั้งสองดังกล่าวต่อไป

สุภิญญา ธาราดล (2559) ได้ศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพดและอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนขึ้นรูป, ทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด, ออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปและสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป วิธีดำเนินการวิจัย คือ นำซังข้าวโพดอบละเอียดผสมกับกาวลาเท็กซ์และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้จำนวน 9 สูตร แล้วนำเข้าเครื่องอัดร้อนที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที และหล่อเย็น 2 นาที่ จากนั้นนำแผ่นอัดซังข้าวโพดออกจากเครื่องทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน นำมาตัดเป็นชิ้น ทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ทดสอบความต้านทานแรงดัด ทดสอบความต้านทานแรงดึง ทดสอบค่าความชื้น และเลือกแผ่นอัดซังข้าวโพดที่ดีที่สุดนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคจำนวน 120 คน ในเขตพื้นที่จังหวัดอ่างทอง ผลการวิจัยพบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดในอัตราส่วน ซังข้าวโพด: กาวลาเท็กซ์: กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 20: 4: 3 มีความต้านทานแรงดัด 9.23 MPa ความต้านทานแรงดึง 2.92 MPa และค่าความชื้นร้อยละ 11.07 จึงทำให้สูตรที่ 4 มีคุณสมบัติที่ดีต่อการอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ผลการสำรวจความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.07

ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ อัญชิสา สันติจิตโต (2012) ได้ศึกษาสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติจากเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง จากการศึกษาการใช้เส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์ม เป็นส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์ในปริมาณที่เหมาะสม ทำให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติเชิงกลเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความหนาแน่นลดลง ซึ่งส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดต่ำลงด้วย จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันความร้อนและช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นกระเบื้องหลังคาในตลาดปัจจุบัน แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติทั้งสองชนิดมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าอย่างมี

นัยสำคัญ ดังนั้น หากนำวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์นี้ไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ก่อสร้างสำหรับอาคารพักอาศัยที่ใช้ระบบปรับอากาศ จะส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศได้

ดาแนล มาลินี และ มูฮัมหมัดไซดี มูสอ (2556) ได้ศึกษาสมบัติของแผ่นอัดจากผักตบชวาผสมต้นธูปฤาษี ซึ่งมีอัตราส่วน 50:50 70:30 และ 90:10 อุณหภูมิที่ใช้ 150 องศาเซลเซียส พบว่าสมบัติการพองตัวเมื่อแช่น้ำและสมบัติการดูดซึมน้ำของแผ่นอัดจากผักตบชวาผสมต้นธูปฤาษี เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของผงเส้นใยให้มากขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์การพองตัวเมื่อแช่น้ำและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วยและสมบัติการหักงอมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ซึ่งทำให้ทราบว่าแผ่นอัดที่ได้นั้นไม่เหมาะแก่การนำมาผลิตเป็น โต๊ะ เก้าอี้ หรือชั้นวางของ เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบสมบัติที่ศึกษากับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 876-2532) สมบัติที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ สมบัติการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ส่วนสมบัติการหักงอไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

3.1 วิธีการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 จัดเก็บวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

กาบมะพร้าว เลือกใช้เฉพาะกาบมะพร้าวแห้งที่มีสีน้ำตาล พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณ ตำบลบ่อตรุ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา และหญ้าแฝกชนิดแฝกดอน เลือกใช้เฉพาะใบที่มีสีเขียวแก่ พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณ ตำบลเขาขาว อำเภอละงู จังหวัดสตูล

ขั้นตอนที่ 2 การผสมและการขึ้นรูปแผ่นอัด

ในการทำแผ่นอัดจะกำหนดให้แผ่นอัดมีความหนาแน่น เท่ากับ 0.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจะเป็นแผ่นอัดที่มีความหนาแน่นปานกลาง จากนั้นนำเส้นใยในอัตราส่วนต่างๆ มาผสมกับวัสดุประสาน คนส่วนผสมให้เข้ากันระวังอย่าให้ส่วนผสมจับตัวเป็นก้อน แล้วนำไปเทใส่เบ้าพิมพ์ขนาด (กว้าง×ยาว×หนา) 17×17×0.5 เซนติเมตร ที่อุ่นเตรียมไว้โดยพยายามเทใส่เบ้าพิมพ์ให้ทั่วและสม่ำเสมอ จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิค ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส โดยการอัดร้อนเป็นเวลา 15 นาที หลังการขึ้นรูป นำแผ่นอัดที่ได้ไปอบในตู้อบความร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้แผ่นอัดในอัตราส่วนต่างๆ

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

การทดสอบสมบัติทางกายภาพ คือ การทดสอบความหนาแน่นและความชื้น การทดสอบการพองตัวตามความหนา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) และการทดสอบสมบัติเชิงกล คือ การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

3.2 ขอบเขตการวิจัย

3.2.1 พืชที่ใช้ในการวิจัย

พืชที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1) กาบมะพร้าว

เลือกใช้เฉพาะกาบมะพร้าวแห้งที่มีสีน้ำตาล พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณ ตำบลบ่อตรุ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

2) หญ้าแฝก

เลือกหญ้าแฝกชนิดแฝกดอน ใช้เฉพาะใบที่มีสีเขียวแก่ พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณ ตำบลเขาขาว อำเภอละงู จังหวัดสตูล

3.2.2 การศึกษาอัตราส่วนในการทำแผ่นอัด

การศึกษาอัตราส่วนในการทำแผ่นอัด มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2-1

ตารางที่ 3.2-1 อัตราส่วนวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์): เส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

อัตราส่วน กาว:เส้นใย	ปริมาณ (ร้อยละ)						
	สูตรที่1			สูตรที่2		สูตรที่3	
	กาว	กาบมะพร้าว	หญ้าแฝก	กาว	กาบมะพร้าว	กาว	หญ้าแฝก
50:50	50	25	25	50	50	50	50
60:40	60	20	20	60	40	60	40
70:30	70	15	15	70	30	70	30

3.2.3 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบสมบัติทางกายภาพ คือ การทดสอบความหนาแน่นและความชื้น การทดสอบการพองตัวตามความหนา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

3.2.4 การทดสอบสมบัติเชิงกล

การทดสอบสมบัติเชิงกล คือ การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

3.3 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

3.3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

1) กาบมะพร้าว

2) หญ้าแฝก

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1) ตะแกรงร่อน ขนาด 1 มิลลิเมตร

2) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น ab204-S บริษัท mettler toledo (จำกัด) ชั่งได้ละเอียด 0.0001 กรัม และสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 220 กรัม

3) เครื่องทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (universal testing) รุ่น NRI-TS-500-5 บริษัท Narin Instrument Co.,LTD

4) ตู้อบความร้อน (hot air oven)

5) เบ้าทำจากเหล็ก ขนาด (กว้าง×ยาว×หนา) 17×17×0.5 เซนติเมตร

6) เครื่องอัดไฮโดรลิค (hydraulic molding machine) รุ่น gt-7014-a10C บริษัท gotech testing machine inc. มีความดันสูงสุด 3500 psi หรือ 250 kg/m^3

7) เครื่องวัดความหนา (ไมโครมิเตอร์; micrometer)

8) ถุงพลาสติกป้องกันความชื้น

3.2.3 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา

กาวลาเท็กซ์ ยี่ห้อ (TOA)

3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

การเตรียมกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก โดยนำกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกมาตัดเป็นชิ้นขนาด 2 เซนติเมตร นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกที่ผ่านการอบแล้ว ไปปั่นด้วยเครื่องปั่น ระยะเวลาในการปั่น 10 นาที แล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อน ขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วบรรจุลงในถุงพลาสติกป้องกันความชื้น ดังแสดงในภาพที่ 3.4-1

(ก) กาบมะพร้าว

(ข) หญ้าแฝก

(ค) ตัดกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร

(ง) นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

(จ) ปั่นกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกที่ผ่านการอบแล้ว

(ฉ) ร่อนกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

ภาพที่ 3.4-1 การเตรียมกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

3.4.2 วิธีการผสมและขึ้นรูปแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

การเตรียมแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก ในการทำแผ่นอัดจะมีการทดลองอัดขึ้นรูปแผ่นอัดในห้องปฏิบัติการ โดยเริ่มจากวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์): เส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) ในอัตราส่วน 50:50 60:40 70:30 ในการวิจัยจะทำเป็นแผ่นอัดขนาด (กว้าง×ยาว×หนา) 17×17×0.5 เซนติเมตร โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำแผ่นอัดทั้งหมด 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) สูตรที่ 2 กาบมะพร้าว และสูตรที่ 3 หญ้าแฝก สูตรละ 3 อัตราส่วน โดยใช้อัตราส่วนของวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์): เส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) ดังตารางที่ 3.4-1

ตารางที่ 3.4-1 อัตราส่วนวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์): เส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

อัตราส่วน กาว:เส้นใย	ปริมาณ (ร้อยละ)						
	สูตรที่ 1			สูตรที่ 2		สูตรที่ 3	
	กาว	กาบมะพร้าว	หญ้าแฝก	กาว	กาบมะพร้าว	กาว	หญ้าแฝก
50:50	50	25	25	50	50	50	50
60:40	60	20	20	60	40	60	40
70:30	70	15	15	70	30	70	30

ในการทำแผ่นอัดจะกำหนดให้แผ่นอัดมีความหนาแน่น เท่ากับ 0.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจะเป็นแผ่นอัดที่มีความหนาแน่นปานกลาง จากนั้นนำเส้นใย ในอัตราส่วนต่างๆมาผสมกับวัสดุประสาน (ดูวิธีการคำนวณและตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก จ) คนส่วนผสมให้เข้ากัน ระวังอย่าให้ส่วนผสมจับตัวเป็นก้อน แล้วเทใส่เบ้าพิมพ์ ขนาด (กว้าง×ยาว×หนา) 17×17×0.5 เซนติเมตร ที่อุ่นเตรียมไว้ โดยเทใส่เบ้าพิมพ์ให้ทั่วและสม่ำเสมอ จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิค ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส โดยการอัดร้อน เป็นเวลา 15 นาที หลังการขึ้นรูป อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้แผ่นอัดในอัตราส่วนต่างๆ สำหรับภาพประกอบการขึ้นรูปแผ่นอัดแสดงในภาพที่ 3.4-2

(ก) ผสมเส้นใยและวัสดุประสานให้เข้ากัน

(ข) เทลงในเบ้าพิมพ์ให้ทั่วและสม่ำเสมอ

(ค) นำเบ้าพิมพ์เข้าเครื่องอัดไฮดรอลิก

(ง) ได้เป็นแผ่นอัดในสูตรต่างๆ

ภาพที่ 3.4-2 ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นอัด

3.5 การทดสอบสมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

3.5.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

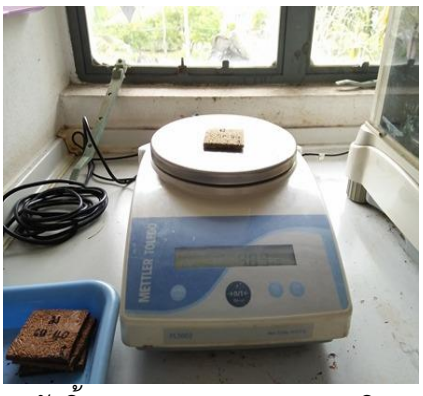
1) การทดสอบความหนาแน่น

การทดสอบหาค่าความหนาแน่นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) โดยตัดชิ้นทดสอบที่มีขนาดความกว้างและความยาว 5×5 เซนติเมตร แล้วชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) วัดความกว้าง ความยาวและความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบให้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร จากนั้นคำนวณหาค่าความหนาแน่น มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (1)

$$\text{ความหนาแน่น } (kg/m^3) = \frac{m}{v} \times 10^6 \qquad \text{สมการ (1)}$$

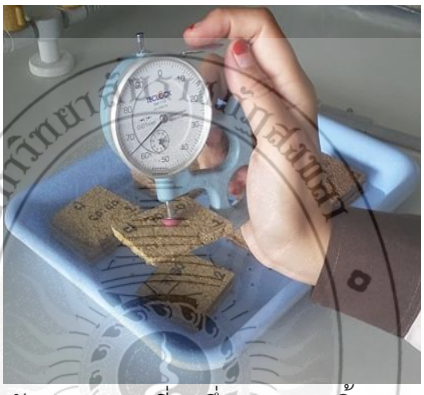
เมื่อ m = มวลของชิ้นทดสอบ (g)

v = ปริมาตรของชิ้นทดสอบ (mm^3)



(ก) ตัดชิ้นทดสอบขนาด 5×5 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น

(ข) วัดขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบ



(ค) วัดความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ

ภาพที่ 3.5-1 ขั้นตอนการทดสอบความหนาแน่น

2) การทดสอบปริมาณความชื้น

การทดสอบหาค่าปริมาณความชื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบความหนาแน่นแล้ว ให้ได้มวลที่แน่นอน 0.01 กรัม เป็นมวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ และทำการอบชิ้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ (103 ± 2) องศาเซลเซียส จนได้มวลคงที่ คือ มวลของชิ้นทดสอบ เมื่อชั่ง 2 ครั้งที่เวลาห่างกัน 6 ชั่วโมง ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของมวลชิ้นทดสอบจากนั้นนำมาใส่ในเดซิเคเตอร์ปล่อยไว้ให้เย็น และทำการชั่งชิ้นทดสอบเป็นมวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง นำมาคำนวณหาค่าปริมาณความชื้น มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (2)

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \qquad \text{สมการ (2)}$$

เมื่อ m_1 = มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ (g)

m_2 = มวลของชิ้นทดสอบหลังอบ (g)

ภาพที่ 3.5-2 การชั่งน้ำหนักก่อน-หลังอบของชิ้นทดสอบ

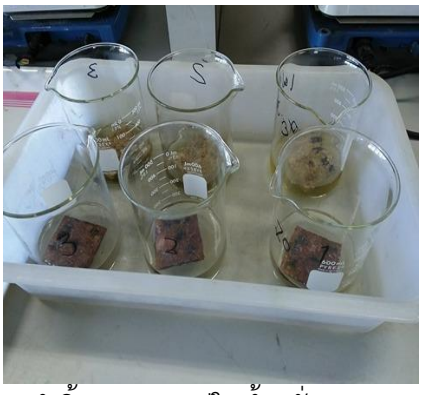
3) การทดสอบการพองตัวตามความหนา

การทดสอบหาค่าการพองตัวตามความหนาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) โดยใช้วิธีการวัดความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำและหลังแช่น้ำ โดยทำเครื่องหมายตรงจุดที่วัดความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ แล้วนำชิ้นทดสอบแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 20±2 ºC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบมาซับน้ำที่ผิวให้หมดด้วยผ้าหมาดแล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้องอีก 1 ชั่วโมง จึงนำชิ้นทดสอบมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ยและคำนวณหาค่าการพองตัวตามความหนา มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (3)

$$\text{การพองตัวตามความหนา (\%)} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \qquad \text{สมการ (3)}$$

เมื่อ t_1 = ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ (mm)

t_2 = ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ (mm)



(ก) นำชิ้นทดสอบแช่ในน้ำกลั่น 20±2 ºC

(ข) วางชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ภาพที่ 3.5-3 การทดสอบการพองตัวตามความหนา

3.5.2 การทดสอบสมบัติเชิงกล

1) การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

การทดสอบหาค่าความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ตัดชิ้นทดสอบขนาด 5×15 เซนติเมตร โดยวางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 150 มิลลิเมตร ระบุของชิ้นทดสอบให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 มิลลิเมตร ให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที (ความเร็วในการกดประมาณ 10 mm/min) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (4), (5)

หาค่าความต้านแรงดัด จากสูตร $f\mathrm{m} = \dfrac{3\ F_{max}\ I_1}{2\ b\ t^2}$ สมการ (4)

เมื่อ $f\mathrm{m}$ = ความต้านแรงดัด (MPa)

F_{max} = แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (N)

I_1 = ระยะห่างของแท่งรองรับ (mm)

b = ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ (mm)

t = ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (mm)

หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่น จากสูตร $\mathrm{E_m} = \dfrac{\mathrm{I_1^3\ (F_2\text{-}F_1)}}{4\ \mathrm{b\ t^3\ (a_2\text{-}a_1)}}$ สมการ (5)

เมื่อ $\mathrm{E_m}$ = มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)

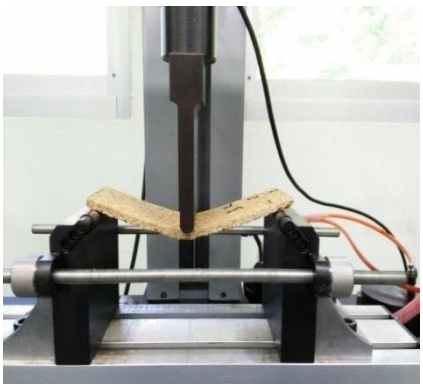
$\mathrm{I_1}$ = ระยะห่างของแท่งรองรับ (mm)

$\mathrm{F_2\text{-}F_1}$ = แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง (N)

b = ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ (mm)

t = ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (mm)

$\mathrm{a_2\text{-}a_1}$ = ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง (mm)



ภาพที่ 3.5-4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

2) การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า

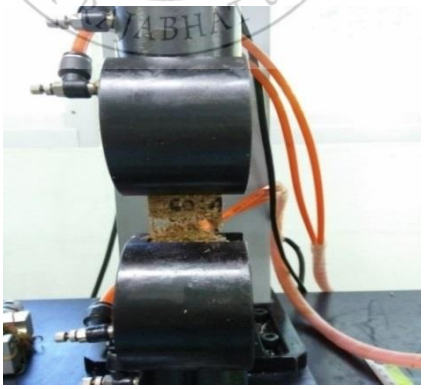
การทดสอบหาค่าความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ตัดชิ้นทดสอบขนาด 5×5 เซนติเมตร โดยนำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้ไปเข้าเครื่องทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (universal tester) ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน (ความเร็วในการดึงประมาณประมาณ 2 mm/min) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่า มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (6)

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า (MPa)} = \frac{F}{W \times L} \qquad \text{สมการ (6)}$$

เมื่อ F = แรงดึงสูงสุด (N)

W = ความกว้างของชิ้นทดสอบ (mm)

L = ความยาวของชิ้นทดสอบ (mm)



ภาพที่ 3.5-5 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำแผ่นอัดมีทั้งหมด 3 อัตราส่วน ใช้อัตราส่วนของวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์) ต่อเส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) คือ 50:50, 60:40และ70:30 อัตราส่วนละ 3 สูตรได้แก่ สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) สูตรที่ 2 กาบมะพร้าว และสูตรที่ 3 หญ้าแฝก โดยพิจารณาสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นอัดเพื่อศึกษาคุณสมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

4.1 สมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

4.1.1 อัตราส่วน 50:50

ในอัตราส่วน 50:50 ทั้ง 3 สูตรไม่สามารถขึ้นรูปได้เนื่องจาก วัสดุประสานกับเส้นใยไม่สามารถคลุกเคล้าให้เข้ากันได้

ภาพที่ 4.1-1 สมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดในอัตราส่วน 50:50

4.1.2 อัตราส่วน 60:40

สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

แผ่นอัดมีสีน้ำตาลเข้มลักษณะของแผ่นมีความเรียบสม่ำเสมอขอบตั้งฉากระนาบกับผิวสามารถโค้งงอได้และมีการยึดเกาะของเส้นใยสูง

สูตรที่ 2 กาบมะพร้าว

แผ่นอัดมีสีน้ำตาลแดง ลักษณะของแผ่นมีความเรียบสม่ำเสมอขอบตั้งฉากระนาบกับผิวสามารถโค้งงอได้และมีการยึดเกาะของเส้นใยสูง

สูตรที่ 3 หญ้าแฝก

แผ่นอัดมีสีน้ำตาลอ่อนลักษณะของแผ่นมีความเรียบสม่ำเสมอขอบตั้งฉากระนาบกับผิวสามารถโค้งงอได้และมีการยึดเกาะของเส้นใยสูง

ภาพที่ 4.1-2 สมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดในอัตราส่วน 60:40

4.1.3 อัตราส่วน 70:30

สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

แผ่นอัดมีสีน้ำตาลเข้ม ขอบไม่ตั้งฉากระนาบกับผิวสามารถโค้งงอได้ และมีการยึดเกาะของเส้นใยต่ำและมีการหลุดของเส้นใยบริเวณขอบ

สูตรที่ 2 กาบมะพร้าว

แผ่นอัดมีสีน้ำตาลแดง ขอบไม่ตั้งฉากระนาบกับผิวสามารถโค้งงอได้ และมีการยึดเกาะของเส้นใยต่ำและมีการหลุดของเส้นใยบริเวณขอบ

สูตรที่ 3 หญ้าแฝก

แผ่นอัดมีสีน้ำตาลอ่อน ขอบไม่ตั้งฉากระนาบกับผิวสามารถโค้งงอได้ และมีการยึดเกาะของเส้นใยต่ำและมีการหลุดของเส้นใยบริเวณขอบ

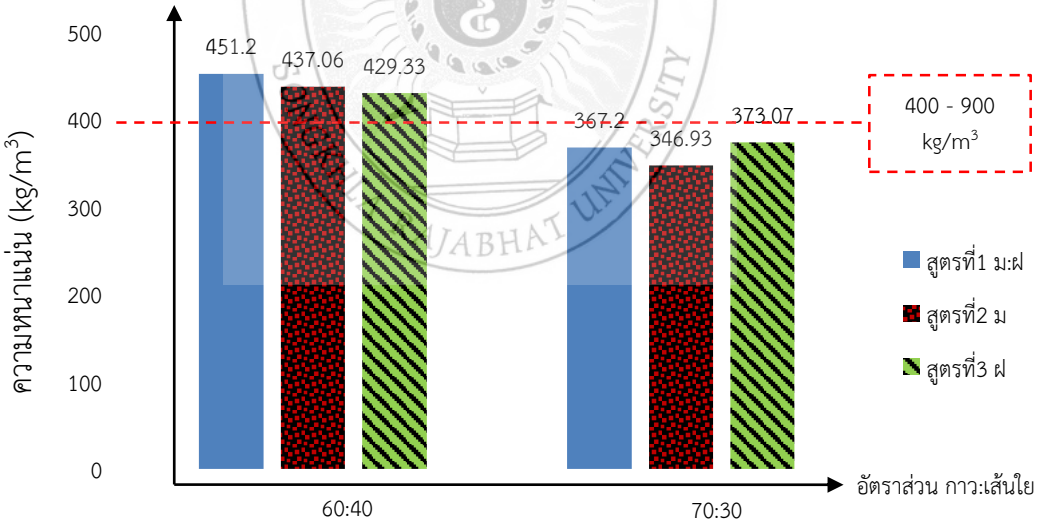
ภาพที่ 4.1-3 สมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดในอัตราส่วน 70:30

4.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

4.2.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

1) การทดสอบความหนาแน่น

สำหรับความหนาแน่นของแผ่นอัดจากวัสดุผสมระหว่างกาวประสานต่อกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก ที่อัตราส่วนต่างๆ สามารถสรุปได้ดังภาพ 4.2-1



ภาพที่ 4.2-1 ผลการทดสอบความหนาแน่น

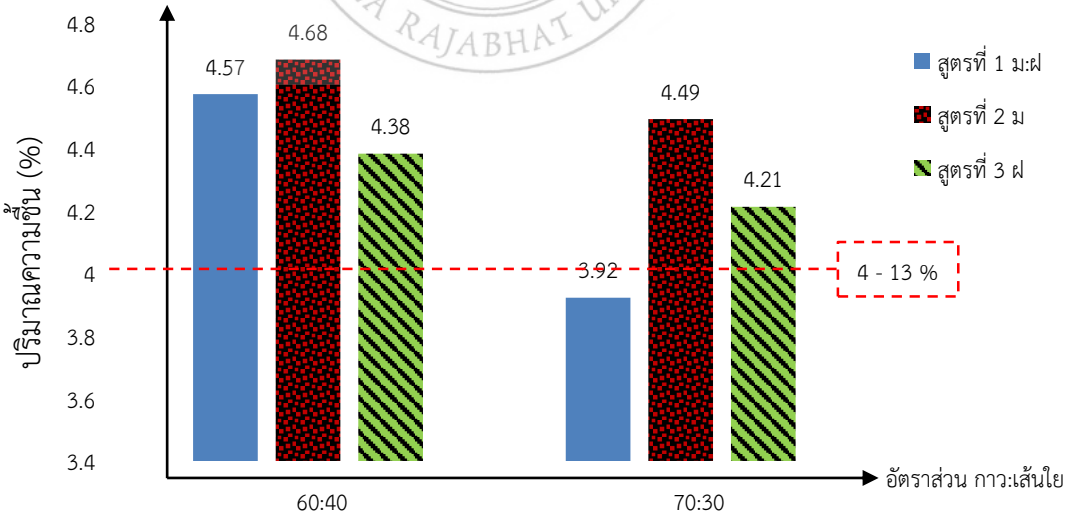
หมายเหตุ: ม หมายถึง กาบมะพร้าว, ฝ หมายถึง หญ้าแฝก และ400 ถึง 900 kg/m^3 หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) กำหนดค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 400 ถึง 900 kg/m^3

จากการศึกษาพบว่า แผ่นอัดในสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) อัตราส่วน 60:40 มีค่าความหนาแน่นสูงสุด คือ 451.30 kg/m^3 และแผ่นอัดในสูตรที่ 2 กาบมะพร้าว อัตราส่วน

70:30 มีค่าความหนาแน่นต่ำสุด คือ 346.93 kg/m^3 จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนเส้นใยและลดสัดส่วนของกาวในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้อนุภาคเกิดการยึดเหนี่ยวที่ดี มีช่องว่างน้อย หากมีสัดส่วนของกาวที่มากเกินไปหรือเส้นใยที่น้อยเกินไปจะทำให้แผ่นอัดไม่สามารถยึดติดกันระหว่างอนุภาคได้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชนิดไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) พบว่าแผ่นอัดในอัตราส่วน 60:40 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 3 สูตร และแผ่นอัดในอัตราส่วน 70:30 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 3 สูตร เมื่อนำมาวิเคราะห์สถิติ (t-test) พบว่า แผ่นอัดทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของณัฐพร เคียงคู่ และคณะ ได้ศึกษาแผ่นกันความร้อนจากเศษฉลากและเส้นใยชานอ้อย โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นกันความร้อนจากเศษฉลากผสมใยชานอ้อยซึ่งใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใย: เศษฉลาก คือ 25:75, 50:50, 75:25 ผลการศึกษา พบว่าแผ่นกันความร้อนในอัตราส่วน 75:25 เหมาะสำหรับใช้เป็นแผ่นกันความร้อนมากที่สุดและมีค่าความหนาแน่นคือ 170±30 kg/m^3 ซึ่งมีค่าการทดสอบน้อยกว่าแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกของผู้วิจัยที่สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) แสดงให้เห็นว่าแผ่นอัดในการศึกษาครั้งนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าถึง 281 kg/m^3

2) การทดสอบปริมาณความชื้น

การหาปริมาณความชื้นเป็นการหาปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแผ่นอัด จากวัสดุผสมระหว่างกาวประสานต่อกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก โดยคิดเป็นร้อยละโดยมวลเทียบกับมวลที่อบแห้ง ซึ่งสามารถสรุปผลได้ ดังภาพที่ 4.2-2



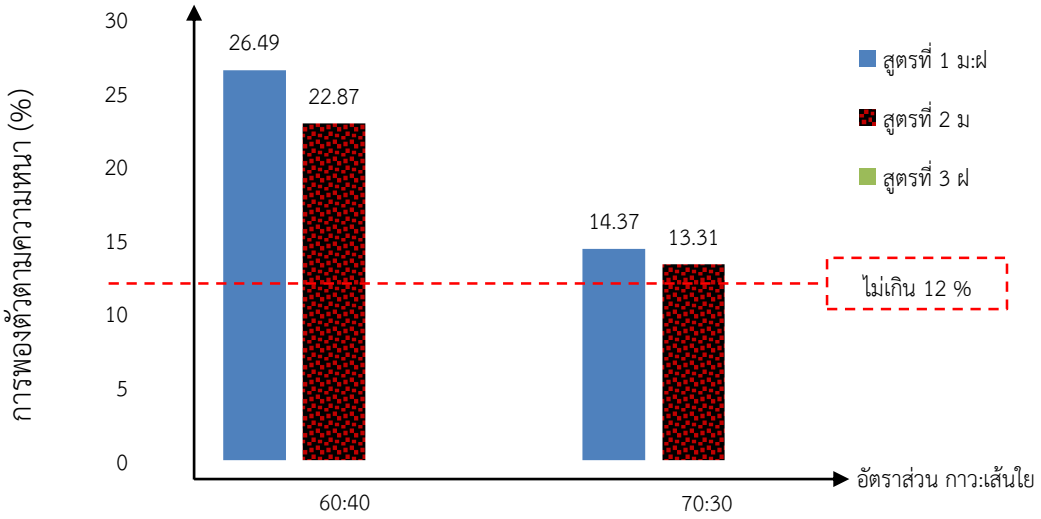
ภาพที่ 4.2-2 ผลการทดสอบปริมาณความชื้น

หมายเหตุ: ม หมายถึง กาบมะพร้าว, ฝ หมายถึง หญ้าแฝก และ4 ถึง 13% หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ มอก.876-2547 กำหนดค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 4 ถึง 13%

จากการศึกษาพบว่า แผ่นอัดในสูตรที่ 2 กาบมะพร้าวในอัตราส่วน 60:40 มีค่าปริมาณความชื้นสูงสุด คือ 4.68% และแผ่นอัดในสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) มีค่าปริมาณความชื้นต่ำสุด คือ 3.92% โดยสังเกตว่า อัตราส่วนทีมีความหนาแน่นมากจะมีค่าปริมาณความชื้นมากซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณและชนิดของเส้นใย และในอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นน้อยจะทำให้ปริมาณความชื้นน้อยลงไปด้วยเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) พบว่า แผ่นอัดผ่านเกณฑ์ทุกสูตรยกเว้นในสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ (t-test) พบว่า ทั้ง 2 อัตราส่วนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของณัฐพร เคียงคู่ และคณะ ได้ทำการศึกษาแผ่นกันความร้อนจากเศษฉลากและเส้นใยชานอ้อย โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นกันความร้อนจากเศษฉลากผสมใยชานอ้อยซึ่งใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใย: เศษฉลาก คือ 25:75, 50:50, 75:25 ผลการศึกษา พบว่าแผ่นกันความร้อนในอัตราส่วน 75:25 เหมาะสำหรับใช้เป็นแผ่นกันความร้อนมากที่สุดและมีค่าปริมาณความชื้นคือ 8.35±0.15% ซึ่งมีค่าการทดสอบมากกว่าแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกของผู้วิจัยที่สูตรที่ 3 หญ้าแฝก แสดงให้เห็นว่าแผ่นอัดในการศึกษาครั้งนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าถึงร้อยละ 4.14

3) การทดสอบการพองตัวตามความหนา

การพองตัวตามความหนาเป็นการหาค่าร้อยละความหนาของชิ้นทดสอบที่เพิ่มขึ้นหลังแช่น้ำ เมื่อเทียบกับก่อนแช่น้ำของแผ่นอัด จากวัสดุผสมระหว่างกาวประสานต่อกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกที่อัตราส่วนต่างๆ สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 4.2-3



ภาพที่ 4.2-3 ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนา

หมายเหตุ: ม หมายถึง กาบมะพร้าว, ฝ หมายถึง หญ้าแฝก และไม่เกิน 12 % หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ มอก. 876-2547 กำหนดค่าการพองตัวตามความหนาอยู่ในช่วงไม่เกิน 12 %

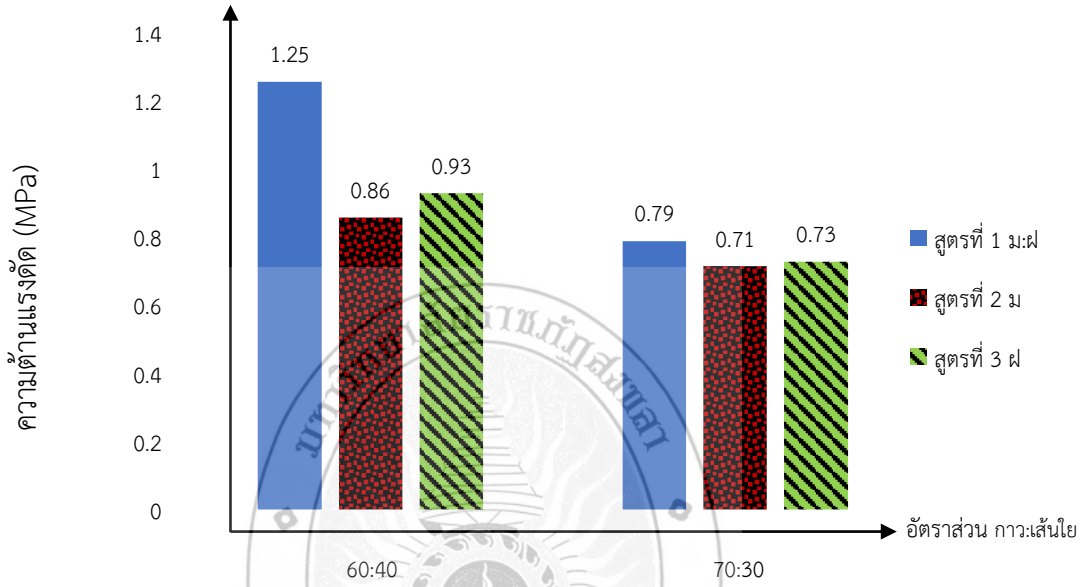
จากการศึกษา พบว่าแผ่นอัดในสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) มีค่าการพองตัวตามความหนาสูงสุด คือ 26.49% และแผ่นอัดในสูตรที่ 2 กาบมะพร้าว อัตราส่วน 70:30 มีค่าการพองตัวตามความหนาต่ำสุด คือ 13.31% เนื่องจากการเพิ่มสัดส่วนของเส้นใยและลดสัดส่วนของวัสดุประสานในอัตราส่วน 60:40 ซึ่งเส้นใยจะมีหมู่ OH (ไฮดรอกซิล) เป็นองค์ประกอบทำให้มีการดูดซับน้ำได้มากขึ้นและปริมาณวัสดุประสานที่เคลือบแผ่นอัดมีอยู่น้อยทำให้น้ำสามารถซึมผ่านแผ่นอัดได้มากด้วยเช่นกัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) พบว่า แผ่นอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของณัฐพร เคียงคู่ และคณะ ได้ทำการศึกษาแผ่นกันความร้อนจากเศษฉลากและเส้นใยชานอ้อย โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นกันความร้อนจากเศษฉลากผสมใยชานอ้อยซึ่งใช้กาวลาเท็กซ์เป็นวัสดุประสาน อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใย: เศษฉลาก คือ 25:75, 50:50, 75:25 ผลการศึกษาพบว่าแผ่นกันความร้อนในอัตราส่วน 75:25 เหมาะสำหรับใช้เป็นแผ่นกันความร้อนมากที่สุด มีค่าการพองตัวตามความหนา คือ 9.40±2.55% ซึ่งมีค่าการทดสอบน้อยกว่าแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกของผู้วิจัยที่สูตรที่ 2 กาบมะพร้าว แสดงให้เห็นว่าแผ่นอัดในการศึกษาครั้งนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าถึงร้อยละ3.91

ทั้งนี้ เมื่อนำสูตรที่ 3 ทั้งสองอัตราส่วนไปทดสอบ พบว่าชิ้นงานในสูตรที่ 3 หญ้าแฝก ทั้งสองอัตราส่วนคือ 60:40 และ70:30 ดูดซึมน้ำมากทำให้แผ่นอัดเปื่อยยุ่ย ไม่สามารถนำมาวัดหาค่าการพองตัวตามความหนาได้

4.2.2 การทดสอบสมบัติเชิงกล

1) การทดสอบความต้านแรงดัด

การทดสอบค่าความต้านแรงดัดของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกเป็นสมบัติที่แสดงถึงความแข็งแรงของแผ่นอัด สามารถสรุปได้ ดังภาพที่ 4.2-4



ภาพที่ 4.2-4 ผลการทดสอบความต้านแรงดัด

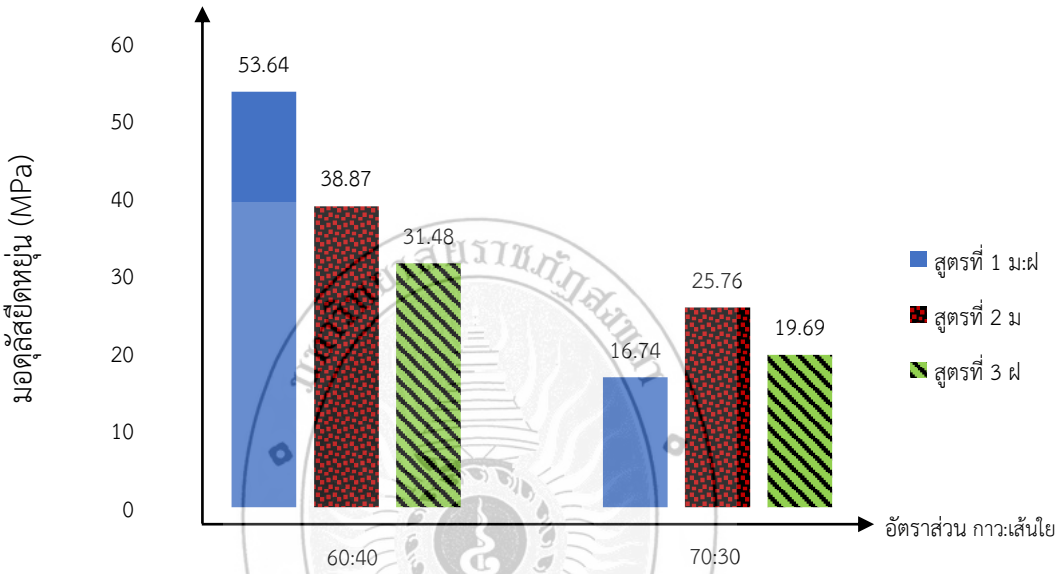
หมายเหตุ: ม หมายถึง กาบมะพร้าว, ฝ หมายถึง หญ้าแฝก และไม่น้อยกว่า 15 MPa หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ มอก. 876-2547 กำหนดค่าความต้านแรงดัดอยู่ในช่วง ไม่น้อยกว่า 15 MPa

จากการศึกษา พบว่าแผ่นอัดในสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) มีค่าความต้านแรงดัดสูงสุด คือ 1.25 MPa และแผ่นอัดในสูตรที่ 2 กาบมะพร้าวมีค่าความต้านแรงดัดต่ำสุด คือ 0.71 MPa ทั้งนี้เป็นผลมาจากรูปร่าง ลักษณะ ความสามารถในการยึดเหนี่ยวกันเป็นแผ่น และความสามารถในการเรียงตัวกันของเส้นใยแต่ละชนิด นอกจากนี้ความหนาแน่นของแผ่นอัดที่สูงจะทำให้แผ่นอัดมีความสามารถในการรับแรงได้มากและความหนาแน่นของแผ่นอัดที่ต่ำจะทำให้แผ่นอัดมีความสามารถในการรับแรงได้น้อย เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) พบว่าแผ่นอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของสุภิญญา ธาราดล ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่อทำงานประดิษฐ์ โดยศึกษาสูตรผสมที่ต่างกันระหว่างซังข้าวโพด กาวลาเท็กซ์และกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ผลการศึกษา พบว่าแผ่นอัดในสูตรที่ 4 อัตราส่วน 200:40:30 มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดและมีค่าความต้านแรงดัด คือ 9.3 MPa ซึ่งมีค่าการทดสอบมากกว่าแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและ

หญ้าแฝกของผู้วิจัยที่สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) แสดงให้เห็นว่าแผ่นอัดในการศึกษาครั้งนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าถึง 8.0448 MPa

2) การทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น

การทดสอบค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกเป็นสมบัติที่แสดงถึงความแข็งแรงของแผ่นอัด สามารถสรุปได้ ดังภาพที่ 4.2-5



ภาพที่ 4.2-5 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น

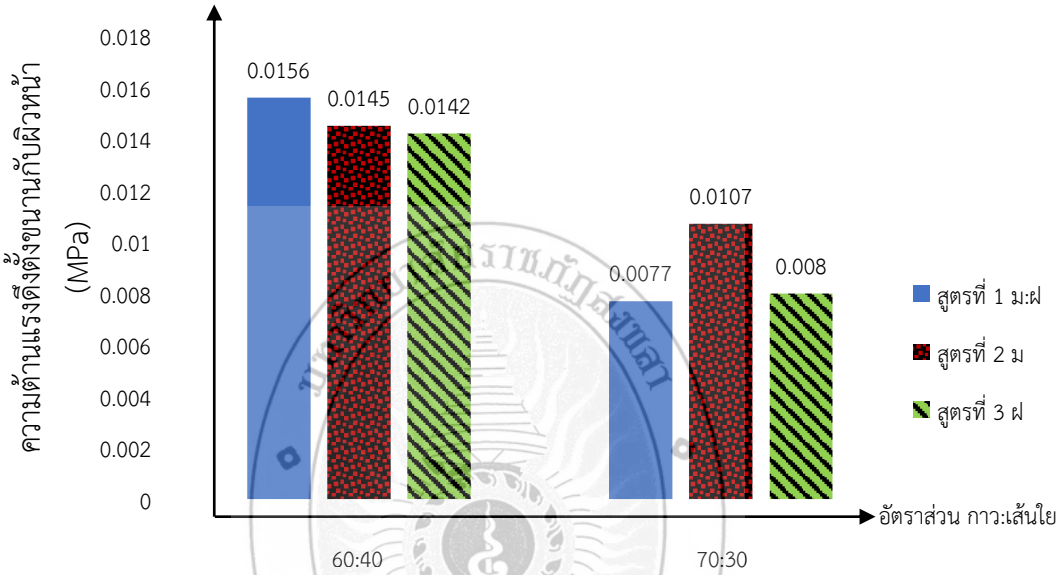
หมายเหตุ: ม หมายถึง กาบมะพร้าว, ฝ หมายถึง หญ้าแฝก และไม่น้อยกว่า 1,950 MPa หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ มอก.876-2547 กำหนดค่ามอดุลัสอยู่ในช่วง ไม่น้อยกว่า 1,950 MPa

จากการศึกษา พบว่าแผ่นอัดในสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงสุด คือ 53.64 MPa และแผ่นอัดในสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำสุด คือ 16.74 MPa ทั้งนี้จะพบว่าแผ่นอัดที่มีความหนาแน่นสูงมีแนวโน้มทำให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงด้วยเช่นกัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) พบว่าแผ่นไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดและเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของภาวดี เมธะคานนท์ และคณะ ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากเศษไม้ยูคาลิปตัสด้วยกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้กาวลาเท็กซ์ผสมกับไคโตซาน ลิกนิน แป้ง เป็นตัวเชื่อมประสานผลการศึกษา พบว่าแผ่นชิ้นไม้ที่ใช้กาวในสูตรที่ 2 (กาว+ลิกนิน+แป้ง) มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น คือ 2,168 MPa ซึ่งมีค่าการทดสอบมากกว่าแผ่นอัดจากกาบ

มะพร้าวและหญ้าแฝกของผู้วิจัยที่สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) แสดงให้เห็นว่าแผ่นอัดในการศึกษาครั้งนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าถึง 2,114.36 MPa

3) การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า

การทดสอบค่าความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้าของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกเป็นสมบัติที่แสดงถึงความแข็งแรงของแผ่นอัด สามารถสรุปได้ ดังภาพที่ 4.2-6



ภาพที่ 4.2-6 ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า

หมายเหตุ: ม หมายถึง กาบมะพร้าว, ฝ หมายถึง หญ้าแฝก และไม่น้อยกว่า 0.45 MPa หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ มอก.876-2547 กำหนดค่าความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้าอยู่ในช่วง ไม่น้อยกว่า 0.45 MPa

จากการศึกษา พบว่าแผ่นอัดในสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) มีค่าแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้าสูงสุด คือ 0.0156 MPa และแผ่นอัดในสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) มีค่าความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้าต่ำสุด คือ 0.0077 MPa ทั้งนี้เป็นผลมาจากความแข็งแรงของเส้นใยแต่ละชนิดและความหนาแน่นของแผ่นอัด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ่นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) พบว่าแผ่นอันไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของสุภิญญา ธาราดล ได้ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่อทำงานประดิษฐ์ โดยศึกษาสูตรผสมที่ต่างกันระหว่างซังข้าวโพด กาวลาเท็กซ์และกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ผลการศึกษา พบว่าแผ่นอัดในสูตรที่ 4 อัตราส่วน 200:40:30 มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด มีค่าความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า คือ 2.93 MPa ซึ่งมีค่าการ

ทดสอบมากกว่าแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกของผู้วิจัยที่สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) แสดงให้เห็นว่าแผ่นอัดในการศึกษาครั้งนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าถึง 2.9144 MPa

4.3 การวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิต

วัตถุประสงค์ในการหาต้นทุนในการผลิตเพื่อต้องการสร้างต้นทุนที่แน่นอนในการทดลองครั้งนี้เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยเป็นวัสดุที่มีอยู่ในชุมชน เพื่อช่วยลดปริมาณกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกที่มีอยู่มากในชุมชน จึงเป็นกรรมวิธีเพื่อลดมลพิษทางอากาศภายในชุมชน แบ่งต้นทุนการผลิตออกเป็น ต้นทุนด้านวัสดุ ต้นทุนด้านพลังงาน และต้นทุนรวม

4.3.1 ต้นทุนด้านวัสดุ

ต้นทุนด้านวัสดุจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก จากการเตรียมชิ้นทดสอบขนาด 17×17x0.5 เซนติเมตร จึงเป็นขนาดเตรียมตัวอย่างในงานวิจัยนี้ ซึ่งวัสดุหลักที่ใช้สำหรับการเตรียมแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก ได้แก่ กาบมะพร้าว หญ้าแฝก และกาวลาเท็กซ์ เป็นต้น ซึ่งมีค่าวัสดุที่ใช้ในการทดลอง และคำนวณที่คิดเทียบกับปริมาณที่ใช้ในการเตรียมแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกแต่ละแผ่น ข้อมูลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3-1

ตารางที่ 4.3-1 ต้นทุนด้านวัสดุ

ส่วนประกอบ	อัตราส่วน	ปริมาณ (กรัม)	ราคา/แผ่น (บาท)
กาวลาเท็กซ์	60:40	56.35	3.42

4.3.2 ต้นทุนด้านพลังงาน

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป สามารถขึ้นรูปได้ครั้งละ 1 แผ่น โดยเครื่องอัดไฮโดรลิคมีกำลังไฟฟ้า 5.6 กิโลวัตต์ ในการอัดขึ้นรูปจะใช้เวลาทั้งหมด 15 นาที/แผ่น หรือคิดเป็น 0.25 ชั่วโมง ซึ่งคิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 1.86 บาท ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3-2 (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ง)

ตารางที่ 4.3-2 ต้นทุนด้านพลังงาน

ส่วนประกอบ	เวลาในการอัดขึ้นรูป (ชั่วโมง)	หน่วยไฟฟ้าในการอัดขึ้นรูป (หน่วย)	ค่าไฟฟ้าหน่วยละ (บาท)	ค่าไฟฟ้าในการอัดขึ้นรูป (บาท)
กาบมะพร้าวและหญ้าแฝกต่อกาวลาเท็กซ์	0.25	1.40	1.86	2.60

4.3.3 ต้นทุนรวม

ค่าต้นทุนรวมเป็นการรวมค่าระหว่าง ต้นทุนด้านวัสดุ จากข้อมูลในตารางที่ 4.3-1 และต้นทุนด้านพลังงาน จากข้อมูลในตารางที่ 4.3-2 โดยคิดเทียบการผลิตแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก ขนาด 17×17x0.5 เซนติเมตร จากผลการคำนวณดังกล่าว ต้นทุนรวมของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก แสดงดังตารางที่ 4.3-3

ตารางที่ 4.3-3 ต้นทุนรวมของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

ส่วนประกอบ	ต้นทุนด้านวัสดุ (บาท)	ต้นทุนด้านพลังงาน (บาท)	ต้นทุนรวม (บาท)
กาบมะพร้าวและหญ้าแฝกต่อกาวลาเท็กซ์	3.42	2.60	6.02

4.3.4 ราคากลางแผ่นไม้อัด

จากผลการคำนวณราคาต้นทุนรวมในการผลิตแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก สามารถนำมาเปรียบเทียบกับราคาของแผ่นไม้อัดจากราคากลาง ดังตารางที่ 4.3-4

ตารางที่ 4.3-4 ราคากลางแผ่นไม้อัด

แผ่นไม้อัด	ความหนา (มิลลิเมตร)	ราคา (บาท)
เอ็มดีเอฟ (เปลือย)	3	100
	4	145
	6	180
	9	265
	12	340
	16	430
	19	495

ที่มา : ออนไลน์เข้าถึงได้จาก http://www.108wood.com, 2561

เมื่อนำราคาต้นทุนรวมของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก มาเปรียบเทียบกับราคาของแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ (เปลือย) จากราคากลาง ดังตารางที่ 4.3-4 จะเห็นได้ว่าราคาแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ (เปลือย) ความหนา 6 มิลลิเมตร ที่มีขายทั่วไป มีราคา 1.75 บาท และแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก ความหนา 5 มิลลิเมตร มีราคา 6.02 บาท โดยที่ราคาแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและ

หญ้าแฝกนี้ได้มาจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ (เปลือย) มีราคาถูกกว่าแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก 4.27 บาท พบว่าแผ่นอัดที่ขายอยู่ทั่วไป มีราคาถูก และมีความแข็งแรง ทนทานต่อการใช้งานเหมาะที่จะนำไปใช้งานได้ดีกว่า แผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) พบว่าค่าความหนาแน่นอัตราส่วน 60:40 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 3 สูตรและอัตราส่วน 70:30 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 3 สูตร ต่อมาค่าปริมาณความชื้นมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกสูตร ยกเว้นสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) อัตราส่วน 70:30 มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าการพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่นและความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้ามีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด โดยแผ่นอัดมีค่าการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด คือ แผ่นอัดในสูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) อัตราส่วน 60:40

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการพองตัวตามความหนา พบว่า มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ เมื่อแผ่นอัดมีความหนาแน่นสูง จะทำให้มีปริมาณความชื้นและการพองตัวตามความหนามาก และแผ่นอัดที่มีความหนาแน่นต่ำ จะมีปริมาณความชื้นและการพองตัวตามความหนาน้อย ส่วนชนิดของเส้นใยทั้ง 2 ชนิด คือ กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก ก็มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันตามลักษณะและความสามารถในการเรียงตัวกันเป็นแผ่นของเส้นใยแต่ละชนิดและผลการทดสอบสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นและความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าความแข็งแรงเฉพาะตัวของเส้นใย ลักษณะความสามารถในการยึดเหนี่ยวกันเป็นแผ่น และความสามารถในการเรียงตัวกันของเส้นใยแต่ละชนิดจะมีผลต่อสมบัติเชิงกลของแผ่นอัด ซึ่งสังเกตจากความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล ได้จากความหนาแน่นของแผ่นอัดที่มีความหนาแน่นสูง ทำให้แผ่นอัดมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่า แผ่นอัดที่มีความหนาแน่นต่ำ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแผ่นอัดไม่มีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นแผ่นอัดผนังห้อง เนื่องจากชิ้นงานไม่มีความแข็งแรง หักงอได้ง่าย และในกรณีที่นำชิ้นงานไปใช้งานจริงสัมผัสกับน้ำจะทำให้มีการเปื่อยยุ่ยง่ายจึงไม่สามารถนำไปใช้งานได้ แต่อาจจะนำไปใช้งานในด้านอื่นๆ เช่น กล่องกระดาษชำระ กรอบรูป โคมไฟ เป็นต้น หรือในการศึกษาครั้งต่อไปอาจมีการใช้วัสดุประสานชนิดอื่นๆ ดังนั้น อัตราส่วนที่ได้จากการศึกษาการใช้กาบมะพร้าวและหญ้าแฝกมาผลิตเป็นแผ่นอัด เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก พบว่า มีต้นทุนการผลิตรวมทั้งหมด 6.02 บาท เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับราคาแผ่นไม้อัดจริง พบว่า

แผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก มีราคาแพงกว่าแผ่นไม้อัดจริงประเภทแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ (เปลือย) อยู่ 4.27 บาท ซึ่งไม่คุ้มทุนที่จะผลิตจำหน่าย

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อนำไปปรับปรุงการทำวิจัย ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำวิจัยในครั้งต่อไป มีดังนี้

1) ควรศึกษาเส้นใยชนิดอื่นที่มีลิกนินและเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบเพิ่มเติม เช่น ซังข้าวโพด ฟางข้าว ชาญอ้อย เป็นต้น

2) ควรศึกษาชนิดและปริมาณสารยึดที่นำมาใช้เพิ่มเติม เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

3) ควรศึกษาถึงความแตกต่างของสมบัติต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้สารเติมแต่ง ชนิดและปริมาณต่างๆ ทั้งนี้อาจมีการวิจัยสารเคลือบแผ่นอัด เพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำและการพองตัวของแผ่นอัดได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบเสนอโครงร่างวิจัย

โครงร่างวิจัยทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

1. ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก
Feasibility Study of Compaction the Coir and Vetiver Grass

2. สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)

3. ชื่อผู้วิจัย นางสาวกรองกาญจน์ หลีหมัด รหัสนักศึกษา 564231004
นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

นางสาวพัชรีมาศ ลาเต๊ะ รหัสนักศึกษา 564231029
นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

4. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิจัยเฉพาะทาง

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5. ที่มาและความสำคัญ

พื้นที่ป่าไม้มีสภาพเสื่อมโทรมและมีแนวโน้มลดลงอย่างมาก เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ลักลอบตัดไม้ทำลายป่า การเผาป่า การบุกรุกพื้นที่เพื่อต้องการที่ดินเป็นที่อยู่อาศัยและการทำการเกษตร เป็นต้น จากสภาพปัญหาด้านทรัพยากรป่าไม้ดังกล่าวจึงจำเป็นต้องลดการใช้ไม้ธรรมชาติในประเทศเพื่อรอการฟื้นฟูให้เพียงพอจนเกิดสมดุลที่ยั่งยืน ในขณะที่ความต้องการใช้มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามการเติบโตของปริมาณประชากร การเลือกใช้วัสดุเหลือใช้และวัสดุที่เป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรมาผลิตเป็นแผ่นอัดเพื่อทดแทนการใช้ไม้จริงเป็นการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ ลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหรือภาวะโลกร้อน โดยการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการประกอบอุตสาหกรรมและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น เช่น การผลิตแผ่นไม้ประกอบ ผลผลิต คือ แผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง แผ่นประกอบพลาสติกเสริมวัสดุเซลลูโลส เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหลืออยู่เป็นจำนวนมากจึงควรนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนการใช้ทรัพยากรป่าไม้ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ชานอ้อย กาบมะพร้าว หญ้าแฝก ฟางข้าว เปลือกส้มโอ เป็นต้น มีจำนวนมากขึ้นทุกปีโดยมักจะมีการกำจัดโดยไม่ถูกวิธีโดยการนำไปเผา ทำให้เป็นการสร้างมลพิษทางอากาศ กาบมะพร้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีอยู่มาก เช่น ในพื้นที่อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา เนื่องจากเป็นพื้นที่อยู่ติดทะเลที่มีการปลูกมะพร้าวเป็นจำนวนมาก มีการทิ้งกาบมะพร้าวเกลื่อนกลาดและบางส่วนนำไปเผาทิ้ง

เส้นใยกาบมะพร้าวเป็นวัสดุธรรมชาติที่ไม่มีสารพิษและสามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีได้ ซึ่งส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติต่างๆที่เหมาะสมและเป็นเส้นใยที่ความแข็งแรงและรับแรงดึงได้ดี เนื่องจากมีลิกนินในองค์ประกอบเป็นปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยพืชชนิดอื่น สำหรับหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีเส้นใยอยู่ในตระกูล Gramineae เช่นเดียวกับ ไผ่ ข้าวโพด ข้างฟ่าง และอ้อย ซึ่งมีองค์ประกอบเคมีเป็นเซลลูโลสและลิกนิน (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2556) ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำเส้นใยจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกมาผลิตเป็นแผ่นอัดได้

คณะผู้วิจัยได้คิดนำเอากาบมะพร้าวและหญ้าแฝกนำกลับเอามาใช้ประโยชน์ใหม่โดยมีแนวคิดนำมาพัฒนาเป็นแผ่นอัดผนังห้องโดยมุ่งหวังว่าจะเป็นการนำทรัพยากรเหลือใช้ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรในท้องถิ่นและช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

6. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

7. ตัวแปร

ตัวแปรต้น: อัตราส่วนระหว่างวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์) ต่อเส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

ตัวแปรตาม: การทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

ตัวแปรควบคุม: อุณหภูมิในการอัดขึ้นรูป ระยะเวลาในการอัดขึ้นรูป และความหนาแน่นในการอัดขึ้นรูป

8. นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1. มะพร้าว ชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Cocos nucifera* Linn. เป็นพืชที่มีลำต้นเดียว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น ลักษณะของใบเป็นใบประกอบ ออกอยู่ตามส่วนของลำต้น ประกอบด้วยก้านทางที่มีขนาดใหญ่ ยาว และมีใบย่อยบนก้านทางประมาณ 200-250 ใบ และผลของมะพร้าวประกอบไปด้วยเปลือก 3 ชั้น คือ เปลือกชั้นนอก เป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อแก่อาจมีสีเขียว แดง เหลืองหรือน้ำตาล เปลือกชั้นกลาง มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ และเปลือกชั้นใน มีลักษณะแข็งหรือที่เรียกกันว่า กะลา ในงานวิจัยนี้กาบมะพร้าว คือ เปลือกชั้นกลาง มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ (พัชราภา มากคช, 2560: ออนไลน์) ในงานวิจัยนี้ใช้ส่วนของกาบมะพร้าว คือ เปลือกชั้นกลางของผลมะพร้าวมีลักษณะเป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง

2. หญ้าแฝก ชื่อวิทยาศาสตร์ *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty เป็นพืชที่จัดเป็นไม้จำพวกหญ้า มีอายุหลายปี เป็นหญ้าที่ขึ้นเป็นก่อแน่น ใบยาวตั้งตรงขึ้นได้สูงประมาณ 1-2 เมตร กอแฝกจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ โคนกอเบียดแน่นไม่มีไหลส่วนโคนของลำต้นจะแบน โดยเกิดจากส่วนของโคนใบที่แบนเรียงซ้อนกัน และลำต้นแท้จะมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ในกาบใบบริเวณคอดิน มีรากเหง้าเป็นฝอยอยู่ใต้ดินและมีกลิ่นหอม มักขึ้นเป็นกลุ่มใหญ่ๆหรือขึ้นกระจายกันแต่ไม่ไกลกันมากนัก ส่วนการเจริญเติบโตและการแตกกอ พบว่าจะมีการแตกหน่อใหม่ทดแทนหน่อเก่าอยู่เสมอ โดยจะแตกหน่ออกทางด้านข้างรอบๆกอ มักจะพบหญ้าแฝกได้มากในที่โล่งแจ้ง โดยเฉพาะบริเวณที่มีความชื้นสูงหรือใกล้แม่น้ำและในป่าเต็งรัง (นิตยสารเกษตรศาสตร์, 1 พฤษภาคม 2557) ในงานวิจัยนี้จะใช้หญ้าแฝกในส่วนของใบหญ้าแฝกเท่านั้น

3. การอัดร้อน คือ แผ่นเส้นใยที่ผ่านการตรวจจับวัสดุแปลกปลอมและถูกลำเลียงเข้าเครื่องอัดร้อนซึ่งทำหน้าที่อัดเส้นใย โดยมีกาวทำให้แข็งตัวภายใต้ความร้อนและแรงอัดสูง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 5 สิงหาคม 2547)

4. แผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก คือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นทำจากชิ้นไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส อัดในเครื่องอัดร้อนให้ยึดติดกันด้วยกาว ให้ทิศทางของแรงอัดตั้งฉากกับระนาบของแผ่น การทำอาจทำเป็นแผ่นๆหรือทำต่อเนื่อง ชิ้นไม้ส่วนใหญ่นอนตัวขนานกับระนาบของแผ่นแผ่นชิ้นไม้อัดอาจทำให้มีลักษณะโครงสร้างเป็นชั้นเดียว สามชั้น หลายชั้น หรือโครงสร้างที่มีชิ้นไม้ขนาดลดหลั่นกันก็ได้ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 5 สิงหาคม 2547) ในงานวิจัยนี้ คือ ผลิตภัณฑ์แผ่นอัดจากเส้นใยกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

5. เซลลูโลส เป็นโฮโมพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง ไม่มีกิ่งก้าน ประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ เบต้า-ดี-กลูโคไพราโนส เชื่อมด้วยพันธะเบต้า 1,4-ไกลโคซิดิก เกิดเป็นโพลิเมอร์กลูแคน มีความยาวตามธรรมชาติประมาณ 10,000 หน่วย ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน

6. เฮมิเซลลูโลส เป็นเฮทเทอร์โรโพลิเมอร์ของน้ำตาลชนิดต่างๆหลายชนิดผสมกัน เช่น กลูโคส แมนโนส ไซโลส และอะราบิโนส ซึ่งพบอยู่ในรูปพอลิเมอร์ไซแลน แมนแนน กาแลกแตน และอะราบิแนน มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 200 หน่วย

7. ลิกนิน เป็นเฮเทอร์โรพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบ 3 มิติ ประกอบด้วย tran-p-coumaryl, trans-coniferyl alcohol และ trans-p-sinapyl alcohol และนอกจากนี้โมเลกุลของลิกนินยังเชื่อมต่อกับสารประกอบอะโรมาติกอื่นๆอีกมากมาย เช่น vanillin และsyringaldehyde สูตรโครงสร้างของ tran-p-coumaryl, trans-coniferyl alcohol และtrans-p-sinapyl alcohol (รัชพล พะวงศ์รัตน์, 2558: ออนไลน์)

9. สมมติฐาน

1. กาบมะพร้าวและหญ้าแฝกสามารถผลิตเป็นแผ่นอัด โดยกระบวนการอัดขึ้นรูปแบบอัดร้อนได้

2. แผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

10. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

10.1 สามารถนำกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกมาอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นอัด

10.2 ทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

11. ตรวจเอกสาร

11.1 ไม้อัด

ไม้อัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่คงใช้พื้นฐานวัตถุดิบทางธรรมชาติ โดยถูกพัฒนากรรมวิธีการผลิตขึ้นมาเพื่อตอบสนองการใช้ไม้จริงที่มีขนาดหน้ากว้างมาก ที่ปัจจุบันการเจริญเติบโตของป่าไม้ในประเทศไทยไม่ทันต่อการตอบสนองในการใช้งาน จึงต้องมีการพัฒนาการใช้ต้นไม้ที่มีหน้ากว้างขนาดเล็ก เป็นไม้ทั่วไปที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็วและหาได้ง่าย นำมาดัดแปลง เพื่อใช้งานแทนไม้อุตสาหกรรมต่างๆ ที่นับวันเริ่มหาได้ยากขึ้นทุกทีภายในประเทศ ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านแทน ซึ่งสามารถจำแนกชนิดของไม้อัดได้ 4 ชนิดดังนี้

11.1.1 อุตสาหกรรมไม้อัดและไม้บาง (plywood and veneer industeies)

อุตสาหกรรมไม้อัดของไทยเริ่มผลิตออกจำหน่ายเมื่อปี 2500 ส่วนอุตสาหกรรมไม้บางนั้นก็ผลิตคู่กันมาเพื่อทำเป็นไม้อัด และได้ผลิตเพื่อการส่งออกไม้บางเมื่อปี 2514 แผ่นไม้อัดเป็นที่นิยมเพราะมีสมบัติที่ดีในการก่อสร้าง ที่เห็นได้ชัดคือแผ่นกว้าง ใหญ่ น้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับไม้จริง

11.1.2 อุตสาหกรรมแผ่นไม้ประกอบ (composite board industeies)

แผ่นไม้ประกอบเป็นการใช้เศษปลายไม้ที่เหลือใช้จากการทำไม้หรือเศษเหลือจากโรงงานเลื่อยซึ่งสามารถผลิตได้โดยเทคโนโลยีง่ายๆในปัจจุบัน คือ

1) แผ่นไม้ปาร์เก (parqute and mosaic parqute) วัตถุดิบในการผลิตจะได้จากไม้ยางพาราและไม้โตเร็วชนิดต่างๆ การผลิตไม้ปาร์เกเป็นการใช้เทคโนโลยีไม้ง่ายๆ เพียงตัดซอยไม้ ปรับสภาวะชิ้นโดยใช้คนเป็นหลักในการเรียงไม้ในแบบ (frame) ประกอบเป็นแผ่นแล้วใช้กระดาษหรือผ้าตาข่ายทากาวปิดทับ

2) ไม้ประสาน (plock board) แผ่นไม้ประสานสามารถผลิตได้ในโรงงานเลื่อยหรือโรงงานผลิตเครื่องเรือนโดยนำเศษไม้ ปลายไม้จากโรงงาน มาตัดซอยให้ได้ขนาดการต่อปลายแบบนิ้วประสาน (finger joint) แล้วทากาวด้านข้างเรียงต่อเป็นแผ่นกว้าง ใหญ่ ด้วยกรรมวิธีผลิตง่ายๆ

11.1.3 อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด (particleboard industeies)

อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้เศษไม้ ปลายไม้ แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น (duated) จากชิ้นแผ่นไม้อัด 3 ชั้น (3 layer) 5 ชั้น (5 layer) และ 1 ชั้น (single layer) แผ่นชิ้นไม้สามารถใช้ทดแทนแผ่นไม้อัดได้และมีราคาถูกกว่า แผ่นชิ้นไม้อัดมักจะนำมาปิดทับด้วยแผ่นพลาสติกฟอร์ไมก้า หรือนำมาใช้เป็นแกนกลาง (core) ของไม้อัด เพื่อเพิ่มความหนาของไม้อัดและช่วยลดต้นทุนการผลิตของไม้อัด แผ่นไม้อัดบางชนิดมีรูตรงกลาง (extruded qarticleboard) เพื่อลดปริมาณและน้ำหนัก

อีกทั้งยังเป็นทางสอดท่อน้ำ สายไฟ และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ง่าย นอกจากนี้เทคโนโลยีการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดยังได้พัฒนาให้ดียิ่งขึ้นจนเทียบเท่าไม้อัดและไม้จริง คือ

1) แผ่นเวเฟอร์บอร์ด (wafer board) แผ่นเวเฟอร์บอร์ดนี้ใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบาง เรียกว่า เกล็ดไม้ มีทั้งลักษณะสี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งจะแบ่งออกเป็นชนิด single-layer waferboard, 3- layer waferboard และชนิดพิเศษคือ waferboard-plus ตามลักษณะของเกล็ดไม้และเรียงตัวโดยมีกาวเป็นสารช่วยยึดเกาะซึ่งแผ่นเวเฟอร์บอร์ดที่ได้นี้จะมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่าแผ่นไม้อัด

2) แผ่นเกล็ดไม้อัดชนิดเรียงชิ้น (oriented starand board: osb) แผ่นเกล็ดไม้อัดชนิดเรียงชิ้น ไม้ที่มีลักษณะบาง แบนและมีความยาวมากเมื่อเปรียบเทียบกับความกว้าง เรียกว่า starnds โดยนำมาเรียงชิ้นเป็น 3 ชั้น คือ ผิวหน้าด้านนอกสองข้างจะเรียงความยาวแผ่น ส่วนแกนกลางจะเรียงตามขวางเช่นเดียวกับลักษณะของชิ้นไม้ ทำให้มีความแข็งแรงและมีความต้านทานสูงสามารถใช้ทดแทนแผ่นไม้อัดได้

11.1.4 อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัด (fiber board industeies)

อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดนี้สามารถผลิตแผ่นไม้ทดแทนแผ่นไม้อัดประกอบอื่นๆได้ดี โดยเฉพาะแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (medium density fiber board: mdf) ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงไม้ธรรมชาติและสามารถเพิ่มคุณค่าให้สูงขึ้นโดยการปิดทับด้วยไม้บาง กระดาษ ตกแต่งฟอร์มก้า เคลือบเมลามิน แผ่นวัสดุกันความร้อนหรือการพิมพ์สีและสลักลายลงบนสีเส้นใยไม้อัดสามารถจำแนกได้ตามความหนาแน่นเป็น 3 กลุ่ม คือ

1) แผ่นใยไม้อัดอ่อนหรือแผ่นใยไม้อัดฉนวน

มักจะทำการผลิตโดยกรรมวิธีเปียก มีน้ำหนักเบา มีความหนาแน่นต่ำ หรือประมาณ 40-400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นแผ่นใยไม้อัดที่ไม่มีการอัดร้อน แต่ใช้วิธีอบแผ่นใยให้แห้งแทนแผ่นใยไม้อัดที่ผลิตเป็นการค้าส่วนมากมีความหนาแน่นประมาณ 234-275 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่นใยไม้อัดอ่อนส่วนใหญ่จะใช้เพื่อวัตถุประสงค์เป็นฉนวนป้องกันอากาศร้อน หนาว และเสียง ใช้ทำฝ้าเพดาน ผนังห้องประชุม โรงมหรสพ ห้องเสียง ห้องสมุดและสำนักงาน เนื่องจากตัวประสานของเส้นใยในแผ่นใยไม้อัดส่วนใหญ่นั้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำ แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.1) แผ่นใยไม้อัดอ่อนหรือแผ่นใยไม้อัดฉนวนความหนาแน่นปานกลาง

1.2) แผ่นใยไม้อัดอ่อนหรือแผ่นใยไม้อัดฉนวนความหนาแน่น

2) แผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

แผ่นใยไม้อัดชนิดนี้เป็นแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่นตั้งแต่ 500-800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระดับความหนาแน่นที่ผลิตส่วนมากอยู่ระหว่าง 700-750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่น เป็นผลิตภัณฑ์แผ่นไม้วิทยาศาสตร์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงไม้ธรรมชาติมากที่สุด

3) แผ่นใยไม้อัดแข็ง ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีความหนาแน่นสูง

มีความหนาแน่นตั้งแต่ 800-1,200 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร คุณภาพของเส้นใยไม้อัดแข็งนั้นอยู่ในระดับสูงมาก ทั้งนี้ เกิดจากการอัดด้วยเครื่องจักรที่มีกำลังอัดสูงและเกิน 3,604 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การเชื่อมตัวระหว่างเส้นใยที่ประสานกันโดยกาวธรรมชาติที่เกิดจากไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ในกรรมวิธีการผลิตจะใช้กาววิทยาศาสตร์เล็กน้อย เพื่อเพิ่มคุณสมบัติความแข็งแรงให้สูงขึ้น ระดับความหนาแน่นที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรมอยู่ในช่วง 900-1,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

3.1) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

3.2) แผ่นใยไม้อัดแข็ง

3.3) แผ่นใยไม้อัดแข็งชนิดพิเศษ (สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, ม.ป.ป.)

11.2 มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) เป็นมาตรฐานที่กำหนดคุณสมบัติและคุณลักษณะของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบที่มีความหนาแน่นตั้งแต่ 400-900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับใช้งานทั่วไปในสภาวะแห้ง โดยไม่ครอบคลุมถึงแผ่นไม้อัดชนิดอัดราบที่มีไม้บางหรือวัสดุอื่นปิดทับหน้า

11.2.1 แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (flat pressed (fp) particleboards)

แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ หมายถึง วัสดุที่เป็นแผ่นทำจากชิ้นไม้หรือลิกโนเซลลูโลส (lignocellulosic material) อัดในเครื่องอัดร้อนให้ยึดติดกันด้วยกาว ให้ทิศทางของแรงอัดตั้งฉากกับระนาบของแผ่น แผ่นชิ้นไม้อัดอาจทำให้มีโครงสร้างเป็นชั้นเดียว สามชั้น หลายชั้น หรือโครงสร้างที่มีชิ้นไม้ขนาดลดหลั่นก็ได้ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 400-900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่นชิ้นไม้อัดสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างออกเป็น 4 แบบ คือ

1) แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียว

2) แผ่นชิ้นไม้อัดสามชั้น

3) แผ่นชิ้นไม้อัดหลายชั้น

4) แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น

11.2.2 คุณลักษณะของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบที่ต้องการของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 876-2547 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอับราบ ประกอบด้วย

1) ลักษณะต้องมีความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดแผ่น ขอบต้องตั้งฉากกับระนาบผิวโดยการตรวจอย่างพินิจ

2) ความหนาแน่นเฉลี่ย ต้องอยู่ในช่วง 400 ถึง 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความหนาแน่นแต่ละแผ่นจะคลาดเคลื่อนจากความหนาแน่นเฉลี่ยได้ไม่เกิน ร้อยละ 10

3) ปริมาณความชื้น เฉลี่ย ต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 4 ถึง 13

4) การพองตัวตามความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดหนา 3-6 มิลลิเมตร กำหนดไม่เกินร้อยละ 12

5) ความต้านทานแรงดัดของแผ่นชิ้นไม้อัดหนา 3-6 มิลลิเมตร กำหนดไม่น้อยกว่า 15 MPa

6) มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชิ้นไม้อัดหนา 3-6 มิลลิเมตร กำหนดไม่น้อยกว่า 1,950 MPa

7) ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นชิ้นไม้อัดหนา 3-6 มิลลิเมตร กำหนดไม่น้อยกว่า 0.45 MPa (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 5 สิงหาคา 2547)

11.3 วัสดุประสาน

11.3.1 วัสดุประสาน

วัสดุประสาน หมายถึง วัสดุที่ใช้ผสมลงไปในวัสดุที่นำออกมาอัดแผ่นเพื่อทำให้วัสดุดังกล่าวเกาะติดกันเป็นก้อนได้ดียิ่งขึ้น วัสดุประสานนั้นต้องมีคุณสมบัติที่ดี คือ ราคาไม่แพง ทนน้ำ มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูง และสามารถคลุมพื้นที่ผิวของวัสดุที่บดอัดได้ทั่วถึง

กาว เป็นวัสดุประสานที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรมเพราะสามารถใช้ติดวัสดุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันได้ โดยเฉพาะงานไม้บางประเภทสามารถใช้กาวแทนตะปูแม้แต่การยึดติดโลหะก็ทำได้ดีโดยเมื่อเอากาวมาทาวัตถุ 2 ชิ้นแล้วนำมาประกบกัน กาวจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็ง สามารถรับแรงดึงได้ซึ่งการยึดเกาะที่ดีนั้นขึ้นอยู่กับความยึดเกาะระหว่างกาวกับผิวหน้าที่ติด และอีกประการหนึ่งคือ ขึ้นอยู่กับความยึดเหนี่ยวระหว่างตัวกาวเองที่จะได้ผลในการยึดเกาะที่ดีนั้น รอยต่อจะต้องออกแบบโดยเฉพาะเป็นแห่งๆไป หรืออาจเป็นวัสดุสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น กลุ่มอีพอกซี่ มนุษย์รู้จักใช้กาวมาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ครั้งแรกที่ใช้เป็นยางไม้ตามธรรมชาติ เช่น ขี้ผึ้ง วัสดุเหล่านี้ได้มาจากต้นไม้ต่างๆหรือจากแมลงบางชนิด กาวที่เก่าแก่ที่สุดเป็นกาวหนังสัตว์และกาวยางในสมัยอียิปต์ใช้ในการทำเครื่องเรือนไม้ติดลายไม้ประดับกับผิวหน้า กาวประเภทนี้แม้ในปัจจุบันก็ยังเป็นสินค้าขาออกใช้ในงานอุตสาหกรรมช่างไม้อยู่มาก ปลายปี พ.ศ.

2473 กาวที่ใช้ทั่วๆไปเป็นกาวหนังสัตว์ กาวยาง และยางจากพืชผักบางชนิดและยางธรรมชาติ เช่น กาวแป้ง และกาวเลือด เป็นต้น ซึ่งใช้มากกับเครื่องเรือนไม้และอุตสาหกรรมกระดาษ ต่อมาเมื่อยางพลาสติกได้ถูกค้นพบในปี พ.ศ. 2478 จึงขยายการใช้ไปยังวงการอุตสาหกรรม รวมทั้งอุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องบิน เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และงานอื่นๆอีกมาก แต่การใช้กาวสังเคราะห์อัดร้อนได้เริ่มมาเพียงศตวรรษนี้เท่านั้น การนิยมใช้กาวสังเคราะห์นั้นเนื่องจากใช้งานสะดวกรวดเร็ว คุณภาพดีและสม่ำเสมอ

11.3.2 วัสดุประสานที่นิยมใช้ในงานไม้

วัสดุประสานที่นิยมใช้ในงานไม้ คือ กาวสังเคราะห์ วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตกาวสังเคราะห์ ได้แก่ ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์และฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ แหล่งของวัตถุดิบหลักเหล่านี้มาจากธรรมชาติ ถ่านหินและน้ำมันดิบ และเป็นสารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาจากก๊าซธรรมชาติ ส่วนฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ถูกสังเคราะห์มาจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีหรือจากอุตสาหกรรมถ่านหิน แหล่งของวัตถุดิบได้ขุดขึ้นมาจากพื้นโลกและมีการใช้อย่างมากมายในรูปของเชื้อเพลิงและอุตสาหกรรมปิโตรเคมีต่างๆ ราคาของสารที่ใช้สังเคราะห์กาวจึงสูงขึ้น และสารดังกล่าวอาจจะหมดไปในไม่ช้า ประกอบกับความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการจึงได้มีการค้นคว้าสารที่มาทดแทนฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์และยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ทั้งที่ได้มาจากธรรมชาติ เช่น แทนนิน ลิกนิน และได้จากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ไอโซไซยาเนต เป็นต้น เนื่องจากการพัฒนากาวต่างๆ ต้องใช้พื้นฐานมาจากการสังเคราะห์กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์และกาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งใช้เป็นกาวสังเคราะห์อัดร้อนในอุตสาหกรรมไม้

กาวสังเคราะห์ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (thermo-setting resins) เป็นกาวที่ได้รับความร้อนจะแปรสภาพเป็นแผ่นแข็งที่ไม่สามารถหลอมละลายได้อีก และกาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (thermo-plastic resins) หรือร้อนเหลว (hot-melts) เป็นกาวที่ต้องให้ความร้อนจึงกลายเป็นสารยึดติดเมื่อเย็น

กาวเรซินเป็นกาวที่แข็งตัวโดยการทำปฏิกิริยาทางเคมี เกิดเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างสามมิติ กลายสภาพเป็นของแข็งในเวลาเดียวกันเกิดการยึดติดกับไม้

1) กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (uf, urea formaldehyde) กาวชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวาง เป็นกาวที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มีคุณสมบัติคงทนต่อน้ำและอุณหภูมิที่สูงขึ้นต่ำลง ซึ่งก็จะไม่แนะนำให้ใช้ในการต่อไม้ที่ต้องใช้ในที่ๆ มีความชื้นและมีความร้อน

2) กาวเรซินยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ พบมีการใช้โดยทั่วไปในการผลิตแผ่นไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดแผ่นใส้ไม้ระแนงนิยมใช้กันมากในการปิดผิวไม้บางบนงานเครื่องเรือน แต่ก็ต้องระมัดระวังว่าเป็นกาวที่เหมาะต่อการใช้งานเพียงพอทนทานต่อความชื้นแต่ไม่ต้านทานน้ำ

3) กาวเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ (mf, melamine formaldehyde) เป็นกาวที่คล้ายคลึงกับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ลักษณะของกาวเป็นกาวขาวใส ซึ่งก็จะทำให้แนวกาวที่ใส กาวเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่ทำให้แข็งตัวที่สูงกว่ายูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ แต่มีความต้านทานน้ำและอุณหภูมิที่สูงได้ดีกว่า ข้อเสียคือราคาเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์สูง ซึ่งสูงกว่าราคายูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ถึง 4–5 เท่า จึงมีการนำมาผสมกับกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ เพื่อลดต้นทุนราคาลง เรียกว่า กาวเมลามีน-ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งคุณสมบัติของกาวเมลามีน-ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการผสมระหว่าง เมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ และยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ กาวเมลามีนมักนิยมใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ที่มีคุณสมบัติพิเศษ โดยเฉพาะการต้านทานต่อความชื้นและสภาพฝนฟ้าอากาศร้อนของแผ่นเอ็มดีเอฟ กาวเมลามีนยังมีการใช้ในการต่อไม้ที่ต้องการใช้ชิ้นงานในสภาพที่เปียกชื้นด้วย

4) กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (pf, phenol formaldehyde) มีการใช้กันมากในการผลิตแผ่นไม้อัดชนิดใช้งานในทะเล (marine plywood) และ เอฟบีและแผ่นเกล็ดไม้อัดชนิดเรียงชิ้นสำหรับใช้งานในการก่อสร้าง กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์มี 2 ชนิด คือ รีโซล (resoles) และโนโวแลค (novolacs) ชนิดรีโซลเป็นชนิดที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ดเช่น ไม้อัดปาร์ติเกิลบอร์ด แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง รีโซลเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับฟีนอล ในสารละลายด่างรีโซลต้องใช้อุณหภูมิในการแข็งตัวที่สูงและได้แนวกาวที่มีความต้านทานน้ำ ความร้อนและเชื้อราสำหรับกาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ชนิดโนโวแลค สังเคราะห์ขึ้นในสภาวะที่เป็นกรดและมีสัดส่วนของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ต่ำ หากจะต้องทำให้เป็นกาวอัดร้อนจะใช้ hexamethylene tetramine ผสม ส่วนใหญ่ใช้ในงานประดิษฐกรรมไม้เพื่อผลิตชิ้นงานที่พิเศษ ใช้ผลิต wafer board ชนิดพิเศษโดยใช้โนโวแลค และใช้ในการผลิต densified wood ผลิตโดยการนำไม้บางคล้ายกับการทำไม้อัด แต่แทนที่จะทากาวบนไม้บางระหว่างชั้นไม้บางก็ใช้ไม้บางแช่ อัดกาวในสารละลายกาว แล้วปล่อยให้กาวไหลออก แล้วนำมาเรียงประกบกันตามความหนาที่ต้องการ แล้วอัดด้วยแรงดันสูงมาก เพื่อลดความหนาและได้ไม้เพิ่มความแน่นที่มีสมบัติทนทานต่อการสึกหรอได้ดีมาก

5) กาวฟีนอล-เรซอซินอลฟอร์มัลดีไฮด์ (p-rf, phenol-resorcinol formaldehyde) p-rf resins ผลิตโดยการเติม resorcinol ผสมในกาวรีโซลที่ระยะสุดท้ายของการสังเคราะห์ เป็นกาวสีน้ำตาลเข้มใช้ในการผลิตคานไม้ประสาน (laminated beams) โดยมีข้อดี 2 ลักษณะ คือ มีความต้านทานน้ำ และมีความไวในการทำปฏิกิริยาซึ่งหมายความว่าสามารถใช้เป็นกาวที่อุณหภูมิต่ำมากๆ ซึ่งบางครั้งต่ำถึง 5 องศาเซลเซียส ใช้ paraformaldehyde เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) และรอยต่อไม้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิได้ถึง 70 องศาเซลเซียส และมักนิยมใช้ผงไม้ผสมในกาวเพื่อ ปรับปรุงคุณสมบัติการอุดช่องว่างไม้ในการติดไม้แปรรูป

6) กาวแทนนิน (tannin resins) สารแทนนินเป็นสารฟีนอลประเภทหนึ่งตามธรรมชาติเกิดอยู่ในเนื้อไม้และเปลือกไม้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะในเปลือกไม้โอ๊ก และวอตเติล แทนนินทำปฏิกิริยากับฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน หลังจากกำจัดสารอื่นแล้ว เช่น น้ำตาล และ gums จากการสกัด การใช้งานกาวแทนนินยังไม่แพร่หลายนัก แต่ก็มีการนำไปใช้ในบางประเทศเพื่อผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดและเอ็มดีเอฟ ซึ่งจะทำให้มีความต้านทานความชื้นได้ดี

7) กาวไอโซไซยาเนต (isocyanate resins) ในทางด้านงานไม้มีการใช้กันน้อย ปัจจุบันถูกใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เอ็มดีเอฟและแผ่นเกล็ดไม้อัดชนิดเรียงชิ้น ถูกนำมาใช้เมื่อต้องการชิ้นงานที่มีความทนทานสูง โดยมันจะเกิดการยึดเหนี่ยวทางเคมีกับ ลิกนิน และเซลลูโลสในไม้

8) กาวเรซินอีพ๊อกซี (epoxy resins) อีพ๊อกซี เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง bisphenol-A กับ epichlorhydrin ได้เป็นอีพอกซีที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างๆกัน จึงมีคุณสมบัติต่างกันไป สารหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นสารเร่งแข็ง (สารทำให้แข็งตัว) แต่ที่ใช้กันมากแพร่หลายในขณะนี้คือ polyamides อีพ๊อกซีเรซิน จะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องโดยใช้แรงดันอัดข้อต่อไม้เล็กน้อย มีคุณสมบัติในการอุดช่องว่างได้ดี โดยหากใช้ในงานไม้จะใช้อีพอกซี ที่เป็นของเหลวมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและไม่ใส่ตัวทำละลายอื่นซึ่งจะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาแบบรวมตัว (addition reaction) ซึ่งไม่มีการสูญเสียผลผลิตจากปฏิกิริยาจึงมีการสูญเสียปริมาณเพียงเล็กน้อย ขณะที่แข็งตัว (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้, ม.ป.ป.)

9) กาวติดสัมผัส (contact adhesive) เป็นกาวที่ประกอบด้วยสารละลายของยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ ซึ่งจะแปรสภาพเกิดการยึดติด เมื่อสารระเหย (solvent) เป็นกาวที่มีการใช้งานน้อยในงานไม้ แต่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับงานตกแต่งหุ้มเบาะเครื่องเรือน (วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ, 2556)

10) กาวลาเท็กซ์หรือวัสดุที่ใช้ประสานในรูปแบบน้ำเหนียวข้น คือส่วนผสมของของเหลวหรือวัสดุกึ่งของเหลวที่สามารถเชื่อมติด หรือประสานวัสดุสองชิ้นหรือหลายๆชิ้นผนึกเข้าด้วยกัน กาวมีอยู่หลากหลายรูปแบบมีทั้งมาจากธรรมชาติหรือสารเคมีสังเคราะห์ ซึ่งการใช้งานกาวลาเท็กซ์ มักจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำมาติดกัน กาวลาเท็กซ์ ใช้ติดวัสดุที่มีลักษณะบาง หรือวัสดุที่แตกต่างกัน โดยกาวจะแตกต่างจากการเชื่อมวัสดุแบบอื่นคือ กาวจะใช้เวลาในการประสาน กาวลาเท็กซ์มีคุณสมบัติ ให้การยึดเกาะที่ดีและแข็งแรงเหนียวแน่นไม่หลุดลอกง่ายติดได้แน่นสนิท จับติดกันเป็นเนื้อเดียวกับชิ้นงาน ไม่ผสมสารปรอท ตะกั่ว มีความข้นเหลวพอเหมาะ มีการแห้งตัวที่เหมาะสม ตลอดจนการไหลตัวที่ดี ช่วยให้ทำงานง่ายขึ้น มีสารป้องกันเชื้อรา ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมและไม่เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคเมื่อใช้งาน

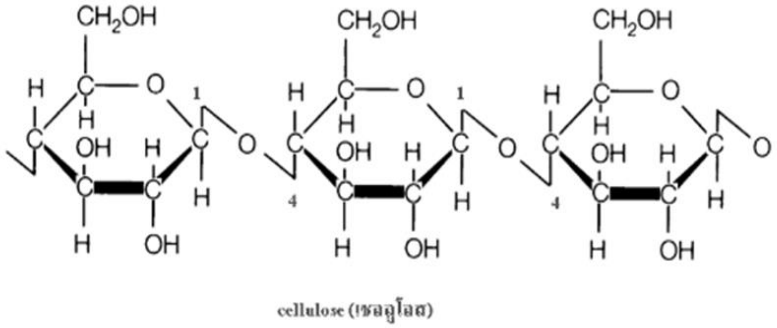
กาวลาเท็กซ์ ผลิตมาจากสารไฮโดรคาร์บอน ที่เรียกว่า polyvinyl acetate ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีแขนงหนาแน่นมากกว่าชนิดอื่นๆ พอลิเมอร์ชนิดนี้มีลักษณะโมเลกุลแบบอะแทกติก (atactic) ไม่มีความเป็นผลึกจึงมีลักษณะอ่อนนิ่มมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับพอลิเมอร์ชนิดอื่นจนทำให้เป็นสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส อีกทั้งไม่ละลายในน้ำหรือน้ำมัน แม้ว่าจะแข็งตัวโดยการใช้ความร้อนบ้าง แต่ก็จะยังคงอ่อนตัวอยู่ที่อุณหภูมิสูงๆ มันจะสามารถถูกปรับปรุงให้มีความหนืดสูงหรือต่ำ แข็งหรืออ่อนหยุ่นได้ (rigidity or flexibility) และย้อมสีใส่หรือใส่วัตถุเพื่อให้เกิดสี เรซินโพลีไวนิลอาซีเตต แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบโฮโมพอลิเมอร์ จะอ่อนตัวทันทีเมื่อได้รับความร้อน และแบบโคโพลีเมอร์ จะมีการใช้สารเร่ง (catalyst) เพื่อยืดเหนี่ยวทำให้มีความต้านทานความร้อนดีขึ้น แป้งข้าวโพดหรือแป้งชนิดอื่นสามารถเติมลงไปเพื่อเพิ่มความหนืดและป้องกันให้กาวเยิ้มออกจากข้อต่อหรือทะลุผ่าน pores ของไม้บางออก สารเติมจำพวกแร่ธาตุ (mineral fillers) ก็อาจใช้กันแต่ต้องระมัดระวังอย่าใช้กับวัสดุที่มีฤทธิ์เป็นด่างซึ่งมันจะลดการแข็งตัวของกาวไป โดยปกติแล้วกาวลาเท็กซ์ในรูปลักษณะที่เป็นนั้นมีปริมาณ โพลีไวนิลอาซีเตท อยู่ในน้ำเพียง 50% ในลักษณะของโมเลกุลแขวนลอย กระจายอยู่ในน้ำสภาพอีมัลชั่น ทำให้เห็นเป็นสีขาวข้น กาวลาเท็กซ์เป็นประโยชน์ มากในอุตสาหกรรมหีบห่อ เช่น ทำกล่องกระดาษ ผนึกสิ่งต่างๆ เข้าด้วยกัน สลากปิดซอง หรือ ภาชนะกระดาษ ทั้งนี้ เพราะกระดาษมีความพรุนตัวสูง และมีโครงสร้าง ไม่แข็งแรงนักจึงสามารถติดกาวได้ง่าย (บริษัทเอสซีเปเปอร์แพ็ค, ม.ป.ป.)

11.4 เส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เส้นใยจากพืชหรือเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยจากสัตว์หรือเส้นใยโปรตีน เส้นใยแร่ โลหะ

เส้นใยเซลลูโลส เป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งเกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะด้วยพันธะเคมีที่เป็นโมเลกุลใหญ่มีสูตร $(C_6H_{10}O_5)_x$ โครงสร้างและการยึดเกาะของโมเลกุลดังแสดงในภาพ 2.3-1 โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของเส้นใย กล่าวคือ ในโมเลกุลเซลลูโลสจะเกิดหน่วยโมเลกุลซ้ำ (repeat units) ยึดจับกันเป็นสายยาว หน่วยโมเลกุลซ้ำ คือ เซลโลไบโอส (cellobiose) เกิดจากบีต้ากลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะด้วยพันธะ C-O-C ในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ดึงดูดน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็นระเบียบ (crystalline) ค่อนข้างมากคือ 85-95% และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) เป็นระยะๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความเหนียวแข็งแรงค่อนข้างสูง จากข้อมูลคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุลของเส้นใย

ธรรมชาติ จะเห็นว่าสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของแผ่นอัดได้ ดังนั้นกรอบแนวคิดในการนำเส้นใยจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกจึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่ง



ภาพที่ 2.4-1 แสดงโครงสร้างและการยึดเกาะของเส้นใยเซลลูโลส

ที่มา : ออนไลน์เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com

11.4.1 ประเภทของเส้นใย

1) เส้นใยจากธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยที่มีอยู่ในธรรมชาติ แบ่งเป็น 3 ประเภท

1.1) เส้นใยจากพืช ได้แก่ เส้นใยจากเซลลูโลส เป็นโฮโมพอลิเมอร์ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสจำนวนมากและเป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งได้จากส่วนต่างๆของพืช เช่น ป่าน ปอ ลินิน ใยสับปะรด ใยมะพร้าว ฝ้าย นุ่น ศรนารายณ์ เป็นต้น

1.2) เส้นใยจากสัตว์ ได้แก่ เส้นใยโปรตีน เช่น ขนสัตว์ (wool) ไหม (silk) ผม (hair) เล็บ เขา ใยไหม เป็นต้น เส้นใยเหล่านี้ มีสมบัติ คือ เมื่อเปียกน้ำ ความเหนียวและความแข็งแรงจะลดลงถ้าสัมผัสแสงแดดนานๆ จะสลายตัว

1.3) เส้นใยจากหินแร่ เช่น แร่ใยหิน (asbestos) ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีทนไฟไม่นำไฟฟ้า

2) เส้นใยสังเคราะห์ เป็นเส้นใยที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ใช้ทดแทนเส้นใยจากธรรมชาติ แบ่งเป็น 4 ประเภท

2.1) เส้นใยพอลิเอสเตอร์ เช่น เทโทรอน ใช้บรรจุในหมอนเพราะมีความฟูยืดหยุ่นไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง สำหรับดาครอน (dacron) เป็นเส้นใยสังเคราะห์พวกพอลิเอสเทอร์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า mylar มีประโยชน์ทำเส้นใยทำเชือก และฟิล์ม

2.2) เส้นใยพอลิเอไมด์ เช่น ไนลอน (nylon) เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์มีหลายชนิด เช่น ไนลอน 6,6 ไนลอน 6,10 ไนลอน 6 ซึ่งตัวเลขที่เขียนกำกับหลังชื่อจะแสดงจำนวนคาร์บอนอะตอมในมอนอเมอร์ของเอมีนและกรดคาร์บอกซิลิก ไนลอนจัดเป็นพวกเทอร์มอพลาสติก มีความ

แข็งมากกว่าพอลิเมอร์แบบเติมชนิดอื่น (เพราะมีแรงดึงดูดที่แข็งแรงของพันธะเพปไทด์) เป็นสารที่ติดไฟยาก (เพราะไนลอนมีพันธะ C-H ในโมเลกุลน้อยกว่าพอลิเมอร์แบบเติมชนิดอื่น) ไนลอนสามารถทดสอบโดยผสมโซดาลาม ($NaOH + Ca(OH)_2$) หรือเผาจะให้ก๊าซแอมโมเนีย ประโยชน์ของไนลอนใช้ในการทำเสื้อผ้า ถุงเท้า ถุงน่อง ขนแปรงต่างๆ สายกีต้าร์ สายเอ็น ไม้แร็กเก็ต เป็นต้น

2.3) เส้นใยอะคริลิก เช่น ออร์ ใช้ในการทำเสื้อผ้า ผ้านวม ผ้าขนแกะเทียม ร่ม ชายหาด หลังคากันแดด ผ้าม่าน พรม เป็นต้น

2.4) เซลลูโลสแอซีเตด เป็นพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากการใช้เซลลูโลสทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติกเข้มข้น โดยมีกรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การใช้ประโยชน์จากเซลลูโลสแอซีเตด เช่น ผลิตเป็นเส้นใยอาร์แนล 60 ผลิตเป็นแผ่นพลาสติกที่ใช้ทำแผงสวิตช์และหุ้มสายไฟ

3) เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เป็นเส้นใยที่ได้จากการนำสารจากธรรมชาติ มาปรับปรุงโครงสร้างให้เหมาะกับการใช้งาน เช่น การนำเซลลูโลสจากพืชมาทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ นำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเส้นใยธรรมชาติ ตัวอย่างเส้นใยกึ่งสังเคราะห์ เช่น วิสคอสเรยอง แบมเบอร์เรยอง เป็นต้น

11.4.2 สมบัติของเส้นใย

โครงสร้างทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และการเรียงตัวของโมเลกุลของเส้นใย เป็นสมบัติซึ่งมีผลโดยตรงต่อสมบัติของผ้าที่ทำขึ้นจากเส้นใยนั้นๆ เส้นใยโดยทั่วไปควรมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1) มีความแข็งแรง และทนทาน (strength and durability)

2) สามารถปั่นได้ (can be spun)

3) มีความสามารถในการดูดซับดี (absorbency)

11.4.3 เส้นใยเซลลูโลส

โดยทั่วไปเส้นใยธรรมชาติของผนังเซลล์พืชประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นสายยาวใหญ่ โมเลกุลของเซลลูโลสจะเรียงขนาดซ้อนกันมองดูคล้ายกับร่างแหที่ซับซ้อน นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารจำพวกลิกนิน (lignin) คิงติน (cutin) เพคติน (pictin) เรซิน (rasin) กรดไขมัน (fatty acid) น้ำตาล (sugar) และซูเบอริน (suberin) ซึ่งปะปนกับเซลลูโลส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลพืชโดยปกตินำ้ตาล แป้ง เพคติน กรดอะมิโน โปรตีน และสารอินทรีย์ ไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบที่ถูกย่อยสลายได้ง่าย ส่วนเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจะถูกย่อยสลายอันดับต่อไป เส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งจากกลูโคสเดี่ยวเรียงต่อกันเป็นโมเลกุลใหญ่ (มีอะตอมมากกว่า 1500 อะตอม) ยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลที่มีสูตรเป็น $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อมีหมู่ไฮดรอกซิล ถึง 3 หมู่ ต่อ 1 หน่วย ที่ซ้ำกันโดยพบรวมกัน

กับลิกนิน (lignin) ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ลิกนินเป็นสารประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน รวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิดซึ่งสารอะโรมาติก ลิกนิน ไม่ละลายน้ำไม่มีสมบัติของการยืดหยุ่นเพราะฉะนั้นจึงทำให้พืชที่มีลิกนินมาก มีความแข็งแรงทนทาน สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสจึงมีมากทำให้เซลลูโลสมีความผนึกสูง อุณหภูมิการหลอมตัวสูงมาก มักจะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัวและมีความสามารถในการละลายต่ำ โครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อสมบัติเส้นใย กล่าวคือ ในโมเลกุลของเซลลูโลส (repeat units) ยึดกันเป็นสายยาวเกิดจากเบต้า-1,4 ของกลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะพันธะอีเธอร์ (-C-O-C-) ในโมเลกุลของเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายจะทำหน้าที่ระเบียบ (crystaline) ค่อนข้างมาก คือ 85-95% และจะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่างกัน การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพ ส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำส่งผลให้สมบัติทางกายภาพไม่ดี

ตารางที่ 2.3-1 องค์ประกอบทางเคมีของกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

ชนิด	ร้อยละขององค์ประกอบทางเคมี		
	แฝกดอน	แฝกลุ่ม	กาบมะพร้าว
โฮโลเซลลูโลส	72.64	72.76	56.80
ลิกนิน	17.03	15.98	29.80
เพนโตเซน	28.26	29.60	14.40

ที่มา: ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ อัญชิสา สันติจิตโต, 2555; วรธรรม อุ่นจิตติชัย, ม.ป.ป.

11.5 มะพร้าว

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cocos nucifera* Linn.
ชื่อภาษาอังกฤษ : Coconut
ชื่อวงศ์ : palmae (พืชตระกูลปาล์ม)
ชื่ออื่นๆ : ดุง เฮ็ดดุง โพล คอส่า พร้าว

11.5.1 ลักษณะทั่วไป

1) ลำต้น มีลำต้นเดียว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น สามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้ คือ ในปีหนึ่งมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12-14 ใบ ดังนั้นใน 1 ปี จะมีรอยแผลที่ลำต้น 12-14 รอยแผล

2) ใบ เป็นใบประกอบ ออกอยู่ตามส่วนของลำต้น ประกอบด้วยก้านทาง (rechis) มีขนาดใหญ่และยาว และมีใบย่อย (leaflet) บนก้านทางประมาณ 200-250 ใบ

3) ดอก ออกดอกเป็นช่อชนิดพานิเคิล มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย อยู่ในช่อเดียวกัน ดอกมีกลีบดอก 6 กลีบ สีครีมหรือสีเหลืองนวล ไม่มีก้านดอกย่อยดอกตัวเมียจะมีกลีบดอกหนาและแข็งกว่ากลีบดอกตัวผู้

4) ผล มะพร้าวเป็นชนิดไฟบรัสดรุป (fibrous drupe) เรียกว่า นัท (nut) มีเปลือก 3 ชั้น คือเปลือกชั้นนอก (exocarp) เป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อแก่อาจมีสีเขียว แดง เหลืองหรือน้ำตาล เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ และเปลือกชั้นใน (endocarp) มีลักษณะแข็งหรือที่เรียกกันว่า กะลา (shell)

5) เมล็ด เนื้อมะพร้าวภายในเมล็ดเป็นช่อกลวงขณะผลอ่อนจะมีน้ำอยู่เต็ม ผลแก่น้ำมะพร้าวจะแห้งไปบางส่วน

6) กาบมะพร้าวหรือเปลือกมะพร้าว เปลือกชั้นกลาง มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ มีคุณสมบัติแข็งแรง คงทนต่อน้ำและน้ำทะเล มีความยืดหยุ่น และสปริงดี นำมาทำเชือก ทำพรม กระสอบ แปรงชนิดต่างๆ อวน ไม้กวาด ส่วนเส้นใยสั้นใช้อัดไส้ของที่นอน เบาะรถยนต์ เป็นต้น (พัชราภา มากคช, 2560: ออนไลน์)

11.5.2 คุณสมบัติของกาบมะพร้าว

มีคุณสมบัติแข็งแรง ต้านทานปฏิกิริยาจากจุลินทรีย์และการกัดกร่อนจากน้ำเค็มได้ดี มีความยืดหยุ่นและรับแรงดึงได้ดี เนื่องจากมีลิกนินในองค์ประกอบในปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยพืชชนิดอื่น (ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ อัญชิสา สันติจิตโต, 2555) นอกจากนี้สามารถนำมาทำเชือก พรม กระสอบ อวน ไม้กวาด และแปรงชนิดต่างๆ ส่วนเส้นใยสั้นๆใช้อัดไส้ของที่นอน เบาะรถยนต์ เป็นต้น

11.6 หญ้าแฝก

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty

ชื่อสามัญ : Vetiver grass, Khuskhus, Cuscus, Sevendara grass

ชื่ออื่นๆ : หญ้าแฝกหอม แกงหอม แคมหอม

หญ้าแฝกมีอยู่ในโลกประมาณ 11-12 ชนิด แต่ในประเทศไทยพบว่ามีอยู่เพียง 2 ชนิด คือ หญ้าแฝกหอมหรือหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน ในธรรมชาติเราจะพบหญ้าแฝกทั้งสองชนิดนี้ได้ทั่วไป เพราะ ขึ้นได้ดีในสภาพพื้นที่ทั้งที่ลุ่มและที่ดอน ในดินสภาพต่างๆ จากความสูงใกล้กับ

ระดับน้ำทะเลไปจนถึงระดับประมาณ 800 เมตร และถิ่นกำเนิดดั้งเดิมของพืชชนิดนี้สันนิษฐานว่าอยู่ในประเทศอินเดีย

11.6.1 ความแตกต่างระหว่างหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน

หญ้าแฝกทั้งสองชนิดจะมีลักษณะภายนอกของใบที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยสามารถจำแนกได้ดังนี้

1) หญ้าแฝกหอม ใบมีความกว้างประมาณ 0.6-1.2 เซนติเมตร และยาวประมาณ 45-100เซนติเมตร ใบเป็นสีเขียวเข้ม หลังใบโค้งปลายแบน เนื้อใบค่อนข้างเนียน มีไขเคลือบทำให้ดูมัน ส่วนท้องใบจะออกเป็นสีขาวซีดกว่าหลังใบ

2) หญ้าแฝกดอน ใบมีความกว้างประมาณ 0.4-0.8 เซนติเมตร และยาวประมาณ 35-80 เซนติเมตร ใบเป็นสีเขียวซีด หลังใบพับเป็นสันสามเหลี่ยม เนื้อใบหยาบสากมือ มีไขเคลือบน้อยทำให้ดูกร้าน ส่วนท้องใบจะเป็นสีเดียวกับหลังใบ แต่จะมีสีซีดกว่าสำหรับลักษณะโครงสร้างภายนอกเมื่อทำการเปรียบเทียบจะพบว่า ใบหญ้าแฝกหอมจะมีเนื้อใบหนากว่า และขนาดของช่องอากาศก็มีขนาดใหญ่กว่าหญ้าแฝกดอนด้วย ส่วนความแตกต่างของลักษณะภายในรากที่เห็นได้ชัดเจน คือ รากหญ้าแฝกหอมจะมีโพรงอากาศในบริเวณคอร์เท็กซ์ และมีขนาดที่ใหญ่กว่าหญ้าแฝกดอน

11.6.2 ลักษณะของหญ้าแฝก

1) ต้นหญ้าแฝก จัดเป็นไม้จำพวกหญ้า มีอายุหลายปี เป็นหญ้าที่ขึ้นเป็นก่อแน่น ใบยาวตั้งตรงขึ้นได้สูงประมาณ 1-2 เมตร กอแฝกจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ โคนกอเบียดแน่นไม่มีไหลส่วนโคนของลำต้นจะแบน โดยเกิดจากส่วนของโคนใบที่แบนเรียงซ้อนกัน และลำต้นแท้จะมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ในกาบใบบริเวณคอดิน มีรากเหง้าเป็นฝอยอยู่ใต้ดินและมีกลิ่นหอม มักพบขึ้นเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ หรือขึ้นกระจายกันแต่ไม่ไกลกันมากนัก ส่วนการเจริญเติบโตและการแตกกอ พบว่าจะมีการแตกหน่อใหม่ทดแทนหน่อเก่าอยู่เสมอ โดยจะแตกหน่อออกทางด้านข้างรอบๆกอ มักจะพบหญ้าแฝกได้มากในที่โล่งแจ้ง โดยเฉพาะบริเวณที่มีความชื้นสูงหรือใกล้แม่น้ำและในป่าเต็งรัง

2) รากหญ้าแฝก รากมีลักษณะเป็นรากฝอยที่แตกจากส่วนของลำต้นใต้ดิน โดยจะกระจายแผ่กว้างออกเพื่อยึดพื้นดินไปตามแนวนอน การเจริญของระบบรากจะเป็นไปในแนวดิ่ง แต่จะเจาะไม่ลึกมาก และจะแตกต่างจากรากหญ้าทั่วไป คือมีรากที่เจริญโตเร็ว สานกันแน่น หยั่งลึกในแนวดิ่งลงใต้ดินไม่แผ่ขนาน และมีรากฝอยขนาดใหญ่อยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อหญ้าแฝกมีอายุได้ประมาณหนึ่งปีครึ่ง รากจะเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ รากแกนส่วนโคนกอจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร และเปลือกรากจะมีลักษณะอวบน้ำคล้ายกับนวม ช่วยทำหน้าที่เพิ่มความหนา เพิ่มความแข็งแรง ช่วยดูดน้ำและความชื้น และช่วยป้องกันส่วนลำเลียงน้ำและสารอาหารที่อยู่ภายใน

3) ใบหญ้าแฝก ใบเป็นใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ โดยใบจะแทงออกมาจากเหง้าที่อยู่ใต้ดิน ลักษณะของใบเรียวยาวหรือแคบยาว ขอบใบขนาดปลายใบสอบแหลม ขอบใบเรียบ ใบมีขนาดกว้างประมาณ 8 มิลลิเมตร และยาวประมาณ 120 เซนติเมตร หลังใบและท้องใบเรียบ ท้องใบจะมีสีจางกว่าด้านหลังใบ เนื้อใบกร้านสากและคายมือ โดยเฉพาะใบแก่ ขอบใบและเส้นกลางใบจะมีหนามละเอียด หนามบนใบที่ส่วนโคนและกลางแผ่นใบจะมีน้อย โดยหนามจะมีลักษณะตั้งทแยงชี้ขึ้นไปทางปลายใบ ส่วนกระจังหรือเยื่อกันน้ำฝนที่โคนใบจะลดรูปเหลือเพียงแผ่นโค้งของขนสั้นละเอียด แต่จะมีมากตรงปลาย ก้านใบเป็นกาบหุ้มลำต้น

11.6.3 ประโยชน์ของหญ้าแฝก

หญ้าแฝกหอมเป็นพืชที่สะสมน้ำมันหอมไว้ในส่วนของราก คนไทยสมัยก่อนจึงใช้รากของหญ้าแฝกเป็นเครื่องหอมสำหรับอบเสื้อผ้า แก้กลิ่นอับในตู้เสื้อผ้า ใช้ขับไล่แมลง ด้วยการใช้รากแห้งนำมาแขวนในตู้เสื้อผ้า และยังใช้ผสมกับน้ำมันให้เกิดกลิ่นหอม หรือนำไปผลิตเป็นเครื่องสำอางต่อไป

11.6.4 คุณสมบัติของหญ้าแฝก

หญ้าแฝกเป็นพืชที่มีเส้นใยอยู่ในตระกูล gramineae เช่นเดียวกับ ไผ่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และอ้อย ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นเซลลูโลสและลิกนิน (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2556) เนื่องจากภายในรากหญ้าแฝกมีลักษณะเหมือนกับรากของพืชน้ำ มันจึงสามารถทนต่อน้ำท่วมขังได้เป็นอย่างดี จึงนำมาใช้ปลูกเพื่อการอนุรักษ์ดิน น้ำ สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศน์ เพื่อช่วยแก้ปัญหาและป้องกันการพังทลายของดิน ป้องกันความเสียหายของชั้นบันไดดินหรือคันคูครองรับน้ำรอบเขา ป้องกันรักษาการกัดเซาะของน้ำจากแม่น้ำบริเวณคอสะพาน ป้องกันตะกอนดินลงสู่ทางน้ำ ปลูกเพื่อแก้ปัญหาดินดาน ฟื้นฟูดิน ควบคุมมลพิษ รักษาสภาพแวดล้อม หรือใช้ปลูกเป็นแถวตามแนวระดับขวางความลาดเท เป็นต้น ส่วนประโยชน์ของหญ้าแฝกหอมอื่นๆ เช่น การนำเย็บเป็นตับเพื่อใช้มุงหลังคา ใช้ในคอกสัตว์ รองนอนให้เล้าสัตว์เลี้ยง ใบใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ใช้เพาะเห็ด ทำเป็นปุ๋ยหมักและพืชคลุมดิน หรือใช้รากนำมาทำพัด สำหรับพัดให้ความเย็นและให้กลิ่นหอมเย็น และใช้ในงานหัตถกรรมต่างๆ ทำเชือก หมวก ตะกร้า เครื่องประดับ เครื่องตกแต่งบ้าน ของใช้สำนักงาน ไม้อัด งานประดิษฐ์ งานจักสาร ฯลฯ (นิตยสารเกษตรศาสตร์, 1 พฤษภาคม 2557)

11.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 11.7-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่อเรื่อง	ผลการศึกษา	ผู้แต่ง
แผ่นกันความร้อนจากเศษฉลากและเส้นใยชาญอ้อย	ได้ศึกษาการผลิตแผ่นกันความร้อนจากเศษฉลากของอุตสาหกรรมผลิตเครื่องดื่มและเส้นใยชานอ้อยของอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลทราย ดำเนินการโดยแช่เศษฉลากและเส้นใยชานอ้อยในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1% โดยมวลต่อปริมาตรเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำมาผสมกันด้วยอัตราส่วนระหว่างเศษฉลากต่อเส้นใยชานอ้อย เท่ากับ 25:75 50:50 และ 75:25 โดยมวลทุกอัตราส่วนผสมกับกาวลาเท็กซ์ 50 กรัม ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์เป็นชิ้นงานรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 9x10x1.5 เซนติเมตร ผึ่งแดด 7 วันจนแห้งสนิทแล้วเชื่อมต่อเป็นแผ่นกันความร้อนขนาด 45x100x1.5 เซนติเมตร เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าแผ่นกันความร้อนซึ่งเตรียมจากเศษฉลากและเส้นใยชานอ้อยในอัตราส่วน 75:25 นั้นเหมาะสมสำหรับใช้เป็นแผ่นกันความร้อนมากที่สุด โดยพบว่าวัสดุดังกล่าวมีสีเทาอ่อนแกมเขียว (light greenish gray) น้ำหนักความหนาแน่นและความชื้นต่ำสุดเมื่อเทียบกับแผ่นกันความร้อนอัตราส่วนอื่น คือ 44.66±4.10 กรัมต่อชิ้นงาน 0.17±0.03 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ8.35±0.15% ตามลำดับ การทดสอบดัชนีการแตกร่วนและอัตราการเผาไหม้ให้ผลว่าแผ่นกันความร้อนไม่แตกร่วนและสามารถหยุดเผาไหม้ได้เอง อย่างไรก็ตามหากแผ่นกันความร้อนเปียกจะพองตัวทางความหนา 9.40±2.55% และเสียสภาพได้ เมื่อนำแผ่นกันความร้อนในอัตราส่วนดังกล่าวไปทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างระบบจำลองที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งแผ่นกันความร้อน พบว่า อุณหภูมิภายในระบบจำลองที่ติดตั้งแผ่นกันความร้อนแตกต่างกับระบบ	ณัฐพร เคียงคู่, สิรินารี เงินเจริญ และ ชัยฤกษ์ ตั้งเฮงเจริญ (2556)

ตารางที่ 11.7-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ชื่อเรื่อง	ผลการศึกษา	ผู้แต่ง
	จำลองที่ไม่ติดตั้งแผ่นกันความร้อน ($P<0.05$) โดยสามารถลดอุณหภูมิลงได้ 1.17 องศาเซลเซียส	
สมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดผลิตจากกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	ได้ศึกษาคุณสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จากการใช้กาว pva (กาว control) กาวpva+ไคโตซาน (กาว formular 1) กาว pva+ลิกนิน+แป้ง (formular 2) และกาว pva+ลิกนิน+ไคโตซาน (กาว formular 3) เป็นตัวประสาน เท่ากับ 3.62% ในปริมาณเนื้อกาวแห้งเทียบกับน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้ยูคาลิปตัส จากการทดลองพบว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาว (formular 1) (กาว formular 2) และ (กาว formular 3) เป็นตัวประสานจะมีค่าการพองตัวหลังการแช่น้ำและการดูดซึมน้ำที่ต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาว control เป็นตัวประสานให้ค่าความต้านแรงดัด (MOR) ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MOE) และค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (IB) ของแผ่นชิ้นไม้อัดมากกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ (กาว formular 2) เป็นตัวประสานมีคุณสมบัติด้านต่างๆ โดยรวมดีที่สุด เมื่อทำการทดสอบและเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5908-1994: particleboards ผลปรากฏว่าค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของแผ่นชิ้นไม้อัด (813-847 kg/m^3 และ7.24-7.26% ตามลำดับ) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนค่าความต้านทานแรงดัด (22.90-26.65 MPa) และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (1.02-1.51 MPa) มีค่าที่สูงกว่าหรือดีกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (1,890.1-2,110.0 MPa) และการพองตัวหลังการแช่น้ำ (20.02-31.01%) ยังคงมีค่าที่ด้อยกว่ามาตรฐานกำหนดและควรปรับปรุงค่าทั้งสองดังกล่าวต่อไป	ภาวดี เมธะคานน และคณะ (2548)

ตารางที่ 11.7-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ชื่อเรื่อง	ผลการศึกษา	ผู้แต่ง
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์	ได้ศึกษาลักษณะทั่วไปของซังข้าวโพดและอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบก่อนขึ้นรูป, ทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดซังข้าวโพด, ออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปและสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูป วิธีดำเนินการวิจัย คือ นำซังข้าวโพดอบละเอียดผสมกับกาวลาเท็กซ์และกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้จำนวน 9 สูตร แล้วนำเข้าเครื่องอัดร้อนที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที และหล่อเย็น 2 นาที่ จากนั้นนำแผ่นอัดซังข้าวโพดออกจากเครื่องทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน นำมาตัดเป็นชิ้น ทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ทดสอบความต้านทานแรงดัด ทดสอบความต้านทานแรงดึง ทดสอบค่าความชื้น และเลือกแผ่นอัดซังข้าวโพดที่ดีที่สุดนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์งานประดิษฐ์ สำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคจำนวน 120 คน ในเขตพื้นที่จังหวัดอ่างทอง ผลการวิจัยพบว่า แผ่นอัดซังข้าวโพดในอัตราส่วนซังข้าวโพด: กาวลาเท็กซ์: กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ 20: 4: 3 มีความต้านทานแรงดัด 9.23 MPa ความต้านทานแรงดึง 2.92 MPa และค่าความชื้นร้อยละ 11.07 จึงทำให้สูตรที่ 4 มีคุณสมบัติที่ดีต่อการอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์ ผลการสำรวจความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.07	สุภิญญา ธาราดล (2559)
คุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติ	ได้ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติจากเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง จากการศึกษาการใช้เส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์ม เป็นส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์ในปริมาณที่เหมาะสม ทำให้สามารถพัฒนา	ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ อัญชิสา สันติจิตโต (2012)

ตารางที่ 11.7-1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ชื่อเรื่อง	ผลการศึกษา	ผู้แต่ง
จากเส้นใยกาบมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง	ผลิตภัณฑ์แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติเชิงกลเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความหนาแน่นลดลง ซึ่งส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดต่ำลงด้วย จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันความร้อนและช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นกระเบื้องหลังคาในตลาดปัจจุบัน แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติทั้งสองชนิดมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น หากนำวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์นี้ไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ก่อสร้างสำหรับอาคารพักอาศัยที่ใช้ระบบปรับอากาศ จะส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศได้	
การพัฒนาแผ่นอัดจากผักตบชวาผสมต้นธูปฤาษี	ได้ทำการศึกษาสมบัติของแผ่นอัดจากผักตบชวาผสมต้นธูปฤาษี ซึ่งมีอัตราส่วน 50:50 70:30 และ 90:10 อุณหภูมิที่ใช้ 150 องศาเซลเซียส พบว่า สมบัติการพองตัวเมื่อแช่น้ำและสมบัติการดูดซึมน้ำของแผ่นอัดจากผักตบชวาผสมต้นธูปฤาษี เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของผงเส้นใยให้มากขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์การพองตัวเมื่อแช่น้ำและเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วยและสมบัติการหักงอมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ซึ่งทำให้ทราบว่าแผ่นอัดที่ได้นั้นไม่เหมาะแก่การนำมาผลิตเป็น โต๊ะ เก้าอี้ หรือชั้นวางของ เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบสมบัติที่ศึกษากับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 876-2532) สมบัติที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ สมบัติการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ส่วนสมบัติการหักงอไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน	ดาแนล มาลินี และ มูฮัมหมัดไซดี มูสอ (2556)

12. ขอบเขตการวิจัย

12.1 พืชที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1) กาบมะพร้าว

เลือกใช้เฉพาะกาบมะพร้าวแห้งที่มีสีน้ำตาล พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณ ตำบลบ่อตรุ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

2) หญ้าแฝก

เลือกใช้เฉพาะใบที่มีสีเขียวแก่ พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณ ตำบลเขาขาว อำเภอละงู จังหวัดสตูล

13. วิธีการดำเนินงานวิจัย

13.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

การเตรียมกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก โดยกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกมาตัดเป็นชิ้นขนาด 2 เซนติเมตร นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกที่ผ่านการอบแล้ว ไปปั่นด้วยเครื่องปั่น ระยะเวลาในการปั่น 10 นาที แล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อน ขนาด 1 มิลลิเมตร แล้วบรรจุลงในถุงพลาสติกป้องกันความชื้น

13.2 วิธีการผสมและขึ้นรูปแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

การเตรียมแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก ในการทำแผ่นอัดจะมีการทดลองอัดขึ้นรูปแผ่นอัดในห้องปฏิบัติการ โดยเริ่มจากวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์): เส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) ในอัตราส่วน 50:50 60:40 70:30 ในการวิจัยจะทำเป็นแผ่นอัดขนาด (กว้าง×ยาว×หนา) 17×17×0.5 เซนติเมตร โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำแผ่นอัดทั้งหมด 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) สูตรที่ 2 กาบมะพร้าว และสูตรที่ 3 หญ้าแฝก สูตรละ 3 อัตราส่วน โดยใช้อัตราส่วนของวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์): เส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก) ดังตารางที่ 13.2-1

ตารางที่ 13.2-1 อัตราส่วนวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์): เส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

อัตราส่วน กาว:เส้นใย	ปริมาณ (ร้อยละ)						
	สูตรที่ 1			สูตรที่ 2		สูตรที่ 3	
	กาว	กาบมะพร้าว	หญ้าแฝก	กาว	กาบมะพร้าว	กาว	หญ้าแฝก
50:50	50	25	25	50	50	50	50
60:40	60	20	20	60	40	60	40
70:30	70	15	15	70	30	70	30

ในการทำแผ่นอัดจะกำหนดให้แผ่นอัดมีความหนาแน่น เท่ากับ 0.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจะเป็นแผ่นอัดที่มีความหนาแน่นปานกลาง จากนั้นนำเส้นใย ในอัตราส่วนต่างๆมาผสมกับวัสดุประสาน (ดูวิธีการคำนวณและตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก จ) คนส่วนผสมให้เข้ากัน ระวังอย่าให้ส่วนผสมจับตัวเป็นก้อน แล้วนำไปเทใส่เบ้าพิมพ์ ขนาด (กว้าง×ยาว×หนา) 17×17×0.5 เซนติเมตร ที่อุ่นเตรียมไว้ โดยเทใส่เบ้าพิมพ์ให้ทั่วและสม่ำเสมอ จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิค ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส โดยการอัดร้อน เป็นเวลา 15 นาที หลังการขึ้นรูป นำแผ่นอัดที่ได้ไปอบด้วยตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้แผ่นอัดในอัตราส่วนต่างๆ

13.3 การทดสอบสมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

13.3.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

1) การทดสอบความหนาแน่น

การทดสอบหาค่าความหนาแน่นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) โดยนำแผ่นอัดที่ผลิตได้มาตัดเป็นชิ้นทดสอบที่มีขนาดความกว้างและความยาว 5×5 เซนติเมตร แล้วชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) วัดความกว้าง ความยาวและความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบให้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร จากนั้นคำนวณหาค่าความหนาแน่น มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (1)

$$\text{ความหนาแน่น } (kg/m^3) = \frac{m}{v} \times 10^6 \qquad \text{สมการ (1)}$$

เมื่อ m = มวลของชิ้นทดสอบ (g)

v = ปริมาตรของชิ้นทดสอบ (mm^3)

2) การทดสอบปริมาณความชื้น

การทดสอบหาค่าปริมาณความชื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบความหนาแน่นแล้ว ให้ได้มวลที่แน่นอน 0.01 กรัม เป็นมวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ และทำการอบชิ้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ (103 ± 2) องศาเซลเซียส จนได้มวลคงที่ คือ มวลของชิ้นทดสอบ เมื่อชั่ง 2 ครั้งที่เวลาห่างกัน 6 ชั่วโมง ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของมวลของชิ้นทดสอบ จากนั้นนำมาใส่ในเดซิเคเตอร์ปล่อยไว้ให้เย็น และทำการชั่งชิ้นทดสอบเป็นมวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง นำมาคำนวณหาค่าปริมาณความชื้น มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (2)

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{m_1 . m_2}{m_2} \times 100 \qquad \text{สมการ (2)}$$

เมื่อ m_1 = มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ (g)

m_2 = มวลของชิ้นทดสอบหลังอบ (g)

3) การทดสอบการพองตัวตามความหนา

การทดสอบหาค่าการพองตัวตามความหนา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) โดยใช้วิธีการวัดความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำและหลังแช่น้ำ โดยทำเครื่องหมายตรงจุดที่วัดความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ แล้วนำชิ้นทดสอบแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 20±2 ºC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบมาซับน้ำที่ผิวให้หมดด้วยผ้าหมาดแล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้องอีก 1 ชั่วโมง จึงนำชิ้นทดสอบมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ยและคำนวณหาค่าการพองตัวตามความหนา มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (3)

$$\text{การพองตัวตามความหนา (\%)} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \qquad \text{สมการ (3)}$$

เมื่อ t_1 = ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ (mm)

t_2 = ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ (mm)

13.3.2 การทดสอบสมบัติเชิงกล

1) การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น

การทดสอบหาค่าความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ตัดชิ้นทดสอบขนาด 5×15 เซนติเมตร โดยวางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 มิลลิเมตร ให้แรงกดลงที่

จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที (ความเร็วในการกดประมาณ 10 mm/min) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (4) , (5)

หาค่าความต้านแรงดัด จากสูตร $f\text{m} = \frac{3\ F_{max}\ I_1}{2\ b\ t^2}$ สมการ (4)

เมื่อ $f\text{m}$ = ความต้านแรงดัด (MPa)

F_{max} = แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (N)

I_1 = ระยะห่างของแท่งรองรับ (mm)

b = ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ (mm)

t = ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (mm)

หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่น จากสูตร $E_m = \frac{I_1^3\ (F_2\text{-}F_1)}{4\ b\ t^3\ (a_2\text{-}a_1)}$ สมการ (5)

เมื่อ E_m = มอดูลัสยืดหยุ่น (MPa)

I_1 = ระยะห่างของแท่งรองรับ (mm)

$F_2\text{-}F_1$ = แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง (N)

b = ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ (mm)

t = ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (mm)

$a_2\text{-}a_1$ = ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง (mm)

2) การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า

การทดสอบหาค่าความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ตัดชิ้นทดสอบขนาด 5×5 เซนติเมตร โดยนำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึง จนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที (ความเร็วในการดึงประมาณประมาณ 2 mm/min) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่า มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (6)

ความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า (MPa) $= \frac{\text{F}}{\text{W}\times\text{L}}$ สมการ (6)

เมื่อ F = แรงดึงสูงสุด (N)

W = ความกว้างของชิ้นทดสอบ (mm)

L = ความยาวของชิ้นทดสอบ (mm)

14. การวิเคราะห์ข้อมูล

14.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ T-test เพื่อเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละการทดลองด้วยโปรแกรม SPSS และนำค่าที่ได้ของแต่ละการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

15. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

จากการศึกษาแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก มีระยะเวลาในการทำการวิจัยดังตารางที่ 15-1

ตารางที่ 15-1 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2558	2559	2560								2561									
	ธ.ค.	ม.ค. - ธ.ค.	*ม.ค. - เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1.รวบรวมข้อมูลและตรวจสอบเอกสาร	↔	↔																				
2.สอบโครงร่างวิจัยเฉพาะทาง	↔																					
3.ทำการทดลอง				↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔											
4.วิเคราะห์และสรุปผล									↔	↔	↔	↔	↔	↔								
5.รายงานความก้าวหน้าวิจัยเฉพาะทาง														↔								
6.การเขียนเล่มวิจัย															↔	↔	↔	↔	↔	↔		
7.สอบจบวิจัยเฉพาะทางและแก้ไขเล่ม																				↔	↔	
8.ส่งเล่มวิจัยฉบับสมบูรณ์																						↔

หมายเหตุ : *ม.ค. - เม.ย. 2560 เป็นช่วงของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

16. งบประมาณค่าจ่ายตลอดโครงการ

16.1 ค่าใช้สอย

ค่าถ่ายเอกสารสำหรับศึกษาค้นคว้า	500	บาท
ค่าถ่ายเอกสารเข้าปกเย็บเล่ม	1,000	บาท
ค่าเดินทาง	500	บาท

16.2 ค่าวัสดุ

ค่าวัสดุสำหรับงานวิจัย	1,500	บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	3,500	บาท

17. เอกสารอ้างอิง

กฤษดา คงเดิม. (2552). **การศึกษาการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากเศษเหลือของปาล์มน้ำมัน**. ปัญหาพิเศษ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

โจเซฟ เคตรี,จงจิตร หิรัญลาภ และ สโรชา เจริญชัย. (2544). **แผ่นชิ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนและใยมะพร้าว**. เข้าถึงได้จาก: http://www.kmutt.ac.th. (วันที่ค้นข้อมูล: 18 ธันวาคม 2560).

ฉันท์ทิพย์ คำนวณทิพย์ และ มณทิพย์ ล้อสุริยนต์. (2552). **แผ่นอัดจากใยมะพร้าว ชาญอ้อย ฟางข้าวและแกลบ**. ปัญหาพิเศษ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ณัฐพร เคียงคู่,สิรินารี เงินเจริญ และ ชัยฤกษ์ ตั้งเฮงเจริญ. (2556). **แผ่นกันความร้อนจากเศษฉลากและเส้นใยชาญอ้อย**. ปัญหาพิเศษ. คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ดาแนล มาลินี และ มูฮัมหมัดไซดี มูสอ. (2556). **การพัฒนาแผ่นอัดจากผักตบชวาผสมต้นธูปฤาษี. ปัญหาพิเศษ**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ทรงกลด จารุสมบัติ. (2548). **คุณสมบัติของไม้ทางเคมี**. เข้าถึงได้จาก: http://www.baannatura.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 30 มีนาคม 2561).

นงท์นุช กลิ่นพิกุล. (2557). **การศึกษาแผ่นใยไม้อัดจากเศษขี้เลื่อยโดยใช้ผลผลิตจากครั่งเป็นตัวประสาน**. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

นิตยา พัดเกาะ. (2552). การศึกษาการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ใหม่ กรณีศึกษาการนำฟางข้าวและเปลือกข้าวโพดมาผลิตแผ่นผนังเบาในงานก่อสร้าง. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

บริษัท เอสซีเปเปอร์แพ็ค. (2556). กาวลาเท็กซ์. เข้าถึงได้จาก: http://www.scpaperbox.blogspot.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 5 ธันวาคม 2560).

ผกามาศ ชูสิทธิ์ และ ภาณุเดช ขัดเงางาม. (2556). **การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติจากกาบมะพร้าวและต้นข้าวโพด**. ปัญหาพิเศษ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์,เกียรติคุณ รัตนปานนท์ และ นิธิยา รัตนปานนท์. (2560). **ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร**. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 28 เมษายน 2561).

ภาวดี เมธะคานน,วรธรรม อุ่นจิตติชัย,วริญญา โสมรัตน์ และ ภัทราภรณ์ นภาชัยเทพ. (2548). **สมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดผลิตจากกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ อัญชิสา สันติจิตโต. (2555). **คุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติ จากเส้นใยกาบมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง**. ปัญหาพิเศษ. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

เมธาวี พรสร้างสรรค์. (2552). **แผ่นฝ้าเพดานจากเส้นใยกก**. การค้นคว้าอิสระ. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วุฒิภูมิ บุญทรงสันติกุล. (2552). **แผ่นฝ้าเพดานจากผักตบชวาผสมไม้ก็อก**. การค้นคว้าอิสระ. คณะนวัตกรรมอาคาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. (ม.ป.ป.). **ผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้จากหญ้าแฝก**. เข้าถึงได้จาก: http//www.idd.go.th. (วันที่ค้นข้อมูล: 13 มิถุนายน 2560).

สุทธิชัย อุดมรัตน์ และ ผกามาศ ชูสิทธิ์. (2555). **แผ่นใยอัดจากเส้นใยต้นมันสำปะหลัง**. ปัญหาพิเศษ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (5 สิงหาคม 2547). **แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ**.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (24 มิถุนายน 2554). **โครงการฉลากเขียว**.

สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. (2547). **การใช้ประโยชน์ไม้ขั้นพื้นฐาน**. เข้าถึงได้จาก: http://www.forprod.forest.go.th. (วันที่ค้นข้อมูล: 27 มิถุนายน 2561).

สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. (ม.ป.ป.). **หญ้าแฝกเฉลิมพระเกียรติ**. เข้าถึงได้จาก: http://www.idd.go.th. (วันที่ค้นข้อมูล: 3 กรกฎาคม 2560).

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้. (ม.ป.ป.). **โครงการพัฒนากาวติดไม้**. เข้าถึงได้จาก: http://www.forprod.forest.go.th. (วันที่ค้นข้อมูล: 13 มิถุนายน 2560).

สุภิญญา ธาราดล. (2559). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์**. วิทยานิพนธ์. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สิริชัย จิรวงศ์นุสรณ์,วิศิษฐ์ ลีลาผาติกุล และ ณิชาภา มีนาบูลย์. (2556). **การผลิตไม้อัดจากใบสนทะเลเพื่อเพิ่มมูลค่าจากขยะธรรมชาติ**. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

สักรินทร์ ยีสมันอาหลี,รอฮานี เอียดยี และ รมมียา โต๊ะยี. (2556). **การทดสอบประสิทธิภาพแผ่นอัดจากเปลือกไข่**. ปัญหาพิเศษ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

Ruedee. (2555). **เส้นใยจากธรรมชาติ**. เข้าถึงได้จาก: http://www.ruedee.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 24 มีนาคม 2561).

108plywood. (2561). **ราคาไม้อัด**. เข้าถึงได้จาก: http://www.108wood.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 23 เมษายน 2561).

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ข
ภาพประกอบขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ขั้นตอนการเตรียมกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

(ก) เก็บกาบมะพร้าว

(ข) เก็บหญ้าแฝก

(ค) กาบมะพร้าว

(ง) หญ้าแฝก

(จ) ตัดกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกเป็นชิ้น ขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร

(ฉ) นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

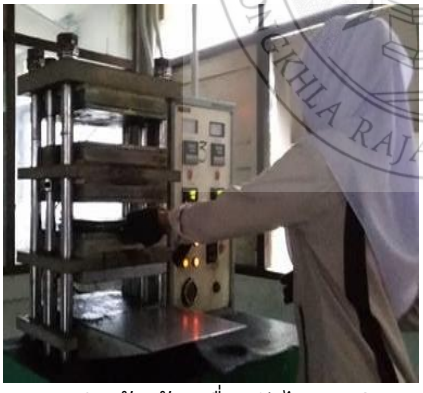
(ช) ปั่นกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกที่ผ่านการอบ

(ซ) ร่อนกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

2. ขั้นตอนการผสมและขึ้นรูปแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

(ก) ผสมเส้นใยและวัสดุประสานให้เข้ากัน

(ข) เทลงในเบ้าพิมพ์ให้ทั่วและสม่ำเสมอ

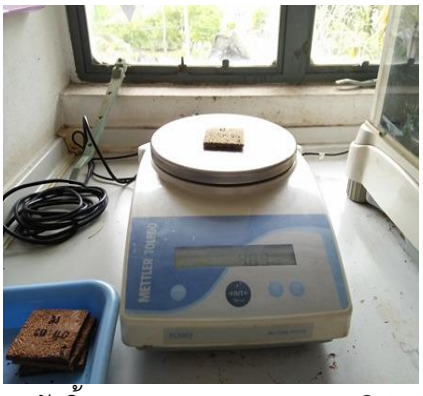


(ค) นำเบ้าเข้าเครื่องอัดไฮดรอลิค
ที่อุณหภูมิ 150 ºC เป็นเวลา 15 นาที

(ง) ได้เป็นแผ่นอัดในสูตรต่างๆ

3. ขั้นตอนการทดสอบสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นอัด

3.1 ขั้นตอนการทดสอบความหนาแน่น

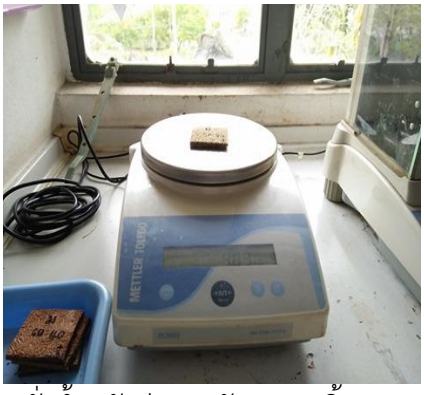


(ก) ตัดชิ้นทดสอบขนาด 5×5 เซนติเมตร จำนวน 3 ชิ้น

(ข) วัดขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบ

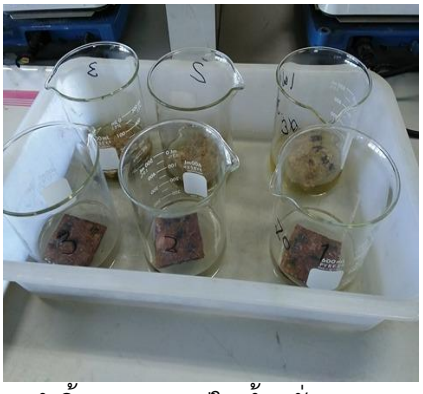
(ค) วัดความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ

3.2 ขั้นตอนการทดสอบปริมาณความชื้น



การชั่งน้ำหนักก่อน-หลังอบของชิ้นทดสอบ

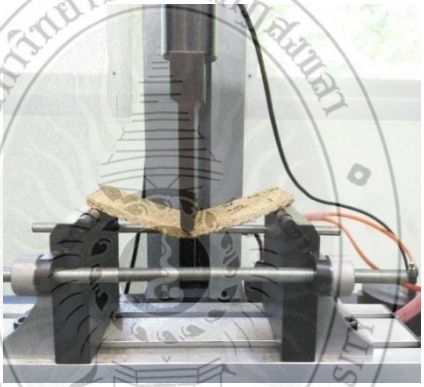
3.3 การทดสอบการพองตัวตามความหนา



(ก) นำชิ้นทดสอบแช่ในน้ำกลั่น 20±2 ℃

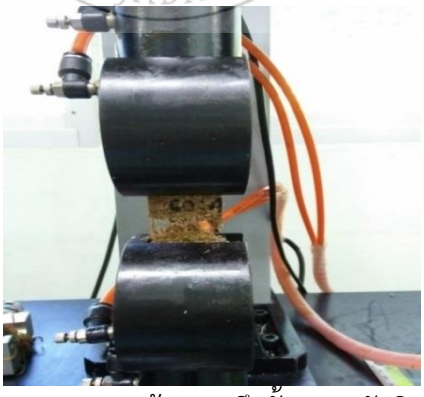
(ข) วางชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้อง

3.4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น



การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น

3.5 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า



การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า

4. สมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกในอัตราส่วน 60:40 ของแต่ละสูตร

สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

สูตรที่ 2 กาบมะพร้าว

สูตรที่ 3 หญ้าแฝก

5. สมบัติของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกในอัตราส่วน 70:30 ของแต่ละสูตร

สูตรที่ 1 ผสม (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

สูตรที่ 2 กาบมะพร้าว

สูตรที่ 3 หญ้าแฝก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ค
ข้อมูลการทดลอง

1. การทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

ตารางที่ 1-1 การวิเคราะห์ค่าร้อยละความหนาแน่น

อัตราส่วน	สูตร	ผลการทดสอบความหนาแน่น (kg/m^3)			
		1	2	3	เฉลี่ย
60:40	สูตรที่ 1	431.20	452.80	469.60	451.20
	สูตรที่ 2	434.40	456.80	420.00	437.06
	สูตรที่ 3	403.20	436.00	448.80	429.33
70:30	สูตรที่ 1	366.40	376.00	359.20	367.20
	สูตรที่ 2	338.40	355.20	347.20	346.93
	สูตรที่ 3	364.00	390.40	364.80	373.07

ตารางที่ 1-2 การวิเคราะห์ค่าร้อยละปริมาณความชื้น

อัตราส่วน	สูตร	ผลการทดสอบปริมาณความชื้น (%)			
		1	2	3	เฉลี่ย
60:40	สูตรที่ 1	4.28	4.48	4.96	4.57
	สูตรที่ 2	4.98	4.90	4.17	4.68
	สูตรที่ 3	4.39	4.22	4.54	4.38
70:30	สูตรที่ 1	4.07	3.93	3.75	3.92
	สูตรที่ 2	4.53	4.23	4.70	4.49
	สูตรที่ 3	4.41	4.12	4.09	4.21

ตารางที่ 1-3 การวิเคราะห์ค่าร้อยละการพองตัวตามความหนา

อัตราส่วน	สูตร	ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนา (%)			
		1	2	3	เฉลี่ย
60:40	สูตรที่ 1	24.37	27.81	27.30	26.49
	สูตรที่ 2	23.83	22.30	22.48	22.87
	สูตรที่ 3	-	-	-	-
70:30	สูตรที่ 1	14.41	14.13	14.56	14.37
	สูตรที่ 2	11.55	12.61	15.77	13.31
	สูตรที่ 3	-	-	-	-

หมายเหตุ: สูตรที่ 3 ทั้งสองอัตราส่วนไม่สามารถนำมาวัดค่าการพองตัวตามความหนาได้ เนื่องจากเมื่อนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชิ้นทดสอบมีการดูดซึมน้ำได้มากทำให้แผ่นอัดพองตัวและเปื่อยยุ่ย

2. การทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

ตารางที่ 2-1 การวิเคราะห์ค่าความต้านแรงดัดของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

อัตราส่วน	สูตร	ผลการทดสอบความต้านแรงดัด (MPa)			
		1	2	3	เฉลี่ย
60:40	สูตรที่ 1	0.9990	1.5444	1.2222	1.2552
	สูตรที่ 2	0.7938	0.8568	0.9216	0.8574
	สูตรที่ 3	0.8046	0.7452	1.2348	0.9282
70:30	สูตรที่ 1	0.8784	0.9126	0.5724	0.7878
	สูตรที่ 2	0.4572	0.5958	1.0872	0.7134
	สูตรที่ 3	0.8316	0.5688	0.7794	0.7266

ตารางที่ 2-2 การวิเคราะห์ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

อัตราส่วน	สูตร	ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)			
		1	2	3	เฉลี่ย
60:40	สูตรที่ 1	53.65	87.17	20.09	53.64
	สูตรที่ 2	19.76	50.20	46.64	38.87
	สูตรที่ 3	44.15	46.75	3.55	31.48
70:30	สูตรที่ 1	17.10	16.56	16.57	16.74
	สูตรที่ 2	9.02	25.80	42.46	25.76
	สูตรที่ 3	39.59	13.09	6.40	19.69

ตารางที่ 2-3 การวิเคราะห์ค่าความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า

อัตราส่วน	สูตร	ผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า (MPa)			
		1	2	3	เฉลี่ย
60:40	สูตรที่ 1	0.0076	0.0200	0.0193	0.0156
	สูตรที่ 2	0.0218	0.0117	0.0101	0.0145
	สูตรที่ 3	0.0161	0.0108	0.0156	0.0142
70:30	สูตรที่ 1	0.0092	0.0077	0.0063	0.0077
	สูตรที่ 2	0.0069	0.0117	0.0136	0.0107
	สูตรที่ 3	0.0091	0.0079	0.0070	0.0080

3. สรุปสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นอัดของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

ตารางที่ 3-1 สรุปสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

คุณสมบัติและประสิทธิภาพ	แผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก อัตราส่วน 60:40			แผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก อัตราส่วน 70:30			มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)
	สูตรที่ 1 กาว: กาบมะพร้าว: หญ้าแฝก	สูตรที่ 2 กาว: กาบมะพร้าว	สูตรที่ 3 กาว:หญ้าแฝก	สูตรที่ 1 กาว: กาบมะพร้าว: หญ้าแฝก	สูตรที่ 2 กาว: กาบมะพร้าว	สูตรที่ 3 กาว: หญ้าแฝก	
ความหนาแน่น	451.20	437.06	429.33	367.20	346.93	373.07	อยู่ในช่วง 400 ถึง 900 kg/m^3
ปริมาณความชื้น	4.57	4.68	4.38	3.92	4.49	4.21	อยู่ในช่วง 4 ถึง 13%
การพองตัวตามความหนา	26.49	22.87	-	14.37	13.31	-	ไม่เกิน 12%
ความต้านแรงดัด	1.2552	0.8574	0.9282	0.7878	0.7134	0.7266	ไม่น้อยกว่า 15 MPa
มอดุลัสยืดหยุ่น	53.64	38.87	31.48	16.74	25.76	19.69	ไม่น้อยกว่า 1,950 MPa
ความต้านแรงดึงตั้งขนานกับผิวหน้า	0.0156	0.0145	0.0142	0.0077	0.0107	0.0080	ไม่น้อยกว่า 0.45 MPa

ภาคผนวก ง
การคำนวณต้นทุนในการผลิต

1. คำนวณหาต้นทุนด้านวัสดุของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

กาวลาเท็กซ์ปริมาณ 907.18 กรัม ราคา 55 บาท

ถ้าใช้กาวลาเท็กซ์ปริมาณ 56.35 กรัม จะได้ = (55×56.35) / 907.18

= 3.42 บาท/แผ่น

2. คำนวณระยะเวลาในการผลิตแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

ระยะเวลาในการอัดขึ้นรูป 60 นาที เท่ากับ 1 ชั่วโมง

ถ้าใช้ระยะเวลาในการอัดขึ้นรูป 15 นาที จะได้ = (1×15) / 60

= 0.25 ชั่วโมง

3. คำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตต่อหน่วย

หน่วยไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) × ระยะเวลาในการอัดขึ้นรูป (ชั่วโมง)

= 5.6×0.25

= 1.40 หน่วย

4. คำนวณหาต้นทุนด้านพลังงานของแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

ค่าไฟฟ้า 1 หน่วย = 1.86 บาท

ถ้าค่าไฟฟ้า 1.40 หน่วย = (1.86×1.40)/ 1

= 2.60 บาท

5. ต้นทุนรวม

ต้นทุนรวม = ต้นทุนด้านวัสดุ+ต้นทุนด้านพลังงาน

= 3.42+2.60

= 6.02 บาท

6. คำนวณราคาแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ

แผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ = กว้าง×ยาว

= 122×244 เซนติเมตร

= 29,768 เซนติเมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

แผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก = กว้าง×ยาว

= 17×17 เซนติเมตร

= 289 เซนติเมตร

แผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟมีขนาด 29,768 เซนติเมตร ราคา 180 บาท

ถ้าแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝกมีขนาด 289 เซนติเมตร จะได้ = (180×289)/ 29,768

= 1.75 บาท

7. คำนวณการเปรียบเทียบแผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟกับแผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก

แผ่นไม้อัดเอ็มดีเอฟ = 1.75 บาท

แผ่นอัดจากกาบมะพร้าวและหญ้าแฝก = 6.02 บาท

ดังนั้น ราคาแตกต่างกัน = 6.02 - 1.75 บาท

= 4.27 บาท

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก จ
ตัวอย่างการคำนวณที่ใช้ในงานวิจัย

1. การคำนวณหาปริมาตรของเบ้าพิมพ์

ปริมาตร = กว้าง×ยาว×หนา

= 17×17×0.5 เซนติเมตร

= 144.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. การคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบในเบ้าพิมพ์

กำหนดให้ แผ่นอัดมีความหนาแน่น เท่ากับ 650 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร หรือ 0.65 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

โดย แผ่นอัดมีปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีมวล 0.65 กรัม

ถ้าเบ้าพิมพ์มีปริมาตร 144.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะได้ = (0.65×144.5) / 1

= 93.92 กรัม

3.การคำนวณสัดส่วนวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์): เส้นใย(กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

3.1 อัตราส่วน 50:50

ปริมาณวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์)

น้ำหนักของแผ่นอัด 100 กรัม ใช้กาวลาเท็กซ์ปริมาณ 50 กรัม

ถ้าน้ำหนักของแผ่นอัด 93.92 กรัม จะได้ = (50×93.92) / 100

= 46.96 กรัม

ปริมาณเส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

น้ำหนักของแผ่นอัด 100 กรัม ใช้ผงเส้นใยปริมาณ 50 กรัม

ถ้าน้ำหนักของแผ่นอัด 93.92 กรัม จะได้ = (50×93.92) / 100

= 46.96 กรัม

3.2 อัตราส่วน 60:40

ปริมาณวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์)

น้ำหนักของแผ่นอัด 100 กรัม ใช้กาวลาเท็กซ์ปริมาณ 60 กรัม

ถ้าน้ำหนักของแผ่นอัด 93.92 กรัม จะได้ = (60×93.92) / 100

= 56.35 กรัม

ปริมาณเส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

น้ำหนักของแผ่นอัด 100 กรัม ใช้ผงเส้นใยปริมาณ 40 กรัม

ถ้าน้ำหนักของแผ่นอัด 93.92 กรัม จะได้ = (40×93.92) / 100

= 37.57 กรัม

3.3 อัตราส่วน 70:30

ปริมาณวัสดุประสาน (กาวลาเท็กซ์)

น้ำหนักของแผ่นอัด 100 กรัม ใช้กาวลาเท็กซ์ปริมาณ 70 กรัม

ถ้าน้ำหนักของแผ่นอัด 93.92 กรัม จะได้ = (70×93.92) / 100

= 65.74 กรัม

ปริมาณเส้นใย (กาบมะพร้าวและหญ้าแฝก)

น้ำหนักของแผ่นอัด 100 กรัม ใช้ผงเส้นใยปริมาณ 30 กรัม

ถ้าน้ำหนักของแผ่นอัด 93.92 กรัม จะได้ = (30×93.92) / 100

= 28.18 กรัม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ฉ
ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อผู้ทำวิจัย นางสาวกรองกาญจน์ หลีหมัด

วัน/เดือน/ปีเกิด 13 มีนาคม 2538

ที่อยู่ 16 หมู่ 1 ซ.บ่อตรุ 2 (ตลาดกอไม้ไผ่) ต.บ่อตรุ อ.ระโนด จ.สงขลา 90140

เบอร์โทรศัพท์ 093-6530255

การศึกษา ศึกษาระดับปริญญาตรี
ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2. ชื่อผู้ทำวิจัย นางสาวพัชรีมาศ ลาเต๊ะ

วัน/เดือน/ปีเกิด 14 ธันวาคม 2537

ที่อยู่ 83 หมู่ 2 ต.เขาขาว อ.ละงู จ.สตูล 91110

เบอร์โทรศัพท์ 095-0321986

การศึกษา ศึกษาระดับปริญญาตรี
ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

บรรณานุกรม

กฤษดา คงเดิม. (2552). **การศึกษาการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากเศษเหลือของปาล์มน้ำมัน**. ปัญหาพิเศษ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

โจเซฟ เคตรี,จงจิตร หิรัญลาภ และ สโรชา เจริญชัย. (2544). **แผ่นชิ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนและใยมะพร้าว**. เข้าถึงได้จาก: http://www.kmutt.ac.th. (วันที่ค้นข้อมูล: 18 ธันวาคม 2560).

ฉันท์ทิพย์ คำนวณทิพย์ และ มณทิพย์ ล้อสุริยนต์. (2552). **แผ่นอัดจากใยมะพร้าว ชาญอ้อย ฟางข้าวและแกลบ**. ปัญหาพิเศษ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ณัฐพร เคียงคู่,สิรินารี เงินเจริญ และ ชัยฤกษ์ ตั้งเฮงเจริญ. (2556). **แผ่นกันความร้อนจากเศษฉลากและเส้นใยชาญอ้อย**. ปัญหาพิเศษ. คณะวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ดาแนล มาลินี และ มูฮัมหมัดไซดี มูสอ. (2556). **การพัฒนาแผ่นอัดจากผักตบชวาผสมต้นธูปฤาษี. ปัญหาพิเศษ**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ทรงกลด จารุสมบัติ. (2548). **คุณสมบัติของไม้ทางเคมี**. เข้าถึงได้จาก: http://www.baannatura.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 30 มีนาคม 2561).

นงท์นุช กลิ่นพิกุล. (2557). **การศึกษาแผ่นใยไม้อัดจากเศษขี้เลื่อยโดยใช้ผลผลิตจากครั่งเป็นตัวประสาน**. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

นิตยา พัดเกาะ. (2552). **การศึกษาการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ใหม่ กรณีศึกษาการนำฟางข้าวและเปลือกข้าวโพดมาผลิตแผ่นผนังเบาในงานก่อสร้าง**. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

นิตยสารเกษตรศาสตร์. (2557). **หญ้าแฝกหอม**. เข้าถึงได้จาก: http://www.ku.ac.th. (วันที่ค้นข้อมูล: 13 มิถุนายน 2560).

บริษัท เอสซีเปเปอร์แพ็ค. (2556). **กาวลาเท็กซ์**. เข้าถึงได้จาก: http://www.scpaperbox.blogspot.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 5 ธันวาคม 2560).

ผกามาศ ชูสิทธิ์ และ ภาณุเดช ขัดเงางาม. (2556). **การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติจากกาบมะพร้าวและต้นข้าวโพด**. ปัญหาพิเศษ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์,เกียรติคุณ รัตนปานนท์ และ นิธิยา รัตนปานนท์. (2560). **ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร**. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 28 เมษายน 2561).

พัชราภา มากคช. (2560). **มะพร้าว**. เข้าถึงได้จาก: http://www.patcharapafern0110.blogspot.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 16 มิถุนายน 2560)

ภาวดี เมธะคานน,วรธรรม อุ่นจิตติชัย,วริญญา โสมรัตน์ และ ภัทราภรณ์ นภาชัยเทพ. (2548). **สมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดผลิตจากกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ อัญชิสา สันติจิตโต. (2555). **คุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติ จากเส้นใยกาบมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง**. ปัญหาพิเศษ. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

เมธาวี พรสร้างสรรค์. (2552). **แผ่นฝ้าเพดานจากเส้นใยกก**. การค้นคว้าอิสระ. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วุฒิภูมิ บุญทรงสันติกุล. (2552). **แผ่นฝ้าเพดานจากผักตบชวาผสมไม้ก็อก**. การค้นคว้าอิสระ. คณะนวัตกรรมอาคาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. (ม.ป.ป.). **ผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้จากหญ้าแฝก**. เข้าถึงได้จาก: http//www.idd.go.th. (วันที่ค้นข้อมูล: 13 มิถุนายน 2560).

สุทธิชัย อุดมรัตน์ และ ผกามาศ ชูสิทธิ์. (2555). **แผ่นใยอัดจากเส้นใยต้นมันสำปะหลัง**. ปัญหาพิเศษ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (5 สิงหาคม 2547). **แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ**.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (24 มิถุนายน 2554). **โครงการฉลากเขียว**.

สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. (2547). **การใช้ประโยชน์ไม้ขั้นพื้นฐาน**. เข้าถึงได้จาก: http://www.forprod.forest.go.th. (วันที่ค้นข้อมูล: 27 มิถุนายน 2561).

สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. (ม.ป.ป.). **หญ้าแฝกเฉลิมพระเกียรติ**. เข้าถึงได้จาก: http://www.idd.go.th. (วันที่ค้นข้อมูล: 3 กรกฎาคม 2560).

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้. (ม.ป.ป.). **โครงการพัฒนากาวติดไม้**. เข้าถึงได้จาก: http://www.forprod.forest.go.th. (วันที่ค้นข้อมูล: 13 มิถุนายน 2560).

สุภิญญา ธาราดล. (2559). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซังข้าวโพดอัดขึ้นรูปเพื่องานประดิษฐ์**. วิทยานิพนธ์. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สิริชัย จิรวงศ์นุสรณ์,วิศิษฐ์ ลีลาผาติกุล และ ณิชาภา มีนาบูลย์. (2556). **การผลิตไม้อัดจากใบสนทะเลเพื่อเพิ่มมูลค่าจากขยะธรรมชาติ**. ปัญหาพิเศษ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

สักรินทร์ ยีสมันอาหลี,รอฮานี เอียดยี และ รมมียา โต๊ะยี. (2556). **การทดสอบประสิทธิภาพแผ่นอัดจากเปลือกไข่**. ปัญหาพิเศษ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

Nanagarden. (2559). **กาบมะพร้าว**. เข้าถึงได้จาก: http://www.nanagarden.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 5 ตุลาคม 2561).

Ruedee. (2555). **เส้นใยจากธรรมชาติ**. เข้าถึงได้จาก: http://www.ruedee.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 24 มีนาคม 2561).

108plywood. (2561). **ราคาไม้อัด**. เข้าถึงได้จาก: http://www.108wood.com. (วันที่ค้นข้อมูล: 23 เมษายน 2561).

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY