สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเตรียมแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม

วรางคณา วงศ์สิโรจน์กุล

อภิสรา เรืองกุล

อรนลิน ศิริวรรณ

บพ.
ก2981
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107730
วัน,เดือน,ปี 10 พ.ค. 2553

b 12210815
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preparation of particle board from mixture of coconut fibers and polystyrene foam

Ms. Varangkana Vongsirojkul

Ms. Apisara Ruengkul

Ms. Onalin Siriwan

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การเตรียมแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม

นักศึกษา วรางคณา วงศ์สิโรจน์กุล

อภิสรา เรืองกุล

อรนลิน ศิริวรรณ

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย	
กรรมการ อาจารย์ พรทิพย์ ศัพทอนันต์	
กรรมการ รศ. ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์	

.....

(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ เรื่อง การเตรียมแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม

นักศึกษา วรางคณา วงศ์สิโรจน์กุล

อภิสรา เรืองกุล

อรนลิน ศิริวรรณ

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2548

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมแผ่นใยไม้อัดที่ความหนาแน่น 300 กก. / ม^3 จากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาว 2 ชนิด ได้แก่ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นตัวประสาน ซึ่งใช้ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 5 7 9 และ 15 เปอร์เซ็นต์ในปริมาณเนื้อกาวแห้งเทียบกับน้ำหนักอบแห้งของเส้นใยมะพร้าวและโฟมพอลิสไตรีน นอกจากนี้ยังทำการทดลองศึกษา อัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวต่อโฟมพอลิสไตรีน โดยทำการเตรียมแผ่นใยไม้อัดที่ความหนาแน่น 300 กก. / ม^3 แล้วนำไปทดสอบ สมบัติการดูดซับน้ำ การพองตัว มอดุลัสยืดหยุ่น การโค้งงอสามจุด และสมบัติการดูดซับเสียง

จากการทดลองพบว่า แผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 15 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวต่อโฟมพอลิสไตรีนเท่ากับ 80/20 จะมีค่าการดูดซับน้ำและการพองตัวต่ำที่สุด แต่จะให้ค่าการโค้งงอสามจุด และมอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด ส่วนแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวต่อโฟมพอลิสไตรีนเท่ากับ 80/20 จะให้ค่าการดูดซับเสียงสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Preparation of particle board from mixture of coconut fibers and polystyrene foam

Name Ms. Varangkana Vongsirojkul
Ms. Apisara Ruengkul
Ms. Onalin Siriwan

Department Chemistry

Program Industrial Chemistry

Academic Year 2005

Special Project Advisor Assoc. Prof Dr. Malinee Chaisupakitsin

Abstract

This special project is studied on preparation of particle board from the mixture of coconut fibers and polystyrene foam by using 2 types of adhesives ; urea-formaldehyde and phenol-formaldehyde. Different amount of adhesives of 5%, 7%, 9% and 15% on dry basis of dry coconut fibers and polystyrene foam were investigated. Additionally, the ratio of coconut fibers and polystyrene foam were also studied. Then, water absorption, swelling, modulus of elasticity, three points bending and sound absorption properties were measured.

The results showed that particle board made from 15% of phenol-formaldehyde and ratio of coconut fibers/EPS at 80:20 provided low water absorption and swelling properties. On the other side, particle board made from 15% of urea-formaldehyde with ratio of coconut fibers/EPS of 80:20 exhibited the best sound absorption property

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย และ อาจารย์ พรทิพย์ ศัพทอนันต์ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่ช่วยกรุณาตรวจทาน และแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทดสอบสมบัติการดูดซับเสียง

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ เพื่อน น้อง และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงลงได้

นอกเหนือจากนี้ยังมีบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือแต่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นางสาววรางคณา วงศ์สิโรจน์กุล
นางสาวอภิสรา เรืองกุล
นางสาวอรนลิน ศิริวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 คอมโพสิต (Composite)	3
2.2 เมทริกซ์ (Matrices)	5
2.3 แผ่นใยไม้อัด (Fiber board)	6
2.4 มะพร้าว (Coconut)	7
2.5 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber)	9
2.5.1 เซลลูโลส (Cellulose)	9
2.5.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)	11
2.5.3 ลิกนิน (Lignin)	12
2.6 ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน	16
2.6.1 ปฏิกิริยาการเกิด ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6.2 สมบัติของยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน	19
2.6.3 เทคนิคการสังเคราะห์ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน	19
2.7 ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (PhenolFormaldehyde : Bakelite)	22
2.8 โฟมพอลิสไตรีน	23
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
3.1 การเตรียมการทดลอง	27
3.1.1 วัสดุทดลองและการเตรียม	27
3.1.1.1 การเตรียมเส้นใยทดลอง	27
3.1.1.2 การเตรียมกาว	29
3.1.1.3 การเตรียมโฟมพอลิสไตรีน	29
3.1.2 อุปกรณ์ในการทดลอง	30
3.2 การทำแผ่นใยไม้อัดที่ใช้ระดับความเข้มข้นของเนื้อกาวที่ต่างกัน	31
3.2.1 การวางแผนการทดลองในการวิจัย	31
3.2.2 การเตรียมความชื้นของเส้นใยเพื่อใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัด จากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม	33
3.2.3 ปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัด	33
3.2.3.1 สภาวะต่างๆที่กำหนดในการผลิต	33
3.2.3.2 ปริมาณส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัด	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.4 วิธีการผสมและผลิตแผ่นใยไม้อัด	34
3.2.4.1 ในการผสมกาวกับเส้นใย+โฟม	34
3.2.4.2 การโรยแผ่นเตรียมอัด	34
3.2.4.3 การอัดร้อน	34
3.2.4.4 การปรับความชื้น	34
3.2.5 การเตรียมชิ้นทดสอบในการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกล	34
3.3 การทดลองสมบัติของแผ่นใยไม้อัดที่ผลิตได้จากสภาวะการทดลอง	36
3.3.1 สมบัติทางกายภาพ	36
3.4.1.1 ความหนาแน่น	36
3.3.2 สมบัติเชิงกล	37
3.3.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น	37
3.3.3 สมบัติการดูดซับเสียง	39
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	40
4.1 ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์	40
4.1.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ	41
4.1.1.1 การพองตัว	41
4.1.1.2 การดูดซับน้ำ	42
4.1.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล	43
4.1.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น	43
4.1.2.2 การโค้งงอสามจุด	44
4.1.3 การศึกษาสมบัติการดูดซับเสียง	45
4.1.3.1 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต	45
4.1.3.2 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.3.3 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต	46
4.1.3.4 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต	46
4.1.3.5 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 4000 เฮิร์ต	47
4.2 ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	48
4.2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ	49
4.2.1.1 การพองตัว	49
4.2.1.2 การดูดซับน้ำ	50
4.2.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล	51
4.2.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น	51
4.2.2.2 การโค้งงอสามจุด	52
4.2.3 การศึกษาสมบัติการดูดซับเสียง	53
4.2.3.1 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต	53
4.2.3.2 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต	53
4.2.3.3 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต	54
4.2.3.4 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต	54
4.2.3.5 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 4000 เฮิร์ต	55
4.3 เปรียบเทียบระหว่างฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์กับยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	56
4.3.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ	57
4.3.1.1 การพองตัว	57
4.3.1.2 การดูดซับน้ำ	58
4.3.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล	59
4.3.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น	59
4.3.2.2 การโค้งงอสามจุด	60
4.3.3 การศึกษาสมบัติการดูดซับเสียง	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัย	62
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
5.3 การนำไปใช้ประโยชน์	63
เอกสารอ้างอิง	64
ภาคผนวก	67
สูตรการผลิตแผ่นใยไม้อัดในการทดลอง	68
ตัวอย่างการคำนวณสูตรการผลิตแผ่นใยไม้อัด	69
อัตราส่วนผสมในการทำแผ่นทดลอง	71
การทดสอบการพองตัว	73
การทดสอบการโค้งงอสามจุด	81
ค่าแรงกดสูงสุด และมอดุลัสยืดหยุ่น	89
ระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 2000 และ4000 เฮิร์ต	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบสมบัติและราคาของเส้นใยมะพร้าวกับเส้นใยธรรมชาติอื่นๆ	15
ตารางที่ 2.2 สมบัติเชิงกลของเส้นใยธรรมชาติ	16
ตารางที่ 3.1 สูตรการผลิตแผ่นใยไม้อัดในการทดลอง	33
ตารางที่ 3.2 การตัดชิ้นทดสอบ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ประเภทของวัสดุคอมโพสิต	4
รูปที่ 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของคอมโพสิต	4
รูปที่ 2.3 รูปแบบการจัดเรียงตัวของ (a) เทอร์โมพลาสติก (b) เทอร์โมเซท	5
รูปที่ 2.4 แสดงแผ่นกระดาษอัด	6
รูปที่ 2.5 แสดงขนาด ความหนาแน่น และรูปแบบกระบวนการผลิต	7
รูปที่ 2.6 มะพร้าว	8
รูปที่ 2.7 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส	9
รูปที่ 2.8 ลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลส	10
รูปที่ 2.9 โครงสร้างโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส	12
รูปที่ 2.10 โครงสร้างโมเลกุลทางเคมีของ ลิกนิน	13
รูปที่ 2.11 เส้นใยมะพร้าว	14
รูปที่ 2.12 ลักษณะพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยมะพร้าว	14
รูปที่ 2.13 สมบัติเชิงกลส่วนต่างๆของเส้นใยมะพร้าว	15
รูปที่ 2.14 การเกิดปฏิกิริยาของฟอร์มัลดีไฮด์กับแอลกอฮอล์	16
รูปที่ 2.15 การเกิดปฏิกิริยาของยูเรีย กับ ฟอร์มัลดีไฮด์	17
รูปที่ 2.16 การเกิดปฏิกิริยาของไดเมทิลออลยูเรีย กับสารประกอบที่มีหมู่ไฮดรอกซี	17
รูปที่ 2.17 ปฏิกิริยาการตกตะกอนของไดเมทิลออลยูเรีย ในสภาวะที่เป็นกรด	17
รูปที่ 2.18 โครงสร้างของสารพอลิเมอร์เชิงซ้อน	18
รูปที่ 2.19 โครงสร้างร่างแหของสารพอลิเมอร์เชิงซ้อน	18
รูปที่ 2.20 ปฏิกิริยาการกำจัดน้ำออกจากหมู่เมทิลออล	18
รูปที่ 2.21 กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.22 โฟมพอลิสไตรีน	23
รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเตรียมเส้นใยก่อนการอัดแผ่น	28
รูปที่ 3.2 เส้นใยมะพร้าวที่บดแล้ว	29
รูปที่ 3.3 เครื่อง Grinding Mill	29
รูปที่ 3.4 เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง	30
รูปที่ 3.5 เครื่องอัดขึ้นรูป	31
รูปที่ 3.6 แผนภูมิแสดงการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าว ผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม	32
รูปที่ 3.7 การตัดชิ้นทดสอบเพื่อใช้ทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล	35
รูปที่ 3.8 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นงาน	36
รูปที่ 3.9 การทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น	37
รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว	38
รูปที่ 3.11 แสดงการจัดวางเครื่องกำเนิดเสียง เครื่องวัดระดับความดันเสียง และแผ่นใยไม้อัด	39
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัว (%) กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานที่ เปอร์เซ็นต์กาว 5% 7% 9% และ15% ตามลำดับ	41
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับน้ำ (%) กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาว 5% 7% 9% และ15% ตามลำดับ	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคาล) กับเปอร์เซ็นต์กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ที่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างๆ 43

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโค้งงอสามจุด กับเปอร์เซ็นต์กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ที่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างๆ 44

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 250 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ 45

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 500 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ 45

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 1000 เฮิร์ตของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ 46

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 2000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ 46

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 4000 เฮิร์ตของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ 47

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัว (%) กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานที่ เปอร์เซ็นต์กาว 5% 7 % 9 % และ15 % ตามลำดับ 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับน้ำ (%)กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้ กาวยูเรียฟอร์-มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานที่เปอร์เซ็นต์กาว 5% 7% 9% และ15% ตามลำดับ 50

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคาล) กับเปอร์เซ็นต์กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ที่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างๆ 51

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโค้งงอสามจุด กับเปอร์เซ็นต์กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ที่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างๆ 52

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 250 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ 53

รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 500 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ 53

รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 1000 เฮิร์ตของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ 54

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 2000 เฮิร์ตของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 4000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ 55

รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัว (%) กับเปอร์เซ็นต์กาว ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 57

รูปที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับน้ำ (%) กับเปอร์เซ็นต์กาว ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 58

รูปที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคาล)กับเปอร์เซ็นต์กาว ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 59

รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโค้งงอสามจุดกับเปอร์เซ็นต์กาว ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 60

รูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับเปอร์เซ็นต์กาว ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ในปัจจุบันมีการใช้วัสดุประกอบ (composite) กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งวัสดุคอมโพสิตเป็นการนำวัสดุตั้งแต่ 2 ชนิด หรือ มากกว่ามาผสมเข้าด้วยกัน เพื่อปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ และเมทริกซ์ ให้ดีขึ้นและเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งาน หรือ ลดต้นทุนการผลิต โดยได้สมบัติที่ใกล้เคียงกับวัสดุเดิม ตัวอย่างคอมโพสิตที่ใช้ในปัจจุบัน เช่น ในอุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมสิ่งก่อสร้าง และทางการแพทย์ เป็นต้น

วัสดุดูดซับเสียง เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมสิ่งก่อสร้างที่ใช้กรุผนังหรือเพดาน เพื่อลดการสะท้อนเสียง โดยทำการปรุรูหรือเซาะร่องเป็นแบบต่างๆ เช่น ตามโรงภาพยนตร์ หรือ ห้องซ้อมดนตรี และเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตวัสดุดูดซับเสียง คือ ยิปซัม หรือ เส้นใยแก้ว ซึ่งมีราคาสูง ดังนั้นเพื่อลดต้นทุนการผลิต ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาและทดลองหาวัตถุดิบที่มีสมบัติใกล้เคียงหาง่าย และราคาถูก โดยวัตถุดิบที่เลือกใช้คือเส้นใยมะพร้าว และ โฟมพอลิสไตรีนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งการที่เลือกเส้นใยมะพร้าวมาเป็นวัตถุดิบ เนื่องจากประเทศไทยมีการปลูกมะพร้าวเป็นจำนวนมากและมีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย ส่วนโฟมพอลิสไตรีนเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ได้จากวัสดุกันกระแทก ซึ่งหาได้ง่าย และเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและทดลองทำการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม

1.2.3 เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถใช้ในงานก่อสร้างและเฟอร์นิเจอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การศึกษาขนาดและรูปร่างของเส้นใย

1.3.2 การเตรียมเส้นใยมะพร้าว

1.3.3 การบดย่อยเส้นใยมะพร้าว

1.3.4 การคัดขนาดเส้นใยมะพร้าว

1.3.5 การอบเส้นใยมะพร้าว

1.3.6 การศึกษาอัตราส่วนของเส้นใยมะพร้าวต่อโฟม และปริมาณกาว

1.3.7 การขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัด

1.3.8 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกล

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้และกรรมวิธีการผลิตแผ่นใยไม้อัดดูดซับเสียงจากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม

1.4.2 เพื่อลดต้นทุนและลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม

1.4.3 เพื่อนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.4.4 เพื่อเป็นแนวทางให้แก่โรงงานอุตสาหกรรมผลิตแผ่นใยไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

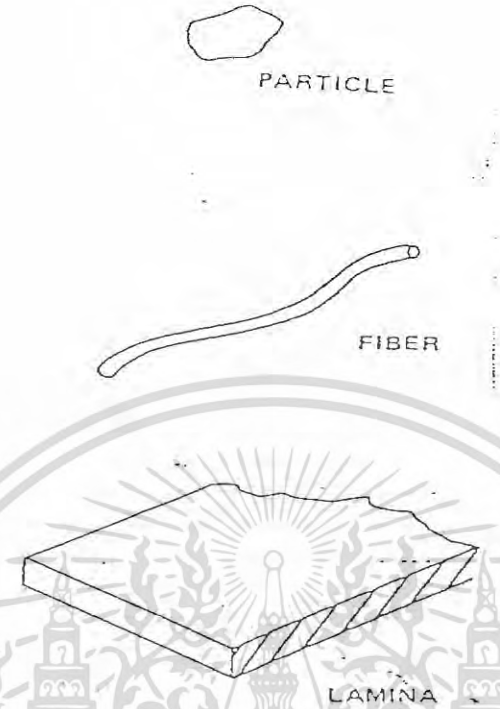
2.1 คอมโพสิต (Composite) [1]

คอมโพสิต คือของผสมระหว่างวัสดุ 2 ชนิดหรือมากกว่าเข้าด้วยกัน ซึ่งการนำมาผสมกันนั้นก็เพื่อที่จะทำให้สมบัติของพอลิเมอร์เมทริกซ์ดีขึ้นเหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น หรือลดต้นทุนการผลิตได้โดยได้สมบัติที่ใกล้เคียงกับวัสดุเดิม คอมโพสิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1. Laminar Composites
   เป็นคอมโพสิตที่เกิดจากการยึดติดระหว่างแผ่นวัสดุกับพอลิเมอร์เมทริกซ์ โดยอัดกันเป็นชั้นๆด้วยความดันสูง ตัวอย่างของคอมโพสิตประเภทนี้ได้แก่ กระดาษ หรือ ฟิล์ม เป็นต้น
2. Particulate Composites
   เป็นคอมโพสิตที่เกิดจากอนุภาคกระจายตัวในพอลิเมอร์เมทริกซ์ ซึ่งอนุภาคนั้นจะมีรูปร่าง การจัดเรียงตัวและขนาดแตกต่างกันไปเช่น อาจเป็นเม็ด ผลึก หรือ ผง คอมโพสิตประเภทนี้ได้แก่ คอนกรีต และ Particleboard
3. Fibrous Composites
   เป็นคอมโพสิตที่เกิดจากการนำเส้นใยมาเสริมแรงในพอลิเมอร์เมทริกซ์ โดนเส้นใยที่นำมาใช้นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท เช่น เส้นใยคาร์บอน (Carbon fibers) เส้นใยแก้ว (Glass fibers) หรือเส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers)

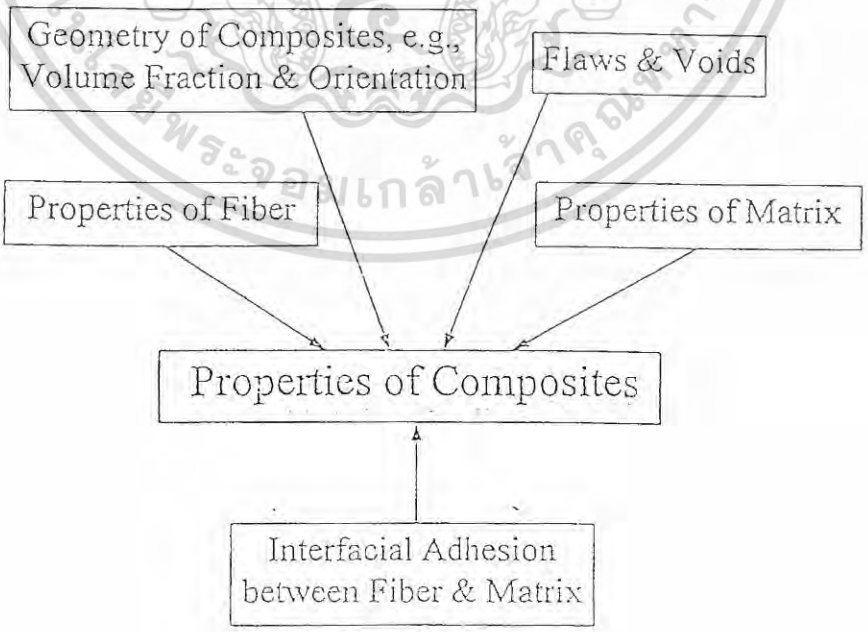
ในปัจจุบันพบว่าคอมโพสิตสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้ในงานหลายๆอย่างเช่นในอุตสาหกรรมรถยนต์ หรือใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งก่อสร้าง โดยกระบวนการผลิตคอมโพสิตนั้นสามารถที่จะทำได้หลายวิธี เช่น Compression molding หรือ Resin-tranfer molding เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ประเภทของวัสดุคอมโพสิต [2]

ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของคอมโพสิตแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของคอมโพสิต [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

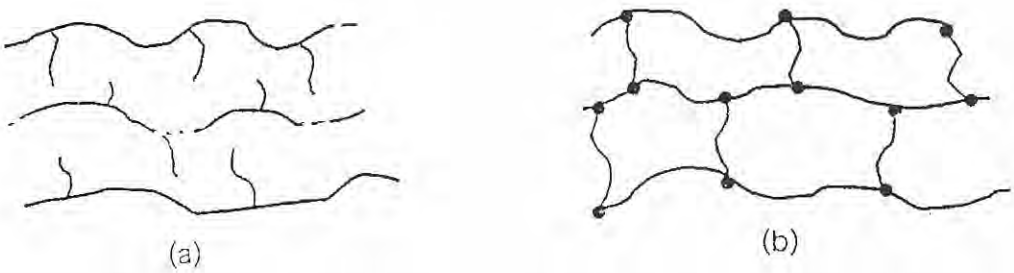
2.2 เมทริกซ์ (Matrices) [1]

เมทริกซ์เป็นวัสดุที่เป็นโครงสร้างหลักที่ทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวสารเสริมแรงในคอมโพสิต ส่วนมากมีค่าความแข็งแรงน้อยกว่าสารที่นำมาเสริมแรง ซึ่งในคอมโพสิตของเส้นใยเสริมแรง เมทริกซ์จะทำหน้าที่ถ่ายเทแรงไปยังเส้นใย นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ป้องกันการสึกหรอหรือเสียหายของเส้นใยจากแรงที่มากระทำ เมทริกซ์มีหลายชนิด

1. คาร์บอน (Carbon) มีความจุความร้อนต่อมวลสูง ใช้ทำคลัทช์ หรือ ผ้าเบรคในเครื่องบิน
2. โลหะ (Metals) ใช้แทนพอลิเมอร์ได้ในกรณีที่ต้องใช้ในอุณหภูมิสูง โดยโลหะที่ใช้ได้แก่ พวกเหล็ก นิกเกิล หรือ ไทเทเนียม เป็นต้น นอกจากนี้โลหะที่มีความหนาแน่นต่ำยังนิยมนำมาใช้เพื่อการออกแบบเครื่องบินหรือยานอวกาศอีกด้วย
3. เซรามิกส์ (Ceramics) เซรามิกส์คอมโพสิตใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์ของจรวด หรือใช้ทำผนังป้องกัน (Protective shields)
4. พอลิเมอร์ (Polymers) มีการใช้กันมากเนื่องจากมีสมบัติเชิงกลที่ดีและมีสมบัติเป็นฉนวนนอกจากนี้ยังมีกระบวนการผลิตที่ง่ายอีกด้วย พอลิเมอร์เมทริกซ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ เทอร์โมเซทและเทอร์โมพลาสติก

   4.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) โครงสร้างของโมเลกุลจะมีรูปทรงเชิงเส้น (Linear) และไม่มีพันธะเคมีเชื่อมระหว่างกัน เมื่อขึ้นรูปแล้วสามารถนำกลับมาหลอมเพื่อขึ้นรูปใหม่ได้อีกหลายครั้ง เช่น พอลิสไตรีน (PS) อะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน-สไตรีน (ABS) เป็นต้น

   4.2 เทอร์โมเซท (Thermoset) มีโครงสร้างเป็นสามมิติ ที่ยึดติดกันด้วยพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล เมื่อขึ้นรูปแล้วจะไม่สามารถนำกลับมาหลอมใหม่ได้ ตัวอย่างของเทอร์โมเซทได้แก่ Epoxy resin, Phenolic resin หรือ Polyurethanes เป็นต้น

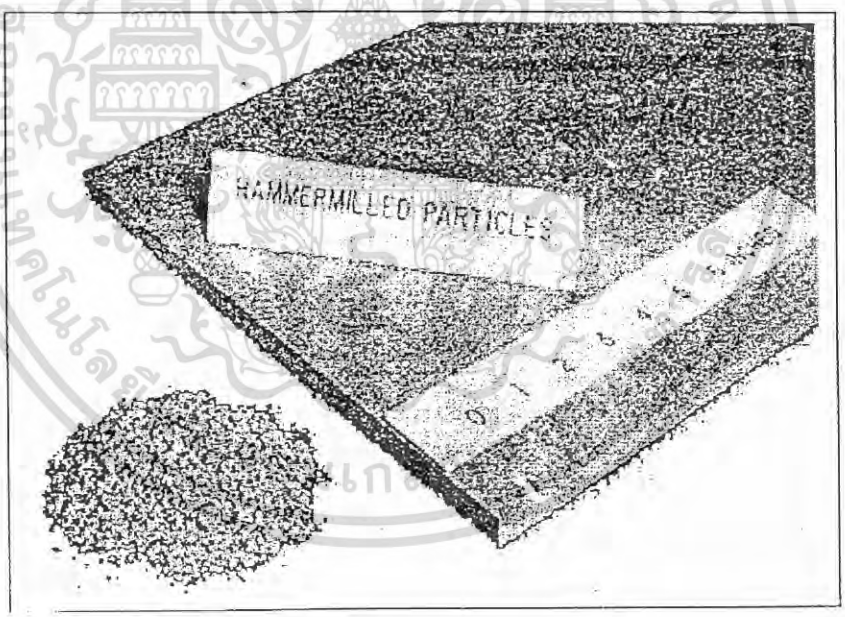


รูปที่ 2.3 รูปแบบการจัดเรียงตัวของ (a) เทอร์โมพลาสติก (b) เทอร์โมเซท [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

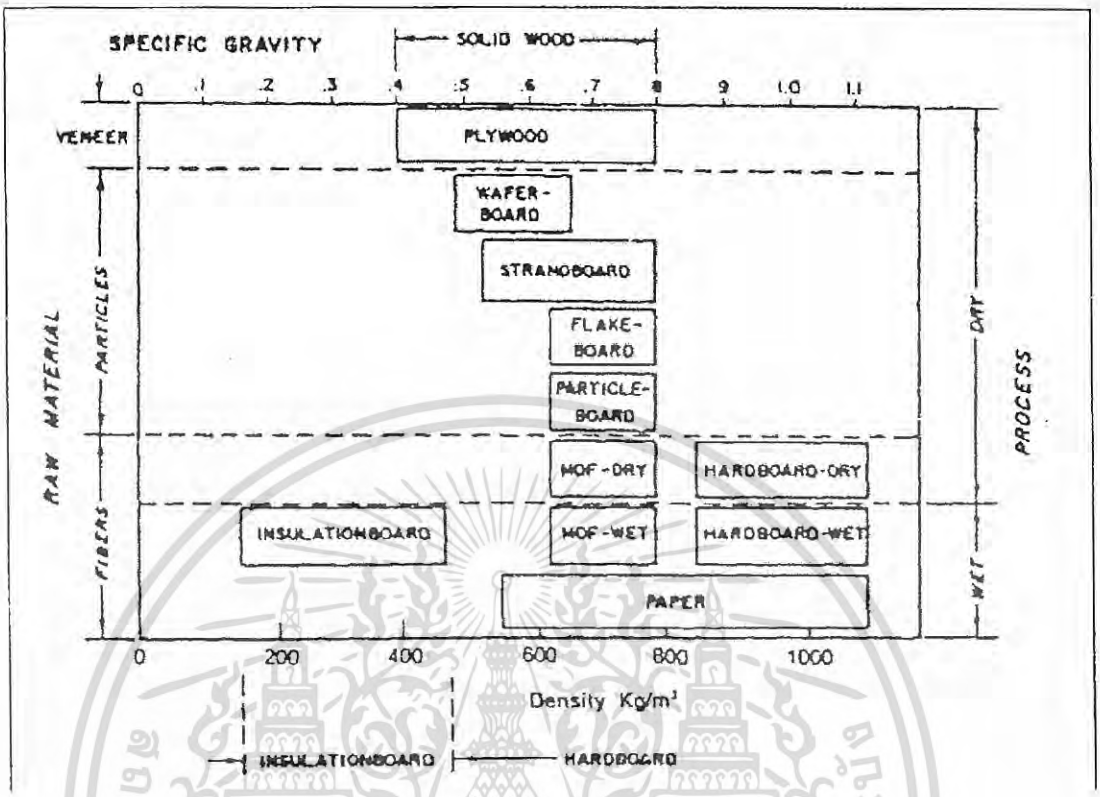
2.3 แผ่นใยไม้อัด (Fiber board) [4]

แผ่นใยไม้อัด (Fiber board) คือแผ่นวัสดุที่ทำจากเส้นใยหรือเยื่อของไม้ หรือทำจากวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของลิกนินและเซลลูโลสอื่นๆ โดยมีแรงยึดเหนี่ยวตัวภายในส่วนใหญ่ได้มาจากการเรียงตัวของเส้นใยและสมบัติการยึดเหนี่ยวตัวเข้าด้วยกัน ในระหว่างเส้นใยเอง อย่างไรก็ตามในระหว่างการผลิต อาจมีการผสมตัวประสานหรือวัสดุอื่นๆลงไปด้วยเพื่อให้เส้นใยไม้อัดที่ผลิตขึ้นมามีความแข็งแรง, ความต้านทานต่อความชื้น, ต้านทานไฟ, แมลง และการผุกร่อนเพิ่มขึ้น หรือเพื่อปรับปรุงสมบัติอื่นๆบางประการของแผ่นใยไม้อัดให้ดีขึ้นด้วยก็ได้ สารยึดติดส่วนใหญ่ได้แก่ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์, ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ สำหรับการเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น งานเฟอร์นิเจอร์ตกแต่งที่ใช้ภายในจะใช้สารยึดติดประเภทยูเรีย เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยนี้จะศึกษาแผ่นใยไม้อัดมวลเบาโดยใช้ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และ ฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด



รูปที่ 2.4 แสดงแผ่นกระดาษอัด [5] ,[6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงขนาด ความหนาแน่น และรูปแบบกระบวนการผลิต [5] ,[6]

2.4 มะพร้าว (Coconut) [7]

มะพร้าว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera Linn.* เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากคนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าวในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน ซึ่งจากสำนักงานสถิติแห่งชาติได้เคยสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผล/คน/ปี ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีพลเมืองประมาณ 55 ล้านคน จะใช้ผลมะพร้าวประมาณ 990 ล้านผล หรือประมาณ 65% ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณ 35% ของผลผลิตทั้งหมด หรือ 489 ล้านผล ใช้ในรูปของอุตสาหกรรมหรือส่งออกต่อไป ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มอุตสาหกรรมมะพร้าวใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือ

1. *ผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อการบริโภค* เช่น อุตสาหกรรมมะพร้าวแห้ง, อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว, อุตสาหกรรมกะทิเข้มข้น, อุตสาหกรรมมะพร้าวขูดแห้ง, อุตสาหกรรมน้ำตาลมะพร้าว
2. *ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมและอุปโภค* เช่น อุตสาหกรรมเส้นใยมะพร้าว, อุตสาหกรรมแท่งเพาะชำ, อุตสาหกรรมเผาถ่านจากกะลามะพร้าว, อุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิตมะพร้าวแต่ละปีจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 2,700 ล้านบาท คิดแล้วมูลค่ามหาศาล ซึ่งไม่ควรที่จะละเลยและ ควรเร่งหาทางในการส่งเสริมและพัฒนามะพร้าวต่อไป

รูปที่ 2.6 มะพร้าว [8] , [9]

มะพร้าวสามารถขึ้นได้ในทุกจังหวัดทั่วประเทศ แต่ขึ้นได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อยคือ (pH ระหว่าง 6-7) ลักษณะดินร่วน หรือร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี มีฝนตกกระจายสม่ำเสมอแทบทุกเดือน อากาศอบอุ่น หรือค่อนข้างร้อน และมีแสงแดดมาก

ภาคที่มีการปลูกมะพร้าวมากและปลูกเป็นอาชีพ คือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก

หลักทั่วไปในการคัดเลือกที่ปลูกมะพร้าวควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

-ดิน เป็นดินร่วน หรือร่วนปนทราย อุ้มน้ำได้ดี ถ้าเป็นดินเหนียวต้องมีการระบายน้ำดี สภาพดินเป็นกลาง หรือเป็นกรดเพียงเล็กน้อย pH ระหว่าง 6-7 หน้าดินมีความลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร ระดับน้ำใต้ดินไม่ควรตื้นกว่า 2 เมตร

-ปริมาณน้ำ ควรมีฝนตกไม่น้อยกว่า 1,300 มม./ปี และตกกระจายสม่ำเสมอแทบทุกเดือน ถ้ามีฝนตกน้อยกว่า 50 มม./เดือน เป็นเวลานานติดต่อกันเกินกว่า 3 เดือน ผลผลิตจะลดลง หรือไม่ให้ผลเลย

-อุณหภูมิ ถ้ามีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ติดต่อกันหลาย ๆ วัน มะพร้าวจะให้ผลน้อย อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ ระหว่าง 27$\pm$7 องศาเซลเซียส

-ระดับความสูงของพื้นที่ ถ้าปลูกมะพร้าวในที่ที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก ๆ มะพร้าวจะไม่ค่อย ออกผล การทำสวนเพื่อการค้าควรเป็นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เกิน 100 เมตร

-แสงแดด มะพร้าวต้องการแสงแดดประมาณวันละ 7 ชั่วโมง ถ้าปลูกมะพร้าวในที่แสงแดดส่องไม่ถึง ต้นจะสูงเร็ว และไม่ค่อยออกผลเนื้อในผลก็จะบาง จึงไม่ควรปลูกมะพร้าวในที่ร่มหรือปลูกถี่เกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber) [10]

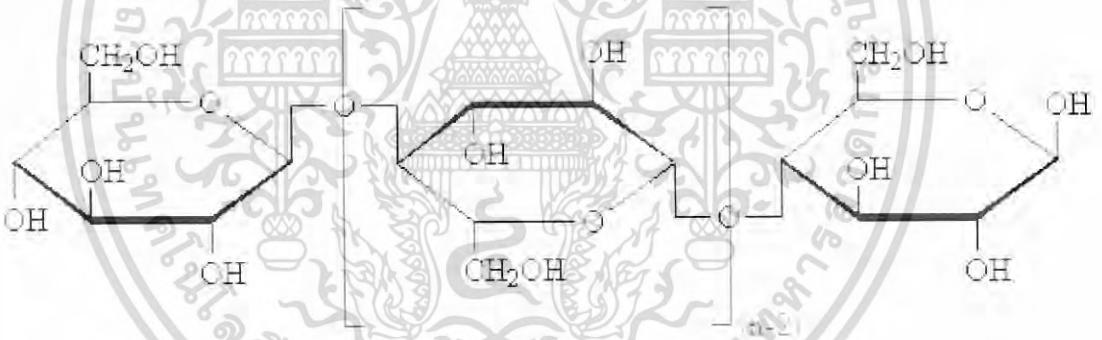
เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุอินทรีย์ที่สำคัญ หาได้ง่ายจากธรรมชาติและมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ด้วยเหตุนี้เส้นใยธรรมชาติจึงใช้เป็นสารเติมแต่งประเภทสารตัวเติมและสารเสริมแรงในพอลิเมอร์ เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เพิ่มปริมาณและลดต้นทุนการผลิต

โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติประกอบด้วยเซลลูโลส (Cellulose) เป็นส่วนใหญ่ เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่นๆ

2.5.1 เซลลูโลส (Cellulose)

เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีมากที่สุดและพบโดยทั่วไปในธรรมชาติ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืชทุกชนิด ปริมาณของเซลลูโลสในพืชต่างชนิดกัน จะมีปริมาณไม่เท่ากัน นอกนั้นเป็นลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่นๆ

เซลลูโลสเป็นสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccarides) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างประกอบด้วยกลูโคส (Glucose) ประมาณ 10,000 หน่วยต่อกันเป็นโมเลกุลพอลิเมอร์ ดังรูป 2.7

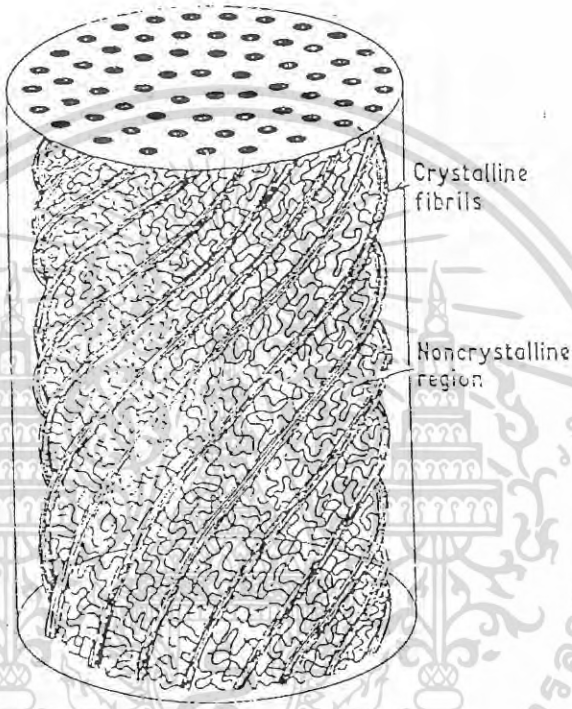


รูปที่ 2.7 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส [11]

โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส คือ poly(β-1,4-D-anhydroglucopyranose) แต่ละหน่วยของเซลลูโลสเรียกว่า แอนไฮโดรกลูโคส (Anhydroglucose , $C_6H_{10}O_5$) เพราะเกิดการขจัดน้ำออกจากกลูโคส เซลลูโลสธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยแตกต่างกัน เนื่องจากเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ถึง 3 หมู่ จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสจึงมาก ประกอบกับการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบของหน่วยที่ซ้ำๆกันในโมเลกุลเซลลูโลสจึงมีปริมาณความเป็นผลึกสูง (Degree of crystallinity) คือมีค่าประมาณร้อยละ 60-80 ทำให้อุณหภูมิหลอมตัวสูงมาก จะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมเหลว และมีความสามารถในการละลายต่ำ ทนทานต่อตัวทำละลายและสารเคมี โดยมีสารเคมีที่มีความสามารถละลายเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ไม่กี่ชนิด เช่น กรดกำมะถัน (> 68%) กรดเกลือ (> 41%) สังกะสีคลอไรด์ สารประกอบแอมโมเนียมจตุรภูมิ (Quaternary ammonium compound) สารประกอบเชิงซ้อนบางชนิด ถ้าเซลลูโลสอยู่ในตัวทำละลายที่มีขั้วสูง รวมทั้งน้ำ จะบวม (swell) เล็กน้อยเท่านั้นในแหล่งของโมเลกุลที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous regions)



รูปที่ 2.8 ลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลส [12]

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส

1. ความหนาแน่น

   ความหนาแน่นของเซลลูโลสประมาณ 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาแน่นของเส้นใยเดี่ยวมีค่าไม่แน่นอน ซึ่งแปรตามแหล่งที่มาและการปรับปรุงทางเคมี

2. การดูดซับความชื้น

   เซลลูโลสเป็นของแข็งไม่มีสี มีการดูดและคายไอน้ำและของเหลวอื่นๆที่อยู่ในบรรยากาศรอบๆจนกระทั่งถึงสมดุล ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อสมบัติบางอย่าง เช่น ความแข็งแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การละลาย

เซลลูโลสไม่ละลายในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะละลายในกรดแร่เข้มข้น เช่น 72% กรดซัลฟิวริก 40% กรดไฮโดรคลอริก และ 78% กรดฟอสฟอริก เซลลูโลสจะเกิดไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วในสารละลายกรดแร่ที่อุณหภูมิห้องและปฏิกิริยาจะหยุดที่อุณหภูมิต่ำๆ

สารละลายเกลือบางชนิดที่เข้มข้น เช่น 72% ซิงค์คลอไรด์ และสารละลายอัลคาไลด์ไฮดรอกไซด์จะทำให้เซลลูโลสบวมและเซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆละลายได้

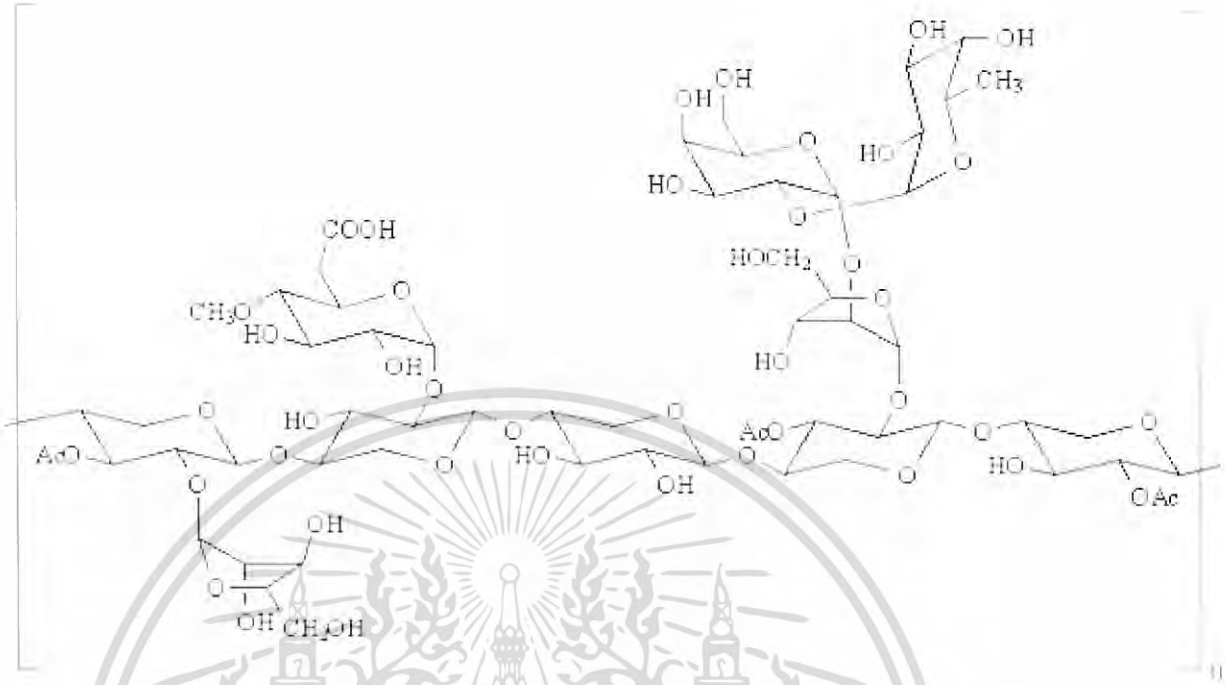
4. ความหนืด

ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซลลูโลสโดยถ้าเราเพิ่มความเข้มข้นของเซลลูโลสความหนืดก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งจะทำให้มีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น

2.5.2 <u>เฮมิเซลลูโลส</u> (Hemicellulose)

เฮมิเซลลูโลสเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่ง ซึ่งคล้ายเซลลูโลสแต่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิด เช่น กลูโคส กาแลกโตส แมนโนส (Mannose) ไซโลส (Xylose) อะราบิโนส (Arabinose) รวมทั้งกรดกลูคูโรนิค (Glucuronic acid) และกาแลกทูโรนิค (Galacturanic acid) เฮมิเซลลูโลสพบในเนื้อเยื่อของพืชโดยรวมอยู่กับสารอื่น เช่น ลิกนิน เซลลูโลส เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ พบมากในแกลบ ซังข้าวโพด เฮกโซแซน (Hexosan) สูตรเคมี คือ $(C_6H_{10}O_5)_{2n}$ โครงสร้างทางเคมีแสดงดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

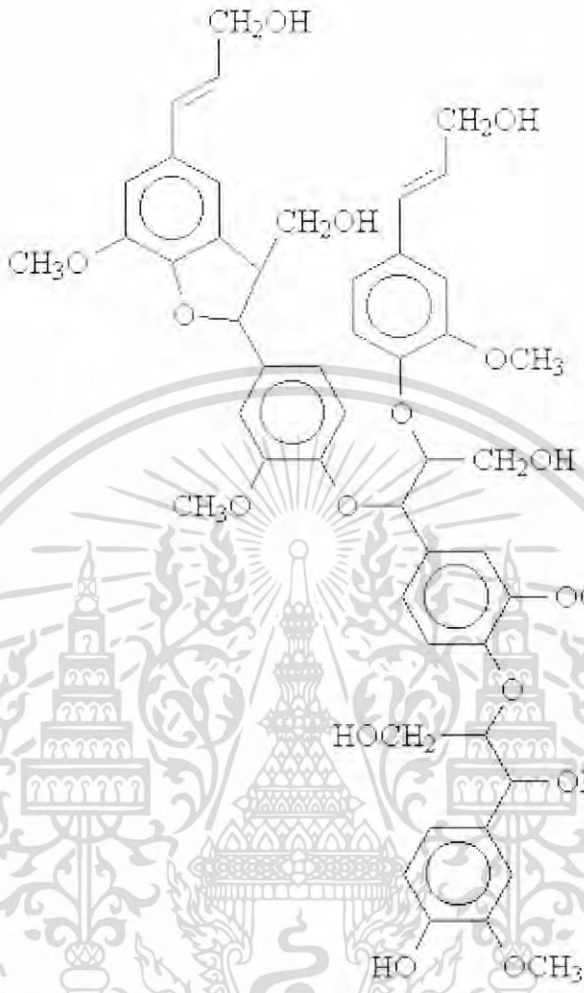


รูปที่ 2.9 โครงสร้างโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส [11]

2.5.3 ลิกนิน (Lignin)

ลิกนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (สารที่ประกอบด้วยธาตุ C, H และ O รวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิดซึ่งเป็นสารประกอบอะโรมาติก) ที่รวมกับเซลลูโลสสะสมที่ผนังเซลล์ ผนังของสเกลอแรงคิมาไซเลม เวสเซลและเทรคีด ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น จึงทำให้ต้นไม้หรือพืชที่มีลิกนินมากมีความแข็งแรงคงทน เมื่อพืชตาย ลิกนินจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ลิกเนส (Lignase) หรือ ลิกนินเนส (Ligninase) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในรา ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของลิกนิน แสดงดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



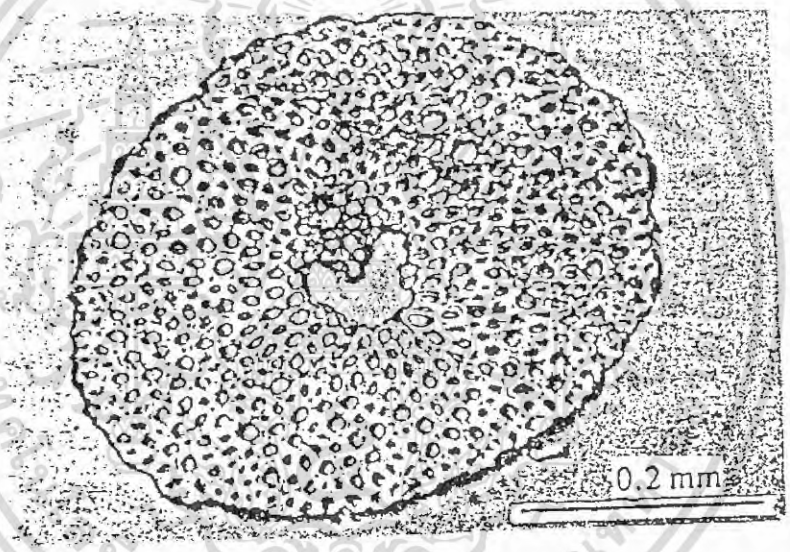
รูปที่ 2.10 โครงสร้างโมเลกุลทางเคมีของ ลิกนิน [11]

ปัจจุบันเส้นใยธรรมชาติได้รับความสนใจในการนำมาทำวัสดุเสริมแรง โดยเฉพาะในคอมโพสิต ตัวอย่างเช่น ป่านศรนารายณ์ (Sisal) ใบสับปะรด (Pineapple leaf) ไผ่ (Bamboo) และอื่นๆ เส้นใยที่ได้รับความสนใจทำการศึกษาอีกชนิดคือ เส้นใยมะพร้าว (Coir fibers) ซึ่งเส้นใยมะพร้าวนี้ทำจากกาบมะพร้าว โดยทำการปอกเปลือกชั้นนอกออก โดยเฉลี่ยแล้ว มะพร้าวประมาณ 18 ลูก สามารถผลิตเส้นใยมะพร้าวได้ประมาณ 1 กิโลกรัม เส้นใยมะพร้าวที่ได้จากกาบมะพร้าวจะผ่านเครื่องตี แยกฟอง หรือขุยมะพร้าวออกแล้วตากแห้ง

เส้นใยมะพร้าวสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรม ผลิตที่นอน เบาะรถยนต์ และ เบาะนั่งโซฟา พรมเช็ดเท้า แปลงแผ่นฉนวนป้องกันเสียงและความร้อน เชือก ของใช้เบ็ดเตล็ดและเครื่องตกแต่งต่างๆ

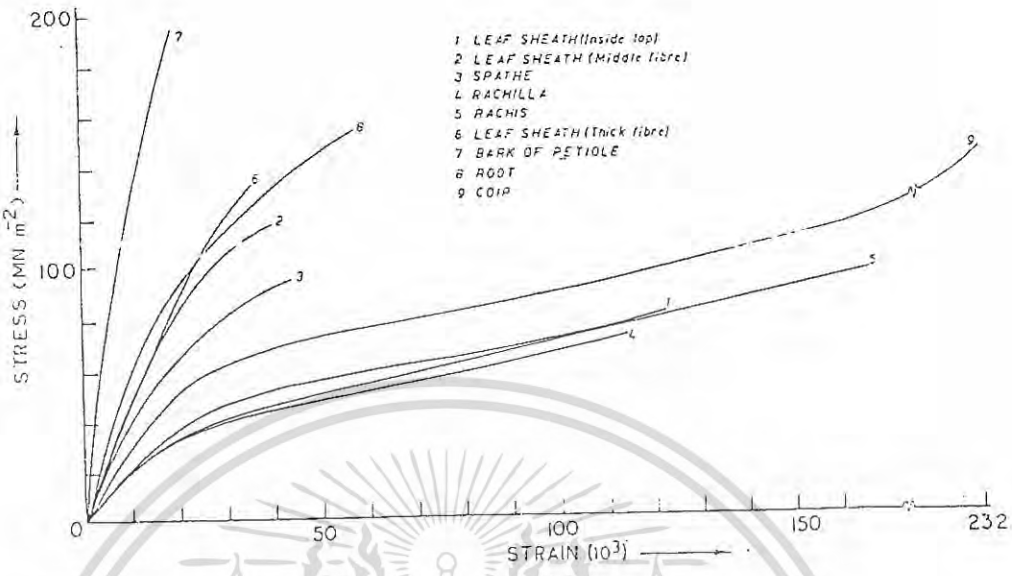
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 เส้นใยมะพร้าว [13]



รูปที่ 2.12 ลักษณะพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยมะพร้าว [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 สมบัติเชิงกลส่วนต่างๆของเส้นใยมะพร้าว [14]

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบสมบัติและราคาของเส้นใยมะพร้าวกับเส้นใยธรรมชาติอื่นๆ [15]

	coir	Banana	Sisal	Pineapple	Jute
Diameter (*um*)	100-460	80-250	50-200	20-80	-
Density (g cm^{-3})	1.15	1.35	1.45	1.44	1.45
Microfibrillar angle (^{o})	30-49	11	10 22	14-18	8.1
Cellulose/Lignin content(%)	43/45	65/5	67/12	81/12	63/12
Elastic modulus (GPa)	4-6	8-20	9-12	43-81	20-22
Tenacity (Mpa)	131-175	529-759	568-640	413-1627	533
Elongation (%)	15-40	1.0-3.5	3-7	0.8-1.6	1-1.2
Cost (relative to coir)	1	3	1.5	1.5	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 สมบัติเชิงกลของเส้นใยธรรมชาติ [16]

Fiber	Fineness, km/kg	Tensile strength[b], km	Elongation, %	Modulus of elasticity[c], N/tex[d]	Modulus of rupture, mN/tex[d]
Bast (soft) fibers					
flax		24–70	2–3	18–20	8–9
hemp	139	38–62	1–6	18–22	6–9
jute	489	25–53	1.5	17–18	2.7–3
kenaf	180	24	2.7		
ramie		32–67	4.0	14–16	11
urena	342	16	1.9		
Leaf (hard) fibers					
abaca	32	32–69	2–4.5		6
cantala	58	30			
henequen	32	20–42	3.5–5		
istle	34	22–27	4.8		
phormium	38	26			
sansevieria	118	43	4.0		
sisal	40	36–45	2–3	25–26	7–8
Seed hair					
kapok		16–30	1.2	13	10
Others					
coir		18	16	4.3	16

2.6 ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน[17]

2.6.1 <u>ปฏิกิริยาการเกิด ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน</u> ฟอร์มัลดีไฮด์จะเกิดปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ ดังนี้

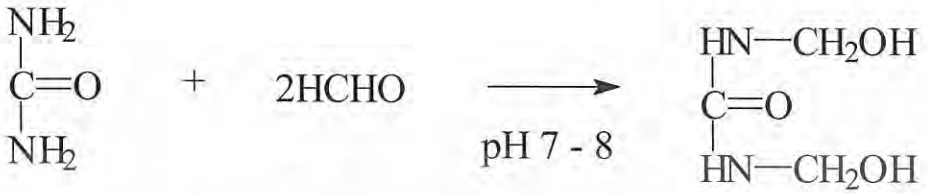
รูปที่ 2.14 การเกิดปฏิกิริยาของฟอร์มัลดีไฮด์กับแอลกอฮอล์ [17]

ภายใต้สภาวะความเป็นกรด ฟอร์มัลดีไฮด์สามารถเกิดปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซีเกิด เป็นอีเทอร์ ดังปฏิกิริยาที่แสดงไว้ข้างต้น และเนื่องจากเซลลูโลสประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซีที่สามารถเกิดปฏิกิริยาในลักษณะเดียวกัน ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ ยูเรีย- ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน เพื่อเป็นสารยึดติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ยูเรีย กับ ฟอร์มัลดีไฮด์ จะเกิดปฏิกิริยาในสภาวะที่เป็นกลางได้เป็นผลิตภัณฑ์ เป็นไดเมทิลออลยูเรีย ดังสมการและใช้ปฏิกิริยาการควบแน่นทำให้เกิดการตกตะกอน

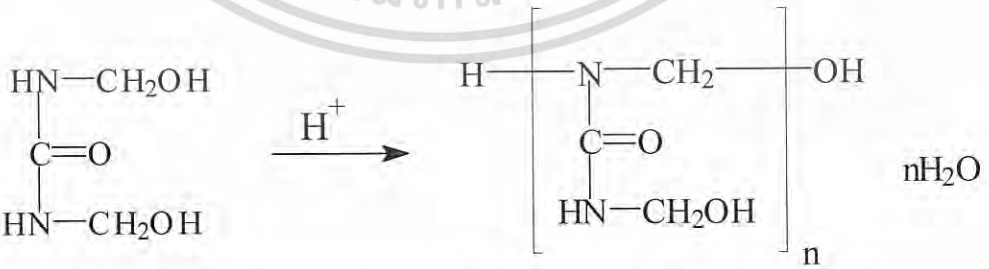


รูปที่ 2.15 การเกิดปฏิกิริยาของยูเรีย กับฟอร์มัลดีไฮด์ [17]

ไดเมทิลออลยูเรียจะเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบที่มีหมู่ไฮดรอกซีได้เป็น

รูปที่ 2.16 การเกิดปฏิกิริยาของไดเมทิลออลยูเรีย กับสารประกอบที่มีหมู่ไฮดรอกซี [17]

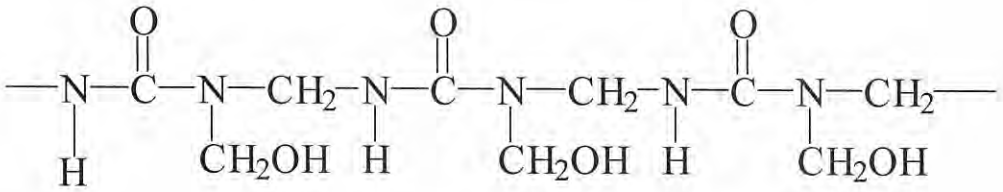
ในเซลลูโลสก็สามารถเกิดปฏิกิริยาเช่นนี้ได้โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง แต่อย่างไรก็ตาม ไดเมทิลออลยูเรีย ก็ยังไม่ได้รับการยอมรับเนื่องจากสามารถละลายน้ำได้ทำให้การยึดติดของเส้นใยไม่ดี ดังนั้นจึงต้องทำปฏิกิริยาให้ ยูเรีย กับ ฟอร์มัลดีไฮด์ ได้สารพอลิเมอร์เชิงซ้อนโดยให้ตกตะกอนในสภาวะที่เป็นกรด



รูปที่ 2.17 ปฏิกิริยาการตกตะกอนของไดเมทิลออลยูเรีย ในสภาวะที่เป็นกรด [17]

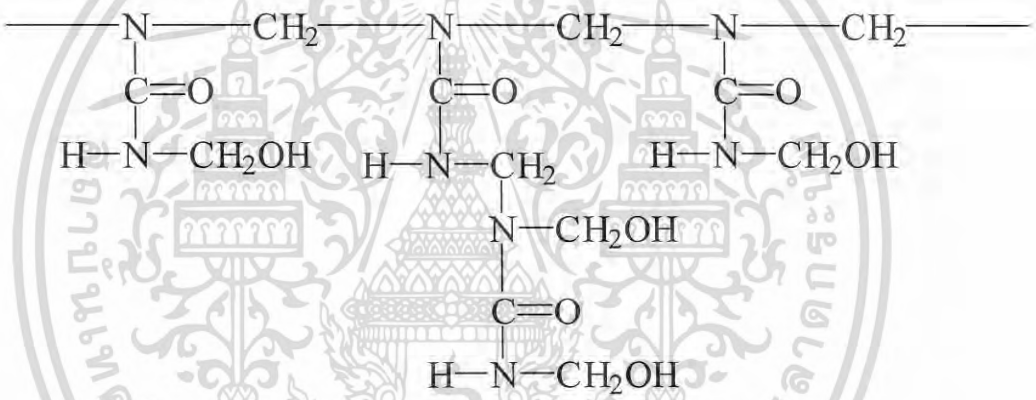
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
107730

จะได้เป็นพอลิเมอร์ โดยการต่อนั้นอาจเป็นแบบ head-to-head หรือ head-to-tail ก็ ได้



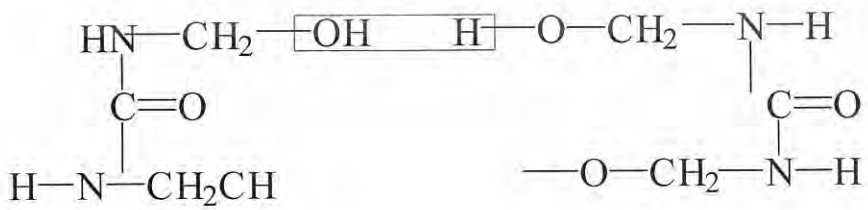
รูปที่ 2.18 โครงสร้างของสารพอลิเมอร์เชิงซ้อน [17]

สามารถเกิดโครงสร้างร่างแหได้ดังนี้



รูปที่2.19 โครงสร้างร่างแหของสารพอลิเมอร์เชิงซ้อน [17]

โดยเกิดจากการกำจัดโมเลกุลน้ำออกจากหมู่เมทิลออลได้เป็นพันธะไดเมทิลลีน-อีเธอร์



รูปที่ 2.20 ปฏิกิริยาการกำจัดน้ำออกจากหมู่เมทิลออล [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 สมบัติของยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน[18]

ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินเป็นเรซินราคาถูก มีความเป็นพิษต่ำ ความแข็งแรงสูง สามารถใช้กับวัสดุหลายชนิด จุดอ่อนของเรซินชนิดนี้คือ ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ภายนอกหรือในอาคารที่มีความชื้นสูง เพราะจะทำให้ฟอร์มาลดีไฮด์ระเหยออกมาได้ง่าย เมื่อพิจารณาถึงความคงทนของพันธะเคมีในยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินที่แข็งตัว พบว่า พลังงานพันธะคาร์บอน-ออกซิเจน ระหว่างเรซินกับเซลลูโลสมีค่าต่ำและพันธะของคาร์บอน-ไนโตรเจนจะให้ความคงทนสูง

สำหรับยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินที่จำหน่ายในท้องตลาด แบ่งออกเป็น2 ชนิด คือ

1. กาวน้ำ (Liquid syrup) เป็นวัสดุสำเร็จรูปสำหรับนำไปใช้ได้เลย มีเนื้อกาว ประมาณ 60-70% แต่จะมีอายุการใช้งานสั้น

2. กาวผง (Powder) เป็นกาวชนิด parital polymerized urea resin วิธีทำโดยใช้ การพ่นยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินลงในถังที่ร้อน และทำให้เป็นสุญญากาศจะได้เป็นกาวผงก่อนนำมาใช้ต้องผสมกับน้ำและตัวเร่งปฏิกิริยาตามส่วนตามวิธีแนะนำของแต่ละบริษัทที่ผลิต

2.6.3 เทคนิคการสังเคราะห์ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน[19]

ในการสังเคราะห์กาวสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมไม้ จำเป็นต้องสามารถควบคุมขนาดของพอลิเมอร์ที่เกิดจากปฏิกิริยาควบแน่นได้ เพราะว่าสมบัติของเรซินจะขึ้นอยู่กับขนาดของพอลิเมอร์ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การวัดขนาดพอลิเมอร์ทำโดยการวัดความหนืดของสารละลายในระยะแรกความหนืดของสารละลายจะมีค่าต่ำ และจะค่อยๆสูงขึ้น สารละลายจะเปลี่ยนสีจากใสเป็นขุ่นขณะที่พอลิเมอร์เหล่านี้ยังละลายน้ำอยู่ ขนาดของโมเลกุลจะเปลี่ยนค่าจาก 200-800 โมเลกุลในระยะแรก 2000-3000 โมเลกุล เมื่อเป็นกาวสำเร็จรูป ในแต่ละครั้งที่ทำปฏิกิริยาควบแน่นจะได้น้ำออกมาจากปฏิกิริยาดังกล่าว ในขณะที่พอลิเมอร์มีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีการวิเคราะห์หาปริมาณการละลาย, ความหนืด, pH และความเข้มข้น เป็นต้น อย่างไรก็ตามปัจจัยที่สำคัญ และมีผลต่อสมบัติขั้นสุดท้ายของยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน ได้แก่ ความบริสุทธิ์ของรีเอเจนต์, สัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน, การควบคุมpH และวิธีการสังเคราะห์ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. *ความบริสุทธิ์ของสารยูเรียและฟอร์มัลดีไฮด์*

ความบริสุทธิ์ของสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ในการสังเคราะห์ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน เป็นสิ่งสำคัญมากกว่าความบริสุทธิ์ของยูเรียที่มีค่าสูงอยู่แล้ว โดยปกติแล้วสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้จะมีเมทานอลผสมอยู่ไม่เกิน 1% และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ในท้องตลาดเข้มข้น 37-41% จะมีเมทานอลผสมอยู่ 6-12% เพื่อทำให้สารดังกล่าวเสถียร ดังนั้นก่อนที่จะนำสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์มาใช้จำเป็นต้องกลั่นเมทานอลออกมาก่อน เพราะสารนี้จะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินที่สังเคราะห์ขึ้นมามีสมบัติการดูดน้ำมากขึ้นตั้งแต่ 6-10%

2. *สัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มัลดีไฮด์*

ในการสังเคราะห์ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน นิยมใช้สัดส่วนยูเรียต่อฟอร์มัลดีไฮด์ระหว่าง 1:1.4–1:1.6 ในสารละลายน้ำ อย่างไรก็ตามการเร่งปฏิกิริยาการสร้างหมู่เมทิลออลในระยะแรกทำได้ โดยการแบ่งยูเรีย ออกเป็น 2 ถึง 3 ส่วนแล้วค่อยๆเติมยูเรียที่แบ่งออกมาในตอนหลัง การปฏิบัติดังกล่าวเป็นผลให้มีการสร้างยูเรียได้มากและเร็วขึ้นในระยะแรก เทคนิคนี้ใช้มากในการสังเคราะห์ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินในอุตสาหกรรมก่อนเติมยูเรียในสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ จำเป็นต้องกลั่นเอาเมทานอลออกจากสารละลายดังกล่าวให้ได้มากที่สุด จากนั้นต้องทำสารละลายให้เป็นกลางแล้วจึงเติมยูเรียลงไป ระยะแรกของการทำปฏิกิริยาสัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มัลดีไฮด์เป็น 1:2.2 เพื่อเป็นช่วงการเร่งปฏิกิริยาการสร้างหมู่เมทิลออล การเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายจนเดือดจะช่วยเร่งปฏิกิริยาการสร้างหมู่เมทิลออลให้เร็วยิ่งขึ้นด้วย ปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิดที่อุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส ความร้อนจากปฏิกิริยาสามารถทำให้การเดือดของสารละลายดำเนินต่อไป โดยไม่ต้องใช้ความร้อนจากภายนอกมาช่วย การทำปฏิกิริยาจะอยู่ภายใต้การกลั่นไหลกลับประมาณ 10-30 นาที เพื่อสร้างหมู่เมทิลออล การเติมกรดลงไปเล็กน้อยให้มี pH 4.8-5.0 จะช่วยเร่งปฏิกิริยา เป็นผลให้ค่าความหนืดของสารละลายมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อสารละลายมีความหนืดให้ลดอุณหภูมิลงเหลือ 25- 30 องศาเซลเซียส แล้วเติมยูเรียที่เหลือลงไปให้สัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มัลดีไฮด์เป็น 1:1.4-1:1.7 คนสารละลายที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง แล้วปรับ pH ให้เหมาะสมเพื่อยืดอายุของกาวสังเคราะห์ได้

สัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มัลดีไฮด์ ยังมีผลต่อสมบัติของยูเรีย–ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินแข็งตัวด้วย เช่น ถ้าใช้ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์สูงเกินไป ความทนทานของกาวต่อน้ำจะลดลง และทำให้เรซินที่สังเคราะห์แล้ว มีฟอร์มัลดีไฮด์ที่ไม่ทำปฏิกิริยาหลงเหลืออยู่ ซึ่งเป็นสิ่งรบกวนในการผลิตในอุตสาหกรรมไม้ และผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ตามมาอีกด้วย การใช้ฟอร์มัลดีไฮด์น้อยเกินไปจะทำให้ความหนืดของกาวต่ำ และเพิ่มเวลาเป็นเจลของกาว และยังอาจเป็นผลให้การแข็งตัวของกาวไม่สมบูรณ์

3. *การสังเคราะห์ยูเรีย–ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน*

จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องควบคุม pH ของสารละลาย สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ที่จำหน่ายในท้องตลาดจะมีกรดฟอร์มิกผสมอยู่อย่างน้อย 0.5–1.0% ซึ่งในอุตสาหกรรมในการผลิตเรซิน ดังกล่าวยอมให้มีกรดนี้ไม่เกิน 0.05–0.01% ดังนั้นจึงต้องลดปริมาณกรดดังกล่าว กรดจะทำให้การควบคุมปฏิกิริยาเป็นไปได้ยาก เพราะกรดเป็นสารเร่งปฏิกิริยาควบแน่นให้เกิดเป็นเจลมีสีขาวในระยะแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเกิดการแข็งตัวติดกับภาชนะที่ใช้สังเคราะห์ในระยะสุดท้ายซึ่งจะเป็นปัญหาในการสังเคราะห์เรซินครั้งต่อไป

ถ้า pH ของสารละลายต่ำกว่า 4.8–5.0 จะเกิดปฏิกิริยาควบแน่นแบบคายความร้อน และไม่สามารถควบคุมได้ จนกระทั่งได้สารของแข็งสีขาวซึ่งใช้ประโยชน์ไม่ได้เลย ดังนั้นในการสังเคราะห์ยูเรีย–ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน จำเป็นต้องควบคุม pH ของสารละลายไม่ให้ต่ำกว่า 4.8-5.0 เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการควบแน่นมากเกินไป

4. *การควบคุมปฏิกิริยาการสังเคราะห์ยูเรีย–ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน ในระดับอุตสาหกรรม*

การควบคุมปฏิกิริยาทำได้ดังนี้

4.1 ในระยะแรก ทำการประเมินฟอร์มัลดีไฮด์ที่ไม่ทำปฏิกิริยา อาจใช้วิธีซัลไฟต์

4.2 ในระยะกลาง ทำการประเมินด้วยการวัดความหนืด และควบคุมอุณหภูมิอย่างใกล้ชิด

4.3 ในระยะสุดท้าย จะต้องให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน คือไม่ให้ขนาดโมเลกุลใหญ่เกินไป การทดสอบทำได้โดยหยดเนื้อกาวลงในน้ำ จะเห็นเส้นขาวๆมากกว่าการรวมตัวเป็นก้อน

การควบคุมขนาดของพอลิเมอร์ยูเรีย–ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินเป็นสิ่งจำเป็นมากในการนำเรซินนี้ไปใช้กับอุตสาหกรรมไม้อัด ในขณะที่ทำการอัดร้อนเพื่อให้เรซินแข็งตัว

ถ้าเรซินมีขนาดสายโซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์สั้นไปจะไหลไปตามช่องว่างในเนื้อไม้ได้ง่าย ทำให้ปริมาณเรซินตรงแนวเรซินไม่เพียงพอ และเป็นผลให้รอยต่อไม่แน่น และใช้เวลาให้เรซินแข็งตัวนานขึ้น ถ้าพอลิเมอร์ของเรซินมีขนาดใหญ่เกินไปก็จะมีปัญหาเกี่ยวกับการไหลในขณะทาเรซิน และอายุของเรซินในการเก็บรักษาก็สั้นลง

5. *เวลาเป็นเจล และการแข็งตัวของเรซิน*

เวลาเป็นเจลคือการวัดอายุเรซินผสมของเรซินสังเคราะห์หรือเป็นเวลาที่เรซินมีสมบัติความยืดหยุ่นสูงสุดหลังจากเติมสารเร่งหรือเป็นเวลาที่เรซินเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นเจลหลังจากเติมสารเร่ง การวัดเวลาเป็นเจล ส่วนใหญ่สามารถสังเกตจากเรซินที่เสียสมบัติของความหนืดไป การใช้เรซินอาจผสมสารเพิ่ม และสารเร่งลงไปเพื่อความเหมาะสม การควบคุมให้เรซิน เป็นกลางหลังจากแข็งตัวแล้วจะช่วยลดการเกิดไฮโดรไลซิสของตัวเรซินเอง ดังนั้นยูเรีย- ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินเมื่อสังเคราะห์เสร็จแล้ว ควรจะปรับให้มี pH 7–9 และควบคุมสัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มัลดีไฮด์ระหว่าง 1:2-2.0 ซึ่งในการกระทำดังกล่าวจะช่วยลดความหนืดของเรซินที่เพิ่มขึ้นขณะที่เก็บไว้ก่อนการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (PhenolFormaldehyde : Bakelite) [20]

ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ หรือเบกาไลต์ เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมเซทชนิดแรกที่รู้จักมานาน มีสีน้ำตาลคล้ายขนมปัง มีความแข็งและอยู่ตัว เรซินชนิดนี้มีทั้งที่เป็นของเหลวใส เหมาะสำหรับหล่อในพิมพ์ และแบบที่เป็นผงสำหรับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ ซึ่งชนิดหลังนี้มีสีน้ำตาลดำเพียงอย่างเดียว

สมบัติทั่วไป

- เนื้อแข็งคงตัว แต่เปราะ ทนทานต่อการผุกร่อน
- เป็นฉนวนไฟฟ้า
- ทนความร้อนได้สูง (260 องศาเซลเซียส)
- ไม่ดูดความชื้น ราคาถูก

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

ใช้ทำปลอกหุ้มขดลวดในรถยนต์ แกนของขดลวดในเครื่องรับวิทยุและโทรทัศน์ เปลือกเครื่องโทรศัพท์สมัยโบราณ ด้ามเครื่องมือช่าง หูหม้อ หูกระทะ ด้ามมีด ลูกบิลเลียด แผงวงจรอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กาว และสารเคลือบผิว ตลอดจนใช้เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมยาง

รูปที่ 2.21 กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 โฟมพอลิสไตรีน [21]

โฟมพลาสติกมีน้ำหนักเบา เซลล์ปิด แข็งปานกลาง ราคาถูก มีคุณสมบัติให้ไอน้ำซึมผ่านและดูดน้ำต่ำ จึงใช้เป็นฉนวนได้ดี ในการผลิตนั้น เรซินซึ่งเป็นเม็ดเล็กๆ จะอิ่มตัวด้วยสารไฮโดรคาร์บอนที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า 8% เช่น ก๊าซเพนเทน โดยใช้เป็นสารขยายตัว เมื่อถูกความร้อนถึงอุณหภูมิ 85.0-96.1˚C สารขยายตัวจะระเหยออกไป ทำให้เกิดความดันภายใน ขยายเรซินเม็ดเล็กๆ ออกเป็นเม็ดโฟม เรียกว่า พรี–พัฟ (pre–puff) ถ้าจะนำไปใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อเก็บความเย็น เช่น กล่องบรรจุผัก และผลไม้ เม็ดโฟมจะขยายตัวได้ 25–40 เท่า มีความหนาแน่น 0.016–0.026 กรัม/ซม.^{3} การที่เม็ดโฟมมีรูปร่างตามแม่พิมพ์ได้นั้นจะต้องฉีดเม็ดพรี–พัฟเข้าไปในแม่พิมพ์ อัดภายใต้ความดัน ขณะเดียวกันไอน้ำในแม่พิมพ์จะทำให้แม่พิมพ์ร้อนขึ้น ความร้อนและความดันจะหลอมเม็ดโฟมเข้าด้วยกันเป็นโฟมประเภทเซลล์ปิด มีการดูดซึมน้ำต่ำ

และจากการที่โฟมพอลิสไตรีนมีโครงสร้างดังกล่าว และมีน้ำหนักเบามาก จึงมีสมบัติที่ป้องกันการกระแทกได้เป็นอย่างดี ไม่ดูดซับความชื้น แต่มีขีดจำกัดในการคืนรูป ทำให้ไม่เหมาะกับงานที่รับการกระแทกอย่างรุนแรงหลายๆครั้ง ลักษณะกึ่งแข็งสามารถขึ้นรูปทรงที่ซับซ้อนได้ในราคาที่เหมาะสม เช่น ใช้ในรูปของการทำตามแม่แบบเฉพาะตามรูปแบบของสินค้า แผ่น สี่เหลี่ยมขนาดความหนาต่างๆ และชิ้นเล็กๆ ในกรณีใช้งานมากๆ การใช้ แม่แบบในการผลิตจะดีมาก และถ้ามีการใช้น้อยจะใช้วิธีดัดขึ้นรูปได้จากแผ่นสี่เหลี่ยมที่มีความหนาต่างๆ ส่วนชิ้นเล็กๆ มีการผลิตในหลายๆ รูปทรง และสามารถเติมสีลงไปช่วยเสริมให้เกิดความสวยงาม โฟมพอลิสไตรีนมี การใช้อย่างแพร่หลาย แต่การใช้งานก่อให้เกิดปัญหาเศษวัสดุเหลือหลังใช้งานเพราะสลายตัวยาก ตัวอย่างการนำโฟมพอลิสไตรีนมาใช้งาน ได้แก่ การนำโฟมชนิดขึ้นรูปจากแม่แบบใช้กับพวกเครื่องแก้ว เซรามิก อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือเครื่องใช้ที่มีความประณีต ชนิดชิ้นเล็กๆ ใช้สำหรับเติมในช่องว่างของกล่องที่ใช้ในการขนส่งผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงแปลกๆ

รูปที่ 2.22 โฟมพอลิสไตรีน [22] , [23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ณรงค์ เพ็งปรีชา [24] พบว่า การทดลองผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากต้นมันสำปะหลัง เป็นแผ่นชิ้นไม้อัดชิ้นเดียว มีความหนาแน่นประมาณ 685 กก./ม.^{3} ทำการอัดในแนวราบ โดยใช้เครื่องอัดไฮโดรลิค ใช้แรงอัดประมาณ 100 กก./ซม.^{2} ที่อุณหภูมิระหว่าง 120-150 องศาเซลเซียส โดยการทดลองกับกาวสังเคราะห์ชนิดต่างๆ ได้แก่ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณกาวที่ใช้ประมาณ 7-9% ของน้ำหนักแห้งของไม้และใช้น้ำมันพาราฟินประมาณ 1.5% คุณสมบัติด้านการทดสอบความแข็งของแผ่น ทางด้านแรงดึงขนานกับผิวหน้าของแผ่นอยู่ระหว่าง 85-111 กก./ซม.^{2} ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ (35 กก./ซม.^{2}) เกือบ 2 เท่า ค่าโมดูลัสแตกร้าวประมาณ 179-268 กก./ซม.^{2} ในขณะที่มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดที่ความหนาแน่นปานกลางต้องการ 100 กก./ซม.^{2} ส่วนด้านการดูดซึมน้ำและการพองตัวของแผ่นปรากฏว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน การขยายตัวด้านความหนาของแผ่น เมื่อแช่น้ำประมาณ 24 ชั่วโมง โดยเฉลี่ยมีการขยายตัวประมาณ 9.8% ดังนั้น มันสำปะหลังที่เป็นวัสดุเส้นใยที่เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตร สามารถนำมาใช้ประโยชน์แทนได้เป็นอย่างดี

- สัญญา โชคดีพาณิชย์ พัฒนี เดชาวิจิตร [4] พบว่า ในการพัฒนาและการใช้ต้นหญ้าสลาบหลวงในอุตสาหกรรมผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยใช้ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด ด้วยเทคนิคการพ่นกาวแบบมีอากาศผสม จะพบว่าเยื่อที่ผลิตจากหญ้าสลาบหลวงโดยใช้สารยึดติดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่มีคุณภาพตามมาตรฐานได้ แต่สมบัติการดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้อัดจากหญ้าสลาบหลวงมีค่าสูงกว่ามาตรฐานมาก

- ปุรนันท์ อังคสุวรรณ และ อุดมศักดิ์ พฤติสุนากร [6] พบว่าในการนำเส้นใยอ้อยซึ่งเป็นกากเหลือจากการผลิตน้ำตาลมาผสมกับโฟมพอลิสไตรีนในอัตราส่วนต่างๆเพื่อนำมาเตรียมแผ่นกระดานอัดดูดซับเสียงโดยใช้พอลิไวนิลอะซิเตตหรือยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด จะพบว่า เมื่อปริมาณชานอ้อยเพิ่มขึ้นทำให้สมบัติต่างๆเพิ่มสูงขึ้น ส่วนปริมาณสารยึดติดและอัตราการผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อน้ำที่เพิ่มขึ้น จะทำให้สมบัติต่างๆเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่ความชื้นลดลง

- Geethamma, V. G., *et., al.* [25] ได้ทำเส้นใยมะพร้าวสั้นเสริมแรงยางธรรมชาติโดยศึกษาผลของความยาวของเส้นใย การจัดเรียงตัวและการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายเบส เส้นใยที่ใช้ ประกอบด้วยเส้นใยมะพร้าวยาว 6, 10, 14 mm นำเส้นใยที่ยาว 10 mm ไปแช่ด้วยสารละลาย 5% NaOH เวลา 4, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เตรียมให้เป็นคอมโพสิตโดย ใช้ Resorcinol และ hexamethylenetetramine เป็น Bonding agent พบว่าการขึ้นรูปและสมบัติเชิงกลของยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมโพสิตเสริมแรงด้วยเส้นใยมะพร้าวขึ้นอยู่กับความยาว การจัดเรียงตัวและการบำบัดพื้นผิวเส้นใยสมบัติเชิงกลของคอมโพสิตที่เส้นใยจัดเรียงตามยาวดีกว่าตามขวาง ความยาวเส้นใยที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้เสริมแรงยางธรรมชาติคือ 10 mm คอมโพสิตจะมีสมบัติเชิงกลดีที่สุดเมื่อใช้เส้นใยที่ทำการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 5% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง การจัดเรียงตัวของเส้นใยสูงสุดและ Green strength สูงสุด

- Geethamma, V. G., *et., al.* [15] ได้นำเส้นใยมะพร้าวมาเสริมแรงในยางธรรมชาติ โดยศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิตในเรื่องความยาวของเส้นใย การปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลาย NaOH 5% ใช้ Resorcinol-hexamethylene tetramine เป็น Bonding agent และทิศทางการเรียงตัวของเส้นใย พบว่าเส้นใยมะพร้าวที่มีความยาว 10 mm ทำปรับปรุงพื้นผิวเป็นเวลา 48 ชั่วโมงและมีการจัดเรียงตัวของเส้นใย ตามแนวยาว จะทำให้ได้สมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิต ที่ดีที่สุด

- ธเนศ ศรีตภาณุ และ ปราณี ปานกล่ำ [26] พบว่าแผ่นผลิตภัณฑ์จากเส้นใยมะพร้าวที่ได้จากการทดลองเป็นแผ่นเส้นใยอัดชั้นเดียว ผลิตจากกรรมวิธีแห้ง ขนาดของแผ่น 350X350 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตรมีรายละเอียดการผลิตดังนี้ คือ ทำการอัดด้วยเครื่องความถี่สูง ใช้แรงอัดที่ 150 กก./ซม.^{2} มีส่วนผสมของกาวยูเรียต่อน้ำหนักอบแห้งของเส้นใยที่ 8% 10% และ 12% ตามลำดับ และพาราฟินเหลว 1% ความชื้นของเส้นใยก่อนการผสมกาว 2-5% และความชื้นหลังการผสมเยื่อแล้ว 8-11% ได้แผ่นเส้นใยความหนาแน่นเฉลี่ย 524,556 และ 632 กก./ม.^{3} ตามลำดับ การทดสอบคุณภาพทางสกายสมบัติ^{1}และกลสมบัติ^{2}ได้กระทำตามแบบมาตรฐาน ASTM และ JIS ซึ่งผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

ผลการทดสอบพบว่าสามารถผ่านค่ามาตรฐาน ASTM D 1037-1999 และ JIS A. 5906-1983 เฉพาะความต้านทานแรงดัด (MOR) มอดูลัสยืดหยุ่น (MOE) และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้ดีที่สุดในระดับปริมาณกาวที่ 12% แต่มีค่าการขยายตัวตามความหนาและการพองตัวที่สูงเกินมาตรฐานที่กำหนดมากทั้ง 3 ระดับของกาว เนื่องจากในการแยกเส้นใยไม่สามารถแยกขุยของกาบมะพร้าวออกได้หมด ซึ่งขุยเหล่านี้มีคุณสมบัติในการดูดน้ำได้ดี ดังนั้นแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงเหมาะสมในการนำไปใช้งานที่ไม่กระทบหรือสัมผัสกับสภาพเปียกหรือความชื้นสูง เช่น กรอบรูป กรุหลังตู้ พื้นลิ้นชัก เป็นต้น

- วันเพ็ญ ทานหิรัญ และ ศศิวิมล ครองธรรม [27] พบว่า ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดมวลเบาจากต้นมันสำปะหลังแบบมีเปลือกและไม่มีเปลือกโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นตัวประสานในปริมาณที่แตกต่างกันพบว่า การใช้ต้นมันสำปะหลังแบบไม่มีเปลือก ให้ผลของสกายสมบัติ^{1}และกลสมบัติ^{2}ของแผ่นชิ้นไม้อัดมวลเบาสูงกว่าแผ่นที่ใช้ต้นมันสำปะหลังแบบมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือก นอกจากนี้การใช้ปริมาณกาวที่สูงขึ้น มีอิทธิพลต่อการเพิ่มสมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดมวลเบา ทั้งจากการใช้ต้นมันสำปะหลังแบบมีเปลือกและไม่มีเปลือก และเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกำหนดของ JIS A. 5908-1994 ปรากฏว่า แผ่นชิ้นไม้อัดมวลเบาจากต้นมันสำปะหลัง สามารถผ่านค่ามาตรฐานได้ ยกเว้น แผ่นชิ้นไม้อัดมวลเบาแบบมีเปลือกที่ให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าต่ำกว่าค่ามาตรฐานกำหนดเล็กน้อย

สกายสมบัติ[1] คือ สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ (Density), การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Swelling Water),การดูดซึมน้ำ (Water Absorbsion) และความชื้นของชิ้นทดสอบ (Moisture)

กลสมบัติ[2] คือ สมบัติในทางเชิงกล ได้แก่ มอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity), ความต้านทานแรงดัด (Modulus of Rupture) และความเค้นแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond)

- สิรินันท์ วิริยะสุนทร และคณะ [29] ศึกษาการเตรียมแผ่นกระดานอัดดูดซับเสียงโดยใช้ชานอ้อยมาผสมกับพอลิสไตรีนโฟมขนาด 2-4 มิลลิเมตร และขนาด 4-6.48 มิลลิเมตร โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ พอลิไวนิลอะซิเตต และกาวเดกซ์ตริน เป็นสารยึดติด อัตราส่วนผสมของพอลิสไตรีนโฟม ชานอ้อย และสารยึดติด คือ 8:30:40 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบแผ่นกระดานอัดที่เตรียมได้จากชานอ้อยผสมกับพอลิสไตรีนโฟมขนาด 4-6.48 มิลลิเมตร ดูดซับเสียงดีกว่าฝ้าเสริมเส้นใยแก้ว แต่สมบัติเชิงกลของฝ้าเสริมใยแก้วดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกาวทั้ง 3 ชนิด พบว่า ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีสมบัติเชิงกลและการดูดซับเสียงดีที่สุด รองลงมาคือ พอลิไวนิลอะซิเตต และกาวเดกซ์ตริน ตามลำดับ โดยที่พอลิสไตรีนโฟมที่มีขนาด 4-6.48 มิลลิเมตร จะดูดซับเสียงดีกว่า ขนาด 2-4 มิลลิเมตร แต่มีสมบัติเชิงกลต่ำกว่าขนาด 2-4 มิลลิเมตร

- ธนวรรณ อภิชาตโสภิต [30] ศึกษาการเตรียมแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชานอ้อยและวัสดุเหลือทิ้งโฟมพอลิสไตรีน โดยใช้กาวสองชนิดเป็นตัวประสาน คือ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล (มอดุลัสแตกร้าว และ มอดุลัสยืดหยุ่น) และสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สมบัติการดูดซับเสียง ฉนวนทางความร้อน การดูดซับ และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบกาวทั้ง 2 ชนิด พบว่า กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ทำแผ่นชิ้นไม้อัด จะมีความต้านทานการดูดซับน้ำ ต้านทานการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความแข็งแรงหักงอ และสมบัติการดูดซับเสียงดีกว่ากาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ แต่กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด จะเป็นฉนวนทางความร้อนดีกว่าการใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

โครงงานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างจากเส้นใยมะพร้าว มาทดลองผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัดโดยผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม ศึกษาปริมาณเปอร์เซ็นต์ของเนื้อกาวแห้งต่อน้ำหนักแห้งของเส้นใยมะพร้าว โดยใช้กาว 2 ชนิด ได้แก่กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ โดยกำหนดการผลิตแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่นระดับ 300 กก./ม.^{3}

ขั้นตอนการผลิตแผ่นทดลอง

3.1 การเตรียมการทดลอง

3.2 การทำแผ่นใยไม้อัดในสภาวะการทดลอง ใช้ระดับความเข้มข้นของเนื้อกาวที่ต่างกัน

3.3 การทดลองสมบัติของแผ่นใยไม้อัดที่ผลิตได้จากสภาวะการทดลอง

3.1 การเตรียมการทดลอง

3.1.1 <u>วัสดุทดลองและการเตรียม</u>

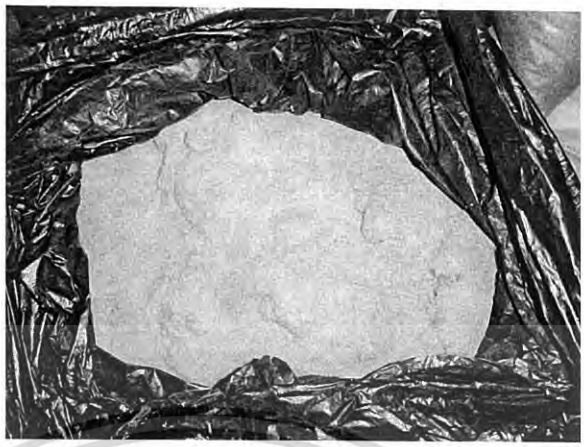
3.1.1.1 *การเตรียมเส้นใยทดลอง*

การวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวอย่างจากเส้นใยมะพร้าว ซึ่งต้องนำมาผ่านขั้นตอนต่างๆเพื่อให้ได้เส้นใยที่พร้อมจะนำไปใช้ในกระบวน การอัดแผ่น โดยสามารถสรุปขั้นตอนต่างๆในการเตรียมเส้นใย ได้ในแผนภูมิรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเตรียมเส้นใยก่อนการอัดแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เส้นใยมะพร้าวที่บดแล้ว

3.1.1.2 *การเตรียมกาว*

ในการศึกษาผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดได้กำหนดระดับปริมาณเปอร์เซ็นต์เนื้อกาวต่อน้ำหนักแห้งของเส้นใยอยู่ที่ระดับ 5% 7% 9% และ 15% กาวที่ใช้ในการอัดแผ่น คือ กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

การนำไปใช้ มีสูตรผสมดังนี้

เนื้อกาว	60 g.
น้ำ	40 g.
รวม	100 g.
ปริมาณเนื้อกาวแห้ง	60% urea formaldehyde และ 45% phenol formaldehyde
ระยะเวลาในการเซ็ทตัว,100°C	10 min

3.1.1.3 *การเตรียมโฟมพอลิสไตรีน*

นำโฟมพอลิสไตรีนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้ง มาบดด้วยเครื่องบด (Grinding mill)

รูปที่ 3.3 เครื่อง Grinding Mill

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 อุปกรณ์ในการทดลอง

3.1.2.1 เตาอบ (Electric Oven ยี่ห้อ WTB binder รุ่น 7200 TUTTLING IP 20)

3.1.2.2 เลื่อยไฟฟ้า

3.1.2.3 เครื่องบดชิ้นไม้ (Grinding Mill)

3.1.2.4 เครื่องผสมกาวกับเส้นใย

3.1.2.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Electric Balance)

3.1.2.6 เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง

3.1.2.7 เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Vernier Caliper)

3.1.2.8 กรอบพลาสติก

3.1.2.9 แผ่นสแตนเลสรองอัด

3.1.2.10 ถุงพลาสติก

3.1.2.11 แท่งเหล็กหนา 10 มิลลิเมตร

3.1.2.12 นาฬิกาจับเวลา

3.1.2.13 บีกเกอร์ กระบอกตวง ถ้วยตวง

3.1.2.14 เครื่องคำนวณ

3.1.2.15 หลอดหยด

3.1.2.16 เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing
ยี่ห้อ LLOYD INSTRUMENTS รุ่น LR5K)

3.1.2.17 เครื่องกดอัดร้อน (Compression Machine ชนิดเครื่อง 20X20X7 NO. 27 1 92)

3.1.2.18 เครื่องวัดระดับความดันเสียง (Sound Level Meter รุ่น 3604A)

รูปที่ 3.4 เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

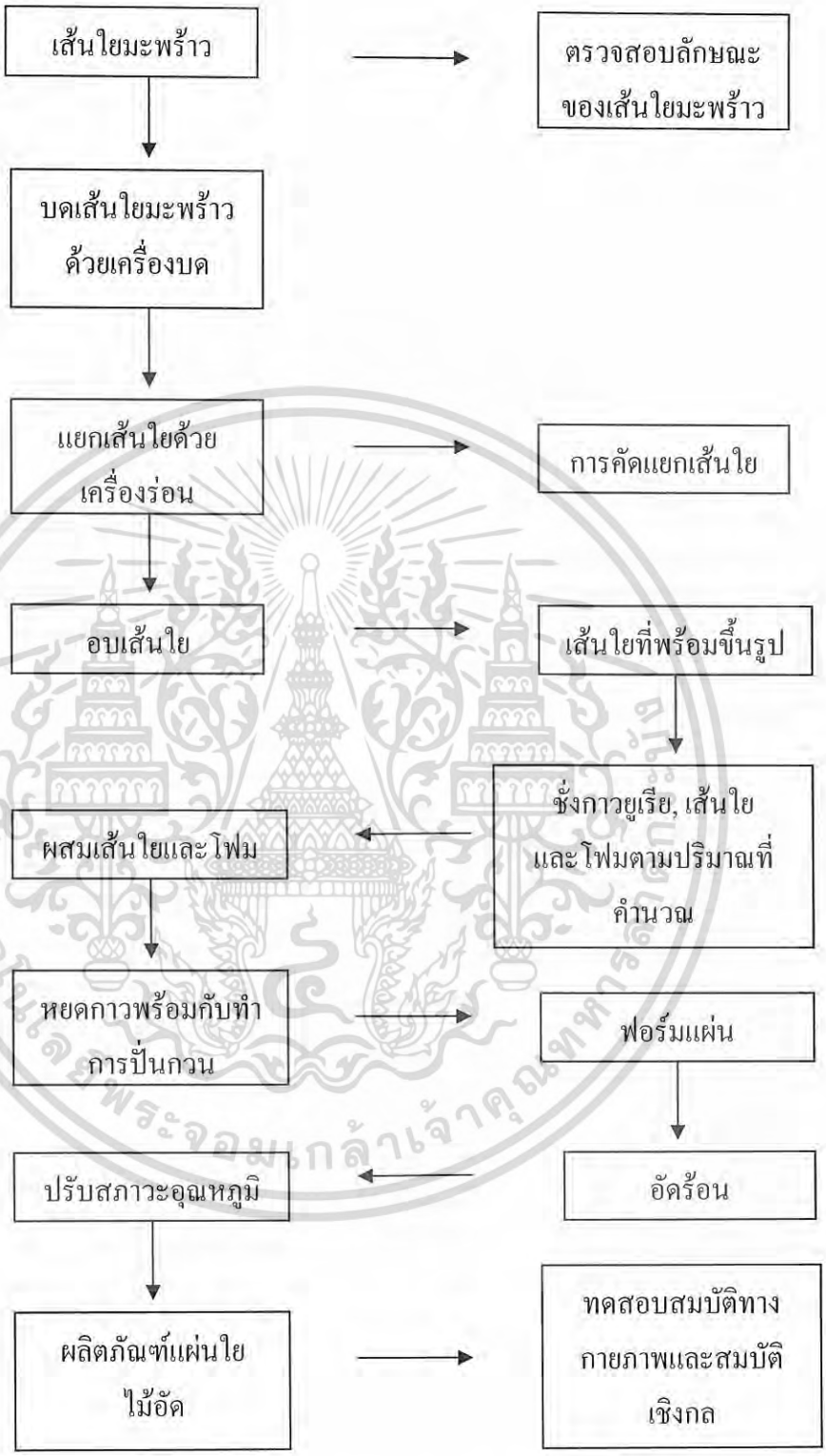
รูปที่ 3.5 เครื่องอัดขึ้นรูป

3.2 การทำแผ่นใยไม้อัดที่ใช้ระดับความเข้มข้นของเนื้อกาวที่ต่างกัน

3.2.1 การวางแผนการทดลองในการวิจัย

ในครั้งนี้ได้วางแผนทดลองการสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) โดยกำหนดปัจจัยที่ต้องการศึกษาเป็นระดับเปอร์เซ็นต์ของเนื้อกาวแห้งต่อน้ำหนักเส้นใยแห้ง 4 ระดับ คือ 5% 7% 9% และ 15% ตามลำดับ ส่วนผสมทั้งของกาวที่ใช้ในการอัดแผ่นใยไม้อัดมวลเบา คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณความเข้มข้นของเนื้อกาวแห้ง 60% , 45% และน้ำ 40%, 55% ตามลำดับซึ่งต้องผลิตแผ่นใยไม้อัดมวลเบา (Low-Density) จำนวนทั้งหมด ชนิดละ 16 แผ่น แล้วสุ่มตัวอย่างไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล โดยมีแผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม ในแผนภูมิรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



********ทำซ้ำการทดลองเดิมแต่เปลี่ยนชนิดของกาวเป็นฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์********

รูปที่ 3.6 แผนภูมิแสดงการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 <u>การเตรียมความชื้นของเส้นใยเพื่อใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม</u>

นำเส้นใยจำนวน 0.5 กิโลกรัมไปอบที่อุณหภูมิ 100±3°C และนำมาใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.3 <u>ปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัด</u>

การผลิตแผ่นใยไม้อัดประกอบด้วยขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานต่างๆ ดังนี้

3.2.3.1 *สภาวะต่างๆที่กำหนดในการผลิต*

ความหนาแน่น	300	กก./ม.^{3}
ความหนาของแผ่น	9	มม.
ขนาดของแผ่น	300×300	มม.^{2}
อุณหภูมิในการอัด	100 °C	
ระยะเวลาในการอัด	10 นาที	

หมายเหตุ เทียบเป็นน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักแห้งของเส้นใย

3.2.3.2 *ปริมาณส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัด* คือ เส้นใย, กาว โฟม และ น้ำ ซึ่งมีสูตรการผลิตแผ่นใยไม้อัดแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรการผลิตแผ่นใยไม้อัดในการทดลอง

CO/EPS	PF				UF			
	5%	7%	9%	15%	5%	7%	9%	15%
80/20	√	√	√	√	√	√	√	√
85/15	√	√	√	√	√	√	√	√
90/10	√	√	√	√	√	√	√	√
95/5	√	√	√	√	√	√	√	√

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 วิธีการผสมและผลิตแผ่นใยไม้อัด

3.2.4.1 *การผสมกาวกับเส้นใยและโฟม*

ผสมเนื้อกาวและน้ำได้ตามสัดส่วนที่กำหนดแล้วนำกาวเทใส่บีกเกอร์แล้วชั่งเส้นใยและโฟม ให้ได้น้ำหนักตามที่คำนวณ นำไปเทใส่ถังผสม แล้วทำการผสมโฟมและเส้นใยให้เข้ากัน จากนั้นใช้หลอดหยดหยดกาวลงไปในของผสมดังกล่าว ทำการคนให้เนื้อกาวติดบนเนื้อโฟมและเส้นใย แล้วจึงทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม เพื่อเพิ่มความสามารถในการผสมของกาว ทำการหยดกาวและปั่นผสมไปเรื่อยๆจน กาวหมด

3.2.4.2 *การโรยแผ่นเตรียมอัด*

นำเส้นใยและโฟมที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้ว มาโรยแผ่น โดยใช้แผ่นสแตนเลส 1 แผ่นวาง จากนั้นวางตามด้วยแผ่นใสถ่ายเอกสาร แม่พิมพ์ และกรอบพลาสติก ตามลำดับ โรยเส้นใยและโฟมที่ผสมลงไป เมื่อโรยหมดแล้ววางแผ่นใสถ่ายเอกสาร และแผ่นสแตนเลสทับลงบนเส้นใยและโฟม การวางแผ่นใสถ่ายเอกสารบนแผ่นสแตนเลส จะช่วยให้ผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดกับแผ่นสแตนเลสไม่ติดกัน

3.2.4.3 *การอัดร้อน*

หลังจากโรยแผ่นเตรียมอัดเสร็จแล้วให้นำไปเข้าเครื่องอัดร้อน ใช้สภาวะแรงดันประมาณ 150 กก./ม.^{2} ใช้ระยะเวลาในการอัด 10 นาที แล้วจึงนำแผ่นใยไม้อัดออกจากเครื่องอัดร้อน

3.2.4.4 *การปรับความชื้น*

แผ่นใยไม้อัดเมื่ออัดด้วยเครื่องอัดร้อนแล้ว จะมีความชื้นกระจายไม่สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น จึงต้องนำแผ่นใยไม้อัดไปวางทิ้งไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วจึงนำแผ่นใยไม้อัดไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลต่อไป

3.2.5 การเตรียมชิ้นทดสอบในการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

นำแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟมที่ผลิตได้รวมทั้งหมด 32 แผ่น แต่ละแผ่นมีขนาด 300×300×9 มิลลิเมตร ไปตัดเป็นชิ้นทดสอบ โดยตัดชิ้นทดสอบด้วยเครื่องเลื่อยวงเดือนชนิดความเร็วรอบสูง ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้แต่ละคุณสมบัติ

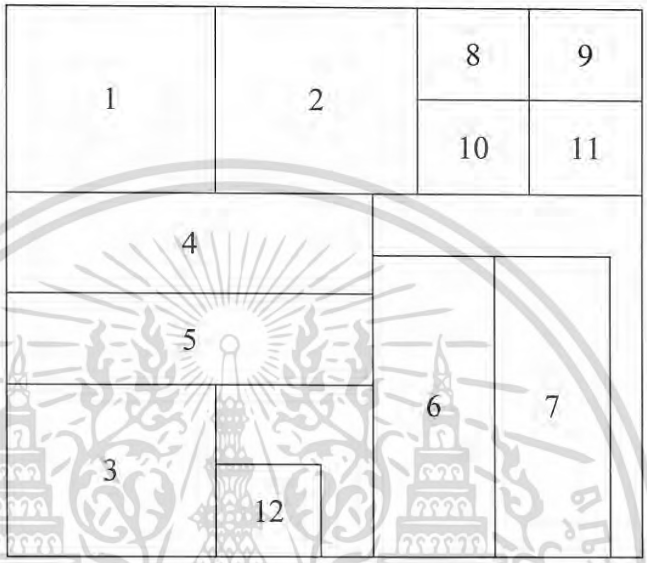
3.2.5.1 ชิ้นทดสอบหมายเลข 1,2,3 สำหรับทดสอบความหนาแน่น ขนาดแผ่นทดสอบ 90×90 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น

3.2.5.2 ชิ้นทดสอบหมายเลข 4,5,6,7 สำหรับทดสอบหาค่าการโค้งงอสามจุดและมอดุลัสยืดหยุ่น จำนวน 4 ชิ้น ขนาดแผ่นทดสอบ 50×150 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.3 ชิ้นทดสอบหมายเลข 8,9,10,11,12 สำหรับทดสอบการดูดซับน้ำ และการพองตัวจำนวน 5 ชิ้น ขนาดแผ่นทดสอบ 50×50 มิลลิเมตร

3.2.5.4 ชิ้นทดสอบชิ้นใหญ่รอบนอกสำหรับทดสอบการดูดซับเสียง จำนวน 1 ชิ้น ขนาดแผ่นทดสอบ 300×300 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.7 การตัดชิ้นทดสอบเพื่อใช้ทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

ตารางที่ 3.2 การตัดชิ้นทดสอบ

ลำดับ	รายชื่อชิ้นทดสอบ	ขนาด (mm.)	หมายเลขประจำชิ้น
1	ทดสอบหาความหนาแน่น	90×90	1,2,3
2	ทดสอบหาค่าการโค้งงอสามจุดและมอดุลัสยืดหยุ่น	50×150	4,5,6,7
3	การดูดซับน้ำ	50×50	8,9,10,11,12
4	การพองตัว	50×50	8,9,10,11,12
5	การดูดซับเสียง	300×300	-

*** การปรับสภาวะชิ้นทดสอบ โดยการนำชิ้นทดสอบทั้งหมดที่เตรียมไว้ ปล่อยไว้อยู่ในสภาวะบรรยากาศก่อนการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ผลการทดสอบใกล้เคียงกับสภาวะบรรยากาศในการใช้งานภายในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดลองสมบัติของแผ่นใยไม้อัดที่ผลิตได้จากสภาวะการทดลอง

3.3.1 สมบัติทางกายภาพ

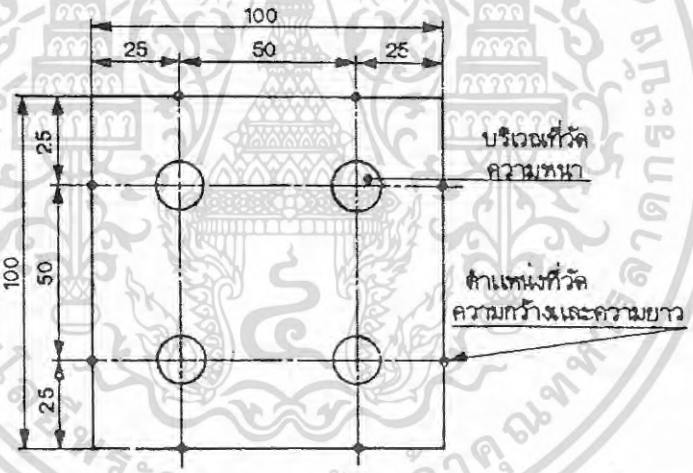
3.3.1.1 ความหนาแน่น

<u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
2. ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1. ชั่งชิ้นทดสอบให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม
2. วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนานกับขอบให้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 3.8 แล้วหาค่าเฉลี่ย
3. วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง ตามรูปที่ 3.8 แล้วหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นงาน [28] , [6]

<u>วิธีคำนวณ</u>

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = \frac{\text{มวล (กรัม)}}{\text{ปริมาตร (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)}} \times 10^6$$

<u>การรายงานผล</u>

รายงานผลค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 สมบัติเชิงกล

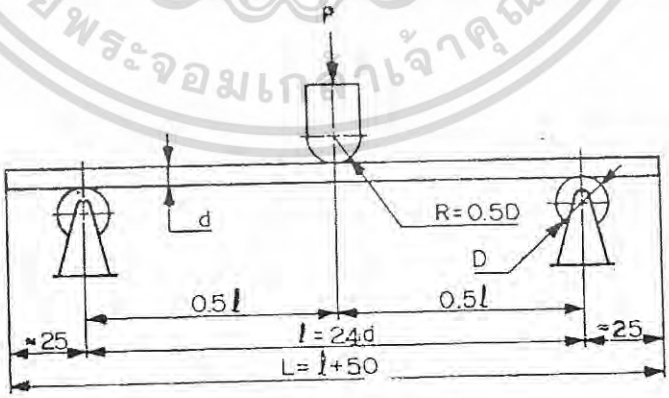
3.3.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น

<u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องกดซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตัน หรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ หัวกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งทรงกลมมีรัศมีไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความหนาของชิ้นทดสอบ และมีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ
2. แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะตัดเป็นรูปวงกลมหรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีไม่น้อยกว่า 1.5 เท่า ของความหนาของชิ้นทดสอบ ความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ
3. มาตรการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

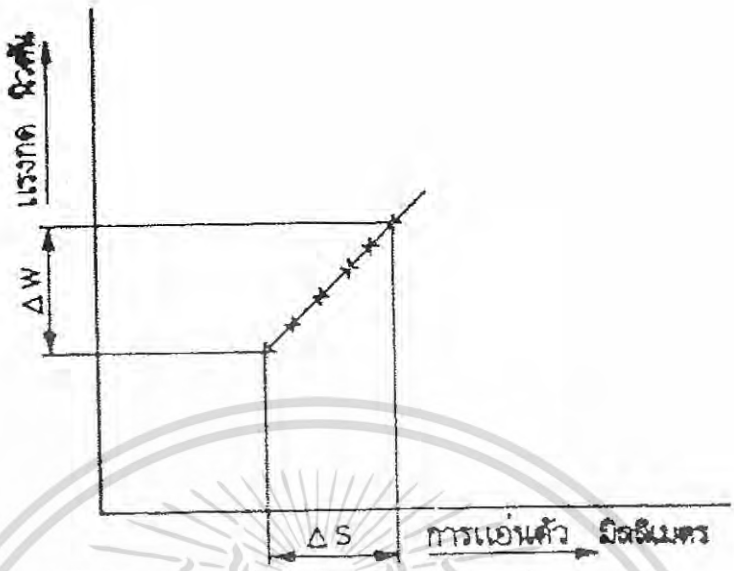
<u>วิธีทดสอบ</u>

1. วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 24 เท่าของความหนาระบุของชิ้นงานทดสอบตามรูปที่ 3.9 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากแท่นรองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร
2. ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที
3. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับค่าการแอ่นตัว ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 การทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น [28] , [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว [28] , [6]

<u>วิธีการคำนวณ</u>

1. หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจากสูตร

$$E = \frac{l^3 \Delta W}{4\, bd^2 \Delta S}$$

เมื่อ E คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

l คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 3.10 เป็นนิวตัน

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

ΔS คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 3.10 เป็นมิลลิเมตร

<u>การรายงานผล</u>

รายงานผลค่าเฉลี่ยของมอดุลัสยืดหยุ่นของตัวอย่างแต่ละแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

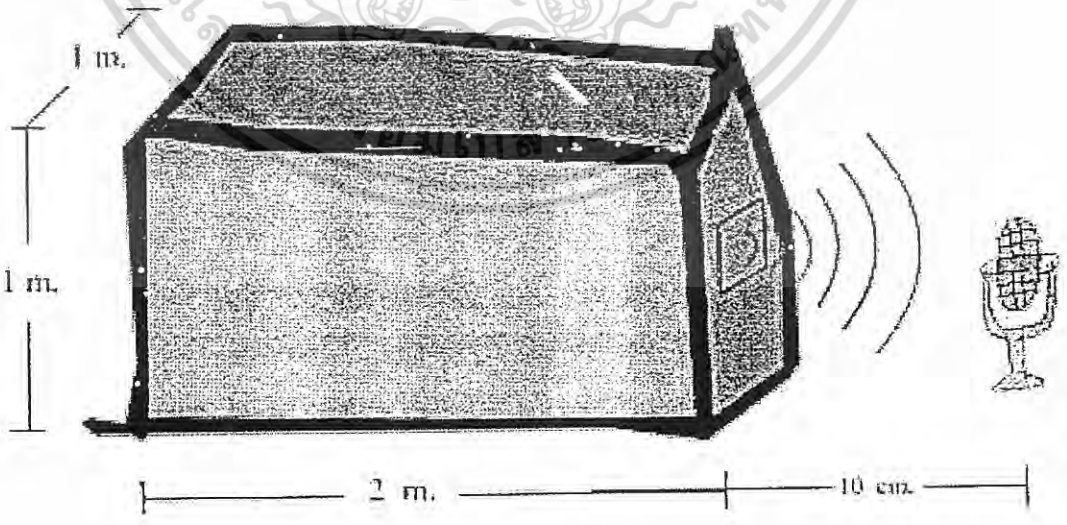
3.3.3 สมบัติการดูดซับเสียง

<u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องวัดระดับความดันเสียง
2. เครื่องกำเนิดเสียงที่สามารถปรับความถี่ได้
3. กล่องเก็บเสียงขนาด 1*1*2 m^3

<u>วิธีทดสอบ</u>

1. วางเครื่องกำเนิดเสียงภายในกล่องเก็บเสียงที่มีช่องเปิดเพียงทางเดียวให้เสียงผ่านออกมาได้
2. วางเครื่องวัดระดับความดันเสียงห่างจากช่องเปิดให้เสียงผ่าน เป็นระยะ 10 เซนติเมตร
3. ทำการวัดระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 เฮิร์ต โดยไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง จดบันทึก
4. นำแผ่นใยไม้อัดวางกั้นทางเดินเสียงที่ช่องเปิดของกล่องเก็บเสียง
5. ทำการอ่านค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดระดับความดันเสียงที่ระยะ 10 เซนติเมตร จดบันทึก
6. ทำซ้ำจากข้อ 2 – 5 แต่เปลี่ยนความถี่ของเครื่องกำเนิดเสียงเป็น 500 1000 2000 และ 4000 เฮิร์ต ตามลำดับ



รูปที่ 3.11 แสดงการจัดวางเครื่องกำเนิดเสียง เครื่องวัดระดับความดันเสียง และแผ่นใยไม้อัด[28] , [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

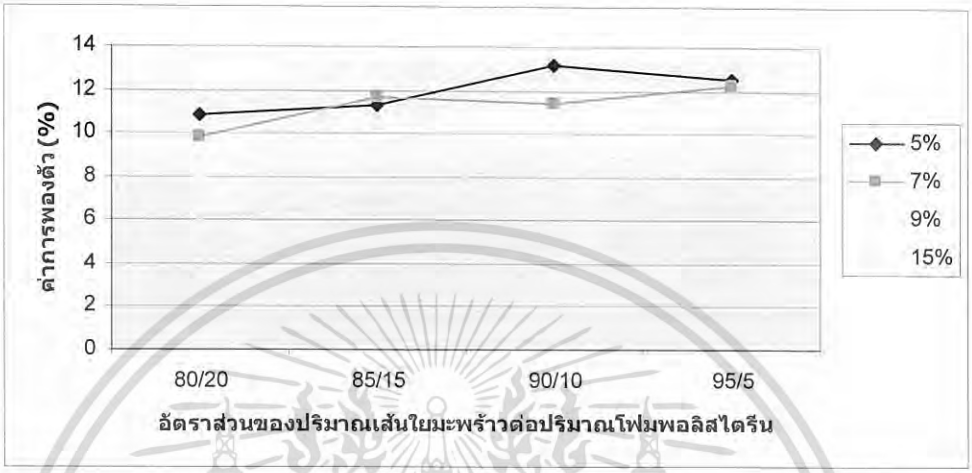
4.1 ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

เตรียมแผ่นใยไม้อัด ความหนาแน่น 300 กก./ม^3 จากเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการคัดขนาด 20-35 เมซ กับโฟมพอลิสไตรีน ในอัตราส่วน 80/20 85/15 90/10 และ95/5 ใช้ปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 5% 7% 9% และ15%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

4.1.1.1 การพองตัว



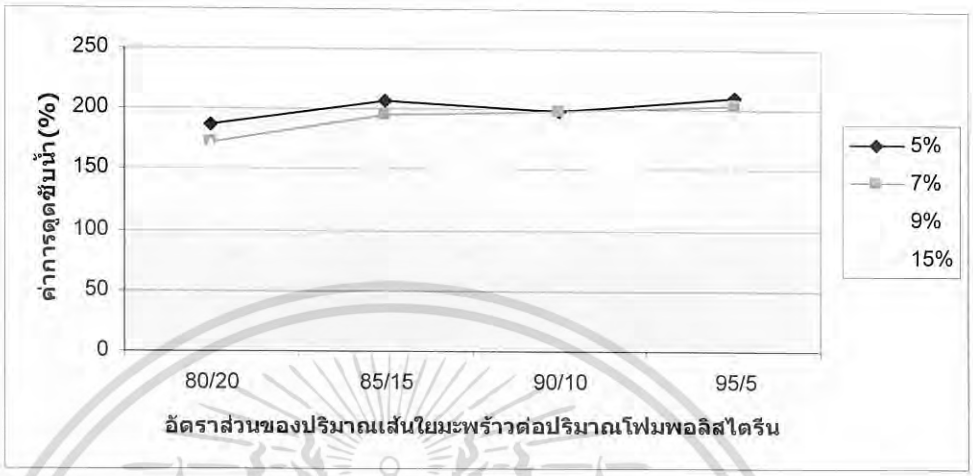
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัว (%) กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่ เปอร์เซ็นต์กาว 5% 7% 9% และ15% ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.1 เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนเดียวกัน แต่มีเปอร์เซ็นต์กาวต่างๆกัน จะพบว่าค่าการพองตัวของเปอร์เซ็นต์กาว 5% มีค่าสูงสุด และเปอร์เซ็นต์กาว 15% มีค่าต่ำสุด เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวจะมีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลัก โดยเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่ที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่งผลให้เส้นใยมะพร้าวดูดซับน้ำได้ดี แต่กาวที่ใช้เป็นสารยึดติดจะไปทำให้เส้นใยมะพร้าวดูดซับน้ำได้ลดลงเพราะกาวที่ใช้จะไปสร้างพันธะกับหมู่ไฮดรอกซิล เป็นผลให้จำนวนหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยมะพร้าวมีจำนวนลดลง ดังนั้นปริมาณกาวที่เพิ่มสูงขึ้น จะทำให้เส้นใยดูดซับน้ำได้ลดลง ทำให้ค่าการพองตัวลดลง

และเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์กาวเดียวกัน แต่อัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างกัน จะพบว่าอัตราส่วน 95/5 มีค่าการพองตัวสูงที่สุด และอัตราส่วน 80/20 มีค่าการพองตัวต่ำที่สุด เนื่องจากปริมาณกาวที่ใช้เป็นสารยึดติดมีปริมาณคงที่ แต่ปริมาณเส้นใยมะพร้าวที่มากขึ้นทำให้ปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลให้แผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วน 95/5 สามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น ค่าการพองตัวจึงสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 การดูดซับน้ำ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับน้ำ (%) กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาว 5% 7% 9% และ15% ตามลำดับ

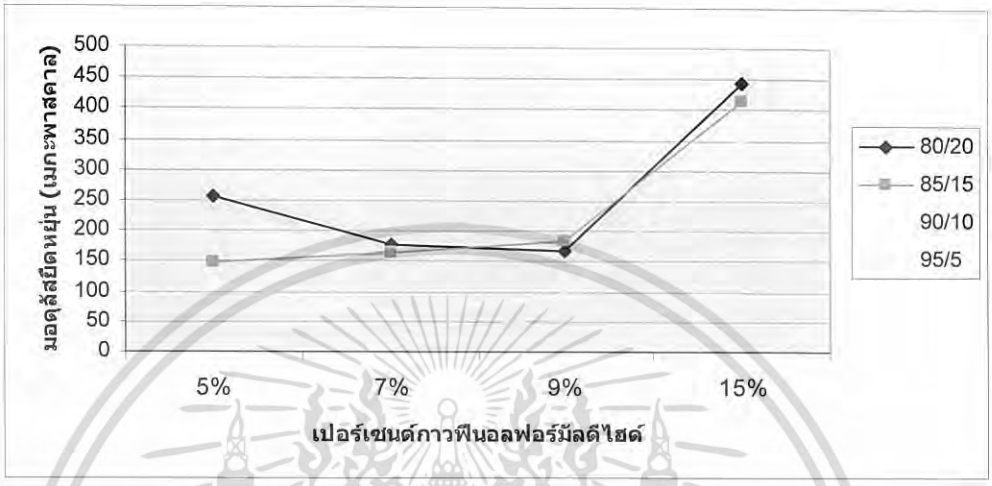
จากรูปที่ 4.2 เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนเดียวกัน แต่มีเปอร์เซ็นต์กาวต่างๆกัน จะพบว่าค่าการดูดซับน้ำของเปอร์เซ็นต์กาว 5% มีค่าสูงสุด และเปอร์เซ็นต์กาว 15% มีค่าต่ำสุด เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวจะมีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลัก โดยเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่ที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่งผลให้เส้นใยมะพร้าวดูดซับน้ำได้ดี แต่กาวที่ใช้เป็นสารยึดติดจะไปทำให้เส้นใยมะพร้าวดูดซับน้ำได้ลดลงเพราะกาวที่ใช้จะไปสร้างพันธะกับหมู่ไฮดรอกซิล เป็นผลให้จำนวนหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยมะพร้าวมีจำนวนลดลง ดังนั้นปริมาณกาวที่เพิ่มสูงขึ้น จะทำให้เส้นใยดูดซับน้ำได้ลดลง

และเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์กาวเดียวกัน แต่อัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างกัน จะพบว่าอัตราส่วน 95/5 มีค่าการดูดซับน้ำที่สูงที่สุด และอัตราส่วน 80/20 มีค่าการดูดซับน้ำต่ำที่สุด เนื่องจากปริมาณกาวที่ใช้เป็นสารยึดติดมีปริมาณคงที่ แต่ปริมาณเส้นใยมะพร้าวที่มากขึ้นทำให้ปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลให้แผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วน 95/5 สามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล

4.1.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น



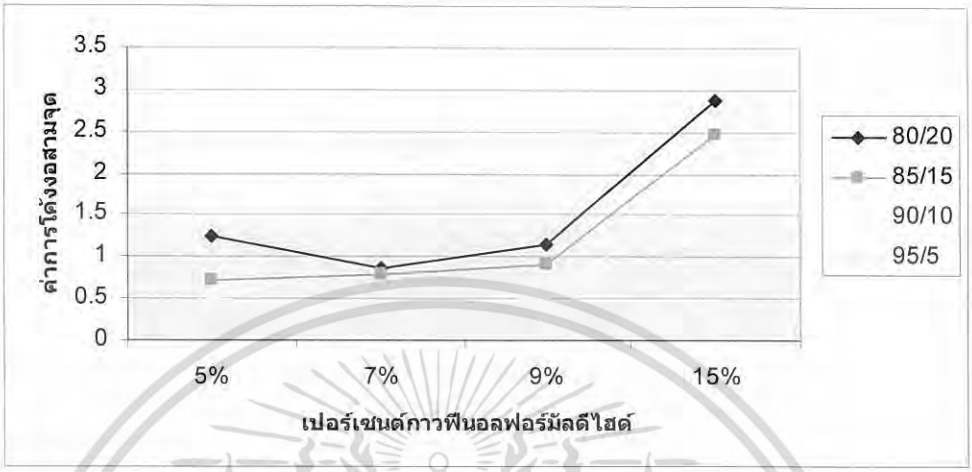
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคาล) กับเปอร์เซ็นต์กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ที่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างๆ

จากรูปที่ 4.3 เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์กาวเดียวกัน แต่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่ต่างกัน จะพบว่าอัตราส่วน 80/20 จะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด และอัตราส่วน 95/5 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุด เนื่องมาจากปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่มากขึ้นจะสามารถกระจายตัวได้ดี และจะไปแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยมะพร้าวทำให้เส้นใยไม่อยู่ติดกันมากเกินไป โดยโฟมมีความอ่อนตัว ยืดหยุ่น ซึ่งจะช่วยรับแรงกดอัด และกระจายแรงได้ดีกว่า ดังนั้นอัตราส่วน 80/20 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนสูงที่สุด จึงมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด ส่วนอัตราส่วน 95/5 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่ำที่สุด จึงมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุดด้วย

และเมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนเดียวกัน แต่เปอร์เซ็นต์กาวต่างกัน จะพบว่าที่เปอร์เซ็นต์กาว 15% จะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงสุด และที่เปอร์เซ็นต์กาว 5% จะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำสุด เนื่องมาจากที่เปอร์เซ็นต์กาว 15% ซึ่งมีปริมาณกาวสูงที่สุด ช่วยในการยึดติดแผ่นใยไม้อัดได้แน่น และส่งผลให้แผ่นใยไม้อัดมีความแข็งแรงมากขึ้น จึงทำให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด ส่วนที่เปอร์เซ็นต์กาว 5% ซึ่งมีปริมาณกาวต่ำที่สุด ทำให้เกิดการยึดติดของแผ่นใยไม้อัดน้อยลง และส่งผลให้ความแข็งแรงของแผ่นใยไม้อัดลดลง จึงทำให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 การโค้งงอสามจุด



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโค้งงอสามจุด กับเปอร์เซ็นต์กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ที่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างๆ

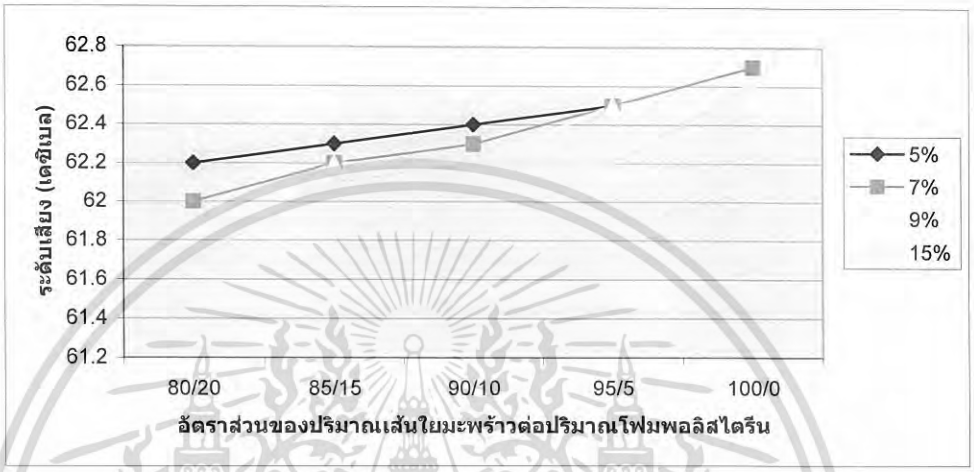
จากรูปที่ 4.4 เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์กาวเดียวกัน แต่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่ต่างกัน จะพบว่าอัตราส่วน80/20 มีค่าการโค้งงอสามจุดสูงที่สุด และอัตราส่วน 95/5 มีค่าการโค้งงอสามจุดต่ำที่สุด เนื่องมาจากปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่มากขึ้นจะสามารถกระจายตัวได้ดี และจะไปแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยมะพร้าวทำให้เส้นใยไม่อยู่ติดกันมากเกินไป โดยโฟมมีความอ่อนตัว ยืดหยุ่น ซึ่งจะช่วยรับแรงกดอัด และกระจายแรงได้ดีกว่า ดังนั้น อัตราส่วน 80/20 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนสูงที่สุด จึงมีค่าการโค้งงอสามจุดสูงที่สุด ส่วนอัตราส่วน 95/5 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่ำที่สุด จึงมีค่าการโค้งงอสามจุดต่ำที่สุดด้วย

และเมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนเดียวกัน แต่เปอร์เซ็นต์กาวต่างกัน จะพบว่าที่เปอร์เซ็นต์กาว 15% จะมีค่าการโค้งงอสามจุดสูงสุด และที่เปอร์เซ็นต์กาว 5% จะมีค่าการโค้งงอสามจุดต่ำสุด เนื่องมาจากที่เปอร์เซ็นต์กาว 15% ซึ่งมีปริมาณกาวสูงที่สุด ช่วยในการยึดติดแผ่นใยไม้อัดได้แน่น และส่งผลให้แผ่นใยไม้อัดมีความแข็งแรงมากขึ้น จึงทำให้ค่าความโค้งงอสามจุดสูงที่สุด ส่วนที่เปอร์เซ็นต์กาว 5% ซึ่งมีปริมาณกาวต่ำที่สุด ทำให้เกิดการยึดติดของแผ่นใยไม้อัดน้อยลง และส่งผลให้ความแข็งแรงของแผ่นใยไม้อัดลดลง จึงทำให้ค่าความโค้งงอสามจุดต่ำที่สุด

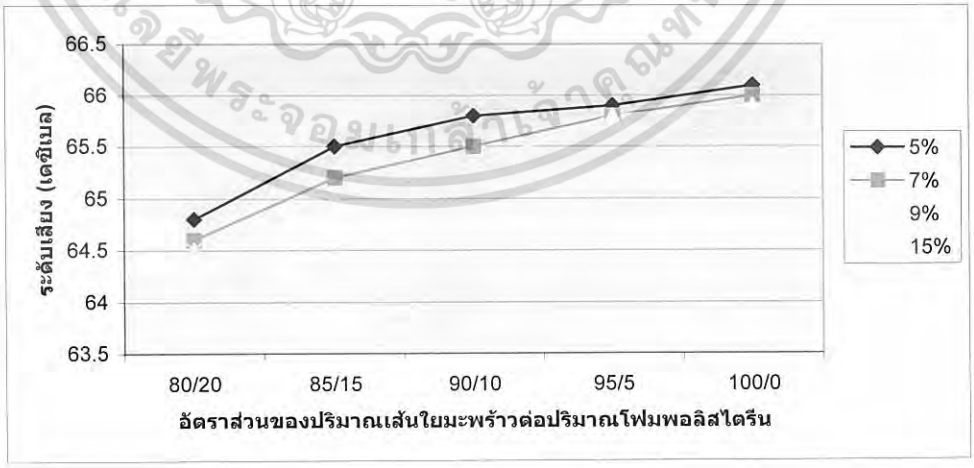
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การศึกษาสมบัติการดูดซับเสียง

ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 250 500 1000 2000 และ4000 เฮิร์ต (ระดับความดันเสียงเท่ากับ 62.8 66.2 70.8 70.8 และ 69.0 เดซิเบล ตามลำดับ เมื่อไม่มีวัสดุปิดกั้นทางเดินเสียง)

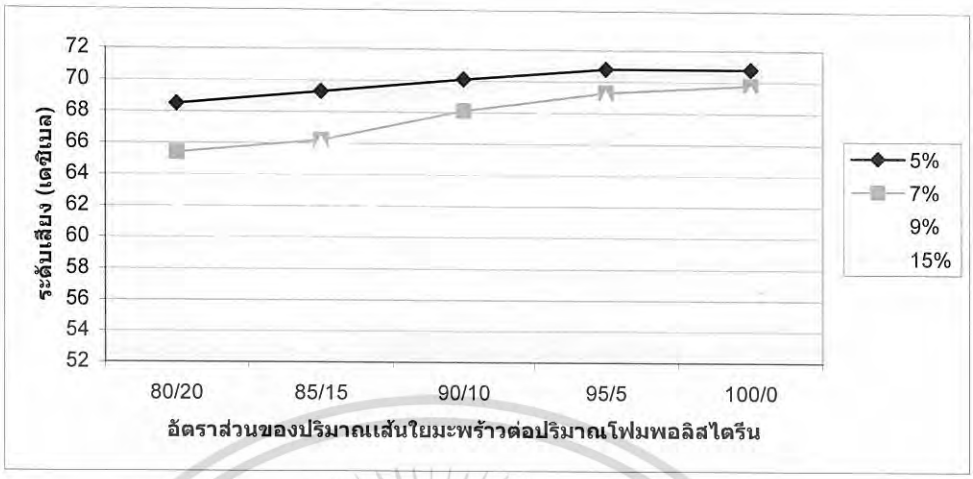


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 250 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 500 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ

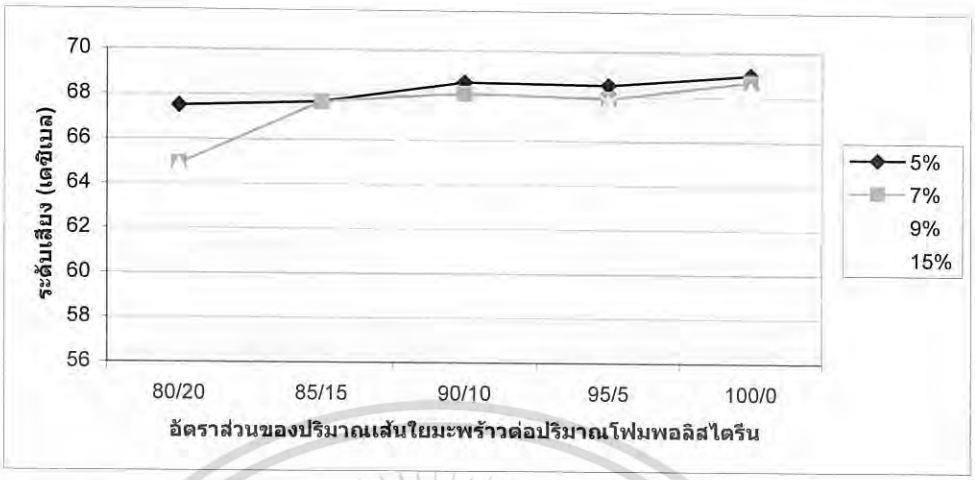
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 1000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 2000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 4000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ

จากรูปที่ 4.5-4.9 เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนเดียวกัน แต่เปอร์เซ็นต์กาวต่างกัน พบว่าที่เปอร์เซ็นต์กาว 5% วัดระดับเสียงที่ผ่านออกมาได้สูงที่สุด และที่เปอร์เซ็นต์กาว 15% จะวัดระดับเสียงได้ต่ำที่สุด เนื่องจากแผ่นใยไม้อัดที่มีโฟมน้อยจะมีช่องว่างอยู่กระจัดกระจายอยู่มากมายและมีแรงยึดระหว่างเส้นใยน้อย เสียงลอดผ่านได้มาก กาวที่ใส่ลงไปเพื่อใช้เป็นสารยึดติดจะไปทำให้เส้นใยจับตัวกันแข็งแรงทำให้เสียงสามารถผ่านออกมาได้ลดลง ดังนั้นแผ่นใยไม้อัดที่มีปริมาณกาวสูงขึ้น จะทำให้มีสมบัติการดูดซับเสียงที่ดีขึ้นด้วย

และเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์กาวเดียวกัน แต่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่ต่างกัน พบว่าที่อัตราส่วน 80/20 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนสูงที่สุด วัดระดับเสียงได้ต่ำที่สุด และที่อัตราส่วน 95/5 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่ำสุด จะวัดระดับเสียงได้สูงที่สุด เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนมีรูพรุน ช่วยในการดูดซับเสียง ดังนั้นแผ่นใยไม้อัดที่มีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนมาก จะทำให้มีสมบัติการดูดซับเสียงที่ดีขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

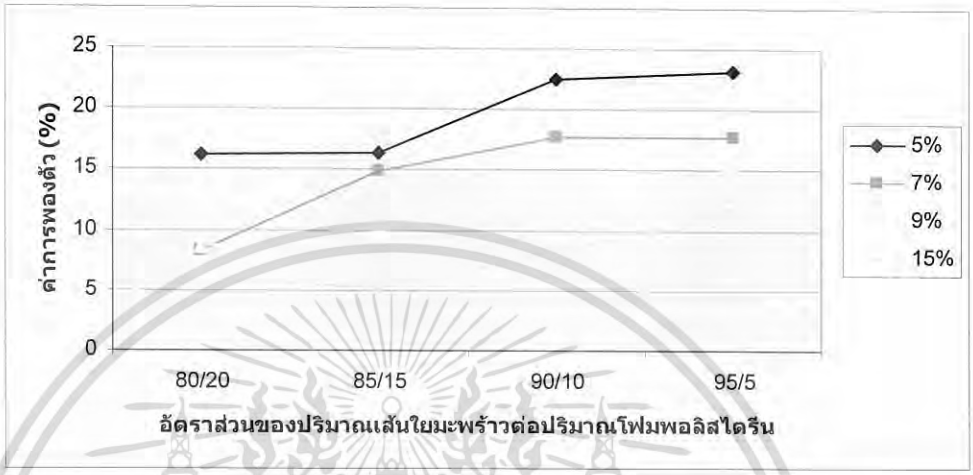
4.2 ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

เตรียมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 300 กก./ม^3 จากเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการคัดขนาด 20-35 เมซ กับโฟมพอลิสไตรีน ในอัตราส่วน 80/20 85/15 90/10 และ95/5 ใช้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% 7% 9% และ15%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

4.2.1.1 การพองตัว



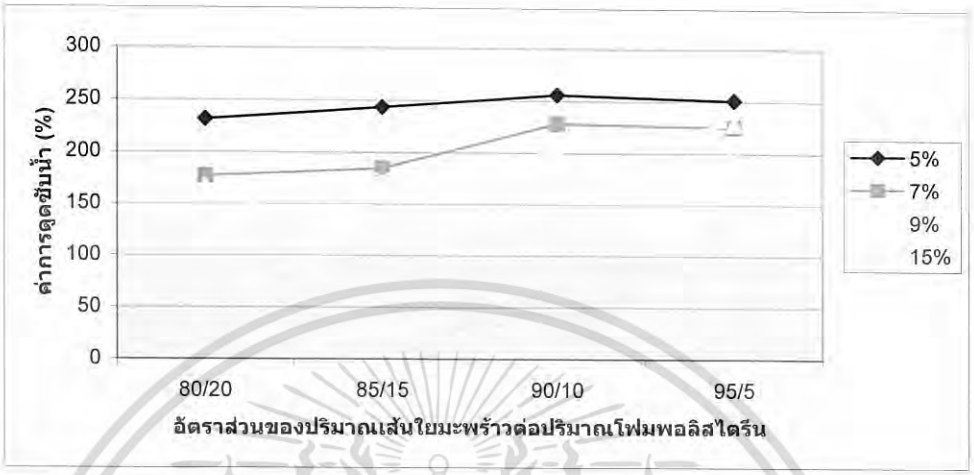
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัว (%) กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่ เปอร์เซ็นต์กาว 5% 7 % 9 % และ15 % ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.10 เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนเดียวกัน แต่มีเปอร์เซ็นต์กาวต่างๆกัน จะพบว่าค่าการพองตัวของเปอร์เซ็นต์กาว 5% มีค่าสูงสุด และเปอร์เซ็นต์กาว 15% มีค่าต่ำสุด เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวจะมีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลัก โดยเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่ที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่งผลให้เส้นใยมะพร้าวดูดซับน้ำได้ดี แต่กาวที่ใช้เป็นสารยึดติดจะไปทำให้เส้นใยมะพร้าวดูดซับน้ำได้ลดลงเพราะกาวที่ใช้จะไปสร้างพันธะกับหมู่ไฮดรอกซิล เป็นผลให้จำนวนหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยมะพร้าวมีจำนวนลดลง ดังนั้นปริมาณกาวที่เพิ่มสูงขึ้น จะทำให้เส้นใยดูดซับน้ำได้ลดลง ทำให้ค่าการพองตัวลดลง

และเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์กาวเดียวกัน แต่อัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างกัน จะพบว่าอัตราส่วน 95/5 มีค่าการพองตัวสูงที่สุด และอัตราส่วน 80/20 มีค่าการพองตัวต่ำที่สุด เนื่องจากปริมาณกาวที่ใช้เป็นสารยึดติดมีปริมาณคงที่ แต่ปริมาณเส้นใยมะพร้าวที่มากขึ้นทำให้ปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลให้แผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วน 95/5 สามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น ค่าการพองตัวจึงสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 การดูดซับน้ำ



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับน้ำ (%) กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่ เปอร์เซ็นต์กาว 5% 7% 9% และ15% ตามลำดับ

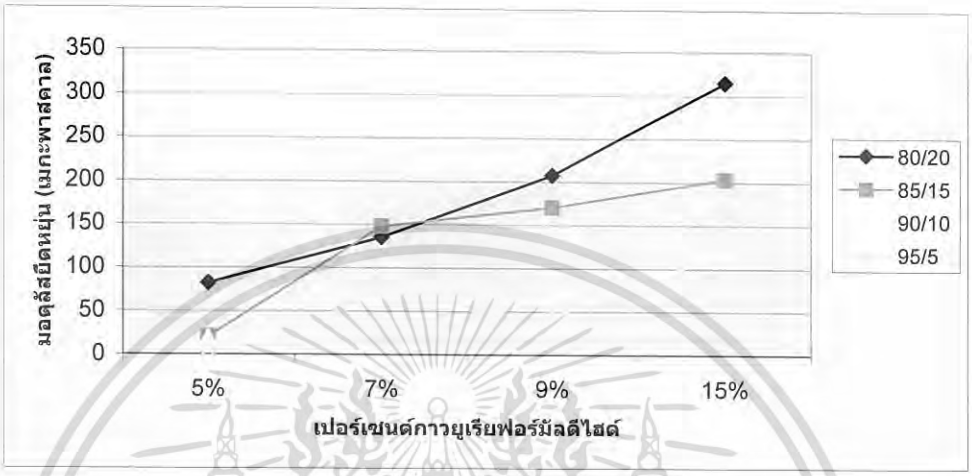
จากรูปที่ 4.11 เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนเดียวกัน แต่มีเปอร์เซ็นต์กาวต่างๆกัน จะพบว่าค่าการดูดซับน้ำของเปอร์เซ็นต์กาว 5% มีค่าสูงสุด และเปอร์เซ็นต์กาว 15% มีค่าต่ำสุด เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวจะมีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลัก โดยเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่ที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่งผลให้เส้นใยมะพร้าวดูดซับน้ำได้ดี แต่กาวที่ใช้เป็นสารยึดติดจะไปทำให้เส้นใยมะพร้าวดูดซับน้ำได้ลดลงเพราะกาวที่ใช้จะไปสร้างพันธะกับหมู่ไฮดรอกซิล เป็นผลให้จำนวนหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยมะพร้าวมีจำนวนลดลง ดังนั้นปริมาณกาวที่เพิ่มสูงขึ้น จะทำให้เส้นใยดูดซับน้ำได้ลดลง

และเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์กาวเดียวกัน แต่อัตราส่วนของปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างกัน จะพบว่าอัตราส่วน 95/5 มีค่าการดูดซับน้ำที่สูงที่สุด และอัตราส่วน 80/20 มีค่าการดูดซับน้ำต่ำที่สุด เนื่องจากปริมาณกาวที่ใช้เป็นสารยึดติดมีปริมาณคงที่ แต่ปริมาณเส้นใยมะพร้าวที่มากขึ้นทำให้ปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลให้แผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วน 95/5 สามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล

4.2.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น



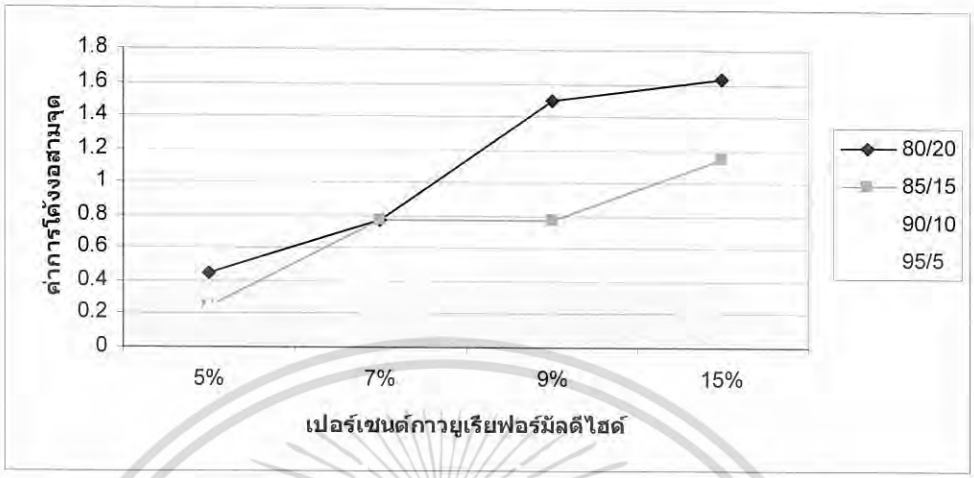
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคาล) กับเปอร์เซ็นต์กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ที่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างๆ

จากรูปที่ 4.12 เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์กาวเดียวกัน แต่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่ต่างกัน จะพบว่าอัตราส่วน 80/20 จะมีค่าการโค้งงอสามจุดสูงที่สุด และอัตราส่วน 95/5 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุด เนื่องมาจากปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่มากขึ้นจะสามารถกระจายตัวได้ดี และจะไปแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยมะพร้าวทำให้เส้นใยไม่อยู่ติดกันมากเกินไป โดยโฟมมีความอ่อนตัว ยืดหยุ่น ซึ่งจะช่วยรับแรงกดอัด และกระจายแรงได้ดีกว่า ดังนั้นอัตราส่วน 80/20 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนสูงที่สุด จึงมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด ส่วนอัตราส่วน 95/5 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่ำที่สุด จึงมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุดด้วย

และเมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนเดียวกัน แต่เปอร์เซ็นต์กาวต่างกัน จะพบว่าที่เปอร์เซ็นต์กาว 15%จะมีค่าการโค้งงอสามจุดสูงสุด และที่เปอร์เซ็นต์กาว 5% จะมีค่าการโค้งงอสามจุดต่ำสุด เนื่องมาจากที่เปอร์เซ็นต์กาว 15% ซึ่งมีปริมาณกาวสูงที่สุด ช่วยในการยึดติดแผ่นใยไม้อัดได้แน่น และส่งผลให้แผ่นใยไม้อัดมีความแข็งแรงมากขึ้น จึงทำให้ค่าความโค้งงอสามจุดสูงที่สุด ส่วนที่เปอร์เซ็นต์กาว 5% ซึ่งมีปริมาณกาวต่ำที่สุด ทำให้เกิดการยึดติดของแผ่นใยไม้อัดน้อยลง และส่งผลให้ความแข็งแรงของแผ่นใยไม้อัดลดลง จึงทำให้ค่าความโค้งงอสามจุดต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 การโค้งงอสามจุด



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโค้งงอสามจุด กับเปอร์เซ็นต์กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ที่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างๆ

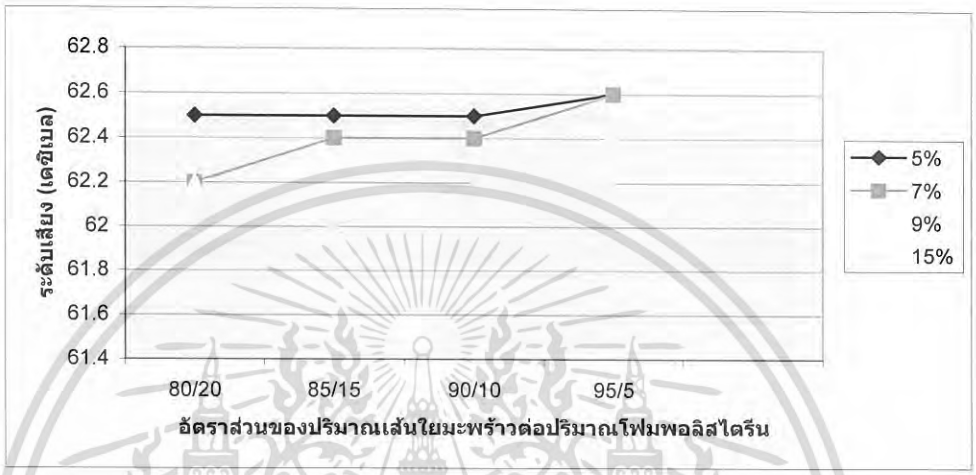
จากรูปที่ 4.13 เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์กาวเดียวกัน แต่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่ต่างกัน จะพบว่าอัตราส่วน 80/20 จะมีค่าการโค้งงอสามจุดสูงที่สุด และอัตราส่วน 95/5 มีค่าการโค้งงอสามจุดต่ำที่สุด เนื่องมาจากปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่มากขึ้นจะสามารถกระจายตัวได้ดี และจะไปแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยมะพร้าวทำให้เส้นใยไม่อยู่ติดกันมากเกินไป โดยโฟมมีความอ่อนตัว ยืดหยุ่น ซึ่งจะช่วยรับแรงกดอัด และกระจายแรงได้ดีกว่า ดังนั้นอัตราส่วน 80/20 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนสูงที่สุด จึงมีค่าการโค้งงอสามจุดสูงที่สุด ส่วนอัตราส่วน 95/5 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่ำที่สุด จึงมีค่าการโค้งงอสามจุดต่ำที่สุดด้วย

และเมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนเดียวกัน แต่เปอร์เซ็นต์กาวต่างกัน จะพบว่าที่เปอร์เซ็นต์กาว 15% จะมีค่าการโค้งงอสามจุดสูงสุด และที่เปอร์เซ็นต์กาว 5 % จะมีค่าการโค้งงอสามจุดต่ำสุด เนื่องมาจากที่เปอร์เซ็นต์กาว 15 % ซึ่งมีปริมาณกาวสูงที่สุด ช่วยในการยึดติดแผ่นใยไม้อัดได้แน่น และส่งผลให้แผ่นใยไม้อัดมีความแข็งแรงมากขึ้น จึงทำให้ค่าความโค้งงอสามจุดสูงที่สุด ส่วนที่เปอร์เซ็นต์กาว 5 % ซึ่งมีปริมาณกาวต่ำที่สุด ทำให้เกิดการยึดติดของแผ่นใยไม้อัดน้อยลง และส่งผลให้ความแข็งแรงของแผ่นใยไม้อัดลดลง จึงทำให้ค่าความโค้งงอสามจุดต่ำที่สุด

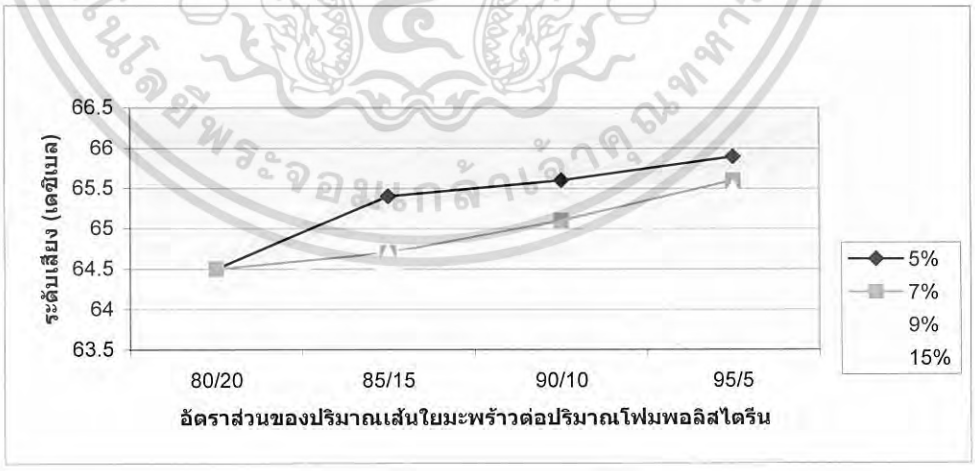
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การศึกษาสมบัติการดูดซับเสียง

4.2.3.1 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 250 500 1000 2000 และ 4000 เฮิร์ต (ระดับความดันเสียงเท่ากับ 62.8 66.2 70.8 70.8 และ 69.0 เดซิเบล ตามลำดับ เมื่อไม่มีวัสดุปิดกั้นทางเดินเสียง)

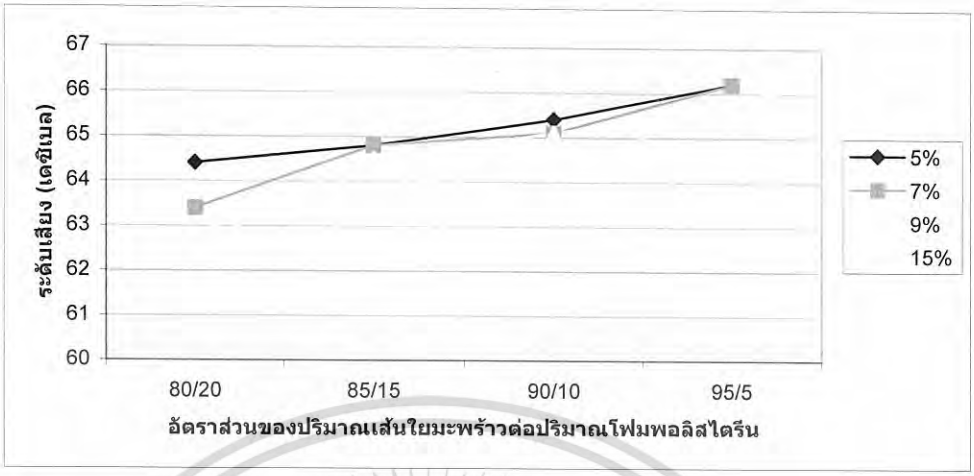


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 250 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 500 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ

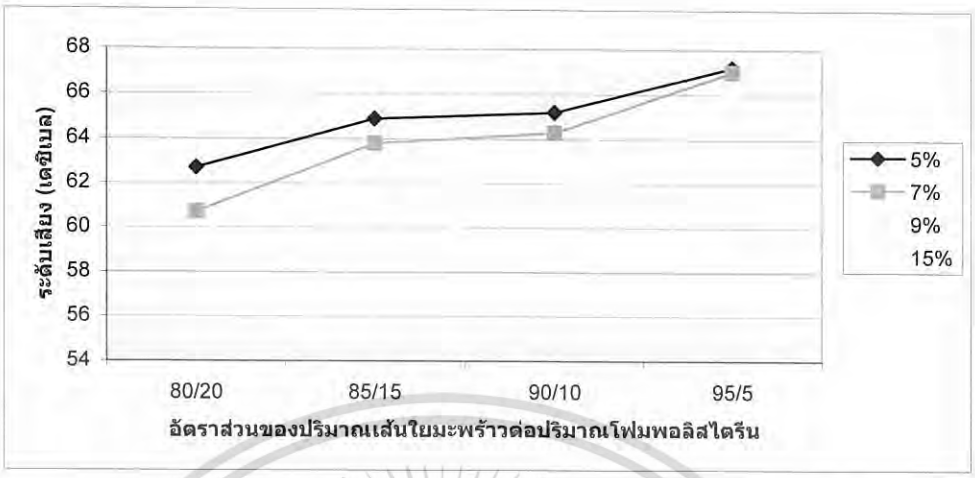
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 1000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 2000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 4000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ที่เปอร์เซ็นต์กาวต่างๆ

จากรูปที่ 4.14-4.18 เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนเดียวกัน แต่เปอร์เซ็นต์กาวต่างกัน พบว่าที่เปอร์เซ็นต์กาว 5 % วัดระดับเสียงที่ผ่านออกมาได้สูงที่สุด และที่เปอร์เซ็นต์กาว 15% จะวัดระดับเสียงได้ต่ำที่สุด เนื่องจากแผ่นใยไม้อัดที่มีโฟมน้อยจะมีช่องว่างอยู่กระจัดกระจายอยู่มากมายและมีแรงยึดระหว่างเส้นใยน้อย เสียงลอดผ่านได้มาก กาวที่ใส่ลงไปเพื่อใช้เป็นสารยึดติดจะไปทำให้เส้นใยจับตัวกันแข็งแรงทำให้เสียงสามารถผ่านออกมาได้ลดลง ดังนั้นแผ่นใยไม้อัดที่มีปริมาณกาวสูงขึ้น จะทำให้มีสมบัติการดูดซับเสียงที่ดีขึ้นด้วย

และเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์กาวเดียวกัน แต่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่ต่างกัน พบว่าที่อัตราส่วน 80/20 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนสูงที่สุด วัดระดับเสียงได้ต่ำที่สุด และที่อัตราส่วน 95/5 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่ำสุด จะวัดระดับเสียงได้สูงที่สุด เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนมีรูพรุน ช่วยในการดูดซับเสียง ดังนั้นแผ่นใยไม้อัดที่มีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนมาก จะทำให้มีสมบัติการดูดซับเสียงที่ดีขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

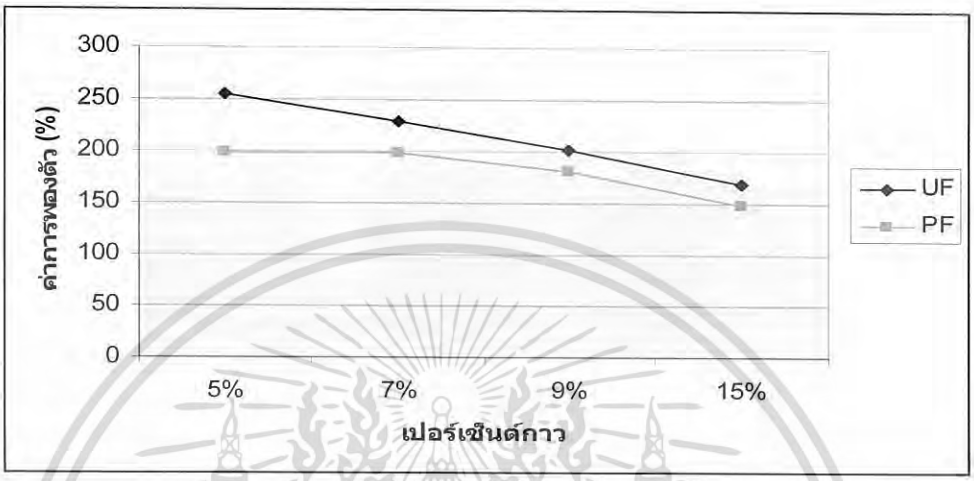
4.3 เปรียบเทียบระหว่างกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์กับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

เนื่องจากผลการทดลองมีแนวโน้มเดียวกัน จึงนำผลการทดสอบสมบัติต่างๆของแผ่นใยไม้อัดที่เตรียมจากเส้นใยมะพร้าวกับโฟมพอลิสไตรีนที่ 80/20 และปริมาณกาว 5% 7% 9% และ15% มาเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

4.3.1.1 การพองตัว



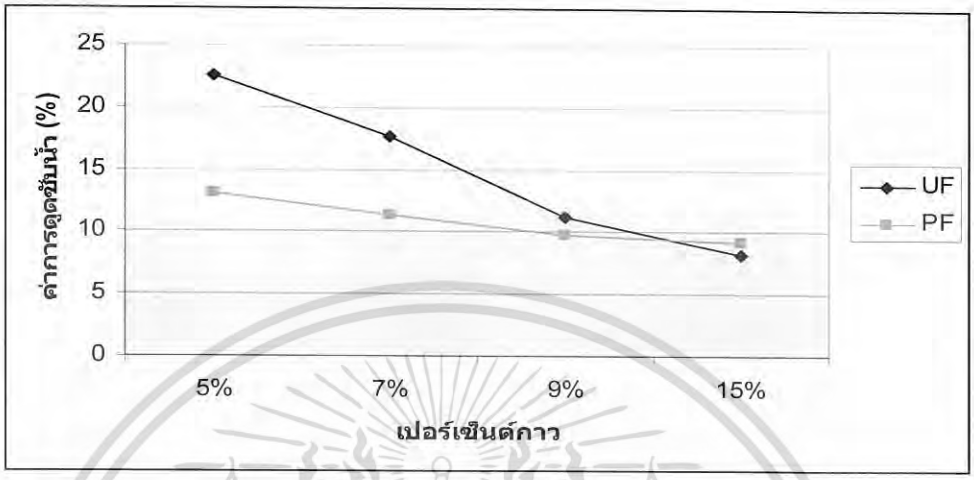
รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัว (%) กับเปอร์เซ็นต์กาว ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.19 จะพบว่าแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด จะเกิดการพองตัวมากกว่าแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด เนื่องจากกาวทั้งสองชนิดนี้จะมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ แต่อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มักจะเกิดเป็นเรโซแนนซ์กับวงเบนซีนภายในตัวเองมากกว่าที่จะไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่วนกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์จะมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของไนโตรเจนที่ชอบไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำมากกว่า จึงสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า ทำให้แผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด เกิดการพองตัวได้มาก

เมื่อปริมาณกาวมาก เกิดพันธะยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและโฟมมาก แผ่นใยไม้อัดแข็งแรงมากขึ้น การบวมน้ำจึงลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.2 การดูดซับน้ำ



รูปที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับน้ำ (%) กับเปอร์เซ็นต์กาว ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

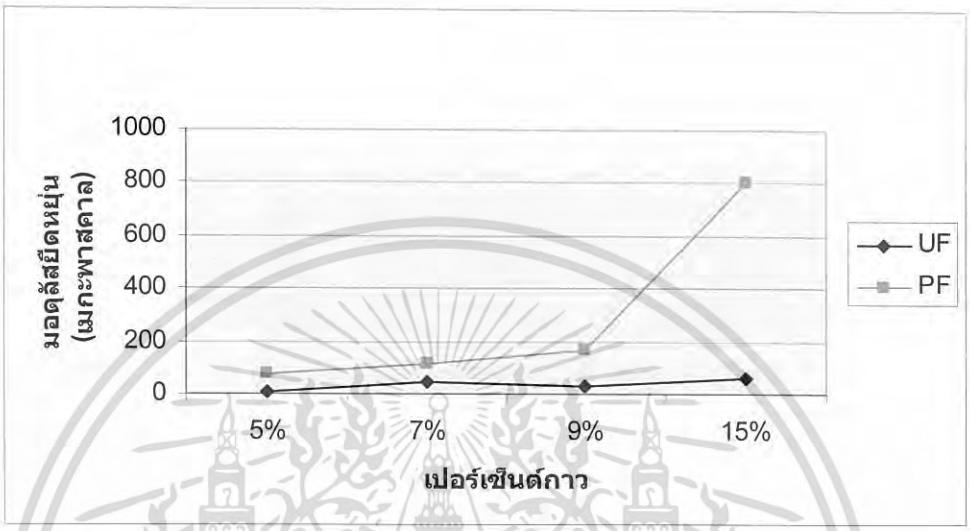
จากรูปที่ 4.20 จะพบว่าแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด จะดูดซับน้ำได้ดีกว่าแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด เนื่องจากกาวทั้งสองชนิดนี้จะมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ แต่อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มักจะเกิดเป็นเรโซแนนซ์กับวงเบนซีนภายในตัวมันเองมากกว่าที่จะไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่วนกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์จะมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของไนโตรเจนที่ชอบไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำมากกว่า จึงสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่า

เมื่อปริมาณกาวมาก เกิดพันธะยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและโฟมมาก แผ่นใยไม้อัดแข็งแรงมากขึ้น การบวมน้ำจึงลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล

4.3.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น

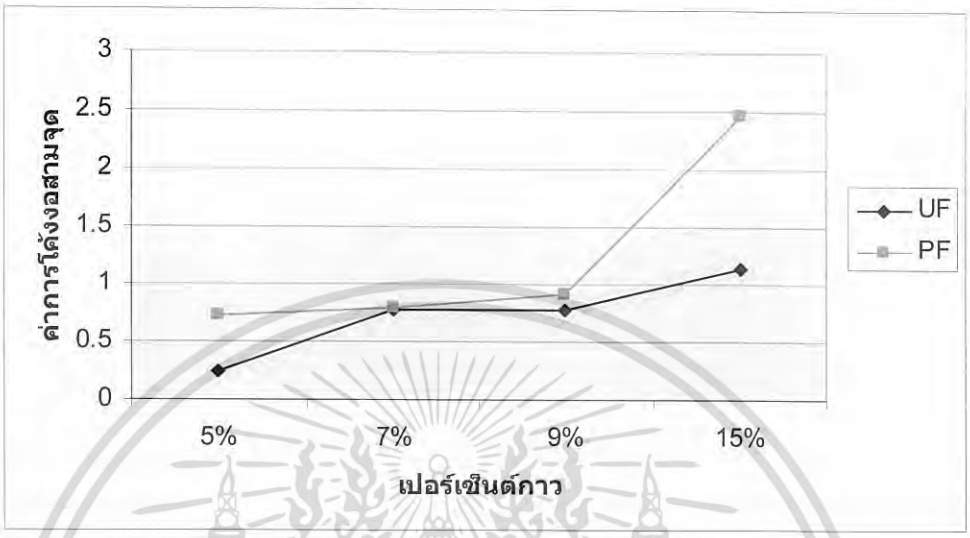


รูปที่ 4.21 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคาล) กับเปอร์เซ็นต์กาว ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.21 จะพบว่าแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติดจะให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด เนื่องจากกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีความแข็งแรงพันธะสูงกว่ากาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่แผ่นใยไม้อัด ทำให้ทนแรงกดได้มาก จึงส่งผลให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.2 การโค้งงอสามจุด

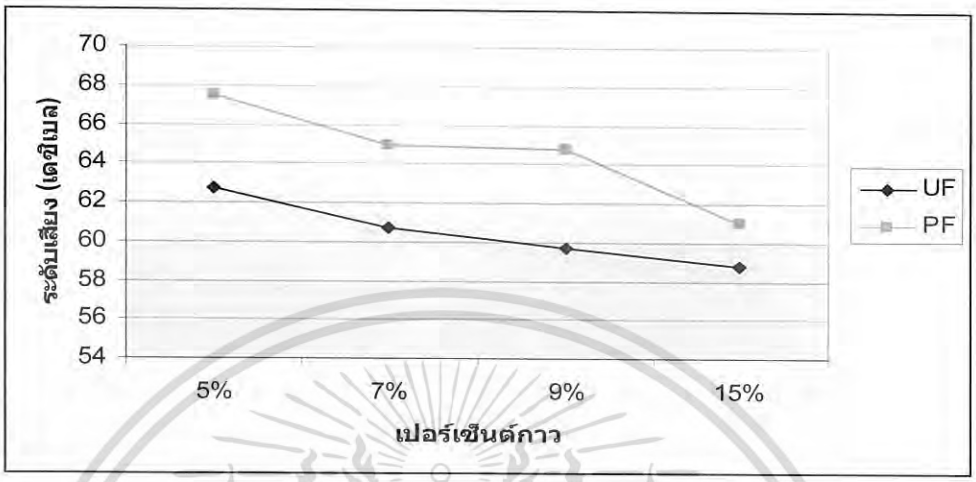


รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโค้งงอสามจุด กับเปอร์เซ็นต์กาว ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.22 จะพบว่าแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด จะให้ค่าการโค้งงอสามจุดสูงกว่าแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด เนื่องจากกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีความแข็งแรงพันธะสูงกว่ากาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่แผ่นใยไม้อัด ทำให้ทนแรงกดได้มาก จึงส่งผลให้ค่าการโค้งงอสามจุดสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 การศึกษาสมบัติการดูดซับเสียง



รูปที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียง (เดซิเบล) กับเปอร์เซ็นต์กาว ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.23 จะพบว่าแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด จะช่วยในการดูดซับเสียงได้ดีกว่าแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด เนื่องจากกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เมื่อเกิดพันธะเชื่องโยงกับเส้นใยแล้ว จะมีความแข็งแรงน้อยกว่ากาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นผลให้เส้นใยภายในแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติดดูดซับเสียงได้ดีกว่า เพราะเมื่อคลื่นเสียงเดินทางมากระทบแผ่นใยไม้อัด เส้นใยจะสามารถส่งผ่านแรงสั่นสะเทือนจากคลื่นเสียงได้ดีกว่า ทำให้คลื่นเสียงที่เดินทางผ่านแผ่นใยไม้อัด มีพลังงานลดลง เสียงที่ผ่านออกมาจึงลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัย

โครงงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเตรียมแผ่นใยไม้อัดดูดซับเสียงโดยนำเส้นใยมะพร้าวมาบด และคัดขนาด 20-35 เมช มาผสมกับโฟมพอลิสไตรีนในอัตราส่วน 80/20 85/15 90/10 และ95/5 โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์หรือกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติดในปริมาณ 5 7 9 และ 15 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นจึงนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดร้อน และตรวจสอบสมบัติการพองตัว การดูดซับน้ำ มอดุลัสยืดหยุ่น การโค้งงอสามจุด และสมบัติการดูดซับเสียง

จากการทดสอบสมบัติต่างๆ สามารถสรุปได้ว่าเมื่อปริมาณเส้นใยมะพร้าวลดลง มีผลให้สมบัติด้านการพองตัว และการดูดซับน้ำลดลง แต่ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น การโค้งงอสามจุด และการดูดซับเสียงสูงขึ้น ปริมาณสารยึดติดที่เพิ่มขึ้นจะมีผลให้มอดุลัสยืดหยุ่น การโค้งงอสามจุด และการดูดซับเสียงสูงขึ้นด้วย แต่ค่าการพองตัว และการดูดซับน้ำลดลง นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีนจะทำให้การดูดซับเสียงดีขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบสารยึดติดระหว่างกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์กับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่าเมื่อใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด แผ่นใยไม้อัดที่ได้จะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่น และการโค้งงอสามจุดที่ดีกว่าการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด แสดงว่ากาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีความแข็งแรงพันธะสูงกว่า แต่เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สมบัติด้านการพองตัว การดูดซับน้ำ และการดูดซับเสียง มีค่าสูงกว่า เนื่องจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีความเป็นขั้วสูง จึงสามารถดูดซับน้ำได้ดี ส่งผลให้เกิดการพองตัวที่สูง ซึ่งทำให้แผ่นใยไม้อัดที่ทำจากกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ทนทานต่อการนำไปใช้งานน้อยกว่ากาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในกระบวนการผสมก่อนการกดอัดขึ้นรูป องค์ประกอบต่างๆควรมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ เพื่อลดค่าความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นได้จากการทดสอบควรใช้เครื่องผสมที่มีหัวฉีดพ่นกาว เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของกาวและโฟมได้ดี
2. ควรเพิ่มวิธีการทดสอบสมบัติในเชิงสะท้อนกลับของเสียง ซึ่งจะทำให้ผลที่ได้สมบูรณ์ขึ้น
3. ควรเปลี่ยนตำแหน่งแผ่นใยไม้อัดที่ปิดกั้นทางเดินเสียง เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการทดสอบให้มากขึ้น

5.3 การนำไปใช้ประโยชน์

1. นำไปใช้ตกแต่งฝาผนังห้องหรือเพดาน เพื่อลดระดับความดันเสียงที่จะทะลุผ่านไปสู่ภายนอกได้
2. สามารถใช้เป็นวัสดุกึ่งกันกระแทกได้ เนื่องจากแผ่นใยไม้อัดนี้มีส่วนประกอบของโฟมพอลิสไตรีนที่เป็นวัสดุกันกระแทกอยู่ด้วย
3. สามารถใช้เป็นของประดับตกแต่งได้เช่น กรอบรูป แผ่นป้ายประกาศ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการผลิตแผ่นใยไม้อัดในการทดลอง

- เส้นใยมะพร้าวและโฟมพอลิสไตรีน

น้ำหนักเส้นใยมะพร้าวและโฟมพอลิสไตรีนที่ชั่งจริง

$$= \text{สัดส่วนของสาร} \times (100\ \% - \%\ \text{กาว*}) \times \frac{\text{น้ำหนักแผ่นไม้อัด}}{100} \quad \text{------(1)}$$

หมายเหตุ : % กาว* = % กาวที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดในแต่ละสูตร

- น้ำหนักกาวที่ชั่งจริง

กาวPF

$$\text{น้ำหนักกาว} = \frac{\%\ \text{กาว} \times \text{น้ำหนักแผ่นไม้อัด}}{\%\ \text{consistency*}} \quad \text{------(2)}$$

หมายเหตุ : % consistency* = ความเข้มข้นของเนื้อกาวเริ่มต้น

กาวUF

$$\text{น้ำหนักกาว} = [\ (2) + 5\ ] \times 0.6 \quad \text{------(3)}$$

$$\text{น้ำหนักน้ำ} = [\ (2) + 5\ ] \times 0.4 \quad \text{------(4)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณสูตรการผลิตแผ่นใยไม้อัด (1)

- ทำการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. ขนาด 30×30×0.9 cm.
- ใช้กาว PF ที่สภาวะความเข้มข้น 15% ของน้ำหนักแผ่นใยไม้อัด
- กาว PF % consistency = 45%
- CO/EPS = 85/15 wt/wt
- น้ำหนักแผ่นใยไม้อัด = ความหนาแน่น × ปริมาตร

  = 0.3 × 30 × 30 × 0.9 = 243 g.
- Mass loss 3% = 243 × 0.03 = 7.29 g.

  เพราะฉะนั้นน้ำหนักแผ่นใยไม้อัด = 243 + 7.29 ≅ 250 g.

* *หาน้ำหนักเส้นใยมะพร้าว*

จาก (1) ; 85 × (100-15) × (250/100) = 180.63

* *หาน้ำหนักโฟม*

จาก (1) ; 15 × (100-15) × (250/100) = 31.88

* *หาน้ำหนักกาว PF*

จาก (2) ; (15 × 250) / 45 = 83.33

	คำนวณในรูปของแข็ง (g)			คำนวณในรูปสารละลาย (g)
เส้นใยมะพร้าว	85	72.25	180.63	180.63
โฟม	15	12.75	31.88	31.88
กาว PF	-	15.00	37.50	83.33
รวม	-	100.00	250.00	295.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณสูตรการผลิตแผ่นใยไม้อัด (2)

- ทำการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. ขนาด 30×30×0.9 cm.
- ใช้กาว UF ที่สภาวะความเข้มข้น 15% ของน้ำหนักแผ่นใยไม้อัด
- กาว UF % consistency = 60%
- CO/EPS = 85/15 wt/wt
- น้ำหนักแผ่นใยไม้อัด = ความหนาแน่น × ปริมาตร

  = 0.3 × 30 × 30 × 0.9 = 243 g.
- Mass loss 3% = 243 × 0.03 = 7.29 g.

  เพราะฉะนั้นน้ำหนักแผ่นใยไม้อัด = 243 + 7.29 ≅ 250 g.

* *หาน้ำหนักเส้นใยมะพร้าว*

จาก (1) ; 85 × (100-15) × (250/100) = 180.63

* *หาน้ำหนักโฟม*

จาก (1) ; 15 × (100-15) × (250/100) = 31.88

* *หาน้ำหนักกาว UF ในรูปของแข็ง*

จาก (3) ; [[(15 × 250) / 60] + 5] × 0.6 = 40.80

* *หาน้ำหนักน้ำ*

จาก (4) ; [[(15 × 250) / 60] + 5] × 0.4 = 27.20

	คำนวณในรูปของแข็ง (g)			คำนวณในรูปสารละลาย (g)
เส้นใยมะพร้าว	85	72.25	180.63	180.63
โฟม	15	12.75	31.88	31.88
กาว UF	-	15.00	37.50	62.50 → 68.00**
รวม	-	100.00	250.00	275.01

<u>การเตรียม UF ให้อยู่ในรูปสารละลาย</u>

UF 60 → 40.80 → (3)

น้ำ 40 → 27.20 → (4)

รวม 100 → 68.00**

**mass loss 5 g.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมในการทำแผ่นทดลอง-กาว UF

Mass lost = 3 % ... UF = 60 % (Solid)

% UF	สูตร CO / EPS	ปริมาณ (กรัม)			
		CO	EPS	UF	H_2O
5	80/20	190	47.5	15.5	10.33
	85/15	201.88	35.63	15.5	10.33
	90/10	213.75	23.75	15.5	10.33
	95/5	225.63	11.88	15.5	10.33
7	80/20	186	46.5	20.5	13.67
	85/15	197.63	34.88	20.5	13.67
	90/10	209.25	23.25	20.5	13.67
	95/5	220.88	11.63	20.5	13.67
9	80/20	182	45.5	25.5	17
	85/15	193.34	34.13	25.5	17
	90/10	204.75	22.75	25.5	17
	95/5	216.13	11.38	25.5	17
15	80/20	170	42.5	40.8	27.2
	85/15	180.63	31.88	40.8	27.2
	90/10	191.25	21.25	40.8	27.2
	95/5	201.88	10.63	40.8	27.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมในการทำแผ่นทดลอง-กาว PF

Mass lost = 3 % ... PF = 45 % (Sol^n)

% PF	สูตร CO / EPS	ปริมาณ (กรัม)		
		CO	EPS	PF
5	80/20	190	47.5	27.78
	85/15	201.88	35.63	27.78
	90/10	213.75	23.75	27.78
	95/5	225.63	11.88	27.78
7	80/20	186	46.5	38.89
	85/15	197.63	34.88	38.89
	90/10	209.25	23.25	38.89
	95/5	220.88	11.63	38.89
9	80/20	182	45.50	50
	85/15	193.34	34.13	50
	90/10	204.75	22.75	50
	95/5	216.13	11.38	50
15	80/20	170	42.5	83.33
	85/15	180.63	31.88	83.33
	90/10	191.25	21.25	83.33
	95/5	201.88	10.63	83.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงค่าความหนา ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการพองตัว

สูตร (CO/EPS) UF 5%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)		ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	
		ก่อนแช่	หลังแช่			ก่อนแช่	หลังแช่
80/20	1	9.6120	11.586	5.032	4.962	4.4049	13.771
	2	10.131	11.426	5.008	5.025	6.4494	20.8449
	3	10.027	11.753	5.032	5.037	6.5988	22.1331
	4	9.628	11.343	5.024	5.033	7.0102	24.1162
	5	9.551	10.806			5.2949	18.1706
85/15	1	9.660	11.250	5.022	5.050	4.3627	14.2285
	2	9.753	11.180	5.030	5.022	6.2637	19.9047
	3	9.937	11.740	4.960	5.010	6.8703	22.2165
	4	10.093	11.820	5.034	5.078	6.1413	22.1106
	5	9.927	11.5167	4.980	4.990	5.5296	21.565
90/10	1	9.553	11.370	5.016	5.024	6.234	20.0134
	2	9.297	11.020	5.031	5.031	5.9739	20.8796
	3	9.283	11.900	5.034	5.029	6.8163	24.5027
	4	9.357	11.260	5.082	5.013	5.5707	19.527
	5	9.233	11.710	5.019	5.037	5.6945	22.7167
95/5	1	9.816	11.280	5.034	5.084	7.7836	24.4335
	2	8.418	11.600	5.060	5.019	5.3597	18.2425
	3	9.520	11.390	4.998	5.011	5.5539	20.3069
	4	9.374	11.400	5.028	5.012	6.8832	25.6259
	5	9.396	11.450	4.984	5.010	5.8949	21.3736

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงค่าความหนา ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการพองตัว

สูตร (CO/EPS) UF 7%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)		ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	
		ก่อนแช่	หลังแช่			ก่อนแช่	หลังแช่
80/20	1	9.723	10.480	5.014	4.996	5.5262	15.9714
	2	9.780	10.400	5.018	5.072	5.2657	15.1799
	3	9.780	10.430	5.024	5.024	6.6288	17.7152
	4	9.900	10.900	5.017	5.035	6.8452	18.1726
	5	9.052	10.000			5.218	14.3926
85/15	1	9.651	11.420	5.017	5.011	7.1147	20.6524
	2	9.645	10.580	5.090	5.041	6.9084	18.8667
	3	9.609	10.920	5.015	4.968	5.7327	17.7076
	4	9.564	11.400	5.018	5.021	7.0099	19.9247
	5	9.608	10.900	5.013	5.010	7.1136	19.0197
90/10	1	9.308	11.290	5.045	5.048	7.7925	22.3862
	2	9.234	10.340	5.015	5.026	5.3584	16.8331
	3	9.346	11.270	5.041	5.030	7.2231	21.6489
	4	9.196	9.790	5.075	5.044	5.5161	17.3786
	5	9.150	10.600	5.042	5.090	6.7381	19.8178
95/5	1	9.750	11.710	5.070	5.024	7.7158	23.7936
	2	9.436	9.150	5.011	4.972	3.978	12.0579
	3	9.675	9.350	4.942	4.984	3.4936	12.1473
	4	8.956	10.810	5.016	5.024	5.2546	17.5897
	5	9.008	9.850	5.092	5.017	5.0451	16.7903

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงค่าความหนา ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการพองตัว

สูตร (CO/EPS) UF 9%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)		ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	
		ก่อนแช่	หลังแช่			ก่อนแช่	หลังแช่
80/20	1	9.166	9.750	5.054	5.013	7.2229	17.1927
	2	9.244	10.030	5.026	5.012	6.3242	15.864
	3	9.249	10.520	4.932	5.06	8.1113	19.431
	4	9.070	9.560	5.020	5.019	7.2472	17.1569
	5	9.376	10.230			8.182	19.7169
85/15	1	9.214	10.440	4.992	5.010	7.6783	20.0239
	2	9.331	10.110	5.033	5.016	7.0029	19.2117
	3	9.035	10.150	5.014	5.026	7.9456	21.5914
	4	9.365	10.300	4.984	5.029	7.644	20.7587
	5	9.259	10.370	5.025	5.018	7.6009	21.0592
90/10	1	9.180	10.780	4.914	4.981	5.3823	16.9488
	2	9.250	10.950	5.027	4.930	5.7974	18.9619
	3	9.060	10.040	5.050	4.999	4.5053	15.0306
	4	9.240	10.960	5.021	5.011	5.7554	19.1544
	5	9.320	11.500	4.981	5.041	6.6969	22.3651
95/5	1	9.640	11.970	5.013	5.050	7.662	22.8104
	2	9.557	11.430	4.982	5.010	7.048	22.3891
	3	9.393	11.070	5.018	5.015	6.2986	20.2905
	4	9.110	9.830	5.040	5.020	4.9404	18.5327
	5	9.587	11.380	5.080	5.026	6.9203	22.9249

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงค่าความหนา ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการพองตัว

สูตร (CO/EPS) UF 15%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)		ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	
		ก่อนแช่	หลังแช่			ก่อนแช่	หลังแช่
80/20	1	9.235	10.060	5.06	5.012	6.5287	16.8236
	2	9.210	9.690	5.019	5.029	6.8118	18.1115
	3	9.280	9.800	5.015	5.01	6.3893	17.6553
	4	9.208	9.640	5.024	5.09	6.8751	19.1694
	5	9.242	9.780			8.0027	20.9417
85/15	1	8.920	9.420	5.013	5.033	5.9807	16.4863
	2	9.270	9.501	5.040	5.010	6.3985	17.9252
	3	9.346	10.040	5.043	5.038	8.2061	21.7693
	4	-	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-	-
90/10	1	9.214	9.830	5.015	5.042	6.276	16.4114
	2	9.343	9.940	5.053	5.025	7.7712	20.6781
	3	9.363	10.41	4.990	5.034	6.9403	19.9865
	4	9.210	9.710	4.986	5.030	6.0435	16.4871
	5	9.203	10.260	5.018	5.021	7.9534	20.3803
95/5	1	9.223	10.380	5.014	5.056	6.2246	16.6246
	2	9.143	10.970	5.026	4.973	6.7526	19.4789
	3	9.193	9.530	5.017	4.942	5.974	18.0896
	4	8.673	9.300	5.027	5.019	5.3887	16.2342
	5	9.213	9.950	5.021	5.017	6.5281	20.6286

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงค่าความหนา ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการพองตัว

สูตร (CO/EPS) PF5%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)		ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	
		ก่อน	หลัง			ก่อน	หลัง
80/20	1	9.902	10.820	5.015	4.952	6.8475	18.7727
	2	9.820	10.800	5.040	5.086	6.884	18.6202
	3	9.706	10.420	4.984	4.985	5.3744	15.5129
	4	9.700	10.720	4.970	5.012	6.6609	18.0398
	5	9.642	10.780			7.8346	19.9706
85/15	1	9.474	10.760	5.018	5.092	6.1204	18.768
	2	9.986	11.100	5.011	5.070	7.7951	23.0551
	3	9.672	10.980	5.022	4.982	6.2558	19.78
	4	9.679	10.710	4.980	5.082	6.3023	19.7311
	5	9.594	10.520	5.022	4.996	5.8774	17.6198
90/10	1	9.618	10.550	5.024	5.017	6.2519	19.3947
	2	9.636	10.640	4.985	5.028	6.4629	19.5592
	3	9.832	10.640	5.024	5.050	6.9345	22.0704
	4	9.768	10.740	5.035	5.030	7.9456	25.355
	5	9.732	10.750	5.014	5.011	6.8601	24.2022
95/5	1	9.480	9.920	5.020	5.010	5.1698	14.6635
	2	9.386	10.600	5.028	5.022	5.1871	17.3231
	3	9.450	10.330	5.000	5.010	5.5029	19.2955
	4	9.074	10.190	5.026	5.030	4.6632	17.3237
	5	9.442	10.280	5.042	4.988	5.1371	21.5514

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงค่าความหนา ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการพองตัว

สูตร (CO/EPS) PF7%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)		ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	
		ก่อน	หลัง			ก่อน	หลัง
80/20	1	9.504	10.350	5.070	5.110	6.8827	18.5671
	2	9.624	10.470	5.027	5.010	7.1472	20.1778
	3	9.570	10.360	5.021	5.041	7.2416	20.6378
	4	9.513	10.050	5.026	5.016	6.5774	19.3463
	5	9.547	10.410			7.1895	21.941
85/15	1	9.567	10.680	5.010	5.030	7.3453	20.7438
	2	9.677	10.650	4.986	4.985	6.7879	18.6996
	3	9.660	10.30	5.022	4.986	6.8434	19.4427
	4	9.693	10.530	5.066	5.029	7.3398	21.1614
	5	9.417	10.130	5.037	5.039	5.9562	20.4121
90/10	1	9.650	10.650	5.016	5.019	6.6351	20.1354
	2	9.675	10.520	5.015	5.048	5.6682	16.7759
	3	8.483	10.900	5.033	5.010	5.507	17.2645
	4	9.647	10.720	5.029	5.060	7.1848	22.7584
	5	9.547	10.210	5.011	5.011	5.6499	20.5487
95/5	1	9.424	10.450	4.984	5.031	5.9485	18.0521
	2	9.543	10.600	5.006	4.968	6.5579	19.7117
	3	9.464	10.850	4.944	4.981	7.1042	21.3423
	4	9.630	10.800	5.010	5.017	7.2613	23.3853
	5	9.253	10.400	4.908	5.015	5.8953	21.0688

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงค่าความหนา ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการพองตัว

สูตร (CO/EPS) PF9%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)		ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	
		ก่อนแช่	หลังแช่			ก่อนแช่	หลังแช่
80/20	1	9.247	10.360	5.016	5.021	7.3832	18.5937
	2	9.480	10.570	5.019	5.022	7.5379	19.8658
	3	9.367	10.430	5.026	5.019	7.1103	19.393
	4	9.663	10.490	5.022	5.025	8.185	21.8025
	5	9.577	10.610			7.2219	21.113
85/15	1	9.280	10.480	5.032	5.013	7.0265	19.5938
	2	9.400	10.120	5.013	5.037	6.5155	18.497
	3	9.340	10.320	5.017	5.024	7.207	20.229
	4	9.603	11.030	5.027	5.056	8.783	24.4967
	5	9.237	10.210	5.030	5.045	6.3593	19.0172
90/10	1	9.710	10.630	5.028	5.016	7.3726	20.919
	2	9.680	10.640	5.035	5.025	7.5636	20.4513
	3	9.390	10.710	5.036	5.030	6.8348	20.4427
	4	9.650	10.970	5.020	5.019	7.6074	21.8659
	5	9.820	10.800	5.037	5.025	7.212	22.9717
95/5	1	9.741	10.950	5.022	5.028	7.8745	22.7639
	2	9.853	11.040	5.013	5.033	8.9282	24.5507
	3	9.623	11.240	5.031	5.024	8.2678	24.4958
	4	9.593	10.450	5.032	5.034	8.4984	26.0957
	5	-	-	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงค่าความหนา ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการพองตัว

สูตร (CO/EPS) PF15%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)		ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	
		ก่อนแช่	หลังแช่			ก่อนแช่	หลังแช่
80/20	1	9.180	9.500	5.017	5.030	7.6613	17.9963
	2	9.027	9.700	5.016	5.012	7.9649	17.9494
	3	8.750	9.360	5.025	5.016	8.0866	18.593
	4	9.213	9.980	5.028	5.011	7.9607	19.5899
	5	9.143	9.550			8.3168	20.347
85/15	1	9.122	9.730	5.014	5.098	7.4785	18.7879
	2	9.164	9.810	5.019	5.027	7.2301	18.8583
	3	8.846	9.550	5.028	5.016	8.3824	19.982
	4	9.056	9.640	5.016	5.032	8.0918	20.4437
	5	8.994	9.490	5.016	5.024	7.844	20.1605
90/10	1	8.613	9.270	5.018	5.062	7.3766	18.4593
	2	8.517	9.630	5.096	5.010	8.3325	19.8916
	3	8.893	9.720	5.026	5.072	7.5419	19.4749
	4	8.793	9.220	5.022	5.024	7.1601	19.8332
	5	8.893	9.880	5.018	5.020	7.1149	19.5856
95/5	1	8.983	9.520	5.018	5.017	5.4032	14.018
	2	8.967	9.700	5.027	5.029	7.2145	19.9548
	3	8.863	9.670	5.012	5.028	7.8345	20.4775
	4	8.863	9.620	5.019	5.029	7.0946	19.6933
	5	8.863	9.750	5.011	5.049	6.3544	19.5702

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงค่าความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการโค้งงอสามจุด

สูตร (CO/EPS) UF 5%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)
80/20	1	9.673	5.061	14.942	75.62146	731.4864
	2	9.482	4.993	15.010	74.94493	710.6278
	3	9.791	4.964	15.012	74.51957	729.6211
	4	9.962	5.019	14.989	75.22979	749.4392
85/15	1	9.947	5.090	15.049	76.59941	761.9343
	2	9.513	4.990	15.015	74.92485	712.7601
	3	9.013	4.985	15.023	74.88966	674.9805
	4	9.840	5.011	15.040	75.36544	741.5959
90/10	1	9.767	5.015	15.022	75.33533	735.8002
	2	9.517	4.986	15.012	74.84983	712.3459
	3	9.030	4.983	15.024	74.86459	676.0273
	4	9.877	4.987	15.054	75.0743	741.5088
95/5	1	9.660	4.983	15.060	75.04398	724.9248
	2	9.220	4.981	15.014	74.78473	689.5152
	3	9.62	4.999	14.984	74.90502	720.5863
	4	9.193	4.964	14.972	74.32101	683.233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงค่าความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการโค้งงอสามจุด

สูตร (CO/EPS) UF 7%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)
80/20	1	9.428	5.069	15.009	76.08062	717.2881
	2	9.296	5.020	15.034	75.47068	701.5754
	3	9.612	5.017	15.028	75.39548	724.7013
	4	9.360	5.069	15.032	76.19721	713.2059
85/15	1	9.710	4.995	15.072	75.28464	731.0139
	2	9.663	5.008	15.039	75.31531	727.7719
	3	9.615	4.981	15.036	74.89432	720.1088
	4	9.419	4.976	15.029	74.7843	704.3934
90/10	1	9.513	5.015	15.020	75.3253	716.5696
	2	9.398	5.018	15.030	75.42054	708.8022
	3	9.388	4.955	15.015	74.39933	698.4609
	4	9.384	5.005	15.024	75.19512	705.631
95/5	1	9.707	5.002	15.025	75.15505	729.5301
	2	9.193	4.982	15.086	75.15845	690.9316
	3	9.123	4.997	15.018	75.04495	684.635
	4	9.235	5.021	15.023	75.43048	696.6005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงค่าความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการโค้งงอสามจุด

สูตร (CO/EPS) UF 9%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)
80/20	1	9.550	5.054	15.008	75.85043	724.3716
	2	8.986	5.012	15.017	75.2652	676.3331
	3	9.543	4.944	15.010	74.20944	708.1807
	4	9.270	5.016	15.015	75.31524	698.1723
85/15	1	8.990	5.014	15.019	75.30527	676.9943
	2	9.119	4.923	15.015	73.91885	674.0659
	3	9.398	5.013	15.013	75.26017	707.2951
	4	9.434	5.026	15.013	75.45534	711.8457
90/10	1	9.470	4.980	15.012	74.75976	707.9749
	2	9.410	5.039	15.033	75.75129	712.8196
	3	9.410	4.976	15.030	74.78928	703.7671
	4	9.55	5.034	15.024	75.63082	722.2743
95/5	1	9.147	4.921	15.057	74.0955	677.7515
	2	9.683	5.025	15.018	75.46545	730.732
	3	9.567	4.962	15.083	74.84185	716.0119
	4	9.237	5.003	15.052	75.30516	695.5937

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงค่าความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการโค้งงอสามจุด

สูตร (CO/EPS) UF 15%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)
80/20	1	9.132	5.060	15.019	75.99614	693.9968
	2	9.375	5.019	15.019	75.38036	706.6909
	3	9.392	4.990	15.021	74.95479	703.9754
	4	9.414	5.057	15.034	76.02694	715.7176
85/15	1	9.390	5.065	15.032	76.13708	714.9272
	2	9.325	5.012	15.044	75.40053	703.1099
	3	9.136	5.010	15.054	75.42054	689.0421
	4	9.271	5.028	15.035	75.59598	700.8503
90/10	1	8.877	4.983	14.974	74.61544	662.3613
	2	9.270	5.029	15.028	75.57581	700.5878
	3	9.387	5.020	15.045	75.5259	708.9616
	4	9.285	5.021	15.036	75.49576	700.9781
95/5	1	9.043	5.007	15.030	75.25521	680.5329
	2	9.510	5.027	15.017	75.49046	717.9143
	3	9.033	5.017	14.960	75.05432	677.9657
	4	9.054	5.023	15.012	75.40528	682.7194

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงค่าความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบค่าการโค้งงอสามจุด

สูตร (CO/EPS) PF 5%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)
80/20	1	9.787	5.074	14.962	75.91719	743.0015
	2	9.687	4.937	15.01	74.10437	717.849
	3	9.827	5.046	14.948	75.42761	741.2271
	4	9.897	4.98	14.906	74.23188	734.6729
85/15	1	9.544	5.01	14.978	75.03978	716.1797
	2	9.696	4.98	14.93	74.3514	720.9112
	3	9.631	5.05	14.982	75.6591	728.6728
	4	9.560	4.986	15.01	74.83986	715.4691
90/10	1	9.830	5.14	14.987	77.03318	757.2362
	2	10.00	5.17	15.013	77.61721	776.1721
	3	10.01	5.11	15.032	76.81352	768.9033
	4	9.820	5.09	15.034	76.52306	751.4564
95/5	1	9.980	4.98	15.04	74.8992	747.494
	2	9.430	4.978	15.005	74.69489	704.3728
	3	9.936	4.92	15.012	73.85904	733.8634
	4	9.746	5.12	15.024	76.92288	749.6904

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงค่าความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการโค้งงอสามจุด

สูตร (CO/EPS) PF 7%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)
80/20	1	9.685	5.027	15.013	75.47035	730.9303
	2	9.698	4.987	15.060	75.10422	728.3607
	3	9.585	5.027	14.978	75.29441	721.6969
	4	9.840	5.011	15.007	75.20008	739.9688
85/15	1	9.500	4.977	15.066	74.98348	712.3431
	2	9.603	5.023	15.019	75.44044	724.4545
	3	9.583	5.017	15.025	75.38043	722.3706
	4	9.610	5.014	15.031	75.36543	724.2618
90/10	1	9.617	5.021	14.982	75.22462	723.4352
	2	9.620	5.022	14.982	75.2396	723.805
	3	9.733	4.977	14.984	74.57537	725.8421
	4	9.753	5.011	14.984	75.08482	732.3023
95/5	1	9.416	4.913	14.972	73.55744	692.6168
	2	9.369	4.996	15.041	75.14484	704.032
	3	9.460	5.023	15.026	75.4756	713.9992
	4	9.436	4.951	15.062	74.57196	703.661

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 แสดงค่าความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการโค้งงอสามจุด

สูตร (CO/EPS) PF 9%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)
80/20	1	9.653	4.982	15.031	74.88444	722.8595
	2	9.637	5.015	15.009	75.27014	725.3783
	3	9.550	4.965	15.058	74.76297	713.9864
	4	9.760	5.018	15.011	75.3252	735.1739
85/15	1	9.630	5.032	15.002	75.49006	726.9693
	2	9.648	5.021	15.021	75.42044	727.6564
	3	9.613	5.038	15.038	75.76144	728.2948
	4	9.533	4.981	15.026	74.84451	713.4927
90/10	1	9.945	4.986	15.012	74.84983	744.3816
	2	9.633	5.035	15.035	75.70123	729.2299
	3	9.550	4.978	15.019	74.76458	714.0018
	4	9.520	5.012	15.002	75.19002	715.809
95/5	1	9.373	5.011	15.046	75.39551	706.6821
	2	9.693	5.016	15.015	75.31524	730.0306
	3	9.527	4.964	15.084	74.87698	713.353
	4	9.633	5.042	15.019	75.7258	729.4666

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 แสดงค่าความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการโค้งงอสามจุด

สูตร (CO/EPS) PF 15%	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)
80/20	1	9.633	4.997	15.028	75.09492	723.3893
	2	9.681	4.983	15.015	74.81975	724.33
	3	9.337	5.011	15.050	75.41555	704.155
	4	9.237	5.013	15.013	75.26017	695.1782
85/15	1	8.720	5.013	15.023	75.3103	656.7058
	2	8.940	4.973	15.013	74.65965	667.4573
	3	8.900	5.024	15.066	75.69158	673.6551
	4	8.960	5.015	15.017	75.31026	674.7799
90/10	1	8.927	5.018	15.015	75.34527	672.6072
	2	8.817	5.026	15.022	75.50057	665.6885
	3	8.708	5.015	15.032	75.38548	656.4568
	4	8.827	4.996	15.020	75.03992	662.3774
95/5	1	8.683	5.037	14.986	75.48448	655.4318
	2	8.850	5.018	15.069	75.61624	669.2037
	3	8.497	5.037	15.016	75.63559	642.6756
	4	8.593	4.974	15.024	74.72938	642.1495

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 แสดงค่าแรงกดสูงสุด และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร CO/EPS: UF	ความกว้าง (cm)	ความหนา (cm)	แรงกดสูงสุด (N)	Rt 1% (N/mm^2)	Rt 2% (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
80/20:5%	5.061	0.9673	11.92	4.283	7.106	266.2409	250.1331
	4.993	0.9482	10.83	2.019	4.723	274.4284	
	4.64	0.9791	10.6	2.373	4.389	199.9747	
	5.0011	0.9962	13.12	3.298	6.25	257.9259	
80/20:7%	5.076	0.9428	16.38	4.257	8.176	397.996	412.7088
	5.02	0.9296	17.13	2.825	6.036	343.979	
	5.178	0.9612	23.95	4.162	9.07	461.0892	
	5.069	0.936	20.22	3.722	7.95	439.4089	
80/20:9%	5.054	0.9166	40.74	8.426	17.51	1008.291	936.1851
	5.121	0.8986	42.44	4.383	12.69	965.7705	
	4.944	0.9543	33.84	8.816	17.43	866.0748	
	5.16	0.927	43.18	7.732	16.41	912.0413	
80/20:15%	5.06	0.9132	39.92	0.1889	0.1812	0.863229	643.7516
	5.035	0.9375	30.86	6.625	14.59	829.3851	
	4.9	0.9392	34.4	6.711	13.95	770.3569	
	5.075	0.9414	40.17	7.73	16.81	926.4265	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 แสดงค่าแรงกดสูงสุด และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัด ที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร CO/EPS: UF	ความกว้าง (cm)	ความหนา (cm)	แรงกดสูงสุด (N)	Rt 1% (N/mm^2)	Rt 2% (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
85/15:5%	5.09	0.9947	6.979	1.533	2.47	80.80332	61.97376
	4.9	0.9513	6.316	0.6911	1.24	56.21192	
	4.85	1.003	6.55	1.52	2.201	60.11548	
	5.1	0.984	5.868	0.5467	1.099	49.10247	
85/15:7%	4.795	0.971	22.07	7.595	13.84	614.5679	543.1964
	5.08	0.9663	19	5.462	10.59	483.317	
	4.918	0.9615	17.53	3.31	9.527	614.3675	
	4.672	0.9419	17.97	3.416	7.492	451.0251	
85/15:9%	5.143	0.899	33.28	5.773	12.3	754.5739	604.2027
	4.923	0.9119	26.33	5.656	11.07	626.5136	
	5.137	0.9398	29.67	5.367	12.89	762.1824	
	5.062	0.9434	20.21	2.849	5.71	290.7983	
85/15:15%	5.065	0.939	24.22	4.932	10.68	592.1398	455.5212
	5.012	0.9325	19.68	5.759	10.91	547.5423	
	5.01	0.9136	13.2	2.188	4.545	266.5246	
	5.082	0.9271	18.31	3.585	7.328	399.2907	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 21 แสดงค่าแรงกดสูงสุด และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัด ที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร CO/EPS: UF	ความกว้าง (cm)	ความหนา (cm)	แรงกดสูงสุด (N)	Rt 1% (N/mm^2)	Rt 2% (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
90/10:5%	4.869	0.9767	6.291	0.1873	0.8749	65.47813	60.84727
	4.835	0.903	5.187	0.292	0.7649	57.38433	
	4.887	0.9877	7.007	1.475	2.109	58.16417	
	-	-	-	-	-	-	
90/10:7%	5.015	0.9513	9.334	0.9417	2.714	177.3363	184.2679
	5.185	0.9398	8.43	1.754	3.607	185.9962	
	4.55	0.9388	10.71	1.705	2.591	101.6686	
	5.005	0.9384	12.41	1.909	4.443	264.6807	
90/10:9	4.805	0.947	8.664	1.607	3.116	159.7459	136.5269
	5.039	0.941	7.11	1.388	3.099	176.0437	
	4.769	0.941	8.552	2.364	2.977	66.642	
	5.043	0.955	6.279	1.222	2.648	140.2504	
90/10:15%	4.83	0.8877	7.025	1.435	2.564	144.355	370.5136
	5.29	0.927	20.02	5.722	10.49	488.7932	
	5.02	0.9387	16.06	4.721	8.863	430.9329	
	-	-	-	-	-	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22 แสดงค่าแรงกดสูงสุด และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัด ที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร CO/EPS: UF	ความกว้าง (cm)	ความหนา (cm)	แรงกดสูงสุด (N)	Rt 1% (N/mm^2)	Rt 2% (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
95/5:5%	4.783	0.966	3.956	0.6451	0.4755	16.9933	6.554091
	4.814	0.922	3.087	0.3994	0.3472	5.976617	
	4.999	0.962	4.997	0.5182	0.9919	45.98104	
	4.64	0.9193	3.042	0.1889	0.1812	0.922751	
95/5:7%	5.022	0.9707	7.11	1.655	2.435	73.35784	46.01997
	4.842	0.9193	4.281	0.1092	0.7099	68.98343	
	4.997	0.9123	2.971	0.3009	0.2105	10.29271	
	-	-	-	-	-	-	
95/5:9%	4.912	0.9147	3.216	0.3545	0.3545	0	29.10615
	5.254	0.8963	8.344	0.4155	1.07	74.73829	
	4.926	0.9567	4.957	0.9513	1.524	57.35737	
	5.003	0.9237	5.087	0.9462	0.7831	17.86958	
95/5:15%	5.007	0.9043	4.7	0.138	0.1318	0.72337	58.03269
	5.027	0.951	4.295	0.2893	1.131	84.09896	
	5.171	0.9033	5.602	0.6434	1.396	85.30557	
	-	-	-	-	-	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23 แสดงค่าแรงกดสูงสุด และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดที่สูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร CO/EPS: PF	ความกว้าง (cm)	ความหนา (cm)	แรงกดสูงสุด (N)	Rt 1% (N/mm^2)	Rt 2% (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
80/20:5%	5.074	0.9787	32.02	5.816	12.24	583.4317	765.5648
	4.937	0.9687	27.81	2.398	9.862	718.496	
	5.046	0.9827	44.21	9.727	20.89	1007.058	
	4.98	0.9897	28.56	7.092	15.51	753.2734	
80/20:7%	622.5154	0.9685	23.57	8.072	14.98	622.5154	517.7969
	271.2044	0.9698	11.97	2.81	5.716	271.2044	
	513.8863	0.9585	25.92	8.147	13.35	513.8863	
	663.5813	0.984	32.08	11.42	18.9	663.5813	
80/20:9%	4.928	0.9653	21.81	4.755	8.252	340.8174	498.1265
	5.1587	0.9637	30.03	4.484	8.668	391.48	
	4.9647	0.955	29.1	6.704	14.03	731.8929	
	5.168	0.976	40.57	5.214	11.09	528.3158	
80/20:15%	4.9767	0.9003	58.34	11.5	22.13	1264.485	1345.527
	4.83	0.8817	65.85	10.35	21.03	1393.623	
	5.0113	0.9337	66.81	11.59	24.08	1322.738	
	5.1733	0.9237	74.47	8.695	21.92	1401.261	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24 แสดงค่าแรงกดสูงสุด และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัด ที่สูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร CO/EPS: PF	ความกว้าง (cm)	ความหนา (cm)	แรงกดสูงสุด (N)	Rt 1% (N/mm^2)	Rt 2% (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
85/15:5%	5.01	0.9544	17.93	4.962	9.784	478.2797	436.5453
	4.98	0.9696	14.84	3.941	7.914	378.09	
	5.204	0.9631	21.22	3.736	7.438	344.0081	
	4.986	0.956	21.11	6.386	11.89	545.8034	
85/15:7%	4.977	0.95	21.28	6.688	11.65	502.345	481.228
	5.273	0.9603	25.18	7.669	13.88	574.6015	
	5.17	0.9583	18.16	5.189	9.786	436.4789	
	5.141	0.961	18.85	5.027	9.373	411.4866	
85/15:9%	5.032	0.933	17.88	4.911	8.792	410.2436	539.7344
	5.2187	0.9483	28.61	8.204	15.12	671.3348	
	5.3873	0.9613	27.02	8.446	15.77	661.1258	
	4.9813	0.9533	21.86	6.542	10.7	416.2332	
85/15:15%	5.13	0.872	54.98	8.242	16.97	1108.49	1231.344
	4.937	0.894	53.31	5.439	16.53	1358.247	
	5.204	0.89	58.11	7.947	18.25	1213.222	
	5.153	0.896	53.81	8.474	19.16	1245.417	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 25 แสดงค่าแรงกดสูงสุด และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัด ที่สูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร CO/EPS: PF	ความกว้าง (cm)	ความหนา (cm)	แรงกดสูงสุด (N)	Rt 1% (N/mm^2)	Rt 2% (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
90/10:5%	5.14	0.983	14.78	2.606	6.075	306.9477	330.7246
	5.17	1	13.63	3.605	7.395	316.6886	
	5.11	1.001	17.74	3.904	8.923	423.0365	
	5.09	0.982	9.528	2.089	5.171	276.2257	
90/10:7%	5.021	0.9617	9.587	3.293	5.772	239.8011	185.5672
	5.254	0.962	7.952	2.23	4.71	229.0446	
	4.778	0.9733	7.675	2.638	4.056	139.0509	
	5.115	0.9753	8.589	3.162	4.638	134.3723	
90/10:9%	4.926	0.9945	14.83	2.905	5.758	254.3764	288.1064
	5.035	0.933	11.67	1.805	3.661	196.0728	
	4.973	0.95	13.05	2.747	5.731	302.3384	
	5.019	0.952	15.3	3.474	7.48	399.6379	
90/10:15%	5.188	0.8927	33.91	6.025	12.86	800.0289	1042.239
	5.062	0.8817	44.34	7.928	17.3	1166.894	
	5.158	0.8708	41.78	9.083	17.75	1099.299	
	4.996	0.8827	44.4	7.969	16.74	1102.735	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 26 แสดงค่าแรงกดสูงสุด และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดที่สูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร CO/EPS: PF	ความกว้าง (cm)	ความหนา (cm)	แรงกดสูงสุด (N)	Rt 1% (N/mm^2)	Rt 2% (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
95/5:5%	4.899	0.998	5.744	1.357	2.128	68.39732	78.00848
	4.899	0.943	5.891	0.5507	0.7653	22.56685	
	4.92	0.9936	6.196	1.49	3.013	136.3276	
	5.128	0.9746	7.777	0.9108	1.842	84.74215	
95/5:7%	4.813	0.9416	5.689	1.683	2.279	64.07886	111.5415
	4.896	0.9369	7.122	1.782	3.013	132.075	
	5.023	0.946	5.122	1.609	2.261	66.2361	
	4.513	0.9436	7.604	2.455	4.068	183.7761	
95/5:9%	5.1	0.9373	8.449	2.272	4.253	203.7803	162.884
	5.16	0.9693	13.77	2.712	4.534	167.4973	
	4.964	0.9527	8.979	2.647	5.126	249.4939	
	5.042	0.9333	5.221	0.5419	0.8338	30.7646	
95/5:15%	5.037	0.8683	32.7	4.285	12.3	1050.04	803.6217
	5.108	0.885	23.12	5.272	10.95	692.7849	
	5.037	0.8497	26.32	4.544	10.7	860.6242	
	4.974	0.8593	23.4	4.521	8.985	611.0373	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 27 แสดงระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 2000 และ 4000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร CO/EPS: UF	ระดับความดันเสียง (dB)											
	250 Hz (62.8 เดซิเบล)			500 Hz (66.2 เดซิเบล)			1000 Hz (70.8 เดซิเบล)			2000 Hz (70.8 เดซิเบล)			4000 Hz (69.0 เดซิเบล)		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
80/20:5%	62.4	62.6	62.5	64.6	64.4	64.5	64.3	64.5	64.4	59.6	59.4	59.5	62.6	62.8	62.7
80/20:7%	62.1	62.3	62.2	64.5	64.5	64.5	63.4	63.4	63.4	58.6	58.6	58.6	60.5	60.9	60.7
80/20:9%	62.2	62.2	62.2	64.1	64.5	64.3	62.9	62.7	62.8	58.2	58.6	58.4	59.7	59.7	59.7
80/20:15%	61.8	62.0	61.9	64.2	64.4	64.3	62.5	62.7	62.6	58.4	58.2	58.3	58.7	58.9	58.8
85/15:5%	62.3	62.7	62.5	65.5	65.3	65.4	64.8	64.8	64.8	61.3	61.1	61.2	65.0	64.8	64.9
85/15:7%	62.5	62.3	62.4	64.6	64.8	64.7	64.9	64.7	64.8	60.3	60.5	60.4	63.8	63.8	63.8
85/15:9%	62.3	62.3	62.3	64.7	64.7	64.7	64.7	64.3	64.5	59.0	59.2	59.1	63.1	62.9	63.0
85/15:15%	61.9	62.1	62.0	64.4	64.6	64.5	64.2	64.4	64.3	58.9	58.7	58.8	58.7	58.9	58.8
90/10:5%	62.6	62.4	62.5	65.7	65.5	65.6	65.4	65.4	65.4	63.2	63.0	63.1	65.3	65.1	65.2
90/10:7%	62.3	62.5	62.4	65.0	65.2	65.1	65.2	65.0	65.1	61.2	61.6	61.4	64.4	64.2	64.3
90/10:9%	62.4	62.2	62.3	64.8	65.0	64.9	65.1	65.1	65.1	60.6	60.6	60.6	63.6	63.2	63.4
90/10:15%	62.2	62.2	62.2	64.6	64.8	64.7	64.2	64.6	64.4	59.7	59.9	59.8	61.5	61.5	61.5
95/5:5%	62.7	62.5	62.6	65.8	66.0	65.9	66.3	66.1	66.2	64.6	64.4	64.5	67.3	67.1	67.2
95/5:7%	62.8	62.4	62.6	65.5	65.7	65.6	66.2	66.2	66.2	63.7	63.5	63.6	67.1	66.9	67.0
95/5:9%	62.3	62.5	62.4	65.5	65.5	65.5	65.6	65.8	65.7	63.4	63.8	63.6	66.0	66.2	66.1
95/5:15%	62.3	62.1	62.2	65.4	65.2	65.3	65.5	65.7	65.6	61.3	61.1	61.2	63.6	63.4	63.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 28 แสดงระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 2000 และ 4000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัด ที่สูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร CO/EPS: PF	ระดับความดันเสียง (dB)											
	250 Hz (62.8 เดซิเบล)			500 Hz (66.2 เดซิเบล)			1000 Hz (70.8 เดซิเบล)			2000 Hz (70.8 เดซิเบล)			4000 Hz (69.0 เดซิเบล)		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
80/20:5%	62.3	62.1	62.2	64.9	64.7	64.8	68.6	68.4	68.5	64.2	64.4	64.3	67.3	67.7	67.5
80/20:7%	62.1	61.9	62.0	64.5	64.7	64.6	65.6	65.2	65.4	62.8	63.0	62.9	64.8	65.0	64.9
80/20:9%	61.8	62.0	61.9	64.6	64.4	64.5	61.9	62.1	62.0	62.1	62.3	62.2	64.8	64.8	64.8
80/20:15%	61.6	61.8	61.7	64.5	64.5	64.5	59.7	59.3	59.5	57.7	57.7	57.7	60.9	61.1	61.0
85/15:5%	62.4	62.2	62.3	65.3	65.7	65.5	69.3	69.3	69.3	65.5	65.3	65.4	67.8	67.9	67.7
85/15:7%	62.3	62.1	62.2	65.3	65.1	65.2	66.3	66.1	66.2	65.2	65.0	65.1	67.7	67.7	67.7
85/15:9%	62.0	62.4	62.2	64.9	65.1	65.0	65.8	66.0	65.9	64.4	64.6	64.5	65.3	65.1	65.2
85/15:15%	62.0	62.2	62.1	65.2	64.8	65.0	61.3	60.9	61.1	62.8	63.0	62.9	61.4	61.6	61.5
90/10:5%	62.5	62.3	62.4	65.7	65.9	65.8	70.3	69.9	70.1	69.3	69.3	69.3	68.7	68.5	68.6
90/10:7%	62.4	62.2	62.3	65.4	65.6	65.5	68.0	68.2	68.1	68.4	68.2	68.3	68.2	68.0	68.1
90/10:9%	62.1	62.3	62.2	65.4	65.2	65.3	66.7	66.9	66.8	67.5	67.7	67.6	66.5	66.7	66.6
90/10:15%	62.2	62.2	62.2	65.2	65.4	65.3	63.5	63.7	63.6	67.6	67.8	67.5	64.9	64.9	64.9
95/5:5%	62.6	62.4	62.5	65.8	66.0	65.9	70.8	70.8	70.8	70.1	69.9	70.0	68.7	68.3	68.5
95/5:7%	62.4	62.6	62.5	65.7	65.9	65.8	69.3	69.3	69.3	69.3	69.1	69.2	67.9	67.9	67.9
95/5:9%	62.5	62.5	62.5	65.8	65.8	65.8	68.8	69.0	68.9	69.2	69.0	69.1	67.6	67.8	67.7
95/5:15%	62.3	62.1	62.2	65.5	65.3	65.4	66.3	66.1	66.2	68.7	69.1	68.9	67.7	67.7	67.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. จุลฉัตร ศรีอุบล และ ณัฐวุฒิ วาทีมงคลกาล. 2541. **การปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยมะพร้าวโดยวิธีการฉายรังสีแกมมาเพื่อใช้เป็นสารเสริมแรงคอมโพสิต**. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
2. Jangchud, I. 1996. **Ph.D. Dissretation**. The University of Akron. Ohio.
3. Mallich, P.K. 1993. **Fiber-reinforced composites : Materials , Manufacturing , and Design**. 2nd ed. 1 : 43.
4. สัญญา โชคดีพาณิชย์ และ พัฒนี เดชาวิจิตร. 2538. **การพัฒนาและการใช้ต้นหญ้าสลาบหลวงในอุตสาหกรรมในการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยใช้ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นสารยึดติด**. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
5. Youngquist JA. Krzysik AM, Chow P , Meimban R. Properties of Composite Panels. In: Rowell RM, Young RA, Rowell JK, editors. **Paper and Composites from Agro-Based Resources.** 1st ed. New York: Lewies Publishers: 1994.p.302-303
6. ปุรนันท์ อังคสุวรรณ และ อุดมศักดิ์ พฤติสุนากร. 2544. **แผ่นกระดานอัดดูดซับเสียงจากชานอ้อย/โฟมพอลิสไตรีน.** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .
7. doae. 2548. **coconut**. [Online]. Available: http://www. doae.go.th/library/html/fruit_all.html
8. ms-starship. 2001. **coconut.** [Online]. Available: http://www. www.ms-starship.com/ journal/aug99/images/coco...
9. biology. 2005. **coconut**. [Online]. Available: http://www. biology.ucok.edu/.../ fruits/coconut.jpg
10. กมลทิพย์ มุมิ และ รัชนีกุล บุญหนุกลับ. 2541. **การปรับปรุงพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยมะพร้าวโดยวิธีการต่อกิ่งแบบรีดอกซ์**. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .
11. members. 2002. **cellulose**. [Online]. Available: http://www.membres.lycos.fr/nico911/formules.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. Kulkarni, A.K., Satyanarayana, K.G., Sukamaran, K. and Rohatgi, P.K. 1981. Mechanical of Coir fiber under Tensile Load. **J.Mater. Sci**. 16 : 905-914.

13. tsmadu. 2005. **coir fiber**. [Online]. Available: http://www.tsmadu.tripod.com/. ../fiber02.jpg

14. Satyanarayana, K.G., Pillai, C.K.S., Sukumaram, K., Pillai, S.G.K., Rohatgi, P.K. and Vijayan K. Void Content, Density and Weight Reduction Studies on Short Bamboo Fiber–Epoxy Composites. **J. Mater. Sci.** 2004 23(2): 127-130.

15. Geethamma, V.G., Thomas, M., Laksh, M. and Thomas, S., Composite of Short Coir Fiber and Natural rubber : Effect of Chemical Modification , Loading and Orientation of Fiber. **Polymer**. 39 : 1483-1491.

16. John, N. Mcgovern. 1985. **Encyclopedia of Polymer Science and Engineering**. pp. 19. 2nd Vol. 7. John Wiley and Sons. New York.

17. Penelape, A.M. 1970. **An Inquiry into the Feasibility of Producing Particle Board from Groundnut Husks in India**. Industrial Development Department Tropical Products Institute Culham.

18. โชติ รักติประกรม. 2505. **ไม้อัดและไม้ประดับ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. หน้า 38-49. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

19. ปรีชา เกียรติกระจาย. 2531. **กาวและการติดเยื่อไม้.** ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

20. kanchanapisek. 1997. **phenolformaldehyde**. [Online]. Available: http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK28/chapter8/t28-8-l3.htm

21. learning. 2005. **พอลิสไตรีน.** [Online]. Available: http://www.learning.bkt.ac.th/science_new/file4/14-31.htm

22. neoplanet. 2005. **polystyrene**. [Online]. Available: http://www.neoplanet.co.uk/.../ reviews/macmini/3.jpg

23. path. 2005. **polystyrene**. [Online]. Available: http://www.path.cam.ac.uk/.../ poly-chippings.gif

24. ณรงค์ เพ็งปรีชา. 2522. **การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากต้นมันสำปะหลัง**. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25. Geethamma, V.G. Joseph, R. and Thomas, S Properties of nitrile rubber, sisal fiber and calcium carbonate hybrid composites. **J.Appl. Polym. Sci.** 55 : 583-594. (1995).

26. นายธเนศ ศรีตภาณุ และ นางสาวปราณี ปานกล่ำ. 2545. **กรรมวิธีการผลิตแผ่นผลิตภัณฑ์ความหนาแน่นปานกลางจากเส้นใยมะพร้าว.** วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

27. วันเพ็ญ ทานหิรัญ และ ศศิวิมล ครองธรรม. 2545. **การศึกษาการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดมวลเบาจากต้นมันสำปะหลัง.** วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

28. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2533. **แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง.** มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหรรม มอก. 966-2533.

29. Sirinun W. and Supansa O. 2002. **Particlesboards of Polystyrene/Bagasses for Sound Absorption**. Bachelor of Science Degree King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

30. Thanawan A. 2004. **Sound Absorption and Thermal Insulation of Particleboard made from Bagasses and Polystyrene Foam**. Master of Science Degree King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้