

การเตรียมแผ่นกระดาษอัดโดยใช้กาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์
จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทังและน้ำมันละหุ่ง

**PREPARATION OF PAPERBOARD BY
FORMALDEHYDE – FREE ADHESIVE USING PVA
MODIFIED WITH TUNG AND CASTOR OILS**



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2554
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**PREPARATION OF PAPERBOARD BY
FORMALDEHYDE – FREE ADHESIVE USING PVA
MODIFIED WITH TUNG AND CASTOR OILS**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN INDUSTRIAL CHEMISTRY
FACULTY OF SCIENCE**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ACADEMIC YEAR 2011

หัวข้อโครงการพิเศษ

การเตรียมแผ่นกระดาษอัดโดยใช้กาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิ
ไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทังและน้ำมันละหุ่ง
Preparation of paperboard by formaldehyde-free adhesive using
PVA modified with tung and castor oils

ชื่อนักศึกษา

นายณัฐดนัย อุณเกษม 51050121
นางสาวปาวิณา มุลเค้า 51050152
นางสาวพรพิมล กังวาลสงค์ 51050156

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา

เคมีอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี
อุตสาหกรรม ประจำปีการศึกษา 2554

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มชัด	
ผศ.ดร.วันฉัตร ชื่นชม	
ผศ.ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาของคณะวิทยาศาสตร์ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การเตรียมแผ่นกระดาษอัดโดยใช้กาวไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทั้งและน้ำมันละหุ่ง	
ชื่อนักศึกษา	นายณัฐดนัย	อุณเกษม
	นางสาวปาวีณา	มูลแก้ว
	นางสาวพรพิมล	กังวาลสงค์
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2554	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ภัทรารุช มนต์วิเศษ	

บทคัดย่อ

การศึกษาการเตรียมกาวปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์สำหรับเยื่อกระดาษอัด โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เป็นสารตั้งต้น ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันชักแห้ง 2 ชนิดคือ น้ำมันทั้งและน้ำมันละหุ่ง เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและความสามารถในการต้านทานน้ำ โดยกำหนดอัตราส่วน PVA ต่อ น้ำมันทั้ง ต่อ น้ำมันละหุ่ง เป็น 85:15:0, 82.5:15:2.5 และ 80:15:5 โดยน้ำหนัก ใช้กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โพลเทสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติมเสริมแรง โดยทำการทดสอบสมบัติของกาว ได้แก่ ความหนืด solid content และเสถียรภาพของกาว จากนั้นนำกาวที่เตรียมได้มาทำการขึ้นรูปแผ่นเยื่อกระดาษอัด โดยใช้เยื่อกระดาษที่เตรียมจาก 2 วิธี คือแบบเปียกและแบบแห้ง และทำการปรับปริมาณอัตราส่วนกาวต่อเยื่อกระดาษเป็น 15% , 20% และ 25% โดยน้ำหนัก แผ่นเยื่อกระดาษอัดที่ได้นำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความหนาแน่น (Density) ความชื้น (Moisture content) การพองตัวทางความหนา (Swelling test) ความต้านแรงดัด (Bending strength) และมอดุลัสยืดหยุ่น (Bending modulus) พบว่าแผ่นเยื่อกระดาษอัดมีค่าความหนาแน่นในช่วง 600-700 kg/m³ และค่าปริมาณความชื้นในช่วง 4-5% โดยผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.876 สำหรับค่าการพองตัวทางความหนามีค่าอยู่ในช่วง 27-71% พบว่ามีค่าลดลงเมื่อปริมาณกาวเพิ่มขึ้น ซึ่งแผ่นกระดาษอัดจากวิธีเตรียมแบบเปียก (27-51%) มีค่าต่ำกว่าแบบแห้ง (38-71%) ค่าความต้านแรงดัดมีค่าอยู่ในช่วง 1.8-3.1 MPa และค่ามอดุลัสยืดหยุ่นอยู่ในช่วง 30.5-82.4 MPa พบว่าค่าสูงกว่าแผ่นกระดาษอัดชานอ้อยทางการค้า ซึ่งมีค่าความต้านแรงดัดประมาณ 1.02 MPa และค่ามอดุลัสยืดหยุ่น 16.84 MPa

คำสำคัญ : กาวไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์, พอลิไวนิลแอลกอฮอล์, น้ำมันทั้ง, น้ำมันละหุ่ง, แผ่นเยื่อกระดาษอัด การที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Preparation of paperboard by formaldehyde-free adhesive using PVA modified with tung and castor oils	
Students	Mr. Nutthadanai	Onkasem
	Miss Paweena	Moonkao
	Miss Pornpimon	Kangwansong
Degree	Bachelor of Science	
Major Program	Industrial Chemistry	
Academic Year	2011	
Advisor	Asst.Prof.Dr.Pathavuth Monvisade	

ABSTRACT

This special project was studied on the preparation of formaldehyde-free adhesive for paperboard. Poly (vinyl alcohol) as starting material was modified with drying oils, i.e. tung oil and castor oil in order to improve mechanical properties and water resistance of paperboard. The ratios of PVA : tung oil : castor oil were varied at 85:15:0, 82.5:15:2.5 and 80:15:5 by weight. Potassium persulfate (KPS), *p*-toluene sulfonic acid (PTSA), and silica were fixed at 1, 1 and 3 % by weight as an initiator, catalyst and filler, respectively. The prepared adhesives were measured the viscosity, solid content and stability. The paperboard was prepared by mixing adhesive with paper pulp, (dry process and wet process) and cured under compression at 120 °C for 25 minutes. The weight ratios of adhesive to paper pulp were varied at 15%, 20% and 25% by weight. The received paperboards were tested the properties following density, moisture content, swelling, bending strength and bending Young's modulus. It was found that the density and moisture content of paperboard are in the ranges of 600-700 kg/m³ and 4-5%, respectively which the values are in the range of Thai Industrial Standard 876. The swelling results are in the range of 27-71%. The content of adhesive in paperboard increased, the swelling decreased. Paperboard prepared by wet process had lower swelling values (27-51%) than those of paperboard prepared by dry process (38-71%). The value of bending strength and bending Young's modulus are in ranges of 1.8-3.1 MPa and 30.5-82.4 MPa, which higher than those of commercial grade paperboard at 1.02 MPa and 16.84 MPa, respectively.

Keywords : formaldehyde-free adhesive, poly (vinyl alcohol), tung oil, castor oil, paperboard

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษการเตรียมแผ่นกระดาษอัดโดยใช้กาวยูรีสารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทั้งและน้ำมันละหุ่งนี้ จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้หากขาดผู้สนับสนุนในการดำเนินโครงการ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภัทรารุช มนต์วิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่ช่วยแนะนำ แก้ไข พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือตลอดการดำเนินโครงการนี้ ทำให้การจัดทำโครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้ศึกษารู้อีกชาวซึ่งเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มชัด และผศ.ดร.วันฉัตร ชื่นชม ที่ช่วยตรวจทาน และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ทำให้โครงการสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์วรา ชัยนิตย์ ที่ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในการตัดชิ้นงาน

ขอขอบพระคุณ บริษัท รังสิต ริโซเคิล ที่เอื้อเฟื้อกระดาษรีโซเคิลในการขึ้นรูปและทดสอบสมบัติแผ่นกระดาษอัด

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเคมี ที่ให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการวิเคราะห์และทดสอบชิ้นงานตลอดการดำเนินโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา รุ่นพี่ และเพื่อนๆ ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำ และกำลังใจ จนการดำเนินโครงการพิเศษเสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ประโยชน์และความรู้อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแต่บิดา มารดา ครอบครัว ผู้มีพระคุณ และคณาจารย์ทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้ศึกษาขออภัยรับ และขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นายณัฐดนัย อุณเกษม

นางสาวปวีณา มูลคำ

นางสาวพรพิมล กังวาลสงค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการใดๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
คำย่อและสัญลักษณ์	IX

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กาว	4
2.1.1 ประเภทของกาว	4
2.1.2 กาวติดกระดาษ	4
2.1.3 กาวติดไม้	5
2.2 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์	11
2.2.1 สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์	12
2.3 น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ	13
2.3.1 องค์ประกอบ	13
2.3.2 กรดไขมัน	13
2.3.3 ชนิดของน้ำมันชักแห้งธรรมชาติ	14
2.3.4 การวิเคราะห์น้ำมัน	15
2.3.5 น้ำมันทั้ง	17
2.3.6 น้ำมันละหุ่ง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 ตัวเร่งปฏิกิริยา	23
2.4.1 หน้าที่และหลักการทำงาน	23
2.4.2 <i>p</i> -toluene sulfonic acid (PTSA)	23
2.5 ตัวริเริ่มปฏิกิริยา	24
2.5.1 Potassium persulfate (KPS)	24
2.6 สารเพิ่มเนื้อ	25
2.6.1 ซิลิกา หรือซิลิกอน ไดออกไซด์	25
2.6.2 สมบัติทางเคมีของซิลิกา	25
2.6.3 รูปแบบของซิลิกา	25
2.7 กระบวนการผลิตและการรีไซเคิลกระดาษ	26
2.7.1 การผลิตเยื่อกระดาษ	26
2.7.2 การตีแยกเยื่อ	26
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	32
3.1 สารเคมี	32
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	32
3.3 การเตรียมสารละลาย PVA	33
3.4 การเตรียมกาวผสมสูตร	34
3.5 การเตรียมเยื่อกระดาษ	35
3.5.2 การเตรียมกระดาษแบบแห้ง	35
3.5.1 การเตรียมกระดาษแบบเปียก	35
3.6 การขึ้นรูปแผ่นกระดาษอัด	35
3.7 การทดสอบ	39
3.7.1 การทดสอบสมบัติของกาว	39
3.7.1.1 การหาค่าความหนืด	39
3.7.1.2 การหาค่า % solid content	39
3.7.1.3 การหาเสถียรภาพของกาว	39
3.7.1.4 การหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นกระดาษอัดที่ขึ้นรูปโดยใช้กาว PVA	40
3.7.2.1 ความหนาแน่น	40
3.7.2.2 การทดสอบหาความชื้น	40
3.7.2.3 การทดสอบการพองตัวทางความหนา	40
3.7.2.4 การทดสอบความต้านแรงคัตและมอดุลัสยืดหยุ่น	41
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	43
4.1 การทดสอบสมบัติของกาวผสมสูตร	43
4.1.1 การหาค่าความหนืด	43
4.1.2 % solid content	44
4.1.3 เสถียรภาพของกาว	44
4.1.3 การหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว	46
4.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นกระดาษอัดที่ขึ้นรูปโดยใช้กาวผสมสูตรตามมาตรฐาน มอก.876	47
4.2.1 ความหนาแน่น	50
4.2.2 ความชื้น	51
4.2.3 การพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชั่วโมงสำหรับมาตรฐาน มอก.876 และ 24 ชั่วโมงสำหรับ มาตรฐาน JIS A 5908	53
4.2.4 ความต้านแรงคัตและมอดุลัสยืดหยุ่น	56
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	60
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก	65
ภาคผนวก ก (มาตรฐาน มอก.876 - 2547)	66
ภาคผนวก ข (มาตรฐาน JIS A 5908 : 2003)	67
ภาคผนวก ค (ผลการทดสอบสมบัติของกาว)	68
ภาคผนวก ง (ผลการทดสอบสมบัติของแผ่นกระดาษอัด)	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์	12
2.2 โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ	14
2.3 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันทั้ง	18
2.4 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันละหุ่ง	21
2.5 สมบัติของ <i>p</i> -toluene sulfonic acid	23
2.6 สมบัติของ Potassium persulfate	24
3.1 อัตราส่วนกาวผสมสูตรต่างๆ	34
3.2 สูตรสูตรแผ่นกระดาษอัด	38
4.1 ค่าความหนืด และ % Solid content ของกาวสูตรต่างๆ	43
4.2 การเปลี่ยนแปลงความหนืด	45
4.3 การปรับเปลี่ยนตัวแปรสำหรับการเตรียมกระดาษอัด	47
4.4 การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างแผ่นกระดาษอัดกับแผ่นกระดาษอัดจากชานอ้อย (เกรดการค้า)	59
ก-1 มาตรฐาน มอก.876 - 2547	66
ข-1 มาตรฐาน JIS A 5908 : 2003	67
ค-1 ค่าความหนืด	68
ค-2 % solid content	69
ค-3 การหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว	69
ง-1 ค่าความหนาแน่น	70
ง-2 ค่าความชื้น	71
ง-3 ค่าการพองตัวทางความหนา (มาตรฐาน มอก.876, 1 ชั่วโมง)	72
ง-4 ค่าการพองตัวทางความหนา (มาตรฐาน JIS A 5908, 24 ชั่วโมง)	73
ง-5 ค่าความต้านแรงดัด	74
ง-6 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยามาเทนอไลซิส จากพอลิไวนิลอะซีเตต	11
2.2 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันทั้ง	18
2.3 ผลและน้ำมันจากต้นทั้ง	19
2.4 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันละหุ่ง	20
2.5 ผลและน้ำมันจากต้นละหุ่ง	22
2.6 โครงสร้างโมเลกุลของ PTSA	23
2.7 โครงสร้างโมเลกุลของ KPS	24
2.8 รูปแบบของ Crystalline Silica	25
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	33
3.2 การเตรียมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์	33
3.3 ขั้นตอนการเตรียมกาวผสมสูตร	34
3.4 ขั้นตอนการเตรียมเยื่อกระดาษแบบแห้ง	35
3.5 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นกระดาษอัด	37
3.6 ขั้นตอนการหาค่าความหนืดของกาว	39
4.1 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของกาวสูตรต่างๆ	45
4.2 การหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว	46
4.3 ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ภายใน โมเลกุลของน้ำมันชักแห้ง	48
4.4 ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ระหว่างโมเลกุลของน้ำมันชักแห้ง	48
4.5 ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (trans-esterification)	49
4.6 การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างน้ำมันชักแห้ง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เซลลูโลส และพื้นผิวของซิลิกา (Silanol group)	49
4.7 ผลการทดสอบความหนาแน่น	50
4.8 ผลการทดสอบความชื้น	52
4.9 ผลการทดสอบการพองตัวของความหนาของชิ้นงานที่เตรียมเยื่อวิธีแบบแห้ง	54
4.10 ผลการทดสอบการพองตัวของความหนาของชิ้นงานที่เตรียมเยื่อวิธีแบบเปียก	55
4.11 ผลการทดสอบความต้านแรงดัด	57
4.12 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ	ความหมาย
PVA	Poly (vinyl alcohol)
PVAc	Poly (vinyl acetate)
UF	Urea Formaldehyde
F	Formaldehyde
U	Urea
MF	Melamine Formaldehyde
PF	Phenol Formaldehyde
MDF	แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
PB	แผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ด
FB	แผ่นใยไม้อัด
OSB	แผ่นเกล็ดไม้อัดเรียงชั้น
P-RF	Phenol-Resorcinol Formaldehyde
EVA	Ethylene vinyl acetate
TDI	โทลูอินไดไอโซไซยานต
MDI	เมทิลีนไดไอโซไซยานต
RH	ความชื้นสัมพัทธ์
PULFA	Poly (urethane fatty amide)
DLFA	Diol linseed fatty amide
TGA	Thermogravimetric analysis
DSC	Differential scanning calorimetry
SLS	โซเดียมลอริลซัลเฟต
PTSA	<i>p</i> -tolulene sulfonic acid
K ₂ S ₂ O ₈ /KPS	Potassium persulfate
มอก.	มาตรฐานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันกระดาษถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายไม่ว่าจะเป็นใบปลิวโฆษณาทางไปรษณีย์ คุปอง ใบขอบริจาค แคตตาล็อก และหน้าโฆษณาในหน้าหนังสือพิมพ์ต่างๆ จะมีเพียงประมาณนับพันแผ่นเท่านั้นที่ได้ผ่านการอ่านและที่เหลือนอกจากนั้นได้กลายเป็นขยะในถังขยะโดยไม่ผ่านการอ่านเลย จึงเป็นการใช้ทรัพยากรที่สิ้นเปลือง กระดาษทุกชนิดที่เราใช้ทุกวันนี้ส่วนใหญ่ผลิตจากเนื้อเยื่อของต้นไม้และมีกระดาษหลายชนิดที่เมื่อใช้แล้วสามารถนำมาผลิตใช้ได้อีก เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษบันทึก กระดาษสำเนา กระดาษพิมพ์ดีด กระดาษคอมพิวเตอร์ บัตรรายการ และซองจดหมายสีขาว กระดาษรีไซเคิลส่วนใหญ่เหมาะสำหรับทำเป็นกล่องบรรจุสินค้า ทำเป็นฝาขวด ผนังหรือฉนวนกันความร้อน โดยผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปโดยใช้กาวเป็นตัวช่วยในการยึดติดประสานกระดาษซึ่งกาวที่ใช้ในอุตสาหกรรมปัจจุบันนั้นมีส่วนประกอบของสารฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารเคมีที่ได้จากกระบวนการผลิตปิโตรเลียม สารฟอร์มาลดีไฮด์มักใช้เป็นส่วนผสมในกาว ผสมในสีบางประเภท สำหรับเฟอร์นิเจอร์จะพบฟอร์มาลดีไฮด์ในกาวประสานผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกาวจะมีการระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์ออกมาตลอดเวลา ส่งผลให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกเหม็นและแสบจมูก เมื่อเวลาผ่านไปก็จะจางลงแต่สารฟอร์มาลดีไฮด์ยังคงระเหยออกมาอยู่เรื่อยๆ โดยองค์กรเพื่อการปกป้องสิ่งแวดล้อมของสหรัฐฯ (The U.S. Environmental Protection Agency) และ องค์การอนามัยโลกเพื่อการค้นคว้าวิจัยโรคมะเร็ง [The International Agency for Research on Cancer (IARC)] ได้ประกาศถึงพิษภัยของสารฟอร์มาลดีไฮด์ว่าเป็นสารก่อภูมิแพ้ เมื่อสูดดมสารระเหยที่มีฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบจะนำไปสู่โรคมะเร็ง โรคหอบหืด โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ซึ่งอาจนำไปสู่โรคมะเร็งในระบบทางเดินหายใจได้ และถ้าสูดดมไอระเหยเกิน 100 ppm อาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้

กลุ่มประเทศในทวีปยุโรปจึงได้มีการกำหนดเกณฑ์จำแนกไม้อัดตามปริมาณการระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีอยู่ในไม้อัดออกเป็น 5 กลุ่มคือ E0-E5 โดยที่ E0 หมายถึง ปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์ ได้ไม่เกิน 0.07 ppm ขณะที่ E5 หมายถึง มีการปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์ได้มาก โดยประเทศพัฒนาแล้วประกาศกฎเกณฑ์นำเข้าผลิตภัณฑ์ไม้ให้มีฟอร์มาลดีไฮด์หรือมีในปริมาณน้อย เนื่องจาก

เอกสาคำ ประเทศเหล่านี้คำนึงถึงสุขภาพและผลร้ายที่ตามมาต่อประชากรในประเทศมากกว่าราคาผลิตภัณฑ์ไม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีราคาถูก เพราะไม่อาจปฏิเสธได้ว่าบ้าน ออฟฟิศ อพาร์ทเมนต์ ที่อยู่อาศัยทุกประเภทล้วนต้องมี เฟอร์นิเจอร์ และของตกแต่งอย่างแน่นอน และเมื่อพิสูจน์ได้แล้วว่าเฟอร์นิเจอร์เหล่านั้นกำลังทำร้าย คนในประเทศและเป็นสาเหตุของการสูญเสียค่ารักษาพยาบาลเป็นมูลค่ามหาศาล ฉะนั้นการป้องกัน ด้วยการใส่เฟอร์นิเจอร์ ของตกแต่งที่ปลอดภัยจึงเป็นสิ่งที่ควรกระทำ ดังนั้นวัสดุหลักที่ใช้ใน กระบวนการผลิต คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ต้องมีความปลอดภัยด้วยจึงถือว่าเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญ เป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนมาใช้ผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ ทำให้ต้นทุน สูงขึ้นเนื่องจากกาวที่ปลอดฟอร์มัลดีไฮด์มีราคาแพงกว่ากาวที่ใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ประมาณ 10-20 เท่า ทำให้เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากกาวที่ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์แพงไปด้วย

งานวิจัยนี้จึงศึกษาการเตรียมเยื่อกระดาษอัดโดยพัฒนากาวที่ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันธรรมชาติ ซึ่งกาวที่ผลิตได้มี องค์ประกอบหลักเป็นน้ำไม่มีตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีความเป็นพิษ ไม่มีการปลดปล่อยสารพิษที่ เป็นอันตราย จึงมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เตรียมกาวสำหรับอัดเยื่อกระดาษที่ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ โดยใช้พอลิไวนิล แอลกอฮอล์ (PVA) และน้ำมันชักแห้งเป็นองค์ประกอบหลัก
2. ศึกษาตัวแปรในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษอัด ได้แก่ ปริมาณน้ำมันละหุ่งในสูตรกาว อัตราส่วนของปริมาณกาวต่อเยื่อกระดาษ และวิธีการเตรียมเยื่อกระดาษ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมกาวสำหรับอัดเยื่อกระดาษจาก PVA ที่ทำการปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทั้งและ น้ำมันละหุ่งเพื่อศึกษาความแข็งแรง และสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นกระดาษอัด
2. ขึ้นรูปแผ่นกระดาษอัดโดยใช้กาวสูตรต่างๆด้วยเครื่องอัดรีด โดยใช้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 150 psi และเวลา 25 นาที
3. ปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำมันละหุ่งในสูตรกาว อัตราส่วนของปริมาณกาวต่อเยื่อกระดาษและ วิธีการเตรียมเยื่อกระดาษ
4. ศึกษาสมบัติของแผ่นกระดาษอัด ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัว ความหนา ความแข็งแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเตรียมกาวอัดเชื้อกระดาษ จาก PVA ที่ทำการปรับปรุงโดยน้ำมันทั้ง และน้ำมันละหุ่ง ซึ่งสามารถนำมาทดแทนกาวที่มีองค์ประกอบของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ เพื่อก่อให้เกิดความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
2. แผ่นกระดาษอัดที่เตรียมได้ มีสมบัติที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้
3. นำไปสู่การใช้งานของกาวที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ของประเทศไทย
4. เป็นการริเริ่มผลิตกระดาษและสามารถเพิ่มมูลค่ากระดาษที่ผ่านการใช้งานแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กาว[1 - 2]

สารเคมีอีกประเภทหนึ่งที่อยู่ใกล้ตัวเราและจำเป็นต้องพึ่งพาโดยนำมาใช้ประโยชน์ในการประกอบกิจการงานต่างๆ คือ กาว ซึ่งหมายถึงสารที่ใช้สำหรับยึดเหนี่ยวผิวหน้าของวัสดุสองชิ้นให้สามารถยึดติดกันได้โดยมีความแข็งแรงของวัสดุที่เชื่อมยึดกันเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในงานต่างๆ ตามต้องการ แม้ว่าในบางครั้งเราอาจจะไม่ได้เป็นผู้ที่ใช้กาวในการปฏิบัติงานโดยตรง แต่ก็เป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เป็นผลผลิตจากความจำเป็นในการใช้กาวเป็นสารเชื่อมยึดประกอบขึ้นมา ได้แก่ เครื่องใช้ในสำนักงาน เครื่องเรือน วัสดุตกแต่งบ้าน เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ไม้ต่างๆ เป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ต้องใช้กาวในการยึดติดเป็นส่วนใหญ่ เช่น เครื่องเรือนไม้ ทั้งประเภทเครื่องเรือนจากไม้จริง (Solid wood) และจากไม้ประกอบ (wood composites) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ประกอบ เช่น แผ่นชั้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นไม้อัด แผ่นไม้บางประสาน และไม้ประสาน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้กาวมากที่สุด

2.1.1 ประเภทของกาว

กาวแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. กาวธรรมชาติ (Natural adhesives)

กาวธรรมชาติส่วนใหญ่ได้จากพืช เช่น ยางเหนียวของต้นไม้ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งมันฝรั่ง หรือจากสัตว์ เช่น กาวที่ผลิตขึ้นจากหนังและกระดูกสัตว์ ซึ่งโดยปกติกาวที่ได้จากธรรมชาติจะมีความแข็งแรงและความต้านทานน้ำต่ำกว่ากาวที่ได้จากการสังเคราะห์

2. กาวสังเคราะห์ (Synthesis adhesives)

เป็นกาวที่ผลิตจากพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตและเทอร์โมพลาสติก ซึ่งกาวประเภทเทอร์โมเซตจะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวหรือละลายได้อีก หลังจากได้รับการอบด้วยความร้อนแล้ว แต่กาวประเภทเทอร์โมพลาสติกสามารถทำให้อ่อนได้อีก โดยการให้ความร้อนอีกครั้ง หรือด้วยตัวทำละลาย

2.1.2 กาวติดกระดาษ

กาวที่เหมาะสมสำหรับกระดาษ ได้แก่ กาวใส กาวลาเท็กซ์ และกาวยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กาวใส มีส่วนประกอบหลักคือ น้ำและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (poly(vinylalcohol), PVA) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ (synthetic polymer) ที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นสายโซ่ตรงยาวๆ หากสังเกตที่โครงสร้างทางเคมีของกาวชนิดนี้จะเห็นว่า มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH group) ติดอยู่กับโครงสร้างหลักของสายโซ่พอลิเมอร์อยู่มาก จึงทำให้พอลิเมอร์ชนิดนี้ละลายน้ำได้ดี อนุภาคของพอลิเมอร์ในสารละลายมีขนาดเล็กมากคือมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10^{-4} เซนติเมตร ซึ่งแสงสามารถส่องผ่านสารละลายได้ ทำให้กาวมีลักษณะเป็นของเหลวใส

2. กาวลาเท็กซ์ มีส่วนประกอบสำคัญคือ พอลิไวนิลอะซิเตต (poly(vinyl acetate), PVAc) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์อีกชนิดหนึ่งที่มีสายโซ่ยาว แต่ละลายน้ำได้ไม่คืนัก เมื่ออยู่ในน้ำจึงอยู่ในลักษณะของสารอิมัลชัน (emulsion) คือเป็นอนุภาคเล็กๆ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10^{-7} - 10^{-4} เซนติเมตร กระจายอยู่ทั่วไปในน้ำ ขนาดของอนุภาคในสารอิมัลชันมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะทำให้แสงส่องผ่านไปได้ ดังนั้นเมื่อมีแสงตกกระทบกับอนุภาคของกาวจึงเกิดการหักเหและสะท้อนกลับทำให้กาวลาเท็กซ์มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนมหรือน้ำยางซึ่งมีอนุภาคเล็กๆของโปรตีน และเนื้อเยื่อกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำตามลำดับเช่นกัน แต่เมื่อกาวลาเท็กซ์แห้งก็จะมีลักษณะใสเหมือนกาวใส

3. กาวยาง มีทั้งจากยางสังเคราะห์และจากยางธรรมชาติ ซึ่งถ้าเป็นกาวจากยางสังเคราะห์ส่วนมากจะเป็นการนำเข้ามา แต่ถ้าเป็นกาวจากยางธรรมชาติยังมีการผลิตน้อยรายในประเทศ

2.1.3 กาวติดไม้

กาวสังเคราะห์ที่ใช้ในงานไม้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ

1. กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermo-setting resins) เป็นกาวที่ได้รับความร้อนจะแปรสภาพเป็นแผ่นแข็งที่ไม่สามารถหลอมละลายได้อีก

2. กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (Thermo-plastic resins) หรือร้อนเหลว (hot-melts) ต้องให้ความร้อนจึงกลายเป็นสารยึดติดเมื่อเย็น

1. กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermosetting Resins)

เป็นกาวที่ได้รับความร้อนจะแปรสภาพเป็นแผ่นแข็งที่ไม่สามารถหลอมละลายได้อีก เป็นกาวเรซินที่แข็งตัวโดยการทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิดเป็น โมเลกุลที่มีโครงสร้างสามมิติกลายเป็นของแข็งในเวลาเดียวกันกับเกิดการยึดติดกับ ไม้ กาวชนิดนี้แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ก. กาวเรซินชนิดที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับยูเรีย เมลามีน ฟีนอลหรือสารอื่น
- ข. กาวชนิดที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างแทนนินกับฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์
- ค. กาวเรซินชนิดไอโซไซยานาต
- ง. กาวอีพอกซี

1.1 กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (UF, Urea Formaldehyde)

กาวชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีการใช้กันมารวม 60 กว่าปีแล้ว เป็นกาวที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เริ่มจากใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกับยูเรียให้ความร้อนในส่วนผสมที่เป็นด่างทำให้เกิดเมทิลยูเรียแต่ยังไม่เป็นกาวแล้วทำปฏิกิริยาในส่วนผสมที่เป็นกรด จึงหยุดปฏิกิริยาโดยเติมด่างให้มีสภาพเป็นกลาง จากนั้นทำการกำจัดน้ำออกจากส่วนผสมที่มากขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาควบแน่น จนได้ส่วนผสมกาวที่เข้มข้นหรือจะระเหยน้ำต่อไปจนได้เป็นผง โดยนำกาวเข้มข้นไปพ่นผ่านรูเล็กๆ ในปล่องความร้อนที่ให้ความร้อนสูงถึง 200 องศาเซลเซียส กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีการจำหน่ายกันทั้งในสภาพของเหลวและเป็นผง สำหรับชนิดผงมีแบบถุงเดี่ยวและแบบ 2 ถุง โดยแบบถุงเดี่ยวจะมีการผสมสารเร่งแข็งด้วย ส่วนแบบ 2 ถุง ก็จะแยกเป็นถุงกาวผงยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 1 ถุง อีกถุงหนึ่งก็จะเป็นสารเร่งแข็งที่อาจจะผสมสารเพิ่มอื่นได้ด้วย เช่น แป้งสาลี แป้งอื่นๆ หรือ ผงดินขาว (kaolin) หรือเคลเซียมซัลเฟต การเตรียมกาว โดยนำกาวผงหลักหรือกาวน้ำ มาผสมกับน้ำแล้วผสมกับสารช่วยให้กาวแข็งตัว (hardener) เมื่อเข้ากัน ได้ดีแล้ว จึงนำไปทาบนผิวไม้ที่จะทำการยึดติด สารช่วยให้กาวแข็งตัวจะมีสภาพเป็นกรด ซึ่งจะปรีเริ่มให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยง โดยมีการให้ความร้อนกับแนวกาวเป็นตัวเร่งให้แข็งตัวยิ่งขึ้น สารช่วยให้กาวแข็งตัวที่ใช้กับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ควรเป็นชนิดกรดอ่อนมากๆ เนื่องจากหากใช้กรดแก่จะทำให้ผิวไม้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเป็นผลให้แนวกาวเสียหาย การลดการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์จากผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ควรลดสัดส่วน โมลของฟอร์มัลดีไฮด์ต่อยูเรีย (F:U) ในการสังเคราะห์กาวเรซินจาก 1.8:1 หรือ 2.0:1 ให้ต่ำกว่า 1.6:1 หรือในบางกรณีต่ำถึง 1.2:1 การใช้สัดส่วน โมล F:U ต่ำๆ นอกจากจะทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการสังเคราะห์เรซินแล้ว กาวที่ได้จะต้องใช้ระยะเวลาในการทำให้แข็งตัวนานขึ้นด้วย และยังทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดมีแนวโน้มต่ำลง ความต้านทานความชื้นลดลง ระยะเวลาการเก็บรักษา (ความเสถียร) ลดลง การลดสารฟอร์มัลดีไฮด์ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในการปฏิบัติงานนั้นสามารถทำได้โดยเติมสารเพิ่มอื่น

เช่น ยูเรีย เมลามีน แทนนิน โซเดียมไดซัลไฟด์ และกรดอินทรีย์อย่างอ่อนๆ แต่ก็จะทำให้การเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนเวสหรือการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า กงทนต่อน้ำและอุณหภูมิที่สูงขึ้นต่ำลง ซึ่งก็จะไม่แนะนำให้ใช้ในการต่อไม้ที่ต้องใช้ในที่ๆ มี

ความชื้นและมีความร้อน กาวเรซินยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีการใช้โดยทั่วไปในการผลิตแผ่นไม้อัด แผ่นพาร์ทิเคิล แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard ,MDF) แผ่น ใยไม้ระแนงและนิยมใช้กันมากในการปิดผิวไม้บางบนงานเครื่องเรือน แต่ก็ต้องระมัดระวังว่าเป็น กาวที่เหมาะสมการใช้งานเพียงพอนทนทานต่อความชื้นแต่ไม่ต้านทานน้ำ

1.2 กาวเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ (MF, Melamine Formaldehyde)

เป็นกาวที่คล้ายคลึงกับกาว UF มีการนำมาใช้หลังกาว UF ประมาณ 20 กว่าปี กาว UF และ MF เกิดจากการทำปฏิกิริยาของส่วนอะมิโน (amino) กับสารฟอร์มัลดีไฮด์ ภายใต้อุณหภูมิและความร้อนกับสารละลายผสมที่เหมือนกัน แต่ฟอร์มัลดีไฮด์ใน MF จะทำปฏิกิริยารวดเร็วกว่าใน UF ด้วย เหตุนี้การทำกาว MF จึงมีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ที่น้อยกว่ากาว UF กาว UF และ MF ใช้สารช่วยให้แข็งตัวที่เหมือนกัน แม้แต่สารเติมและสารเพิ่มก็จะใช้สารเหมือนกัน ลักษณะของ กาว จะเป็นกาวขาวใส เหมือนกัน ซึ่งก็จะทำให้เนวกาวที่ใส กาว MF จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่ทำให้ แข็งตัวที่สูงกว่า UF แต่มีความต้านทานน้ำและอุณหภูมิที่สูงได้ดีกว่า ข้อเสียคือกาว MF มีราคาสูง ซึ่งสูงกว่าราคากาว UF ถึง 4-5 เท่า จึงมีการนำมาผสมกับกาว UF เพื่อลดต้นทุนลงเรียกว่า MUF glues ซึ่งคุณสมบัติของกาว MUF ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการผสมระหว่างกาว MF และกาว UF ยกตัวอย่างเช่น สัดส่วนการผสมของกาว MF ต่อ UF = 40:60 ก็จะช่วยปรับปรุงความต้านทานต่อ สภาพะร่งในการบ่มรุนแรงได้อย่างเห็นได้ชัด กาวเมลามีนมักนิยมใช้ในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล บอร์ด (PB) ที่มีคุณสมบัติพิเศษ โดยเฉพาะการต้านทานต่อความชื้นและสภาพปนฟ้าอากาศร้อน ของแผ่น MDF กาวเมลามีน ยังมีการใช้ในการต่อไม้ที่ต้องการใช้ในงานในสภาพที่เปียกชื้นด้วย

1.3 กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (PF, Phenol Formaldehyde)

กาวเรซิน PF มีการผลิตใช้ก่อน UF และ MF เรซิน แต่กลับนำเข้ามาใช้ในงานไม้ในราว ปี ค.ศ.1930 มีการใช้กันมากในการผลิตแผ่นไม้อัดชนิดใช้งานในทะเล (Marine Plywood) แผ่นใยไม้ อัด (Fiberboard, FB) และแผ่นเกล็ดไม้อัดเรียงชั้น (Oriented Strand Board, OSB) สำหรับใช้งาน ในการก่อสร้าง กาว PF มี 2 ชนิด คือ รีโซล (Resoles) และ โนวอลาค (Novolacs) กาว PF ชนิด Resoles เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับฟีนอล ในสารละลายต่าง Resoles ต้องใช้ อุณหภูมิในการแข็งตัวที่สูงและได้เนวกาวที่มีความต้านทานน้ำ ความร้อนและเชื้อรา เป็นชนิดที่ใช้ ในการผลิตแผ่นบอร์ด เช่น ไม้อัด , PB , MDF สำหรับกาว PF ชนิด Novolacs ตั้งคราะห์ขึ้นใน

สถานะที่เป็นกรดและมีสัดส่วนของฟอร์มัลดีไฮด์ต่ำ หากจะต้องทำให้เป็นกาวอัดร้อนจะใช้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Hexamethylene Tetramine ผสม ส่วนใหญ่ใช้งานประดิษฐ์กรรมไม้เพื่อผลิตชิ้นงานที่พิเศษใช้

ผลิต Wafer board ชนิดพิเศษและใช้ในการผลิต densified wood ซึ่ง Densified wood ผลิตโดยการนำไม้บางคล้ายกับการทำไม้อัด แต่แทนที่จะทากาวบนไม้บางระหว่างชั้นไม้บางก็ใช้ไม้บางแช่ impregnate อัดกาวในสารละลายกาวแล้วปล่อยให้กาวไหลออก จากนั้นนำมาเรียงประกบกันตามความหนาที่ต้องการและอัดด้วยแรงดันสูงมากเพื่อลดความหนาและได้ไม้เพิ่มความแน่นที่มีสมบัติทนทานต่อการสึกหรอได้ดีมาก

1.4 กาวฟีนอล-เรซอซินอล ฟอรั่มัลดีไฮด์ (P-RF, Phenol-Resorcinol Formaldehyde)

P-RF resins ผลิตโดยการเติม resorcinol ผสมในกาว resole ที่ระยะสุดท้ายของการสังเคราะห์ เป็นกาวสีน้ำตาลเข้มใช้ในการผลิตคานไม้ประสาน (laminated beams) โดยมีข้อดี 2 ลักษณะคือ มีความต้านทานน้ำและมีความไวในการทำปฏิกิริยา ซึ่งหมายความว่าสามารถใช้เป็นกาวที่อุณหภูมิต่ำมากๆ บางครั้งต่ำถึง 5 องศาเซลเซียส โดยใช้ paraformaldehyde เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) และรอยต่อไม้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และมักนิยมใช้ผงไม้ผสมในกาวเพื่อปรับปรุงสมบัติและเป็นการอุดช่องว่างไม้ในการติดไม้แปรรูป

1.5 กาวแทนนิน (Tannin Resins)

สารแทนนินเป็นสารฟีนอลประเภทหนึ่งตามธรรมชาติเกิดอยู่ในเนื้อไม้และเปลือกไม้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะในเปลือกไม้โอ๊กและวอตเติล เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างแทนนินทำปฏิกิริยากับ PF resin การใช้งานกาวแทนนินยังไม่แพร่หลายนัก แต่ก็มีมีการนำไปใช้ในบางประเทศเพื่อผลิต PB และ MDF ซึ่งจะทำให้มีความต้านทานความชื้นได้ดี

1.6 กาวไอโซไซยาเนต (Isocyanate Resins)

กาวไอโซไซยาเนต แม้ว่าจะถูกใช้เป็นการ casting resins และตัวกลางของสี (paint media) ตั้งแต่ราวปี ค.ศ.1950 แต่ทางด้านงานไม้กลับมีการใช้กันน้อยหรือไม่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้เลย จนถึงปี ค.ศ.1975 ปัจจุบันถูกใช้ในการผลิต PB, MDF และ OSB เมื่อต้องการชิ้นงานที่มีความทนทานสูง โดยจะเกิดการยึดเหนี่ยวทางเคมีกับ ลิกนินและเซลลูโลสในไม้ มีราคาสูงแต่เมื่อเทียบปริมาณการใช้ในการผลิต PB แล้วใช้ในปริมาณที่ต่ำและถูกพิสูจน์ว่าคุ้มค่า เช่น เนื่องจากการยึดเหนี่ยวแบบธรรมชาตินี้จะช่วยลดการใช้ไม้วัตถุดิบได้ถึง 15% โดยจะให้ความแข็งแรงทางกลที่ระดับเดียวกัน

1.7 กาวเรซินอีพอกซี (Epoxy Resins)

อีพอกซี เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง bisphenol-A กับ epichlorohydrin ได้เป็นเรซินที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

นำหน้ากันโมเลกุลต่างๆกัน จึงมีคุณสมบัติต่างกันไป สารหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นสารเร่งแข็ง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีแต่แบบลงเนื้อหาและต้องอยู่เบื้องหน้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(สารทำให้แข็งตัว) แต่ที่ใช้กันมากแพร่หลายในขณะนี้คือ พอลิเอไมด์ ซึ่งอีพอกซีเรซินจะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องโดยใช้แรงดันอัดข้อต่อไม้เล็กน้อย มีสมบัติในการอุดช่องว่างได้ดี หากใช้ในงานไม้จะใช้อีพอกซีที่เป็นของเหลวน้ำหนักโมเลกุลต่ำและไม่ใส่ตัวทำละลายอื่น ซึ่งจะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาแบบรวมตัว (addition reaction)

2. กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (Thermoplastic Resins) หรือร้อนเหลว (hot-melts)

กาวชนิดนี้ต้องให้ความร้อนก่อน จึงกลายเป็นสารยึดติดเมื่อเย็น

2.1 กาวเรซินพอลิไวนิลอะซิเตต (PVAc resin)

PVAc นี้โดยปกติให้อยู่ในรูปอิมัลชัน แม้ว่าจะแข็งตัวโดยการใช้ความร้อนบ้าง แต่ก็ยังคงอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงๆ สามารถถูกปรับปรุงให้มีความเหนียวหรือต่ำ แข็งหรือยืดหยุ่นได้ (rigidify or flexibility) และย้อมสีหรือใส่รงควัตถุเพื่อให้เกิดสีอะไรก็ได้ เป็นกาวที่มี 2 แบบ ที่ใช้ใน งานไม้คือ

1) แบบโซโมพอลิเมอร์ ซึ่งจะอ่อนตัวทันทีเมื่อได้รับความร้อน

2) แบบโคพอลิเมอร์ ซึ่งจะมีการใช้สารเร่ง (catalyst) เพื่อการยึดเหนี่ยวทำให้มีความต้านทานน้ำและความร้อนดีขึ้น แป้งข้าวโพดหรือแป้งชนิดอื่น สามารถเติมลงไปผสมเพื่อเพิ่มความเหนียวและป้องกันไม่ให้กาวเสื่อมออกจากข้อต่อหรือผ่านทะลุ pores ของไม้บางออกมา สารเติมจำพวกแร่ธาตุ (Mineral fillers) ก็มีการนำมาใช้แต่ต้องระมัดระวังอย่าให้โดนหรือใช้กับวัสดุที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะลดการแข็งตัวของกาวลง การผสมเกลือโลหะ (metallic salts) เช่น โครเมียมหรืออลูมิเนียมไนเตรท จะปรับปรุงให้การต้านทานน้ำดีขึ้น แต่ก็จะทำให้อายุการใช้งานของกาว (pot life) สั้นลง การเติม UF และ MF และ ไอโซไซยาเนตเรซิน ก็จะช่วยปรับปรุงสมบัติของกาวได้ กาว PVAc ใช้กันแพร่หลายสำหรับการติดไม้บาง การติดกระดาษ และ PVC foils กับ แผ่น PB, hardboard และ MDF และสำหรับการประกอบตู้โต๊ะ เป็นต้น

2.2 กาวร้อนเหลวชนิด EVA (EVA Hot-Melts)

กาว Ethylene vinyl acetate เป็นส่วนผสมของ EVA resin ซึ่งเป็นตัวหลักในการเกิดการยึดติด (adhesion) และการแตะติด (tack) และตัวอุดพวกแร่ธาตุ (mineral filler) เพื่อเป็นตัวเสริมการยึดจับ (cohesion) และอุดรูของกาวและยังช่วยลดต้นทุนด้วย นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของซีฟิ่งเล็กน้อย เพื่อควบคุมอัตราเร่งการแข็งตัวและยังมี anti-oxidant เพื่อใช้ลดแนวโน้มการเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์

ในหม้อต้มกาวที่ร้อน การผลิตเริ่มโดยการใส่เรซิน สารตัวเติมและสารแอนติออกซิแดนต์ลงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เครื่องผสมแบบ Z-blade ที่ร้อน ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้บาดและตัดเรซินร้อน เพื่อให้แน่ใจว่าผสม ได้ทั่วถึงไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบูรณ์ ทันทีที่ส่วนผสมเข้ากันได้ดีส่วนผสมอื่นที่เหลือถูกเติมและผสมคลุกต่อไปอีก 30 นาที หลังจากนั้นส่วนผสมทั้งหมดจะถูกเทสู่โต๊ะเย็นที่จัดทำขึ้นให้กาวแข็งตัวก่อนจะทำการตัดเป็นเม็ดๆ หรืออัดรีด (extrude) ออกมาเป็นเม็ดหรือรูปร่างต่างๆ ขนาดต่างๆ ตามต้องการ รูปร่างของกาวเป็นสิ่งสำคัญมากในการนำไปใช้เพื่อให้แน่ใจว่าได้รับความร้อนที่เร็วในการตากาว สำหรับการติดขอบ (edge-bander) โดยปราศจากการเกิดการเสื่อมสภาพของกาวจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เม็ดกาวมักจะถูกละเล็ดด้วยแป้ง talc เพื่อป้องกันการจับเป็นก้อนในถุง เครื่องอัดรีด (extruders) มีการใช้สำหรับการผสมด้วยเหมือนกัน และสามารถผลิตกาวในลักษณะต่อเนื่อง ซึ่งช่วยให้สามารถทำเป็นเม็ดๆ ได้ง่ายขึ้นมาก อย่างไรก็ตามการผสมด้วยเครื่องอัดรีดอาจไม่ดีเท่ากับการผสมด้วย Z-blade Mixer เนื่องจากการผสมของส่วนผสมต่างๆ ไม่ละเอียดเหมือน Z-blade Mixer แต่นิยมใช้ในการผสมเบื้องต้นก่อนนำไปผสมต่อด้วย Z-blade หรือ blender อื่นเพื่อให้การผสมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โครงสร้างพื้นฐานของ EVA polymer อาจจะมีปริมาณ Vinyl acetate สูง, ปานกลาง, ต่ำ หากมี acetate ในปริมาณสูงจะทำให้คุณสมบัติเกิดการยึดเหนี่ยวเข้ากันได้ดีกับสารเติมอื่น มีระยะเวลาก่อนประกบ (open time) ให้นานขึ้น มีความต้านทานความร้อนต่ำลง ละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น กาวร้อนเหลว EVA นี้ นิยมใช้กันมากถึง 80% ในการติดแถบขอบของแผ่นไม้และมีการใช้กันบ้างในการประกบติดไม้ โดยเฉพาะในการใช้ระบบกาวคู่ร่วมกับกาว PVAc ในระบบนี้กาวร้อนเหลวจะใช้เพื่อยึดข้อต่อหรือส่วนที่ต้องการเชื่อมยึด ในขณะที่กาว PVAc แข็งตัวและเป็นแรงยึดเหนี่ยวหลัก

2.3 กาวพอลิเอไมด์ (Polyamide Resins)

มีการใช้ในปริมาณน้อย ส่วนใหญ่สำหรับการติดขอบที่ต้องการความต้านทานสูงต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น กาวชนิดนี้คล้ายในลอนและเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันพอลิเมอร์ (fatty acid polymers) กับไดอะมีน (diamine) ถ้าหากต้องการนำมาใช้งาน เนื่องจากจุดหลอมเหลวจะสูงมากและง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งอาจทำให้สมบัติการยึดติดเสียไป ดังนั้นในบางครั้งจึงมีการใช้เครื่องตากาวภายใต้สภาวะของก๊าซไนโตรเจน กาวพอลิเอไมด์มีการใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาสำหรับการติดขอบแต่ไม่แพร่หลายในประเทศอื่น เนื่องจากมีราคาแพงกว่า EVA และพอลิยูรีเทนหลายเท่าตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กาวพอลิโอเลฟิน (Polyolefines)

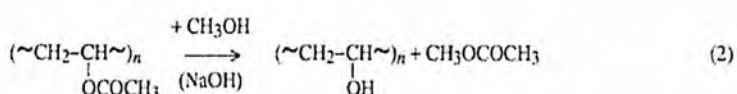
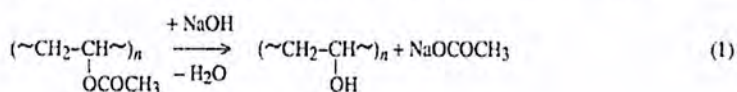
ใช้งานน้อยในอุตสาหกรรมไม้ เนื่องจากมีสมบัติการยึดติดไม่ดี กาวชนิดนี้เป็นส่วนผสมของพอลิพรอพิลีน พอลิเอทิลีน และเรซินอื่นๆ อาจใช้สำหรับงานติดขอบไม้ มีสมบัติที่ด้อยกว่ากาวพอลิเอไมด์ แต่ราคาถูกกว่า

2.5. กาวเรซินพอลิยูรีเทน (Polyurethane Resins)

กาวเรซินร้อนเหลวพอลิยูรีเทน (Polyurethane hot melt resins) ที่ใช้ในการติดแถบขอบจะมีลักษณะการใช้งานและผลิตภัณฑ์คล้ายกับกาวร้อนเหลวเดิม แต่จะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศและวัสดุที่ต้องการติดเกิดเป็นแนวกาวที่มีสมบัติคล้ายกับการเกิดจากกาวชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermo-setting resins) กาวเรซินพอลิยูรีเทน เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างไดออล (diol) กับไดไอโซไซยานเนต (diisocyanate) เกิดเป็นโครงสร้างร่างแหที่มีหมู่วงไวสูงที่จะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลต่อไป การใช้งานจะใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า EVA เรซิน คือประมาณ 100-140 องศาเซลเซียส ต้องป้องกันความชื้นในการเก็บและระหว่างการใช้ ซึ่งอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ปิดภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจน การใช้งานจะใช้เฉพาะที่ต้องการใช้งานที่มีการยึดเหนี่ยวสูง เช่น เมื่อต้องการติดกาวตรงรอยแตกของประตูกันไฟ ซึ่งมีราคาสูงประมาณมากกว่า 6 เท่าของ EVA แต่ก็คุ้มค่าหากใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูง ในบางกรณีใช้ติดแถบขอบโดยไม่ใช้ nitrogen blanket โดยเครื่องจ่ายกาวจะจ่ายกาวร้อนเหลวบนผิวที่จะติดกาว ทันทีที่แผ่นถูกทากาวแล้ว ด้านหน้าของเครื่องจ่ายกาวจะปิดโดยมีแผ่นเลื่อนมาปิดเพื่อป้องกันกาวจากการสัมผัสกับอากาศหรือความชื้น

2.2 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ [3 - 5]

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ โดยเตรียมจากพอลิไวนิลอะซีเตต เนื่องจาก ไวนิลแอลกอฮอล์มอนอเมอร์ ($\text{CH}_2=\text{CHOH}$) ไม่เสถียร สามารถเกิด tautomerize ไปเป็น อะเซตัลดีไฮด์ (CH_3CHO) ได้ง่าย ดังนั้นจึงไม่นิยมเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากพอลิเมอร์เชชันของไวนิลแอลกอฮอล์มอนอเมอร์โดยตรง โดยจะเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส หรือปฏิกิริยามาทาโนไลซิสของพอลิไวนิลอะซีเตต ดังสมการที่ 1 และ 2



รูปที่ 2.1 การสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย
และปฏิกิริยามาทาโนไลซิส (2) จากพอลิไวนิลอะซีเตต

2.2.1 สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นเทอร์โมพลาสติกประเภทพอลิโอเลฟิน เป็นผงสีขาวจนถึงครีม มีสมบัติพิเศษคือ สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีชีวภาพ และตัดไฟได้คล้ายกระดาษ นอกจากนี้ยังสามารถละลายในน้ำได้ มีหลายเกรดตามความหนืดซึ่งขึ้นอยู่กับดิกิริของพอลิเมอไรเซชัน และเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ไฮดรอกซิล สามารถละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลลดลง แต่ความแข็งแรง การดึงยึด ความทนต่อการฉีกขาด และโค้งงอดีขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้น สลายตัวในน้ำและเกิดเป็นสารที่มีพันธะคู่ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้

การใช้งานของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1) อาศัยสมบัติการละลายในน้ำ เช่น ใช้เป็นสารข้น (thickening agent) ให้ระบบอิมัลชัน และระบบแขวนลอยต่างๆ ข้นขึ้น และใช้ทำแผ่นฟิล์มเคลือบกระดาษซึ่งมีความใสเหนียว และทนต่อการขีดข่วน

2) นำพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ไปทำปฏิกิริยาเคมีแบบเชื่อม โยงซึ่งจะไม่สามารถละลายได้ในน้ำ แล้วจึงนำมาใช้งาน ซึ่งพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ไม่ละลายในน้ำนี้สามารถดูดน้ำและความชื้นได้เป็นอย่างดี (ประมาณ 30% โดยน้ำหนัก) จึงใช้เป็นเส้นใยแทนฝ้ายได้ ฝ้ายที่ทำด้วยเส้นใยพอลิไวนิลแอลกอฮอล์นี้สวมใส่สบาย ซักง่าย ทนทานต่อการสึกหรอ และสามารถคงรูปได้เป็นอย่างดีที่ 230 °C

ตารางที่ 2.1 สมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

ชื่ออื่นๆ	Polyviol, Vinol, Alvyol, Alkotex, Covol, Gelvatol, Lemol, Mowiol
ลักษณะภายนอก	เม็ดสีขาวจนถึงครีม
ความหนาแน่น	1.19-1.31 g/cm ³
อุณหภูมิหลอมเหลว	230 °C
จุดเดือด	228 °C
จุดวาบไฟ	79.44 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ [6 - 11]

น้ำมันถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวมานานแล้ว แต่ในปัจจุบันการนำน้ำมันเพียงอย่างเดียวมาใช้เป็นสารยึดผิวมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตามยังมีการใช้น้ำมันเป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวบางชนิดเพื่อจุดประสงค์อย่างอื่น เช่น เพื่อเพิ่มความอ่อนตัวของฟิล์ม ทำให้ไม่เปราะ หรือเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติการละลาย เป็นต้น

น้ำมันที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวได้มาจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ น้ำมันพืช และน้ำมันจากทะเล ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำมันปลา

2.3.1 องค์ประกอบ

น้ำมันชักแห้งธรรมชาติเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์กล่าวคือ เป็นไตรเอสเทอร์ของกลีเซอรอลกับกรดไขมันดังนี้



ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ดังนั้น ถ้าไฮโดรไลซ์น้ำมัน จะได้กลีเซอรอลและกรดไขมัน

ไขมันก็จัดเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์เหมือนกัน แต่ไขมันต่างจากน้ำมันตรงที่ว่า อุณหภูมิห้องไขมันมีสถานะเป็นของแข็ง แต่น้ำมันมีสถานะเป็นของเหลว

2.3.2 กรดไขมัน

สมบัติของน้ำมันทั้งหลายขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้างโดยกรดไขมันจะมีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน กรดไขมันเป็นสารที่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) ต่อกับสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon chain) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 9 ถึง 22 อะตอม แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม

กรดไขมันแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1) กรดไขมันอิ่มตัว คือ กรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้าง คาร์บอนแต่ละตัวบนสายโซ่จะต่อกันด้วยไฮโดรเจนอย่างน้อย 2 ตัว เนื่องจากไม่มีพันธะคู่ ดังนั้นน้ำมันที่มีแต่กรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในโครงสร้างจะมีสมบัติไม่แห้งตัว ตัวอย่างของกรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ กรดสเตียริก กรดปาล์มมิก เป็นต้น โครงสร้างของกรดไขมันเหล่านี้แสดงไว้ดังตารางที่ 2.2

2) กรดไขมันไม่อิ่มตัว สายโซ่ไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป และตำแหน่งของพันธะคู่ของกรดไขมันแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันออกไป พันธะคู่ที่มีอยู่ในกรด

ไขมันมีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน เพราะปฏิกิริยาการแห้งตัวของน้ำมันเป็นปฏิกิริยาการคายน้ำที่ช้าลงและไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ตัวเติมและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างออกซิเจนกับพันธะคู่ของโมเลกุลน้ำมัน ยังมีพันธะคู่มากเท่าไร การแห้งตัวของน้ำมันก็จะยิ่งเร็วขึ้น นอกจากนี้ตำแหน่งพันธะคู่ก็มีผลต่อสมบัติการแห้งของน้ำมัน ถ้ามีพันธะคู่สลับเดี่ยวจะเกิดปฏิกิริยาและแห้งตัวได้เร็วกว่าพันธะคู่สลับห่าง

ตารางที่ 2.2 โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ

กรดไขมัน	ชื่อเคมี	โครงสร้าง
ปาล์มมิติก	Hexadecanoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
สเตียริก	Octadecanoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
โอเลอิก	9-Octadecanoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
ริซีโนลิก	12-hydroxyl-cis-9-Octadecanoic	$\begin{array}{c} \text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}_2)\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)\text{COOH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$
ลินอเลอิก	Cis-cis-9,12-Octadecadienoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
ลินอเลอิก	Cis-cis-9,12,15-Octadecadienoic	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
อิลีโอสเตียริก	9,11,13-Octadecatrienoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
ลิกานิก	4-keto-9,11,13-Octadecatrienoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=(\text{CH}_2)_4\text{CO}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
พารินาริก	9,11,13,15-Octadecatetraenoic	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

2.3.3 ชนิดของน้ำมันชักแห้งธรรมชาติ

อาจแบ่งน้ำมันตามสมบัติในการแห้งตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความไม่อิ่มตัวของกรดไขมัน เอกสารนี้เป็นเอกสารทึ่งงานวิจัยสำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติเหเนาไปเซประยชนดานการค้ำที่มีอยู่ในน้ำมันนั้นๆ โดยแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

ไม่วักรสแห้ง พึ่งต้น ยังพึ่งห้ามมีเพ็ดแต่ปลงเนอิต และต้องอั่งอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั่งที่มีกรนำไปใช้

1. น้ำมันแห้งเร็ว (Drying oil) แห้งตัวได้เร็วที่สุด คือ สามารถดูดออกซิเจนในอากาศ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นฟิล์มที่แห้งแข็ง ไม่ละลายในตัวทำละลายที่สามารถละลายน้ำมันได้ และไม่ยอมให้ความชื้นซึมผ่านได้ และมีความทนทานต่อสารเคมีด้วย น้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ 3 พันธะ ตัวอย่างเช่น น้ำมันลินสีด น้ำมันทัง เป็นต้น

2. น้ำมันแห้งช้า (Semi-drying oil) จะดูดออกซิเจนจากอากาศได้น้อย และเกิดเป็นฟิล์มที่แห้งช้ากว่าน้ำมันแห้งเร็ว กรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันชนิดนี้ จะมีพันธะคู่อยู่ 2 พันธะ น้ำมันชนิดนี้ ส่วนใหญ่นำมาใช้เป็นสารประกอบในอัลคิลเรซินที่ไม่ขึ้นเหลือง ตัวอย่างของน้ำมันแห้งช้าได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกคำฝอย เป็นต้น

3. น้ำมันไม่แห้ง (Non-drying oil) ไม่สามารถแห้งตัวได้ น้ำมันชนิดนี้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ มักใช้ประโยชน์เป็นพลาสติกไซเซอร์สำหรับเรซินที่ใช้เป็นสารยึดติดในแล็กเกอร์ ตัวอย่างน้ำมันไม่แห้งได้แก่ น้ำมันละหุ่ง เป็นต้น

2.3.4 การวิเคราะห์น้ำมัน (Analysis of oils)

ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันใดก็ตามก่อนที่จะนำมาใช้งานต้องตรวจสอบคุณภาพก่อน โดยทำตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น มาตรฐาน B.S. (British Standards) มาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) มาตรฐาน AOCS (American Oil Chemists Society) เป็นต้น สำหรับประเทศไทยก็มีมาตรฐาน มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) นำมาใช้ในการรับรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ

1. ค่าความเป็นกรด (Acid value)

นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการทำให้กรดอิสระเป็นกลางในน้ำ 1 กรัม

ค่าความเป็นกรด เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความเป็นกรดอิสระที่มีในน้ำมัน มีวิธีการหาดังนี้ ชั่งน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ละลายในตัวกลางที่เป็นกลาง (ไอโซโพรพานอล : โทลูอิน อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก) แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N KOH) ใช้ฟีนอล์ฟทาเลินเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาค่าความเป็นกรดโดยใช้สูตร

$$\text{ค่าความเป็นกรด} = \frac{56.1 \times \text{ความเข้มข้นของ KOH} \times \text{มิลลิกรัมของ KOH ที่ใช้}}{\text{น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมันที่ใช้}}$$

เอกสารฉบับนี้ได้รับรายละเอียดได้จาก ASTM D 1639 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Saponification value)

นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ต้องใช้ในการสะพอนิฟายเอสเทอร์ และสารอื่นๆที่สามารถเกิดสะพอนิฟิเคชันได้ในน้ำหนัก 1 กรัม

การหาค่าสะพอนิฟิเคชันทำได้โดยชั่งน้ำมัน เติมสารละลายแอลกอฮอล์โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำไปกลั่นไหลกลับ จนปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดเกลือมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.5 N (0.5 N HCl) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน เป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดสอบแบบลบล้างด้วย จำนวนโดยใช้สูตร

$$\text{ค่าสะพอนิฟิเคชัน} = \frac{(B-V) N \times 56.1}{S}$$

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบบลบล้าง

V คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ HCl

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1962

3. สารที่สะพอนิฟายไม่ได้ (Unaponifiable Matter)

สารเหล่านี้เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำมันแต่จะไม่เกิดเป็นสบู่ เมื่อให้ทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สารเหล่านี้จะละลายในตัวทำละลายน้ำมัน เช่น ปีโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น

การหาค่าสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ ทำได้โดยหลังจากนำน้ำมันไปทำสะพอนิฟิเคชันแล้วนำส่วนที่เหลือมาสกัดด้วยตัวทำละลายไขมัน ก็จะสามารถหาเปอร์เซ็นต์ของสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันได้

4. ค่าไฮดรอกซิล (Hydroxyl value)

เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีอยู่ในน้ำมัน นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สมมูลกับปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีในน้ำมันหนัก 1 กรัม

น้ำมันส่วนใหญ่ไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล ยกเว้นน้ำมันละหุ่งจะพบหมู่ไฮดรอกซิลในส่วนของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้างของน้ำมันคือ กรดริซิโนลินิก ถึง 90 %

การหาค่าไฮดรอกซิลสามารถทำได้โดยนำน้ำมันมาทำปฏิกิริยากับสารละลายของแอสติค
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แอนไฮไดรด์ในไพรีน จากปฏิกิริยาแอสติคแอนไฮไดรด์ที่มากเกินพอจะถูกไฮโดรไลซ์เกิดเป็นกรด
 ไม่มีการแก้ไข ฟังชั่น อีทีเอ็น ทีเอ็มทีดีทีบีเอสเอ็นเอที และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการแก้ไข

แอสติก ซึ่งสามารถหาปริมาณได้โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานแอลกอฮอล์โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1957

5. ค่าไอโอดีน (Iodine value)

เป็นการวัดปริมาณความไม่อิ่มตัวที่มีในน้ำมัน นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนเซนติกรัมของไอโอดีน ที่ถูกดูดโดยน้ำมัน 1 กรัม เช่น น้ำมันชนิดหนึ่งมีค่าไอโอดีนเท่ากับ 140 หมายความว่าน้ำมัน 100 กรัม จะทำปฏิกิริยาพอดีกับไอโอดีน 140 กรัม

การหาค่าไอโอดีน ทำได้โดยชั่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน นำมาละลายในตัวทำละลายเฉื่อย เช่น คลอโรฟอร์ม คาร์บอนเตตระคลอไรด์ แล้วเติมสารละลายที่มีหมู่ธาตุฮาโลเจนอิสระ ที่รู้ปริมาณแน่นอนลงไป เก็บไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์จะเกิดไอโอดีนออกมา นำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) โดยใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ (ทำการทดสอบแบลนด์ด้วย) โดยใช้สูตร

$$\text{ค่าไอโอดีน} = \frac{(B-V) N \times 12.69}{S}$$

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิลิตรของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลนด์

V คือ จำนวนมิลลิลิตรของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

2.3.5 น้ำมันทัง (Tung oil)

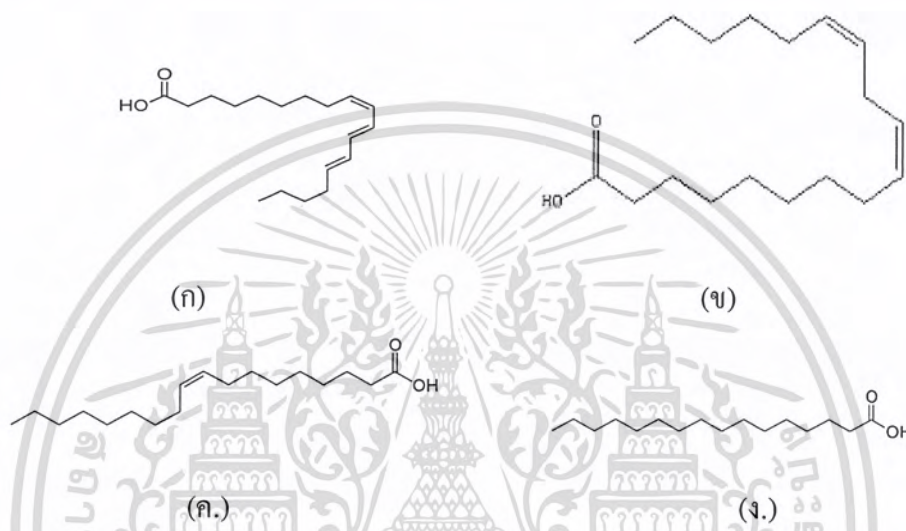
น้ำมันทังได้มาจากต้นทังซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vernicia montana* Lour. อยู่ในวงศ์ EUPHOBIAEAE อยู่ใน species *Aleurites* เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางสูง 10-20 เมตร ใบใหญ่กลม แฉก ก้านใบยาว ดอกออกที่ปลายกิ่ง กลีบดอกสีขาวอมชมพู เป็นช่อกระจกระจ ดอกดกแน่น ออกดอกช่วงกุมภาพันธ์ - มีนาคม เป็นผลช่วงเมษายน - พฤษภาคม ผลขนาดเท่าลูกมะนาว มีสันนูนแบ่งเป็น 3-4 พู เมล็ด 3-4 เมล็ดตามจำนวนพู เมล็ดใหญ่ มีกะลาหุ้มเนื้อในเมล็ด มีถิ่นกำเนิดอยู่ในหลายพื้นที่ จึงมีชื่อเรียกพืชชนิดนี้หลายชื่อตามถิ่นกำเนิด เช่น ในไทยเรียกว่ามะเขือเหลี่ยม หรือมะเขือหิน ประเทศอินเดียเรียกว่า Bengal nut ประเทศบราซิลเรียกว่า noguiera de Bancul และสายพันธุ์ที่กำเนิดในจีนชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า China wood oil tree ซึ่งมีประวัติการปลูกกว่า 1,000 ปี ตั้งแต่

ราชสมัยราชวงศ์ถัง (Tang Dynasty) โดยคำว่า “Tung” เป็นคำที่มาจากภาษาจีน หมายถึง “หัวใจ” ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้วงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า มาจากลักษณะของใบที่คล้ายรูปหัวใจนั่นเอง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.1 องค์ประกอบในน้ำมันทั้ง

1. Eleostearic acid เป็นกรดไขมันที่มีปริมาณมากที่สุดในน้ำมันทั้ง โดยมี 3 พันธะคู่ซึ่งอยู่ในระบบคอนจูเกตที่ตำแหน่ง 9-10 cis, 11-12 trans, และ 13-14 trans
2. Linoleic acid มีพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง แต่ไม่เป็นระบบคอนจูเกตกัน
3. Oleic acid มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง
4. Palmitic acid หรืออีกชื่อคือ hexadecanoic ซึ่งไม่มีพันธะคู่อยู่ในโครงสร้าง



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันทั้ง

(ก.) Eleostearic acid (ข.) Linoleic acid (ค.) Oleic acid (ง.) Palmitic acid

ตารางที่ 2.3 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันทั้ง

กรดไขมัน	ปริมาณ
Eleostearic acid	82.0%
Linoleic acid	8.5%
Palmitic acid	5.5%
Oleic acid	4.0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.2 สมบัติและการใช้งาน

น้ำมันทั้งสกัดมาจากต้นทั้ง (สายพันธุ์ *Aleurites fordii*) ซึ่งเป็นพืชที่มีในประเศจีน น้ำมันทั้งจัดว่าเป็นน้ำมันแห้งเร็ว (drying oil) เช่นเดียวกับน้ำมันลินสีด โดยมีสีเหลืองและมีกลิ่นเฉพาะตัว น้ำมันทั้งนิยมใช้ในการทำสี ใช้เป็นส่วนที่ใช้กันน้ำ หรือส่วนประกอบของปูนประอบต่อกระเบื้อง (caulk) ใช้เป็นส่วนประกอบในหมึกดำ (Indian ink) และยังใช้เป็นน้ำมันทาไม้ให้แววมัน (lustrous finish on wood) มีสมบัติที่แห้งเร็ว และเหนียว โดยพวกช่างทำไม้ถือว่าน้ำมันทั้งเป็นน้ำมันธรรมชาติสำหรับใช้กับไม้ที่ดีที่สุด ในเมืองจีนได้มีการนำมาใช้มานานหลายร้อยปีแล้ว

สมบัติพิเศษของน้ำมันทั้งคือสามารถเกิดการพอลิเมอร์ไรซ์โดยตรงจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ไดอิน (diene synthesis) เนื่องจากน้ำมันทั้งมีกรด Eleostearic อยู่ในปริมาณสูง จะเกิดปฏิกิริยาได้เนื่องจากมีระบบคอนจูเกตในสายโซ่ น้ำมันทั้งมีการเชื่อมโยงที่เร็วกว่าน้ำมันลินสีด และจะมีความแข็งแรงมากกว่าด้วย เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันทั้งที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานๆ จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดเป็นเจล (gelation) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ น้ำมันทั้งจะดำหรือดำอุณหภูมิสูงมากๆ ก็อาจเกิดการติดไฟขึ้นได้ โดยทั่วไปน้ำมันทั้งดิบจะมีสมบัติดังต่อไปนี้

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ที่ 20°C 0.9375

ความชื้น และสิ่งเจือปน 0.01%

จุดวาบไฟ (Flash Point) 288.90°C

อุณหภูมิติดไฟโดยอัตโนมัติ (Autoignition Temp.) 457°C



(ก.)



(ข.)

รูปที่ 2.3 ผลและน้ำมันจากต้นทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้สอนและนักเรียนศึกษาเท่านั้น ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (ก.) ผลทั้งและเมล็ดทั้ง (ข.) น้ำมันทั้ง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 น้ำมันละหุ่ง (Castor Oil)

น้ำมันละหุ่งได้มาจากต้นละหุ่งซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ricinus communis* L. อยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae เป็นไม้พุ่ม สูง 1-4 เมตร ใบเดี่ยว รูปฝ่ามือกว้างและยาว 15-30 ซม. ดอกช่อ ออกที่ปลายยอด แยกเพศ อยู่ในช่อเดียวกัน ไม่มีกลีบดอก ผลแห้ง แตกได้ มี 3 พู เปลือกเมล็ดสีน้ำตาล มีหลายชนิด ขึ้นกับพันธุ์ละหุ่ง

2.3.6.1 องค์ประกอบในน้ำมันละหุ่ง

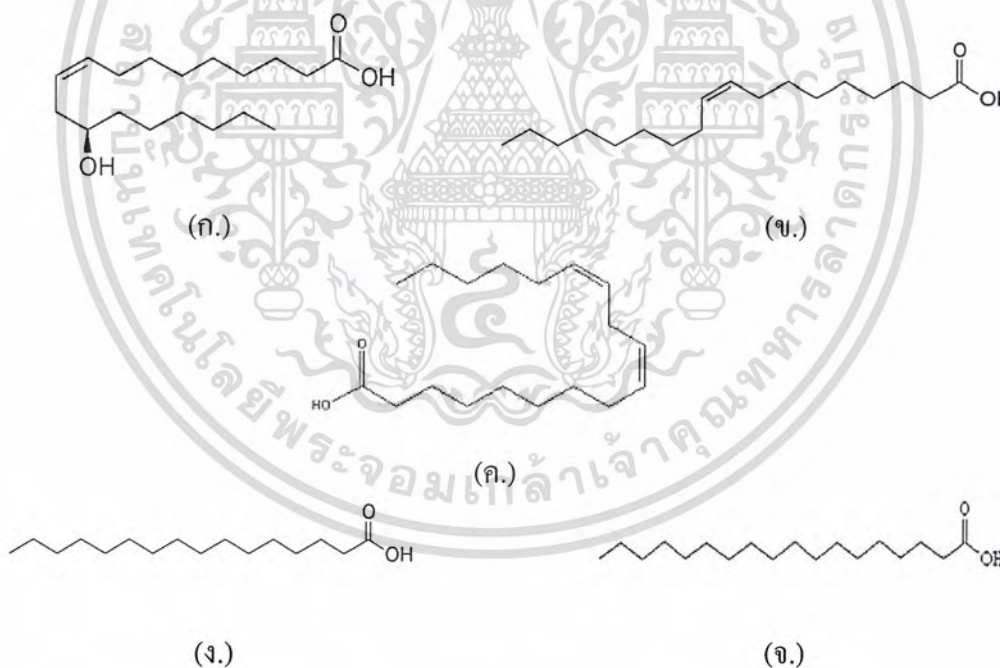
1. Ricinoleic acid มีคาร์บอน 18 ตัว มี double bond ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 และ 10 และมี hydroxyl group ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 12

2. Oleic acid มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง

3. Linoleic acid มีพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง แต่ไม่เป็นระบบคอนจูเกตกัน

4. Palmitic acid หรืออีกชื่อคือ hexadecanoic ซึ่งไม่มีพันธะคู่อยู่ภายในโครงสร้าง

5. Stearic acid เป็นกรดไขมันประเภทอิ่มตัว มีคาร์บอน 18 ตัว



รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันละหุ่ง

(ก.) Ricinoleic acid (ข.) Oleic acid (ค.) Linoleic acid

(ง.) Palmitic acid (จ.) Stearic acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันละหุ่ง

กรดไขมัน	ปริมาณ
Ricinoleic acid	86.0%
Oleic acid	6.0%
Linoleic acid	2.0%
Palmitic acid + Steric acid	2.0%

2.3.6.2 สมบัติและการใช้งาน

ปริมาณน้ำมันในเมล็ดละหุ่งมีค่าระหว่าง 40-60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของ ricinolein ที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันเป็น ricinoleic acid ($C_{17}H_{32}OH.COOH$) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีลักษณะเฉพาะทำให้น้ำมันละหุ่งสามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ ละหุ่งต้องการปริมาณธาตุอาหารและน้ำที่เหมาะสม เพื่อความสามารถในการสร้างน้ำมันที่สูง

คุณสมบัติของน้ำมันละหุ่ง เมล็ดละหุ่งประกอบด้วย ส่วนของเปลือกหุ้ม (hull) ที่ไม่มีน้ำมัน มีน้ำหนัก 20-25 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อใน (kernel) ซึ่งมีสีขาว มีน้ำมัน 60 –65 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นละหุ่งทั้งเมล็ดจึงมีปริมาณน้ำมัน 46-50 เปอร์เซ็นต์ ปกติภายในเมล็ดมีเอนไซม์ที่สามารถสกัดออกมาได้ด้วยอีเทอร์ เอนไซม์นี้จะย่อยน้ำมันให้เป็นกรดไขมันอิสระ โดยที่ปริมาณกรดไขมันอิสระเกี่ยวข้องกับคุณภาพของน้ำมัน น้ำมันละหุ่งมีสมบัติเป็นกรด มีค่า pH 4.7-5.0 เป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมเคมีและไม่สามารถหาน้ำมันชนิดอื่นมาทดแทน น้ำมันละหุ่งมีความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) และความหนืด (viscosity) สูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น มีสี water-white ถึง pale – straw

น้ำมันจากเมล็ดละหุ่งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีลักษณะเป็น non – drying type ซึ่งสามารถนำไปแปรรูปโดยกรรมวิธีทางเคมีเป็นสีทาบ้านและน้ำมันชักเงา และเนื่องจากมีความหนืดคงที่ในสภาพอุณหภูมิสูง จึงสามารถใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่นได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปทำน้ำมันไฮดรอลิก พลาสติก เครื่องสำอาง ผงซักฟอก ไนลอน โยสังเคราะห์อื่นๆ

นํ้ามันยูริเทนและยาล้างสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ตัวเร่งปฏิกิริยา [12 - 13]

2.4.1 หน้าที่และหลักการทำงาน

ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปในปฏิกิริยาแล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น หรือทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยที่ตัวเร่งปฏิกิริยาอาจจะมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาด้วยหรือไม่ก็ได้ แต่เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา ตัวเร่งเหล่านี้จะต้องมีปริมาณเท่าเดิมและสมบัติที่เหมือนเดิม การที่ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาให้ต่ำลง จึงทำให้มีโมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่าหรือเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์มีจำนวนมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้นแต่จะไม่ทำให้พลังงานของปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไป

2.4.2 *p*-toluene sulfonic acid (PTSA)



รูปที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลของ PTSA

p-toluene sulfonic acid เป็นกรดแก่ชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นของแข็ง สามารถละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์และตัวทำละลาย

ตารางที่ 2.5 สมบัติของ *p*-toluene sulfonic acid

สูตรโมเลกุล	$C_7H_8O_3S$
น้ำหนักโมเลกุล	172.20 g/mol
ความหนาแน่น	1.07 g/cm ³
จุดเดือด	116 °C
ค่าดัชนีหักเห	1.3825-1.3845

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ตัวริเริ่มปฏิกิริยา [14 - 15]

ตัวริเริ่มปฏิกิริยา แบ่งออกได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ อนุมูลอิสระ(radical) ไอออนบวก (cationic) และไอออนลบ (anionic) โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาเกิดผ่านกลไกแบบอนุมูลอิสระ

ตัวริเริ่มอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ คือ โมเลกุลเมื่อได้รับความร้อน รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า หรือปฏิกิริยาเคมี แล้วเกิดการสลายตัวแบบ homolytic fission เกิดเป็นอนุมูลที่มีความว่องไวแต่มีชีวิตยาวนานพอที่จะทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของมอนอเมอร์แล้วเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งสารเคมีที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระมีหลายชนิด ได้แก่ เปอร์ออกไซด์ (R-O-O-R) , เอโซ (R-N=N-R) หรือ เปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$)

2.5.1 Potassium persulfate (KPS)



รูปที่ 2.7 โครงสร้างโมเลกุลของ KPS

ชื่ออื่นๆ Peroxydisulfuric acid , dipotassium salt , Potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) เป็นสารประกอบเคมีที่ใช้ในเคมีอินทรีย์ เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาแบบอนุมูลอิสระ มีสมบัติทั่วไปดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 สมบัติของ Potassium persulfate

ลักษณะภายนอก	ผงสีขาว
ความหนาแน่น	2.48 g/cm ³
อุณหภูมิในการแตกตัว	100 °C
การละลายน้ำ	4.7 g/100g ของน้ำ
น้ำหนักโมเลกุล	270.32 g/mol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สารเพิ่มเนื้อ (Filler) [16]

2.6.1 ซิลิกา หรือซิลิกอนไดออกไซด์

ซิลิกา หรือ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวระหว่างซิลิกอนและออกซิเจน เป็นผลึกไม่มีสี หรือเป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส มีความถ่วงจำเพาะในช่วง 2.2-2.6 จุดหลอมเหลว 1170 องศาเซลเซียส ขึ้นกับรูปแบบของซิลิกา ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้เล็กน้อย ไม่ละลายในกรดทุกชนิดยกเว้นกรดไฮโดรฟลูออริก แต่สามารถละลายได้เมื่อหลอมกับด่างและรวมตัวกับออกไซด์ของโลหะส่วนใหญ่ได้ ไม่ลุกติดไฟที่สามารถหลอม ในทางการค้าซิลิกาเป็นแหล่งผลิตซิลิกอนและถูกใช้ในปริมาณมากในส่วนของวัสดุก่อสร้าง ใช้เป็นวัสดุเบื้องต้นในการผลิตกระจก แก้วน้ำและขวดแก้ว สายใยแก้วที่ใช้ในการโทรคมนาคมก็เป็นผลิตผลจากซิลิกาเช่นเดียวกัน และยังใช้เป็นวัสดุดิบแรกเริ่มในผลิตภัณฑ์จำพวกเซรามิกเช่น เครื่องปั้นดินเผา เครื่องหิน เครื่องลายครามและการผลิตพอร์ตแลนด์ซีเมนต์

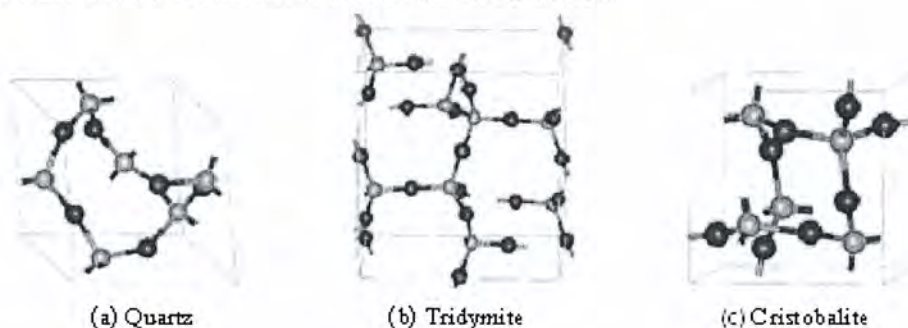
2.6.2 สมบัติทางเคมีของซิลิกา

ซิลิกามีสมบัติทางเคมีที่ค่อนข้างเสถียรที่อุณหภูมิปกติและไม่ทำปฏิกิริยาต่อสารเคมีหลายชนิด แต่อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่า ซิลิกาจะไม่ทำปฏิกิริยาใดๆเลย เพราะซิลิกาสามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ เมื่ออุณหภูมิสูงความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของซิลิกาจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของซิลิกา และสถานะของซิลิกาชนิดอสัณฐาน (Amorphous Silica) จะว่องไวมากกว่าผลึกซิลิกา (Crystalline Silica) เนื่องจากซิลิกาชนิดอสัณฐานมีพื้นที่ผิวมากกว่าผลึกซิลิกา

2.6.3 รูปแบบของซิลิกา

2.6.3.1 Crystalline Silica

ที่ความดันบรรยากาศ Crystalline Silica มี 3 รูปแบบ คือ Quartz ซึ่งเสถียรที่อุณหภูมิต่ำกว่า 870 องศาเซลเซียส Tridymite เสถียรที่อุณหภูมิประมาณ 870-1,470 องศาเซลเซียส และCristobalite เสถียรที่อุณหภูมิ 1,470 องศาเซลเซียส ถึงจุดหลอมเหลวที่ประมาณ 1,723 องศาเซลเซียส ซึ่งรูปแบบทั้งหมดมีโครงสร้างพื้นฐาน คือ SiO_4 Tetrahedral ซึ่งเชื่อมต่อกันกับออกซิเจนทุกอะตอม โดยเป็นการใช้ออกซิเจนร่วมกันระหว่างซิลิกอน 2 อะตอม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.8 รูปแบบของ Crystalline Silica ญาติหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 กระบวนการผลิตและการรีไซเคิลกระดาษ [17-18]

กระดาษทุกชนิดที่เราใช้ทุกวันนี้ส่วนใหญ่ผลิตจากเนื้อเยื่อของต้นไม้ และมีกระดาษหลายชนิดที่เมื่อใช้แล้วสามารถนำมาผลิตใช้ได้อีก เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษบันทึก กระดาษสำเนา กระดาษพิมพ์ดีด กระดาษคอมพิวเตอร์ บัตรรายการ และซองจดหมายสีขาว เป็นต้น

2.7.1 การผลิตเยื่อกระดาษ

การผลิตเยื่อกระดาษ สามารถเตรียมได้หลายวิธี ได้แก่

2.7.1.1 วิธีเชิงกล (Mechanical pulp)

เป็นวิธีการที่รวดเร็วและประหยัดที่สุด แต่ความยาวของเส้นใยจะลดลงในระหว่างกระบวนการแยกเยื่อ เยื่อเชิงกลจึงมักใช้ในการผลิตกระดาษคุณภาพต่ำ หรืออาจใช้ผสมร่วมกับเยื่อประเภทอื่นเพื่อลดต้นทุน

2.7.1.2 วิธีเชิงเคมี (Chemical pulp)

วิธีการนี้จะแยกลิกนินออกจากเส้นใยโดยใช้สารเคมีเป็นตัวละลายลิกนินออกมา สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่ สารจำพวกอัลคาไลน์ซัลเฟตและกรดซัลไฟต์ วิธีทางเคมีถือเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับเยื่อน้อยที่สุด เยื่อทางเคมีที่มีความแข็งแรงที่สุดเตรียมได้จากการสกัดด้วยสารพวกซัลเฟต ซึ่งรู้จักกันทั่วไปในชื่อว่า เยื่อกราฟท์ (Kraft pulp) ราคาของเยื่อกราฟท์สูงกว่าเยื่อเชิงกลประมาณ 2 เท่า

2.7.1.3 วิธีกึ่งเคมี (Semichemical pulp)

วิธีการนี้เยื่อกระดาษจะถูกย่อยบางส่วนด้วยสารเคมี แล้วนำไปผ่านกระบวนการเชิงกล

2.7.1.4 วิธีเชิงกลความร้อน (Thermomechanical pulp)

วิธีการนี้เนื้อไม้จะถูกทำให้อ่อนตัวลงโดยการให้ความร้อน แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการเชิงกล

2.7.2 การตีแยกเยื่อ

กลุ่มเส้นใยเซลลูโลสมักผ่านกระบวนการตีแยก (Refinement) เพื่อให้กระจายตัวออก ซึ่งจะทำให้ค่าความแข็งแรงฉีกขาด (Tear strength) และค่าการดูดซับ (Absorbency) ลดลง แต่ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) และค่าความต้านทานการเสียดสี (Resistance to rupture / Burst strength) เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

N. Pankul. [19] ศึกษาการปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด ในขั้นแรกเป็นการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตกับน้ำมันลินสีดด้วยการใช้เทคนิคพอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลาย โดยปรับเปลี่ยนปริมาณของน้ำมันลินสีด เพื่อศึกษาถึงผลของปริมาณน้ำมันลินสีดต่อสมบัติต่างๆของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน ในขั้นที่ 2 เป็นการเตรียมกาวโดยนำพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่เตรียมได้มาทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยานตเป็นกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน จากนั้นศึกษาผลของไดไอโซไซยานตที่แตกต่างกัน 2 ชนิดได้แก่ โทลูอินไดไอโซไซยานต (TDI) และเมทิลีนไดไอโซไซยานต (MDI) โดยทำการปรับอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ไอโซไซยานตกับหมู่ไฮดรอกซิลที่อัตราส่วนต่างๆ จากการทดสอบพบว่ากาวที่เตรียมจาก MDI มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและสมบัติความต้านทานน้ำสูงกว่า TDI และการเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ไอโซไซยานตต่อไฮดรอกซิล ทำให้กาวมีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงขึ้น กาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและสมบัติความต้านทานน้ำสูงกว่ากาวที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด โดยกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนที่มีปริมาณของน้ำมันลินสีด 15% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงที่สุด และได้พบว่าการปรับเปลี่ยนชนิดและอัตราส่วนของมอนอเมอร์ที่ใช้ในพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตมีผลต่อค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน

S.H. Imam และคณะ [20] ได้ศึกษากาวติดไม้ที่เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ผสมแป้ง และ Cymel 323 (hexamethoxymethylmelamine) โดยใช้กรดซิตริก (Citric acid) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงจากปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนหมู่เอสเทอร์ (Transesterification) ของหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่อยู่ในโมเลกุลแป้ง PVA และไม้ จะถูกแทนที่ที่ตำแหน่งหมู่เมทอกซี (methoxy) ของ Cymel 323 ทำให้เกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะอีเทอร์ระหว่างโมเลกุลของ Cymel 323 ที่มีวงแหวนเบนซีนอยู่ในโครงสร้างกับแป้ง PVA และไม้ จากนั้นนำกาวไปทาบบนไม้สนโดยใช้ไม้สน 3 ชิ้นประกบกัน ใช้กาว 130 กรัม/ตารางเมตร ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นนำไปอัดที่ความดัน 1.6 MPa ที่อุณหภูมิ 125-175°C นาน 15 นาที แล้ววางไว้ที่ห้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 50% RH นาน 6 เดือน จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็งแรงเฉือนตามมาตรฐาน

ASTM D-906-64 เมื่อนำค่าความแข็งแรงเฉือนระหว่างกาว 2 สูตรมาเปรียบเทียบกันโดย สูตรที่ 1 เป็นกาวที่ไม่ได้เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 และสูตรที่ 2 เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 พบว่ากาวสูตรที่ 2

เช่นกัน ซึ่งไม้ชนิดที่ 4 สามารถทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A5908 ทั้งหมด ยกเว้นการบวมตัวเมื่อแช่น้ำ (swelling test)

X. Gui-zhuan และคณะ [23] ได้ศึกษาสภาวะของการเกิดปฏิกิริยา transesterification ของน้ำมันทั้ง และเมทานอล โดยใช้ immobilize lipase NOVO435 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยสภาวะเหมาะสมที่ใช้คืออัตราการหมุน 200 รอบ/นาที อัตราส่วนระหว่างเมทานอลกับน้ำมันเป็น 2.2/1 อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาคือ 43°C และใช้ตัวเร่ง 14% ของน้ำหนักน้ำมันที่ใช้ หลังจากเกิดปฏิกิริยา 18 ชั่วโมงพบว่า 67.5% ของน้ำมันถูกเปลี่ยนไปเป็นเมทิลเอสเทอร์ (ตามทฤษฎีจะเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ 73.3%) lipase จะถูกกำจัดออกไปโดยตัวทำละลายอินทรีย์ และหลังจากเกิดปฏิกิริยาไปแล้วจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ น้ำมันทั้งจะถูกเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ลดลง 6% หลังจาก lipase ถูกใช้ไป 120 ชั่วโมง โดยตามทฤษฎีจะเติมเมทานอลลงไป 2 ครั้ง หลังจากปฏิกิริยาผ่านไป อีก 36 ชั่วโมงจะพบว่าถูกเปลี่ยนมาเป็นเอสเทอร์ 85% (จากทฤษฎีต้องเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ 100%) อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันทั้ง ปริมาณตัวเร่ง อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา และเวลาในการเกิดปฏิกิริยา สิ่งต่างๆเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

S. Yadav และคณะ [24] ได้ทำการสังเคราะห์ Poly (urethane fatty amide) (PULFA) โดยใช้เทคนิค one-shot ที่อุณหภูมิห้องจาก diol linseed fatty amide (DLFA) 1 โมล (DLFA เป็นมอนอเมอร์ที่ได้จาก aminolysis โดยเฉพาะจากน้ำมันลินสีดที่มี diethanolamine และ sodium methoxide ซึ่งใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา) และปรับเปลี่ยนอัตราส่วน toluylene-2,4(6)-diisocyanate (TDI 0.08-1.5 โมล) และ xylene ที่ปราศจากสายโซ่ตรงและตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณน้อย ในกระบวนการนี้ปกติจะใช้ phthalic acid/anhydride ในการสังเคราะห์ polyesteramide ซึ่งจะเสร็จสมบูรณ์เมื่อมีการแทนที่ด้วย TDI กลไกการเกิดปฏิกิริยาสามารถตรวจสอบได้โดยนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี รวมทั้งวิเคราะห์จากสเปกตรัม (spectra analysis) ทดสอบโดยนำไปเคลือบบนเหล็กกล้า ทดสอบความแข็งแรงทางกายภาพและเคมี ทดสอบการกัดกร่อน ทดสอบเสถียรภาพทางความร้อนและพฤติกรรมกรรมการเชื่อมโยงโดยใช้เทคนิค Thermogravimetric analysis (TGA) และ Differential scanning calorimetry (DSC) ทำการทดสอบดังกล่าวเปรียบเทียบกับระหว่างเรซินที่ทำการสังเคราะห์ขึ้นกับน้ำมันลินสีดที่ผสมใน polyesteramide urethane (Ur-LPEA) ซึ่งสังเคราะห์โดยการแทนที่บางส่วนของ phthalic anhydride โดย TDI) และ uralkyd เรซินที่

สังเคราะห์ขึ้นใหม่นี้ให้ความแข็งแรงทางกายภาพ และความต้านทานการกัดกร่อนเพิ่มขึ้น โดยมีเอกลักษณ์เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เมื่อเทียบกับ Ur-LPEA, alkyol และ uralkyd พบว่า PULFA เรซิน ไม่เพียงแต่ให้สมบัติที่ดีขึ้นเท่านั้น

ไม่ว่าใครเป็นเจ้าของ ก็ต้องให้ออกเอกสารที่สงวนไว้

แต่ยังช่วยทำให้สามารถสังเคราะห์ได้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเทียบกับระบบอื่นซึ่งต้องใช้อุณหภูมิในการสังเคราะห์สูง จากการศึกษาพบว่า PULFA สามารถใช้ทาและเคลือบเพื่อป้องกันการกัดกร่อนซึ่งสามารถใช้แทน Ur-LPEA, alkyol และ uralkyd ได้

Z.O. Oymane และคณะ [25] ได้ทำการศึกษาการเกิด oxidation ของน้ำมันแห้งเร็วที่เป็นระบบ non-conjugated (น้ำมันลินสีด) และระบบ conjugated (น้ำมันทัง) โดยใช้ Co(II)-2-ethylhexanoate (Co-EH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยน้ำมัน 2 ชนิดนี้จะมีกลไกของการเกิด oxidation ที่แตกต่างกัน สำหรับน้ำมันลินสีดซึ่งเป็น non-conjugated การแตกออกของไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นผ่านอัลไลลิกไฮโดรเจนอะตอม ออกซิเจนปริมาณมากที่ไหลลงนำไปสู่การเกิด hydroperoxide ซึ่งสามารถสลายกลายเป็นอนุมูลอิสระของ alkoxy และ peroxy โดยทำให้เกิดการเชื่อมโยงและผลิตภัณฑ์ร่วม น้ำมันทังที่มีระบบ conjugated เป็นหลัก เกิด oxidation โดยเริ่มจากการแตกออกของไฮโดรเจนจาก monoallylic โดยเมื่อเทียบกับน้ำมันลินสีดจะใช้ปริมาณออกซิเจนที่น้อยกว่าและเกิด hydroperoxide รวมทั้งได้ผลิตภัณฑ์ร่วมมากกว่าเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอนุมูลอิสระชอบเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ที่เป็น conjugate มากกว่า โดยจะแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมของ monoallylic

N.Thunwanna และคณะ [26] ได้ทำการศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ที่ทำการปรับปรุงคุณสมบัติด้วยน้ำมันทัง เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและความต้านทานน้ำโดยมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำมันเป็น 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ใช้กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก (PTSA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา และ โซเดียมลอริลซัลเฟต (SLS) เป็นสารลดแรงตึงผิว โดยปรับปริมาณ SLS เป็น 2 และ 4 % โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการทดสอบสมบัติของกาว ได้แก่ ความหนืด solid content และเปอร์เซ็นต์การบวมตัวของฟิล์มกาว แล้วนำกาวที่เตรียมได้มาขึ้นรูปแผ่นพาร์ติเคิล โดยใช้ไม้อยูคาลิปตัส size 2 และ size 3 และปรับปริมาณกาวต่อไม้เป็น 15% 20 % และ 25% โดยน้ำหนัก แผ่นพาร์ติเคิลที่ได้นำไปทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมาตรฐาน มอก.876 ของแผ่นพาร์ติเคิล ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวทางความหนา ความแข็งแรงโค้งงอ โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทัง 15% SLS 2 % ใช้ปริมาณกาว 25% ขึ้นรูปแผ่นพาร์ติเคิลด้วยไม้ size 3 ให้ค่าการทดสอบผ่าน

มาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876 ทุกค่ากเว้นการพองตัวทางความหนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S.Boonpitak [27] ได้ทำการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษเหลือใช้ เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้ โดยการใช้เยื่อกระดาษจากกระดาษเหลือใช้ 2 ชนิด คือ กระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียน ซึ่งใช้อัตราส่วนกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมเยื่อกระดาษเท่ากับ 7%, 10% , 13% และ 16% จากนั้นนำแผ่นประกอบทดแทนไม้ที่อัดได้ทั้งสองชนิดมาทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล โดยใช้เกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มอก.966-2533 ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น ความต้านแรงคด ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า การดูดซึมน้ำ การขยายตัวตามความหนา และความยืดหยุ่นของตะปูเกลียว จากผลการวิจัยพบว่า แผ่นประกอบทดแทนไม้ที่ผลิตจากกระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์และเขียนทั้ง 2 ชนิด ไม่ผ่านสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง และมีสมบัติทางกายภาพและเชิงกลต่างกันอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

P. Lakkanapornwisit [28] ได้ทำการศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์สำหรับงานพาร์ติเคิลบอร์ด โดยใช้สารตั้งต้นเป็นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันชักแห้ง เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและความสามารถในการต้านทานน้ำโดยทำการปรับเปลี่ยนชนิดของน้ำมันชักแห้ง ได้แก่ น้ำมันลินสีดและน้ำมันถั่ว โดยใช้อัตราส่วนของน้ำมันชักแห้งเป็น 15% โดยน้ำหนัก ใช้สารตัวเติมซิลิกาที่มีอัตราส่วน 0-5% โดยน้ำหนัก ศึกษาการใช้และไม่ใช้กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก (PTSA) เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (0 และ 1 % โดยน้ำหนัก) ทำการทดสอบสมบัติของกาว ได้แก่ ความหนืด solid content และเปอร์เซ็นต์การบวมตัวของฟิล์มกาว จากนั้นนำกาวที่เตรียมได้มาทำการขึ้นรูปแผ่นพาร์ติเคิล โดยใช้ชั้นไม้ยูคาลิปตัสขนาดความละเอียดเบอร์ 2 และชั้นไม้ยางพาราขนาดความละเอียดเบอร์ 2 และทำการปรับปริมาณอัตราส่วนกาวต่อไม้เป็น 15% และ 20% โดยน้ำหนัก แผ่นพาร์ติเคิลที่ได้นำไปทำการทดสอบตามมาตรฐาน สองมาตรฐาน JIS A 5908 และมาตรฐาน มอก.876 ของแผ่นไม้พาร์ติเคิล ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวทางความหนา ความแข็งแรงโค้งงอ 3 จุด มอดุลัสยืดหยุ่นและความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อกาวไม่มีปริมาณน้ำมันชักแห้ง 15% ปริมาณสารตัวเติม 3% สารเร่งปฏิกิริยา 1% และปริมาณกาวต่อไม้เป็น 20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า สูตรของกาวติดไม้ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีประสิทธิภาพในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ดคือ สูตรกาวที่มีปริมาณสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) 85% น้ำมันทัง 15% ซึ่งมีการเติมซิลิกา 3% กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก (PTSA) 1% และโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS) 1% โดยน้ำหนักกาว [28] ซึ่งเป็นสูตรกาวที่นำมาศึกษาต่อการดำเนินงานวิจัยนี้ โดยศึกษาปัจจัยของปริมาณน้ำมันละหุ่งที่เพิ่มลงไปในสูตรกาวเป็น 2.5% และ 5% จากการลดปริมาณสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ลงเป็น 82.5% และ 80% ตามลำดับ เพื่อปรับปรุงสมบัติด้านการพองตัวทางความหนา นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาผลของปริมาณกาวต่อเยื่อกระดาษและวิธีการเตรียมเยื่อกระดาษรีไซเคิล

3.1 สารเคมี

1. [Poly (vinyl alcohol)] (PVA) MW. 29600 g.mol⁻¹
2. น้ำมันทัง (Tung oil) เกรดการค้า
3. *p*-tolulene sulfonic acid (PTSA) ยี่ห้อ CARLOERBA เกรดวิเคราะห์
4. Potassium persulfate (K₂S₂O₈/KPS) ยี่ห้อ RANKEM เกรดวิเคราะห์
5. ซิลิกา (Silica) FUMED SILICA เกรดวิเคราะห์
6. น้ำมันละหุ่ง (Castor oil) เกรดการค้า
7. กระดาษรีไซเคิลจากนิตยสารหรือวารสารที่มีคุณภาพกระดาษเกรดเดียวกัน จากบริษัท รังสิต รีไซเคิล จำกัด

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

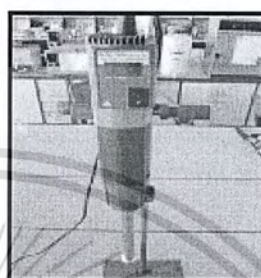
1. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด
2. บีกเกอร์ขนาด 2000 ml, 600 ml, 250 ml, 100 ml และ 50 ml
3. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) บริษัท Cannon instrument company รุ่น LV 2000
4. เครื่องปั่นกวนชนิดความเร็วรอบสูง (High speed agitator) พร้อมใบพัดกวน บริษัท IKA รุ่น RW 20 digital
5. เครื่องอัดขึ้นรูป (compression molding hydraulic machine) บริษัท แมช กรุป (1992) จำกัด รุ่น MGLP – 20AT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
6. เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (Homogenizer) บริษัท IKA รุ่น T 25 digital ULTRA - TURRAX
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

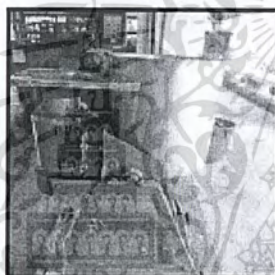
7. เครื่องให้ความร้อน (Heater) บริษัท IKA รุ่น C – MAC HS 7
8. เครื่องตีเยื่อกระดาษ บริษัท ไทยคิทเซ็นมาร์ท
9. ปืนพ่นกาว
10. ถังพลาสติก
11. แม่พิมพ์
12. ตู้อบ



(ก.)



(ข.)



(ค.)

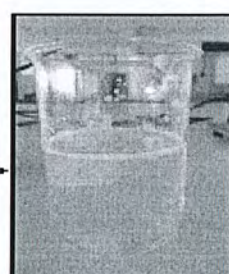


รูปที่ 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

(ก.) เครื่องอัดขึ้นรูป (ข.) เครื่องไฮโมจิไนเซอร์ (ค.) เครื่องตีเยื่อกระดาษ

3.3 การเตรียมสารละลาย PVA

เตรียมน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C จากนั้นค่อยๆ ใส่ PVA 125 กรัม ลงในบีกเกอร์ ทำการปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 500 รอบ/นาที จนกระทั่ง PVA ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.2 การเตรียมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเตรียมกาวผสมสูตร

1. ชั่งสารผสมตามอัตราส่วนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนกาวผสมสูตรต่างๆ

สูตรกาว	สารละลาย PVA(g)	น้ำมันทั้ง (g)	น้ำมันละหุ่ง (g)	ซีลิกา (g)	KPS (g)	PTSA (g)
1	85.0	15	0	3	1	1
2	82.5	15	2.5	3	1	1
3	80.0	15	5.0	3	1	1

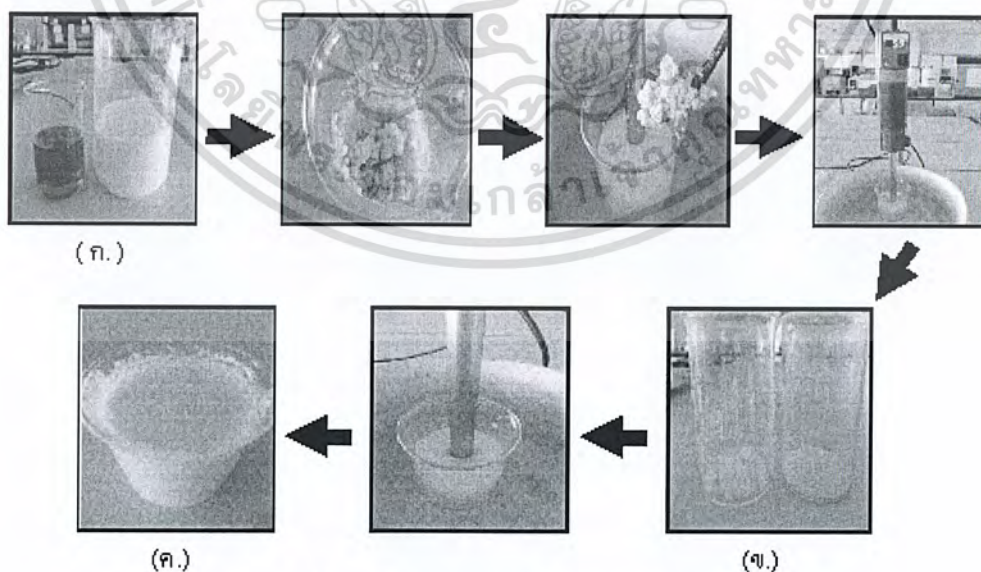
หมายเหตุ : กาวสูตร 1, 2 และ 3 มีเนื้อ PVA เท่ากับ 10.37, 10.06 และ 9.76 g ตามลำดับ

2. ทำการผสมน้ำมันชักแห้งธรรมชาติ (น้ำมันทั้ง, น้ำมันละหุ่ง) และซีลิกา ในบีกเกอร์ โดยค่อยๆ ใส่น้ำมันชักแห้งธรรมชาติลงในซีลิกา ผสมให้เข้ากัน

3. ในการผสมกาวทำการปั่นกวนด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ โดยปรับความเร็วรอบในการปั่นกวนเป็น 9000 รอบ/นาที

4. ทำการผสมสารละลาย PVA และน้ำมันชักแห้งธรรมชาติที่ผสมกับซีลิกา โดยค่อยๆ ใส่น้ำมันชักแห้งธรรมชาติที่ผสมกับซีลิกาลงในสารละลาย PVA จนหมด จากนั้นจึงใส่ KPS และ PTSA ตามลำดับ ปั่นกวนต่อเป็นเวลา 15 นาที ในขั้นนี้จะได้กาวผสมสูตร

5. นำกาวผสมสูตรที่ได้ไปวัดคามหนืด



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมกาวผสมสูตร

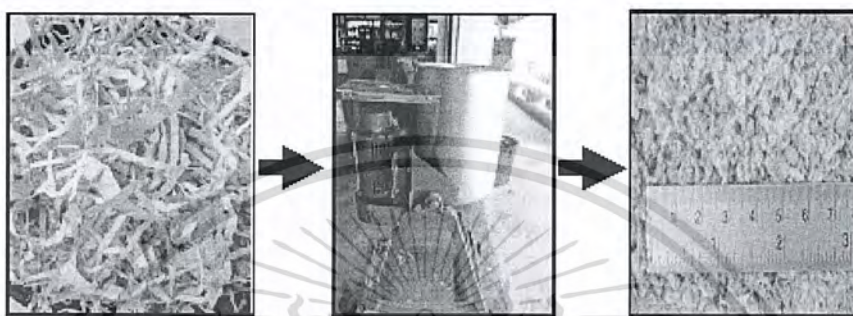
เอกสารนี้เป็น (ก.) น้ำมันทั้ง/น้ำมันละหุ่งกับซีลิกา (ข.) PTSA กับ KPS (ค.) กาวผสมสูตร
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การเตรียมเยื่อกระดาษ

ขั้นตอนในการเตรียมเยื่อกระดาษ ในงานวิจัยนี้มีวิธีการ 2 แบบ ดังนี้

3.5.1 การเตรียมเยื่อกระดาษแบบแห้ง

1. นำกระดาษเหลือใช้ที่ผ่านเครื่องทำลายเอกสารมาแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก เช่น สันปกที่ติดกาว กระดาษมัน เป็นต้น
2. ตัดกระดาษที่ได้ให้ขนาดเล็กกลง จากนั้นนำเข้าเครื่องปั่นกระดาษให้มีขนาดดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการเตรียมเยื่อกระดาษแบบแห้ง

3.5.2 การเตรียมเยื่อกระดาษแบบเปียก

1. นำกระดาษเหลือใช้ที่ผ่านเครื่องทำลายเอกสารมาแยกส่วนที่ไม่ต้องการออก เช่น สันปกที่ติดกาว กระดาษมัน เป็นต้น
2. นำกระดาษที่แยกแล้วแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปั่นในเครื่องปั่นกระดาษให้มีขนาดเล็กกลงแล้วบีบน้ำออก ล้างด้วยน้ำ 3-4 รอบ บีบเอาน้ำออก
3. นำกระดาษที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. นำกระดาษที่อบแห้งแล้วมาเข้าเครื่องปั่นกระดาษ

3.6 การขึ้นรูปแผ่นกระดาษอัด

ในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษอัดโดยใช้เยื่อกระดาษที่ผ่านขั้นตอนการย่อยทั้ง 2 วิธี

1. การคำนวณอัตราส่วนกระดาษต่อกาว PVA ที่ใช้สำหรับแผ่นกระดาษอัด 1 แผ่น โดยใช้กาว 15% ซึ่งคำนวณได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ความหนาแน่นของวัสดุ	0.75	g/cm ³	(กำหนดเอง)
วัสดุขนาด	15x15	cm ²	
ความหนา	1	cm	
ใช้ปริมาณน้ำหนักรกกระดาษ	15 %	ของน้ำหนักรกวัสดุแห้ง	
วัสดุมีความชื้น	4.00 %		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{จาก } D = M/V$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ว่า } \text{มวล(วัสดุ + กาว)} &= \text{ปริมาตร} \times \text{ความหนาแน่น} \\ &= (15 \times 15 \times 1) \times 0.75 \\ &= 168.75 \text{ g} \end{aligned}$$

แผ่นประกอบ มวล 100 g ใช้วัสดุมวล 85 g (มาจากใน 100 ใช้กาว 15% มีเนื้อกระดาษ 85%)

แผ่นประกอบ มวล 168.75 g ใช้วัสดุมวล $(85 \times 168.75) / 100 = 143.4 \text{ g}$

ดังนั้น ใช้วัสดุมวลแห้ง 143.4 g

แผ่นประกอบมวล 100 g ใช้กาว 15 g

แผ่นประกอบมวล 168.75 g ใช้กาว $(15 \times 168.75) / 100 = 25.3 \text{ g}$

ดังนั้น ใช้เนื้อกาวมวล 25.3 g

ปริมาณวัสดุที่ใช้ $143.4 \times 1.04 = 149.2 \text{ g}$

เพิ่ม 10% เป็น $149.2 \times 1.1 = 164.1 \text{ g}$

ปริมาณกาวที่ใช้ 25.3 g

เพิ่ม 10% เป็น $25.3 \times 1.1 = 27.8 \text{ g}$

ดังนั้น ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้อุณหภูมิที่ผสมกับกาวแล้ว $= 164.1 + 27.8 = 191.9 \text{ g}$

หมายเหตุ 1.04 คือ มวลกับวัสดุรวม ซึ่งมีความชื้น 4%

2. ชั่งน้ำหนักของกระดาษและกาวที่จะใช้

3. ตั้งสถานะเครื่อง Compression Molding ดังนี้

ความดัน = 150 psi

อุณหภูมิ = 120 °C

เวลา = 25 min

4. นำกระดาษใส่ในถัง แล้วทำการคลุกเคล้ากับกาวให้เข้ากัน โดยใช้ปืนพ่นกาว

5. นำกระดาษและกาวที่ผสมเข้ากันแล้ว ใส่ในแม่พิมพ์

6. นำแม่พิมพ์เข้าเครื่อง Compression Molding

7. เมื่อครบเวลาจึงนำแม่พิมพ์ออกมา นำแผ่นกระดาษอัดออกมา

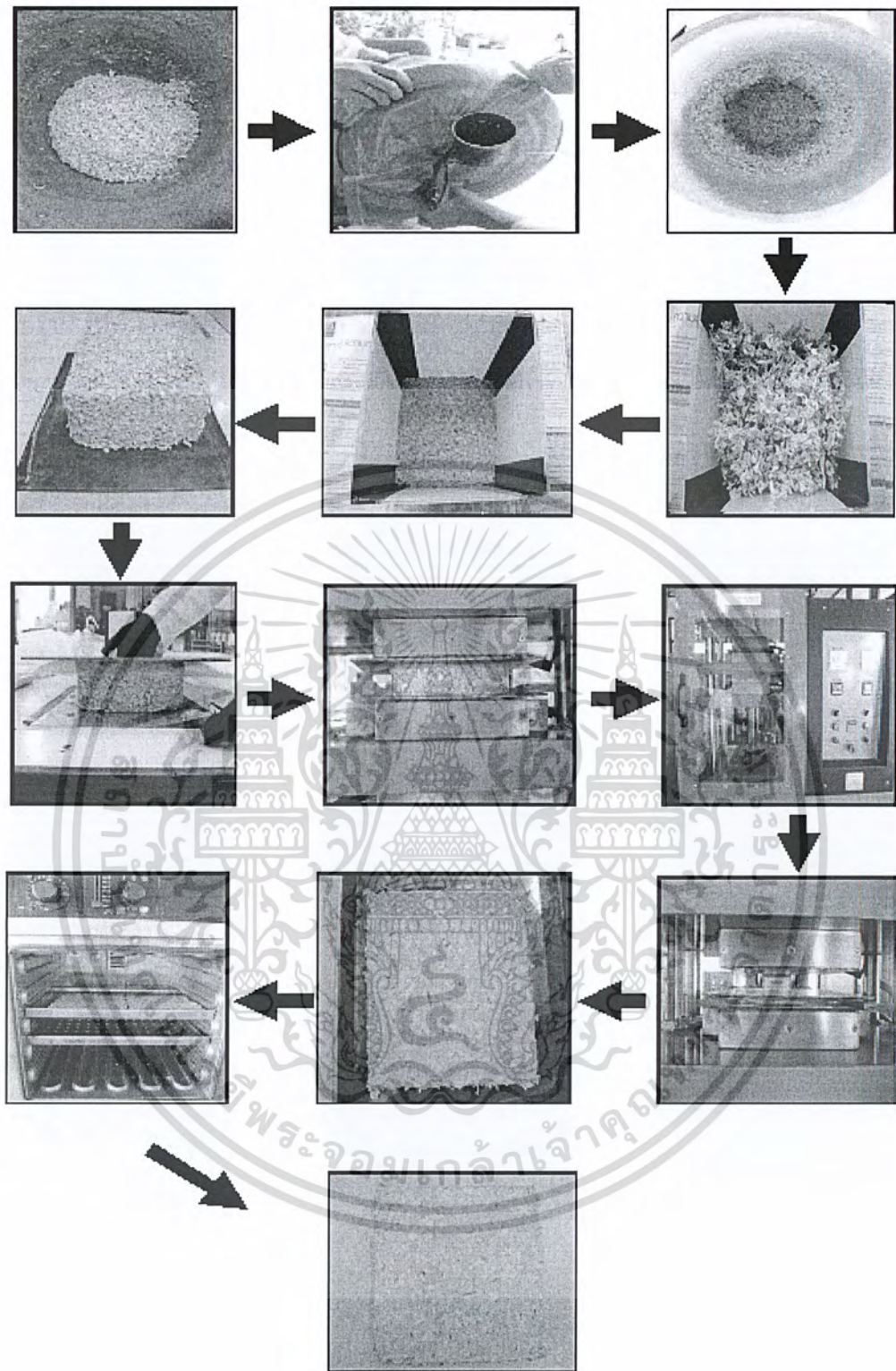
8. นำแผ่นกระดาษอัดที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

9. ทำการเปลี่ยนอัตราส่วนของกาวต่อเนื้อกระดาษจาก 15% เป็น 20% และ 25%

การคำนวณหาอัตราส่วน กระดาษต่อกาวที่ใช้ในการขึ้นรูปมีการคำนวณคล้ายกับตัวอย่าง

ข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นกระดาศ้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 สรุปสูตรแผ่นกระดาษอัด

ชนิดเยื่อกระดาษ	ชนิดสูตรกาว	ปริมาณกาวที่ใช้ (% โดยน้ำหนัก)	
วิธีแบบแห้ง	1	15	
		20	
		25	
	2	15	
		20	
		25	
		15	
		20	
		25	
วิธีแบบเปียก	1	15	
		20	
		25	
	2	15	
		20	
		25	
		3	15
			20
			25

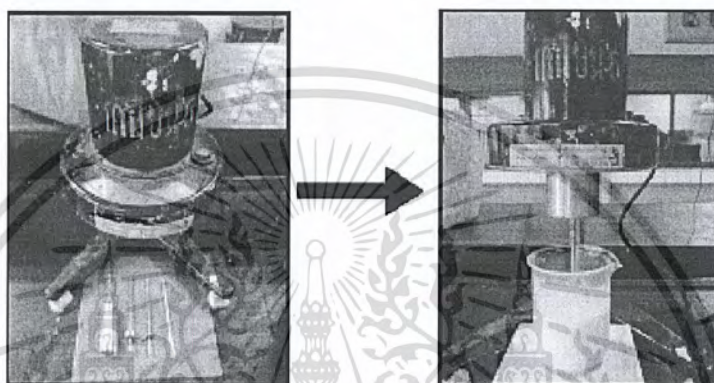
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การทดสอบ

3.7.1 การทดสอบสมบัติของกาว

3.7.1.1 การหาค่าความหนืด

1. เทตัวอย่างกาวลงในบีกเกอร์ ขนาด 250 ml
2. จุ่มโรเตอร์ที่ใช้ (เบอร์ 2-3) ลงในกาว แล้วหมุนสกรูต่อเชื่อมเข้ากับเครื่อง Viscometer จากนั้นเลื่อนโรเตอร์ลงมา จนถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้
3. ตั้งความเร็วรอบ 60 rpm เปิดสวิตซ์ให้มอเตอร์หมุนเป็นเวลา 3 นาที อ่านค่าและบันทึก



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการหาค่าความหนืดของกาว

3.7.1.2 การหาค่า % solid content

1. ชั่งน้ำหนักกระถง และบันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งน้ำหนักกาว 10 กรัม ลงในกระถงที่ทราบน้ำหนักแน่นอน โดยให้กาวกระจายอยู่ทั่วทั้งกระถง บันทึกน้ำหนัก
3. เตรียมกาวตัวอย่างสูตรละ 3 กระถง
4. นำกาวที่ชั่งน้ำหนักแล้วใส่ในตู้อบ โดยใช้อุณหภูมิ 120 °C อบจนกระทั่งมวลคงที่
5. นำกาวออกจากตู้อบ ชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาค่า % solid content จาก

$$\% \text{ solid content} = 100 - \frac{[(\text{น้ำหนักกาวก่อนอบ} - \text{น้ำหนักกาวหลังอบ}) \times 100]}{\text{น้ำหนักกาวก่อนอบ}}$$

3.7.1.3 การหาเสถียรภาพของกาว

นำกาวผสมสูตรที่ได้มาวัดความหนืด สังเกตการแยกชั้น การเกิดเป็นไตทุกสัปดาห์ เป็นเวลา

6 สัปดาห์ จดบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.1.4 การหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว

1. เตรียมกาวสูตรต่างๆ ตามอัตราส่วนที่กำหนด
2. ทากาวบนงานเพาะเชื้อ โดยควบคุมความหนาและน้ำหนักกาวให้เท่ากัน
3. นำกาวไปอบที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. นำกาวแต่ละสูตรที่อบแล้วมาตัดเป็นชิ้นขนาด 2 x 2 cm² จำนวน 3 ชิ้นต่อกาว 1 สูตร
5. ชั่งน้ำหนักชิ้นฟิล์มกาว
6. นำชิ้นฟิล์มกาวไปแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการซับน้ำออกและชั่งน้ำหนัก
7. คำนวณหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว จาก

$$\% \text{ การบวมตัวของฟิล์มกาว} = \frac{\text{น้ำหนักกาวหลังแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักกาวก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักกาวก่อนแช่น้ำ}} \times 100$$

3.7.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นกระดาษอัด

3.7.2.1 ความหนาแน่น

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นกระดาษอัดขนาด 5x5 cm² สำหรับทดสอบตามมาตรฐานมอก.876
2. วัดความยาว ความกว้าง และความหนา
3. ชั่งน้ำหนักแผ่นกระดาษอัดและคำนวณความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{Density (g/cm}^3\text{)} = \frac{m}{V}$$

เมื่อ m คือ มวลของชิ้นทดสอบ (g)

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ (cm³)

3.7.2.2 การทดสอบหาความชื้น

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด 5x5 cm² สำหรับทดสอบตามมาตรฐานมอก.876
2. ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนนำไปอบ
3. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103±2 °C จนได้มวลคงที่จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก
4. คำนวณค่าปริมาณความชื้นจากสูตร

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

เมื่อ m₁ คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบแห้ง (g)

m₂ คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง (g)

3.7.2.3 การทดสอบการพองตัวทางความหนา

1. ตัดชิ้นงานตัวอย่างแผ่นกระดาษอัดขนาด 5x5 cm²

2. ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนา วัดความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศูนย์วิจัยและพัฒนาเท่านั้น ไม่สามารถให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาด โดยนำชิ้นงานตัวอย่างมาวัดความหนาภายหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง สำหรับการทดสอบตามมาตรฐานมอก.876 และ 24 ชั่วโมง สำหรับการทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 โดยรับนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมด ปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิมเป็นความหนาหลังแช่น้ำ
- คำนวณการพองตัวทางความหนาภายหลังแช่น้ำโดย

$$\% \text{ การพองตัวทางความหนาภายหลังแช่น้ำ} = \frac{(t_2 - t_1) \times 100}{t_1}$$

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นตัวอย่างก่อนแช่น้ำ (mm)

t_2 คือ ความหนาของชิ้นตัวอย่างภายหลังแช่น้ำ (mm)

3.7.2.4 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น

- ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นกระดาดขนาด $5 \times 15 \text{ cm}^2$
- วัดความยาว ความกว้างและความหนา
- จากนั้นนำมาทดสอบความแข็งแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น โดยเครื่อง universal testing machine

กำหนด	Speed	=	10.00	mm/min
	Span length	=	40.00	mm
	Width	=	50.00	mm
	Thickness	=	10.00	mm

วิธีการคำนวณ

- ค่าความต้านแรงดัด จากสูตร

$$f_m = \frac{3F_{\max} l_1}{2bt^2}$$

เมื่อ	f_m	คือ	ความต้านแรงดัด (MPa)
	F_{\max}	คือ	แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (N)
	l_1	คือ	ระยะห่างของแท่งรองรับ (mm)
	b	คือ	ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ (mm)
	t	คือ	ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำนวณคูลิสยัดหยุ่น จากสูตร

$$E_m = \frac{l_1^3 (F_2 - F_1)}{4bt^3 (a_2 - a_1)}$$

เมื่อ	E_m	คือ	มอดูลัสยัดหยุ่น (MPa)
	l_1	คือ	ระยะห่างของแท่งรองรับ (mm)
	$F_2 - F_1$	คือ	แรงกดที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่กราฟเป็นเส้นตรง (N)
	b	คือ	ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ (mm)
	t	คือ	ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ (mm)
	$a_2 - a_1$	คือ	ระยะแอนตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่กราฟเป็นเส้นตรง (mm)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง และการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมแผ่นกระดาษอัด โดยใช้กาวไร้สารพอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทั้งและน้ำมันละหุ่ง โดยมีการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆดังนี้

- ปริมาณน้ำมันละหุ่ง : 0 , 2.5 และ 5 % โดยน้ำหนัก
- ปริมาณกาว : 15 , 20 และ 25 % โดยน้ำหนักต่อปริมาณเยื่อกระดาษ
- ชนิดของกระดาษ : กระดาษผ่านกระบวนการเตรียมเยื่อแบบแห้ง และกระดาษผ่านกระบวนการเตรียมเยื่อแบบเปียก

4.1 การทดสอบสมบัติของกาวผสมสูตร

การผสมสูตรกาวสูตรต่างๆ ที่ได้เตรียมในงานวิจัยนี้ เป็นการผสมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันทั้งและน้ำมันละหุ่ง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความหนืด และ % Solid content ของกาวสูตรต่างๆ

สูตร กาว	สารละลาย PVA (g)	น้ำมันทั้ง (g)	น้ำมัน ละหุ่ง (g)	ค่าความหนืด (Centipoises)	% Solid content	
					ค่าตามทฤษฎี	ค่าที่ได้จากการ ทดลอง
1	85.0	15	0	154	28.9	25.8
2	82.5	15	2.5	188	31.0	28.6
3	80.0	15	5.0	208	33.1	30.3

4.1.1 การหาค่าความหนืด

กาวทุกสูตรที่เตรียมได้นำมาหาค่าความหนืดโดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1 จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อสูตรกาวมีปริมาณน้ำมันละหุ่งเพิ่มขึ้น และปริมาณสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ลดลงส่งผลให้ค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้น โดยค่าความหนืดของกาวสูตร 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 154, 188 และ 208 เซนติพอยส์ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันละหุ่งมีความหนืดสูงกว่าสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ แต่อย่างไรก็ตามความหนืดของ

กาวที่เพิ่มขึ้นยังอยู่ในช่วงที่สามารถควบคุมการพ่นกาวในกระบวนการเตรียมแผ่นกระดาษอัดได้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่หรือใช้
โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 % solid content

% solid content เป็นการทดสอบเพื่อหาปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในเนื้อกาว โดยการนำกาวแต่ละสูตรมาอบที่อุณหภูมิ 120 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษอัด เพื่อกำจัดตัวทำละลายที่อยู่ในเนื้อกาว อบจนกระทั่งมวลคงที่ ค่า % solid content ตามทฤษฎีสามารถคำนวณได้จากปริมาณขององค์ประกอบที่เป็นของแข็งในสารละลาย PVA, ตัวริเริ่มปฏิกิริยา KPS, ตัวเร่งปฏิกิริยา PTSA และองค์ประกอบที่เปลี่ยนเป็นของแข็งเมื่อเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ น้ำมันทัง และน้ำมันละหุ่ง ที่ใช้ในขั้นตอนการเตรียมกาว ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎี และผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตัวอย่างการคำนวณ

จากสูตร

$$\% \text{ solid content} = 100 - \frac{[(\text{น้ำหนักกาวก่อนอบ} - \text{น้ำหนักกาวหลังอบ}) \times 100]}{\text{น้ำหนักกาวก่อนอบ}}$$

เช่น น้ำหนักกาวก่อนอบ = 10.1794 g

น้ำหนักกาวหลังอบ = 2.6242 g

$$\% \text{ solid content} = 100 - \frac{[(10.1794 - 2.6242) \times 100]}{10.1794}$$

ดังนั้น % solid content = 25.8 %

4.1.3 เสถียรภาพของกาว

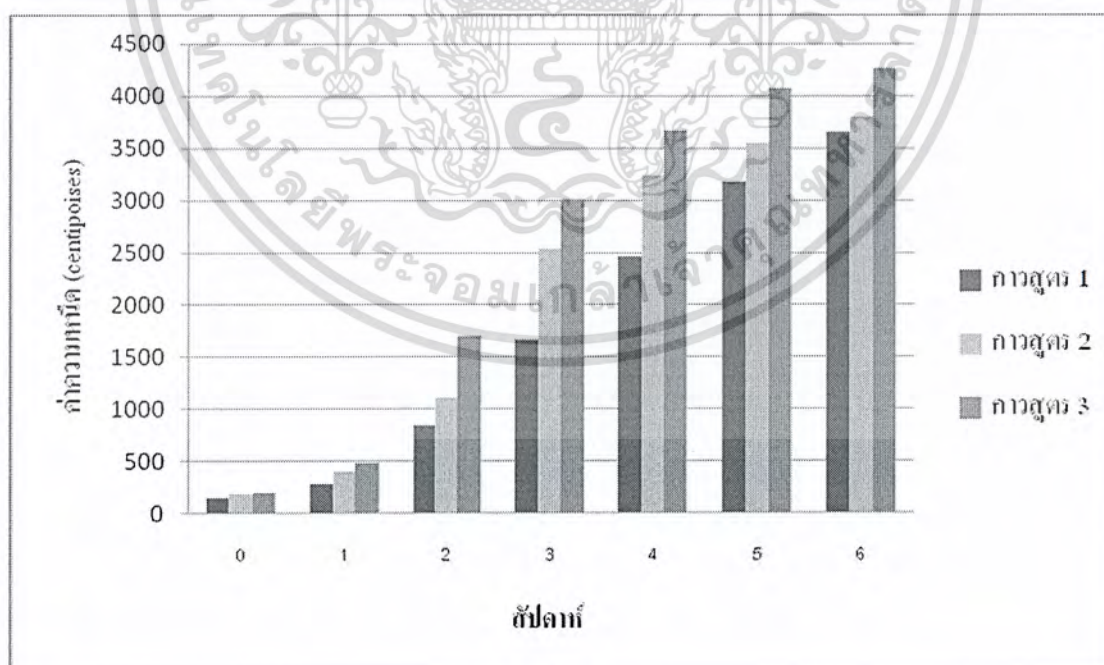
การทดสอบเสถียรภาพกาวผสมสูตรต่างๆ โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงความหนืด การแยกชั้น และการเกิดก้อนของแข็ง (เป็นไต) ทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการเปลี่ยนแปลงความหนืดแสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.1 ซึ่งพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บกาวนานขึ้น ความหนืดที่วัดได้ก็เพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปกาวผสมสูตรสามารถเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเชื่อมโยงระหว่างพันธะคู่ภายในโมเลกุลของน้ำมันทังและน้ำมันละหุ่ง ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น โดยกาวสูตร 3 มีความหนืดสูงกว่ากาวสูตร 2 และ 1 ตามลำดับเนื่องจากมีปริมาณของน้ำมันละหุ่งเป็นองค์ประกอบมากกว่า ซึ่งจากการสังเกตการแยกชั้นและการเกิดเป็นไต ผลที่ได้จากกาวทั้ง 3 สูตรนั้น เมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์พบว่าไม่มีฟิล์มบางๆ เกิดขึ้นที่ผิวหน้าของกาว และเมื่อเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์เนื้อกาวบางส่วนเริ่มเป็นไตขนาดเล็ก สัปดาห์ที่ 4, 5 และ 6 ไตมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ไม่พบการแยกชั้นตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์ จากการทดสอบสรุปได้ว่าเสถียรภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าใช้ประโยชน์แล้ว กรุณา
ไม่ว่ากรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กาวที่สามารถนำไปใช้งานได้อยู่ที่ไม่เกิน 2 สัปดาห์ เนื่องจากเกิดฟิล์มกาวบางๆขึ้นที่ผิวหน้าของกาว และค่าความหนืดของกาวเกิน 1000 เซนติพอยส์ ซึ่งไม่เหมาะแก่การนำไปใช้งาน

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงความหนืด

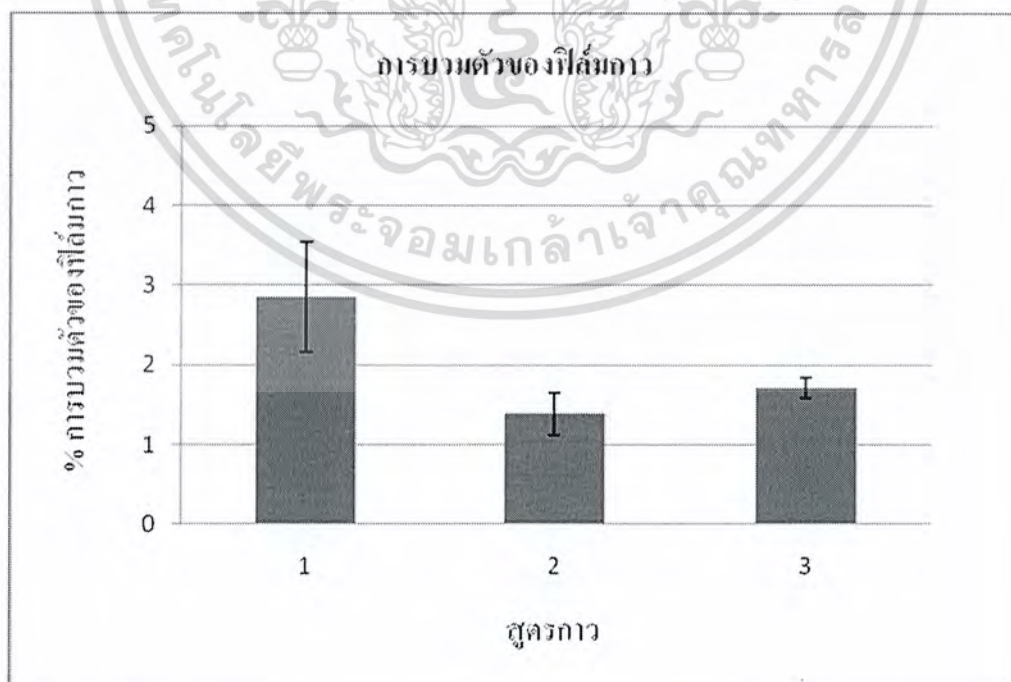
สัปดาห์ที่	ค่าความหนืดของสูตรกาวต่างๆ (centipoises)			หมายเหตุ
	1	2	3	
0	154.2	188.3	208.3	-
1	280.3	405.0	485.0	-
2	846.6	1103.2	1700.0	ผิวหน้าของกาวเริ่มเกิดเป็นฟิล์มบาง
3	1666.7	2533.3	3016.7	เกิดเป็นไตขนาดเล็กภายในเนื้อกาวเล็กน้อย
4	2466.7	3233.3	3666.7	ไตมีขนาดใหญ่ และขนาดเล็กผสมกันอยู่
5	3183.3	3550.0	4066.7	ไตรวมตัวกันมีขนาดใหญ่ขึ้น
6	3650.0	3800.0	4266.7	ไตมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าสัปดาห์ที่ 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ภายใต้ลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและเนื้อหา
รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของกาวสูตรต่างๆ โยชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว

จากการทดสอบการหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว โดยการนำฟิล์มกาวไปแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชม. พบว่าค่า % การบวมตัวของฟิล์มกาวจากสูตร 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.85, 1.39 และ 1.72 % ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.2 ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนทำให้ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของกาวเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ของน้ำมันชักแห้งทั้งภายในโมเลกุลและระหว่างโมเลกุล โดยมี KPS เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา และเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (trans-esterification) ระหว่างหมู่เอสเทอร์ของน้ำมันชักแห้งกับหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยมี PTSA เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และนอกจากนี้ยังเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำมันชักแห้ง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และบนพื้นผิวของซิลิกา (Silanol group) จากการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของกาวทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ ทำให้ % การบวมตัวของฟิล์มกาวมีค่าต่ำมาก ๆ ไม่เกิน 3 % แต่การที่กาวนั้นเกิดการบวมตัวเนื่องมาจากฟิล์มที่นำมาทดสอบมีรูพรุนที่เกิดจากการให้ความร้อนแล้วเกิดการสูญเสียน้ำทำให้เกิดรูพรุนขึ้น ดังนั้นเมื่อนำมาทดสอบการบวมตัวของฟิล์มกาวโดยการแช่น้ำ น้ำจึงอาจแทรกเข้าไปในรูพรุนซึ่งเป็นช่องว่างของฟิล์มกาวได้ โดยกาวแต่ละสูตรมีค่า % การบวมตัวของฟิล์มกาวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4.2 การหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว แต่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นกระดาษอัดที่ขึ้นรูปโดยใช้กาวผสมสูตรตามมาตรฐาน มอก.876

การขึ้นรูปแผ่นกระดาษอัดด้วยกาวผสมสูตร โดยมีการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ได้แก่ อัตราส่วนกาวต่อเยื่อกระดาษ วิธีการเตรียมเยื่อกระดาษ และสูตรกาว ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การปรับเปลี่ยนตัวแปรสำหรับการเตรียมกระดาษอัด

ชนิดเยื่อกระดาษ	ชนิดสูตรกาว	ปริมาณกาว (%โดยน้ำหนัก)	สูตรกาว
วิธีแบบแห้ง	1	15	1D-15
		20	1D-20
		25	1D-25
	2	15	2D-15
		20	2D-20
		25	2D-25
	3	15	3D-15
		20	3D-20
		25	3D-25
วิธีแบบเปียก	1	15	1W-15
		20	1W-20
		25	1W-25
	2	15	2W-15
		20	2W-20
		25	2W-25
	3	15	3W-15
		20	3W-20
		25	3W-25

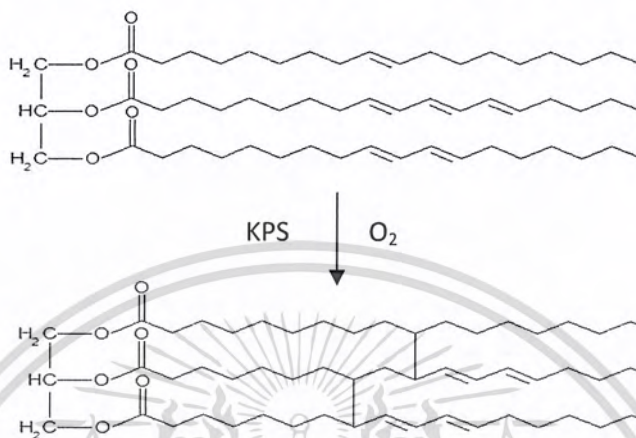
เมื่อ D = ชนิดเยื่อกระดาษแบบแห้ง

W = ชนิดเยื่อกระดาษแบบเปียก

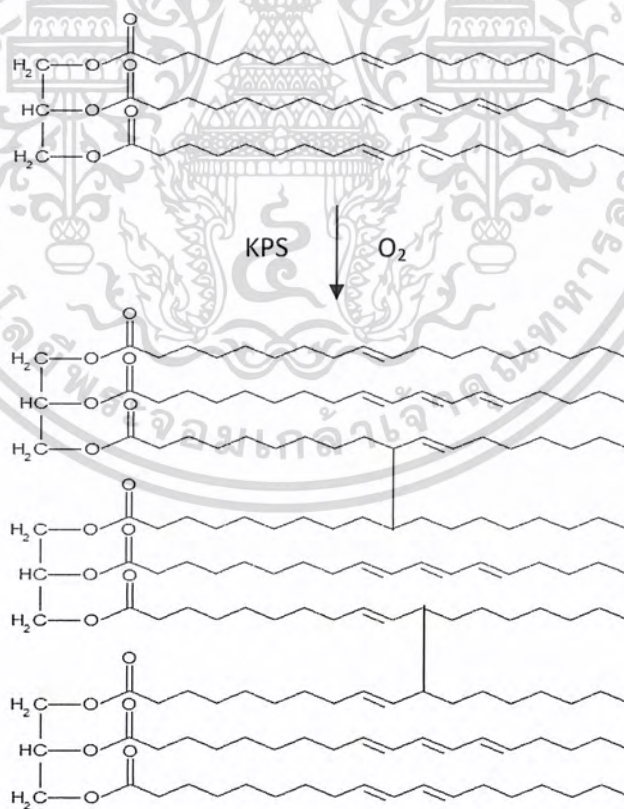
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาที่คาดว่าจะเกิดระหว่างกาวผสมสูตรและเยื่อกระดาษในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษอัด มี 3 ปฏิกิริยาดังต่อไปนี้

1. ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ภายใน โมเลกุล และระหว่าง โมเลกุลของน้ำมันชักแห้ง โดยมี $K_2S_2O_8$ และออกซิเจนในอากาศเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4



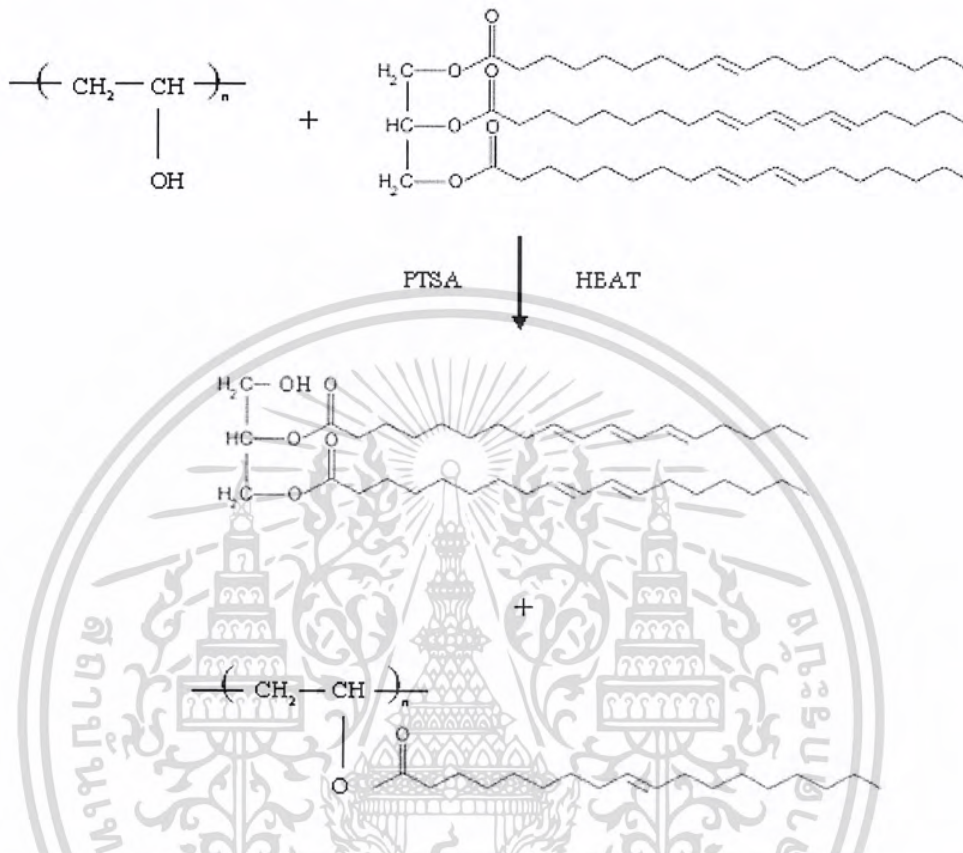
รูปที่ 4.3 ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ภายใน โมเลกุลของน้ำมันชักแห้ง



รูปที่ 4.4 ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ระหว่างโมเลกุลของน้ำมันชักแห้ง

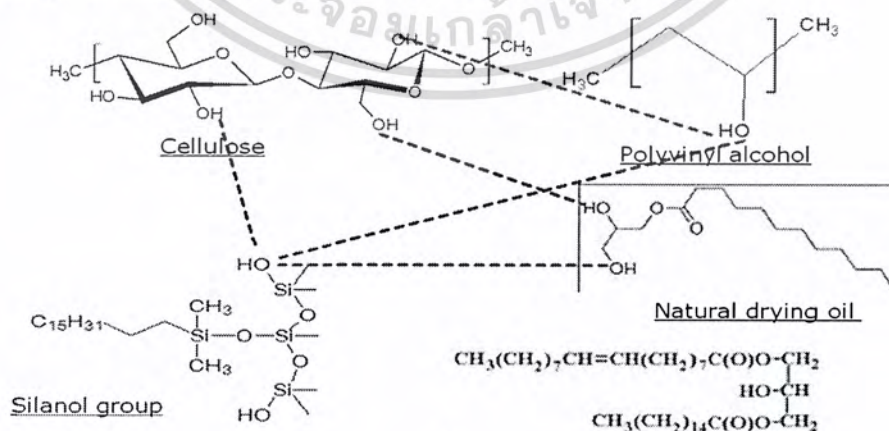
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดที่นำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (trans-esterification) ระหว่างหมู่เอสเทอร์ของน้ำมันชักแห้งกับหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ หรือหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลส โดยมี PTSA เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (trans-esterification)

3. การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำมันชักแห้ง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เซลลูโลส และบนพื้นผิวของซิลิกา (Silanol group) ดังรูปที่ 4.6

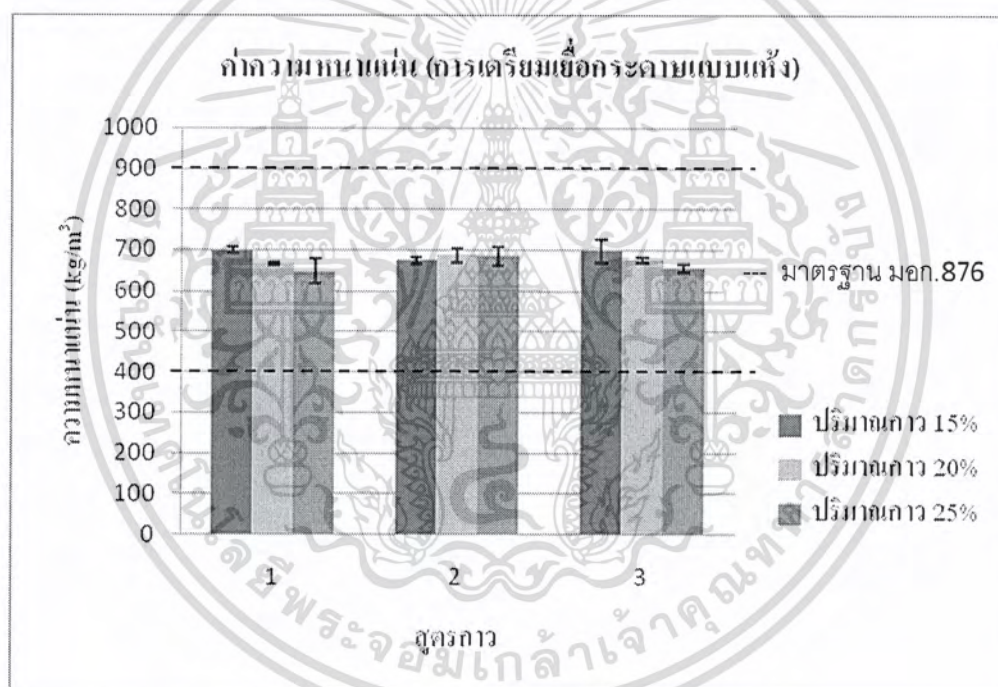


รูปที่ 4.6 การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างน้ำมันชักแห้ง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่ในสื่อออนไลน์ และบนพื้นผิวของซิลิกา (Silanol group) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะสิ่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

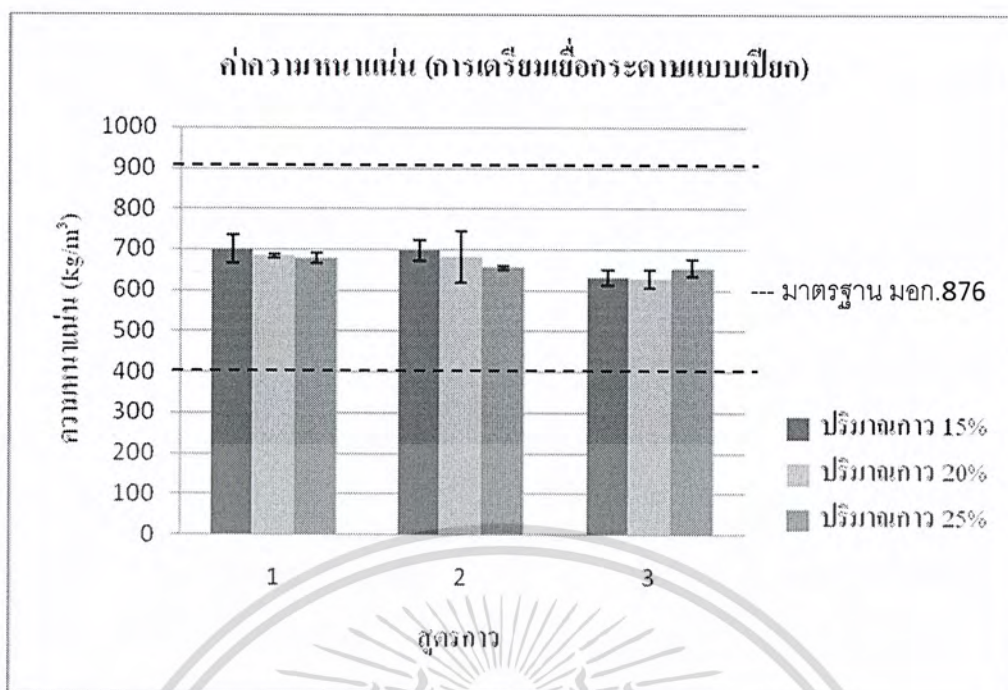
4.2.1 ความหนาแน่น

ผลของการหาค่าความหนาแน่นของแผ่นกระดาษอัดแต่ละสูตร แสดงดังรูปที่ 4.7 พบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำมันละหุ่งไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่น ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นกระดาษอัดอยู่ในช่วง $600-700 \text{ kg/m}^3$ ซึ่งน้อยกว่าค่าที่คำนวณไว้ โดยค่าที่คำนวณเท่ากับ 750 kg/m^3 เนื่องจากขั้นตอนในการทำการทดลองอาจมีการสูญเสียเนื้อสารไปบางส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อของเยื่อกระดาษอัดซึ่งมีอนุภาคเล็กมากทำให้ความหนาแน่นน้อยกว่าจากการคำนวณ อย่างไรก็ตามค่าที่ได้จากการทดสอบ อยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานของ มอก. 876 ที่กำหนดไว้ โดยค่ามาตรฐานกำหนดไว้ในช่วง $400-900 \text{ kg/m}^3$



(ก.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



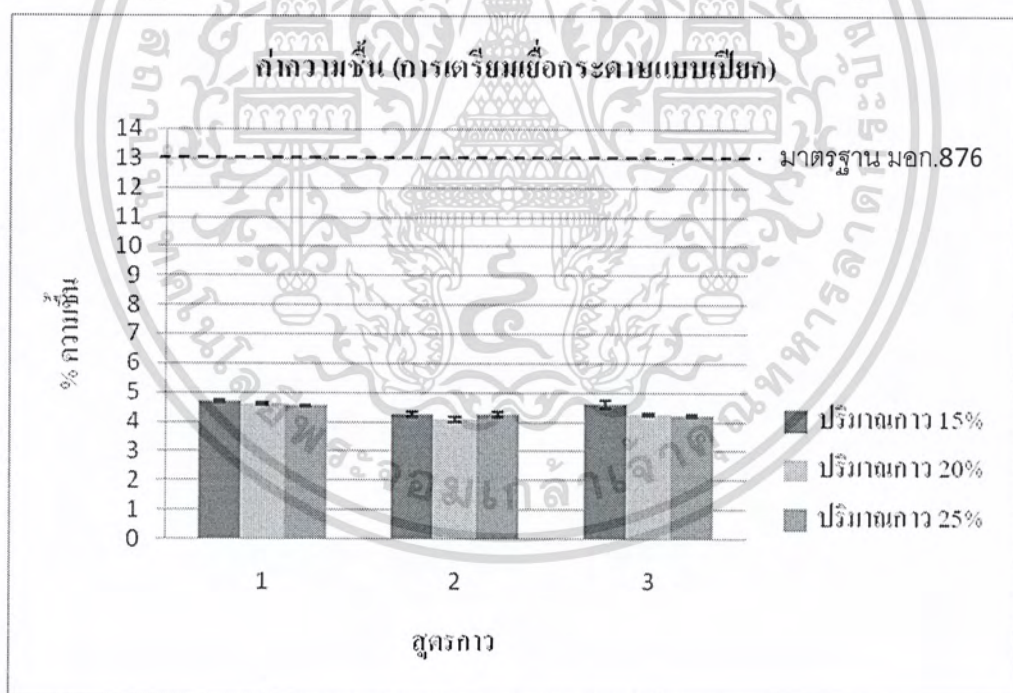
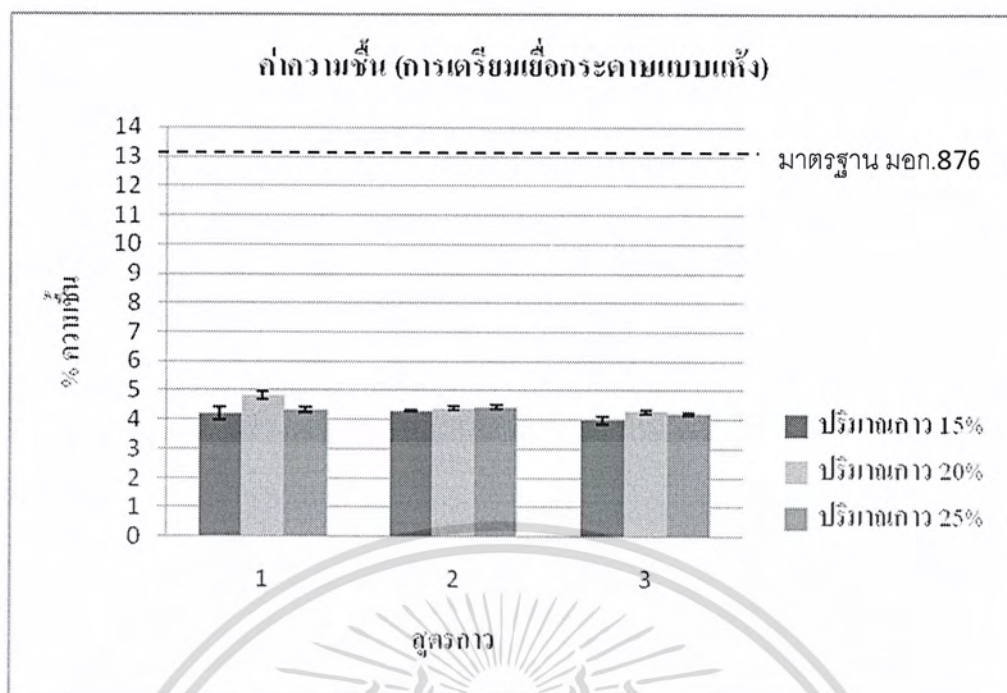
รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบความหนาแน่น

(ก.) การเตรียมเชื้อกระดาษแบบแห้ง (ข.) การเตรียมเชื้อกระดาษแบบเปียก

4.2.2 ความชื้น

จากการทดสอบค่าความชื้นในแผ่นกระดาษอัดดังรูปที่ 4.8 พบว่าชนิดของกระดาษที่แตกต่างกัน และการเพิ่มปริมาณกาวไม่ส่งผลต่อค่าการดูดซับความชื้นของแผ่นกระดาษอัด เนื่องจากการให้ความร้อนขณะขึ้นรูปเป็นการกำจัดความชื้นออกแล้ว ซึ่งความชื้นที่เกิดขึ้นเป็นการดูดซับความชื้นในอากาศเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน มอก.876 พบว่าค่าความชื้นของแผ่นกระดาษอัดทั้งหมดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดค่าไว้ในช่วง 4-13%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบความชื้น

(ก.) การเตรียมเชื้อกระดาษแบบแห้ง (ข.) การเตรียมเชื้อกระดาษแบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การพองตัวของความหนาที่เวลา 1 ชั่วโมงสำหรับมาตรฐาน มอก.876 และ 24 ชั่วโมงสำหรับมาตรฐาน JIS A 5908

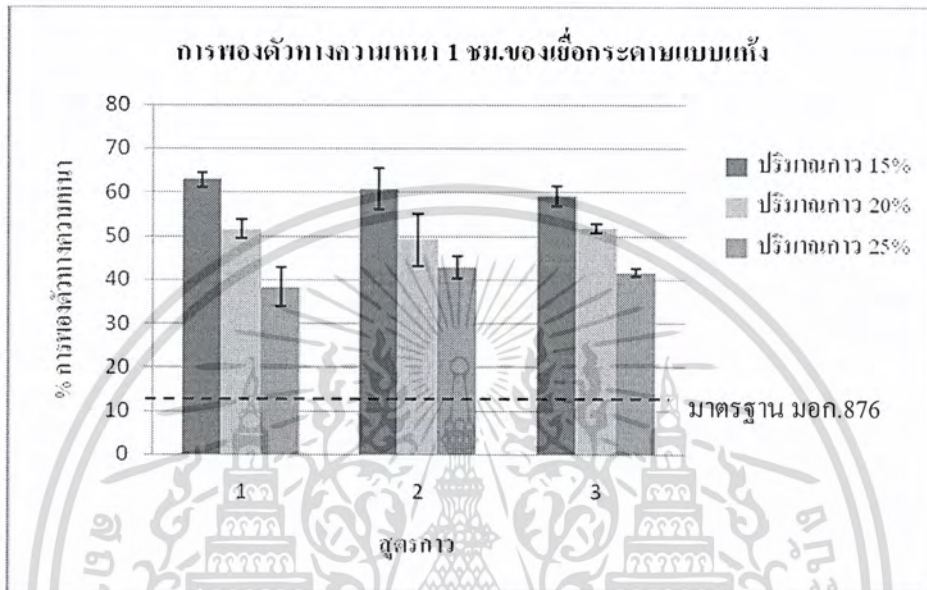
จากรูปที่ 4.9 และ 4.10 แสดงค่าการพองตัวของความหนาของแผ่นกระดาษอัดที่ใช้กาวแต่ละสูตรที่มีปริมาณน้ำมันละหุ่งต่างกันที่เวลา 1 ชั่วโมงสำหรับมาตรฐาน มอก.876 และ 24 ชั่วโมงสำหรับมาตรฐาน JIS A 5908 พบว่า ค่าการพองตัวของความหนาของการใช้ปริมาณกาว 25% มีค่าต่ำกว่าการใช้ปริมาณกาว 15% และปริมาณกาว 20% ทั้งนี้เนื่องมาจาก ปริมาณกาวมากขึ้นทำให้เกิดการกระจายตัวของเนื้อกาวทั่วถึงเยื่อกระดาษมากขึ้น ทำให้เกิดการยึดเกาะที่ดีขึ้น รูปแผ่นกระดาษอัด รวมทั้งผลจากการเพิ่มปริมาณกาวทำให้อัตราส่วนปริมาณเยื่อกระดาษลดลง ซึ่งกระดาษเป็นวัสดุที่ดูดน้ำได้ดี ในขณะที่กาวมีองค์ประกอบของน้ำมันทั้งและน้ำมันละหุ่ง ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนขณะขึ้นรูปจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดการเชื่อมโยงเป็นแผ่นฟิล์มที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำปกคลุมผิวของเยื่อกระดาษที่ถูกอัดเป็นแผ่น และยังเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างน้ำมันชักแห้งกับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เซลลูโลสและบนพื้นผิวของซิลิกา (silanol group) ทำให้น้ำแทรกตัวเข้าไปภายในชั้นงานกระดาษอัดได้ยากขึ้น ดังนั้นค่า % การพองตัวของความหนาจึงลดลง ส่วนชนิดของเยื่อกระดาษ เยื่อกระดาษจากวิธีเตรียมเยื่อแบบเปียก มีค่า % การพองตัวของความหนาน้อยกว่าเยื่อกระดาษจากวิธีเตรียมเยื่อแบบแห้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เยื่อกระดาษจากวิธีเตรียมเยื่อแบบแห้งมีปริมาณสารตัวเติมมากกว่าเยื่อกระดาษจากวิธีการเตรียมเยื่อแบบเปียก เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ไทเทเนียมไดออกไซด์ เนื่องจากการเตรียมเยื่อพบว่า น้ำที่ล้างกระดาษมีสีขาวขุ่น ซึ่งสารตัวเติมกระจายตัวอยู่บริเวณพื้นผิวของเยื่อกระดาษ จึงอาจขัดขวางการเกิดอันตรกิริยาระหว่างกาวกับเยื่อกระดาษ ทำให้เยื่อกระดาษซึ่งมีสมบัติที่ชอบน้ำดูดน้ำเข้าไปได้มาก รวมถึงขนาดของเยื่อกระดาษจากวิธีการเตรียมเยื่อแบบเปียก มีขนาดของเยื่อกระดาษเล็กกว่าเยื่อกระดาษจากวิธีเตรียมเยื่อแบบแห้ง ซึ่งทำให้เยื่อกระดาษมีพื้นผิวที่สามารถเกิดอันตรกิริยากับกาวได้มากขึ้น จึงทำให้ % การพองตัวของความหนาของแผ่นกระดาษอัดจากเยื่อกระดาษแบบเปียกมีค่าต่ำกว่าจากเยื่อกระดาษแบบแห้ง

จากผลการทดลองตามมาตรฐานมอก.876 ที่เวลา 1 ชั่วโมง ได้ค่า %การพองตัวของความหนาอยู่ในช่วง 38-63% สำหรับเยื่อกระดาษจากวิธีเตรียมเยื่อแบบแห้ง ส่วนเยื่อกระดาษจากวิธีเตรียมเยื่อแบบเปียกอยู่ในช่วง 27-46% โดยค่ามาตรฐานมอก.876 อยู่ที่ไม่เกิน 12% ดังนั้นค่า %การพองตัวของความหนาของแผ่นกระดาษอัดจึงยังไม่ผ่านมาตรฐานมอก.876 ส่วนมาตรฐาน JIS A 5908 ที่

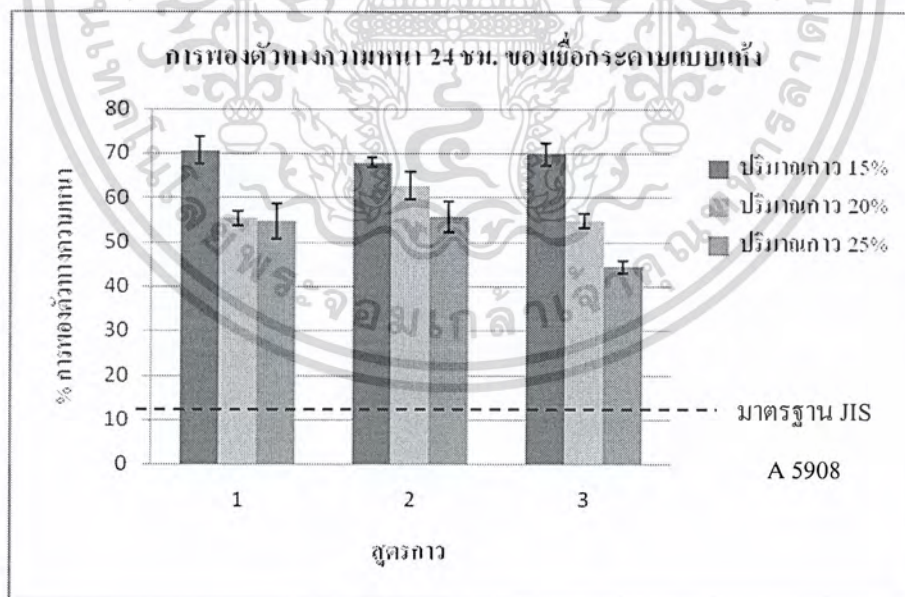
เวลา 24 ชั่วโมง ได้ค่า %การพองตัวของความหนาอยู่ในช่วง 44 - 71% สำหรับเยื่อกระดาษจากวิธีเตรียมเยื่อแบบแห้ง ส่วนเยื่อกระดาษจากวิธีเตรียมเยื่อแบบเปียกอยู่ในช่วง 35 - 51% โดยค่า %การ

พองตัวทางความหนาตามมาตรฐาน JISA 5908 อยู่ที่ไม่เกิน 12% ดังนั้นค่า % การพองตัวทางความหนาของแผ่นกระดาษอัดจึงยังไม่ผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 เช่นกัน

จากผลการบวมตัวของฟิล์มกาว พบว่ากาวทั้ง 3 สูตรมี % การบวมตัวของฟิล์มกาวเฉลี่ยไม่เกิน 3 % ดังนั้นค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นกระดาษอัดที่เกิดขึ้น จึงมาจากผลของกระดาษ ไม่ได้เป็นผลมาจากกาวแต่อย่างใด



(ก.)

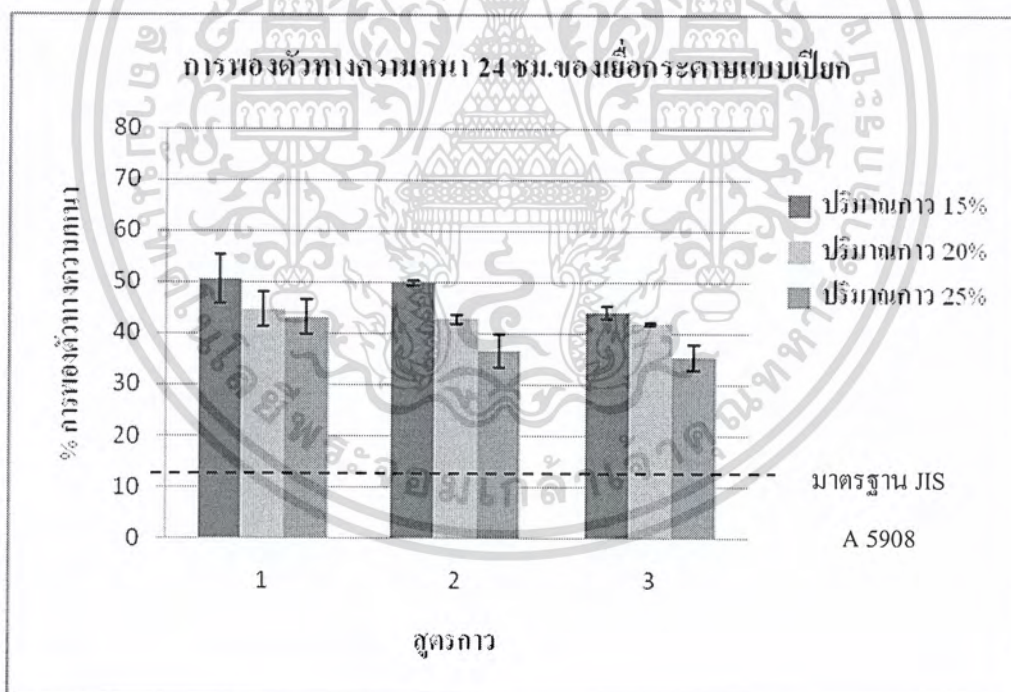
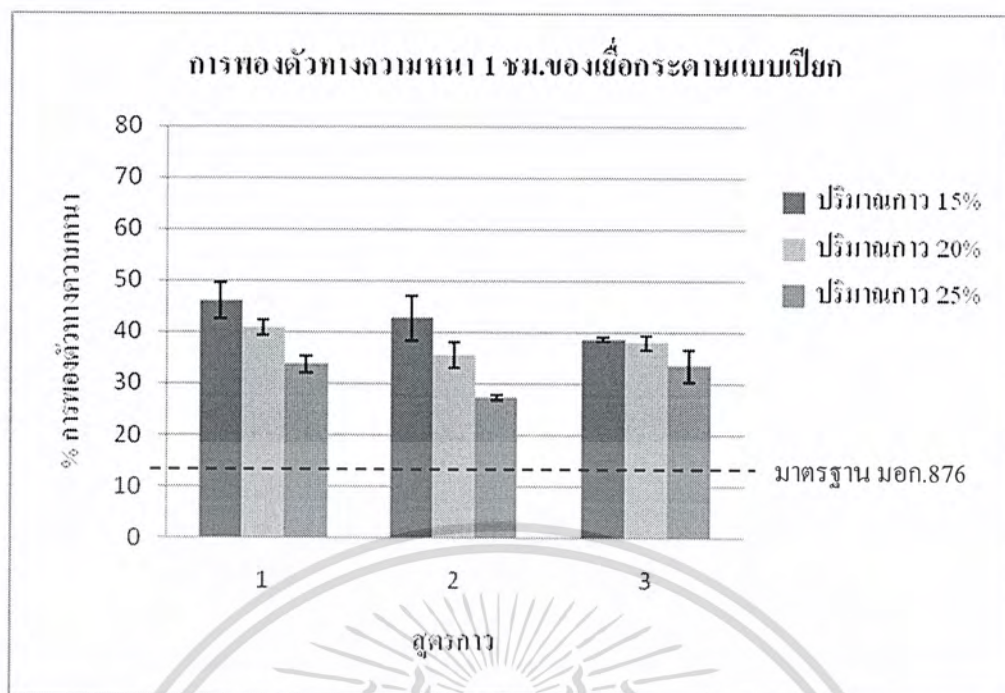


(ข.)

รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบการพองตัวทางความหนาของชิ้นงานที่เตรียมเยื่อวิธีแบบแห้ง

(ก.) มาตรฐาน มอก.876 ที่เวลา 1 ชั่วโมง (ข.) มาตรฐาน JIS A 5908 ที่เวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข.)

รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบการพองตัวทางความหนาของชิ้นงานที่เตรียมเชื้อวิธีแบบเปียก

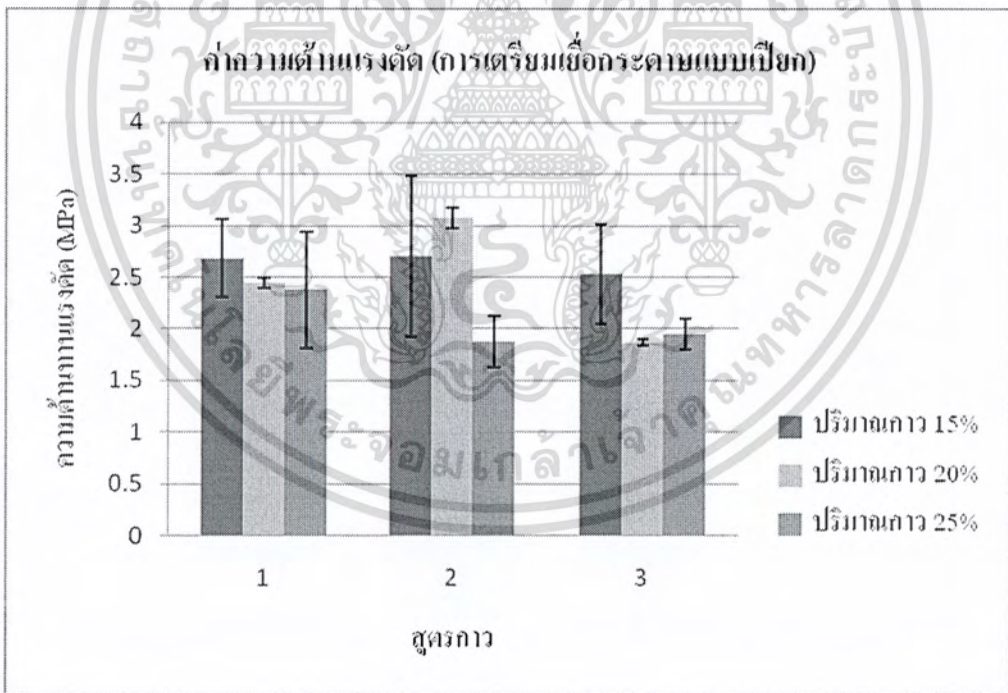
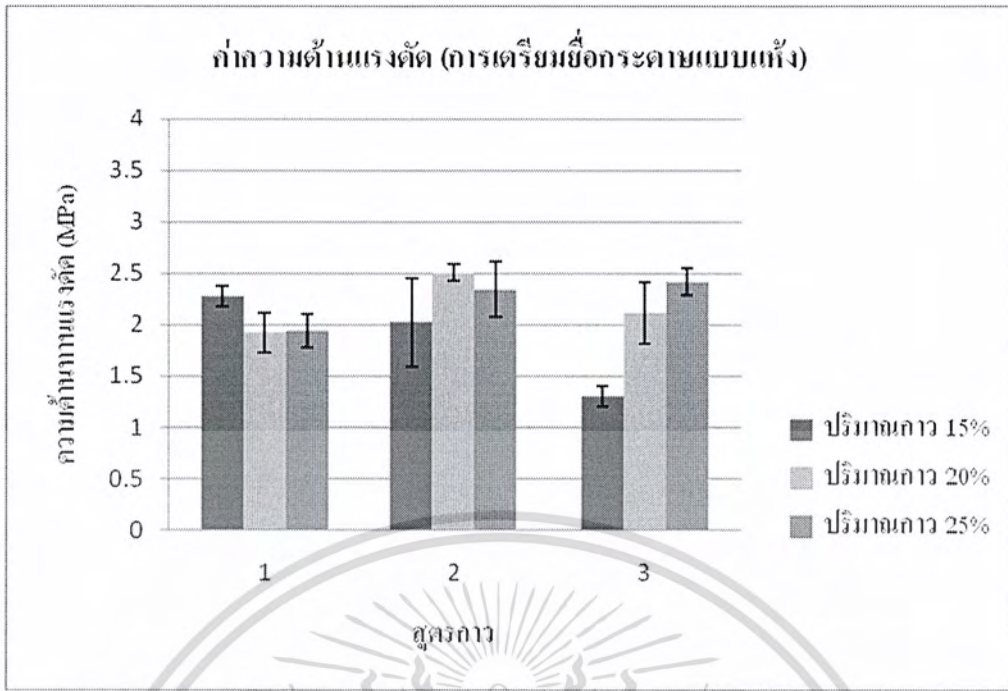
(ก.) มาตรฐาน มอก.876 ที่เวลา 1 ชั่วโมง (ข.) มาตรฐาน JIS A 5908 ที่เวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น

จากรูปที่ 4.11 แสดงถึงค่าความต้านแรงดัดของแผ่นกระดาษอัดกับสูตรกาวชนิดต่างๆ ส่วนจากรูปที่ 4.12 แสดงถึงค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดาษอัดกับสูตรกาวชนิดต่างๆจากการทดลองพบว่าไม่สามารถอธิบายแนวโน้มของค่าความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นได้ ผลของปริมาณน้ำมันละหุ่งในกาว ปริมาณกาวที่ใช้ รวมถึงชนิดของเยื่อกระดาษทั้งนี้ น่าจะเนื่องมาจากประสิทธิภาพในการพ่นกาวยังไม่ดีนัก ซึ่งสังเกตได้จากมีบางส่วนของชิ้นงานมีกาวเกาะกันเป็นกลุ่ม ทำให้ปริมาณกาวกระจายตัวไม่ดีและไม่ทั่วถึง ส่งผลให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงน้อยกว่าที่คาดหมาย อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่า การใช้เยื่อกระดาษด้วยวิธีการเตรียมเยื่อแบบเปียก ให้ค่าการทดสอบความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่าการใช้เยื่อกระดาษด้วยวิธีการเตรียมเยื่อแบบแห้งเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเยื่อกระดาษที่ผ่านการแช่น้ำมีการกำจัดสารตัวเติมซึ่งปกคลุมอยู่ที่ผิวของเยื่อกระดาษออก ทำให้กาวสามารถเกิดอันตรกิริยากับพื้นผิวของเยื่อกระดาษได้ดีขึ้น โดยค่าความต้านแรงดัดที่ได้ มีค่าอยู่ในช่วง 1.3 - 3.1 MPa และค่ามอดูลัสยืดหยุ่นอยู่ในช่วง 30.7 - 82.4 MPa

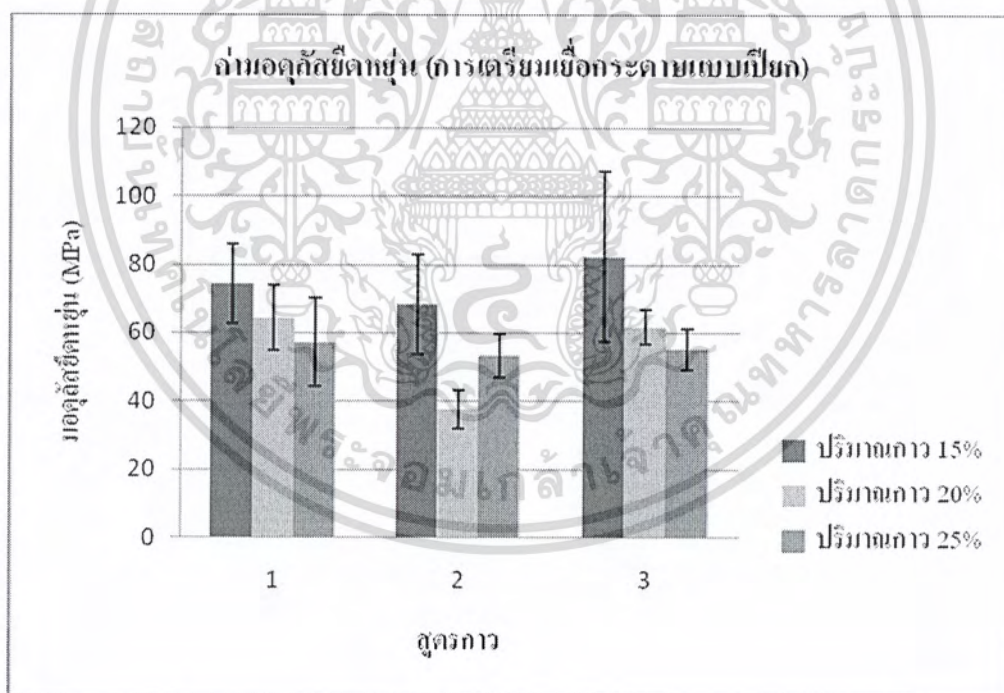
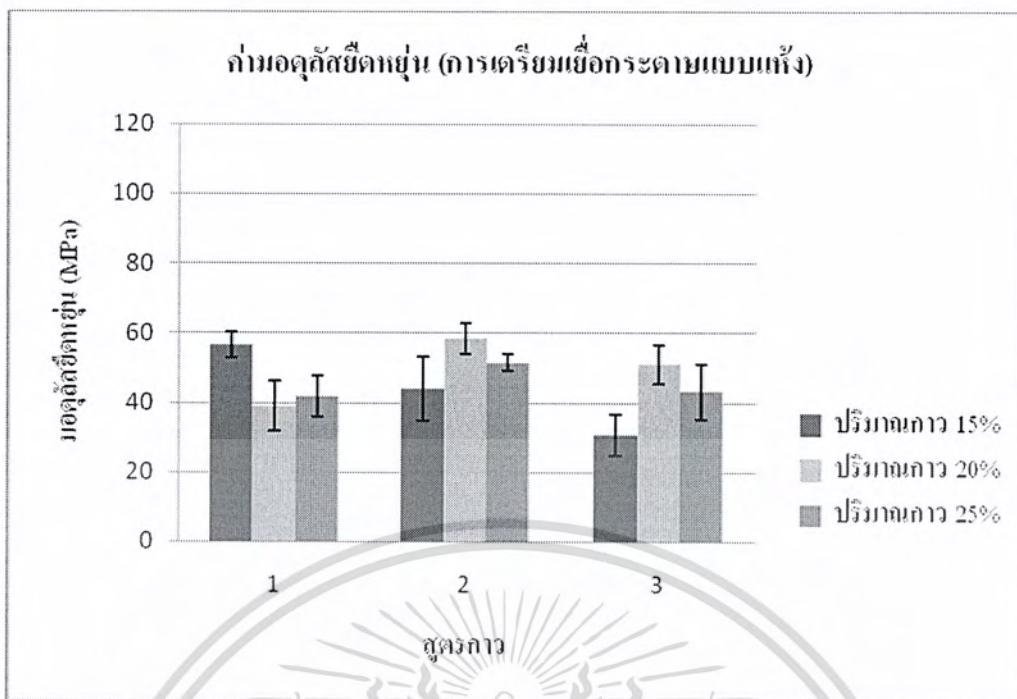
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข.)

รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบความต้านแรงตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ และผู้จัดทำเอกสารนี้ขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและเนื้อหาที่ปรากฏในเอกสารนี้ ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับความยินยอมจากกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ หรือผู้จัดทำเอกสารนี้



รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบมอดุลีสีดำหุ่ย

(ก.) การเตรียมเชื้อกระดาษแบบแห้ง (ข.) การเตรียมเชื้อกระดาษแบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาดเหนาไปเซประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการเปรียบเทียบแผ่นกระดาษอัดที่ได้ทำการศึกษา กับแผ่นกระดาษอัดจากชานอ้อย (เกรดการค้า) ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างแผ่นกระดาษอัดกับแผ่นกระดาษอัดจากชานอ้อย (เกรดการค้า)

สมบัติ	แผ่นกระดาษอัด	แผ่นกระดาษอัดชานอ้อย (เกรดการค้า)
ความหนาแน่น (kg/m^3)	600 – 700	274
การพองตัวทางความหนา (%)	27 – 71	16
ค่าความต้านทานแรงอัด (MPa)	1.8 – 3.1	1.0
ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (MPa)	30 – 32	17

หมายเหตุ : แผ่นกระดาษอัดมีความหนาประมาณ 8.5 – 8.8 มิลลิเมตร

แผ่นกระดาษอัดจากชานอ้อย (เกรดการค้า) มีความหนาประมาณ 9.5 มิลลิเมตร

จากการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าแผ่นกระดาษอัดมีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 600 – 700 kg/m^3 ซึ่งสูงกว่าแผ่นกระดาษอัดจากชานอ้อย (เกรดการค้า) ที่มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 274 kg/m^3 และเมื่อพิจารณาค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นกระดาษอัดจากชานอ้อย (เกรดการค้า) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16 % ซึ่งมีค่าต่ำกว่าแผ่นกระดาษอัด ส่วนค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด และค่าเฉลี่ยมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระดาษอัดจากชานอ้อย (เกรดการค้า) มีค่าเท่ากับ 1.0 MPa และ 17 MPa ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากแผ่นกระดาษอัด จากผลการทดลองสรุปได้ว่าแผ่นกระดาษอัดมีค่าความหนาแน่น ค่าความต้านแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นกระดาษอัดจากชานอ้อย (เกรดการค้า)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์ จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ทำการปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทั้งและน้ำมันละหุ่ง เนื่องจากน้ำมันทั้งสามารถเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยง โดยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดอิลิโอสเตอริกซึ่งมีพันธะคู่ 3 พันธะอยู่ในรูปคอนจูเกต ทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงได้อย่างรวดเร็ว และมีความแข็งแรง โดยในการเตรียมกาวผสมสูตรมีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา และตัวริเริ่มปฏิกิริยา ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่ากาวที่มีน้ำมันละหุ่งปริมาณมากกว่าจะมีความหนืดสูงกว่า โดยที่กาวมีเสถียรภาพไม่เกิน 2 สัปดาห์สำหรับกาวทั้ง 3 สูตร

เมื่อได้กาวผสมสูตรแล้วนำมาศึกษาผลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อสมบัติของกาวผสมสูตรและแผ่นกระดาษอัด ซึ่งได้ผลการทดลองโดยสรุปดังนี้

- ผลของการเพิ่มน้ำมันละหุ่งส่งผลให้ค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้น
- ผลของการเพิ่มปริมาณกาวเทียบกับเยื่อกระดาษเป็น 15%, 20% และ 25% โดยน้ำหนักพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกาวมากขึ้นส่งผลให้สมบัติของแผ่นกระดาษอัดดีขึ้น ได้แก่ ค่าการพองตัวทางความหนาดำลง แต่ไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของกระดาษอัด
- ผลของชนิดเยื่อกระดาษจากวิธีการเตรียมเยื่อกระดาษแบบแห้งและแบบเปียก พบว่าเยื่อกระดาษจากวิธีเตรียมเยื่อกระดาษแบบเปียก จะส่งผลให้สมบัติของแผ่นกระดาษอัดมีค่าความต้านแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น ส่วนค่าการพองตัวทางความหนาดำลง แต่ไม่ส่งผลต่อค่าการดูดซับความชื้นของแผ่นกระดาษอัด
- ผลของกระบวนการผลิตแผ่นกระดาษอัดในส่วนของการขึ้นตอนการพ่นกาว พบว่าในการพ่นกาว กาวเกิดการรวมตัวกันเป็นหยดของกาว ทำให้การกระจายตัวของกาวไม่ดี จึงส่งผลให้สมบัติเชิงกลของแผ่นกระดาษอัดต่ำลงและบดบังผลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นกระดาษอัด
- การพองตัวทางความหนาของแผ่นกระดาษอัดนั้น ไม่มีผลเนื่องมาจากกาวผสมสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาสูตรกาวให้มีค่าการต้านทานความชื้นให้สูงขึ้น โดยอาจเพิ่มปริมาณสารประกอบที่ไม่ชอบน้ำชนิดอื่น
2. พัฒนาสูตรกาวให้มีค่าสมบัติเชิงกลสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความต้านแรงคัดและค่ามอดูลัสยืดหยุ่น โดยอาจเพิ่มปริมาณสารตัวเติมประเภทเสริมแรง
3. พัฒนาสูตรกาวให้มีความเสถียร สามารถใช้งานได้ยาวนาน เช่น การปรับเปลี่ยนชนิดของสารเพิ่มเสถียรภาพ
4. พัฒนาระบบการผลิตแผ่นกระดาษอัดในขั้นตอนการพ่นกาวให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยอาจเพิ่มขนาดของภาชนะในการพ่นกาวให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้กาวกระจายตัวได้อย่างทั่วถึง
5. ปรับปรุงพื้นผิวของเยื่อกระดาษก่อนการอัดขึ้นแผ่น
6. ทำการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและความยึดแน่นของผิวหน้าเพิ่มเติม เพื่อทดสอบความแข็งแรงของกาว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, “ ประเภทของกาวติดไม้ ”, online, Available : [http : // www.forest.go.th/Forprod/WoodComposite/adhesiveweb/kind.htm](http://www.forest.go.th/Forprod/WoodComposite/adhesiveweb/kind.htm), 2554
- [2] ธนาวดี ลีจากภัย, “ กาวกับการเลือกใช้งาน ”, online , Available : <http://www.vcharkarn.com /varticle/38229>, 2554
- [3] คณะวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา, “ เคมีพอลิเมอร์ ”, online , Available : http://www.sci.buu.ac.th/~chemistry/staff/thanida/Polymer_Chemistry/, 2554
- [4] หน่วยข้อเสนอเทคโนโลยีอันตรายและความปลอดภัย โครงการศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, “ PVA ”, online, Available : <http://www.chemtrack.org /Board-Detail.asp?TID=0&ID=841>, 2554
- [5] Wikipedia, “ Polyvinyl alcohol ”, online , Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_alcohol, 2554
- [6] โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, “ พืชน้ำมัน ”, online, Available : http://www.rspg.or.th/plants_data/use/oil-4.htm, 2554
- [7] อรุษา สรวารี. สารเคลือบผิว. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- [8] บุญรอด วงษ์สวาท, “ ชนิดของกรดไขมัน ”, online , Available : http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd_site/kind_of_fattyacid.htm , 2554
- [9] พงศธร นันทนเศ และสุนทร ภูรีปริชาเลิศ. สารและสมบัติของสาร ม.4 –ม.6. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2552.
- [10] The Wood Works Book & Tool Co., “Tung Oil, aka China Wood Oil”, online , Available : <http://www.thewoodworks.com.au/technical-data-sheets/tung-oil-aka-china-wood-oil>, 2554
- [11] กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, “ ละหุ่ง ”, online, Available : <http://www.giswebr06.ldd.go.th/lddweb/knowledge/plant/lahung/1.html>, 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] อรอุมา บวรศักดิ์, “ตัวเร่งปฏิกิริยา”, online, Available : <http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/nongkhai/onuma-b/chemical/sec01p16.htm>, 2554
- [13] Wikipedia, “*p*-Toluenesulfonic acid”, online, Available : http://en.wikipedia.org/wiki/P-Toluenesulfonic_acid, 2554
- [14] Wikipedia, “Potassium persulfate”, online, Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Potassium_persulfate, 2554
- [15] มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์. เคมีพอลิเมอร์. กรุงเทพฯ : โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540.
- [16] ชีรศักดิ์ พรหมเทพ. “การศึกษาพฤติกรรมการกระจายตัวของซิลิกาจากซีเมนต์เคลือบขาว” สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548 , 3-9
- [17] นัยนา นิชมวัน, “การผลิตกระดาษ”, online, Available : http://www.tistr.or.th/publication/page_area_show_bc.asp?i1=77&i2=7, 2554
- [18] โพสต์ทูเดย์, “กระดาษ”, online , Available: <http://www.108acc.com/index.php?mo=3&art=331036>, 2554
- [19] ณัฐชา ปานกุล. “การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด” คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551.
- [20] S.H. Imam, S.H. Gondon and L. Mao and L. Chen. “Environmentally friendly wood adhesive form a renewable plant polymer : characteristics and optimization” Polymer Degradation and Stability 73 (2001) 529-533.
- [21] S. Tharhate and J. Ngamcharoenthavorn. “Water-resistant enhancement of Drying oil Modified Poly(vinyl alcohol)” International programs, Faculty of science King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang. 2007.
- [22] N. Rattanaapiromyakit and P. Lakkanapornwisit. “Preparation and modification of wood-adhesive using PVOH and natural-drying oil” International programs, Faculty of science King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang. 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [23] X. Gui-zhuan, Z.Bai-liang , L.Sheng-yong and Y.Jian-zhi. “Study on Immobilized Lipase Catalyzed Transesterification Reaction of Tung Oil” *Agricultural Sciences in China* 5 (2006) 859-864.
- [24] S. Yadav, F. Zafar, A. Hasnat and S. Ahmad. “Poly (urethane fatty amide) resin from linseed oil - A renewable resource” *Organic Coatings* 64 (2009) 27-32.
- [25] Z.O. Oyman, W. Ming and R. van der Linde. “Oxidation of drying oils containing non-conjugated and conjugated double bonds catalyzed by a cobalt catalyst” *Organic Coatings* 54 (2005) 198-204.
- [26] นพรัตน์ เกื้อนวรรณ และคณะ. “การเตรียมกาวติดไม้ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และน้ำมันถั่ง” *คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*, 2552.
- [27] สมชาย บุญพิทักษ์. “การศึกษาและพัฒนากระดาษเหลือใช้ เป็นแผ่นประกอบทดแทนไม้” *คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*, 2547.
- [28] ภคพล ลักณาพรวิสิฐ. “กาวติดไม้ไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งธรรมชาติสำหรับงานแผ่นพาร์ทิเคิล” *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ปีที่ 3 (ฉบับพิเศษที่ 2).2554, 23-31*
- [29] JIS Japanese industrial standard JIS A 5908
- [30] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ มอก. 876-2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

มาตรฐาน มอก.876 – 2547

แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (FLATPRESSED PARTICLEBOARDS)

ตารางที่ ก - 1 มาตรฐาน มอก.876 - 2547

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
		ความหนา มิลลิเมตร
		เกิน 6.0 ถึง 13.0
1	ค่าความหนาแน่น (kg/m^3)	400-900
2	ค่าความชื้น (%) ไม่เกิน	13
3	การพองตัวทางความหนา (%) ไม่เกิน	12
4	ความต้านแรงดัด (MPa) ไม่น้อยกว่า	14
5	มอดูลัสยืดหยุ่น (MPa) ไม่น้อยกว่า	1800
6	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (MPa) ไม่น้อยกว่า	0.40
7	ความยึดแน่นของผิวหน้า (MPa) ไม่น้อยกว่า	0.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

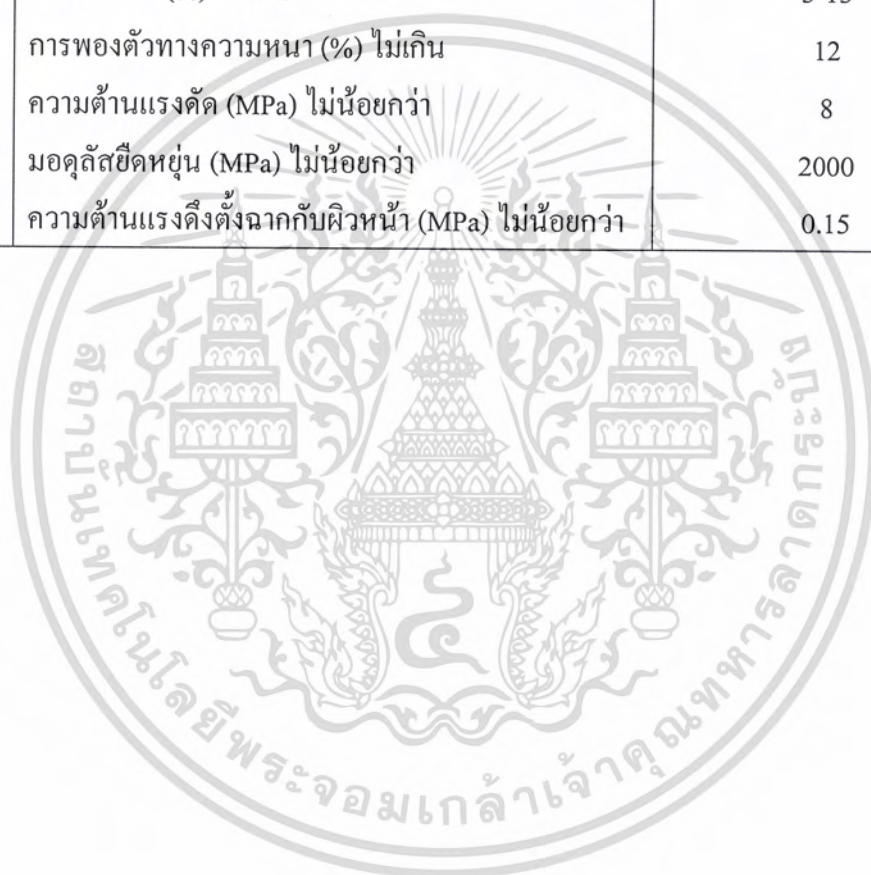
ภาคผนวก ข

มาตรฐาน JIS A 5908 : 2003

(Particleboards)

ตารางที่ ข - 1 มาตรฐาน JIS A 5908 : 2003

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ค่าความหนาแน่น (g/cm ³)	0.4-0.9
2	ค่าความชื้น (%) ไม่เกิน	5-13
3	การพองตัวทางความหนา (%) ไม่เกิน	12
4	ความต้านแรงดัด (MPa) ไม่น้อยกว่า	8
5	มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) ไม่น้อยกว่า	2000
6	ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า (MPa) ไม่น้อยกว่า	0.15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบสมบัติของกาว

ตารางที่ ก - 1 ค่าความหนืด (centipoises)

สปีดค่าที่	สูตรกาว	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย	SD
0	1	155.0	152.5	155.0	154.2	1.18
	2	190.0	187.5	187.5	188.3	1.18
	3	210.0	207.5	207.5	208.3	1.18
1	1	282.5	280.0	280.0	280.8	1.18
	2	415.0	405.0	400.0	405.0	6.45
	3	490.0	485.0	480.0	485.0	4.08
2	1	820.0	860.0	860.0	846.7	18.86
	2	1080.0	1110.0	1120	1103.3	17.00
	3	1690.0	1700.0	1710.0	1700.0	8.16
3	1	1700.0	1650.0	1650.0	1666.7	23.57
	2	2600.0	2500.0	2500.0	2533.3	47.14
	3	3050.0	3050.0	2950.0	3016.7	47.14
4	1	2450.0	2450.0	2500.0	2466.7	23.57
	2	3350.0	3200.0	3150.0	3233.3	84.98
	3	3750.0	3600.0	3650.0	3666.7	62.36
5	1	3200.0	3150.0	3200.0	3183.3	23.57
	2	3550.0	3600.0	3500.0	3550.0	40.82
	3	4050.0	4050.0	4100.0	4066.7	23.57
6	1	3750.0	3700.0	3500.0	3650.0	108.01
	2	3750.0	3800.0	3850.0	3800.0	40.82
	3	4250.0	4300.0	4250.0	4266.7	23.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก - 2 % solid content (%)

สูตรกาว	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย	SD
1	25.6	25.8	25.9	25.8	0.13
2	28.4	28.7	28.8	28.6	0.17
3	30.3	30.0	30.5	30.3	0.21

ตารางที่ ก - 3 การหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว (%)

สูตรกาว	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย	SD
1	2.34	2.37	3.83	2.85	0.70
2	1.26	1.15	1.76	1.39	0.27
3	1.83	1.54	1.79	1.72	0.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบสมบัติของแผ่นกระดาษอัด

ตารางที่ ง - 1 ค่าความหนาแน่น (kg/m^3)

สูตรกาว	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	เฉลี่ย	SD
1D – 15	695.9	711.7	690.2	699.2	9.09
1D – 20	663.9	671.5	663.2	666.2	3.76
1D – 25	685.6	611.8	649.1	648.8	30.13
2D – 15	685.0	669.8	668.7	674.5	7.44
2D – 20	662.0	700.6	698.4	687.0	17.70
2D – 25	658.2	711.3	687.0	685.5	21.70
3D – 15	676.0	681.0	739.2	698.7	28.69
3D – 20	678.1	665.5	679.7	674.4	6.35
3D – 25	643.0	665.1	663.6	657.2	10.08
1W – 15	713.7	737.7	654.0	701.8	35.19
1W – 20	678.2	683.0	690.7	683.9	5.15
1W – 25	667.3	675.4	694.8	679.1	11.54
2W – 15	725.9	702.6	662.9	697.1	26.01
2W – 20	764.0	613.7	669.7	682.4	62.02
2W – 25	659.5	650.1	656.5	655.3	3.92
3W – 15	656.0	616.6	621.3	631.3	17.57
3W – 20	600.0	656.0	629.3	628.4	22.87
3W – 25	635.8	643.8	685.8	655.1	21.93
กระดาษอัดขานอ้อย	276.0	271.8	275.7	274.46	1.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง - 2 ค่าความชื้น (%)

สูตรกาว	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	เฉลี่ย	SD
1D - 15	4.54	4.11	4.01	4.22	0.23
1D - 20	4.65	4.88	4.96	4.83	0.13
1D - 25	4.48	4.34	4.23	4.35	0.10
2D - 15	4.37	4.30	4.29	4.32	0.04
2D - 20	4.33	4.43	4.47	4.41	0.06
2D - 25	4.51	4.46	4.35	4.44	0.07
3D - 15	3.82	4.15	4.01	3.99	0.14
3D - 20	4.33	4.34	4.20	4.29	0.06
3D - 25	4.18	4.28	4.16	4.21	0.05
1W - 15	4.70	4.65	4.73	4.69	0.03
1W - 20	4.63	4.55	4.63	4.60	0.04
1W - 25	4.52	4.56	4.59	4.55	0.03
2W - 15	4.34	4.27	4.14	4.25	0.08
2W - 20	3.97	4.11	4.17	4.08	0.08
2W - 25	4.14	4.36	4.31	4.27	0.09
3W - 15	4.81	4.54	4.54	4.63	0.13
3W - 20	4.25	4.33	4.20	4.26	0.05
3W - 25	4.19	4.28	4.17	4.21	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง - 3 ค่าการพองตัวของความหนา (มาตรฐาน มอก.876, 1 ชั่วโมง) (%)

สูตรการ	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	เฉลี่ย	SD
1D – 15	64.23	63.95	60.55	62.91	1.67
1D – 20	49.23	51.29	54.28	51.60	2.07
1D – 25	43.38	32.41	39.26	38.35	4.52
2D – 15	54.09	63.81	64.32	60.74	4.71
2D – 20	51.15	55.17	41.08	49.13	5.93
2D – 25	42.64	46.17	39.70	42.83	2.65
3D – 15	59.85	56.03	61.46	59.11	2.28
3D – 20	52.60	50.41	52.54	51.85	1.02
3D – 25	42.97	41.05	40.99	41.67	0.92
1W – 15	44.40	42.99	50.91	46.10	3.45
1W – 20	38.94	42.40	41.27	40.87	1.44
1W – 25	33.97	35.67	31.58	33.74	1.68
2W – 15	47.04	36.86	44.35	42.75	4.31
2W – 20	35.12	38.72	32.89	35.58	2.40
2W – 25	27.51	26.67	27.72	27.30	0.45
3W – 15	38.35	39.23	38.37	38.65	0.41
3W – 20	38.65	39.29	36.00	37.98	1.42
3W – 25	30.42	32.43	37.75	33.53	3.09
กระดาษอัดชานอ้อย	15.46	15.46	15.47	15.46	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง - 4 ค่าการพองตัวของความหนา (มาตรฐาน JIS A 5908, 24 ชั่วโมง) (%)

สูตรกาว	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	เฉลี่ย	SD
1D – 15	73.16	72.59	66.29	70.68	3.11
1D – 20	56.51	52.86	56.46	55.28	1.71
1D – 25	58.65	56.05	49.19	54.63	3.99
2D – 15	66.74	69.24	67.87	67.95	1.02
2D – 20	61.31	67.01	59.74	62.69	3.12
2D – 25	58.34	50.69	57.92	55.65	3.51
3D – 15	68.91	67.20	73.21	69.77	2.53
3D – 20	52.87	56.65	54.74	54.75	1.54
3D – 25	45.98	44.41	42.62	44.43	1.38
1W – 15	47.13	47.46	57.39	50.66	4.76
1W – 20	41.86	42.69	49.34	44.63	3.35
1W – 25	43.83	46.91	38.71	43.15	3.38
2W – 15	50.01	49.16	50.19	49.79	0.45
2W – 20	43.71	43.02	41.61	42.78	0.87
2W – 25	41.24	35.07	33.43	36.58	3.36
3W – 15	43.37	45.74	43.07	44.06	1.19
3W – 20	41.91	41.35	41.96	41.74	0.28
3W – 25	32.33	35.29	38.33	35.32	2.45
กระดาษอัดชานอ้อย	18.76	19.50	20.41	19.56	0.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง - 5 ค่าความต้านแรงคัต (MPa)

สูตรการ	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	เฉลี่ย	SD
1D – 15	2.1617	2.4034	2.2794	2.2815	0.10
1D – 20	1.6934	1.9243	2.1550	1.9242	0.19
1D – 25	2.1462	1.7631	1.9086	1.9393	0.16
2D – 15	2.1565	2.6221	1.6057	2.0281	0.43
2D – 20	2.4657	2.6141	2.4374	2.5084	0.08
2D – 25	2.3998	2.6354	1.9929	2.3427	0.27
3D – 15	1.2725	1.4385	1.1860	1.2990	0.10
3D – 20	2.4575	2.1757	1.7223	2.1185	0.30
3D – 25	2.5668	2.2547	2.4328	2.4181	0.13
1W – 15	2.4865	3.2120	2.3466	2.6817	0.38
1W – 20	2.4787	2.3819	2.4840	2.4482	0.05
1W – 25	3.2310	2.0185	2.0863	2.3768	0.56
2W – 15	3.7927	2.2276	2.0744	2.6982	0.78
2W – 20	3.1694	3.1204	2.9457	3.0785	0.10
2W – 25	1.9994	2.1051	1.5280	1.8775	0.25
3W – 15	3.1827	2.0486	2.3659	2.5324	0.48
3W – 20	1.8506	1.9067	1.8389	1.8654	0.03
3W – 25	2.1389	1.9286	1.7813	1.9476	0.15
*กระดาศัดชานอ้อย	1.0205	0.9874	1.0599	1.0226	0.03
**กระดาศัดชานอ้อย	1.3464	1.2455	1.3429	1.3116	0.05

*กระดาศัดชานอ้อย เกรดการค้า ทดสอบ ค่าความต้านแรงคัตที่ span length เดียวกันกับ

แผ่นกระดาศัด (40 mm)

**กระดาศัดชานอ้อย เกรดการค้า ทดสอบ ค่าความต้านแรงคัตที่ span length ต่างกันกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แผ่นกระดาศัด (150 mm)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง - 6 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)

สูตรท้าว	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	เฉลี่ย	SD
1D – 15	51.46	59.15	58.99	56.53	3.59
1D – 20	39.14	47.63	30.10	38.96	7.16
1D – 25	49.35	35.01	40.67	41.68	5.90
2D – 15	56.97	37.21	37.85	44.01	9.17
2D – 20	64.27	57.42	53.57	58.42	4.43
2D – 25	55.05	49.21	50.40	51.55	2.52
3D – 15	25.20	38.91	27.87	30.66	5.93
3D – 20	45.02	49.87	58.17	51.01	5.43
3D – 25	38.86	54.38	36.39	43.21	7.96
1W – 15	58.16	84.76	80.35	74.42	11.64
1W – 20	74.24	51.81	61.04	64.36	9.42
1W – 25	75.34	45.78	50.63	57.25	12.94
2W – 15	63.58	53.10	88.08	68.25	14.66
2W – 20	39.63	43.32	30.20	37.72	5.52
2W – 25	61.55	52.13	46.34	53.34	6.27
3W – 15	117.82	65.28	64.08	82.40	25.06
3W – 20	68.87	58.38	58.06	61.77	5.02
3W – 25	63.63	50.05	51.83	55.17	6.03
*กระดาดัดชันอ้อย	1.0205	0.9874	1.0599	1.0226	0.03
**กระดาดัดชันอ้อย	1.3464	1.2455	1.3429	1.3116	0.05

*กระดาดัดชันอ้อย เกรดการค้า ทดสอบ ค่าความต้านแรงดัดที่ span length เดียวกันกับ

แผ่นกระดาดัด (40 mm)

**กระดาดัดชันอ้อย เกรดการค้า ทดสอบ ค่าความต้านแรงดัดที่ span length ต่างกันกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แผ่นกระดาดัด (150 mm)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้