สำนักหอสมุดกลาง_พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แผ่นกระดานอัดดูดซึมเสียงจากพอลิสไตรีน/ชานอ้อย

นาย ปุรนันท์ อังคสุวรรณ
นาย อุดมศักดิ์ พฤติสุนากร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....43913
วัน, เดือน, ปี.....18 ต.ค. 2545

.b.....
.i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Paticleboards from PS/bagasses for sound absorption

Mr. Puranan Angkasuwan

Mr. Udomsak Phruttisunakorn

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Reguirement for the Degree Of Bachelor of Science

Department of Industrial Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ludkrabang

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ : แผ่นกระดานอัดดูดซึมเสียงจากพอลิสไตรีน/ชานอ้อย

โดย : นาย ปุรนันท์ อังคสุวรรณ

นาย อุดมศักดิ์ พฤติสุนากร

ภาควิชา : เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

_____ หัวหน้าภาควิชา

(ผศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

_____ ประธานกรรมการ

(ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย)

_____ กรรมการ

(ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร)

_____ กรรมการ

(ผศ.ดร. มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	แผ่นกระดานอัดดูดซับเสียงจากชานอ้อย / โฟมพอลิสไตรีน
นักศึกษา	นายปุรนันท์ อังคสุวรรณ
	นายอุดมศักดิ์ พฤติสุนากร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ศึกษาการเตรียมแผ่นกระดานอัดดูดซับเสียง โดยการนำเส้นใยอ้อยซึ่งเป็นกากเหลือจากการผลิตน้ำตาลมาผสมกับโฟมพอลิสไตรีนในอัตราส่วนต่างๆ ใช้พอลิไวนิลอะซีเตตหรือยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติดในปริมาณ 20 และ 30 กรัม สำหรับการใช้ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์อัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำเท่ากับ 1.5:1 และ 1:1 โดยน้ำหนัก จากนั้นจึงนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องกดอัดร้อนและตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการดูดซับเสียง

จากการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณชานอ้อยเพิ่มขึ้นทำให้สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการดูดซับเสียงสูงขึ้น ส่วนปริมาณสารยึดติดและอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนาแน่น สมบัติเชิงกล และสมบัติการดูดซับเสียงสูงขึ้น แต่ความชื้นลดลง การเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีนทำให้การดูดซับเสียงเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิลอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่ายูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสมบัติโดยรวมที่สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Particleboards from Bagasses/Polystyrene Foam for Absorp Sound

Name Mr. Puranan Angkasuwan

Mr. Udomsak Phruttisunakorn

Special Project Advisor Assist. Prof Dr. Malinee Chaisupakitsin

Department Chemistry

Academic Year 2001

Abstract

This special project study on preparation of particle board from mixture of bagasses fiber which is waste from sugar cane production and polystyrene foam in various ratios. 20 g. and 30 g. of poly(vinyl acetate) and urea-formaldehyde were used as adhesives. In case of urea-formaldehyde, ratio of urea-formaldehyde:water is 1.5:1 and 1:1 by weight. The mixture was shaped by compression molding. Physical, mechanical and sound absorption properties were investigated.

It was found that physical, mechanical and sound absorption properties were increased with increasing bagasses fiber. Density, physical property and sound absorption increased with increasing ratio of urea-formaldehyde but moisture content decreased. Increment of foam enhances sound absorption property. Comparison of 2 adhesives, if found that urea-formaldehyde provided better properties than poly(vinyl acetate).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย และดร.จุฑารัตน์ ศิริชัยสิทธิ์ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่ช่วยกรุณาตรวจทาน และแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ภาควิชาอิเลคโทรนิคคณะวิศวกรรมศาสตร์ และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทดสอบสมบัติการดูดซึมเสียง

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ เพื่อน น้อง และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ ทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงลงได้

นอกเหนือจากนี้ยังมีบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือแต่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นาย ปุรนันท์ อังคสุวรรณ
นาย อุดมศักดิ์ พฤติสุนากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 แผ่นกระดานอัด	4
2.1.1 ค่ามาตรฐานการทดสอบแผ่นกระดานอัด	7
2.1.2 ซานอ้อย	8
2.1.2.1 สมบัติทางกายภาพ	9
2.1.2.2 การนำมาใช้	9
2.2 โฟมพอลิเมอร์	10
2.2.1 พอลิสไตรีน	11
2.2.1.1 สมบัติ	11
2.2.1.2 การนำไปใช้งาน	12
2.3 สารยึดติด	13
2.3.1 พอลิไวนิลอะซีเตต	13
2.3.1.1 สมบัติและการนำไปใช้งาน	14
2.3.2 ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์	14
2.3.2.1 สมบัติและการนำไปใช้งาน	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 3 การวิจัยและดำเนินงาน 17
3.1 วัสดุและสารเคมี 17
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 17
3.3 วิธีทำการทดลอง 18
3.4 การทดสอบ 22
3.4.1 สมบัติทางกายภาพ 22
3.4.1.1 ความหนาแน่น 22
3.4.1.2 ความชื้น 23
3.4.2 สมบัติเชิงกล 23
3.4.2.1 มอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่น 23
3.4.3 สมบัติการดูดซึมเสียง 25
3.5 สิ่งที่คาดว่าจะทำต่อไป 26

บทที่ 4 ผลการทดลอง 27
4.1 พอลิไวนิลอะซีเตต 27
4.1.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ 28
4.1.1.1 ความชื้น 28
4.1.1.2 ความหนาแน่น 29
4.1.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล 30
4.1.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น 30
4.1.3 การศึกษาสมบัติการดูดซึมเสียง 31
4.2 ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 35
4.2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ 36
4.2.1.1 ความชื้น 36
4.2.1.2 ความหนาแน่น 37
4.2.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล 38
4.2.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น 38
4.2.3 การศึกษาสมบัติการดูดซึมเสียง 39
4.2.4 ผลของความหนาที่มีต่อการดูดซึมเสียง 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

4.3 เปรียบเทียบพอลิไวนิลอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 47
4.3.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ 48
4.3.1.1 ความชื้น 48
4.3.1.2 ความหนาแน่น 49
4.3.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล 50
4.3.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น 50
4.3.3 การศึกษาสมบัติการดูดซึมเสียง 51

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 55
5.1 สรุปผลการทดลอง 55
5.2 ข้อเสนอแนะ 55
5.3 การนำไปใช้ประโยชน์ 56

ภาคผนวก 57
เอกสารอ้างอิง 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงแผ่นกระดานอัด	5
รูปที่ 2.2	แสดงขนาด ความหนาแน่น และรูปแบบกระบวนการผลิต	5
รูปที่ 2.3	แสดงการผลิต ขั้นตอนการผลิตแผ่นกระดานอัด	6
รูปที่ 2.4	แสดงสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส	8
รูปที่ 2.5	แสดงสูตรโครงสร้างของลิกนินของไม้เนื้ออ่อน	8
รูปที่ 2.6	แสดงหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน	9
รูปที่ 2.7	แสดงสูตรโครงสร้างของพอลิสไตรีน	12
รูปที่ 2.8	แสดงการผลิตโฟม	13
รูปที่ 2.9	แสดงปฏิกิริยาการเกิดพอลิไวนิลอะซีเตต	15
รูปที่ 2.10	แสดงปฏิกิริยาการเตรียมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ขั้นแรก	13
รูปที่ 2.11	แสดงปฏิกิริยาขั้นที่ 2 ของปฏิกิริยาการเกิดยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์	14
รูปที่ 3.1	แสดงตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นงาน	22
รูปที่ 3.2	แสดงการทดสอบมอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่น	24
รูปที่ 3.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว	24
รูปที่ 3.4	แสดงการจัดวางเครื่องกำเนิดเสียง เครื่องวัดระดับความดันเสียงและแผ่นกระดานอัด	26
รูปที่ 4.1	แสดงค่าความชื้น (%) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัด ในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม	28
รูปที่ 4.2	แสดงค่าความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม	29
รูปที่ 4.3	แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.4	แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่ 250 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม	31
รูปที่ 4.5	แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม	32
รูปที่ 4.6	แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม	33
รูปที่ 4.7	แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม	34
รูปที่ 4.8	แสดงค่าความชื้น (%) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม	36
รูปที่ 4.9	แสดงค่าความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม	37
รูปที่ 4.10	แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1, 20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม	38
รูปที่ 4.11	แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.12 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนซานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม 40

รูปที่ 4.13 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนซานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม 41

รูปที่ 4.14 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนซานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม 42

รูปที่ 4.15 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนซานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 15:20/1:1 และ 15:30/1:1 ตามลำดับ ที่จำนวนแผ่นตั้งแต่ 1 ถึง 4 แผ่น 43

รูปที่ 4.16 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนซานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 15:20/1:1 และ 15:30/1:1 ตามลำดับ ที่จำนวนแผ่นตั้งแต่ 1 ถึง 4 แผ่น 44

รูปที่ 4.17 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนซานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 15:20/1:1 และ 15:30/1:1 ตามลำดับ ที่จำนวนแผ่นตั้งแต่ 1 ถึง 4 แผ่น 45

รูปที่ 4.18 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนซานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 15:20/1:1 และ 15:30/1:1 ตามลำดับ ที่จำนวนแผ่นตั้งแต่ 1 ถึง 4 แผ่น 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.19 แสดงค่าความชื้น (%) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากัน คือ 30 กรัม โดยมีปริมาณซานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม 48

รูปที่ 4.20 แสดงค่าความหนาแน่นหลังอบ (กรัม/ลบ.ซม.) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากัน คือ 30 กรัม โดยมีปริมาณซานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม 49

รูปที่ 4.21 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากัน คือ 30 กรัม โดยมีปริมาณซานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม 50

รูปที่ 4.22 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากัน คือ 30 กรัม โดยมีปริมาณซานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม 51

รูปที่ 4.23 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากันคือ 30 กรัม โดยมีปริมาณซานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม 52

รูปที่ 4.24 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากันคือ 30 กรัม โดยมีปริมาณซานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม 53

รูปที่ 4.25 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากันคือ 30 กรัม โดยมีปริมาณซานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงระดับที่ต้องการของกระดานอัดตามมาตรฐาน	7
ตารางที่ 2.2	แสดงระดับที่ต้องการของกระดานอัดตามมาตรฐานสำหรับปูพื้น	7
ตารางที่ 2.3	แสดงสมบัติของแผ่นกระดานอัดทีทำจากชานอ้อย	10
ตารางที่ 2.4	แสดงสมบัติเชิงกลและหน่วยที่วัดได้ของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์	16
ตารางที่ 3.1	ปริมาณชานอ้อยและสารยึดติดที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป(กรัม)โดยปริมาณสารยึดติดคงที่	19
ตารางที่ 3.2	ปริมาณชานอ้อย พอลิสไตรีน และสารยึดติดที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป(กรัม) โดยปริมาณสารยึดติดคงที่	20
ตารางที่ 3.3	ปริมาณชานอ้อย พอลิสไตรีน และสารยึดติดที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันจำนวนประชากรในโลกที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณความต้องการบริโภคน้ำตาลทรายมีสูงขึ้น เป็นผลให้ปริมาณชานอ้อยที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายนั้นมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามมา ซึ่งชานอ้อยส่วนหนึ่งได้มีการนำกลับมาทำเป็นปุ๋ยธรรมชาติในทางการเกษตร ใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตน้ำตาลภายในโรงงานอุตสาหกรรม แต่ปริมาณเหล่านั้นก็ยังถือว่าเป็นส่วนน้อย จึงยังมีอีกเป็นจำนวนมากที่จัดเป็นวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งวัสดุเหล่านี้จัดได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่ส่งต่อให้กับอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นกระดานอัดหรือเส้นใยอัดที่มีการใช้ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ฟีนอลฟอมาลดีไฮด์หรือเมลามีนฟอมาลดีไฮด์เป็นสารช่วยยึดติด ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมานั้น จะนำมาใช้ในงานเครื่องเรือนหรืองานก่อสร้างต่างๆ โดยสมบัติของแผ่นกระดานอัดหรือเส้นใยอัดขึ้นอยู่กับสารเคมีที่ผสมเข้าไปในการผลิตเพื่อเพิ่มสมบัติตามต้องการ

และจากอดีตในกลางศตวรรษที่ 20 ได้ค้นพบวัสดุใหม่นั่นคือ พอลิเมอร์ และได้พัฒนานำมาใช้แทนแก้ว เหล็ก ไม้ เพราะน้ำหนักที่เบา ปรับปรุงคุณสมบัติได้ ขึ้นรูปง่าย และผสมสีเข้าไปได้ไม่ยุ่งยาก แต่เนื่องจากความต้องการสมบัติพิเศษของพอลิเมอร์ให้มีน้ำหนักที่เบามาก มีสมบัติในการต้านทานความร้อนและมีความแข็งแรงโค้งงอที่ดี จึงเป็นจุดกำเนิดของการทำพอลิเมอร์ออกมาในรูปแบบของโฟมพอลิเมอร์ขึ้นมา

วัสดุกันกระแทก ฉนวนกันความร้อน ฯลฯ ล้วนแต่ทำการผลิตมาจากโฟมพอลิเมอร์และมีอัตราการใช้งานวัสดุเหล่านี้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ได้นำกลับมาใช้ใหม่ เนื่องจากพอลิเมอร์ประเภทโฟมต้องใช้ค่าใช้จ่ายในกระบวนการนำกลับมาเป็นวัสดุที่สามารถใช้ใหม่ ในอัตราที่สูงกว่า พอลิเมอร์ประเภทอื่น ด้วยเหตุนี้จึงก่อให้เกิดปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อมตามมา แต่ในปัจจุบันเนื่องจากมีการตระหนักปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น จึงเริ่มมีการค้นคว้ากระบวนการซึ่งนำเอาวัสดุจำพวก โฟมพอลิเมอร์กลับมาใช้ใหม่เพิ่มมากขึ้น

ในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะนำพอลิสไตรีนโฟมกลับมาใช้ใหม่ โดยนำพอลิสไตรีนโฟมนั้นมาผสมลงในแผ่นกระดานอัดเพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาขยะโฟมและขยะทางการเกษตรอีกทั้ง เป็นการหมุนเวียนทรัพยากรให้กลับมาใช้ได้อย่างคุ้มค่า

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

วัตถุประสงค์หลักในงานวิจัยนี้ คือ การศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติของแผ่นกระดานอัดซึ่งทำจากชานอ้อยที่มีการผสมพอลิสไตรีนโฟมเข้าไปในแผ่นกระดานอัดเพื่อลดความหนาแน่น และช่วยเพิ่มสมบัติการดูดซึมเสียง (Sound absorption) ของแผ่นกระดานอัด และเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลได้จากสารช่วยยึดติดระหว่าง ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และพอลิไวนิลอะซีเตท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงงานนี้เลือกนำเอาพอลิสไตรีนโฟม (Expanded polystyrene foam, EPS Foam) มาทำการผสมลงในแผ่นกระดานอัดซึ่งทำจากชานอ้อย เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนเป็นเทอร์โมพลาสติกส่วนมากที่ถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันโดยทั่วไปในรูปของวัสดุกันกระแทก, ฉนวนกันความร้อน ฯลฯ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะสิ่งแวดล้อมยากต่อการกำจัดหลังจากวัสดุเหล่านี้ถูกใช้ไป มีการศึกษาการนำพอลิสไตรีนโฟมกลับมาใช้ใหม่เนื่องจากสมบัติที่สามารถป้องกันความร้อน ความสามารถในการดูดซึมเสียง และสามารถยืดหยุ่นได้ดี ซึ่งสมบัติเหล่านี้เกิดจากช่องว่างภายในโครงสร้างของพอลิสไตรีนโฟมนั่นเอง การประยุกต์นำเอาพอลิสไตรีนโฟมเหล่านี้ไปใช้งาน เช่น การผสมลงในดินเพื่อเพิ่มคุณภาพดินให้มีความร่วนซุย การนำไปใช้ในงานก่อสร้างโดยผสมลงในคอนกรีตทำให้มีน้ำหนักเบาขึ้นมาก การผสมลงในปูนพลาสเตอร์เพื่อเพิ่มมอดุลัสความยืดหยุ่น เป็นต้น

อีกทั้งชานอ้อยก็จัดเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรซึ่งมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเนื่องมาจากปริมาณของประชากรที่เพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้ความต้องการบริโภคน้ำตาลทรายของประชากรในประเทศที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปี ก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัดชานอ้อย ซึ่งเป็นกากที่เหลือจากการผลิตไม่สามารถทำได้ทัน จึงเกิดแนวคิดในการนำเอาวัสดุทั้ง 2 ชนิดมาผสมกันเพื่อเป็นการลดขยะพอลิเมอร์และขยะทางการเกษตร อีกทั้งเป็นการเพิ่มค่าของวัสดุที่จัดได้ว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งหรือขยะทั้งสองให้กลับมามีค่าทางเศรษฐกิจอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาแผ่นกระดานอัดเก็บเสียงที่ผลิตจากชานอ้อยผสมกับพอลิสไตรีนโฟม
2. เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนของพอลิสไตรีนโฟมต่อชานอ้อยต่อสารช่วยยึดติดที่ให้สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการดูดซึมเสียงที่ดีที่สุด
3. เพื่อศึกษาความแตกต่างของสารช่วยยึดติดในเรื่องสมบัติทางกายภายและสมบัติเชิงกล โดยเปรียบเทียบระหว่าง ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และพอลิไวนิลอะซีเตต

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ทางกระบวนการขึ้นรูปแผ่นกระดานอัด ที่เป็นการผสมระหว่างชานอ้อยและพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้แล้วในอัตราส่วนต่างๆ หลังจากนั้นทำการทดสอบ เพื่อศึกษาถึงสมบัติทางกายภาพ สบบัติเชิงกลและสมบัติการดูดซึมเสียงของแผ่นกระดานอัดที่ได้ และเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของสารยึดติดระหว่างยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์กับพอลิไวนิลอะซีเตต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

ในงานวิจัยนี้ศึกษาอัตราส่วนของชานอ้อย ที่มีขนาด 20 เมช ต่อ พอลิสไตรีนโฟม ที่เป็นวัสดุกันกระแทก และ สารยึดติด ซึ่งได้แก่ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และพอลิไวนิลอะซีเตต โดยวิธีการอัดและให้ความร้อน ซึ่งจะมีการเปรียบเทียบชนิดของสารยึดติด เพื่อหาแผ่นกระดานอัดที่มีสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการดูดซึมเสียงที่ดีที่สุด ภายหลังจึงทำการสรุปผลการวิจัย เพื่อนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในงานที่เหมาะสมต่อไป

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งให้ลดลงได้
2. ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมของโฟมพอลิสไตรีนต่อชานอ้อยต่อสารช่วยยึดติด ที่ทำให้มีสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการดูดซึมเสียงที่ดีที่สุด
3. ทราบถึงสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการดูดซึมเสียงของแผ่นกระดานอัดที่ได้
4. ทราบถึงความแตกต่างของสารช่วยยึดติดในเรื่องสมบัติทางกายภายและสมบัติเชิงกล
5. ทราบถึงความเป็นไปได้ที่จะนำแผ่นกระดานอัดที่ได้ ไปใช้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

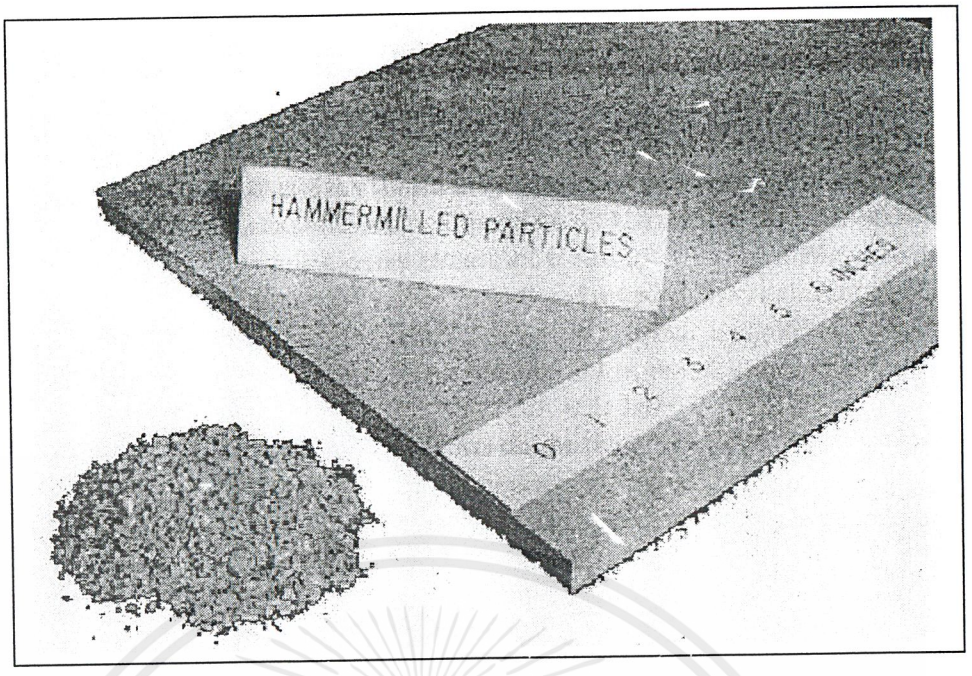
2.1 แผ่นกระดานอัด (Particleboard) [1]

อุตสาหกรรมการทำแผ่นกระดานอัดมีการขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยนำวัสดุจากอุตสาหกรรมไม้ จำพวก ขี้เลื่อย, ขี้กบ, เศษไม้ ซึ่งจัดว่าเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตไม้อื่น ๆ มาใช้ในกระบวนการผลิตด้วยวิธีการแฮมเมอร์มิลล์ (Hammer mill) ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งจะมีการทำให้วัสดุมีขนาดเล็กลงก่อน จากนั้นจะมีการพ่นสารเพื่อทำให้อนุภาคทั้งหมดสามารถยึดติดกันได้ จากนั้นจึงนำมาทำการขึ้นรูปตามต้องการด้วยกรรมวิธีการให้แรงดันและความร้อน โดยแผ่นกระดานอัดส่วนใหญ่ที่ผลิตจะใช้กรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง ส่วนกรรมวิธีการผลิตโดยใช้อากาศนั้นมีการใช้บ้างแต่ไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัก

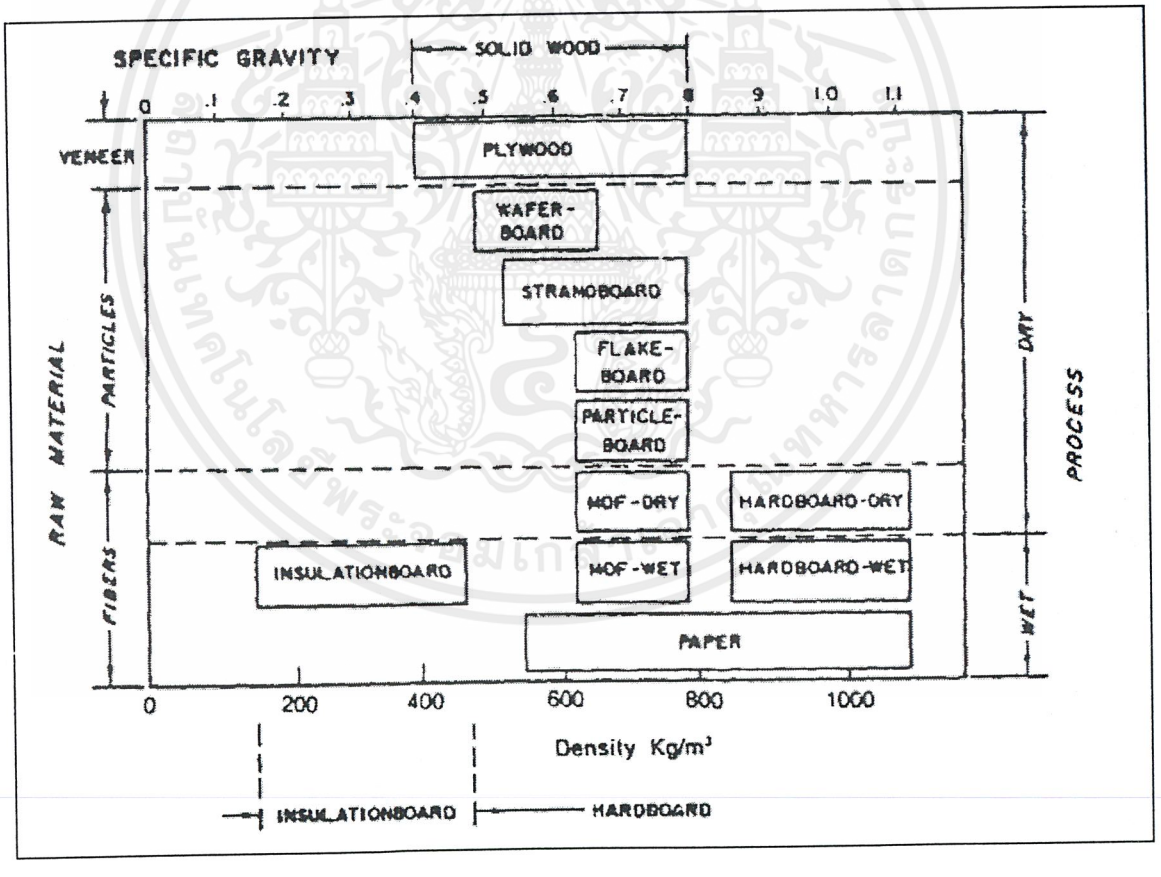
แผ่นกระดานอัดโดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็น 3 ชั้น โดยแบ่งเป็นชั้นผิวหน้าและชั้นของไส้กลางโดยที่ในชั้นผิวหน้าขนาดของอนุภาคจะมีขนาดเล็กกว่าในชั้นกลาง และจะให้ปริมาณของสารยึดติดในการอัดผสมที่มากกว่าเพื่อให้เกิดความเรียบและสวยงามเมื่อทำการขึ้นรูป ซึ่งการทำแผ่นกระดานอัดในลักษณะแบบนี้จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น โดยส่วนใหญ่แผ่นกระดานอัดที่ผลิตขึ้นสามารถทำจากวัสดุทางการเกษตรหลายชนิดซึ่งก็จะให้คุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น เส้นใยที่ได้จากปอกระเจานั้นจะทำให้แผ่นกระดานอัดที่ผลิตสามารถดูดซึมเสียงและมีความหนาแน่นต่ำ ส่วนแผ่นกระดานอัดที่ทำจากฟางข้าวนั้นจะมีความหนาแน่นปานกลางจนถึงความหนาแน่นสูงซึ่งเป็นที่นิยมนำมาทำกันมากในแถบตะวันออกกลาง และความหนาแน่นสูงนั้นสามารถทำได้จากธัญพืชชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตเป็นการนำเอาเส้นใยลิกโนเซลลูโลสิก (Lignocellulosic) โดยอนุภาคที่นำมาทำเป็นแผ่นกระดานอัดนั้นจะมีพันธะอยู่กับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea-formaldehyde) อาจมีการใช้ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol-formaldehyde)หรือเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine-formaldehyde) ในการใช้เป็นสารยึดติดของอนุภาคทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแผ่นกระดานอัดที่เราต้องการ โดยในการทำแผ่นกระดานอัดนั้นจะใช้พลังงานน้อยกว่าการนำเอาเส้นใยนี้ไปทำเป็นแผ่นเส้นใยกระดานอัด (Fiber boards) ดังนั้นแผ่นกระดานอัดโดยทั่วไปจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าแผ่นเส้นใยกระดานอัด นิยมนำไปใช้ในการทำเป็นอุปกรณ์ตกแต่งภายในบ้าน ใช้ในงานโครงสร้างภายในของบ้าน สำหรับแผ่นหนาก็จะใช้ในงานปูพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



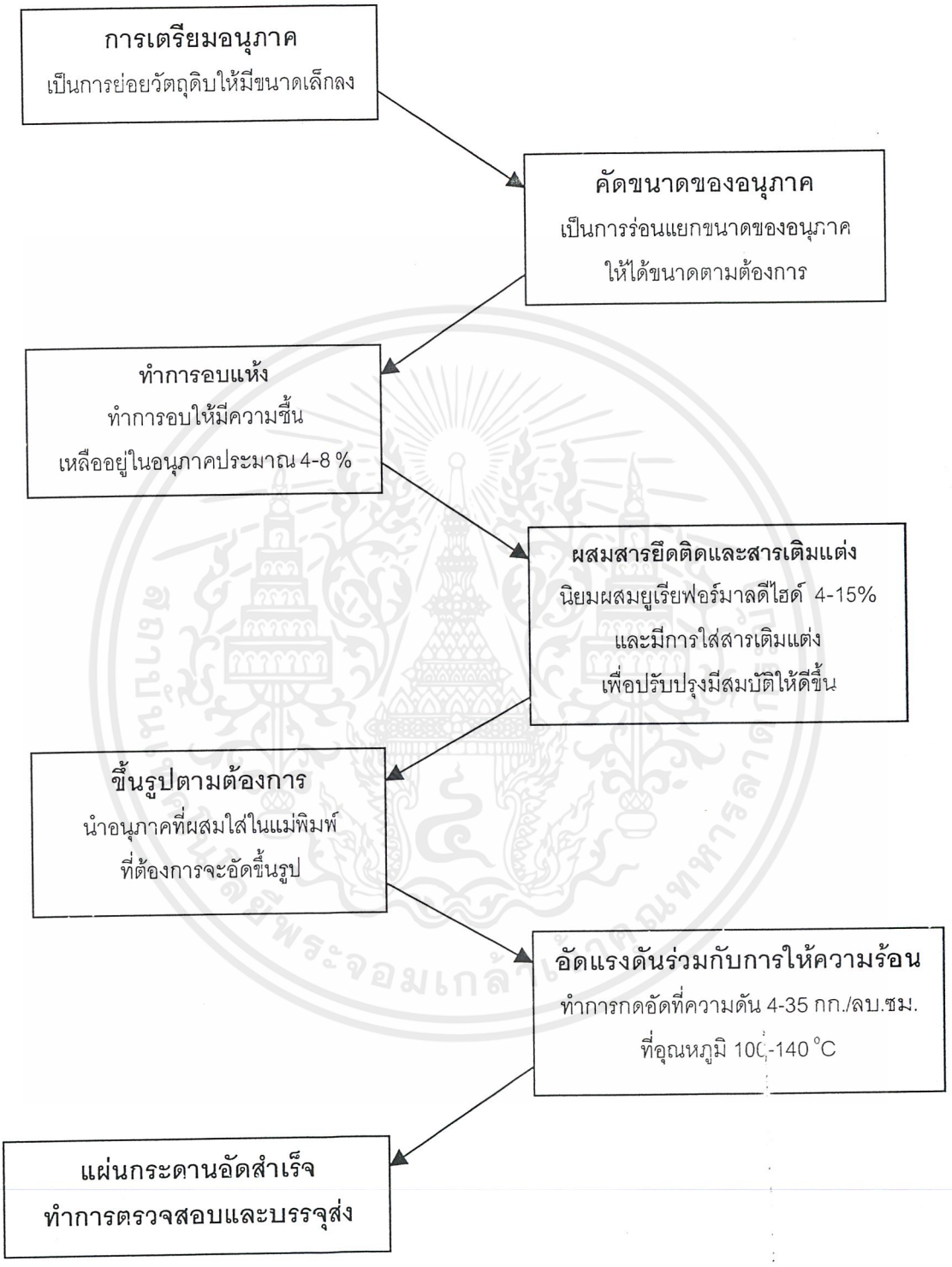
รูปที่ 2.1[2] แสดงแผ่นกระดานอัด



รูปที่ 2.2[2] แสดงขนาด ความหนาแน่น และรูปแบบกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 แสดงการผลิต โดยแบ่งขั้นตอนการผลิตแผ่นกระดานอัดออกได้เป็น 7 ขั้นตอนที่สำคัญดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ค่ามาตรฐานการทดสอบสมบัติของแผ่นกระดานอัด[2]

ในการทดสอบเป็นการแสดงตารางสมบัติที่ใช้มาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) standard D1037 (ASTM, 1994a) ในการทดสอบดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับที่ต้องการของกระดานอัดตามมาตรฐาน

Grade[c]	MOR MPa	MOE MPa	Internal bond MPa	Hardness N	Linear expansion max avg (%)	Screw-holding Face N	Screw-holding Edge N	Form-aldehyde maximum emission (ppm)
H-1	16.5	2,400	0.9	2,225	NS[d]	1,800	1,325	0.3
H-2	20.5	2,400	0.9	4,450	NS	1,900	1,550	0.3
H-3	23.5	2,750	1	6,675	NS	2,000	1,550	0.3
M-1	11	1,725	0.4	2,225	0.35	NS	NS	0.3
M-S[e]	12.5	1,900	0.4	2,225	0.35	900	800	0.3
M-2	14.5	2,250	0.45	2,225	0.35	1,000	900	0.3
M-3	16.5	2,750	0.55	2,225	0.35	1,100	1,000	0.3
LD-1	3	550	0.1	NS	0.35	400	NS	0.3
LD-2	5	1,025	0.15	NS	0.35	550	NS	0.3

[a] Particleboard made with phenol–formaldehyde-based resins do not emit significant quantities of formaldehyde. Therefore, such products and other particleboard products made with resin not containing formaldehyde are not subject to formaldehyde emission conformance testing. Source: ANSI A208.1–1993 (National Particleboard Association, 1993). National Particleboard Association, *Particleboard*, ANSI A 208.1–1993, American National Standards Institute, Gaithersburg, MD, 1993.

[b] Panels designated as "exterior glue" must maintain 50% MOR after ASTM D 1037 accelerated aging.

[c] H = density greater than 800 kg/m, M = density between 640–800 kg/m^3, LD = density less than 640 kg/m^3.

[d] NS = Not specified.

[e] Grade M-S refers to medium density, "special" grade. This grade was added to the Standard after grades M-1, M-2, and M-3 had been established. Grade M-S falls between M-1 and M-2 in physical properties.

ตารางที่ 2.2 แสดงระดับที่ต้องการของกระดานอัดตามมาตรฐานที่ใช้สำหรับปูพื้น

Grade[c]	MOR MPa	MOE MPa	Internal bond MPa	Hardness N	Linear expansion max avg (%)	Form-aldehyde max emission (ppm)
PBU	11	1,725	0.4	2,225	0.35	0.2
D-2	16.5	2,750	0.55	2,225	0.3	0.2
D-3	19.5	3,100	0.55	2,225	0.3	0.2

[a] Particleboard made with phenol–formaldehyde-based resins do not emit significant quantities of formaldehyde. Therefore, such products and other particleboard products made with resin not containing formaldehyde are not subject to formaldehyde emission conformance testing. Source: ANSI A208.1–1993 (National Particleboard Association, 1993). National Particleboard Association, *Particleboard*, ANSI A 208.1–1993, American National Standards Institute, Gaithersburg, MD, 1993.

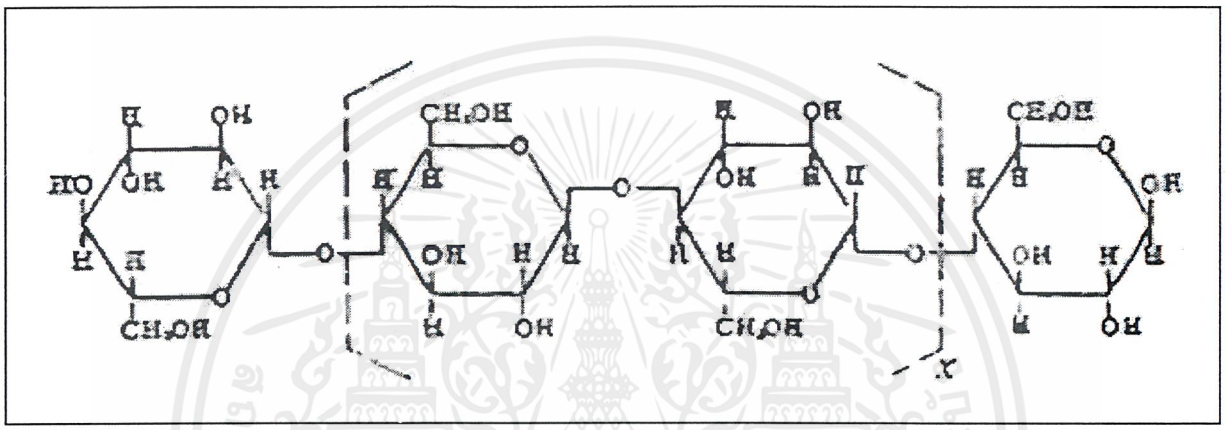
[b] Grades listed in this table shall also comply with the appropriate requirements listed in Section 3. Panels designated as "exterior glue" must maintain 50% MOR after ASTM D–1037 accelerated aging (Paragraph 3.3.3).

[c] PBU = underlayment; D = Manufactured Home Decking.

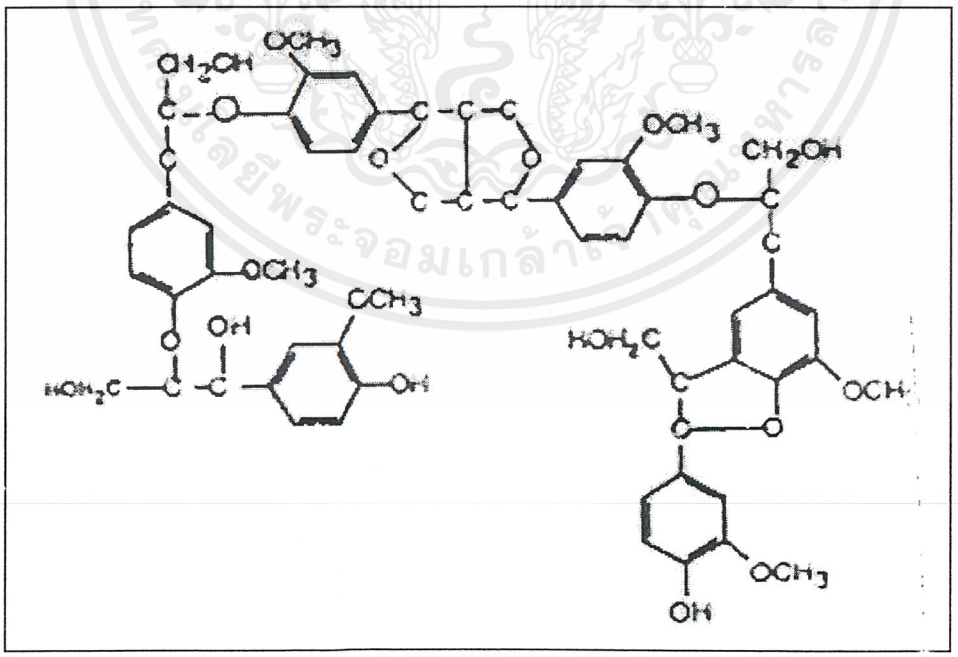
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 **ชานอ้อย** (Bagasse) [3]

ชานอ้อย คือเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากเกษตรกรรม โดยเป็นส่วนที่เหลือจากกระบวนการบดอ้อยเพื่อให้ได้น้ำตาลอ้อย ชานอ้อยมีหลายสี แต่โดยทั่วไปจะเป็นสีเหลืองเทาหมองๆ จนถึงสีเหลืองชีด ซึ่งจัดเป็นสารประกอบประเภทลิกโนเซลลูโลสิก(สารที่ประกอบด้วยลิกนิน และเซลลูโลส) นอกจากนี้ชานอ้อยมีลักษณะเป็นเส้นใยเกะกะ ไม่เป็นระเบียบ และมีมากมายหลายขนาดขึ้นกับการบด ส่วนประกอบทั่วไปโดยประมาณ คือ ความชื้น 49% ของแข็งที่ละลายได้ 6 % ของแข็งที่ละลายไม่ได้ หรือเส้นใยที่ยังไม่ผ่านกระบวนการ 45% ซึ่งในแถบทางตอนเหนือการเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 2 เดือนครึ่ง ส่วนสำหรับทางอากาศแถบร้อนนั้น จะสามารถทำการเก็บเกี่ยวได้ยาวนานถึง 10 เดือน

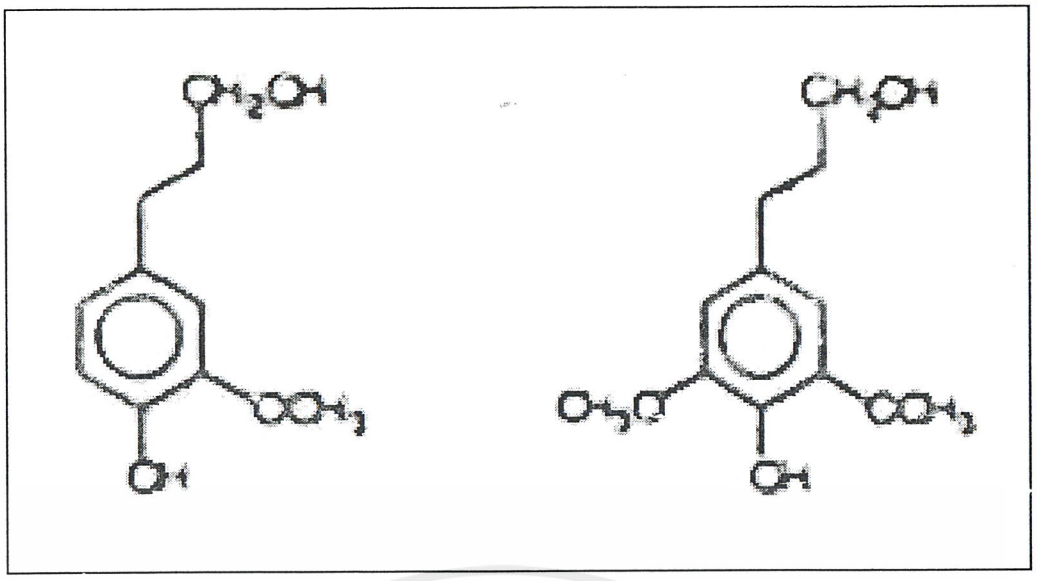


รูปที่ 2.4 แสดงสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส



รูปที่ 2.5 แสดงสูตรโครงสร้างของลิกนินของไม้เนื้ออ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Guaiacyl unit Syrinqyl unit

รูปที่ 2.6 แสดงหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน

2.1.2.1 **สมบัติทางกายภาพ**

ชานอ้อยประกอบด้วยสองส่วนที่แยกกันอย่างเห็นได้ชัดคือ ส่วนแรกเป็นชั้นผนังหนา และค่อนข้างยาว ซึ่งเป็นส่วนของเส้นใยที่ได้จากเปลือกนอก และมัดของท่อลำเลียงที่กระจายอยู่ภายในลำต้น ส่วนที่สอง เป็นส่วนที่มีความสำคัญ ที่ได้จากเซลล์ที่มีผนังบางของพาเรนไคมา (Parenchyma) ของลำต้นซึ่งทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำตาลอ้อย

เส้นใยอ้อยมีลักษณะคล้ายเส้นใยของฝ้าย และขนสัตว์ คือมีลักษณะโครงสร้างขดเป็นวงมีความยาว โดยเฉลี่ยประมาณ 1.0-4.0 mm. และกว้าง 0.010-0.04 mm. ลักษณะของเส้นใยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของชานอ้อย

2.1.2.2 **การนำมาใช้**

ชานอ้อยเป็นวัสดุที่สามารถถูกย่อยสลายได้ ดังนั้นจึงมีการใช้เทคนิคพิเศษในการพัฒนาการเก็บรักษาชานอ้อย วิธีที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ การไล่ความชื้นออกไปประมาณ 50% ของความชื้นที่มีอยู่ และเก็บไว้ที่กลางแจ้งที่อากาศถ่ายเทสะดวก ในด้านการเกษตร ชานอ้อยถูกใช้เป็นปุ๋ยคลุมดิน แต่อย่างไรก็ตามยังคงเหลือปริมาณชานอ้อยมาก จึงได้มีการพัฒนาชานอ้อยเพื่อใช้ในลักษณะอื่น โดยชานอ้อยที่ถูกบดจะใช้เป็นสารตัวเติมในลักษณะเป็นเศษไม้ เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตเป็นกระดาษ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงสมบัติของแผ่นกระดานอัดที่ทำจากชานอ้อย

Material	Ref.	Type of board	Thick-ness (mm)	Density (kg/m³)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	Water absorption (24 h) (%)	Thick-ness swell (24 h) (%)
Bagasse, guar, sugarcane	1,2,3	Particle board	12–20	520–630	1,400–2,000	16.7–25.5	—	—
		Fiberboard	8–35	300–750	—	—	—	—
		Fiberboard	4.3	—	—	58.5	11.3	—
Bagasse, corn,	4	Particle board	—	720	3,800	16.3	—	—
sunflower, flax	5	Fiberboard	—	810–850	—	22.6–26.5	14–15	8–10
Bagasse + $CaSO_4$ + $5H_2O$	6	Plaster-board (cement)	—	560	—	2.0	—	—
Bagasse + asphalt	7	Composite board	—	900–1,000	—	19.6–24.5	<10	5

[a] MOE is modulus of elasticity; MOR, modulus of rupture.

([1]Anonymous, 1968; [2]Cao et al., 1986; [3]Hesch, 1967; [4]Cherkasov and Lodos, 1969, 1971; [5]Shen, 1984; [6]Saneda et al., 1977; [7]Ni et al., 1961). For additiol information, see Kheleyan et al., 1981; Maldarand Kokta, 1990; Moborek et al., 1982; Naffziger et al., 1962; Rionda, 1969; and Wang, 1975.

2.2 โฟมพอลิเมอร์ (Polymer Foam)

โฟมพอลิเมอร์หรือวัสดุที่มีโครงสร้างเป็นเซลล์ช่องว่างภายในโครงสร้าง หรือเซลลูล่าร์ (Cellular polymer) เป็นวัสดุที่มีการใช้งานอย่างมากในปัจจุบัน เช่น วัสดุกันกระแทก บรรจุภัณฑ์ ฉนวนกันความร้อน วัสดุกันเสียง ทุ่นลอยน้ำ ฟองน้ำ วัสดุกรองน้ำ ฯลฯ เนื่องจากโฟมพอลิเมอร์มีข้อดีหลายประการเช่น เป็นฉนวนที่ดี ความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักเบา ความทนทานต่อแรงกระแทกสูง ยืดหยุ่น และมีความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength) ที่ดี การที่วัสดุโฟมมีสมบัติความเป็นฉนวนเนื่องจากมีอากาศที่เป็นฉนวนที่ดีถูกกักอยู่ในโครงสร้างของโฟม ทำให้มีน้ำหนักเบา สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ได้ ซึ่งสมบัติของโฟมจะขึ้นกับสมบัติของวัสดุโฟม ความหนาแน่น และโครงสร้างของโฟม ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. *โฟมเซลล์ปิด (Close-cell foam)* ช่องว่างหรืออากาศภายในวัสดุโฟมเป็นโครงสร้างแบบปิด กล่าวคือช่องว่างไม่เชื่อมต่อกัน การประยุกต์ใช้งานโฟมเซลล์ปิดได้แก่ ฉนวนกันความร้อน ทุ่นลอยน้ำ บรรจุภัณฑ์กันกระแทก ฯลฯ
2. *โฟมเซลล์เปิด (Open-cell foam)* ช่องว่างหรืออากาศภายในวัสดุโฟมเป็นโครงสร้างแบบเปิด กล่าวคือช่องว่างเชื่อมต่อกัน อากาศหรือน้ำสามารถไหลผ่านวัสดุโฟมได้ การประยุกต์ใช้งานโฟมเซลล์เปิดได้แก่ ฉนวนกันเสียง วัสดุกรอง บรรจุภัณฑ์ วัสดุกันกระแทก ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถแบ่งชนิดของโฟมพอลิเมอร์ตามลักษณะความแข็งของวัสดุได้ดังนี้

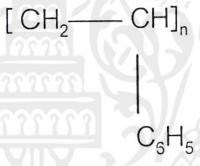
1. โฟมแข็ง (Rigid foam) มีความแข็งสูง ยืดหยุ่นไม่ได้ เช่นโฟมกันกระแทก ทุ่นลอยน้ำ โฟมโครงสร้าง (Structural foam) ฯลฯ
2. โฟมอ่อน (Flexible foam) อ่อนนุ่ม ยืดหยุ่นได้ เช่น ฟองน้ำ พื้นรองเท้า วัสดุอุดหู ฯลฯ

ข้อจำกัดของโฟมพอลิเมอร์มีดังนี้

- วัสดุโฟมมีความแข็งแรงน้อยกว่า ต้องผลิตชิ้นงานที่มีความหนาเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้วัสดุที่มีความแข็งแรงเท่าเดิม
- ขบวนการผลิตโฟมพอลิเมอร์ใช้เวลานานกว่า โดยเฉพาะขั้นตอนการหล่อเย็น เนื่องจากโฟมพอลิเมอร์เป็นฉนวน ความสามารถในการนำความร้อนต่ำ ต้องใช้เวลานานในการทำให้เย็น

2.2.1 พอลิสไตรีน (Polystyrene, PS)

สูตรโครงสร้าง



รูปที่ 2.7 แสดงสูตรโครงสร้างของพอลิสไตรีน

ในปี ค.ศ. 1934 เริ่มมีการผลิตพอลิสไตรีนในทางการค้าโดยบริษัท Dow Chemical CO. และบริษัท I.G.Farben

2.2.1.1 สมบัติ

มีโครงสร้างเป็นสายโซ่ตรงแบบอะแทกติก จึงอยู่ในรูปอสัณฐาน มีลักษณะแข็งเปราะ เป็นเทอร์โมพลาสติกที่ใส ไม่ค่อยดูดความชื้น ไม่ค่อยนำไฟฟ้า เฉื่อยต่อสารเคมี ทนต่อกรด เฮไลด์ ด่าง ตัวออกซิไดส์ และตัวรีดิวซ์ เมื่อถูกความร้อนจะทำให้โมเลกุลเล็กลง ซึ่งปกติจะมีมวลโมเลกุลประมาณ 50000-200000 ทนต่อแรงดึงได้ดี แต่ทนต่อความร้อนต่ำ เนื่องจากมีอุณหภูมิสถานะคล้ายแก้ว ประมาณ 80^{o}C ความหนาแน่น 1.05-1.07 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ละลายได้ในตัวทำละลายพวกอะโรมาติก เวลาผลิตขึ้นรูปต่างๆได้ง่าย ข้อด้อย เปราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

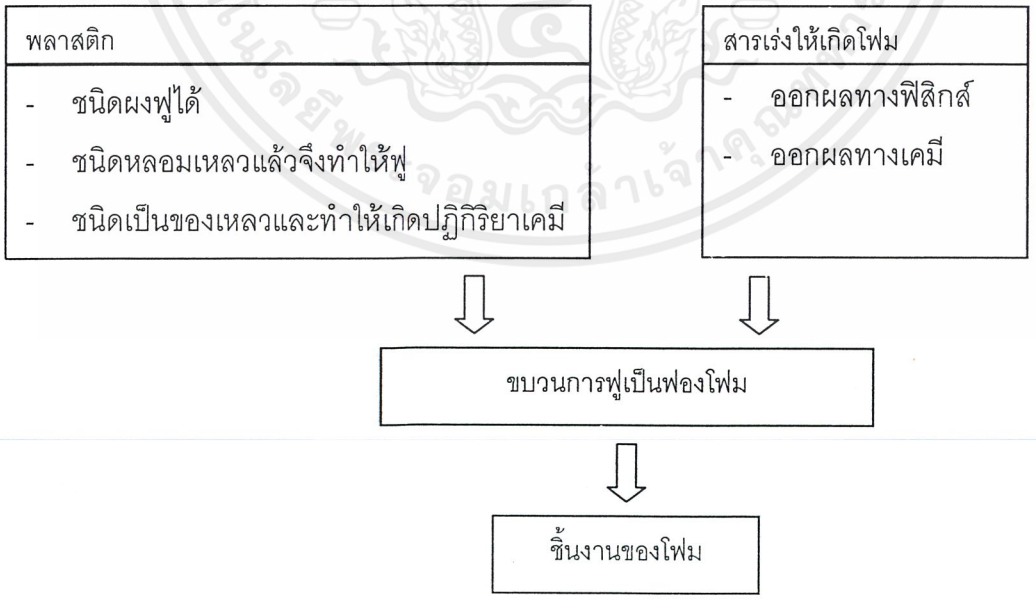
2.2.1.2 **การนำไปใช้งาน**

การปรับปรุงสมบัติทำได้โดยเติมสารเติมแต่งบางอย่างลงไปช่วยให้สมบัติของพอลิสไตรีนดีขึ้น นำมาใช้เป็นถังพลาสติก ขวดพลาสติก ภาชนะใส่อาหารชนิดใส ชิ้นส่วนตู้เย็น ชิ้นส่วนในรถยนต์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังนิยมทำเป็นโฟมสำหรับบรรจุสิ่งของป้องกันการแตก กันสะเทือน โดยนำเอาเม็ดพลาสติกที่เติมได้มาหลอมแล้วอัด เช่น เพนเทน แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยไอน้ำ เม็ดจะขยายตัวถึง 40 เท่า แล้วอัดลงในเบ้าจะได้โฟมตามต้องการ

แต่ในโครงงานวิจัยนี้จะเลือกใช้พอลิสไตรีนจากชิ้นงานโฟม ทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้กันอย่างแพร่หลายและสามารถหาได้ง่าย โฟมพลาสติกประกอบด้วยโครงสร้างของเซลล์ซึ่งได้จากการใช้สารเร่งให้ฟูเป็นฟอง สารเร่งให้เกิดฟองนี้หมายถึงสารที่เมื่อได้รับความร้อนจนถึงจุดหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเป็นก๊าซขึ้น ทำให้พลาสติกฟู เป็นฟอง และในขณะขยายตัวออกนี้ จะต้องขยายแม่แบบให้มีปริมาตรโตขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้ชิ้นงานซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าพลาสติกปกติ ซึ่งไม่ได้ทำเป็นโฟม พลาสติกที่เหมาะสำหรับทำเป็นโฟมจะต้องเป็นพลาสติกที่ลดความหนาแน่นได้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. กลุ่มที่สามารถเร่งให้ผงฟูเป็นโฟมได้ เช่น PS
2. กลุ่มที่หลอมเหลวแล้วจึงทำให้ฟู เช่น PS
3. กลุ่มสารเริ่มต้นเป็นของเหลวและทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นโฟม เช่น UF

รูปที่ 2.8 แสดงการผลิตโฟม



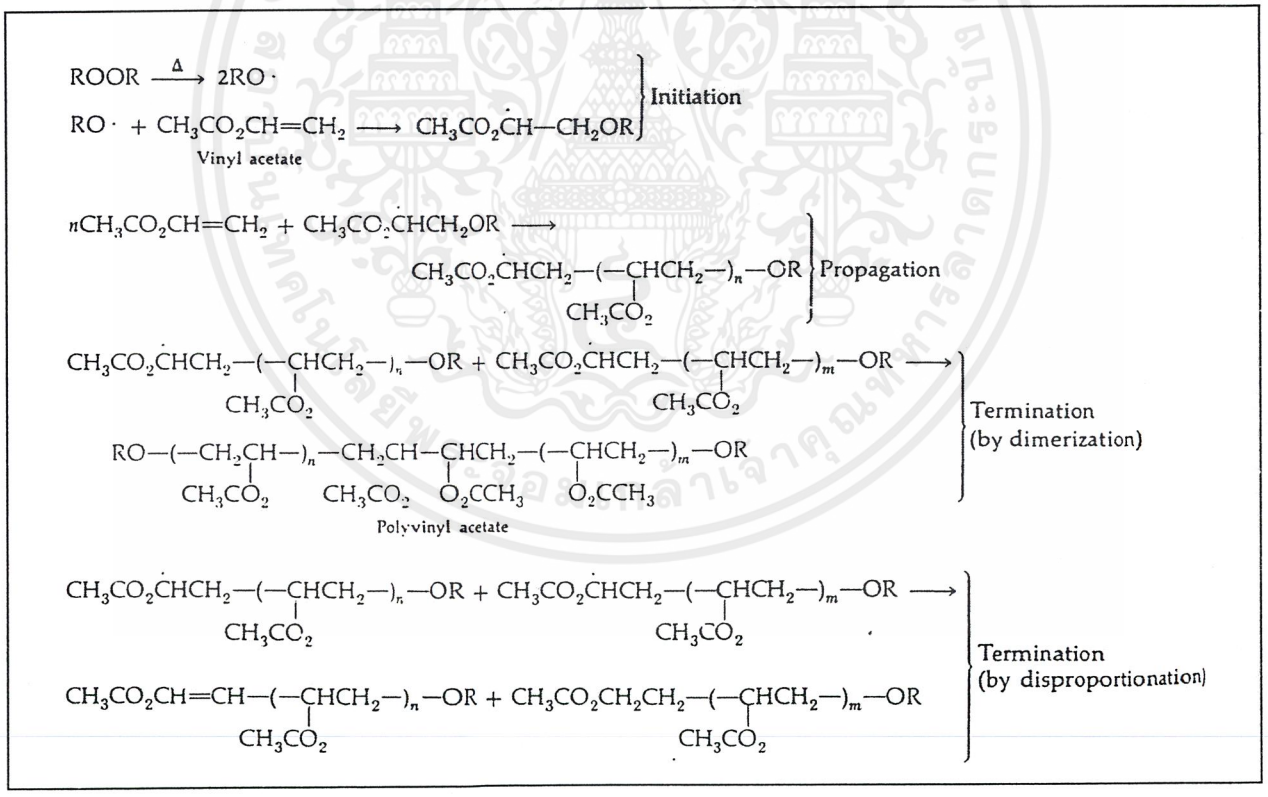
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สารยึดติด

2.3.1 พอลิไวนิลอะซีเตต[4]

พอลิไวนิลอะซีเตต (Poly(vinyl acetate)) หรือชื่อตามระบบ IUPAC คือ พอลิ-1-อะซิท๊อกซิเอทิลีน (Poly-(1-acetoxyethylene)) จัดได้ว่าเป็นสารที่มีการใช้ในปริมาณมากในอุตสาหกรรมประเภทสารยึดติดประเภทอิมัลชัน ซึ่งสามารถยึดติดได้กับวัสดุจำพวก กระดาษ, ไม้, วัสดุสิ่งทอ และยังใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารพอลิไวนิลแอลกอล์ฮอล์อีกด้วย

สารพอลิไวนิลอะซีเตตนั้นสามารถเตรียมได้จากการนำเอาสาร ไวนิลอะซีเตต เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมซึ่งสามารถเตรียมได้ทั้งแบบที่เป็นถังขนาดใหญ่ แบบสารละลาย แบบแขวนลอย และแบบอิมัลชัน ซึ่งในกระบวนการเหล่านี้มากกว่า 30 % ของสารตั้งต้นจะเกิดการเชื่อมต่อกันระหว่างที่เป็นสายโซ่และที่ยังเป็นโมเลกุลเดี่ยวอยู่ โดยกลไกการเชื่อมต่อของสายโซ่เหล่านั้นอาจจะเกิดได้ 2 วิธี คือ เกิดที่เทอเทียรี่คาร์บอนหรือบริเวณกลุ่มของหมู่อะซีเตต ซึ่งสามารถแสดงได้ดังปฏิกิริยาด้านล่างดังนี้



รูปที่ 2.9 รูปแสดงกลไกการเกิดเป็นพอลิไวนิลอะซีเตต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุมูลจะเกิดขึ้นที่อะตอมของเทอร์เทียรี่คาร์บอนหรือที่หมู่อะซีเตตซึ่งจะเป็นตัวริเริ่มในการเกิดสายโซ่และเกิดกิ่งก้านสาขาที่อุณหภูมิ 70°C เป็นปฏิกิริยาแบบคายความร้อน โดยส่วนมากพอลิไวนิลอะซีเตตนั้นจะใช้ในรูปของสารอิมัลชัน กระบวนการในการเตรียมนั้นปริมาณการผสมของไวนิลอะซีเตตกับน้ำจะอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมให้เกิดเป็นสารแขวนลอยและสารผสมอิมัลชันอยู่ร่วมกัน ในปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นจะทำให้เกิดน้ำขึ้นมาซึ่งมีผลทำให้ปฏิกิริยามีการเดินหน้าและทำให้เกิดเป็นสารพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ขึ้นแทน เราจึงต้องมีการกำจัดน้ำออกโดยการใช้สารโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นตัวช่วยในการดูดน้ำออก

2.3.1.1 **สมบัติและการนำไปใช้**

พอลิไวนิลอะซีเตตจัดได้ว่าเป็นสารมีลักษณะไม่เป็นผลึก (Non-crystaline) มีอุณหภูมิสถานะคล้ายแก้วที่ประมาณ 28°C หรือมากกว่าอุณหภูมิห้องเล็กน้อย มีความหนาแน่นอยู่ที่ 1.19 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าดัชนีการหักเหแสงเท่ากับ 1.47 และมีค่าความสามารถในการละลาย (Solubility paramiter) 19.4 $MPa^{1/2}$

มีการนำไปใช้มากในอุตสาหกรรมสารยึดติดประเภทอิมัลชัน ซึ่งสามารถยึดติดได้กับวัสดุจำพวกกระดาษ, ไม้, วัสดุสิ่งทอ และยังใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารพอลิไวนิลแอลกอล์ฮอล์อีกด้วย

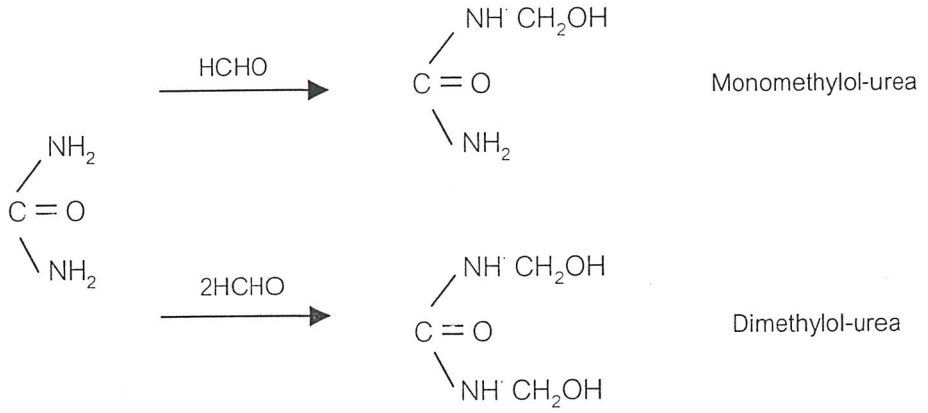
2.3.2 ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ [4]

เนื่องจากยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์จัดอยู่ในพวกอะมิโนเรซิน (Amino resins) ซึ่งมีประโยชน์ทางด้านการค้ามานานแล้ว เป็นพอลิเมอร์ที่มีราคาถูก เกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วเมื่อทำการอัดด้วยความร้อน โดยจะมีโครงสร้างเป็นร่างแห การนำเอายูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ไปใช้งานนั้นสามารถทำได้ง่าย แต่เนื่องจากยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถกันการซึมของน้ำได้ จึงใช้ได้กับงานภายในเท่านั้น ไม่สามารถใช้กับงานภายนอกได้

ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์สามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยา 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ

ขั้นแรก เป็นการเตรียมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน (Urea-formaldehyde resin) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างยูเรียกับฟอร์มาลดีไฮด์ในสภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นเบสอ่อน ๆ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นส่วนมากจะมีโครงสร้าง ที่เป็นเส้นตรงได้แก่ โมโนเมทิลอลยูเรีย (Monomethylolurea) และไดเมทิลออลยูเรีย (Dimethylolurea) ซึ่งอัตราส่วนของการเกิดสารทั้งสองตัวนั้นจะขึ้นกับอัตราส่วนของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ ถ้าเราใช้ฟอร์มาลดีไฮด์มากเกินพอเราจะได้เฉพาะไดเมทิลออลยูเรียในปฏิกิริยา

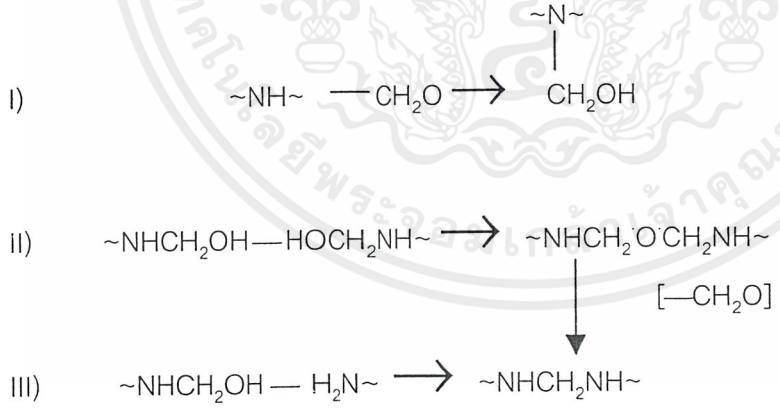
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงปฏิกิริยาการเตรียมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ขั้นแรก

ขั้นที่สอง เป็นพอลิเมอไรเซชันของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน (Urea-formaldehyde resin) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดและมีการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นตอนดังนี้ :

1) สารละลายจะมีลักษณะเป็นตะกอนขุ่นขาวในช่วงอุณหภูมิที่ไม่สูง
2) เมื่ออุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นตะกอนที่มีอยู่ในสารละลายนั้นจะเกิดการรวมตัวกัน
3) จากนั้นจะเกิดการควบแน่นได้เป็นสารละลายใสมีลักษณะเหนียวหนืด แต่ถ้าหากให้ความร้อนต่อไปจะทำให้ได้สารละลายที่มีลักษณะเป็นเจลใสไม่มีสีและไม่ละลายน้ำ สามารถเขียนเป็นปฏิกิริยาได้ดังนี้



รูปที่ 2.11 แสดงปฏิกิริยาการเตรียมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ขั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1 **สมบัติและการนำไปใช้งาน**

ตารางที่ 2.4 แสดงสมบัติเชิงกลและหน่วยที่วัดได้ของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

สมบัติเชิงกล	ค่าที่วัดได้
Relative Vapour Density (air = 1):	(at 20°C)1.07*
Specific Gravity (20°C):	1.2-1.4
% Volatile by Volume:	25-50 (Water)
Solubility in Water (g/L @ 25°C)	50
Water dilutability (mls):	100 minimum
Viscosity @ 25°C (cps):	150-250
Solids content (%):	64-66

ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน นำไปใช้ในงานด้านสารยึดติด เหมาะสำหรับงานภายใน เนื่องจากสมบัติความไม่สามารถป้องกันการดูดซึมน้ำได้นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
การวิจัยและดำเนินงาน

3.1 วัสดุและสารเคมี

1. ชานอ้อย (ไม่ทราบบริษัท)
2. พอลิสไตรีนโฟม (ไม่ทราบบริษัท)
3. ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน (welwood)
4. พอลิไวนิลอะซีเตต (ลาเท็กซ์ ทีโอเอ เบอร์ แอลเอ 22 เอส บริษัท ทีโอเอ เคมีคอลอินดัสทรีส์ จำกัด)
5. อลูมิเนียมฟอยล์

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง
2. ไมโครมิเตอร์
3. เตาอบ
4. เดซิกเคเตอร์
5. ภาชนะควบคุมอุณหภูมิ
6. เครื่องโม่บด (Grinding Machine รุ่น BOSCO)
7. เครื่องกดอัดร้อน (Compression Machine)
8. เครื่องทดสอบความแข็งแรงกด (LLOYD Instrument รุ่น LK 30K)
9. เครื่องวัดระดับความดันเสียง (Sound Level Meter รุ่น 3604A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
43913

3.3 วิธีทำการทดลอง

1. นำชานอ้อยมาทำการบดโดยเครื่องโม่บด
2. นำไปคัดขนาดโดยใช้เครื่องคัดขนาดให้มีขนาด คือ 20 เมช
3. นำไปอบในตู้อบเพื่อให้มีความชื้นเหลือเพียง 4-8%
4. นำพอลิสไตรีนโฟมมาทำการบดโดยเครื่องโม่บด
5. ชั่งวัสดุและสารเคมีตามตารางที่ 3.1
6. ผสมวัสดุและสารเคมีที่ชั่งมาให้เข้ากันในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร โดยใช้แท่งแก้วช่วยคน
7. นำของผสมที่ได้ไปใส่ในแม่พิมพ์ โดยการใส่ต้องให้ของผสมกระจายเท่ากัน
8. นำเข้าเครื่องอัดเพื่ออัดขึ้นรูปโดยมีสภาวะดังนี้

   ความดัน 1200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

   อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

   <u>สำหรับพอลิไวนิลอาซีเตต</u>

   เวลาในการอัด 1 ชั่วโมง

   <u>สำหรับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์</u>

   เวลาในการอัด 5 นาที
9. นำชิ้นงานที่ได้ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการดูดซึมเสียง
10. ทำซ้ำจากข้อ 5 – 9 โดยเปลี่ยนเป็นตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ชานอ้อย และพอลิไวนิลอะซีเตตที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นกระดานอัด

สูตร	ปริมาณ (กรัม)		
	โฟมพอลิสไตรีน	ชานอ้อย	พอลิไวนิลอะซีเตต
2:25:30	2	25	30
3:25:30	3	25	30
4:25:30	4	25	30
2:25:20	2	25	20
3:25:20	3	25	20
4:25:20	4	25	20
5:25:20	5	25	20
3:20:30	3	20	30
4:20:30	4	20	30
5:20:30	5	20	30
6:20:30	6	20	30
3:20:20	3	20	20
4:20:20	4	20	20
5:20:20	5	20	20
6:20:20	6	20	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ซานอ้อย และยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่อัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำเท่ากับ 1.5:1 ที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นกระดานอัด

สูตร	ปริมาณ (กรัม)			อัตราส่วนผสม ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์:น้ำ
	โฟมพอลิสไตรีน	ซานอ้อย	ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์	
0:25:30/1.5:1	0	25	30	1.5:1
1:25:30/1.5:1	1	25	30	1.5:1
2:25:30/1.5:1	2	25	30	1.5:1
3:25:30/1.5:1	3	25	30	1.5:1
4:25:30/1.5:1	4	25	30	1.5:1
0:20:30/1.5:1	0	20	30	1.5:1
1:20:30/1.5:1	1	20	30	1.5:1
2:20:30/1.5:1	2	20	30	1.5:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ชานอ้อย และยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่อัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำเท่ากับ 1:1 ที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นกระดานอัด

สูตร	ปริมาณ (กรัม)			อัตราส่วนผสม
	โฟมพอลิสไตรีน	ชานอ้อย	ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์	ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์:น้ำ
0:25:30/1:1	0	25	30	1:1
1:25:30/1:1	1	25	30	1:1
2:25:30/1:1	2	25	30	1:1
3:25:30/1:1	3	25	30	1:1
4:25:30/1:1	4	25	30	1:1
0:20:30/1:1	0	20	30	1:1
1:20:30/1:1	1	20	30	1:1
2:20:30/1:1	2	20	30	1:1
3:20:30/1:1	3	20	30	1:1
4:20:30/1:1	4	20	30	1:1
0:15:30/1:1	0	15	30	1:1
1:15:30/1:1	1	15	30	1:1
2:15:30/1:1	2	15	30	1:1
3:15:30/1:1	3	15	30	1:1
4:15:30/1:1	4	15	30	1:1
0:15:20/1:1	0	15	20	1:1
1:15:20/1:1	1	15	20	1:1
2:15:20/1:1	2	15	20	1:1
3:15:20/1:1	3	15	20	1:1
4:15:20/1:1	4	15	20	1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดสอบ

3.4.1 สมบัติทางกายภาพ

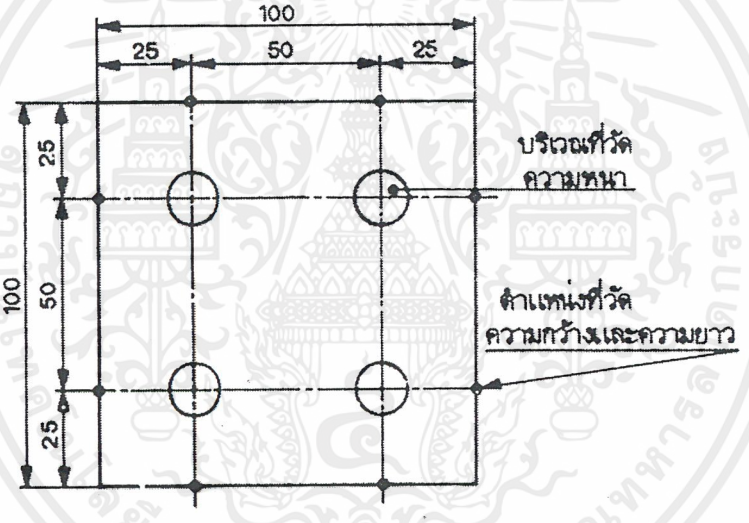
3.4.1.1 ความหนาแน่น

เครื่องมือ

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

วิธีการทดสอบ

1. ชั่งชิ้นทดสอบให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม
2. วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนานกับขอบให้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 3.1 แล้วหาค่าเฉลี่ย
3. วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง ตามรูปที่ 3.1 แล้วหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.1[5] ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นงาน

วิธีคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

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

การรายงานผล

รายงานผลค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.2 **ความชื้น**

เครื่องมือ

1. เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
2. เตาอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 103 องศาเซลเซียส
3. เดซิกเคเตอร์

วิธีการทดสอบ

1. ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 1 แล้ว ให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นมวลก่อนอบ
2. อบชิ้นทดสอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่
3. นำชิ้นทดสอบมาใส่ในเดซิกเคเตอร์ ปล่อยไว้ให้เย็น
4. ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นมวลเมื่ออบแห้ง

วิธีการคำนวณ

หาค่าความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{มวลก่อนอบ (กรัม)} - \text{มวลเมื่ออบแห้ง (กรัม)}}{\text{มวลเมื่ออบแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

การรายงานผล

รายงานค่าความชื้นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น และค่าเฉลี่ย

3.4.2 **สมบัติเชิงกล**

3.4.2.1 **มอดุลัสแตกร้าว และมอดุลัสยืดหยุ่น**

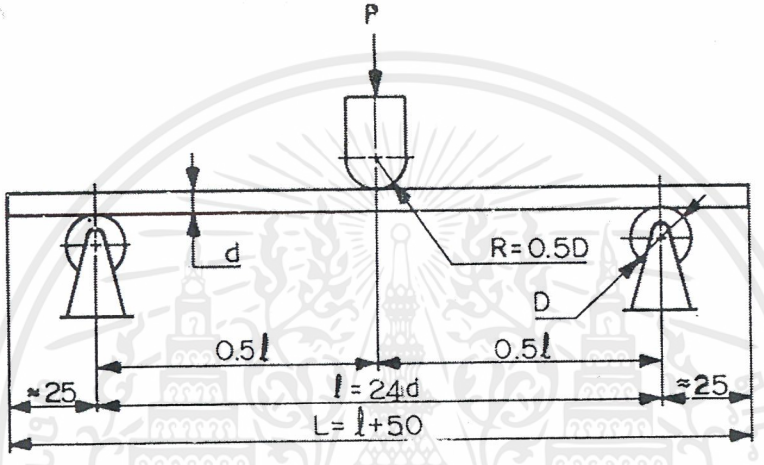
เครื่องมือ

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

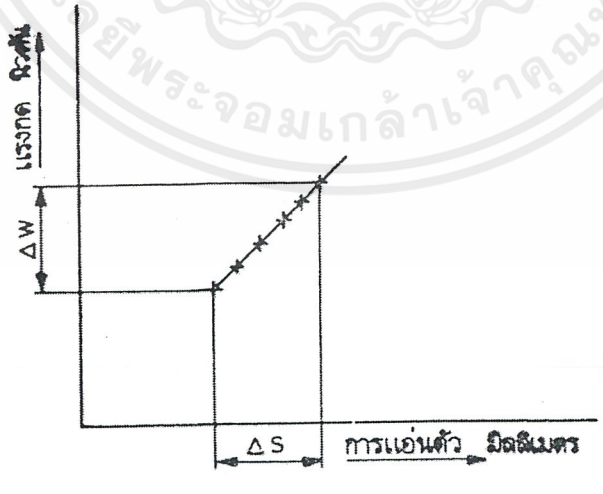
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทดสอบ

1. วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 24 เท่าของความหนาระบุของชิ้นงานทดสอบ ตามรูปที่ 3.2 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากแท่นรองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร
2. ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหัก ต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที
3. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับค่าการแอ่นตัว ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2[5] การทดสอบมอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่น



รูปที่ 3.3[5] กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณ

1. หาค่ามอดุลัสแตกร้าวจากสูตร

$$R = \frac{3PI}{2bd^2}$$

เมื่อ R คือ มอดุลัสแตกร้าว เป็นเมกะพาสคัล

P คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

I คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

2. หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจากสูตร

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

เมื่อ E คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

I คือ ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 3.3 เป็นนิวตัน

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

ΔS คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 3.3 เป็นมิลลิเมตร

การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของมอดุลัสแตกร้าวและของมอดุลัสยืดหยุ่นของตัวอย่างแต่ละแผ่น

3.4.3 สมบัติการดูดซึมเสียง

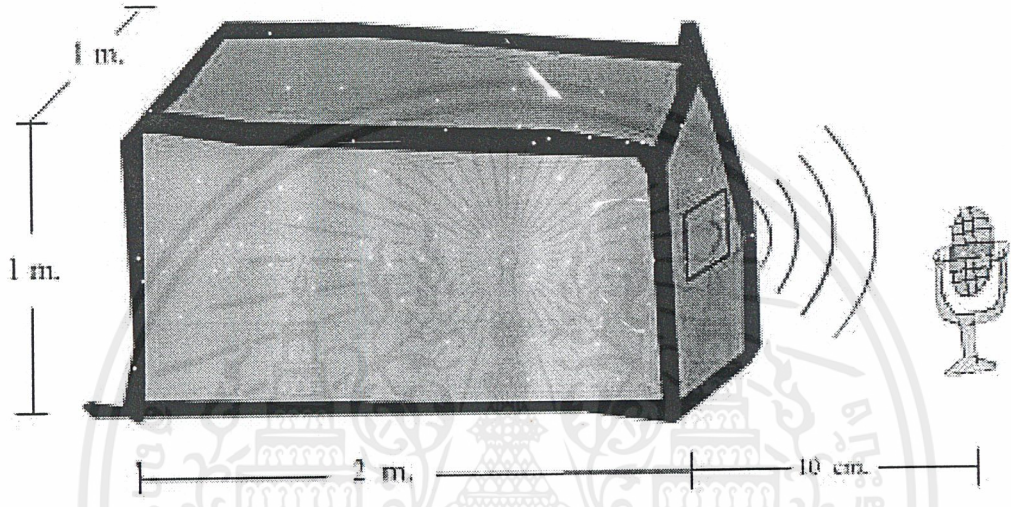
เครื่องมือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทดสอบ

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



รูปที่ 3.4 แสดงการจัดวางเครื่องกำเนิดเสียง เครื่องวัดระดับความดันเสียงและแผ่นกระดานอัด

3.5 สิ่งที่คาดว่าจะทำต่อไป

นำขี้ผึ้งพาราฟินมาผสมเพื่อเพิ่มสมบัติในการกันน้ำ เนื่องจากชานอ้อยมีสมบัติในการดูดน้ำที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

เป็นการศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการดูดซึมเสียง ซึ่งแบ่งการศึกษาตามชนิดของสารยึดติดที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นกระดานอัด โดยขนาดชานอ้อยที่ใช้ในการเตรียมแผ่นกระดานอัด คือ 20 เมช ดังนี้

4.1 พอลิไวนิลอะซีเตต

หมายเหตุ

ขนาดชานอ้อยที่ใช้ : 20 เมช

สารยึดติด : พอลิไวนิลอะซีเตต

สูตรของแผ่นกระดานอัด : ชานอ้อย(กรัม) : พอลิไวนิลอะซีเตต(กรัม) เช่น 25:30 เป็นต้น

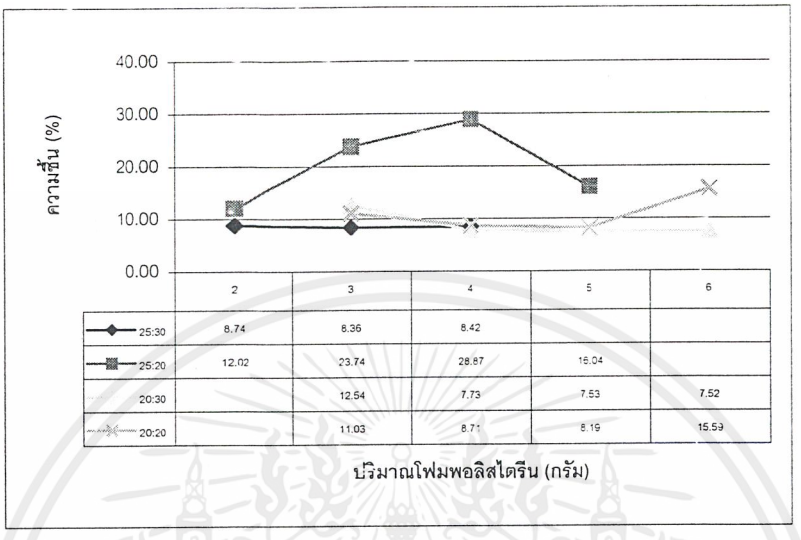
แกน X : ปริมาณโฟมพอลิสไตรีน(กรัม) ที่เพิ่มขึ้น

แกน Y : สมบัติที่ต้องการจะศึกษา เช่น ค่าความชื้น(%) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

4.1.1.1 ความชื้น



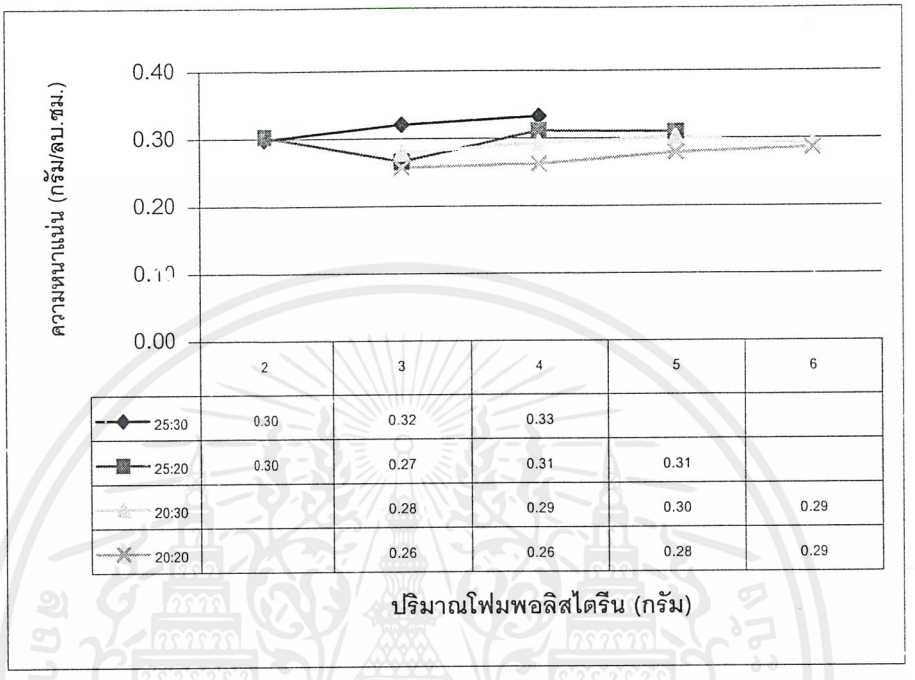
รูปที่ 4.1 แสดงค่าความชื้น (%) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม ตามลำดับ

จากรูป 4.1 เมื่อพิจารณาความชื้น (%) ของแผ่นกระดานอัดพบว่าเมื่อปริมาณชานอ้อยเพิ่มจาก 20 กรัม เป็น 25 กรัม มีผลทำให้ค่าความชื้นสูงขึ้นเนื่องมาจากชานอ้อยจะเป็นตัวดูดความชื้นที่มีอยู่ และเมื่อพิจารณาปริมาณพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 30 กรัม จะมีความชื้นน้อยกว่าที่ 20 กรัม

เนื่องมาจากเนื้อของพอลิไวนิลอะซีเตตจะเข้าไปแทรกตัวระหว่างชานอ้อย ทำให้ช่องว่างระหว่างชานอ้อยลดลง เป็นผลให้เกิดการสะสมของความชื้นลดลง สำหรับผลของปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่เพิ่มขึ้นนั้นยังไม่สามารถคาดการถึงการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของความชื้นได้มากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 ความหนาแน่น



รูปที่ 4.2 แสดงค่าความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม ตามลำดับ

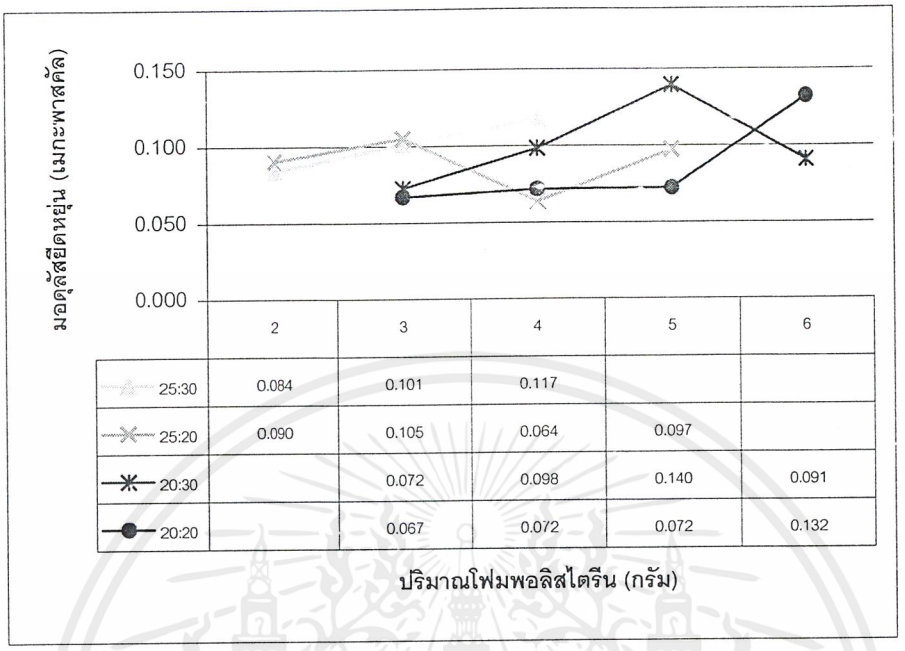
จากรูปที่ 4.2 เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของแผ่นกระดานอัดพบว่าเมื่อปริมาณชานอ้อยเพิ่มจาก 20 กรัม เป็น 25 กรัม จะทำให้ความหนาแน่นสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาปริมาณพอลิไวนิลอะซีเตตที่เพิ่มจาก 20 กรัม เป็น 30 กรัม จะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นกระดานอัดเพิ่มขึ้นเช่นกัน

สำหรับการเพิ่มปริมาณของโฟมพอลิสไตรีนนั้น ไม่ส่งผลต่อความหนาแน่นมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล

4.1.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น



รูปที่ 4.3 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม ตามลำดับ

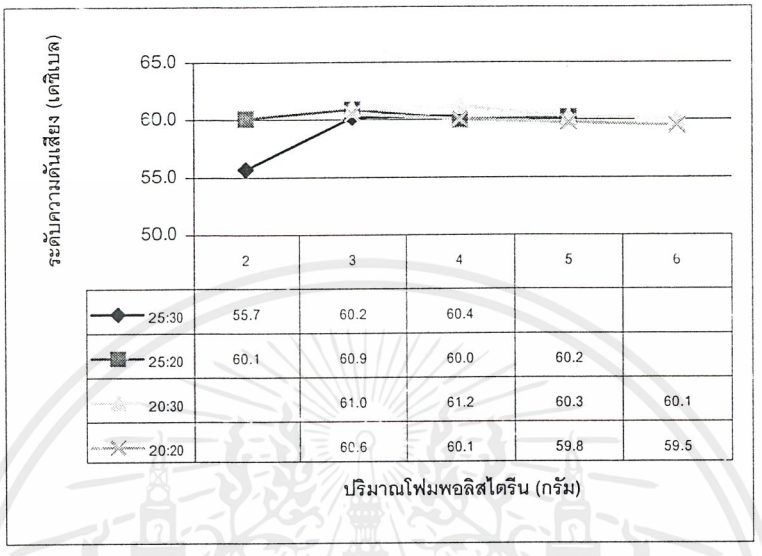
จากรูปที่ 4.3 เมื่อพิจารณาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดานอัด พบว่าเมื่อปริมาณชานอ้อยจาก 20 กรัม เป็น 25 กรัม ค่ามอดุลัสมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย

และการเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีนเมื่อมีพอลิไวนิลอะซีเตต 30 กรัม พบว่ามีแนวโน้มที่จะทำให้ค่ามอดุลัสที่เพิ่มขึ้น ส่วนที่พอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20 กรัม พบว่ามีแนวโน้มที่ค่ามอดุลัสไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การศึกษาสมบัติการดูดซึมเสียง

4.1.3.1 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต (ระดับความดันเสียงเท่ากับ 69.0 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุปิดกั้นทางเดินเสียง)

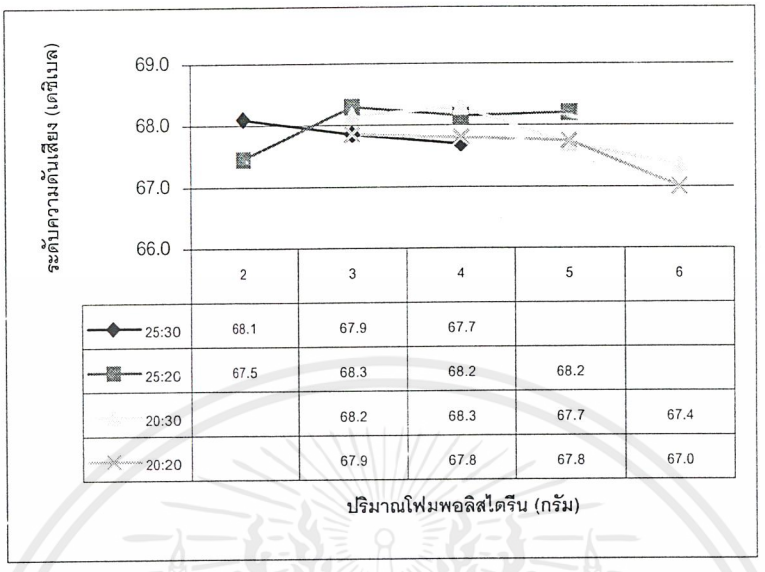


รูปที่ 4.4 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่ 250 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนซานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.4 พบว่าความสามารถในการดูดซึมเสียงมีค่าใกล้เคียงกันมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง สามารถวัดค่าระดับความดันเสียงโดยเฉลี่ยได้ 60.0 เดซิเบล ลดลงจากปกติที่ไม่ได้นำวัสดุใด ๆ มาปิดกั้นทางเดินของเสียง 9 เดซิเบล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 **ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต** (ระดับความดันเสียงเป็น 71.7 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง)



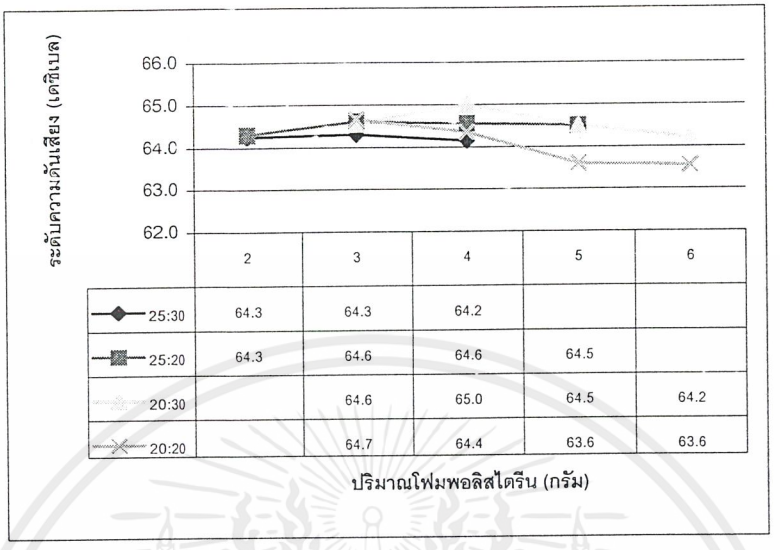
	2	3	4	5	6
25:30	68.1	67.9	67.7		
25:20	67.5	68.3	68.2	68.2	
20:30		68.2	68.3	67.7	67.4
20:20		67.9	67.8	67.8	67.0

รูปที่ 4.5 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.5 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณชานอ้อย เมื่อใช้ปริมาณสารพอลิไวนิลอะซีเตต 30 กรัม ชานอ้อย 25 กรัม มีค่าระดับความดันเสียงที่ต่ำกว่าในสูตรที่ใช้ปริมาณชานอ้อย 20 กรัม ประมาณ 0.5 เดซิเบล และเมื่อเพิ่มปริมารโฟมพอลิสไตรีน แนวโน้มของระดับเสียงต่ำลงทั้งคู่ แต่ในสูตรที่ใช้ปริมาณสารพอลิไวนิลอะซีเตต 20 กรัม ชานอ้อย 20 กรัม กลับมีค่าระดับความดันเสียงต่ำกว่าในสูตรที่ใช้ปริมาณของชานอ้อย 25 กรัม เปรียบเทียบการเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีน แนวโน้มก็เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.3 **ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต** (ระดับความดันเสียงเป็น 69.0 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง)



	2	3	4	5	6
25:30	64.3	64.3	64.2		
25:20	64.3	64.6	64.6	64.5	
20:30		64.6	65.0	64.5	64.2
20:20		64.7	64.4	63.6	63.6

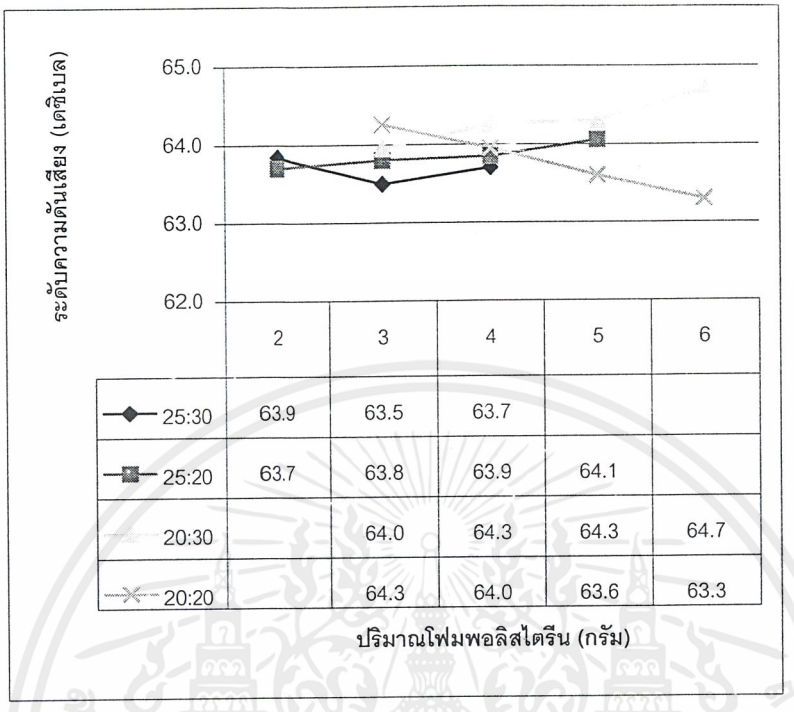
รูปที่ 4.6 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.6 เมื่อพิจารณาระดับความดันเสียงของแผ่นกระดานอัดพบว่าเมื่อปริมาณชานอ้อยเพิ่มจาก 20 กรัม เป็น 25 กรัม ระดับความดันเสียงไม่ได้เปลี่ยนแปลงมากนัก

เมื่อพิจารณาปริมาณพอลิไวนิลอะซีเตตที่เพิ่มจาก 20 กรัม เป็น 30 กรัม จะทำให้ระดับความดันเสียงของแผ่นกระดานอัดลดต่ำลง สำหรับการเพิ่มปริมาณของโฟมพอลิสไตรีนนั้น ไม่ส่งผลต่อความหนาแน่นมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.4 **ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต** (ระดับความดันเสียงเป็น 67.9 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง)



รูปที่ 4.7 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อพอลิไวนิลอะซีเตตที่ 20:20, 20:30, 25:20 และ 25:30 กรัม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.7 เมื่อพิจารณาระดับความดันเสียงของแผ่นกระดานอัดที่ความถี่ 2000 เฮิร์ต พบว่า เมื่อปริมาณชานอ้อยเพิ่มจาก 20 กรัม เป็น 30 กรัม จะทำให้ระดับความดันเสียงต่ำลง และเมื่อพิจารณาปริมาณพอลิไวนิลอะซีเตตที่เพิ่มจาก 20 กรัม เป็น 30 กรัม จะทำให้ระดับความดันเสียงของแผ่นกระดานอัดลดลงเช่นเดียวกัน สำหรับการเพิ่มปริมาณของโฟมพอลิสไตรีนนั้น กลับทำให้แนวโน้มของระดับความดันเสียงมีค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

หมายเหตุ

ขนาดซานอ้อยที่ใช้ : 20 เมช

สารยึดติด : ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

สูตรของแผ่นกระดานอัด : ซานอ้อย(กรัม) : สารพอลิไวนิลอะซีเตต(กรัม)/ อัตราส่วนผสม ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ : น้ำ เช่น 25:30/1.5:1 เป็นต้น

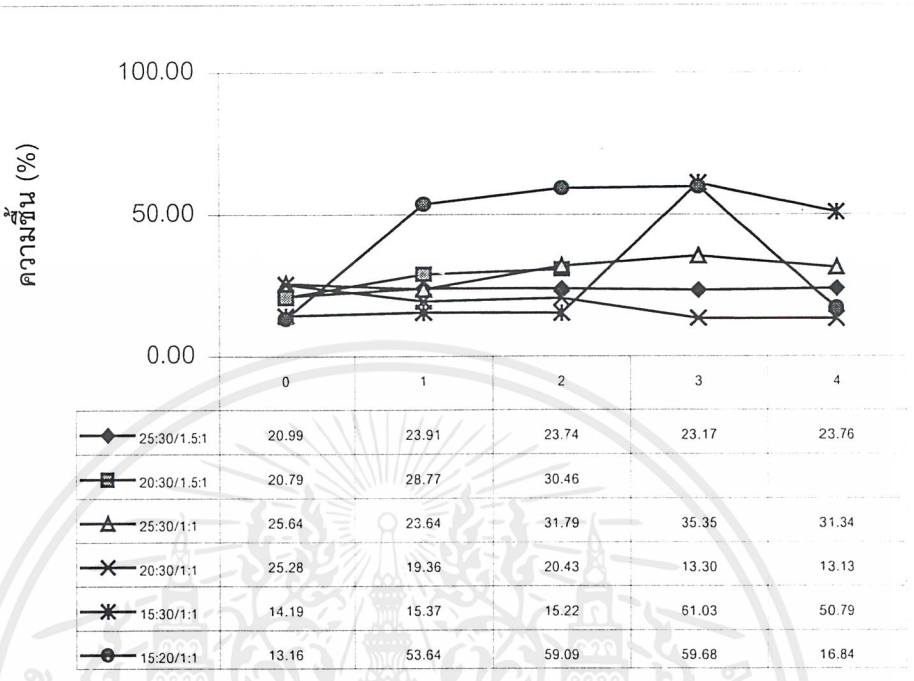
แกน X : ปริมาณโฟมพอลิสไตรีน(กรัม) ที่เพิ่มขึ้น

แกน Y : สมบัติที่ต้องการจะศึกษา เช่น ค่าความชื้น(%) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

4.2.1.1 ความชื้น



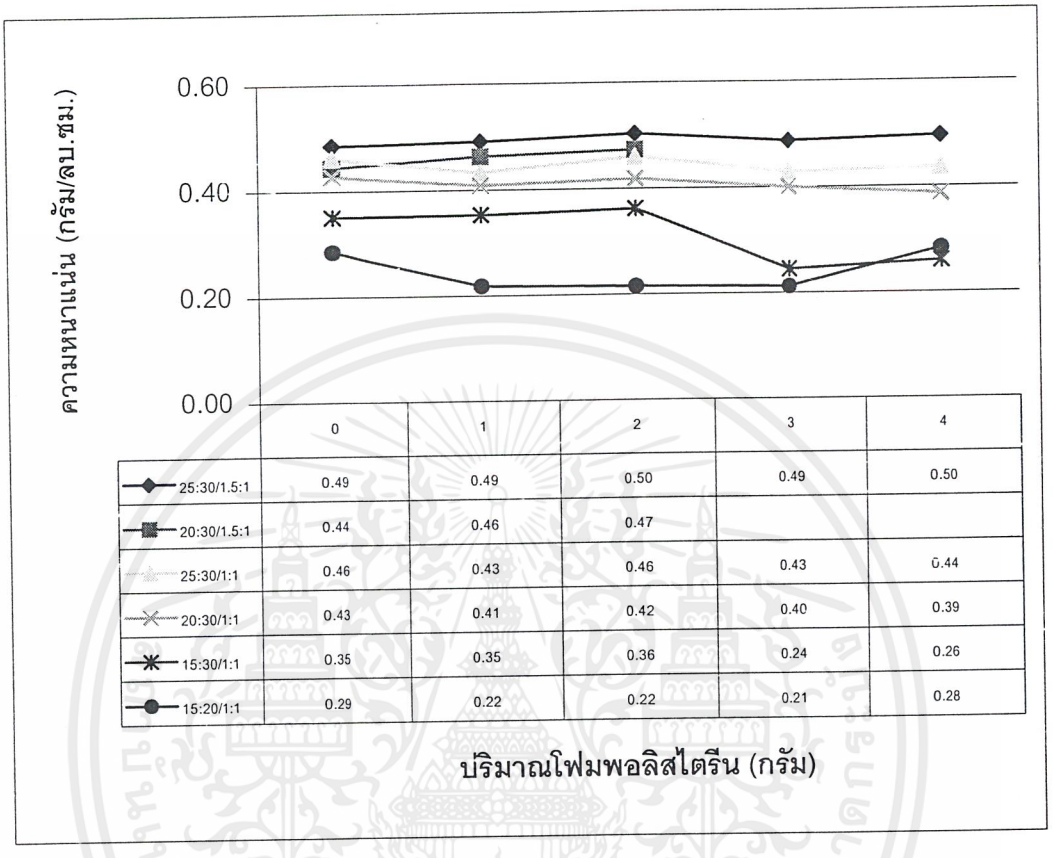
	0	1	2	3	4
25:30/1.5:1	20.99	23.91	23.74	23.17	23.76
20:30/1.5:1	20.79	28.77	30.46		
25:30/1:1	25.64	23.64	31.79	35.35	31.34
20:30/1:1	25.28	19.36	20.43	13.30	13.13
15:30/1:1	14.19	15.37	15.22	61.03	50.79
15:20/1:1	13.16	53.64	59.09	59.68	16.84

รูปที่ 4.8 แสดงค่าความชื้น (%) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.8 ที่อัตราการผสมของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำเท่ากับ 1.5:1 เมื่อพิจารณาปริมาณชานอ้อยที่เพิ่มจาก 20 กรัมเป็น 30 กรัม พบว่าทำให้ค่าความชื้นของแผ่นกระดานอัดลดลง แต่ที่อัตราส่วนการผสมของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 1:1 ค่าความชื้นของแผ่นกระดานอัดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ในการผสมมีสูงกว่า และเมื่อพิจารณาการเพิ่มของปริมาณโฟมพอลิสไตรีน พบว่าไม่ทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงจากแนวโน้มที่เป็นอยู่มากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ความหนาแน่น



	0	1	2	3	4
25:30/1.5:1	0.49	0.49	0.50	0.49	0.50
20:30/1.5:1	0.44	0.46	0.47		
25:30/1:1	0.46	0.43	0.46	0.43	0.44
20:30/1:1	0.43	0.41	0.42	0.40	0.39
15:30/1:1	0.35	0.35	0.36	0.24	0.26
15:20/1:1	0.29	0.22	0.22	0.21	0.28

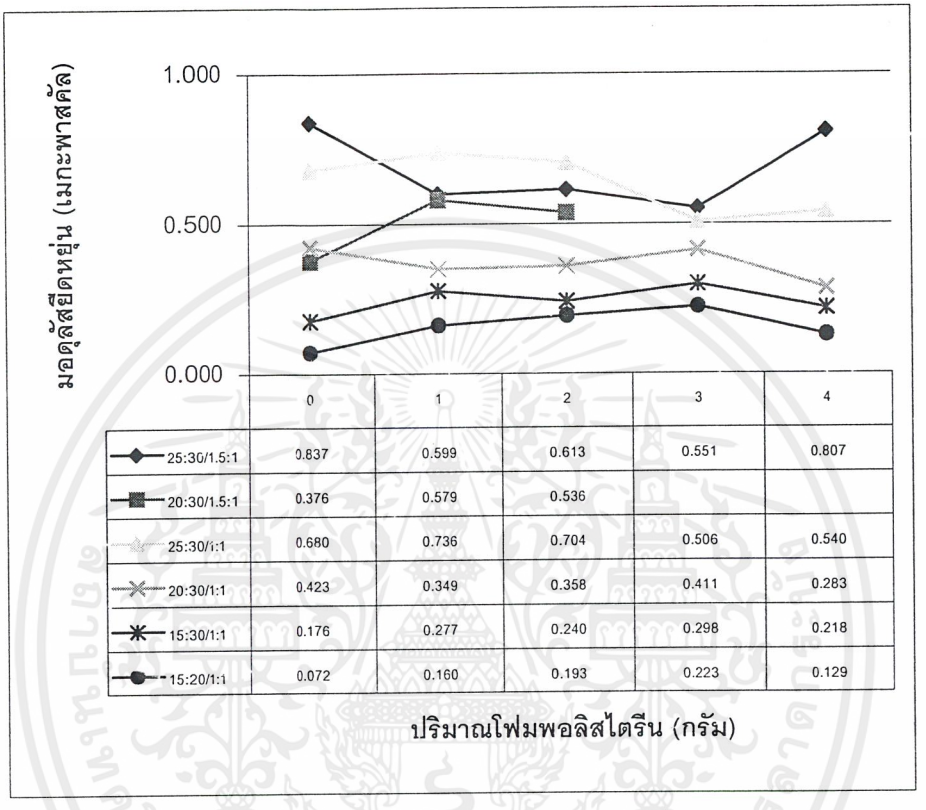
รูปที่ 4.9 แสดงค่าความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.9 พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณชานอ้อย ปริมาณสารยึดติด และปริมาณอัตราการผสมของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ จะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นกระดานอัดเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณโฟมพอลิสไตรีน นั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความความหนาแน่นของแผ่นกระดานอัดน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล

4.2.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น



	0	1	2	3	4
25:30/1.5:1	0.837	0.599	0.613	0.551	0.807
20:30/1.5:1	0.376	0.579	0.536		
25:30/1:1	0.680	0.736	0.704	0.506	0.540
20:30/1:1	0.423	0.349	0.358	0.411	0.283
15:30/1:1	0.176	0.277	0.240	0.298	0.218
15:20/1:1	0.072	0.160	0.193	0.223	0.129

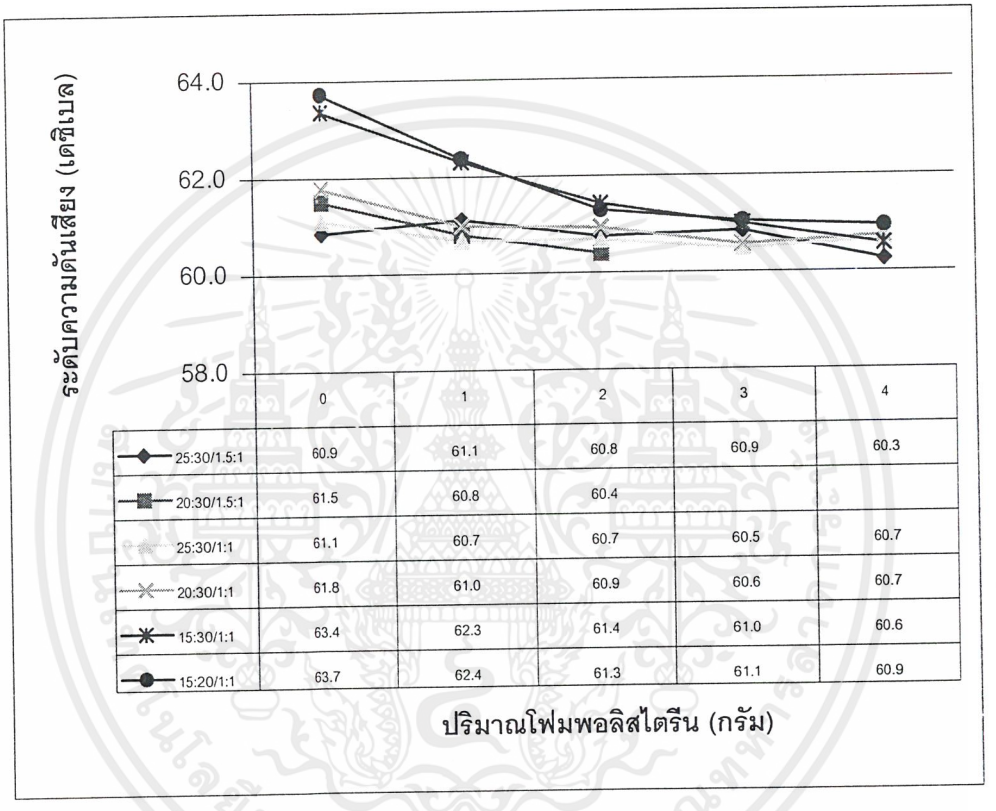
รูปที่ 4.10 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.10 พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณชานอ้อย ปริมาณสารยึดติด และปริมาณอัตราการผสมของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ จะทำให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดานอัดเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณโฟมพอลิสไตรีน นั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดานอัดน้อยมาก เช่นเดียวกับการพิจารณาค่าความหนาแน่นของแผ่นกระดานอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การศึกษาสมบัติการดูดซึมเสียง

4.2.3.1 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต (ระดับความดันเสียงเป็น 69 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง)



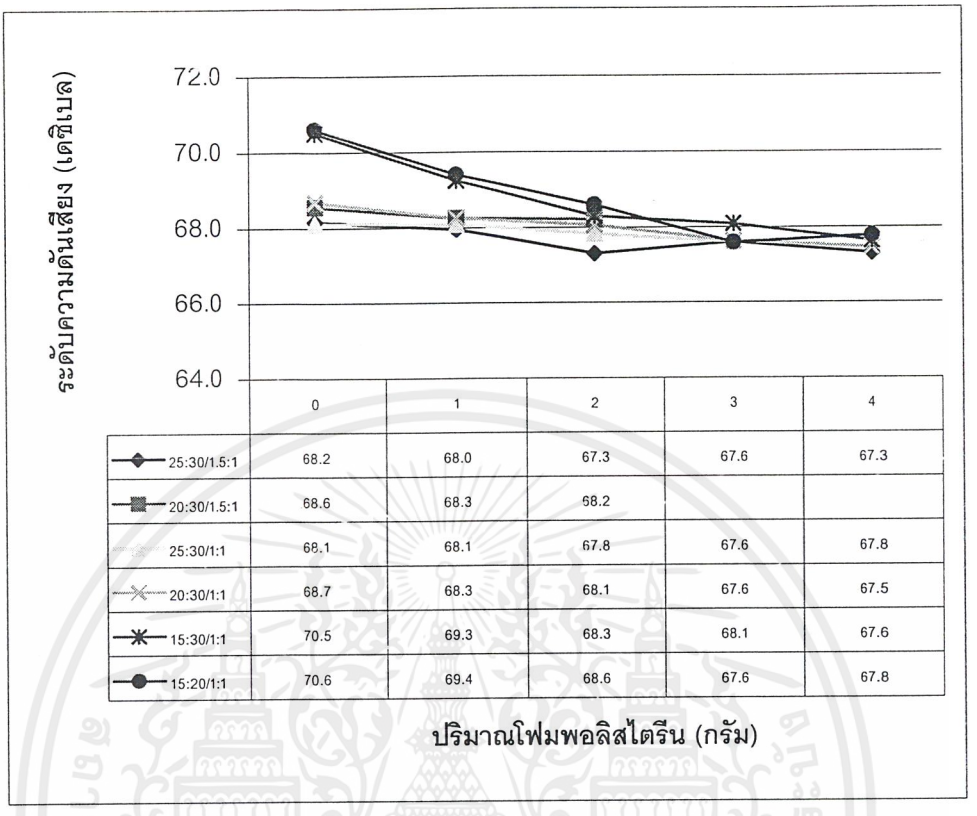
	0	1	2	3	4
25:30/1.5:1	60.9	61.1	60.8	60.9	60.3
20:30/1.5:1	61.5	60.8	60.4		
25:30/1:1	61.1	60.7	60.7	60.5	60.7
20:30/1:1	61.8	61.0	60.9	60.6	60.7
15:30/1:1	63.4	62.3	61.4	61.0	60.6
15:20/1:1	63.7	62.4	61.3	61.1	60.9

รูปที่ 4.11 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม)ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.11 เมื่อพิจารณาปริมาณชานอ้อยที่ 20 กรัม และ 25 กรัม พบว่าการเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีนไม่มีผลทำให้ระดับความดันเสียงเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ที่ปริมาณชานอ้อย 15 กรัม พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณโฟมพอลิสไตรีนมีผลทำให้ค่าระดับความดันเสียงลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนที่เติมเข้าไปมีส่วนไปช่วยลดช่องว่างของแผ่นกระดานอัดให้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.2 **ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต** (ระดับความดันเสียงเป็น 71.7 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง)



	0	1	2	3	4
25:30/1.5:1	68.2	68.0	67.3	67.6	67.3
20:30/1.5:1	68.6	68.3	68.2		
25:30/1:1	68.1	68.1	67.8	67.6	67.8
20:30/1:1	68.7	68.3	68.1	67.6	67.5
15:30/1:1	70.5	69.3	68.3	68.1	67.6
15:20/1:1	70.6	69.4	68.6	67.6	67.8

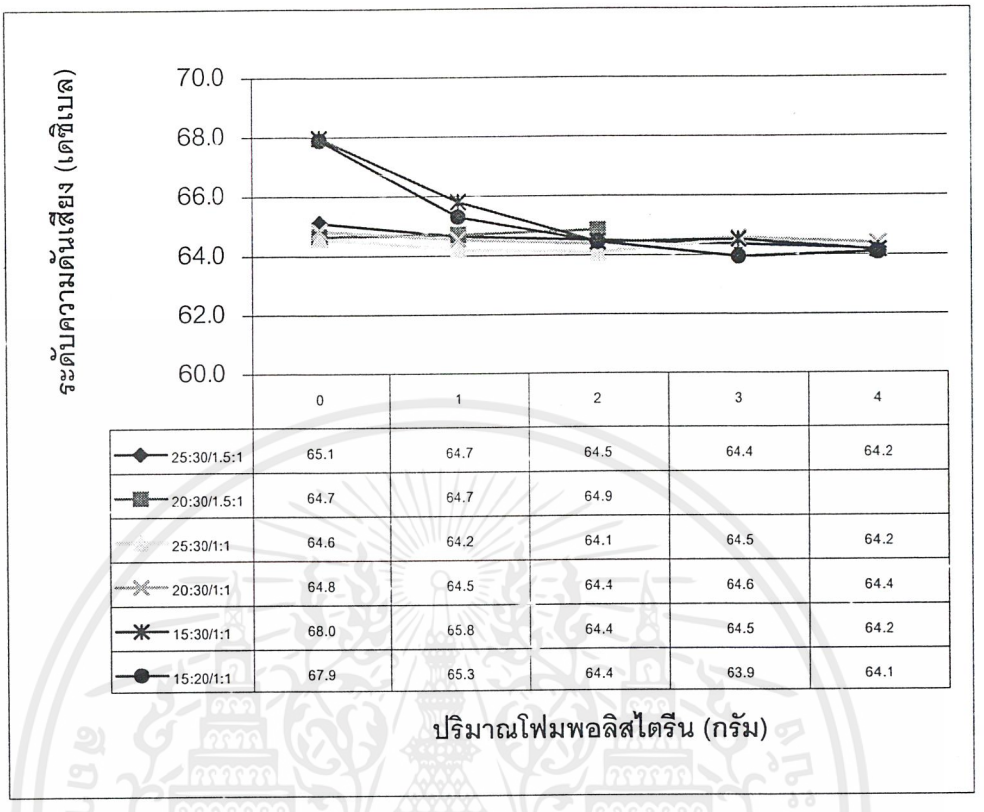
รูปที่ 4.12 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม)ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.12 เมื่อเพิ่มความถี่เป็น 500 เฮิร์ต แนวโน้มของกราฟเหมือนกับที่ความถี่ 250 เฮิร์ต คือเมื่อพิจารณาปริมาณชานอ้อยที่ 20 กรัม และ 25 กรัม พบว่าการเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีนไม่มีผลทำให้ระดับความดันเสียงเปลี่ยนแปลงมากนัก

แต่ที่ปริมาณชานอ้อย 15 กรัม พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณโฟมพอลิสไตรีนมีผลทำให้ค่าระดับความดันเสียงลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนที่เติมเข้าไปมีส่วนไปช่วยลดช่องว่างของแผ่นกระดานอัดให้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.3 **ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่** 1000 เฮิร์ต (ระดับความดันเสียงเป็น 69.0 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง)



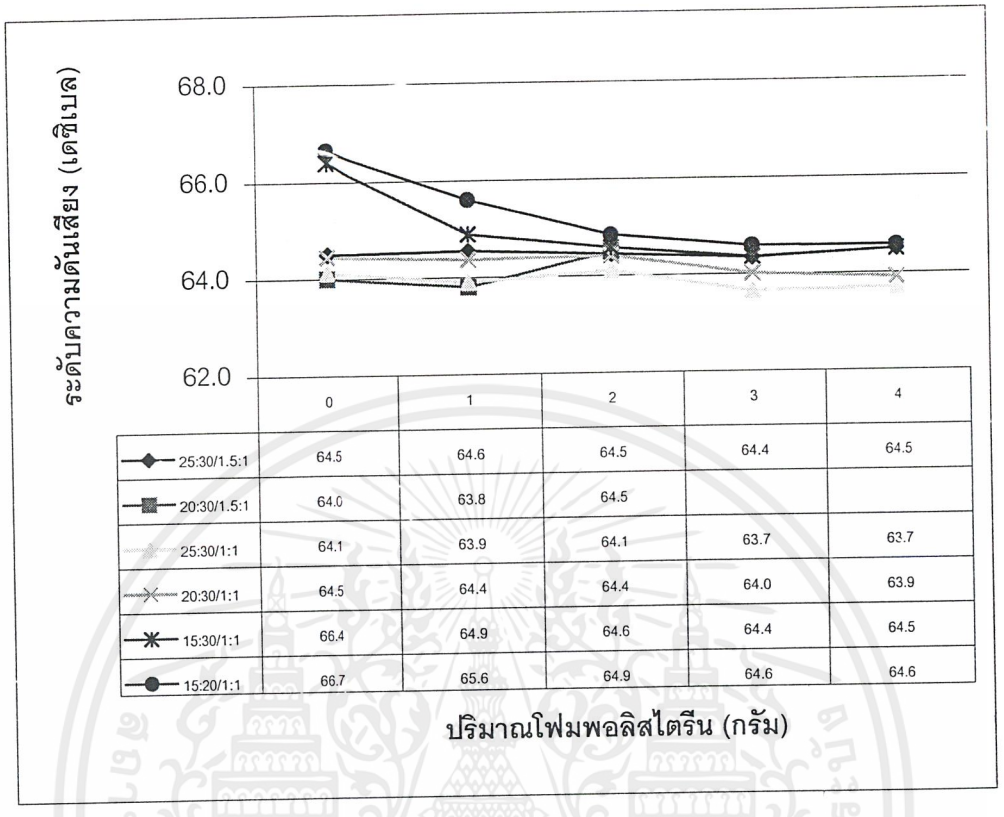
	0	1	2	3	4
25:30/1.5:1	65.1	64.7	64.5	64.4	64.2
20:30/1.5:1	64.7	64.7	64.9		
25:30/1:1	64.6	64.2	64.1	64.5	64.2
20:30/1:1	64.8	64.5	64.4	64.6	64.4
15:30/1:1	68.0	65.8	64.4	64.5	64.2
15:20/1:1	67.9	65.3	64.4	63.9	64.1

รูปที่ 4.13 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.13 การเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีนไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าระดับความดันเสียงของแผ่นกระดานอัดที่ใช้ปริมาณชานอ้อย 20 กรัมและ 25 กรัม แต่ทำให้ระดับความดันเสียงของแผ่นกระดานอัดที่ใช้ปริมาณชานอ้อย 15 กรัมลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.4 **ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต** (ระดับความดันเสียงเป็น 67.9 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง)



	0	1	2	3	4
25:30/1.5:1	64.5	64.6	64.5	64.4	64.5
20:30/1.5:1	64.0	63.8	64.5		
25:30/1:1	64.1	63.9	64.1	63.7	63.7
20:30/1:1	64.5	64.4	64.4	64.0	63.9
15:30/1:1	66.4	64.9	64.6	64.4	64.5
15:20/1:1	66.7	65.6	64.9	64.6	64.6

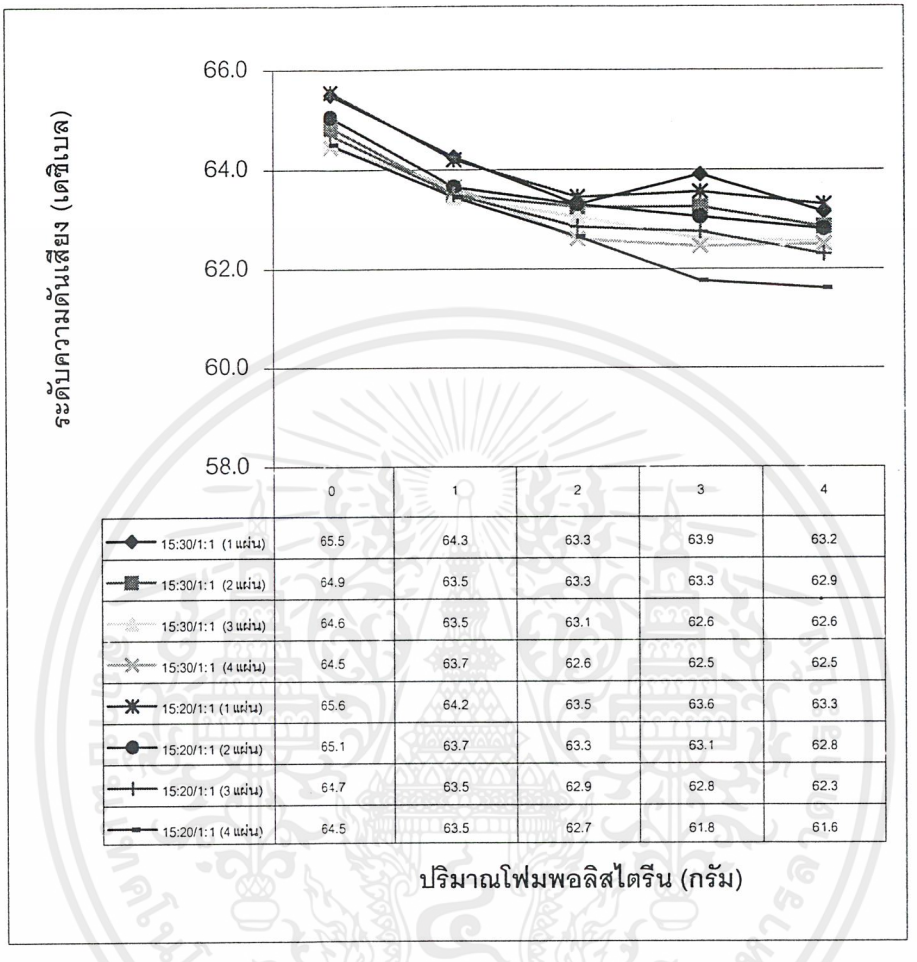
รูปที่ 4.14 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนซานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำดังนี้ 15:20/1:1, 15:30/1:1, 20:30/1:1, 25:30/1:1,20:30/1.5:1 และ 25:30/1.5:1 กรัม ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.14 เมื่อเพิ่มความถี่เป็น 2000 เฮิร์ต การเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีนไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าระดับความดันเสียของแผ่นกระดานอัดที่ใช้ปริมาณซานอ้อย 20 กรัมและ 25 กรัม แต่ทำให้ระดับความดันเสียงของแผ่นกระดานอัดที่ใช้ปริมาณซานอ้อย 15 กรัมลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การศึกษาผลของความหนาที่มีต่อสมบัติการดูดซึมเสียง

4.2.4.1 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต (ระดับความดันเสียงเป็น 66.6 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง)



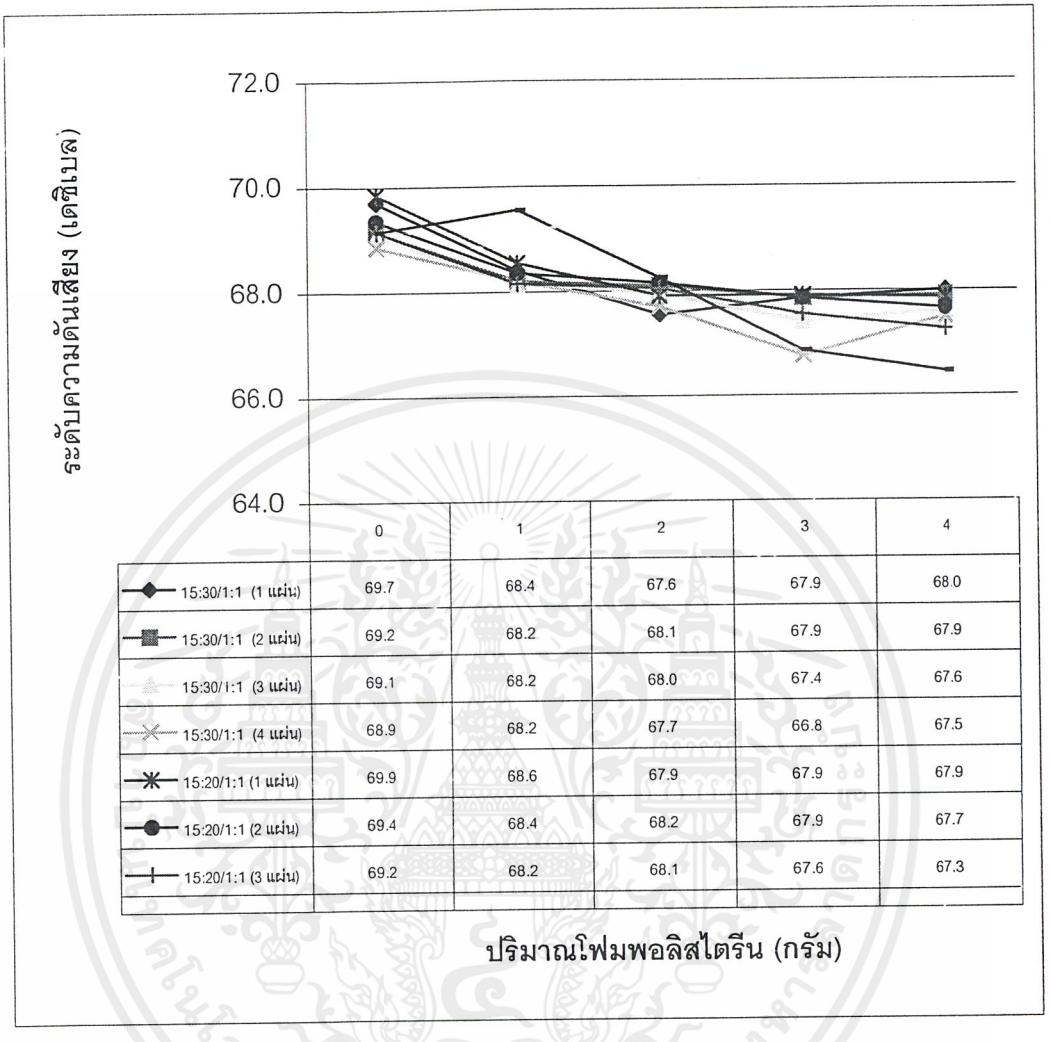
	0	1	2	3	4
15:30/1:1 (1 แผ่น)	65.5	64.3	63.3	63.9	63.2
15:30/1:1 (2 แผ่น)	64.9	63.5	63.3	63.3	62.9
15:30/1:1 (3 แผ่น)	64.6	63.5	63.1	62.6	62.6
15:30/1:1 (4 แผ่น)	64.5	63.7	62.6	62.5	62.5
15:20/1:1 (1 แผ่น)	65.6	64.2	63.5	63.6	63.3
15:20/1:1 (2 แผ่น)	65.1	63.7	63.3	63.1	62.8
15:20/1:1 (3 แผ่น)	64.7	63.5	62.9	62.8	62.3
15:20/1:1 (4 แผ่น)	64.5	63.5	62.7	61.8	61.6

รูปที่ 4.15 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม)ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 15:20/1:1 และ 15:30/1:1 ตามลำดับ ที่จำนวนแผ่นตั้งแต่ 1 ถึง 4 แผ่น

จากรูปที่ 4.15 เปรียบเทียบระดับความดันเสียงเมื่อความหนา (จำนวน) ของแผ่นกระดานอัดเพิ่มขึ้น พบว่าระดับความดันเสียงลดลง โดยในสูตรที่ใช้ปริมาณสารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 20 กรัมให้ผลของระดับความดันเสียงที่ต่ำกว่าสูตรที่ใช้สารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 30 กรัม และเมื่อเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีนแนวโน้มของระดับความดันเสียงนั้นลดต่ำลงทั้งคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.2 **ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต** (ระดับความดันเสียงเป็น 71.4 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดขวางกั้นทางเดินเสียง)



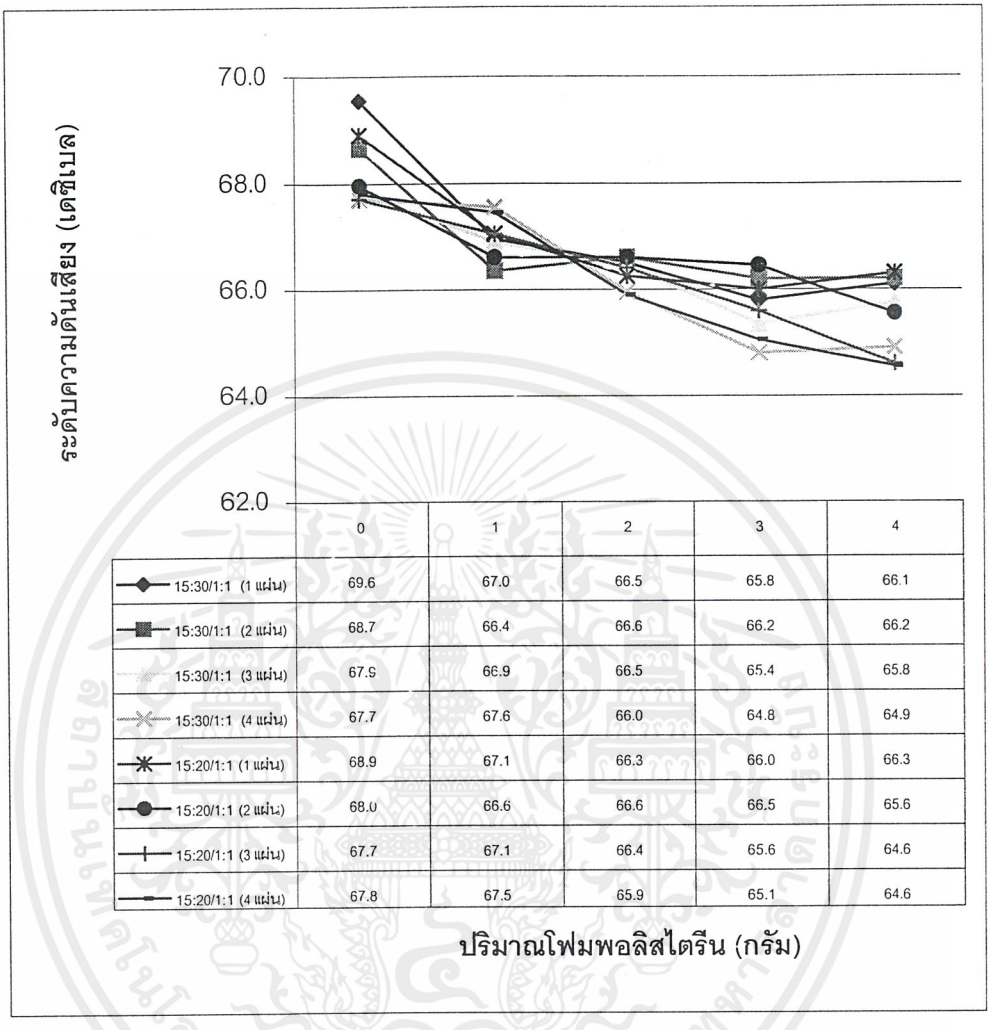
	0	1	2	3	4
15:30/1:1 (1 แผ่น)	69.7	68.4	67.6	67.9	68.0
15:30/1:1 (2 แผ่น)	69.2	68.2	68.1	67.9	67.9
15:30/1:1 (3 แผ่น)	69.1	68.2	68.0	67.4	67.6
15:30/1:1 (4 แผ่น)	68.9	68.2	67.7	66.8	67.5
15:20/1:1 (1 แผ่น)	69.9	68.6	67.9	67.9	67.9
15:20/1:1 (2 แผ่น)	69.4	68.4	68.2	67.9	67.7
15:20/1:1 (3 แผ่น)	69.2	68.2	68.1	67.6	67.3

รูปที่ 4.16 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม)ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนซานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 15:20/1:1 และ 15:30/1:1 ตามลำดับ ที่จำนวนแผ่นตั้งแต่ 1 ถึง 4 แผ่น

จากรูปที่ 4.16 เมื่อเปรียบเทียบระดับความดันเสียงที่ความถี่ 500 เฮิร์ต เมื่อความหนาของแผ่นกระดานอัดเพิ่มขึ้น พบว่าระดับความดันเสียงที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกันแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนไม่สามารถแยกได้โดยนัย และเมื่อเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีน พบว่าแนวโน้มของระดับความดันเสียงมีค่าลดต่ำลง โดยระดับความดันเสียงของแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 20 กรัม มีค่าต่ำกว่า 30 กรัมอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.3 **ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต** (ระดับความดันเสียงเป็น 70.8 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดบีดกั้นทางเดินเสียง)



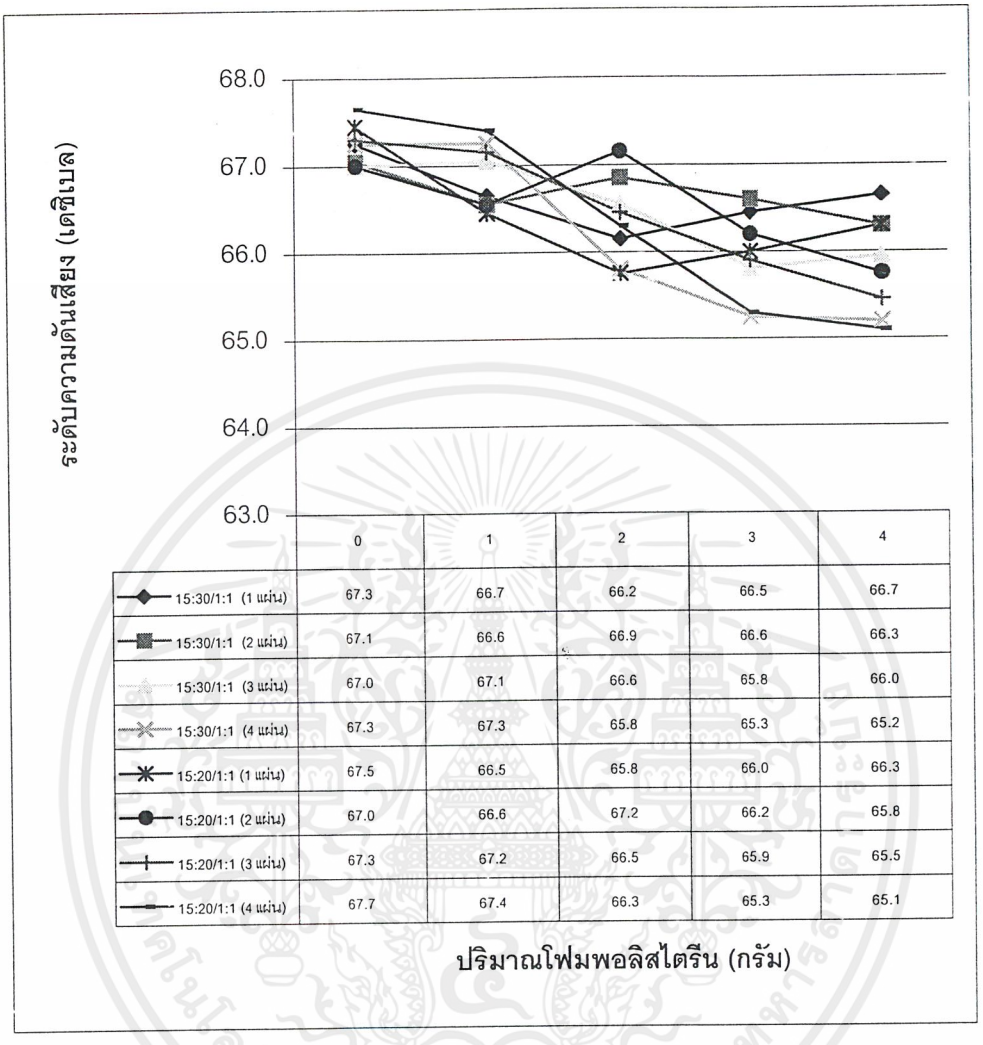
	0	1	2	3	4
15:30/1:1 (1 แผ่น)	69.6	67.0	66.5	65.8	66.1
15:30/1:1 (2 แผ่น)	68.7	66.4	66.6	66.2	66.2
15:30/1:1 (3 แผ่น)	67.9	66.9	66.5	65.4	65.8
15:30/1:1 (4 แผ่น)	67.7	67.6	66.0	64.8	64.9
15:20/1:1 (1 แผ่น)	68.9	67.1	66.3	66.0	66.3
15:20/1:1 (2 แผ่น)	68.0	66.6	66.6	66.5	65.6
15:20/1:1 (3 แผ่น)	67.7	67.1	66.4	65.6	64.6
15:20/1:1 (4 แผ่น)	67.8	67.5	65.9	65.1	64.6

รูปที่ 4.17 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนซานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 15:20/1:1 และ 15:30/1:1 ตามลำดับ ที่จำนวนแผ่นตั้งแต่ 1 ถึง 4 แผ่น

จากรูปที่ 4.17 เมื่อเปรียบเทียบความหนา (จำนวน) ของแผ่นกระดานอัดที่เพิ่มขึ้น พบว่าแผ่นกระดานอัดที่เพิ่มขึ้นจะทำระดับความดันเสียงลดลง เมื่อพิจารณาการเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีน พบว่าที่ปริมาณโฟมสูงขึ้นก็จะทำให้ระดับเสียงลดลงเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.4 **ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต** (ระดับความดันเสียงเป็น 68.3 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดบิดกั้นทางเดินเสียง)



	0	1	2	3	4
15:30/1:1 (1 แผ่น)	67.3	66.7	66.2	66.5	66.7
15:30/1:1 (2 แผ่น)	67.1	66.6	66.9	66.6	66.3
15:30/1:1 (3 แผ่น)	67.0	67.1	66.6	65.8	66.0
15:30/1:1 (4 แผ่น)	67.3	67.3	65.8	65.3	65.2
15:20/1:1 (1 แผ่น)	67.5	66.5	65.8	66.0	66.3
15:20/1:1 (2 แผ่น)	67.0	66.6	67.2	66.2	65.8
15:20/1:1 (3 แผ่น)	67.3	67.2	66.5	65.9	65.5
15:20/1:1 (4 แผ่น)	67.7	67.4	66.3	65.3	65.1

รูปที่ 4.18 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 2000 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดในอัตราส่วนชานอ้อยต่อยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตรการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 15:20/1:1 และ 15:30/1:1 ตามลำดับ ที่จำนวนแผ่นตั้งแต่ 1 ถึง 4 แผ่น

จากรูปที่ 4.18 เมื่อความหนา (จำนวน) ของแผ่นกระดานอัดเพิ่มขึ้น พบว่าระดับความดันเสียงลดลงอย่างชัดเจน และเมื่อปริมาณของโฟมพอลิสไตรีนเพิ่มสูงขึ้นก็จะทำให้ระดับความดันเสียงลดลงเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เปรียบเทียบระหว่างพอลิไวนิลอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

<u>หมายเหตุ</u>

ขนาดชานอ้อยที่ใช้ : 20 เมช

สารยึดติด : สารพอลิไวนิลอะซีเตต

: สารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

สูตรของแผ่นกระดานอัด : ชานอ้อย(กรัม) : สารพอลิไวนิลอะซีเตต(กรัม) เช่น 25:30 เป็นต้น

: ชานอ้อย(กรัม) : สารพอลิไวนิลอะซีเตต(กรัม)/ อัตราส่วนผสม ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ : น้ำ เช่น 25:30/1.5:1 เป็นต้น

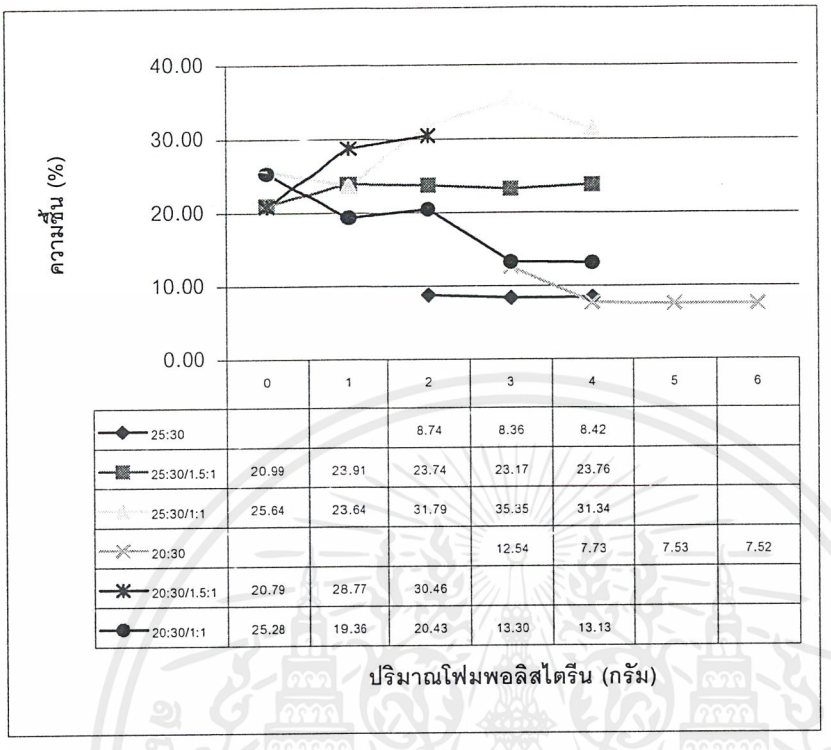
แกน X : ปริมาณโฟมพอลิสไตรีน(กรัม) ที่เพิ่มขึ้น

แกน Y : สมบัติที่ต้องการจะศึกษา เช่น ค่าความชื้น(%) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

4.3.1.1 ความชื้น



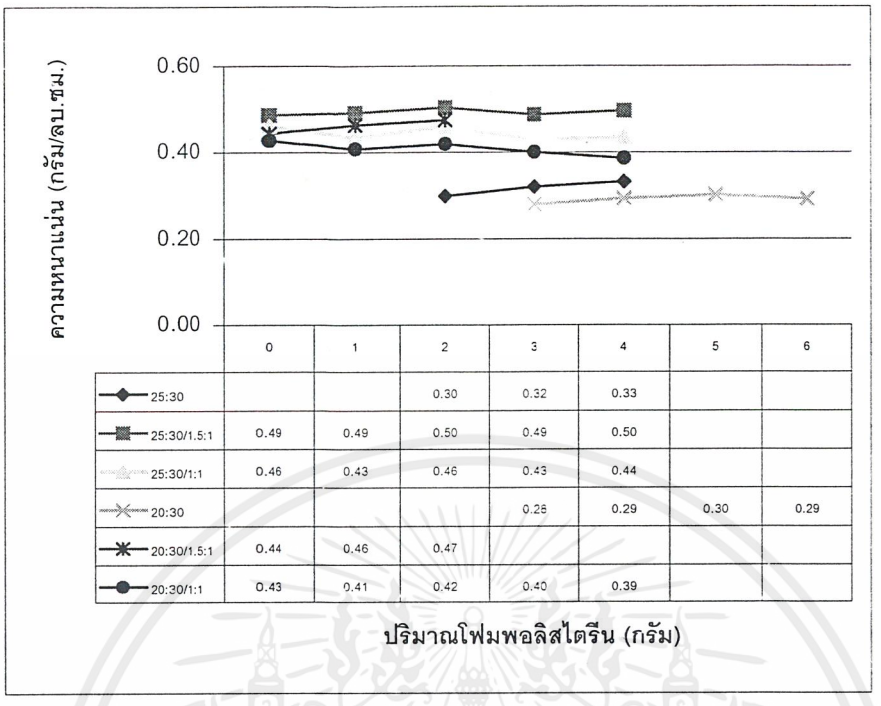
	0	1	2	3	4	5	6
25:30			8.74	8.36	8.42		
25:30/1.5:1	20.99	23.91	23.74	23.17	23.76		
25:30/1:1	25.64	23.64	31.79	35.35	31.34		
20:30				12.54	7.73	7.53	7.52
20:30/1.5:1	20.79	28.77	30.46				
20:30/1:1	25.28	19.36	20.43	13.30	13.13		

รูปที่ 4.19 แสดงค่าความชื้น (%) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากันคือ 30 กรัม โดยมีปริมาณซานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม

จากรูปที่ 4.19 พบว่าแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารพอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติดมีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด เนื่องมาจากสารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสมบัติการดูดซึมน้ำที่ดี อีกทั้งในการเตรียมยังมีน้ำเป็นองค์ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.2 ความหนาแน่นหลังอบ



	0	1	2	3	4	5	6
25:30			0.30	0.32	0.33		
25:30/1.5:1	0.49	0.49	0.50	0.49	0.50		
25:30/1:1	0.46	0.43	0.46	0.43	0.44		
20:30				0.26	0.29	0.30	0.29
20:30/1.5:1	0.44	0.46	0.47				
20:30/1:1	0.43	0.41	0.42	0.40	0.39		

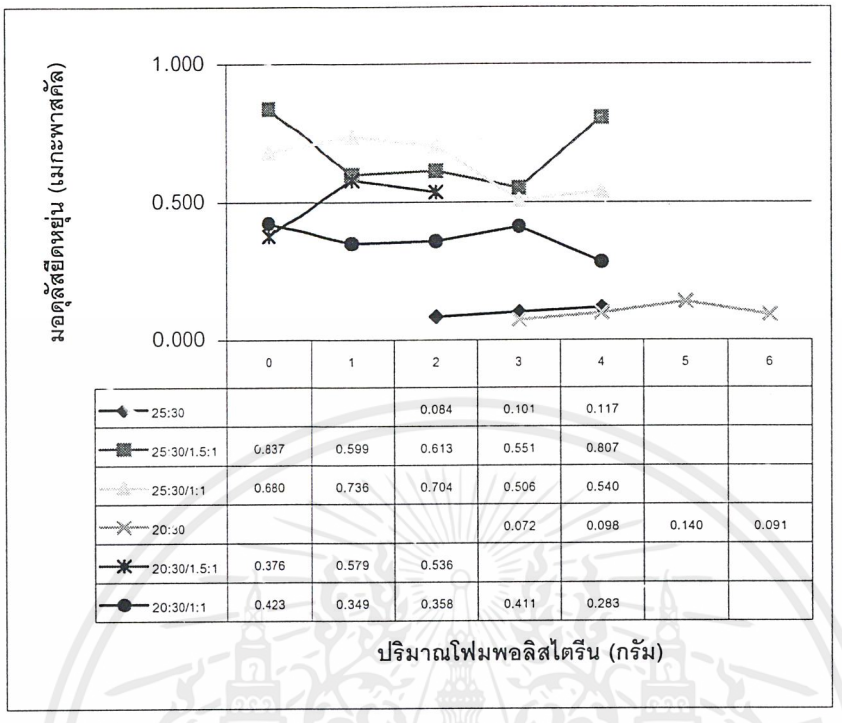
รูปที่ 4.20 แสดงค่าความหนาแน่นหลังอบ (กรัม/ลบ.ซม.) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากันคือ 30 กรัม โดยมีปริมาณชานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม

จากรูปที่ 4.20 พบว่าความหนาแน่นของแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารพอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติดนั้นมีค่าต่ำกว่า เนื่องมาจากสารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีมวลโมเลกุลที่สูงกว่าสารพอลิไวนิลอะซีเตต ทำให้มีน้ำหนักโดยเฉลี่ยต่อปริมาตรของแผ่นกระดานอัดมีสูงกว่าแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารพอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติด ส่งผลให้ความหนาแน่นมีค่าสูงกว่านั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล

4.3.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น



	0	1	2	3	4	5	6
25:30			0.084	0.101	0.117		
25:30/1.5:1	0.837	0.599	0.613	0.551	0.807		
25:30/1:1	0.680	0.736	0.704	0.506	0.540		
20:30				0.072	0.098	0.140	0.091
20:30/1.5:1	0.376	0.579	0.536				
20:30/1:1	0.423	0.349	0.358	0.411	0.283		

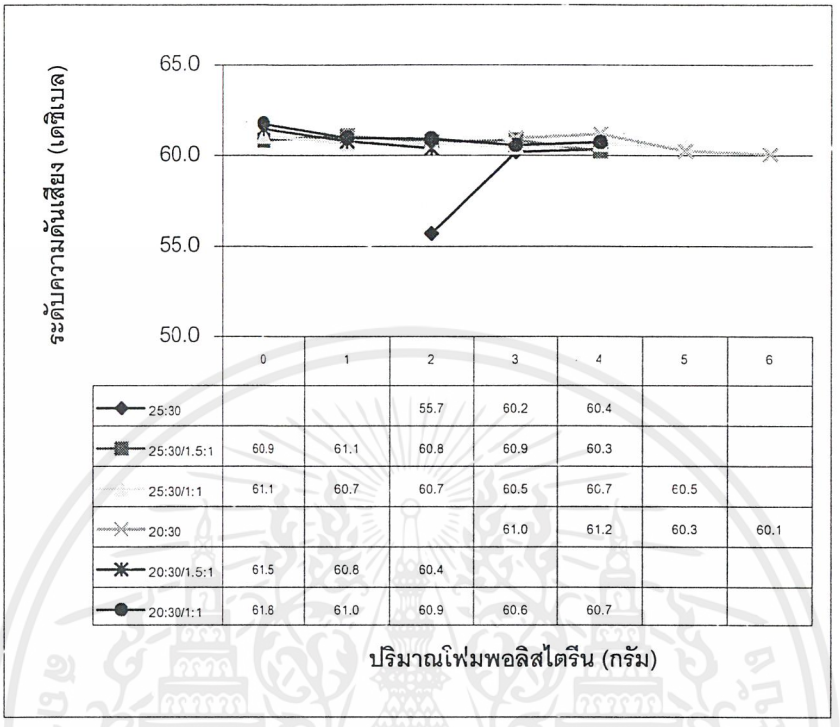
รูปที่ 4.21 แสดงค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล) กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิลอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากันคือ 30 กรัม โดยมีปริมาณชานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม

จากรูปที่ 4.21 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารยึดติดพอลิไวนิลอะซีเตต กับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่าค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารพอลิไวนิลอะซีเตต เป็นสารยึดติดนั้นมีค่าต่ำกว่าแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด เนื่องมาจากสารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสมบัติการเชื่อมโยงพันธะแบบร่างแห ทำให้มีความแข็งแรงกว่าการเชื่อมโยงพันธะของสารพอลิไวนิลอะซีเตต ซึ่งอาศัยความมีขั้วในการยึดติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 การศึกษาสมบัติการดูดซึมเสียง

4.3.3.1 ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต (ระดับความดันเสียงเป็น 65 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง)



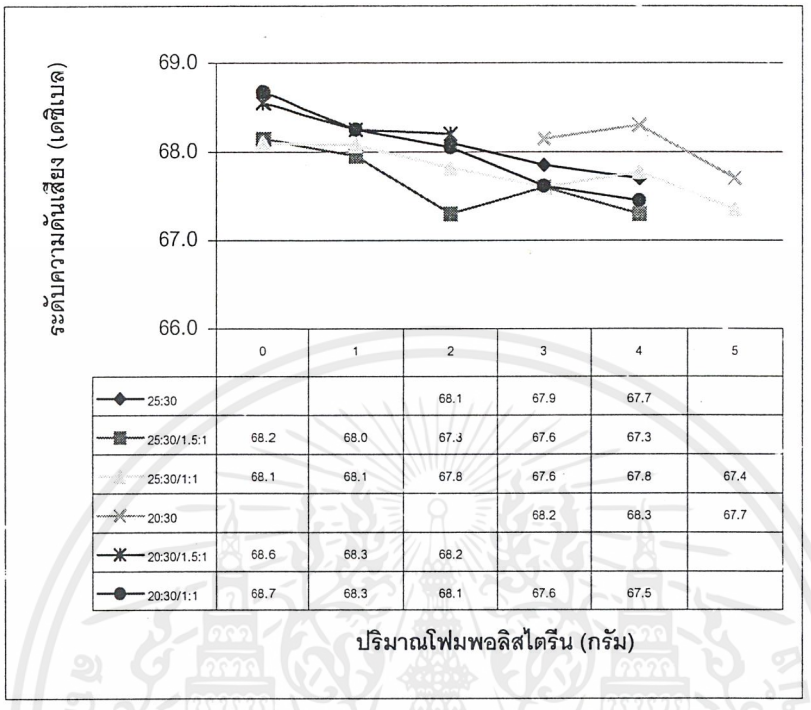
	0	1	2	3	4	5	6
25:30			55.7	60.2	60.4		
25:30/1.5:1	60.9	61.1	60.8	60.9	60.3		
25:30/1:1	61.1	60.7	60.7	60.5	60.7	60.5	
20:30				61.0	61.2	60.3	60.1
20:30/1.5:1	61.5	60.8	60.4				
20:30/1:1	61.8	61.0	60.9	60.6	60.7		

รูปที่ 4.22 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 250 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากันคือ 30 กรัม โดยมีปริมาณซานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม

จากรูปที่ 4.22 เมื่อเปรียบเทียบระดับความดันเสียงระหว่างแผ่นกระดานอัด ที่ใช้สารยึดติดพอลิไวนิลอะซีเตต กับ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่าระดับความดันเสียงของแผ่นกระดานอัดที่ใช้พอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติด สามารวัดค่าได้ใกล้เคียงกับแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด ซึ่งค่าที่วัดได้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของค่าได้ที่ชัดเจนได้โดยนัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.2 **ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต** (ระดับความดันเสียงเป็น 71.7 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง)



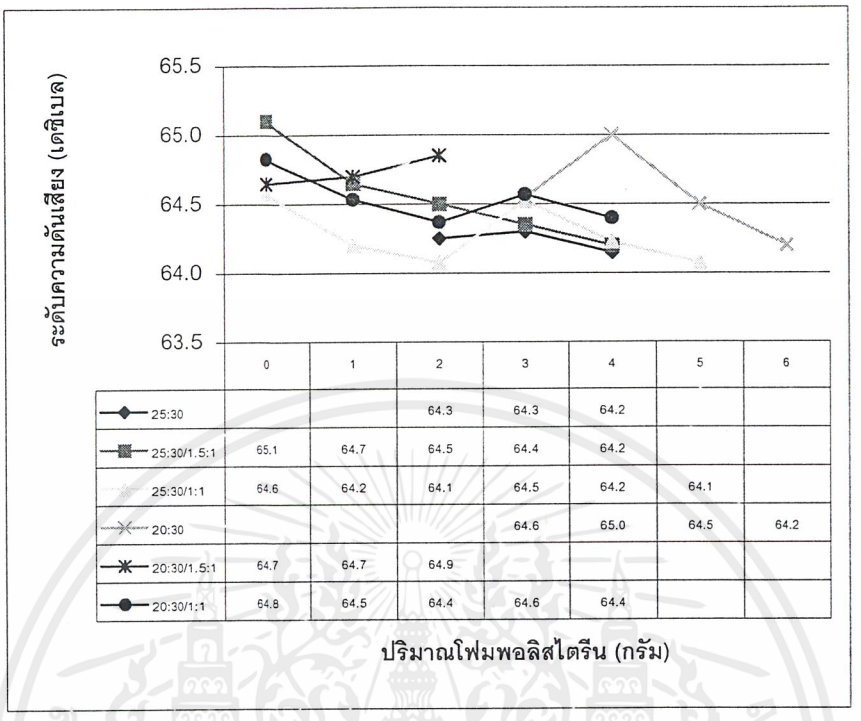
	0	1	2	3	4	5
25:30			68.1	67.9	67.7	
25:30/1.5:1	68.2	68.0	67.3	67.6	67.3	
25:30/1:1	68.1	68.1	67.8	67.6	67.8	67.4
20:30				68.2	68.3	67.7
20:30/1.5:1	68.6	68.3	68.2			
20:30/1:1	68.7	68.3	68.1	67.6	67.5	

รูปที่ 4.23 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 500 เฮิร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากันคือ 30 กรัม โดยมีปริมาณซานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม

จากรูปที่ 4.23 เมื่อเปรียบเทียบระดับความดันเสียงระหว่างแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารยึดติดพอลิไวนิลอะซีเตต กับ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ความถี่ 500 เฮิร์ต พบว่าระดับความดันเสียงของแผ่นกระดานอัดที่ใช้พอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติด มีค่าสูงกว่าของแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด แต่มีแนวโน้นของระดับความดันเสียงที่ลดลงเหมือนกันเมื่อเพิ่มปริมาณของโฟมพอลิสไตรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.3 **ระดับความดันเสียงที่ความถี่คงที่ 1000 เฮิร์ต** (ระดับความดันเสียงเป็น 69.0 เดซิเบล เมื่อไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง)



	0	1	2	3	4	5	6
25:30			64.3	64.3	64.2		
25:30/1.5:1	65.1	64.7	64.5	64.4	64.2		
25:30/1:1	64.6	64.2	64.1	64.5	64.2	64.1	
20:30				64.6	65.0	64.5	64.2
20:30/1.5:1	64.7	64.7	64.9				
20:30/1:1	64.8	64.5	64.4	64.6	64.4		

รูปที่ 4.24 แสดงค่าระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ที่ความถี่คงที่ 1000 เฮร์ต กับปริมาณโฟมพอลิสไตรีน (กรัม) ของแผ่นกระดานอัดเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ 1.5:1 และ 1:1 ในปริมาณที่เท่ากันคือ 30 กรัม โดยมีปริมาณซานอ้อยที่ 20 และ 25 กรัม

จากรูปที่ 4.24 เมื่อเปรียบเทียบระดับความดันเสียงที่ความถี่ 1000 เฮิร์ต ของแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารยึดติดต่างชนิดกันคือ สารพอลิไวนิลอะซีเตต และสารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่าระดับความดันเสียงที่วัดได้จากแผ่นกระดานอัดที่ใช้สารพอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติดมีค่าต่ำกว่าเพียงเล็กน้อยจนไม่สามารถแยกได้โดยนัย แต่มีแนวโน้มของระดับเสียงต่ำลงเหมือนเช่นเดียวกับแผ่นกระดานอัดที่ใช้ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด เมื่อเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัย

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการเตรียมแผ่นกระดานอัดดูดซึมเสียง โดยนำเส้นใยอ้อยซึ่งเป็นกากเหลือจากการผลิตน้ำตาล มาบดแล้วคัดขนาด 20 เมชโดยใช้ปริมาณ 15 20 และ 25 กรัม มาผสมกับโฟมพอลิสไตรีนในปริมาณ 0 1 2 3 4 5 และ 6 กรัม โดยใช้พอลิไวนิลอะซีเตตหรือยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติดในปริมาณ 20 กรัม และ 30 กรัม สำหรับการใช้ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์อัตราส่วนการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำเท่ากับ 1.5:1 และ 1:1 โดยน้ำหนัก จากนั้นจึงนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องกดอัดร้อน และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติดูดซึมเสียง

จากการทดสอบสมบัติต่าง ๆ สามารถสรุปได้ว่า เมื่อปริมาณชานอ้อยเพิ่มขึ้นมีผลให้สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และการดูดซึมเสียงสูงขึ้น ส่วนปริมาณสารยึดติดและอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำ ที่เพิ่มขึ้น จะมีผลให้ความหนาแน่น สมบัติเชิงกล และสมบัติการดูดซึมเสียงสูงขึ้น แต่ความชื้นลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำในอัตราส่วนผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำที่ 1:1 มีมากกว่าในอัตราส่วนผสม 1.5:1 เมื่อเทียบที่น้ำหนักรวมหลังผสมเท่ากัน การเพิ่มปริมาณโฟมพอลิสไตรีนจะทำให้การดูดซึมเสียงดีขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิลอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่ายูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสมบัติเชิงกลที่สูงกว่าพอลิไวนิลอะซีเตต เนื่องจากยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีการเชื่อมโยงสายโซ่เป็นแบบร่างแหจึงมีความแข็งแรงสูงกว่าของพอลิไวนิลอะซีเตตที่อาศัยความเป็นขั้วในการยึดติด และดูดซึมเสียงได้ดีกว่าด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในกระบวนการผสมก่อนการกดอัดขึ้นรูป ควรให้องค์ประกอบต่างๆ มีการกระจายตัวสม่ำเสมอ เพื่อ ลดค่าความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นได้จากการทดสอบ
2. ต้องมีการปรับปรุงวิธีการทดสอบสมบัติการดูดซึมเสียง เนื่องจากวิธีที่ทดลองในครั้งนี้ยังให้ผลที่ไม่แน่ชัดนัก อีกทั้งเป็นการทดสอบสมบัติการดูดซึมเสียงในเชิงการผ่านของเสียง ไม่มีการทดสอบสมบัติการดูดซึมเสียงในเชิงการสะท้อนกลับของเสียง ทำให้ผลที่ได้ไม่สมบูรณ์นัก
3. ควรผลิตแผ่นกระดานอัดที่มีพื้นที่หน้าตัดมากขึ้น เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการทดสอบให้มากขึ้นทั้งนี้เนื่องมาจาก หากแผ่นกระดานอัดที่มีพื้นที่หน้าตัดขนาดเล็ก จะทำให้เกิดการเลี้ยวเบนของเสียงเข้าเครื่องวัดระดับความดันเสียงได้ แต่หากพื้นที่หน้าตัดมีขนาดใหญ่ขึ้น ปัญหาตรงจุดนี้ก็จะหมดไป
4. ควรมีการวัดความสามารถการดูดซึมเสียงจากโฟมเท่านั้น
5. ควรหาวิธีลดปริมาณความชื้นของแผ่นกระดานอัด
6. ควรเติมสารป้องกันเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 การนำไปใช้ประโยชน์

1. นำไปใช้ตกแต่งฝาผนังห้องหรือเพดาน เพื่อลดระดับความดันเสียงที่จะทะลุผ่านออกไปสู่ภายนอกได้
2. สามารถใช้เป็นวัสดุกึ่งกันกระแทกได้ เนื่องจากแผ่นกระดานอัดนี้มีส่วนประกอบของโฟมพอลิสไตรีนที่เป็นวัสดุกันกระแทกอยู่ด้วย
3. สามารถใช้เป็นวัสดุกึ่งฉนวนความร้อนได้ เนื่องจากผลของปริมาณโฟมพอลิสไตรีน และมีความทนทานที่ดีระดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 แสดงค่าความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมีพอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติด

สูตร	หนา mm					กว้าง cm		ยาว Cm		พื้นที่	ปริมาตร
(PS:B:PVAc)	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	1	2	cm2	cm3
0:30:40	6.89	6.91	6.59	6.70	6.77	11.90	11.97	11.92	11.97	142.59	96.57
0:30:30	6.44	6.37	6.46	6.40	6.42	11.88	11.91	11.95	11.99	142.39	91.38
2:25:30	6.61	6.30	6.39	6.78	6.52	11.90	11.90	11.97	11.95	142.35	92.81
3:25:30	6.26	6.23	6.38	6.20	6.27	11.94	11.90	11.95	11.93	142.35	89.22
4:25:30	6.41	6.30	6.28	6.43	6.36	12.00	11.90	11.88	11.92	142.22	90.38
2:25:20	6.21	6.30	6.20	6.20	6.23	11.97	11.98	11.93	12.03	143.46	89.34
3:25:20	6.06	6.23	6.00	6.25	6.14	11.91	11.90	11.98	11.91	142.22	87.25
4:25:20	6.18	6.05	6.32	6.57	6.28	11.98	11.93	11.94	12.03	143.24	89.96
5:25:20	6.22	6.31	6.38	6.13	6.26	11.82	11.98	11.95	11.97	142.36	89.12
3:20:30	6.19	6.35	6.30	6.73	6.39	11.96	11.88	11.94	11.96	142.43	91.05
4:20:30	6.03	6.11	6.24	6.32	6.18	11.92	11.98	11.90	11.94	142.40	87.93
5:20:30	6.12	6.18	6.07	6.07	6.11	11.93	11.96	11.87	11.90	141.95	86.73
6:20:30	6.47	6.27	6.35	6.68	6.44	12.00	11.94	12.00	11.90	143.04	92.15
3:20:20	6.09	6.12	6.27	6.60	6.27	11.99	11.84	11.95	11.95	142.43	89.30
4:20:20	6.27	6.29	6.28	6.18	6.26	11.88	11.95	11.87	11.92	141.68	88.62
5:20:20	6.48	6.19	6.42	6.44	6.38	11.83	11.81	11.83	11.98	140.74	89.83
6:20:20	6.20	6.09	6.32	6.03	6.16	11.88	11.92	11.96	11.91	142.03	87.49

ตารางที่ 2 แสดงความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร	หนา mm					กว้าง cm		ยาว Cm		พื้นที่	ปริมาตร
(PS:B:UF/UF:H_2O)	1	2	3	4	เฉลี่ย	1	2	1	2	cm2	cm3
0:25:30/1.5:1	5.74	5.67	5.72	5.84	5.74	11.62	11.77	11.60	11.66	136.00	78.10
1:25:30/1.5:1	5.60	5.79	5.62	5.63	5.66	11.68	11.76	11.75	11.79	137.96	78.08
2:25:30/1.5:1	5.73	5.64	5.73	5.72	5.71	11.75	11.67	11.80	11.71	137.59	78.50
3:25:30/1.5:1	6.03	5.86	6.02	5.88	5.95	11.81	11.76	11.80	11.83	139.25	82.82
4:25:30/1.5:1	5.94	5.82	5.83	5.94	5.88	11.71	11.84	11.71	11.78	138.27	81.34
0:20:30/1.5:1	5.47	5.55	5.61	5.62	5.56	11.67	11.71	11.62	11.66	136.08	75.70
1:20:30/1.5:1	5.43	5.43	5.67	5.55	5.52	11.65	11.63	11.62	11.69	135.68	74.89
2:20:30/1.5:1	5.50	5.54	5.53	5.61	5.55	11.64	11.70	11.55	11.60	135.12	74.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF/UF:H_2O)	หนา mm						กว้าง cm		ยาว cm		พื้นที่ cm^2		ปริมาตร cm^3	
	1	2	3	4	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	1	2	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม
0:25:30/1:1	5.50	5.51	5.51	5.54	5.52		11.69	11.67	11.63	11.74	136.43		75.24	
0:25:30/1:1	5.60	5.55	5.68	5.63	5.62	5.57	11.70	11.66	11.79	11.68	137.04	136.74	76.95	76.10
1:25:30/1:1	5.80	5.68	5.95	5.85	5.82		11.77	11.84	11.88	11.88	140.24		81.62	
1:25:30/1:1	5.58	5.52	5.64	5.55	5.57	5.70	11.60	11.54	11.67	11.58	134.48	137.36	74.94	78.28
2:25:30/1:1	6.00	5.90	5.93	5.86	5.92		11.68	11.83	11.80	11.92	139.41		82.57	
2:25:30/1:1	5.82	5.79	5.65	5.83	5.77	5.85	11.64	11.72	11.73	11.70	136.78	138.10	78.96	80.76
3:25:30/1:1	6.12	6.04	6.05	6.00	6.05		11.96	11.86	11.84	11.84	141.01		85.35	
3:25:30/1:1	6.04	6.08	6.14	6.10	6.09	6.07	11.75	11.80	11.78	11.72	138.33	139.67	84.24	84.80
4:25:30/1:1	6.16	6.18	6.10	6.22	6.17		11.93	11.83	11.82	11.84	140.55		86.65	
4:25:30/1:1	6.01	6.02	6.12	6.18	6.08	6.12	11.74	11.70	11.79	11.79	138.17	139.36	84.04	85.35
5:25:30/1:1	6.31	6.50	6.30	6.41	6.38		11.83	11.88	11.86	11.78	140.13		89.40	
5:25:30/1:1	6.33	6.27	6.23	6.47	6.33	6.35	11.78	11.70	11.84	11.73	138.38	139.25	87.53	88.46
0:20:30/1:1	5.48	5.51	5.58	5.22	5.45		11.80	11.71	11.68	11.73	137.60		74.96	
0:20:30/1:1	5.59	5.55	5.85	5.58	5.64	5.55	11.60	11.68	11.76	11.57	135.79	136.70	76.62	75.79
1:20:30/1:1	5.70	5.88	5.73	5.84	5.79		11.77	11.76	11.72	11.77	138.17		79.96	
1:20:30/1:1	5.65	5.58	5.53	5.51	5.57		11.79	11.84	11.83	11.88	140.09		78.00	
1:20:30/1:1	6.07	6.16	6.26	6.12	6.15	5.84	11.82	11.89	11.88	11.82	140.46	139.57	86.42	81.46
2:20:30/1:1	5.84	5.79	5.88	5.91	5.86		11.73	11.70	11.73	11.67	137.03		80.23	
2:20:30/1:1	5.62	5.67	5.58	5.61	5.62		11.80	11.90	11.76	11.77	139.38		78.33	
2:20:30/1:1	5.85	5.71	6.01	5.87	5.86	5.78	11.72	11.76	11.70	11.80	137.92	138.11	80.82	79.79
3:20:30/1:1	5.86	5.90	5.96	5.97	5.92		11.68	11.75	11.76	11.71	137.43		81.39	
3:20:30/1:1	5.98	5.99	6.06	6.15	6.05		11.88	11.74	11.72	11.74	138.52		83.73	
3:20:30/1:1	6.12	5.98	6.24	6.04	6.10	6.02	11.73	11.74	11.79	11.72	137.94	137.96	84.08	83.07
4:20:30/1:1	6.30	6.37	6.20	6.74	6.40		11.67	11.76	11.75	11.70	137.36		87.94	
4:20:30/1:1	6.04	6.25	6.21	6.03	6.13		11.72	11.73	11.68	11.74	137.29		84.19	
4:20:30/1:1	6.30	6.52	6.27	6.68	6.44	6.33	11.85	11.82	11.78	11.83	139.71	138.12	90.01	87.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF/UF:H_2O)	หนา mm						กว้าง cm		ยาว cm		พื้นที่ cm^2		ปริมาตร cm^3	
	1	2	3	4	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	1	2	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม
0:15:30/1:1	5.30	5.21	5.47	5.41	5.35		11.70	11.62	11.58	11.52	134.66		72.01	
0:15:30/1:1	5.75	5.73	5.65	5.62	5.69		11.82	11.89	11.85	11.78	140.05		79.66	
0:15:30/1:1	5.34	5.38	5.49	5.87	5.52		11.64	11.67	11.69	11.60	135.72		74.92	
0:15:30/1:1	5.61	5.51	5.50	5.55	5.54	5.52	11.77	11.62	11.64	11.70	136.41	136.71	75.61	75.55
1:15:30/1:1	5.54	5.65	5.61	5.64	5.61		11.76	11.62	11.71	11.67	136.62		76.64	
1:15:30/1:1	5.76	5.77	5.88	5.78	5.80		11.86	11.90	11.83	11.78	140.29		81.33	
1:15:30/1:1	5.59	5.62	5.66	5.65	5.63		11.68	11.75	11.70	11.67	136.89		77.07	
1:15:30/1:1	5.72	5.66	5.82	5.61	5.70	5.69	11.64	11.63	11.77	11.68	136.35	137.54	77.75	78.20
2:15:30/1:1	5.85	5.94	5.85	5.94	5.90		11.75	11.83	11.82	11.84	139.55		82.26	
2:15:30/1:1	5.78	5.90	5.94	5.82	5.86		11.64	11.64	11.66	11.62	135.43		79.36	
2:15:30/1:1	5.70	5.74	5.76	5.81	5.75		11.65	11.59	11.74	11.67	135.98		78.22	
2:15:30/1:1	5.83	5.79	5.60	5.68	5.73	5.81	11.68	11.61	11.56	11.60	134.83	136.45	77.19	79.26
3:15:30/1:1	6.20	6.18	6.02	5.92	6.08		11.66	11.78	11.72	11.62	136.70		83.11	
3:15:30/1:1	5.87	5.86	6.04	5.90	5.92		11.66	11.61	11.57	11.65	135.07		79.93	
3:15:30/1:1	5.85	5.95	5.93	5.90	5.91		11.65	11.53	11.58	11.63	134.50		79.46	
3:15:30/1:1	6.16	6.20	6.25	6.27	6.22	6.03	11.83	11.89	11.89	11.83	140.61	136.72	87.46	82.49
4:15:30/1:1	6.10	6.15	6.19	6.15	6.15		11.59	11.74	11.70	11.53	135.47		83.28	
4:15:30/1:1	6.38	6.29	6.27	6.38	6.33		11.74	11.62	11.78	11.70	137.13		86.81	
4:15:30/1:1	6.15	6.02	6.02	6.07	6.07		11.65	11.66	11.65	11.68	136.01		82.49	
4:15:30/1:1	6.23	6.24	6.30	6.35	6.28	6.21	11.73	11.65	11.59	11.66	135.83	136.11	85.30	84.47
0:15:20/1:1	5.54	5.58	5.52	5.58	5.56		11.78	11.76	11.78	11.73	138.39		76.88	
0:15:20/1:1	5.60	5.59	5.51	5.60	5.58		11.85	11.86	11.79	11.69	139.15		77.58	
0:15:20/1:1	5.62	5.75	5.62	5.71	5.68		11.76	11.71	11.66	11.79	137.55		78.06	
0:15:20/1:1	5.61	5.64	5.74	5.62	5.65	5.61	11.81	11.73	11.72	11.74	138.07	138.29	78.05	77.64
1:15:20/1:1	5.72	5.55	5.79	5.75	5.70		11.80	11.75	11.87	11.83	139.55		79.58	
1:15:20/1:1	5.62	5.52	5.67	5.62	5.61		11.73	11.71	11.78	11.76	137.98		77.37	
1:15:20/1:1	5.74	5.49	5.68	5.68	5.65		11.85	11.80	11.76	11.76	139.07		78.54	
1:15:20/1:1	5.67	5.62	5.65	5.66	5.65	5.65	11.76	11.81	11.78	11.74	138.64	138.81	78.33	78.46
2:15:20/1:1	5.83	5.73	5.70	5.61	5.72		11.75	11.66	11.80	11.71	137.56		78.65	
2:15:20/1:1	5.82	5.65	5.71	5.60	5.70		11.74	11.75	11.77	11.71	137.89		78.53	
2:15:20/1:1	5.65	5.64	5.78	5.71	5.70		11.66	11.76	11.72	11.82	137.85		78.51	
2:15:20/1:1	5.82	5.75	5.76	5.76	5.77	5.72	11.78	11.73	11.75	11.73	137.97	137.82	79.64	78.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงความหนา พื้นที่ และปริมาตรของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF/UF:H_2O)	หนา mm						กว้าง cm		ยาว cm		พื้นที่ cm^2		ปริมาตร cm^3	
	1	2	3	4	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	1	2	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม
3:15:20/1:1	5.87	5.92	5.98	5.99	5.94		11.74	11.79	11.79	11.78	138.57		82.31	
3:15:20/1:1	5.85	5.90	5.94	5.83	5.88		11.80	11.77	11.70	11.75	138.16		81.24	
3:15:20/1:1	5.82	5.78	5.95	5.85	5.85		11.72	11.78	11.75	11.81	138.43		80.98	
3:15:20/1:1	5.90	5.93	6.02	6.01	5.97	5.91	11.77	11.83	11.76	11.77	138.83	138.49	82.81	81.83
4:15:20/1:1	5.86	6.04	6.14	6.16	6.05		11.70	11.67	11.72	11.66	136.57		82.63	
4:15:20/1:1	6.27	6.29	6.25	6.24	6.26		11.70	11.85	11.79	11.68	138.16		86.52	
4:15:20/1:1	6.58	6.23	6.20	6.26	6.32		11.65	11.80	11.70	11.80	137.75		87.02	
4:15:20/1:1	6.29	6.18	6.08	6.21	6.19	6.21	11.75	11.77	11.77	11.73	138.13	137.65	85.50	85.42

ตารางที่ 3 แสดงค่าน้ำหนักก่อนอบ น้ำหนักหลังอบ ความชื้น และความหนาแน่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมีพอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:PVAc)	น้ำหนัก g		ปริมาตร cm^3	ความชื้น	ความหนาแน่น
	ก่อนอบ	หลังอบ	ต่อแผ่น	%	g/cm^3
0:30:40	34.22	31.24	96.57	9.54	0.32
0:30:30	37.37	34.15	91.38	9.43	0.37
2:25:30	30.12	27.70	92.81	8.74	0.30
3:25:30	30.97	28.58	89.22	8.36	0.32
4:25:30	32.58	30.05	90.38	8.42	0.33
2:25:20	30.38	27.12	89.34	12.02	0.30
3:25:20	28.72	23.21	87.25	23.74	0.27
4:25:20	36.11	28.02	89.96	28.87	0.31
5:25:20	31.98	27.56	89.12	16.04	0.31
3:20:30	28.53	25.35	91.05	12.54	0.28
4:20:30	27.73	25.74	87.93	7.73	0.29
5:20:30	28.14	26.17	86.73	7.53	0.30
6:20:30	28.89	26.87	92.15	7.52	0.29
3:20:20	25.47	22.94	89.30	11.03	0.26
4:20:20	25.21	23.19	88.62	8.71	0.26
5:20:20	27.09	25.04	89.83	8.19	0.28
6:20:20	28.92	25.02	87.49	15.59	0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงค่าน้ำหนักก่อนอบ น้ำหนักหลังอบ ความชื้น และความหนาแน่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร	น้ำหนัก g		ปริมาตร cm^3	ความชื้น	ความหนาแน่น
(PS:B:UF/UF:H_2O)	ก่อนอบ	หลังอบ	ต่อแผ่น	%	g/cm^3
0:25:30/1.5:1	45.88	37.92	78.10	20.99	0.49
1:25:30/1.5:1	47.53	38.36	78.08	23.91	0.49
2:25:30/1.5:1	48.95	39.56	78.50	23.74	0.50
3:25:30/1.5:1	49.70	40.35	82.82	23.17	0.49
4:25:30/1.5:1	49.90	40.32	81.34	23.76	0.50
0:20:30/1.5:1	40.61	33.62	75.70	20.79	0.44
1:20:30/1.5:1	44.71	34.72	74.89	28.77	0.46
2:20:30/1.5:1	46.30	35.49	74.92	30.46	0.47

ตารางที่ 4 (ต่อ) แสดงค่าน้ำหนักก่อนอบ น้ำหนักหลังอบ ความชื้น และความหนาแน่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร	น้ำหนัก g		ปริมาตร cm^3	ความชื้น %		ความหนาแน่น	g/cm^3
(PS:B:UF/UF:H_2O)	ก่อนอบ	หลังอบ	ต่อแผ่น	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม
0:25:30/1:1	45.07	35.51	75.24	26.92		0.47	
0:25:30/1:1	43.04	34.61	76.95	24.36	25.64	0.45	0.46
1:25:30/1:1	48.42	36.02	81.62	34.43		0.44	
1:25:30/1:1	35.82	31.74	74.94	12.85	23.64	0.42	0.43
2:25:30/1:1	49.64	36.68	82.57	35.33		0.44	
2:25:30/1:1	48.17	37.56	78.96	28.25	31.79	0.48	0.46
3:25:30/1:1	49.73	36.54	85.35	36.10		0.43	
3:25:30/1:1	48.70	36.18	84.24	34.60	35.35	0.43	0.43
4:25:30/1:1	49.76	36.90	86.65	34.85		0.43	
4:25:30/1:1	47.82	37.41	84.04	27.83	31.34	0.45	0.44
5:25:30/1:1	47.65	35.62	89.40	33.77		0.40	
5:25:30/1:1	42.38	36.04	87.53	17.59	25.68	0.41	0.41
0:20:30/1:1	41.20	32.90	74.96	25.23		0.44	
0:20:30/1:1	39.93	31.86	76.62	25.33	25.28	0.42	0.43
1:20:30/1:1	39.67	35.66	79.96	11.25		0.45	
1:20:30/1:1	43.68	32.81	78.00	33.13		0.42	
1:20:30/1:1	35.26	31.01	86.42	13.71	19.36	0.36	0.41
2:20:30/1:1	38.65	33.18	80.23	16.49		0.41	
2:20:30/1:1	44.78	34.03	78.33	31.59		0.43	
2:20:30/1:1	37.32	32.96	80.82	13.23	20.43	0.41	0.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 (ต่อ) แสดงค่าน้ำหนักก่อนอบ น้ำหนักหลังอบ ความชื้น และความหนาแน่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร	น้ำหนัก g		ปริมาตร cm^3	ความชื้น %		ความหนาแน่น	g/cm^3
(PS:B:UF/UF:H_2O)	ก่อนอบ	หลังอบ	ต่อแผ่น	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม
3:20:30/1:1	39.36	34.50	81.39	14.09		0.42	
3:20:30/1:1	36.80	32.45	83.73	13.41		0.39	
3:20:30/1:1	36.79	32.73	84.08	12.40	13.30	0.39	0.40
4:20:30/1:1	40.25	35.38	87.94	13.76		0.40	
4:20:30/1:1	37.17	33.15	84.19	12.13		0.39	
4:20:30/1:1	36.99	32.59	90.01	13.50	13.13	0.36	0.39
0:15:30/1:1	30.08	26.43	72.01	13.81		0.37	
0:15:30/1:1	30.40	26.61	79.66	14.24		0.33	
0:15:30/1:1	30.04	26.29	74.92	14.26		0.35	
0:15:30/1:1	30.27	26.45	75.61	14.44	14.19	0.35	0.35
1:15:30/1:1	31.54	27.31	76.64	15.49		0.36	
1:15:30/1:1	32.24	28.00	81.33	15.14		0.34	
1:15:30/1:1	31.36	27.19	77.07	15.34		0.35	
1:15:30/1:1	32.22	27.89	77.75	15.53	15.37	0.36	0.35
2:15:30/1:1	32.32	28.14	82.26	14.85		0.34	
2:15:30/1:1	33.07	28.65	79.36	15.43		0.36	
2:15:30/1:1	34.28	29.69	78.22	15.46		0.38	
2:15:30/1:1	32.23	27.99	77.19	15.15	15.22	0.36	0.36
3:15:30/1:1	31.60	21.30	83.11	48.36		0.26	
3:15:30/1:1	32.60	18.81	79.93	73.31		0.24	
3:15:30/1:1	33.14	20.32	79.46	63.09		0.26	
3:15:30/1:1	32.22	20.22	87.46	59.35	61.03	0.23	0.24
4:15:30/1:1	33.18	22.13	83.28	49.93		0.27	
4:15:30/1:1	32.79	21.85	86.81	50.07		0.25	
4:15:30/1:1	32.95	21.29	82.49	54.77		0.26	
4:15:30/1:1	33.27	22.42	85.30	48.39	50.79	0.26	0.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 (ต่อ) แสดงค่าน้ำหนักก่อนอบ น้ำหนักหลังอบ ความชื้น และความหนาแน่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร	น้ำหนัก g		ปริมาตร cm^3	ความชื้น %		ความหนาแน่น g/cm^3	
(PS:B:UF/UF:H_2O)	ก่อนอบ	หลังอบ	ต่อแผ่น	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม	ต่อแผ่น	เฉลี่ยรวม
0:15:20/1:1	24.90	22.16	76.88	12.36		0.29	
0:15:20/1:1	24.97	22.03	77.58	13.35		0.28	
0:15:20/1:1	24.88	21.93	78.06	13.45		0.28	
0:15:20/1:1	25.51	22.48	78.05	13.48	13.16	0.29	0.29
1:15:20/1:1	26.40	18.13	79.58	45.62		0.23	
1:15:20/1:1	26.03	17.62	77.37	47.73		0.23	
1:15:20/1:1	25.72	17.46	78.54	47.31		0.22	
1:15:20/1:1	26.26	15.10	78.33	73.91	53.64	0.19	0.22
2:15:20/1:1	27.10	15.89	78.65	70.55		0.20	
2:15:20/1:1	26.66	18.64	78.53	43.03		0.24	
2:15:20/1:1	27.16	18.13	78.51	49.81		0.23	
2:15:20/1:1	26.24	15.17	79.64	72.97	59.09	0.19	0.22
3:15:20/1:1	26.68	16.74	82.31	59.38		0.20	
3:15:20/1:1	27.43	17.31	81.24	58.46		0.21	
3:15:20/1:1	27.88	18.92	80.98	47.36		0.23	
3:15:20/1:1	28.18	16.24	82.81	73.52	59.68	0.20	0.21
4:15:20/1:1	27.62	23.78	82.63	16.15		0.29	
4:15:20/1:1	28.85	24.32	86.52	18.63		0.28	
4:15:20/1:1	28.58	24.26	87.02	17.81		0.28	
4:15:20/1:1	27.99	24.39	85.50	14.76	16.84	0.29	0.28

ตารางที่ 5 แสดงค่าแรงกดสูงสุด มอดุลัสแตกร้าว และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมีพอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติด

สูตร	ความกว้าง	ความหนา	แรงกดสูงสุด	Rt 5%	Rt 10%	มอดุลัสแตกร้าว	เฉลี่ยรวม	มอดุลัสยืดหยุ่น	เฉลี่ยรวม
(PS:B:PVAc)	(mm)	(mm)	N	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)
0:30:40	30.00	6.74	16.58	0.0399	0.0706	1.277		0.057	
	31.74	6.58	10.94	0.0243	0.0432	0.836		0.036	
	30.60	6.72	14.27	0.0413	0.0685	1.084	1.066	0.050	0.048
0:30:30	30.30	6.33	28.79	0.0477	0.1048	2.490		0.127	
	30.93	6.42	30.71	0.0517	0.1072	2.529		0.116	
	29.17	6.34	23.92	0.0502	0.1014	2.142	2.387	0.118	0.121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 (ต่อ) แสดงค่าแรงกดสูงสุด มอดุลัสแตกร้าว และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมีพอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:PVAc)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	แรงกดสูงสุด N	Rt 5% (N/mm^2)	Rt 10% (N/mm^2)	มอดุลัสแตกร้าว (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
2:25:30	30.61	6.42	20.56	0.0386	0.0766	1.711		0.080	
	30.62	6.39	22.16	0.0450	0.0867	1.861		0.090	
	30.41	6.43	21.92	0.0461	0.0849	1.831	1.801	0.082	0.084
3:25:30	30.69	6.24	20.72	0.0483	0.0878	1.821		0.091	
	30.28	6.21	23.17	0.0497	0.0973	2.083		0.113	
	30.23	6.30	21.74	0.0455	0.0894	1.903	1.936	0.100	0.101
4:25:30	30.54	6.17	23.22	0.0463	0.0945	2.097		0.116	
	30.25	6.34	26.55	0.0567	0.1093	2.293		0.117	
	30.29	6.41	28.25	0.0602	0.1156	2.383	2.258	0.119	0.117
2:25:20	30.97	6.17	16.16	0.0321	0.0649	1.439		0.077	
	29.85	6.24	20.61	0.0483	0.0932	1.862		0.106	
	31.00	6.27	21.36	0.0498	0.0886	1.840	1.714	0.087	0.090
3:25:20	30.67	6.05	9.45	0.0169	0.0388	0.884		0.055	
	29.42	6.00	19.18	0.0305	0.0786	1.901		0.130	
	30.28	6.07	22.81	0.0407	0.0921	2.147	1.644	0.130	0.105
4:25:20	30.53	6.15	11.32	0.0216	0.0478	1.029		0.063	
	29.72	6.14	10.34	0.0246	0.0495	0.969		0.062	
	30.00	6.25	12.59	0.0280	0.0561	1.128	1.042	0.066	0.064
5:25:20	30.23	6.00	10.47	0.0227	0.0453	1.010		0.059	
	29.83	6.10	16.90	0.0378	0.0811	1.599		0.110	
	30.56	6.00	20.21	0.0379	0.0854	1.929	1.513	0.123	0.097
3:20:30	30.71	6.17	11.46	0.0302	0.0548	1.029		0.058	
	29.73	6.22	18.02	0.0403	0.0763	1.645		0.086	
	30.32	6.23	15.82	0.0318	0.0626	1.412	1.362	0.072	0.072
4:20:30	30.41	6.00	14.72	0.0339	0.0646	1.412		0.080	
	30.14	6.16	19.77	0.0457	0.0876	1.815		0.102	
	30.66	6.00	19.23	0.0393	0.0828	1.829	1.685	0.113	0.098
5:20:30	30.43	6.16	24.51	0.0352	0.0832	2.229		0.116	
	30.23	6.00	26.03	0.0485	0.1055	2.511		0.150	
	29.74	5.96	25.58	0.0433	0.0995	2.542	2.428	0.153	0.140
6:20:30	30.66	6.36	18.69	0.0356	0.0702	1.582		0.075	
	30.11	6.39	27.92	0.0482	0.0911	2.384		0.094	
	30.48	6.30	24.80	0.0553	0.1013	2.153	2.040	0.104	0.091

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 (ต่อ) แสดงค่าแรงกดสูงสุด มอดุลัสแตกร้าว และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมีพอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:PVAc)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	แรงกดสูงสุด N	Rt 5% (N/mm^2)	Rt 10% (N/mm^2)	มอดุลัสแตกร้าว (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
3:20:20	31.84	6.06	12.65	0.0214	0.0481	1.136		0.065	
	29.76	6.04	10.95	0.0195	0.0458	1.059		0.069	
	30.45	5.95	10.93	0.0192	0.0440	1.065	1.087	0.066	0.067
4:20:20	32.01	6.38	11.90	0.0203	0.0441	0.959		0.049	
	30.12	6.22	15.20	0.0247	0.0610	1.370		0.086	
	30.19	6.26	16.71	0.0226	0.0571	1.483	1.271	0.080	0.072
5:20:20	30.88	6.49	15.07	0.0357	0.0664	1.217		0.062	
	29.99	6.37	15.91	0.0203	0.0538	1.373		0.074	
	30.30	6.35	14.44	0.0185	0.0549	1.241	1.277	0.080	0.072
6:20:20	31.81	6.16	19.47	0.0189	0.0628	1.694		0.101	
	29.83	6.00	22.14	0.0228	0.0794	2.165		0.151	
	30.33	6.00	22.39	0.0238	0.0791	2.153	2.004	0.145	0.132

ตารางที่ 6 แสดงค่าแรงกดสูงสุด มอดุลัสแตกร้าว และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF/UF:H2O)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	แรงกดสูงสุด N	Rt 4% (N/mm^2)	Rt 7% (N/mm^2)	มอดุลัสแตกร้าว (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
0:25:30/1.5:1	29.90	5.92	25.33	0.0817	0.1391	2.538		0.264	
	30.36	5.21	65.40	0.1763	0.3340	8.333		1.050	
	28.78	5.61	69.60	0.2281	0.4409	8.068	6.313	1.197	0.837
1:25:30/1.5:1	30.12	5.81	54.67	0.1408	0.2427	5.646		0.493	
	30.02	5.77	52.77	0.1567	0.2673	5.544		0.548	
	29.07	5.68	69.84	0.1871	0.3277	7.819	6.336	0.754	0.599
2:25:30/1.5:1	30.13	5.89	63.05	0.1639	0.2919	6.334		0.594	
	29.81	5.69	61.37	0.1859	0.3126	6.67[illegible]		0.659	
	29.64	5.75	54.10	0.1952	0.3108	5.79[illegible]	6.269	0.586	0.613
3:25:30/1.5:1	30.81	6.00	53.08	0.1343	0.2378	5.02[illegible]		0.445	
	28.51	5.87	66.12	0.1653	0.2906	7.06[illegible]		0.621	
	30.20	5.90	69.09	0.1825	0.3099	6.90[illegible]	6.331	0.587	0.551
4:25:30/1.5:1	30.13	6.00	77.03	0.1569	0.3413	7.45[illegible]		0.810	
	30.00	6.00	78.05	0.1155	0.2987	7.588		0.808	
	29.07	5.89	76.16	0.2215	0.3883	7.92[illegible]	7.658	0.803	0.807

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 (ต่อ) แสดงค่าแรงกดสูงสุด มอดุลัสแตกร้าว และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF/UF:H2O)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	แรงกดสูงสุด N	Rt 4% (N/mm^2)	Rt 7% (N/mm^2)	มอดุลัสแตกร้าว (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
0:20:30/1.5:1	25.24	5.71	19.98	0.0515	0.1045	2.549		0.322	
	29.15	5.53	32.13	0.0575	0.1378	3.785		0.466	
	31.61	5.77	32.85	0.0684	0.1406	3.278	3.204	0.340	0.376
1:20:30/1.5:1	30.75	5.50	42.70	0.0699	0.1470	4.820		0.431	
	28.40	5.55	39.40	0.0925	0.1958	4.729		0.608	
	29.05	5.39	42.69	0.0983	0.2095	5.311	4.953	0.699	0.579
2:20:30/1.5:1	30.24	5.55	31.62	0.0597	0.1311	3.564		0.395	
	29.68	5.39	41.08	0.0752	0.1805	5.002		0.648	
	29.35	5.47	42.95	0.0739	0.1689	5.135	4.567	0.565	0.536
0:25:30/1:1	30.26	5.70	44.38	0.0642	0.1728	4.740		0.554	
	29.00	5.48	64.12	0.1777	0.3265	7.731		0.891	
	29.82	5.61	55.40	0.1298	0.2392	6.198	6.223	0.594	0.680
1:25:30/1:1	30.17	5.84	55.74	0.1413	0.2572	5.688		0.551	
	29.07	5.73	75.41	0.2001	0.3642	8.296		0.858	
	29.63	5.71	74.42	0.1561	0.3102	8.089	7.357	0.799	0.736
2:25:30/1:1	30.09	5.83	51.45	0.1036	0.1981	5.282		0.453	
	29.42	5.89	84.81	0.2430	0.4210	8.725		0.846	
	29.82	5.92	84.29	0.2146	0.3902	8.469	7.492	0.811	0.704
3:25:30/1:1	29.78	6.00	48.88	0.0829	0.1849	4.787		0.453	
	29.04	6.23	65.49	0.1657	0.3115	6.101		0.593	
	29.94	6.43	59.58	0.1505	0.2820	5.054	5.314	0.472	0.506
4:25:30/1:1	30.04	6.38	59.68	0.1024	0.2163	5.125		0.417	
	29.65	6.54	74.08	0.1362	0.2925	6.134		0.539	
	29.06	6.43	84.34	0.1517	0.3309	7.371	6.210	0.663	0.540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 (ต่อ) แสดงค่าแรงกดสูงสุด มอดุลัสแตกร้าว และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF/UF:H2O)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	แรงกดสูงสุด N	Rt 4% (N/mm^2)	Rt 7% (N/mm^2)	มอดุลัสแตกร้าว (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
0:20:30/1:1	30.90	5.71	26.94	0.0638	0.1453	2.808		0.306	
	29.31	5.62	27.87	0.1072	0.1684	3.161		0.336	
	28.77	5.54	50.23	0.1514	0.2589	5.973	3.981	0.628	0.423
1:20:30/1:1	30.98	5.81	40.00	0.1085	0.2052	4.016		0.455	
	29.45	5.82	38.03	0.1725	0.2140	4.003		0.204	
	29.60	5.82	35.72	0.1229	0.2019	3.741	3.920	0.387	0.349
2:20:30/1:1	29.92	6.00	31.21	0.1078	0.1623	3.042		0.241	
	30.01	5.81	42.34	0.1330	0.2223	4.389		0.434	
	29.15	6.00	42.36	0.1357	0.2239	4.238	3.890	0.400	0.358
3:20:30/1:1	29.86	5.93	47.02	0.1469	0.2360	4.702		0.409	
	29.76	6.00	49.71	0.1522	0.2506	4.872		0.438	
	29.66	6.00	41.12	0.1371	0.2237	4.044	4.539	0.386	0.411
4:20:30/1:1	29.67	6.33	29.38	0.0699	0.1263	2.595		0.214	
	29.27	6.66	53.80	0.1370	0.2397	4.351		0.339	
	29.73	6.87	57.79	0.1349	0.2348	4.324	3.757	0.296	0.283
0:15:30/1:1	30.38	5.54	16.92	0.0424	0.0722	1.905		0.165	
	29.46	5.55	13.54	0.0486	0.0785	1.567		0.170	
	28.93	5.36	12.40	0.0431	0.0731	1.567	1.680	0.192	0.176
1:15:30/1:1	30.30	5.68	23.47	0.0698	0.1153	2.521		0.234	
	29.75	5.67	23.29	0.0801	0.1256	2.557		0.240	
	28.93	5.44	26.32	0.0779	0.1361	3.228	2.769	0.357	0.277
2:15:30/1:1	30.39	6.00	16.47	0.0534	0.0847	1.581		0.136	
	28.63	5.82	23.21	0.0834	0.1369	2.513		0.271	
	29.82	5.89	33.03	0.1066	0.1732	3.352	2.482	0.312	0.240
3:15:30/1:1	31.00	6.00	21.16	0.0608	0.1066	1.991		0.196	
	28.82	5.95	31.43	0.0846	0.1561	3.234		0.337	
	29.66	6.00	34.92	0.0990	0.1804	3.434	2.886	0.363	0.298
4:15:30/1:1	30.57	6.13	27.12	0.0564	0.0989	2.479		0.173	
	29.07	6.08	24.61	0.0564	0.1044	2.405		0.210	
	30.24	6.14	41.39	0.0803	0.1466	3.812	2.899	0.271	0.218

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 (ต่อ) แสดงค่าแรงกดสูงสุด มอดุลัสแตกร้าว และมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF/UF:H2O)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	แรงกดสูงสุด N	Rt 4% (N/mm^2)	Rt 7% (N/mm^2)	มอดุลัสแตกร้าว (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)	มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2)	เฉลี่ยรวม (N/mm^2)
0:15:20/1:1	30.89	5.71	7.08	0.0237	0.0381	0.738		0.072	
	30.15	5.47	5.41	0.0162	0.0274	0.629		0.065	
	28.97	5.54	6.10	0.0171	0.0306	0.720	0.696	0.078	0.072
1:15:20/1:1	30.07	5.62	16.99	0.0421	0.0709	1.878		0.154	
	29.07	5.53	17.54	0.0471	0.0805	2.072		0.194	
	29.00	5.80	13.62	0.0416	0.0675	1.466	1.805	0.131	0.160
2:15:20/1:1	30.33	5.63	18.75	0.0404	0.0736	2.048		0.175	
	28.76	5.60	18.36	0.0509	0.0910	2.137		0.227	
	29.00	5.84	18.42	0.0517	0.0875	1.955	2.047	0.177	0.193
3:15:20/1:1	31.24	5.88	13.14	0.0351	0.0578	1.277		0.102	
	29.04	6.01	31.97	0.0805	0.1397	3.200		0.268	
	29.71	5.95	28.81	0.0543	0.1199	2.876	2.451	0.300	0.223
4:15:20/1:1	29.86	6.31	10.69	0.0227	0.0360	0.944		0.051	
	29.81	6.19	23.16	0.0467	0.0834	2.129		0.148	
	28.72	6.18	24.29	0.0600	0.1046	2.325	1.799	0.188	0.129

ตารางที่ 7 แสดงระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 และ 2000 เฮิร์ต ของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมีพอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:PVAc)	ระดับความดันเสียง (dB)											
	250 Hz (65dB)			500 Hz (71.7 dB)			1000 Hz (69.5 dB)			2000 Hz (67.9 dB)		
	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
0:30:40	50.2	61.0	55.6	67.5	68.2	67.9	64.6	63.0	63.8	63.4	63.0	63.2
0:30:30	50.0	60.5	55.3	67.1	67.6	67.4	64.7	63.0	63.9	64.1	63.3	63.7
2:25:30	50.1	61.3	55.7	68.1	68.1	68.1	65.2	63.3	64.3	64.0	63.7	63.9
3:25:30	59.2	61.2	60.2	67.2	68.5	67.9	65.0	63.6	64.3	63.8	63.2	63.5
4:25:30	59.0	61.7	60.4	67.5	67.9	67.7	64.7	63.6	64.2	63.5	63.9	63.7
2:25:20	59.2	61.0	60.1	67.1	67.8	67.5	65.1	63.5	64.3	63.9	63.5	63.7
3:25:20	59.8	62.0	60.9	68.1	68.5	68.3	65.2	64.0	64.6	64.0	63.6	63.8
4:25:20	59.0	61.0	60.0	68.0	68.3	68.2	65.6	63.5	64.6	63.7	64.0	63.9
5:25:20	59.0	61.4	60.2	67.7	68.7	68.2	65.3	63.7	64.5	64.1	64.0	64.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 (ต่อ) แสดงระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 และ 2000 เฮิร์ต ของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆ โดยมีพอลิไวนิลอะซีเตตเป็นสารยึดติด

สูตร	ระดับความดันเสียง (dB)											
	250 Hz (65dB)			500 Hz (71.7 dB)			1000 Hz (69.5 dB)			2000 Hz (67.9 dB)		
(PS:B:PVAc)	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
3:20:30	60.2	61.7	61.0	68.4	67.9	68.2	64.9	64.2	64.6	64.0	63.9	64.0
4:20:30	60.5	61.9	61.2	68.8	67.8	68.3	65.2	64.8	65.0	64.0	64.5	64.3
5:20:30	59.5	61.0	60.3	68.2	67.2	67.7	65.3	63.7	64.5	64.1	64.5	64.3
6:20:30	59.0	61.1	60.1	67.5	67.2	67.4	64.5	63.9	64.2	64.2	65.2	64.7
3:20:20	59.8	61.3	60.6	68.3	67.4	67.9	65.4	63.9	64.7	64.2	64.3	64.3
4:20:20	59.3	60.8	60.1	68.1	67.5	67.8	64.7	64.0	64.4	63.6	64.3	64.0
5:20:20	59.0	60.6	59.8	68.0	67.5	67.8	64.3	62.9	63.6	63.6	63.6	63.6
6:20:20	58.8	60.2	59.5	67.2	66.8	67.0	63.8	63.3	63.6	63.5	63.1	63.3

ตารางที่ 8 แสดงระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 และ 2000 เฮิร์ต ของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆโดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร	ระดับความดันเสียง (dB)											
	250 Hz (65dB)			500 Hz (71.7 dB)			1000 Hz (69.5 dB)			2000 Hz (67.9 dB)		
(PS:B:UF /UF:H_2O)	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
0:20:30/1.5:1	61.5	61.5	61.5	68.1	69.0	68.6	64.2	65.1	64.7	64.0	64.0	64.0
1:20:30/1.5:1	61.0	60.6	60.8	68.2	68.3	68.3	64.4	65.0	64.7	64.6	63.0	63.8
2:20:30/1.5:1	60.5	60.3	60.4	67.9	68.5	68.2	64.5	65.2	64.9	64.8	64.2	64.5
0:25:30/1:1	61.0	61.2	61.1	67.0	68.7	67.9	64.6	64.5	64.6	64.5	63.9	64.2
0:25:30/1:1	60.7	61.5	61.1	68.2	68.5	68.4	64.3	64.9	64.6	64.3	63.8	64.1
1:25:30/1:1	60.4	59.5	60.0	68.0	67.4	67.7	64.2	63.4	63.8	64.1	63.2	63.7
1:25:30/1:1	61.0	61.8	61.4	68.3	68.6	68.5	64.4	64.8	64.6	64.5	63.8	64.2
2:25:30/1:1	60.6	60.1	60.4	67.6	67.6	67.6	63.0	63.8	63.4	63.9	63.6	63.8
2:25:30/1:1	61.2	60.8	61.0	67.8	68.3	68.1	65.4	64.1	64.8	65.0	63.9	64.5
3:25:30/1:1	60.2	60.4	60.3	67.4	67.7	67.6	64.7	63.9	64.3	63.8	63.3	63.6
3:25:30/1:1	60.7	60.6	60.7	67.5	67.8	67.7	64.6	64.9	64.8	64.6	62.9	63.8
4:25:30/1:1	60.3	60.7	60.5	67.3	67.8	67.6	64.3	64.2	64.3	64.2	63.5	63.9
4:25:30/1:1	61.0	60.6	60.8	67.9	68.1	68.0	64.3	64.1	64.2	64.7	62.4	63.6
5:25:30/1:1	60.0	60.5	60.3	66.9	67.9	67.4	63.8	63.8	63.8	64.0	63.5	63.8
5:25:30/1:1	60.5	60.9	60.7	67.1	67.5	67.3	64.2	64.5	64.4	64.3	63.4	63.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 (ต่อ) แสดงระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 และ 2000 เฮิร์ต ของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆโดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF /UF:H_2O)	ระดับความดันเสียง (dB)															
	250 Hz (65dB)				500 Hz (71.7 dB)				1000 Hz (69.5 dB)				2000 Hz (67.9 dB)			
	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม
0:25:30/1:1	61.0	61.2	61.1		67.0	68.7	67.9		64.6	64.5	64.6		64.5	63.9	64.2	
0:25:30/1:1	60.7	61.5	61.1	61.1	68.2	68.5	68.4	68.1	64.3	64.9	64.6	64.6	64.3	63.8	64.1	64.1
1:25:30/1:1	60.4	59.5	60.0		68.0	67.4	67.7		64.2	63.4	63.8		64.1	63.2	63.7	
1:25:30/1:1	61.0	61.8	61.4	60.7	68.3	68.6	68.5	68.1	64.4	64.8	64.6	64.2	64.5	63.8	64.2	63.9
2:25:30/1:1	60.6	60.1	60.4		67.6	67.6	67.6		63.0	63.8	63.4		63.9	63.6	63.8	
2:25:30/1:1	61.2	60.8	61.0	60.7	67.8	68.3	68.1	67.8	65.4	64.1	64.8	64.1	65.0	63.9	64.5	64.1
3:25:30/1:1	60.2	60.4	60.3		67.4	67.7	67.6		64.7	63.9	64.3		63.8	63.3	63.6	
3:25:30/1:1	60.7	60.6	60.7	60.5	67.5	67.8	67.7	67.6	64.6	64.9	64.8	64.5	64.6	62.9	63.8	63.7
4:25:30/1:1	60.3	60.7	60.5		67.3	67.8	67.6		64.3	64.2	64.3		64.2	63.5	63.9	
4:25:30/1:1	61.0	60.6	60.8	60.7	67.9	68.1	68.0	67.8	64.3	64.1	64.2	64.2	64.7	62.4	63.6	63.7
5:25:30/1:1	60.0	60.5	60.3		66.9	67.9	67.4		63.8	63.8	63.8		64.0	63.5	63.8	
5:25:30/1:1	60.5	60.9	60.7	60.5	67.1	67.5	67.3	67.4	64.2	64.5	64.4	64.1	64.3	63.4	63.9	63.8
0:20:30/1:1	61.5	62.0	61.8		68.6	68.4	68.5		63.8	65.5	64.7		64.9	64.0	64.5	
0:20:30/1:1	61.8	61.8	61.8	61.8	69.1	68.6	68.9	68.7	65.5	64.5	65.0	64.8	64.7	64.2	64.5	64.5
1:20:30/1:1	60.7	60.0	60.4		68.2	68.1	68.2		65.5	64.9	65.2		64.2	64.5	64.4	
1:20:30/1:1	61.1	60.7	60.9		67.8	68.1	68.0		63.8	64.1	64.0		64.6	64.0	64.3	
1:20:30/1:1	61.9	61.5	61.7	61.0	68.7	68.6	68.7	68.3	64.2	64.7	64.5	64.5	64.7	64.2	64.5	64.4
2:20:30/1:1	61.2	60.7	61.0		67.5	68.3	67.9		64.8	64.5	64.7		64.6	64.0	64.3	
2:20:30/1:1	61.0	60.6	60.8		67.9	68.0	68.0		63.6	64.3	64.0		65.0	64.0	64.5	
2:20:30/1:1	61.3	60.8	61.1	60.9	68.2	68.4	68.3	68.1	64.5	64.5	64.5	64.4	65.0	63.9	64.5	64.4
3:20:30/1:1	60.4	60.5	60.5		67.0	68.0	67.5		64.3	64.3	64.3		64.0	63.8	63.9	
3:20:30/1:1	61.0	60.3	60.7		67.6	67.8	67.7		64.2	64.8	64.5		64.4	63.7	64.1	
3:20:30/1:1	60.8	60.4	60.6	60.6	67.8	67.5	67.7	67.6	64.7	65.1	64.9	64.6	64.2	64.0	64.1	64.0
4:20:30/1:1	61.3	60.6	61.0		67.3	67.4	67.4		63.6	64.2	63.9		64.1	63.8	64.0	
4:20:30/1:1	61.1	60.2	60.7		67.2	67.9	67.6		64.8	64.7	64.8		64.5	63.8	64.2	
4:20:30/1:1	61.0	60.2	60.6	60.7	67.6	67.3	67.5	67.5	64.3	64.8	64.6	64.4	63.6	63.7	63.7	63.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 (ต่อ) แสดงระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 และ 2000 เฮิร์ต ของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆโดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF /UF:H_2O)	ระดับความดันเสียง (dB)															
	250 Hz (65dB)				500 Hz (71.7 dB)				1000 Hz (69.5 dB)				2000 Hz (67.9 dB)			
	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม
0:15:30/1:1	62.7	63.7	63.2		71.0	70.2	70.6		67.6	68.1	67.9		66.3	66.4	66.4	
0:15:30/1:1	62.5	63.9	63.2		70.5	70.4	70.5		67.9	67.4	67.7		66.3	66.2	66.3	
0:15:30/1:1	62.9	64.0	63.5		70.6	70.3	70.5		68.2	68.0	68.1		66.7	66.2	66.5	
0:15:30/1:1	63.2	64.0	63.6	63.4	70.9	70.1	70.5	70.5	68.3	68.2	68.3	68.0	66.8	66.3	66.6	66.4
1:15:30/1:1	62.3	62.6	62.5		69.5	69.2	69.4		66.3	65.8	66.1		64.9	64.8	64.9	
1:15:30/1:1	61.8	62.1	62.0		69.1	68.8	69.0		65.2	65.4	65.3		64.3	64.9	64.6	
1:15:30/1:1	62.6	62.2	62.4		69.3	69.6	69.5		66.5	66.0	66.3		65.1	65.0	65.1	
1:15:30/1:1	62.7	62.1	62.4	62.3	69.0	69.5	69.3	69.3	65.6	65.6	65.6	65.8	65.0	65.1	65.1	64.9
2:15:30/1:1	61.9	61.0	61.5		68.1	68.1	68.1		64.1	64.8	64.5		64.0	64.8	64.4	
2:15:30/1:1	61.9	61.2	61.6		68.6	68.3	68.5		63.3	65.5	64.4		64.8	64.8	64.8	
2:15:30/1:1	61.8	61.3	61.6		68.2	68.1	68.2		63.8	65.4	64.6		65.0	64.2	64.6	
2:15:30/1:1	61.5	60.8	61.2	61.4	68.1	68.8	68.5	68.3	63.4	65.2	64.3	64.4	64.5	64.5	64.5	64.6
3:15:30/1:1	61.2	61.1	61.2		68.2	68.4	68.3		64.6	65.1	64.9		65.0	64.9	65.0	
3:15:30/1:1	61.4	60.8	61.1		68.5	68.5	68.5		64.7	65.0	64.9		64.6	64.4	64.5	
3:15:30/1:1	61.1	60.9	61.0		67.9	68.5	68.2		63.8	65.2	64.5		64.3	63.2	63.8	
3:15:30/1:1	60.5	61.0	60.8	61.0	67.3	67.3	67.3	68.1	64.3	63.5	63.9	64.5	63.9	64.6	64.3	64.4
4:15:30/1:1	60.9	60.6	60.8		67.9	67.1	67.5		65.0	63.9	64.5		64.3	64.4	64.4	
4:15:30/1:1	60.8	60.2	60.5		67.1	67.3	67.2		64.8	63.7	64.3		64.2	64.0	64.1	
4:15:30/1:1	60.7	60.5	60.6		67.4	67.9	67.7		63.8	64.0	63.9		65.0	64.0	64.5	
4:15:30/1:1	60.5	60.3	60.4	60.6	68.2	68.1	68.2	67.6	63.6	64.5	64.1	64.2	64.7	65.4	65.1	64.5
0:15:20/1:1	63.4	63.9	63.7		70.7	70.7	70.7		67.7	67.8	67.8		67.0	66.6	66.8	
0:15:20/1:1	63.6	64.3	64.0		70.3	70.8	70.6		67.8	67.7	67.8		66.8	66.4	66.6	
0:15:20/1:1	63.5	63.8	63.7		70.8	70.6	70.7		68.4	67.9	68.2		67.0	66.4	66.7	
0:15:20/1:1	63.4	63.9	63.7	63.7	70.4	70.5	70.5	70.6	68.1	67.7	67.9	67.9	66.9	66.1	66.5	66.7
1:15:20/1:1	62.4	62.4	62.4		69.3	69.1	69.2		65.1	65.0	65.1		65.3	65.1	65.2	
1:15:20/1:1	62.1	62.1	62.1		69.6	69.5	69.6		65.2	65.1	65.2		66.0	65.2	65.6	
1:15:20/1:1	62.3	62.6	62.5		69.9	69.4	69.7		65.8	65.3	65.6		65.6	65.8	65.7	
1:15:20/1:1	62.4	62.7	62.6	62.4	70.0	68.4	69.2	69.4	65.5	65.4	65.5	65.3	65.9	65.9	65.9	65.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 (ต่อ) แสดงระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 และ 2000 เฮิร์ต ของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆโดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF /UF:H_2O)	ระดับความดันเสียง (dB)															
	250 Hz (65dB)				500 Hz (71.7 dB)				1000 Hz (69.5 dB)				2000 Hz (67.9 dB)			
	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม	1	2	เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม
2:15:20/1:1	61.3	61.3	61.3		69.8	68.2	69.0		64.8	64.0	64.4		65.4	64.5	65.0	
2:15:20/1:1	61.4	61.1	61.3		68.9	68.9	68.9		64.2	64.4	64.3		65.3	64.8	65.1	
2:15:20/1:1	61.0	61.6	61.3		67.9	68.6	68.3		65.5	64.2	64.9		65.3	64.0	64.7	
2:15.20/1:1	61.1	61.5	61.3	61.3	68.1	68.3	68.2	68.6	64.3	64.1	64.2	64.4	65.4	64.1	64.8	64.9
3:15:20/1:1	60.9	61.6	61.3		68.2	67.1	67.7		65.1	63.9	64.5		65.4	64.0	64.7	
3:15:20/1:1	60.6	61.0	60.8		67.5	67.7	67.6		63.3	64.0	63.7		65.0	64.2	64.6	
3:15:20/1:1	60.7	61.5	61.1		68.1	67.3	67.7		63.5	64.0	63.8		65.0	63.8	64.4	
3:15:20/1:1	60.9	61.2	61.1	61.1	67.6	67.2	67.4	67.6	63.7	64.0	63.9	63.9	65.0	64.3	64.7	64.6
4:15:20/1:1	61.0	61.1	61.1		67.9	67.1	67.5		63.6	64.0	63.8		65.1	64.0	64.6	
4:15:20/1:1	60.9	60.8	60.9		68.5	67.6	68.1		64.4	63.9	64.2		65.2	63.5	64.4	
4:15:20/1:1	60.9	61.2	61.1		68.1	67.7	67.9		64.6	63.8	64.2		65.1	64.3	64.7	
4:15:20/1:1	60.8	60.8	60.8	60.9	67.9	67.3	67.6	67.8	64.5	63.9	64.2	64.1	65.0	64.4	64.7	64.6

ตารางที่ 9 แสดงผลของความหนาที่มีต่อระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 และ 2000 เฮิร์ต ของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆโดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF /UF:H_2O)	จำนวน (แผ่น)	ความหนารวม (mm)	ระดับความดันเสียง (dB)											
			250 Hz (66.6dB)			500 Hz (71.5dB)			1000 Hz (78dB)			2000 Hz (68.3dB)		
			1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
0:15:30/1:1	1	5.348	65.8	65.2	65.5	70.0	69.4	69.7	69.1	70.0	69.6	67.5	67.0	67.3
	2	11.035	65.1	64.6	64.9	69.2	69.1	69.2	68.1	69.2	68.7	67.2	66.9	67.1
	3	16.555	64.9	64.2	64.6	68.9	69.2	69.1	67.2	68.5	67.9	67.0	67.0	67.0
	4	22.098	64.9	64.0	64.5	68.7	69.0	68.9	67.3	68.1	67.7	67.3	67.2	67.3
1:15:30/1:1	1	5.610	64.5	64.0	64.3	68.0	68.8	68.4	66.8	67.1	67.0	66.8	66.8	66.7
	2	11.408	63.6	63.4	63.5	68.0	68.4	68.2	65.8	66.9	66.4	66.2	66.9	66.6
	3	17.038	63.8	63.1	63.5	67.9	68.4	68.2	66.5	67.3	66.9	66.6	67.5	67.1
	4	22.740	64.0	63.3	63.7	67.8	68.6	68.2	66.8	68.3	67.6	67.0	67.5	67.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 (ต่อ) แสดงผลของความหนาที่มีต่อระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 และ 2000 เฮิร์ต ของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆโดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF /UF:H_2O)	จำนวน (แผ่น)	ความหนารวม (mm)	ระดับความดันเสียง (dB)											
			250 Hz (66.6dB)			500 Hz (71.5dB)			1000 Hz (78dB)			2000 Hz (68.3dB)		
			1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
2:15:30/1:1	1	5.395	63.6	63.0	63.3	67.5	67.6	67.6	65.9	67.1	66.5	66.0	66.3	66.2
	2	11.755	63.6	62.9	63.3	68.0	68.2	68.1	66.2	67.0	66.6	66.7	67.0	66.9
	3	17.508	63.5	62.6	63.1	67.8	68.1	68.0	65.8	67.1	66.5	66.3	66.8	66.6
	4	23.233	63.0	62.2	62.6	67.2	68.2	67.7	65.6	66.3	66.0	65.5	66.1	65.8
3:15:30/1:1	1	6.080	63.9	63.9	63.9	67.8	67.9	67.9	65.0	66.6	65.8	66.1	66.8	66.5
	2	11.998	63.5	63.0	63.3	67.9	67.8	67.9	65.6	66.8	66.2	66.4	66.8	66.6
	3	17.905	63.2	62.0	62.6	67.4	67.4	67.4	64.8	65.9	65.4	65.6	66.0	65.8
	4	24.125	62.9	62.0	62.5	66.0	67.5	66.8	64.0	65.6	64.8	65.0	65.5	65.3
4:15:20/1:1	1	6.148	63.5	62.8	63.2	67.2	68.8	68.0	65.2	67.0	66.1	66.4	66.9	66.7
	2	12.478	63.0	62.7	62.9	67.1	68.7	67.9	65.4	67.0	66.2	65.6	67.0	66.3
	3	18.543	63.0	62.1	62.6	66.6	68.6	67.6	65.0	66.5	65.8	65.5	66.4	66.0
	4	24.823	63.0	62.0	62.5	66.6	68.4	67.5	64.2	65.6	64.9	64.6	65.8	65.2
0:15:20/1:1	1	5.555	65.9	65.2	65.6	70.1	69.6	69.9	68.3	69.5	68.9	67.4	67.5	67.5
	2	11.130	65.2	64.9	65.1	69.5	69.2	69.4	67.6	68.3	68.0	67.0	67.0	67.0
	3	16.805	65.0	64.4	64.7	69.1	69.2	69.2	67.4	68.0	67.7	67.3	67.3	67.3
	4	22.458	65.0	64.0	64.5	69.2	69.1	69.2	67.6	68.0	67.8	67.4	67.9	67.7
1:15:20/1:1	1	5.703	64.6	63.8	64.2	68.0	69.1	68.6	66.6	67.5	67.1	66.1	66.8	66.5
	2	11.310	64.1	63.2	63.7	67.5	69.2	68.4	66.0	67.2	66.6	66.3	66.8	66.6
	3	16.958	63.9	63.1	63.5	67.3	69.0	68.2	66.7	67.4	67.1	66.8	67.5	67.2
	4	22.608	63.9	63.0	63.5	69.9	69.2	69.6	66.9	68.0	67.5	67.0	67.8	67.4
2:15:20/1:1	1	5.718	63.9	63.0	63.5	67.1	68.7	67.9	65.5	67.0	66.3	65.9	65.6	65.8
	2	11.413	63.7	62.9	63.3	67.7	68.6	68.2	66.0	67.2	66.6	67.8	66.5	67.2
	3	17.108	63.2	62.5	62.9	67.5	68.6	68.1	65.8	67.0	66.4	66.8	66.1	66.5
	4	22.880	63.2	62.1	62.7	68.2	68.3	68.3	65.2	66.6	65.9	66.3	66.3	66.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 (ต่อ) แสดงผลของความหนาที่มีต่อระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 500 1000 และ 2000 เฮิร์ต ของแผ่นกระดานอัดที่สูตรต่างๆโดยมียูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตร (PS:B:UF /UF:H_2O)	จำนวน (แผ่น)	ความหนารวม (mm)	ระดับความดันเสียง (dB)											
			250 Hz (66.6dB)			500 Hz (71.5dB)			1000 Hz (78dB)			2000 Hz (68.3dB)		
			1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย	1	2	เฉลี่ย
3:15:20/1:1	1	5.940	63.6	63.5	63.6	67.0	68.8	67.9	65.5	66.5	66.0	65.8	66.2	66.0
	2	11.820	63.2	62.9	63.1	67.2	68.5	67.9	66.1	66.8	66.5	66.1	66.3	66.2
	3	17.670	62.7	62.8	62.8	66.6	68.5	67.6	64.8	66.4	65.6	65.6	66.2	65.9
	4	23.635	62.0	61.5	61.8	66.1	67.6	66.9	64.3	65.8	65.1	65.0	65.6	65.3
4:15:20/1:1	1	6.050	63.6	63.0	63.3	67.2	68.5	67.9	66.0	66.6	66.3	66.0	66.6	66.3
	2	12.313	63.1	62.5	62.8	66.8	68.5	67.7	65.0	66.1	65.6	65.6	65.9	65.8
	3	18.630	62.1	62.5	62.3	66.0	68.5	67.3	64.0	65.2	64.6	65.4	65.5	65.5
	4	24.820	62.0	61.2	61.6	65.5	67.4	66.5	64.0	65.1	64.6	65.2	65.0	65.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Brent E, Chow P, Bajwa DS. Processing into Compositees. In: Rowell RM, Young RA, Rowell JK, editors. Paper and Compositees from Argo-Based Resources. 1st ed. New York: Lewies Publishers: 1994.p.279-82.
2. Youngquist JA, Krzysik AM, Chow P, Meimban R. Properties of Composite Panels. In: Rowell RM, Young RA, Rowell JK, editors. Paper and Compositees from Argo-Based Resources. 1st ed. New York: Lewies Publishers: 1994.p.302-33
3. ธนวิพันธ์ อ่ำเกตุสกุล และสุรชัย จิรศักดิ์สิริกุล. "โครงงานพิเศษการศึกษาความเป็นไปได้ทางกระบวนการของสารเติมแต่งที่มีต่อพอลิโอเลฟินและพอลิสไตรีนที่ใช้แล้ว" ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
4. Brydson JA. Plastic Materials. 6th ed. Oxford London: Butlerworth Heinemann Ltd; 1995.
5. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2533. 14 มิ.ย. 2533.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้