

การเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิลจากเส้นไม้ป่าฉมด้วยกาวที่ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์

PREPARATION OF PARTICLE BOARD FROM PALM'S PULP
USING FORMALDEHYDE-FREE ADHESIVE



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

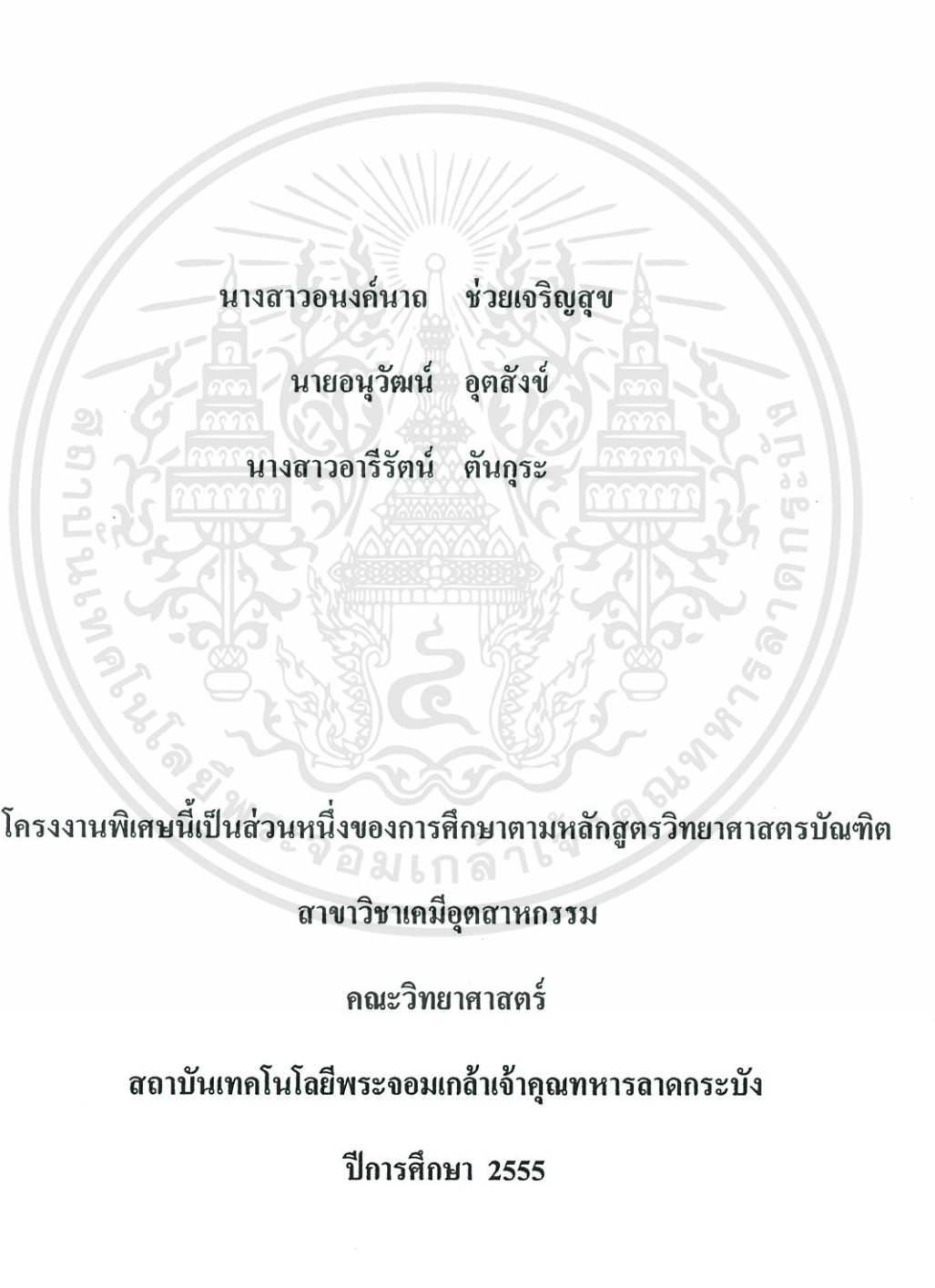
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๕๖

การเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มด้วยกาวที่ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์

**PREPARATION OF PARTICLE BOARD FROM PALM'S PULP
USING FORMALDEHYDE-FREE ADHESIVE**



นางสาวอนงค์นาถ ช่วยเจริญสุข

นายอนุวัฒน์ อุตสังข์

นางสาวอารีรัตน์ ตันกระ

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**PREPARATION OF PARTICLE BOARD FROM PALM'S PULP
USING FORMALDEHYDE-FREE ADHESIVE**

MISS ANONGNATH CHUAYCHAROENSUK

MR. ANUWAT OUTSANG

MISS AREERAT TANKURA



**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

ACADEMIC YEAR 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มด้วยกาวที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์

Preparation of Particle Board from Palm's Pulp using Formaldehyde-free Adhesive

ชื่อนักศึกษา นางสาวอนงค์นารถ ช่วยเจริญสุข

นายอนุวัฒน์ อุตสังข์

นางสาวอารีรัตน์ ตันกูระ

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2555

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ภัทรารุช มนต์วิเศษ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี อุตสาหกรรมประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มชัด	
ผศ.ดร.สุภาวรัตน์ รักษ์กลธี	
ผศ.ดร.ภัทรารุช มนต์วิเศษ	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Preparation of Particle Board from Palm's Pulp using Formaldehyde-free Adhesive
Students	Miss Anongnath Chuaycharoensuk Mr. Anuwat Outsang Miss Areerat Tankura
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Industrial Chemistry
Academic Year	2012
Advisor	Asst.Prof.Dr. Pathavuth Monvisade

ABSTRACT

This research aimed to prepare a particle board from palm's pulp and formaldehyde-free adhesive. The adhesive was produced by modification of poly(vinyl alcohol), PVA, with Tung oil, along with the use of *p*-toluene sulfonic acid as a catalyst, potassium persulfate as an initiator and silica as a filler. To make a particle board, the prepared adhesive was employed to shape palm's pulp by using hot-compression molding technique. The variations of adhesive : pulp ratio (as 15, 20, 25, 30, 35, and 40 wt%), moisture content before molding, size of the palm's pulp, and board forming were studied. The board forming was made to be 1-layer board (mixed and individual pulp's size) and 3-layer board (various ratios of palm's pulp size; no.1 : no.2 as 60:40, 55:45, 50:50, 45:55 and 40:60 by weight). The particle boards were tested for some properties, i.e., density, moisture content, swelling behavior, modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE). It was found that, at the adhesive : pulp ratio of 40 wt% (high moisture content before molding), the particle board showed the industrial standard's properties (Thailand standard TISI 876 and JIS A 5908), i.e. density, moisture content and swelling behavior (passed only TISI 876). It has modulus of rupture as 3.1 MPa and modulus of elasticity as 430 MPa. Moreover, when 3-layer board was made, its swelling behavior was reduced which was above the TISI standard 876 and JIS A 5908. However, the modulus of rupture and modulus of elasticity were lower than those of the board made from mixed pulp's size (A12(40)). Besides, both of the modulus of rupture and modulus of elasticity of the palm's pulp particle board increased with the increment of palm's pulp no.1 content.

Keywords : Formaldehyde-free adhesive, poly(vinyl alcohol), Natural drying oil, Particle board from palm's pulp

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภัทรารุท มนต์วิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่ช่วยให้ความแนะนำแก้ไข พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือตลอดการดำเนิน โครงการพิเศษนี้ ทำให้การจัดทำโครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้ศึกษารัฐศึกษาซึ่งเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มจัด และ ผศ.ดร.สุภารัตน์ รักชลธิ คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจทาน และแก้ไข โครงการพิเศษเล่มนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆที่ใช้ทดสอบในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้ความอนุเคราะห์ เสนอวัสดุเหลือใช้จากเชียงใหม่ปาล์มในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณบริษัท ส.กิจชัย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (เกรดการค้า) ในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเกี่ยวกับเครื่องมือการทดสอบในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ นางสาวอภิญา เจียนประเสริฐ นายสานิตย์ สิริปาณีชาติ นายภคพล-ลักนาพรวิสิฐ และนายฉัตรคุณัย อุนเกษม ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ ประโยชน์และความรู้อันพึงมีจากโครงการพิเศษนี้ขอมอบแด่บิดา มารดา ครอบครัว ผู้มีพระคุณ และคณาจารย์ทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้ศึกษาขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวอนงค์นาถ ช่วยเจริญสุข

นายอนุวัฒน์ อุตสังข์

นางสาวอารีรัตน์ ดันทุระ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
คำย่อและสัญลักษณ์	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
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	10
2.2.1 สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์	11
2.3 น้ำมัน	11
2.3.1 ไขมันและน้ำมัน	12
2.3.2 ปฏิกริยาการเกิดไขมัน	12
2.3.3 ชนิดของกรดไขมัน	13
2.3.4 สมบัติทางกายภาพของกรดไขมัน	17
2.3.5 ปฏิกริยาเคมีของไขมันหรือน้ำมัน	17
2.3.6 ชนิดของน้ำมันชักแห้งธรรมชาติ	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.7 การวิเคราะห์น้ำมัน (Analysis of Oils)	19
2.3.8 น้ำมันทัง (Tung oil)	22
2.4 ตัวเร่งปฏิกิริยา	25
2.4.1 หน้าที่และหลักการทำงาน	25
2.4.2 <i>p</i> -toluene sulfonic acid (PTSA)	25
2.5 ตัวริเริ่มปฏิกิริยา	26
2.5.1 Potassium Persulfate (KPS)	26
2.6 สารเพิ่มเนื้อ	27
2.6.1 ซิลิกาหรือซิลิกอนไดออกไซด์	27
2.6.2 สมบัติทางเคมีของซิลิกา	27
2.6.3 รูปแบบของซิลิกาผลึก	27
2.7 เชื้อไม้ปาล์ม	28
2.7.1 การเก็บเกี่ยว	29
2.7.2 การตัดแต่งทางใบปาล์ม	29
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	35
3.1 สารเคมี	35
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	35
3.3 การเตรียมสารละลายPVA	36
3.4 การเตรียมกาวสูตร PT15S3	36
3.5 การเตรียมเชื้อปาล์ม	36
3.6 การขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อปาล์ม	37
3.7 ปัจจัยการศึกษา	43
3.8 การทดสอบ	43
3.8.1 การทดสอบสมบัติของกาว	43
3.8.1.1 การหาค่าความหนืด (Viscosity) ด้วยเครื่อง	43
(Brookfield Viscometer) รุ่น LV 2000	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูป โดยกาวสูตร PT15S3	43
3.8.2.1 ความหนาแน่น (Density)	43
3.8.2.2 การทดสอบหาความชื้น (Moisture Content)	44
3.8.2.3 การทดสอบการพองตัวทางความหนา (Swelling Test)	44
3.8.2.4 การทดสอบความแข็งแรงตัดและมอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Rupture, MOR and Modulus of Elasticity, MOE)	45
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	46
4.1 การทดสอบสมบัติของกาวสูตร PT15S3	47
4.1.1 การหาค่าความหนืดและปริมาณของแข็ง	47
4.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูป โดยใช้กาวสูตร PT15S3	47
4.2.1 ความหนาแน่น	48
4.2.2 ความชื้น	49
4.2.3 การพองตัวทางความหนา	50
4.2.4 ความต้านทานแรงตัดและมอดุลัสยืดหยุ่น	56
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	60
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. (มาตรฐานมอก.876 และ JIS A 5908)	66
ภาคผนวก ข. (ผลการทดสอบสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์ม)	67

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวบางชนิด	15
2.2 ส่วนประกอบของกรดไขมันในไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ	16
2.3 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันทั้ง	23
2.4 สมบัติของ <i>p</i> -toluene sulfonic acid (PTSA)	25
2.5 สมบัติของ โปเทสเซียมเปอร์ซัลเฟต Potassium Persulfate (KPS)	26
3.1 การควบคุมความชื้นของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์	39
3.2 สูตรการขึ้นแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์ม	42
4.1 คำอธิบายสัญลักษณ์ของสูตรแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์ม	46
4.2 ค่าความหนืด และปริมาณของแข็งในกาว (% Solid Content) ของกาวสูตร PT15S3	47
4.3 ค่าเฉลี่ยความชื้นของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มในสูตรต่างๆ	49
4.4 เปรียบเทียบสูตรที่ดีที่สุดของแผ่นพาร์ทิเคิลในปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	59

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การสังเคราะห์พอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส การสังเคราะห์พอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากปฏิกิริยามาเทนไฮโดรไลซิส	11
2.2 ชนิดของกรดไขมันในเอสเทอร์	12
2.3 ปฏิกิริยาการเกิดไขมัน (Esterification)	12
2.4 ไขมันหรือไตรกลีเซอไรด์	13
2.5 โครงสร้างของกรดไขมัน	17
2.6 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)	17
2.7 ปฏิกิริยาการเกิดสบู่ “สะปอนนิฟิเคชัน” (Saponification)	18
2.8 ต้น ผล เมล็ด และน้ำมันจากต้นทั้ง	22
2.9 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันทั้ง	23
2.10 โครงสร้างโมเลกุลของ PTSA	25
2.11 โครงสร้างโมเลกุลของ KPS	26
2.12 รูปแบบของ Crystalline Silica	28
2.13 ลำต้นปาล์มและการตัดทางใบปาล์ม	28
3.1 ขั้นตอนการเตรียมเยื่อไม้ปาล์ม	37
3.2 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์ม	41
3.3 ขั้นตอนการหาค่าความหนืดของกาว	43
4.1 ค่าความหนาแน่นของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์ม	48
4.2 ผลการทดสอบการพองตัวของความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มผสม ด้วยอัตราส่วนกาวต่อเยื่อไม้ปาล์มต่างๆ ที่ไม่ควบคุมความชื้น	50
4.3 ผลการทดสอบการพองตัวของความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มผสม ด้วยปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ควบคุมความชื้น	51
4.4 แผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มผสม เบอร์1 เบอร์2 การขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ด้วยกาวสูตร PT15S3 และกาว UF (เกรดการค้า) ด้วยปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ไม่ ควบคุมความชื้น	52
4.5 ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ภายใน โมเลกุลของน้ำมันชักแห้ง	54
4.6 ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ระหว่าง โมเลกุลของน้ำมันชักแห้ง	54
4.7 ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification)	55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ น้ำมันชักแห้ง เซลลูโลส และหมู่ไฮดรอกซิลบนพื้นผิวของซิลิกา	55
4.9 ค่าความต้านทานแรงคัตและมอดูลัสยืดหยุ่นปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ไม่ควบคุมความชื้น	56
4.10 ค่าความต้านทานแรงคัตและมอดูลัสยืดหยุ่นปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ควบคุมความชื้น	57
4.11 ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ไม่ควบคุมความชื้น เบอร์ 1 และเบอร์ 2 การขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ด้วยกาวสูตร PT15S3 และกาว UF (เกรดการค้า)	58



คำย่อและสัญลักษณ์

PVA	=	พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (Poly (vinyl alcohol))
PVAc	=	พอลิไวนิลอะซิเตต (poly (vinyl acetate))
UF	=	Urea Formaldehyde
F	=	Formaldehyde
U	=	Urea
MDF	=	แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
MF	=	Melamine Formaldehyde
PB	=	แผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ด
PF	=	Phenol Formaldehyde
FB	=	แผ่นใยไม้อัด
OSB	=	แผ่นเกล็ดไม้อัดเรียงชั้น
P-RF	=	Phenol-Resorcinol Formaldehyde
EVA	=	Ethylene vinyl acetate
RH	=	ความชื้นสัมพัทธ์
PULFA	=	Poly (urethane fatty amide)
SLS	=	โซเดียมอร์ซัลเฟต
PTSA	=	<i>p</i> -toluenesulfonic acid
K ₂ S ₂ O ₈ /KPS	=	Potassium persulfate
มอก.	=	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
JIS	=	มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (Japanese industrial standard)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย [1-2]

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในอุตสาหกรรมในด้านต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ และอุตสาหกรรมพลังงานทดแทน เป็นต้น จึงทำให้รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการปลูกต้นปาล์มน้ำมัน เพื่อเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมต่างๆ เหล่านี้ ส่งผลให้ในปี พ.ศ.2551-2555 พบว่าเกษตรกรใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกต้นปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นประมาณ 4.28 ล้านไร่ และมีแนวโน้มของการปลูกต้นปาล์มเพิ่มขึ้นร้อยละ 5-7 ต่อปี ซึ่งพื้นที่การเพาะปลูกที่สำคัญจะอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยจังหวัดที่มีการเพาะปลูกมากที่สุด คือ จังหวัดกระบี่ รองลงมา คือ สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูล และตรัง ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละปีสามารถผลิตน้ำมันปาล์มได้มากถึง 1.9 ล้านตัน การปลูกต้นปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น นอกจากจะทำให้ได้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันมากขึ้นแล้ว ยังทำให้เกิดเศษเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นด้วยในแต่ละปี ไม่ว่าจะเป็นใบปาล์ม ทางใบปาล์ม ทลายปาล์มเปล่า หรือแม้กระทั่งลำต้นของต้นปาล์ม โดยเฉพาะเหลือส่วนใบปาล์ม 4.5 ล้านตันต่อปี ทางใบปาล์มมีปริมาณ 15 ล้านตันต่อปี ทลายเปล่าปาล์มประมาณ 5 ล้านตันต่อปี ส่วนต้นปาล์มที่มีอายุมากจะทำให้ผลผลิตต่ำลง จึงมีการตัดทิ้งเพื่อปลูกต้นใหม่ทดแทน ส่วนใหญ่ต้นปาล์มแก่เหล่านี้จะถูกทิ้งไว้ในสวนให้น่าเบื่อหรือเผาทิ้งไปทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศและสิ่งแวดล้อมเป็นสาเหตุให้เกิดโลกร้อนในปัจจุบัน

จากปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จึงมีการศึกษาและพัฒนา โดยการนำเศษเหลือจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันมาใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นการทำเชื้อเพลิง ทำปุ๋ย แต่ยังคงมีการนำมาใช้ในปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับเศษเหลือทิ้งที่มีอยู่ทั้งหมด อีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจและเป็นการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือของปาล์มน้ำมัน คือ การนำมาทำเป็นวัสดุทดแทนไม้ โดยผลิตเป็นแผ่นไม้แปรรูป (Sawn Lumber) เช่น ไม้ประสาน (Laminated Board) แผ่นพาร์ทิเคิล (Particleboard) แผ่นเยื่อไม้อัด (Fiberboard) แผ่นไม้อัดซีเมนต์ (Wood Particle Cement Board) และไม้พลาสติก (Wood Plastic Composites)

ปัจจุบันตลาดส่งออกเฟอร์นิเจอร์และแผ่นไม้อัดเพื่อการก่อสร้างสามารถนำเงินเข้าประเทศประมาณ 50,000 ล้านบาทต่อปี นับว่าเป็นตลาดที่มีมูลค่าสูงมาก ดังนั้นเมื่อไม้หายากมากขึ้น และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาแพงขึ้น วัสดุทดแทนไม้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถทดแทนไม้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ วัสดุที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ได้แก่ กาว โดยกาวที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้แปรรูปส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมของสารฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเกิดไอรระเหยตลอดอายุการใช้งาน โดยไอรระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์เหล่านี้เป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น เป็นสารก่อให้เกิดโรคมะเร็ง โรคหอบหืด โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ และการเสียชีวิต จึงมีการกำหนดมาตรฐานการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ในเฟอร์นิเจอร์ไม้แปรรูป ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดให้สินค้าจากไม้พาร์ทิเคิลบอร์ด ต้องผ่านการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมมลพิษทางอากาศของรัฐแคลิฟอร์เนีย (California Air Resource Board, CARB) ซึ่งเป็นกฎหมายควบคุมการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde Emission) ในสหภาพยุโรป (EU) มีมาตรฐานสิ่งแวดล้อมสำหรับเฟอร์นิเจอร์ (EU Formaldehyde Emission Standard) และในประเทศไทยญี่ปุ่นใช้มาตรฐาน Japanese Industrial Standard JIS A 5908

จากระเบียบดังกล่าว งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยในกระบวนการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มด้วยกาวที่ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ ได้แก่ ปริมาณกาวต่อเยื่อไม้ การควบคุมความชื้นก่อนอัดขึ้นรูป ขนาดของเยื่อไม้ และการใช้เยื่อไม้แบบ 3 ชั้น ใช้วัตถุดิบหลักคือ เยื่อไม้ปาล์มประสานและเชื่อมโยงด้วยกาวที่มีองค์ประกอบของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ และสารตัวเติมซิลิกา โดยศึกษาสมบัติการต้านทานน้ำและสมบัติเชิงกลและเปรียบเทียบกับการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (เกรดการค้า)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1. ศึกษาการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์ม ด้วยกาวปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ โดยมีพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (PVA) เป็นองค์ประกอบหลัก และเปรียบเทียบกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (เกรดการค้า)

1.2.2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์ม ได้แก่ ปริมาณกาวต่อเยื่อไม้ปาล์ม การควบคุมความชื้นก่อนอัดขึ้นรูป ขนาดของเยื่อไม้ปาล์ม และการขึ้นรูปโดยใช้เยื่อไม้ปาล์มแบบ 3 ชั้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1. เตรียมทวเพื่อขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์น้ำมันทั้ง และสารตัวเติมซิลิกา

1.3.2. ขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาเล็ม โดยใช้ทวสูตร PT15S3 ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปร้อน

1.3.3. ปรับเปลี่ยนปริมาณทวต่อปริมาณเชื้อไม้ปาเล็ม การควบคุมความชื้นก่อนอัดขึ้นรูปขนาดของเชื้อไม้ปาเล็ม และการใช้เชื้อไม้ปาเล็มแบบ 3 ชั้น

1.3.4. ศึกษาสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาเล็ม ได้แก่ ความหนาแน่นความชื้น การพองตัวทางความหนา ความต้านทานแรงคืด (Modulus of Rupture, MOR) และมอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity, MOE)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1. สามารถเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาเล็ม โดยใช้ทวที่ปราศจากส่วนผสมของสารฟอร์มาลดีไฮด์

1.4.2. แผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาเล็มที่เตรียมได้มีสมบัติที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้

1.4.3. นำไปสู่การใช้งานของทวที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ของประเทศไทย

1.4.4. เป็นการเพิ่มมูลค่าต้นไม้ปาเล็มที่หมดอายุการใช้งาน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กาว[3-4]

กาว หมายถึง สารที่ใช้สำหรับยึดเหนี่ยวผิวหน้าของวัสดุสองชิ้นให้สามารถยึดติดกันได้ โดยมีความแข็งแรงในการยึดติดของวัสดุเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น งานกระดาษ งานไม้ งานผ้า งานแผ่นยาง งานโลหะ งานแก้ว หรืองานพลาสติก ในบางครั้งเราอาจจะไม่ได้อาศัยกาวในการปฏิบัติงานโดยตรง แต่ใช้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ผลิตมาจากกาว เช่น เครื่องใช้ในสำนักงาน เครื่องเรือน วัสดุตกแต่งบ้าน หรือเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ไม้ต่างๆ เป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องใช้กาวในการยึดติดเป็นส่วนใหญ่ เช่น เครื่องเรือนไม้ทั้งประเภทเครื่องเรือนจากไม้จริง (Solid Wood) และจากไม้ประกอบ (Wood Composites) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ประกอบ เช่น แผ่นฉีกไม้อัด แผ่นเยื่อไม้อัด แผ่นไม้อัด แผ่นไม้บางประสาน และไม้ประสานเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องใช้กาวมากที่สุด

2.1.1 ประเภทของกาว

กาวแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามแหล่งที่มา คือ

1. กาวธรรมชาติ (Natural Adhesives) กาวชนิดนี้ส่วนใหญ่ได้จากพืช เช่น ยางเหนียวของต้นไม้ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง หรือได้จากสัตว์ เช่น กาวที่ผลิตขึ้นจากหนังและกระดูกของสัตว์ โดยปกติกาวที่ได้จากธรรมชาตินี้จะมีแข็งแรง และความต้านทานน้ำต่ำกว่ากาวที่ได้จากการสังเคราะห์

2. กาวสังเคราะห์ (Synthesis Adhesives) เป็นกาวที่ผลิตจากพลาสติกประเภทเทอร์โมเซต และเทอร์โมพลาสติก ซึ่งกาวประเภทเทอร์โมเซตจะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวหรือละลายได้อีกหลังจากได้รับการอบด้วยความร้อน แต่กาวประเภทเทอร์โมพลาสติกสามารถทำให้อ่อนตัวได้อีกโดยการให้ความร้อนอีกครั้งหรือด้วยตัวทำละลาย

2.1.2 กาวติดกระดาษ

กาวที่เหมาะสมสำหรับกระดาษ ได้แก่ กาวใส กาวลาเท็กซ์ และกาวยาง

1. กาวใสมีส่วนประกอบหลัก คือ น้ำและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly (vinyl alcohol), PVA)

เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ ที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นสายโซ่ตรงยาว มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH Group)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดอยู่กับโครงสร้างหลักของสายโซ่พอลิเมอร์อยู่มากทำให้ละลายน้ำได้ดี อนุภาคของพอลิเมอร์ในสารละลายมีขนาดเล็กมาก คือ มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10^{-4} เซนติเมตร ซึ่งแสงสามารถส่องผ่านสารละลายได้ ทำให้กาวมีลักษณะเป็นของเหลวใส

2. กาวลาเท็กซ์ มีส่วนประกอบสำคัญ คือ พอลิไวนิลอะซิเตต (Poly (vinyl acetate), PVAc) เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์อีกชนิดหนึ่งที่มีสายโซ่ยาว แต่จะละลายน้ำได้ไม่ค่อยดี เมื่ออยู่ในน้ำจะอยู่ในลักษณะสารอิมัลชัน (Emulsion) คือ อนุภาคเล็กๆ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10^{-7} - 10^{-4} เซนติเมตร กระจายอยู่ทั่วไปในน้ำ ขนาดของอนุภาคสารอิมัลชันมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะทำให้แสงส่องผ่านไปได้ ดังนั้นเมื่อมีแสงตกกระทบกับอนุภาคของกาวจึงเกิดการหักเหและสะท้อนกลับ ทำให้กาวลาเท็กซ์มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม หรือน้ำขุ่นซึ่งมีอนุภาคเล็กๆ ของโปรตีน และเนื้อเยื่อกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำเช่นกัน แต่เมื่อกาวลาเท็กซ์แห้งก็จะมีลักษณะใสเหมือนกาวใส

3. กาวยาง มีทั้งจากยางสังเคราะห์และจากยางธรรมชาติ ซึ่งถ้าเป็นกาวจากยางสังเคราะห์ส่วนมากจะเป็นการนำเข้ากาว แต่ถ้าเป็นกาวจากยางธรรมชาติยังมีการผลิตน้อยในประเทศ

2.1.3 กาวติดไม้

กาวสังเคราะห์ที่ใช้ในงานไม้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1. กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermoset Resins) กาวเรซินเมื่อได้รับความร้อนจะแปรสภาพเป็นแผ่นแข็งที่ไม่สามารถหลอมละลายได้อีก เป็นกาวเรซินที่แข็งตัวโดยการทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิดเป็น โมเลกุลที่มีโครงสร้างสามมิติ จะอยู่ในสภาวะเป็นของแข็งในขณะเดียวกันก็จะเกิดการยึดติดกับไม้ กาวชนิดนี้แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม

ก. กาวเรซินชนิดที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับยูเรีย เมลามีน ฟีนอล หรือสารอื่น

ข. กาวชนิดที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างแทนนินกับฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

ค. กาวเรซินชนิดไอโซไซยานาต

ง. กาวอีพอกซี

1.1 กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea-Formaldehyde, UF) กาวชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวาง มีการใช้กันมารวม 60 กว่าปี นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เริ่มจากใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกับยูเรียให้ความร้อนในส่วนผสมที่เป็นด่าง ทำให้เกิดเมทิลยูเรียแต่ยังไม่เป็นกาว และทำปฏิกิริยาในส่วนผสมที่เป็นกรด จากนั้นทำการหยุดปฏิกิริยา โดยเติมด่างให้มีสภาพเป็นกลาง ทำการกำจัดน้ำออกจากส่วนผสมที่เกิดขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาควบแน่น จนได้ส่วนผสมกาวที่เข้มข้น หรือจะระเหยน้ำต่อไปจนได้เป็นผง โดยนำกาวเข้มข้นไปพ่นผ่านรูเล็กๆ ในปล่องความร้อนที่ให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงถึง 200 องศาเซลเซียส กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีการจำหน่ายกันทั้งในสภาพของเหลวและเป็นผง สำหรับชนิดผงมีแบบผงเดี่ยวและแบบ 2 ผง โดยแบบผงเดี่ยวจะมีการผสมสารเร่งแห้งด้วย ส่วนแบบ 2 ผง ก็จะแยกเป็นผงกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 1 ผง อีกผงหนึ่งก็จะเป็นสารเร่งแห้งที่อาจจะผสมสารเพิ่มอื่นได้ด้วย เช่น แป้งสาลี และแป้งอื่นๆ ผงดินขาว (Kaolin) หรือแคลเซียมซัลเฟต การเตรียมกาว โดยนำกาวผงหลักหรือกาวน้ำมาผสมกับน้ำ แล้วผสมกับสารช่วยให้กาวแข็งตัว (Hardener) เมื่อเข้ากันได้ดี จึงนำไปทาบนผิวไม้ที่จะยึดติดสารช่วยให้กาวแข็งตัวจะมีสภาพเป็นกรด ซึ่งไปริเริ่มให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อม โยง โดยมีการให้ความร้อนกับแนวกาวเป็นตัวเร่งให้แข็งตัวยิ่งขึ้น สารช่วยให้กาวแข็งตัวที่ใช้กับกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ควรเป็นชนิดกรดอ่อนมากๆ หากใช้กรดแก่ทำให้ผิวไม้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เป็นผลให้แนวกาวเสียหาย การลดการปลดปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์ของผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ควรลดสัดส่วน โมลฟอร์มาลดีไฮด์ต่อยูเรีย (F:U) การสังเคราะห์กาวเรซินจาก 1.8:1 หรือ 2.0:1 ให้ต่ำกว่า 1.6:1 หรือบางกรณีสามารถทำให้ต่ำถึง 1.2:1 มีการใช้สัดส่วน โมล (F:U) ต่ำๆ นอกจากจะเพิ่มระยะเวลาในการสังเคราะห์เรซิน กาวที่ได้จะต้องใช้ระยะเวลาในการทำให้แข็งตัวนานขึ้นด้วย และยังทำให้ความแข็งแรงของกาวยึดติดมีแนวโน้มต่ำลง ความต้านทาน ความชื้นลดลง ระยะเวลาการเก็บรักษา (ความเสถียร) ลดลง การลดสารฟอร์มาลดีไฮด์ของกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์สามารถทำได้ โดยเติมสารเพิ่มอื่น เช่น เมลามีน แทนนิน โซเดียมไดซัลไฟด์ และกรดอินทรีย์อย่างอ่อนๆ แต่จะทำให้การคงทนต่อน้ำ และอุณหภูมิสูงด้อยลง ซึ่งจะไม่แนะนำให้ใช้ในการต่อไม้ที่ต้องใช้ในที่ๆ มีความชื้นและมีความร้อน กาวเรซินยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ มีการใช้โดยทั่วไปในการผลิตแผ่นไม้อัด แผ่นพาร์ทิเคิล แผ่นเยื่อไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard, MDF) แผ่นไม้ไร้ระแนง และนิยมใช้กันมากในการปิดผิวไม้บางบนงานเครื่องเรือนแต่ก็ต้องระมัดระวัง เพราะเป็นกาวที่เหมาะสมต่อการใช้งานเพียงพอต่อการทนทานต่อความชื้นแต่ไม่ต้านทานน้ำ

1.2 กาวเมลามีน-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine-Formaldehyde, MF) เป็นกาวที่คล้ายคลึงกับกาว UF มีการนำมาใช้หลังกาว UF ประมาณ 20 กว่าปี กาว UF และกาว MF เกิดจากการทำปฏิกิริยาในส่วนของอะมิโน (Amino) กับสารฟอร์มาลดีไฮด์ภายใต้สภาวะที่ได้รับความร้อนกับสารละลายผสมที่เหมือนกัน แต่ฟอร์มาลดีไฮด์ใน MF จะทำปฏิกิริยารวดเร็วกว่าใน UF ด้วยเหตุนี้การทำกาว MF จึงมีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ที่น้อย กาว UF และกาว MF จะใช้สารที่ช่วยให้กาวแข็งตัวเหมือนกัน แม้แต่สารเติมและสารเพิ่มก็จะใช้สารเหมือนกัน ลักษณะของกาวจะเป็นกาวขาวใสเหมือนกัน ซึ่งทำให้แนวกาวใส กาว MF จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่ทำให้แข็งตัวที่สูงกว่า UF แต่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานน้ำและอุณหภูมิได้ดีกว่า ข้อเสีย คือ กาว MF ราคาสูงกว่าราคา กาว UF ถึง 4-5 เท่า จึงมีการนำมาผสมกับกาว UF เพื่อลดต้นทุนให้ต่ำลง เรียกว่ากาว MUF ซึ่งกาวเมลามีนนี้มักนิยมใช้ในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล (PB) ที่มีคุณสมบัติพิเศษโดยเฉพาะการต้านทานต่อความชื้น กาวเมลามีนยังใช้ในการต่อไม้ที่ต้องการใช้ชิ้นงานในสภาพที่เปียกชื้น

1.3 กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol-Formaldehyde, PF) กาวเรซิน PF มีการผลิตใช้ก่อน UF และ MF เรซิน นำกลับมาใช้ในงานไม้ราวปี ค.ศ.1930 มีการใช้กันมากในการผลิตแผ่นไม้อัดชนิดใช้งานด้านทางทะเล (Marine Plywood) แผ่นเยื่อไม้อัด (Fiberboard, FB) และแผ่นเกล็ดไม้อัดเรียงชั้น (Oriented Strand Board, OSB) สำหรับใช้งานในการก่อสร้าง กาว PF มี 2 ชนิด ได้แก่ รีโซล (Resoles) และ โนวอลแลค (Novolacs) กาว PF ชนิดรีโซลเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มาลดีไฮด์กับฟีนอลในสารละลายต่างรีโซล ต้องใช้อุณหภูมิในการแข็งตัวที่สูง ได้แนวกาวที่มีความต้านทานน้ำ ความร้อน และเชื้อราเป็นชนิดที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ด เช่น ไม้อัด PB และ MDF สำหรับกาว PF ชนิดโนวอลแลคสังเคราะห์ขึ้นในสภาวะที่เป็นกรด มีสัดส่วนของฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำ กาวอัดร้อนต้องใช้สารเฮกซะเมททีลินเตตระมีน (Hexamethylene Tetramine) ในการผสมเพื่อใช้ผลิตชิ้นงานพิเศษ สามารถใช้ในการผลิต Wafer Board ชนิดพิเศษ และ Densified Wood ซึ่ง Densified Wood ผลิตโดยนำไม้บางคล้ายกับการทำไม้อัด แต่แทนที่จะตากอบน ไม้บางระหว่างชั้น ไม้บางก็ใช้ไม้บางแช่ Impregnate อัดกาวในสารละลายกาวแล้วปล่อยให้กาวไหลออก นำมาเรียงประกบกันตามความหนาที่ต้องการ อัดด้วยแรงดันสูงมาก เพื่อลดความหนา และได้ไม้เพิ่มความแน่นที่มีสมบัติทนทานต่อการสึกหรอได้ดีมาก

1.4 กาวฟีนอล-เรซอร์ซินอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol-Resorcinol Formaldehyde, P-RF) ในการผลิตจะเติม Resorcinol ผสมในการรีโซลที่ขั้นตอนสุดท้ายของการสังเคราะห์จะได้เป็นกาวสีน้ำตาลเข้มใช้ในการผลิตคานไม้ประสาน (Laminated Beams) โดยมีข้อดี คือ มีความต้านทานน้ำ และมีความไวในการทำปฏิกิริยา ซึ่งหมายความว่าสามารถใช้กาวที่อุณหภูมิต่ำมากๆ ซึ่งบางครั้งอุณหภูมิต่ำถึง 5 องศาเซลเซียส ใช้ฟาราฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) รอยต่อไม้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นิยมใช้ผงไม้ผสมในกาว เพื่อปรับปรุงสมบัติ และเป็นการอุดช่องว่างไม้ในกาวติดไม้แปรรูป

1.5 กาวไอโซไซยานาต (Isocyanate Resins) กาวไอโซไซยานาตใช้เป็น Casting Resins และตัวกลางของสี (Paint Media) ตั้งแต่ราวปี ค.ศ. 1950 ด้านงานไม้ไม่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้ จนถึงปี ค.ศ. 1975 ปัจจุบันถูกใช้ในการผลิต PB MDF และ OSB เมื่อต้องการชิ้นงานที่มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทนทานสูงจะเกิดการยึดเหนี่ยวทางเคมีกับลิกนิน และเซลลูโลสในไม้มีราคาสูง แต่เมื่อเทียบปริมาณการใช้ในการผลิต PB แล้วใช้ในปริมาณที่ต่ำ และถูกพิสูจน์ว่าคุ้มค่า เช่น เนื่องจากการยึดเหนี่ยวแบบธรรมชาตินี้จะช่วยลดการใช้ไม้วัตถุดิบได้ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ โดยจะให้ความแข็งแรงทางกลที่ระดับเดียวกัน

1.6 กาวเรซินอีพอกซี (Epoxy Resins) อีพอกซีเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง Bisphenol-A กับ Epichlorohydrin ได้เป็นเรซินที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน จึงมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน สารหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นสารเร่งแข็ง แต่ที่ใช้นั้นมากแพร่หลายในขณะนี้ คือ พอลิเอไมด์ อีพอกซีเรซิน จะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้แรงดันอัดข้อต่อไม้เล็กน้อย มีสมบัติในการอุดช่องว่างได้ดี โดยหากใช้ในงานไม้จะไม่ใช้อีพอกซีที่เป็นของเหลวมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และไม่ใส่ตัวทำละลายอื่น ซึ่งจะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาแบบรวมตัว (Addition Reaction)

1.7 กาวแทนนิน (Tannin Resins) สารแทนนินเป็นสารฟีนอลประเภทหนึ่งตามธรรมชาติเกิดอยู่ในเนื้อเยื่อไม้ และเปลือกไม้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะในเปลือกไม้โอ๊ก เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างแทนนินทำปฏิกิริยากับ PF Resins แต่การใช้งานกาวแทนนินยังไม่แพร่หลายนัก แต่ก็มีการนำไปใช้ในบางประเทศเพื่อผลิต PB และ MDF ซึ่งจะทำให้มีความต้านทานความชื้นได้ดี

2. กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (Thermoplastic Resins) หรือร้อนเหลว (Hot-Melts) ต้องให้ความร้อนจึงกลายเป็นสารยึดเหนี่ยวเมื่อเย็น ได้แก่

2.1 กาวเรซินพอลิไวนิลอะซิเตต (PVAc Resins) โดยปกติใช้อยู่ในรูปอิมัลชันแม้ว่าจะแข็งตัวโดยการใช้ความร้อนบ้าง แต่ก็ยังคงอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงๆ สามารถปรับปรุงให้มีความเหนียวสูงหรือต่ำ แข็งหรือยืดหยุ่นได้ (Rigidify or Flexibility) และย้อมสีใส่รงควัตถุเพื่อให้เกิดสี เป็นกาวที่มี 2 แบบที่ใช้ในงานไม้ คือ

1. แบบโฮโมพอลิเมอร์ จะอ่อนตัวทันทีเมื่อได้รับความร้อน

2. แบบโคพอลิเมอร์ มีการใช้สารเร่ง (Catalyst) เพื่อการยึดเหนี่ยวทำให้มีความต้านทานน้ำและความร้อนดีขึ้น แป้งข้าวโพดหรือแป้งชนิดอื่นสามารถเติมลงไปผสมเพื่อเพิ่มความเหนียว ป้องกันไม่ให้เนื้อกาวไหลออกจากข้อต่อ หรือผ่านทะลุรูของไม้บางออกมา สารตัวเติมจำพวกแร่ธาตุ (Mineral Fillers) ก็มีการนำมาใช้ แต่ต้องระมัดระวังอย่าให้โดนหรือใช้กับวัสดุที่มีฤทธิ์เป็นด่างจะช่วยลดการแข็งตัวของกาวลงได้ การผสมเกลือโลหะ (Metallic Salts) เช่น โครเมียม หรือ อะลูมิเนียมไนเตรต จะช่วยปรับปรุงการต้านทานน้ำได้ดีขึ้น แต่ก็จะทำให้อายุการใช้งานของกาว (Pot Life) สั้นลง การเติม UF MF และไอโซไซยานูเรซินจะช่วยปรับปรุงสมบัติของกาวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กาว PVAc ใช้กันแพร่หลายสำหรับการติดไม้บาง การติดกระดาษ PVC Foils แผ่น PB Hardboard MDF และสำหรับการประกอบโต๊ะตู้ เป็นต้น

2.2 กาวร้อนเหลวชนิดเอทิลีนไวนิลอะซิเตต (Ethylene vinyl acetate, EVA) มีส่วนผสมของ EVA Resin ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลัก เพื่อเกิดการยึดติด (Adhesion) และการแตะติด (Tack) ตัวอุดพวกแร่ธาตุ (Mineral Filler) จะเป็นตัวเสริมการยึดจับ (Cohesion) ในการอุดช่องว่างของกาว และยังช่วยลดต้นทุนด้วย นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของซีเมนต์เล็กน้อย เพื่อควบคุมอัตราเร่งการแข็งตัว และยังมีแอนติออกซิแดนต์ เพื่อใช้ลดแนวโน้มการเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ในหม้อต้มกาวที่ร้อน การผลิตเริ่มโดยการใส่เรซิน สารตัวเติม (Filler) สารแอนติออกซิแดนต์ลงในเครื่องผสมแบบ Z-Blade ที่ร้อน ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้บดและตัดเรซินร้อน โดยผสมได้ทั่วถึงสมบูรณ์ ทันทีที่ส่วนผสมเข้ากัน ได้ดีส่วนผสมอื่นที่เหลือถูกเติมผสมคลุกค้อนไปอีก 30 นาที จากนั้นส่วนผสมทั้งหมดจะถูกเทสู่โต๊ะเย็นที่จัดทำขึ้นให้กาวแข็งตัวก่อนจะทำการตัดเป็นเม็ดๆ หรือใช้การอัดรีด (Extrude) ออกมาเป็นเม็ดหรือรูปร่างต่างๆ ขนาดต่างๆ ตามต้องการ รูปร่างของกาวเป็นสิ่งสำคัญมากในการนำไปใช้ เนื่องจากจะส่งผลต่อความเร็วในการรับความร้อนขณะนำไปใช้ กาวมักถูกเคลือบด้วยแป้ง (Talc) เพื่อป้องกันการจับเป็นก้อนในถุง โดยใช้เครื่องอัดรีด (Extruders) สำหรับการผสม สามารถผลิตกาวในลักษณะที่ต่อเนื่อง ซึ่งทำให้มีลักษณะเป็นเม็ดๆ ได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตามการผสมด้วยเครื่องอัดรีดอาจไม่ดีเท่ากับการผสมด้วยเครื่องผสมแบบ Z-Blade เนื่องจากการผสมของส่วนผสมต่างๆ ไม่ละเอียดเหมือนเครื่องผสมแบบ Z-Blade แต่นิยมใช้ในการผสมเบื้องต้น ก่อนนำไปผสมต่อด้วยเครื่องผสมแบบ Z-Blade หรือ Blender อื่นๆ เพื่อให้เกิดการผสมของกาวมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยโครงสร้างพื้นฐานของ EVA Polymer อาจมีปริมาณของไวนิลอะซิเตต สูง ปานกลาง หรือต่ำ หากมีอะซิเตตในปริมาณสูง จะทำให้คุณสมบัติของกาวเกิดการยึดเหนี่ยวเข้ากัน ได้ดีกับสารเติมอื่นๆ มีระยะเวลาก่อนประกบ (Open Time) ได้นานขึ้น มีความต้านทานความร้อนต่ำลง ละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น กาวร้อนเหลว EVA นิยมใช้กันมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ในการติดแถบขอบของแผ่นไม้ และในการประกบติดไม้ โดยเฉพาะในการใช้ระบบกาวคู่ร่วมกับกาว PVAc ระบบนี้กาวร้อนเหลวจะใช้เพื่อยึดข้อต่อหรือส่วนที่ต้องการเชื่อมยึด ในขณะที่กาว PVAc แข็งตัวและเป็นแรงยึดเหนี่ยวหลัก

2.3 กาวพอลิโอเลฟิน (Polyolefines) ใช้งานน้อยในอุตสาหกรรมไม้ เนื่องจากมีสมบัติการยึดติดไม่ดี กาวชนิดนี้เป็นส่วนผสมของพอลิโพรพิลีน พอลิเอทิลีน และเรซินอื่นๆ อาจใช้สำหรับงานติดขอบไม้ มีสมบัติที่ดีน้อยกว่ากาวพอลิเอไมด์แต่ราคาถูกกว่า

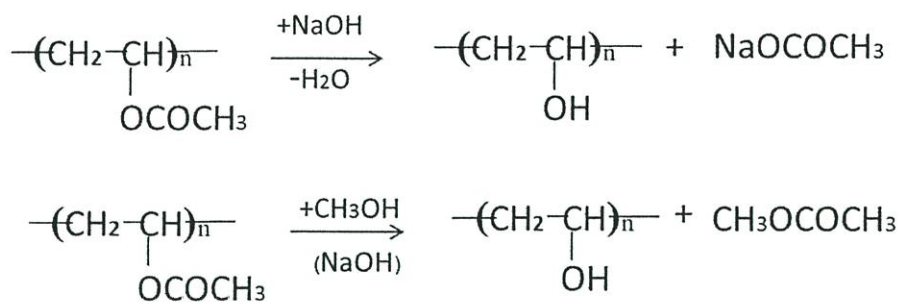
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กาวพอลิเอไมด์ (Polyamide Resins) ส่วนใหญ่ใช้สำหรับการติดขอบที่ต้องการความต้านทานสูงต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น กาวชนิดนี้คล้ายไนลอน และเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันของพอลิเมอร์ (Fatty Acid Polymers) กับไดอะมีน (Diamine) ยากต่อการนำมาใช้งาน เนื่องจากจุดหลอมเหลวจะสูงมาก และง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อาจทำให้สมบัติการยึดติดเสียไป ดังนั้นในบางครั้งจึงมีการใช้เครื่องทาภายนอกใต้สภาวะของก๊าซไนโตรเจน กาวพอลิเอไมด์มีการใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาสำหรับการติดขอบ แต่ไม่แพร่หลายในประเทศอื่น เนื่องจากมีราคาแพงกว่า EVA และพอลิยูรีเทนหลายเท่าตัว

2.5 กาวเรซินพอลิยูรีเทน (Polyurethane Resins) กาวเรซินร้อนเหลวพอลิยูรีเทน ที่ใช้ในการติดแถบขอบจะมีลักษณะการใช้งาน และผลิตภัณฑ์คล้ายกับกาวร้อนเหลวเดิม แต่จะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศและวัสดุที่ต้องการติด เกิดเป็นแนวกาวที่มีสมบัติคล้ายกับกาวชนิดแข็งตัวเมื่อได้รับร้อน (Thermoset Resins) กาวชนิดเรซินพอลิยูรีเทนจะทำปฏิกิริยาระหว่างไดออล (Diol) กับไดไอโซไซยาเนต (Diisocyanate) จะใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่ากาว EVA ซึ่งเรซินใช้งานได้ที่อุณหภูมิประมาณ 100-140 องศาเซลเซียส ต้องป้องกันความชื้นในการเก็บและระหว่างการใช้งาน ซึ่งอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ปิดภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน (Nitrogen Blanket) การใช้งานชนิดนี้มักจะใช้เฉพาะที่ต้องการใช้งานที่มีการยึดเหนี่ยวสูง เช่น ต้องการติดกาวตรงรอยแตกของประตูกันไฟ มีราคาสูงมากกว่า 6 เท่าของ EVA แต่สามารถใช้งานในส่วนที่ต้องการกาวที่มีประสิทธิภาพสูงในการยึดติด บางกรณีใช้ติดแถบขอบโดยไม่ใช้ Nitrogen Blanket โดยเครื่องจ่ายกาวจะจ่ายกาวร้อนเหลวบนผิวที่จะติดกาวทันทีที่แผ่นถูกทาแล้ว ด้านหน้าของเครื่องจ่ายกาวจะปิดโดยมีแผ่นเลื่อนมาปิดเพื่อป้องกันกาวจากการสัมผัสกับอากาศหรือความชื้น

2.2 พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ [5-9]

พอลิไวนิลอัลกอฮอล์เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ สามารถเตรียมจากพอลิไวนิลอะซิเตต เนื่องจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มอนอเมอร์ ($\text{CH}_2=\text{CHOH}$) ที่ไม่เสถียรสามารถเกิด Tautomerize ไปเป็นอะเซตัลดีไฮด์ (CH_3CHO) ได้ง่าย ดังนั้นจึงไม่นิยมเตรียมพอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์มอนอเมอร์โดยตรง โดยจะเตรียมพอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสหรือปฏิกิริยามทาโนไลซิสของพอลิไวนิลอะซิเตต ดังสมการที่ 1 และ 2



รูปที่ 2.1 การสังเคราะห์พอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (1) [10]

การสังเคราะห์พอลิไวนิลอัลกอฮอล์จากปฏิกิริยามะทาโนไลซิส (2) [11]

2.2.1 สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์

พอลิไวนิลอัลกอฮอล์เป็นเทอร์โมพลาสติกประเภทพอลิโอเลฟิน เป็นผงสีขาวไปจนถึงสีครีมมีสมบัติพิเศษ คือ สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีชีวภาพ และดีดไฟได้คล้ายกระดาษ นอกจากนี้ยังสามารถละลายในน้ำได้ มีหลายเกรดตามความหนืด ซึ่งขึ้นอยู่กับดีกรีของพอลิเมอไรเซชัน และเปอร์เซ็นต์ของอัลกอฮอล์ไลซิส สามารถละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลลดลง แต่ความแข็งแรงของการดึงยืด ความทนต่อการฉีกขาด และโค้งงอดีขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้น สามารถสลายตัวได้ในน้ำ และเกิดเป็นสารที่มีพันธะคู่ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้

การใช้งานของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1) อาศัยสมบัติการละลายน้ำ เช่น การนำมาใช้เป็นสารข้น (Thickening agent) ให้กับระบบอิมัลชัน ระบบแขวนลอยต่างๆ ซึ่งใช้ทำแผ่นฟิล์มเคลือบกระดาษที่มีความใสเหนียว และทนต่อการขีดข่วน

2) นำพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ไปทำปฏิกิริยาเคมีแบบเชื่อมโยงซึ่งจะไม่ละลายน้ำ แต่สามารถดูดน้ำและความชื้นได้เป็นอย่างดี (ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) จึงใช้เป็นเส้นใยแทนฝ้ายได้ ฝ้ายที่ทำด้วยเส้นใยพอลิไวนิลอัลกอฮอล์จะสวมใส่สบาย ซักล้างง่ายทนทานต่อการสึกหรอ และสามารถคงรูปได้เป็นอย่างดีที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส

2.3 น้ำมัน [12 -19]

น้ำมันถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวมานาน แต่ปัจจุบันการนำน้ำมันเพียงอย่างเดียวมาใช้เป็นสารยึดผิวมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตามยังมีการใช้น้ำมันเป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวบางชนิดเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

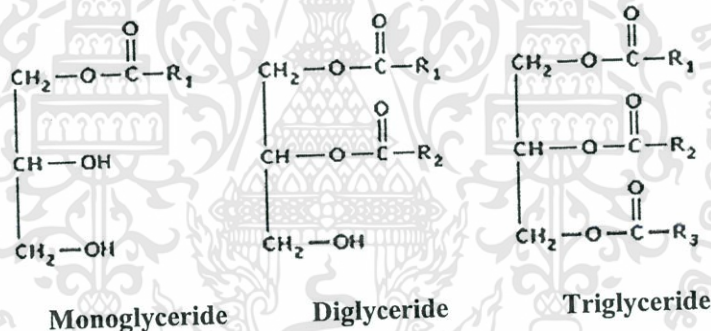
จุดประสงค์อย่างอื่น เช่น เพิ่มความอ่อนตัวของฟิล์ม ลดความเปราะของชิ้นงาน หรือช่วยปรับปรุงสมบัติการละลาย เป็นต้น น้ำมันที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวได้มาจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ น้ำมันพืชและน้ำมันจากทะเลซึ่งนิยมใช้น้ำมันปลา

2.3.1 ไขมันและน้ำมัน

ไขมัน (Fat) และน้ำมัน (Oil) เป็นเอสเทอร์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างอัลกอฮอล์ ที่มีชื่อวากลิเซอรอล (Glycerol) 1 โมเลกุลกับกรดไขมัน (Fatty Acid) 1-3 โมเลกุล ไขมันจะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ส่วนใหญ่จะเป็นไขมันจากสัตว์แต่น้ำมันจะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องซึ่งได้จากพืช ส่วนไข (Wax) เป็นของผสมของเอสเทอร์เป็นของแข็งเกิดจากกรดไขมันและอัลกอฮอล์ที่มีโซ่ยาว

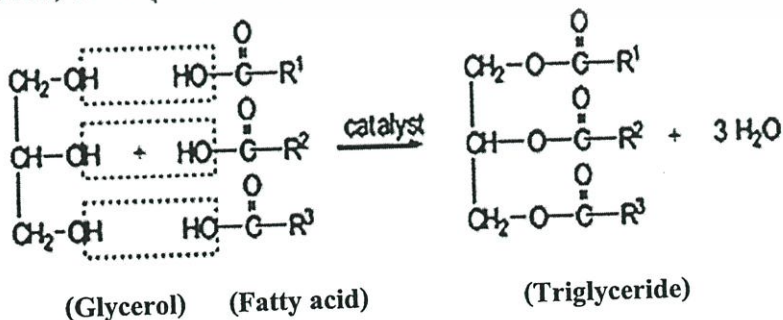
2.3.2 ปฏิกิริยาการเกิดไขมัน

ในการจำแนกไขมันและน้ำมันจะพิจารณาจากส่วนที่เกิดจากกรดไขมันในเอสเทอร์นั้น ถ้ามี 1 โมเลกุลจะเป็นมอนอกลิเซอไรด์ (Monoglyceride) ถ้ามี 2 โมเลกุลจะเป็นไดกลิเซอไรด์ (Diglyceride) และถ้ามี 3 โมเลกุลจะเป็นไตรกลิเซอไรด์ (Triglyceride)



รูปที่ 2.2 ชนิดของกรดไขมันในเอสเทอร์ [12]

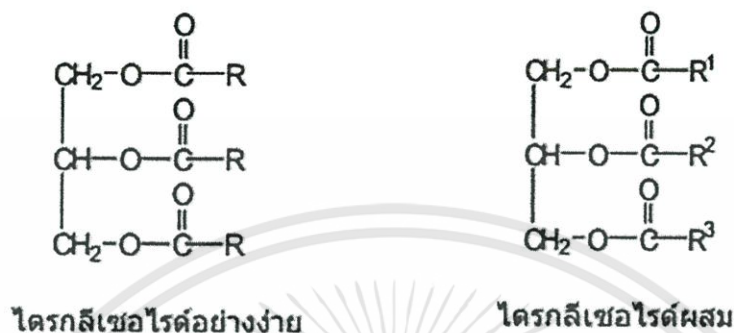
ปฏิกิริยาการเกิดไขมันเป็นปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์ (Esterification) เช่น ปฏิกิริยาการเกิดไตรกลิเซอไรด์จากกลีเซอรอล 1 โมเลกุลรวมกับกรดไขมัน 3 โมเลกุล จะได้ไตรกลิเซอไรด์ (หรือไตรเอซิลกลีเซอรอล) 1 โมเลกุล ดังสมการ



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาการเกิดไขมัน (Esterification) [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันหรือไตรกลีเซอไรด์ที่มีหมู่ R₁ R₂ R₃ เหมือนกันเรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์อย่างง่าย (Simple Triglyceride) ถ้า 2 หรือ 3 หมู่ต่างกันก็จะเรียกว่าไตรกลีเซอไรด์ผสม (Mix Triglyceride) ไขมันและน้ำมันในธรรมชาติจะเป็นไตรกลีเซอไรด์ผสมเป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 2.4 ไขมันหรือไตรกลีเซอไรด์ [12]

2.3.3 ชนิดของกรดไขมัน

กรดไขมันที่ได้จากการนำไตรกลีเซอไรด์มาไฮโดรไลซ์เป็นสายโซ่ตรง มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่อยู่ระหว่าง 12–24 อะตอม กรดไขมันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีประมาณ 40 ชนิด แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม ซึ่งสมบัติของน้ำมันทั้งหลายขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้าง โดยกรดไขมันจะมีผลต่อสมบัติการแข็งตัว กรดไขมันจะไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ในสารอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว เช่น พวกลไฮโดรคาร์บอน หรืออีเทอร์ กรดไขมันเป็นสารที่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl Group) ซึ่งต่อกับสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon-Chain) แบ่งเป็น

1. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid) เป็นกรดไขมันที่พันธะระหว่างอะตอมคาร์บอนกับคาร์บอนยึดเหนี่ยวด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมด ดังนั้นน้ำมันที่มีแต่กรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในโครงสร้างจะมีสมบัติไม่แข็งตัว มีสูตรทั่วไปเป็น $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ หรือ $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ และเขียนสูตรทั่วไปได้ดังนี้ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$ เช่น กรดไขมันอิ่มตัวที่มีจำนวนอะตอมคาร์บอน 18 อะตอม มีสูตรทั่วไปเป็น $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$ เขียนสูตรทั่วไปได้ดังนี้ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ หรือ $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ กรดไขมันอิ่มตัวที่พบได้มากที่สุด ได้แก่ กรดปาล์มิติก (Palmitic Acid) และกรดสเตียริก (Stearic Acid)

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) เป็นกรดไขมันที่พันธะระหว่างอะตอมคาร์บอนกับคาร์บอนโดยมีการยึดเหนี่ยวด้วยพันธะคู่อย่างน้อย 1 พันธะ ซึ่งมีจำนวนอะตอม

ไฮโดรเจนน้อยกว่ากรดไขมันอิ่มตัว 2 อะตอมต่อ 1 พันธะคู่ พันธะคู่ที่มีอยู่ในกรดไขมันมีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมัน เพราะปฏิกิริยาการแข็งตัวของน้ำมันเป็นปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับพันธะคู่ของโมเลกุลน้ำมัน ยังมีพันธะคู่มาก การแข็งตัวของน้ำมันก็จะยิ่งเร็วขึ้น นอกจากนี้ตำแหน่งพันธะคู่ก็มีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมัน ถ้ามีพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยวจะเกิดปฏิกิริยา และแข็งตัวได้เร็ว กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n-1}COOHC_nH_{2n-2}O_2$ หรือ $CH_3(CH_2)_yCH=CH(CH_2)_xCOOH$ เช่น กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีจำนวนอะตอมของคาร์บอน 18 อะตอม มีพันธะคู่ตรงตำแหน่งคาร์บอน 9 และ 10 สามารถเขียนสูตรโมเลกุลได้ดังนี้ $C_{17}H_{33}COOHC_{18}H_{34}O_2$ หรือ $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$ กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบได้มากที่สุด ได้แก่ กรดโอเลอิก (Oleic Acid) และกรดไลโนเลอิก (Linoleic Acid)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สมบัติโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวบางชนิด

กรดไขมัน	สูตรโครงสร้างอย่างย่อ	จุด หลอม เหลว	จำนวน พันธะคู่ ระหว่าง คาร์บอน	ตัวอย่างแหล่งที่ พบ
ก. กรดไขมันอิ่มตัว				
กรดลอริก (Lauric Acid)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44.2	-	น้ำมันมะพร้าว
กรดไมริสติก (Myristic Acid)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	52.9	-	น้ำมันมะพร้าว
กรดปาล์มมิติก (Palmitic Acid)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	63.1	-	ลูกจันทร์เทศ น้ำมันปาล์ม
กรดสเตียริก (Stearic Acid)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69.6	-	ไขมันสัตว์
กรดอะราซิดิก (Arachidic Acid)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	76.5	-	ไขมันพืชและ สัตว์
ข. กรดไขมันไม่อิ่มตัว				
กรดปาล์มิโตเลอิก (Palmitoleic Acid)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-0.5	1	ไขมันพืชและ สัตว์
กรดโอเลอิก (Oleic Acid)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	13.4	1	ไขมันพืชและ สัตว์
กรดไลโนเลอิก (Linoleic Acid)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	-5	2	น้ำมันพืช
กรดไลโนเลนิก (Linolenic Acid)	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	-11	3	น้ำมันพืช
กรดอะราซิดอนิก (Arachidonic Acid)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	-49.5	4	ไขมันสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

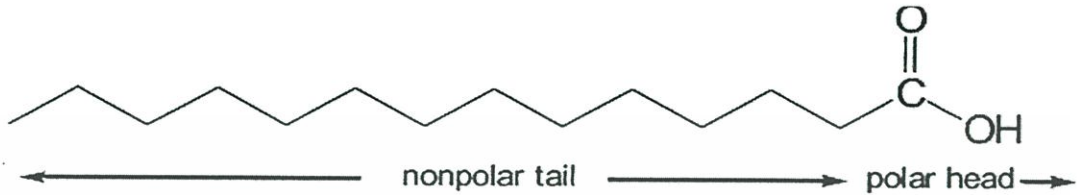
ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของกรดไขมันในไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ

ชื่อกรดไขมัน		มะพร้าว	แกน ปาล์ม	ปาล์ม	เนย เหลือง	หมู	วัว	ถั่ว เหลือง	ข้าว โพด
สาย สั้น	บิวไทริก (C ₄ :0)	-	-	-	3	-	-	-	-
	คาร์โปรริก (C ₆ :0)	0.5	-	-	1	-	-	-	-
สาย ปาน กลาง	คาปริลิก (C ₈ :0)	7.8	4	-	1	-	-	-	-
	คาปริก (C ₁₀ :0)	6.7	4	-	3	-	-	-	-
	ลอรริก (C ₁₂ :0)	47.5	45	0.2	4	-	-	-	-
สาย ยาว	มายอิสติก (C ₁₄ :0)	18.1	18	1.1	12	3	3	-	-
	ปาล์มิติก (C ₁₆ :0)	8.8	9	44	29	24	29	11	11.5
	สเตียริก (C ₁₈ :0)	2.6	3	4.5	11	18	22	4	2.2
	อราริติก (C ₂₀ :0)	0.1	-	-	5	1	-	-	-
	ปาล์มิทอเลอิก (C ₁₆ :1)	-	-	0.1	4	-	-	-	-
	โอเลอิก (C ₁₈ :1)	6.2	15	39.2	25	42	43	25	26.6
	ไลโนเลอิก (C ₁₈ :2)	1.6	2	10.1	2	9	1.4	51	58.7
ไลโนเลนิก (C ₁₈ :3)	-	-	0.4	-	-	-	9	0.8	
เปอร์เซ็นต์ไขมันอิ่มตัว		92.1	83	45.2	69	46	54	15	13.7
เปอร์เซ็นต์ไขมันไม่อิ่มตัว- เชิงเดี่ยว		6.2	15	39.3	29	42	43	25	26.6
เปอร์เซ็นต์ไขมันไม่อิ่มตัว- เชิงซ้อน		1.6	2	10.5	2	9	1.4	60	59.5
C หมายถึง อะตอมของคาร์บอนตัวเลขติดกับ C หมายถึง จำนวนอะตอมของคาร์บอนในสายโซ่ ของกรดไขมัน ตัวเลขหลัง (:) หมายถึง จำนวนของแขนคู่ (Double Bonds) โดยเลข 0 หมายถึง กรด ไขมันอิ่มตัว เลข 1 หมายถึง กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว เลข 2 หรือ 3 หมายถึง กรดไขมันไม่อิ่มตัว เชิงซ้อน									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 สมบัติทางกายภาพของกรดไขมัน

1. โครงสร้างของกรดไขมันประกอบด้วยส่วนที่มีขั้ว คือ หมู่คาร์บอกซิล และส่วนที่ไม่มีขั้ว คือ สายโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ต่อกับหมู่คาร์บอกซิล ดังนั้นถ้ามีกรดไขมันที่สายโซ่ยาวยิ่งทำให้กรดไขมันมีขั้วน้อยลง

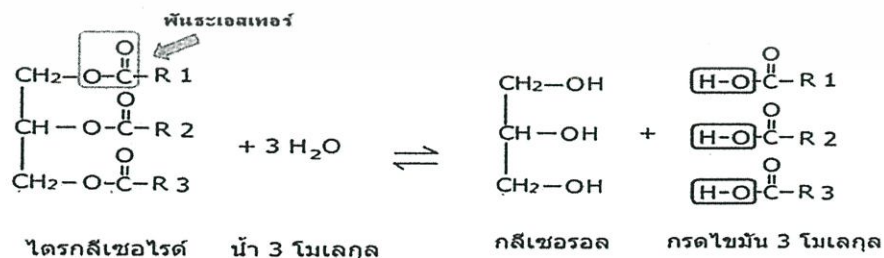


รูปที่ 2.5 โครงสร้างของกรดไขมัน [13]

2. จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะเพิ่มขึ้นตามความยาวของสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน หรือเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมคาร์บอน ส่วนกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำกว่าของกรดไขมันอิ่มตัวที่มีจำนวนอะตอมคาร์บอนเท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเท่ากัน แต่มีพันธะคู่ต่างกัน พบว่ากรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่าจะมีจุดเดือด และจุดหลอมเหลวต่ำกว่า

2.3.5 ปฏิกริยาเคมีของไขมันหรือน้ำมัน

1. ปฏิกริยาไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) ปฏิกริยาไฮโดรลิซิสของไขมันและน้ำมันเกิดได้ทั้งในสภาวะกรดและเบส เมื่อทำการไฮโดรลิซิสไขมันหรือน้ำมัน โดยใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกริยาจะได้กลีเซอรอลและกรดไขมัน ในการย่อยอาหารพวกไขมันก็จะเกิดปฏิกริยาไฮโดรลิซิสเช่นเดียวกัน โดยใช้เอนไซม์ไลเปส (Lipase) เป็นตัวเร่งปฏิกริยา สมการทั่วไปของปฏิกริยาไฮโดรลิซิสไขมันหรือน้ำมัน โดยใช้กรดหรือเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกริยาดังนี้



รูปที่ 2.6 ปฏิกริยาไฮโดรลิซิส (Hydrolysis) [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเรซินที่ใช้เป็นสารยึดติดในแล็กเกอร์ หรือในอุตสาหกรรมใช้น้ำมันเบรค น้ำมันหล่อลื่น และเครื่องสำอางตัวอย่างน้ำมัน ไม้แห้ง ได้แก่ น้ำมันมะกอก เป็นต้น

2.3.7 การวิเคราะห์น้ำมัน (Analysis of Oils)

เป้าหมายของงานการวิเคราะห์ตรวจสอบน้ำมัน คือ เพิ่มความน่าเชื่อถือ และความพร้อมใช้งาน ในขณะที่เดียวกันจะช่วยประหยัดและลดงบประมาณการบำรุงรักษาที่เกี่ยวกับการทำงานของน้ำมันค่าแรงงาน ค่าใช้จ่ายและรายได้ที่เกิดเนื่องจากการหยุดทำงาน และอื่นๆ โดยทำตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น มาตรฐาน B.S. (British Standards) มาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) มาตรฐาน AOCS (American Oil Chemists Society) เป็นต้น ประเทศไทยก็มีมาตรฐาน มอก. (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) นำมาใช้ในการรับรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ

1. ค่าความเป็นกรด (Acid Value) นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการทำให้กรดอิสระเป็นกลางในน้ำ 1 กรัม ค่าความเป็นกรด บอกลถึงปริมาณความเป็นกรดอิสระที่มีในน้ำมัน มีวิธีการหาดังนี้ ชั่งน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ละลายในตัวกลางที่เป็นกลาง (ไอโซโพรพานอล:โทลูอิน อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก) แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N KOH) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาค่าความเป็นกรด โดยใช้สูตร

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

สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1639 [21]

หากค่าความเป็นกรดสูงแสดงว่าน้ำมันเสื่อมคุณภาพมีจุดเกิดควัน (Smoke Point) ต่ำ และยังเป็นสาเหตุเริ่มต้นของการเหม็นหืน (Rancidity) นอกจากนี้ยังสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Lipid Oxidation) เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ ซึ่งทำให้เกิดการเหม็นหืนอย่างต่อเนื่อง และรวดเร็ว

2. ค่าสะaponนิฟิเคชัน (Saponification Number หรือ Saponification Value) นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ในไขมัน หรือน้ำมัน เรียกว่า ปฏิกิริยาสะaponนิฟิเคชัน (Saponification) อย่างสมบูรณ์จำนวน 1 กรัม ได้เป็นสบู่ซึ่งเป็นเกลือของกรดไขมัน (Fatty Acid) 3 โมเลกุลและกลีเซอรอล (ดังรูปที่ 2.7)

การหาค่าสะaponนิฟิเคชันทำได้โดยชั่งน้ำมันและเติมสารละลายอัลกอฮอล์โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำไปกลั่นไหลกลับจนกระทั่งปฏิกิริยาสะaponนิฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดเกลือมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.5 N (0.5 N HCl) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดสอบแบลนค์ กำหนดโดยใช้สูตร

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

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลนค์

V คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ HCl

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1962 [22]

ค่าสะaponนิฟิเคชัน (Saponification Number) เป็นค่าที่ใช้ขนาดโมเลกุลหรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์หากน้ำมันที่มีค่าสะaponนิฟิเคชันสูง แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมาก จึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ต่อหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องใช้ค่าเป็นจำนวนมากในการไฮโดรไลซิส ทำนองเดียวกัน ถ้าค่าสะaponนิฟิเคชันต่ำ แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลมาก จึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ต่อหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนน้อย ทำให้ใช้ค่าน้อยในการทำปฏิกิริยา

3. สารที่สะaponนิไฟด์ไม่ได้ (Unsapnifiable Matter) เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำมันแต่จะไม่เกิดเป็นสบู่ เมื่อให้เข้าทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งได้แก่ สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน คีโตน อัลกอฮอล์เป็นต้นการหาค่าสารที่สะaponนิไฟด์ไม่ได้ทำได้โดยหลังจากนำน้ำมันไปทำสะaponนิฟิเคชัน แล้วนำส่วนที่เหลือมาสกัดด้วยตัวทำละลายไขมันก็จะสามารถหาเปอร์เซ็นต์ของสารที่สะaponนิไฟด์ไม่ได้ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันได้

4. ค่าไฮดรอกซิล (Hydroxyl Value) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีอยู่ในน้ำมัน นิยามได้เป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สมดุลกับปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีในน้ำมันหนัก 1 กรัม น้ำมันส่วนใหญ่ไม่มีหมู่ไฮดรอกซิลยกเว้นจะพบหมู่ไฮดรอกซิลในส่วนองกรดไขมันที่อยู่ในโครงสร้างของน้ำมัน คือ กรดริซิโนลิกถึง 90 เปอร์เซ็นต์ การหาค่าไฮดรอกซิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำได้โดยนำน้ำมันมาทำปฏิกิริยากับสารละลายของแอสติคแอนไฮไดรด์ในไพริดีน จากปฏิกิริยาแอสติคแอนไฮไดรด์ที่มากเกินไปจะถูกล้างไฮโดรไลซ์เกิดเป็นกรดแอสติค สามารถหาปริมาณได้โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอัลกอกซอลิกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1957 [23]

5. ค่าไอโอดีน (Iodine Number หรือ Iodine Value; I.N. หรือ I.V.) เป็นการวัดปริมาณความไม่อิ่มตัวที่มีในน้ำมัน ค่าไอโอดีน คือ จำนวนกรัมของไอโอดีนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไขมัน หรือน้ำมัน 100 กรัม การหาค่าไอโอดีนทำได้โดยชั่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนนำมาละลายในตัวทำละลายเฉื่อย เช่น คลอโรฟอร์ม คาร์บอนเตตระคลอไรด์ แล้วเติมสารละลายที่มีหมู่ธาตุฮาโลเจนอิสระที่รู้ปริมาณแน่นอนลงไปเก็บไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์จะเกิดไอโอดีนออกมา นำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) จะใช้น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์ทำการทดสอบแบลนด์ คำนวณโดยใช้สูตร

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

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

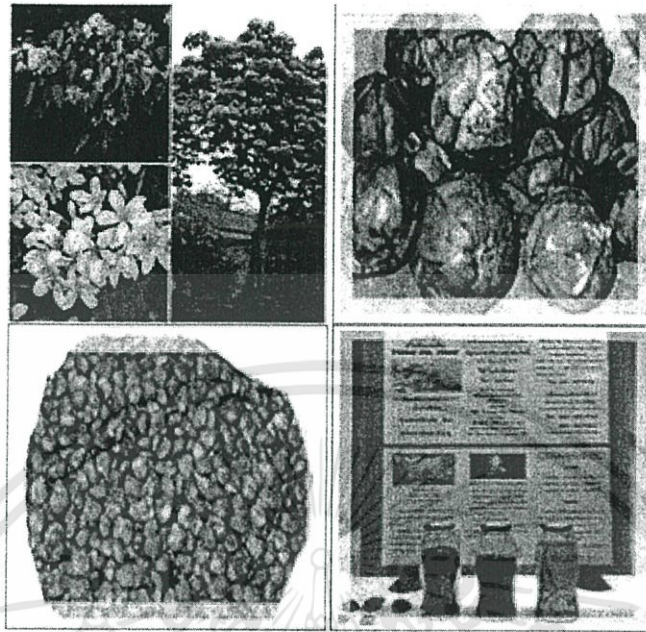
V คือ จำนวนมิลลิลิตรของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

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

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

ถ้าค่า I.N. สูง แสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบมาก และจะเกิดการหืนชนิดที่เกิดจากการมีออกซิเจนในปฏิกิริยาได้ง่ายด้วย

2.3.8 น้ำมันทัง (Tung Oil)

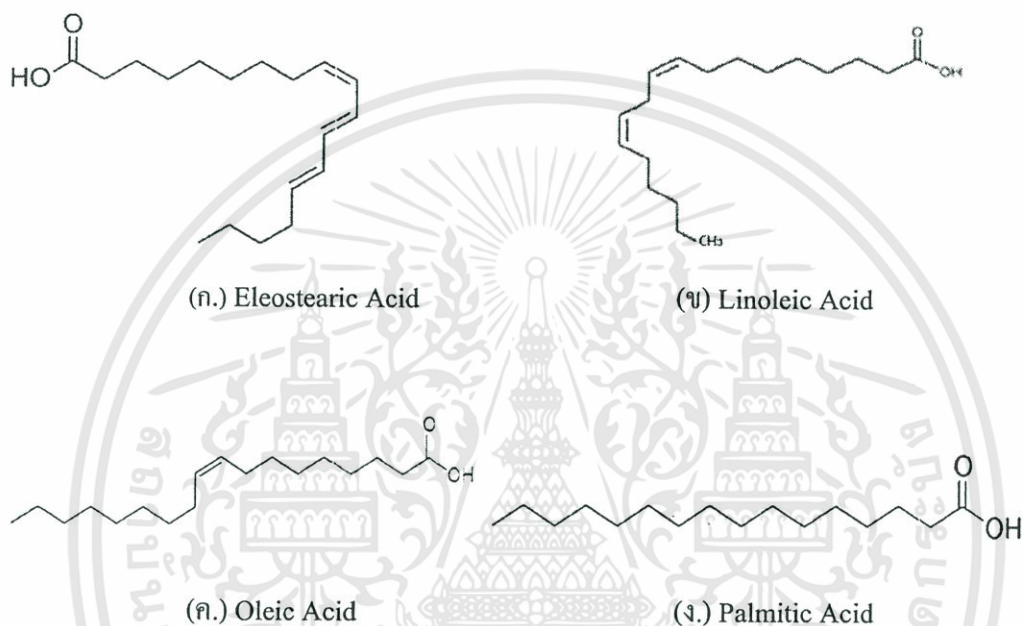


รูปที่ 2.8 ต้น ผล เมล็ดและน้ำมันจากต้นทัง [19]

น้ำมันทังได้มาจากต้นทัง ซึ่งชื่อวิทยาศาสตร์ *VerniciamontanaAleuritesMontana* อยู่ในวงศ์ Euphobiaceae อยู่ในสปีชีส์ *Aleurites* เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางสูง 10-20 เมตร ใบใหญ่หลายแฉกก้านใบยาว ดอกออกที่ปลายกิ่ง กลีบดอกสีขาวอมชมพูเป็นช่อกระจายดอกคอก ออกดอกช่วง กุมภาพันธ์-มีนาคม ออกผลช่วง เมษายน-พฤษภาคม ผลขนาดเท่าลูกมะนาว มีสันนูน แบ่งเป็น 3-4 พู เมล็ด 3-4 เมล็ดตามจำนวนพู เมล็ดใหญ่มีเปลือกหนาหุ้มเนื้อ ในเมล็ดเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่งที่เนื้อในเมล็ดมีปริมาณน้ำมันสูง ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล (Biodiesel) ได้ ต้นทังเป็นพืชโตเร็วสามารถให้ผลผลิตภายใน 3-4 ปี มีอายุยืน 100 ปีขึ้นไปมีถิ่นกำเนิดอยู่ในหลายพื้นที่ จึงมีชื่อเรียกพืชชนิดนี้หลายชื่อตามถิ่นกำเนิด เช่น ในไทยเรียกว่า มะเขาสเหลี่ยมหรือมะเขายหิน ประเทศอินเดียเรียกว่า Bengal Nut ประเทศบราซิลเรียกว่า Noguiera De Banculu และสายพันธุ์ที่กำเนิดในจีนชื่อเรียกว่า China Wood Oil Tree ซึ่งมีประวัติการปลูกกว่า 1,000 ปี ตั้งแต่รัชสมัยราชวงศ์ถัง (Tang Dynasty) โดยคำว่า “Tung” เป็นคำที่มาจากภาษาจีน หมายถึง “หัวใจ” ซึ่งมาจากลักษณะของใบที่คล้ายรูปหัวใจนั่นเอง

2.3.8.1 องค์ประกอบในน้ำมันทั้ง

1. Eleostearic Acid เป็นกรดไขมันที่มีปริมาณมากที่สุดในน้ำมันทั้ง โดยมี 3 พันธะคู่ ซึ่งอยู่ในระบบคอนจูเกตที่ตำแหน่ง 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 ซึ่งไม่มีพันธะคู่อยู่ภายใน โครงสร้าง



รูปที่ 2.9 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันทั้ง [19]

ตารางที่ 2.3 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันทั้ง [19-20]

กรดไขมัน	ปริมาณ
Eleostearic Acid	82.0 เปอร์เซ็นต์
Linoleic Acid	8.5 เปอร์เซ็นต์
Palmitic Acid	5.5 เปอร์เซ็นต์
Oleic Acid	4.0 เปอร์เซ็นต์

2.3.8.2 สมบัติ และการใช้งาน

น้ำมันทั้งสกัดมาจากต้นทั้ง (สายพันธุ์ *Aleurites Fordii*) ซึ่งเป็นพืชที่มีในประเทศจีน เมล็ดของน้ำมันทั้งให้ปริมาณน้ำมันสูงถึง 60-70 เปอร์เซ็นต์ เจริญเติบโตเร็ว ความสูง 10-20 เมตรขึ้นไป เนื้อไม้เบา เหนียว ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ได้หลายชนิด รูปทรงต้นสวย ดอกสวยงาม มีกลิ่นหอมอ่อน สามารถปลูกเป็นไม้ประดับ เนื้อไม้ผลิตไบโอดีเซลผลิต Oil Resin ใช้เป็นส่วนประกอบในหมึกดำ (Indian Ink) น้ำมันเคลือบเงาผิวไม้ เพื่อรักษาเนื้อไม้ให้คงทนมีอายุในการใช้งานนานเป็นร้อยๆ ปี สามารถทาเคลือบกระดาษสา ทาท้องเรือ ป้องกันเรือผุ ป้องกันการซึมของน้ำ หรือส่วนประกอบของปูนประรอยต่อกระเบื้อง (Caulk) ทำน้ำมันชักแห้งเช่นเดียวกับน้ำมันลินสีดแล้วยังใช้เป็นน้ำมันทา เพื่อเพิ่มความมันวาวให้กับไม้ (Lustrous Finish on Wood) มีสมบัติที่แห้งเร็วและเหนียว ส่วนใบและเปลือกของเมล็ดใช้ทำเป็นปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยหมักและช่วยย่อยจุลินทรีย์ได้ดี มีคุณสมบัติพิเศษเพาะเห็ดได้ เป็นเชื้อเพลิงได้ดี ส่วนกากเมล็ดหลังจากหีบน้ำมัน นำกากไปใช้ทำเชื้อเพลิงให้กับอุตสาหกรรมโรงงานต่างๆ ได้ ทำถ่านหุงต้ม บั้งย่างได้อย่างไร้มลพิษ ระยะเวลาเผาไหม้นานกว่าแกลบ ฟางอัด โดยพวกช่างทำไม้ถือว่าน้ำมันทั้งเป็นน้ำมันธรรมชาติสำหรับใช้กับไม้ที่ดีที่สุด ในเมืองจีนได้มีการนำมาใช้มานานหลายร้อยปี

สมบัติพิเศษของน้ำมันทั้ง คือ สามารถเกิดการพอลิเมอไรส์โดยตรงจากปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ไดอีน (Diene Synthesis) เนื่องจากในน้ำมันทั้งมีกรด Eleostearic อยู่ในปริมาณมากสามารถเกิดปฏิกิริยาได้เนื่องจากมีระบบคอนจูเกตในสายโซ่ เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันทั้งที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานๆ จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดเป็นเจล (Gelation) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ น้ำมันจะดำ หรือถ้าอุณหภูมิสูงมากๆ ก็อาจเกิดการติดไฟขึ้นได้ น้ำมันทั้งดิบจะมีสมบัติดังต่อไปนี้

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ที่ 20 องศาเซลเซียส	0.9375
ความชื้น และสิ่งเจือปน	0.01 เปอร์เซ็นต์
จุดวาบไฟ (Flash Point)	288.90 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิติดไฟโดยอัตโนมัติ (Autoignition Temp.)	457 องศาเซลเซียส

2.4 ตัวเร่งปฏิกิริยา [24-25]

2.4.1 หน้าที่ และหลักการทำงาน

ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปในการปฏิกิริยาทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เร็วขึ้นหรือทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยที่ตัวเร่งปฏิกิริยาอาจจะมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาด้วยหรือไม่ก็ได้ แต่เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา ตัวเร่งเหล่านี้จะต้องมีปริมาณเท่าเดิม และมีสมบัติเหมือนเดิม การที่ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ เนื่องจากว่าตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาให้ต่ำลงจึงทำให้มีโมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่า หรือเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์จำนวนมากขึ้น ปฏิกิริยาเคมีจึงเกิดเร็วขึ้น แต่จะไม่ทำให้พลังงานของปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไป ในการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาควรใช้เพียงเล็กน้อย เนื่องจากหากใช้มากเกินไปตัวเร่งปฏิกิริยาอาจกลายเป็นสารตั้งต้นสารหนึ่งๆที่เข้าทำปฏิกิริยา ทำให้ปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไป

2.4.2 *p*-toluene sulfonic acid (PTSA)



รูปที่ 2.10 โครงสร้างโมเลกุลของ PTSA [24]

PTSA ($\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$) เป็นกรดแก่ชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นของแข็งสามารถละลายได้ในน้ำ อัลกอฮอล์ และตัวทำละลาย

ตารางที่ 2.4 สมบัติของ *p*-toluene sulfonic acid (PTSA) [24]

สูตรโมเลกุล	$\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_3\text{S}$
น้ำหนักโมเลกุล	172.20 g/mol
ความหนาแน่น	1.07 g/cm ³
จุดเดือด	116 °C
ค่าดัชนีหักเห	1.3825-1.3845

2.5 ตัวริเริ่มปฏิกิริยา [26]

ตัวริเริ่มปฏิกิริยา ได้แก่ อนุมูลอิสระ (Radical) ไอออนบวก (Cationic) ไอออนลบ (Anionic) โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาเกิดผ่านกลไกแบบอนุมูลอิสระตัวริเริ่มอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ คือ โมเลกุลเมื่อได้รับความร้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า หรือปฏิกิริยาเคมี แล้วเกิดการสลายตัวแบบ (Homolytic Fission) เกิดเป็นอนุมูลที่มีความว่องไว แต่มีชีวิตยาวนานพอที่จะทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของมอนอเมอร์ แล้วเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งสารเคมีที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระมีหลายชนิด ได้แก่ เปอร์ออกไซด์ (R-O-O-R) เอโซ (R-N=N-R) หรือเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$)

2.5.1 Potassium Persulfate (KPS)



รูปที่ 2.11 โครงสร้างโมเลกุลของ KPS [26]

ชื่ออื่นๆ Peroxydisulfuric Acid Dipotassium Salt Potassium Persulfate ($K_2S_2O_8$) เป็นสารประกอบเคมีที่ใช้ในเคมีอินทรีย์ เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาแบบอนุมูลอิสระมีสมบัติทั่วไป

ตารางที่ 2.5 สมบัติของโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต Potassium Persulfate (KPS) [26]

ลักษณะภายนอก	ผงสีขาว
ความหนาแน่น	2.477 g/cm ³
อุณหภูมิในการแตกตัว	100 °C
การละลายน้ำ	4.7 g / 100 g ของน้ำ
น้ำหนักโมเลกุล	270.322 g/mol

2.6 สารเพิ่มเนื้อ [27-28]

2.6.1 ซิลิกาหรือซิลิกอนไดออกไซด์

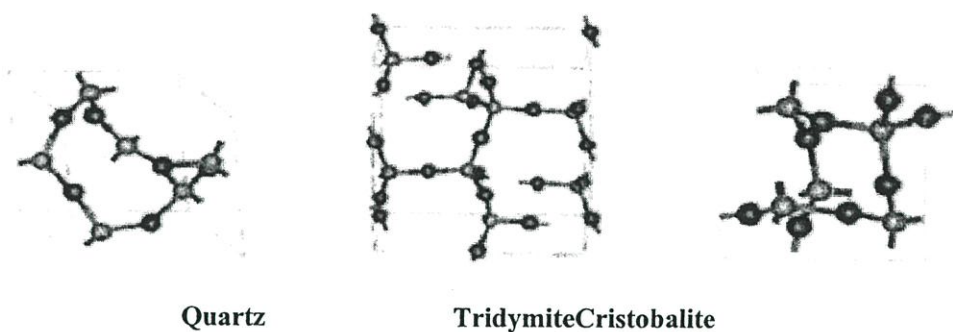
ซิลิกา หรือซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวระหว่างซิลิกอนและออกซิเจน เป็นผลึกไม่มีสี หรือเป็นผลึกสีขาวไม่มีกลิ่น ไม่มีรสมีความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 2.2-2.6 จุดหลอมเหลว 1170 องศาเซลเซียส ไม่ละลายในกรดทุกชนิด ยกเว้นกรดไฮโดรฟลูออริก แต่สามารถละลายได้ เมื่อหลอมกับด่างและรวมตัวกับออกไซด์ของโลหะส่วนใหญ่ได้ ไม่ลุกติดไฟ ในทางการค้าซิลิกาเป็นแหล่งผลิตซิลิกอนที่ถูกใช้ในปริมาณมากในส่วนของวัสดุก่อสร้าง ใช้เป็นวัสดุเบื้องต้นในการผลิตกระจก แก้วน้ำ ขวดแก้ว สายเคเบิลที่ใช้ในการโทรคมนาคม เป็นผลิตผลจากซิลิกาเช่นเดียวกัน และยังใช้เป็นวัตถุดิบแรกในผลิตภัณฑ์จำพวกเซรามิก เช่น เครื่องปั้นดินเผา เครื่องหินเครื่องลายคราม และการผลิตพอร์ตแลนด์ซีเมนต์

2.6.2 สมบัติทางเคมีของซิลิกา

ซิลิกามีสมบัติทางเคมีที่ค่อนข้างเสถียรที่อุณหภูมิปกติ และไม่ทำปฏิกิริยาต่อสารเคมีหลายชนิด แต่ก็ไม่ได้หมายความว่า ซิลิกาจะไม่ทำปฏิกิริยาใดเลย เพราะซิลิกาสามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ และเมื่ออุณหภูมิสูง ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาของซิลิกาจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของซิลิกาและสถานะของซิลิกา ซิลิกาชนิดอสัณฐาน (Amorphous Silica) จะมีความว่องไวมากกว่าผลึกซิลิกา (Crystalline Silica) เนื่องจากซิลิกาชนิดอสัณฐานมีพื้นที่ผิวมากกว่าผลึกซิลิกา

2.6.3 รูปแบบของผลึกซิลิกา

ที่ความดันบรรยากาศ Crystalline Silica มี 3 รูปแบบ คือ Quartz ซึ่งจะเสถียรที่อุณหภูมิต่ำกว่า 870 องศาเซลเซียส Tridymite เสถียรที่อุณหภูมิตั้งแต่ 870-1470 องศาเซลเซียส และ Cristobalite เสถียรที่อุณหภูมิ 1470 องศาเซลเซียส ซิลิกามีจุดหลอมเหลวที่ประมาณ 1723 องศาเซลเซียส ซึ่งรูปแบบทั้งหมดมีโครงสร้างพื้นฐาน คือ SiO_4 Tetrahedral ซึ่งเชื่อมต่อกับออกซิเจนทุกอะตอม โดยการใช้ออกซิเจนร่วมกันระหว่างซิลิกอน 2 อะตอมซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นสารชนิดหนึ่งที่พบมากที่สุดในชีวิตประจำวัน รวมทั้งพบในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และการผลิตซิลิกอนไดออกไซด์คริสตัล ที่ผลิตได้ในหลายรูปแบบ เช่น Quartz Tridymite และ Cristobalite ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 รูปแบบของCrystalline Silica [27]

2.7 เยื่อไม้ปาล์ม [29-31]



รูปที่ 2.13 ลำต้นปาล์มและการตัดทางใบปาล์ม [29]

ปาล์มเป็นไม้ยืนต้น มีชื่อสามัญ Palm ชื่อวิทยาศาสตร์ *Palmae* หรือ *Arecaceae* นับเป็นพืชวงศ์ใหญ่ที่สุดรองจากหญ้าสามารถจำแนกได้กว่า 210 สกุล และราว 3,800 ชนิด ปาล์มส่วนใหญ่มีลักษณะเฉพาะที่เด่นชัด คือ ลำต้นเป็นข้อมีใบบนยอดเพียงที่เดียวไม่แตกกิ่งก้าน มีก้านใบที่ยาวและใหญ่ลักษณะใบเป็นรูปก้างปลา โคนก้านใบจะมีลักษณะเป็นซี่คล้ายหนามแต่ไม่คมมาก โดยลำต้นปาล์มถูกหุ้มด้วยโคนก้านใบ แต่เมื่ออายุมากขึ้น โคนก้านใบจะหลุดร่วงเห็นลำต้นชัดเจน ผิวของลำต้นคล้ายๆ ต้นตาลลักษณะผลจะเป็นทลายผล โดยทางใบปาล์มที่ได้จะได้รับการตัดทลายปาล์ม ซึ่งต้องตัดทางปาล์มก่อนเพราะผลปาล์มตั้งอยู่บนทางปาล์ม โดยกระบวนการตัดทางใบปาล์มและตัดทลายปาล์มลง เรียกว่าแทงปาล์ม และอีกหนึ่งวิธีที่จะได้ทางใบปาล์ม คือ ช่วงการตัดแต่งทางใบปาล์ม การตัดแต่งเพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงานและประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น การกำจัดวัชพืช การให้ปุ๋ย และการเก็บเกี่ยว เป็นต้น ในทางทฤษฎีจะต้องตัดทางใบออกให้น้อยที่สุดเพราะทางใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยในการลำเลียงอาหาร ต้นปาล์มขนาดเล็กที่ยังไม่ให้ผลผลิตควรตัดทางใบด้านล่างสุดรอบๆ โคนต้นออกก่อนเพื่ออำนวยความสะดวกวัชพืชบริเวณรอบ โคนต้น หลังจากนั้นค่อยตัดทางใบที่เหนือขึ้นมา ส่วนในปาล์มที่โตแล้วมักนิยมตัดทางใบให้เหลือรองรับหลายปาล์มเพียง 2 ทาง เพื่อสะดวกในการเก็บเกี่ยว

2.7.1 การเก็บเกี่ยว

1. อายุการเก็บเกี่ยวจะเริ่มให้ผลผลิตครั้งแรกอายุประมาณ 30 เดือน นับจากหลังปลูกลงแปลง และจะให้ผลผลิตอย่างต่อเนื่อง การเก็บเกี่ยวทำได้ตลอดปี แต่ต้องมีการดูแลรักษาอย่างเหมาะสมตามอายุ และสภาพพื้นที่ปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตเฉลี่ยตลอดชีวิต 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี
2. รอบการเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 10-20 วัน ขึ้นกับฤดูกาลโดยเฉลี่ยประมาณ 15 วันต่อครั้ง
3. ควรเก็บเกี่ยวเมื่อปาล์มน้ำมันสุกพอดีชนิดผลดิบสีเขียว เมื่อผลสุกเป็นสีส้มมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ มีผลร่วง 1-3 ผล ส่วนชนิดผลดิบสีดำเมื่อสุกเปลี่ยนสีผลเป็นสีแดงให้เก็บเกี่ยวเมื่อมีผลสุกร่วงจากหลาย 1-3 ผล เมื่อเดือนเปลือกจะเห็นเนื้อผลเป็นสีส้มเข้ม
4. เมื่อเก็บเกี่ยวหลายปาล์มน้ำมันควรจะส่งโรงงานภายใน 24 ชั่วโมง

2.7.2 การตัดแต่งทางใบปาล์ม

การตัดแต่งทางใบปาล์มในขณะที่เก็บเกี่ยวผลผลิตหรือตัดแต่งประจำปี ซึ่งมีวิธีการตัดแต่งที่แตกต่างกันตามอายุของต้นปาล์ม ดังนี้

- อายุระหว่าง 1-3 ปี หลังปลูกควรให้ต้นปาล์มมีทางใบมากที่สุด และตัดแต่งทางใบออกเท่าที่จำเป็น เช่น ทางใบที่แห้ง ทางใบที่มีโรคหรือทางใบที่แมลงทำลาย เป็นต้น
- อายุระหว่าง 4-7 ปี ต้นปาล์มที่ถูกตัดแต่งควรเหลือทางใบ 3 รอบ นับจากหลายด้านล่างสุด
- อายุระหว่าง 7-12 ปี ต้นปาล์มที่ถูกตัดแต่งควรเหลือทางใบ 2 รอบ นับจากหลายด้านล่างสุด
- อายุมากกว่า 12 ปี ต้นปาล์มที่ถูกตัดแต่งควรเหลือทางใบ 1 รอบนับ จากหลายด้านล่างสุด

ปัจจุบันปาล์มเป็นพืชเศรษฐกิจและปริมาณเศษเหลือจากไม้ปาล์มมากทุกๆ วัน จึงนำเทคโนโลยีมาสู่การขึ้นรูปไม้ปาล์มจากเศษวัสดุเหลือใช้ (เยื่อไม้ปาล์ม) มาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า แผ่นพาร์ทิเคิล เป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อนและใช้ประโยชน์จากพืชเศรษฐกิจชนิดนี้อย่างบูรณาการ นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณการใช้ไม้จากป่าธรรมชาติที่มีแนวโน้มลดลงและอาจขาดแคลน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [32-39]

Z.O. Oyman และคณะ [32] ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันแห้งเร็วที่ไม่ใช่ระบบคอนจูเกต (น้ำมันลินสีด) และระบบคอนจูเกต (น้ำมันทัง) โดยใช้ Co(II)-2-Ethylhexanoate (Co-EH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยน้ำมัน 2 ชนิดนี้จะมีกลไกการเกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกัน สำหรับน้ำมันลินสีดที่ไม่ใช่ระบบคอนจูเกต การแตกออกของไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นผ่านอัลไลลิก ไฮโดรเจนอะตอมออกซิเจนปริมาณมากที่ส่งออกไปสู่การเกิด Hydroperoxide สามารถสลายกลายเป็นอนุมูลอิสระของ Alkoxy และ Peroxy โดยทำให้เกิดการเชื่อมโยง และผลิตภัณฑ์ร่วมกับน้ำมันทังที่มีระบบคอนจูเกตเป็นหลักจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเริ่มจากการแตกออกของไฮโดรเจนจาก Monoallylic เมื่อเทียบกับน้ำมันลินสีดจะใช้ปริมาณออกซิเจนที่น้อยกว่า และเกิด Hydroperoxide รวมทั้งได้ผลิตภัณฑ์รวมมากกว่าเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าอนุมูลอิสระชอบเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ที่เป็นคอนจูเกตมากกว่า โดยจะแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมของโมโนอัลไลลิก

X. Gui-zhuan และคณะ [33] ศึกษาสถานะการเกิดปฏิกิริยา Transesterification ของน้ำมันทังและเมทานอล โดยใช้ Immobilize Lipase Novo 435 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยสภาวะเหมาะสมที่ใช้ คืออัตราส่วน 200 รอบต่อนาที อัตราส่วนระหว่างเมทานอลกับน้ำมันเป็น 2.2:1 อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 43 องศาเซลเซียส และใช้ตัวเร่ง 14 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักน้ำมันที่ใช้ หลังจากเกิดปฏิกิริยา 18 ชั่วโมง พบว่า 67.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันถูกเปลี่ยนไปเป็นเมทิลเอสเทอร์ ตามทฤษฎีจะเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ 73.3 เปอร์เซ็นต์ Lipase จะถูกกำจัดออกไปโดยตัวทำละลายอินทรีย์ และหลังจากเกิดปฏิกิริยาไปแล้วจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ น้ำมันทังจะถูกเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ลดลง 6 เปอร์เซ็นต์ หลังจาก Lipase ถูกใช้ไป 120 ชั่วโมง โดยตามทฤษฎีจะเติมเมทานอลลงไป 2 ครั้ง หลังจากปฏิกิริยาผ่านไปอีก 36 ชั่วโมง พบว่าถูกเปลี่ยนมาเป็นเอสเทอร์ 85 เปอร์เซ็นต์ จากทฤษฎีต้องเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ 100 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันทัง ปริมาณตัวเร่ง อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา และเวลาในการเกิดปฏิกิริยาสิ่งต่างๆ เหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

S.H. Imam และคณะ [34] ศึกษาการติดไม้เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่าง พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (PVA) ที่ผสมแป้งกับ Cymel 323 (Hexa (Methoxymethyl) Melamine) ใช้กรดซิตริก (Citric Acid) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเกิดการเชื่อมโยง จากปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนหมู่เอสเทอร์ (Transesterification)

ของหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่อยู่ในโมเลกุลแป้ง PVA และไม้จะถูกแทนที่ตรงที่ตำแหน่งหมู่เมทอกซี (Methoxy) ของ Cymel 323 ทำให้เกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะอีเทอร์ ระหว่างโมเลกุลของ Cymel 323 ที่มีวงแหวนเบนซีนอยู่ในโครงสร้างกับแป้ง PVA และไม้ จากนั้นนำกาบไปทาลงบนไม้สน โดยใช้ไม้สน 3 ชั้นประกบกันใช้กาบ 130 กรัมต่อตารางเมตร ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นนำไปอัดด้วยความดัน 1.6 MPa และอุณหภูมิที่ 125-175 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้ววางไว้ที่ห้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ RH เป็นเวลา 6 เดือน จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็งแรงเลื่อนตามมาตรฐาน ASTM D-906-64 เมื่อนำค่าความแข็งแรงเลื่อนระหว่างกาบ 2 สูตรมาเปรียบเทียบกับ โดยสูตรที่ 1 เป็นกาบที่ไม่ได้เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 และสูตรที่ 2 เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 พบว่ากาบสูตรที่ 2 ให้ค่าความแข็งแรงเลื่อน และเปอร์เซ็นต์ Veneer Failure สูงกว่ากาบสูตรที่ 1 และยังทำการทดสอบการต้านทานความชื้น (Moisture Resistance, % RH) นำไม้ที่ทาแล้ว ไปเก็บต่ออีก 2 เดือน ทดสอบการต้านทานความชื้น โดยวิธีวัด % RH ผลการทดสอบ พบว่ากาบสูตรที่ 1 มีค่า % RH เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ กาบสูตรที่ 2 มีค่า % RH เท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่ากาบที่เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 มีค่าความแข็งแรงเลื่อน และมีความต้านทานความชื้นสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากพันธะอีเทอร์เชื่อมโยงระหว่างหมู่ OH ในโมเลกุลของไม้กับ Cymel 323 หลังการเชื่อมโยงทำให้ปริมาณหมู่ OH ลดลง นอกจากนี้ยังปรับปรุงคุณสมบัติของกาบสูตรที่ 2 ด้วยวิธีการเติมลาเทกซ์ลงไป 5-7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ Veneer Failure และมีความต้านทานความชื้นสูงขึ้น

S. Tharhate and J. Ngamcharoenthavorn [35] ศึกษาการเตรียมกาบติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์โดยใช้พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ โดยการปรับปรุงโดยใช้กรดไขมัน ได้แก่ Oleic Acid และ Linoleic Acid ร่วมกับน้ำมันลินสีดเป็นสารเชื่อมโยง โดยมีกรดพาราโทลูอินซิลโฟนิคเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ Sodium Lauryl Sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิวเพื่อช่วยให้กาบมีการกระจายตัวดี โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกาบติดไม้พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ คือ อัตราส่วนน้ำหนักของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์:Oleic Acid:Linoleic Acid เป็น 90:5:5 ตามลำดับ พบว่าความต้านทานน้ำสำหรับไม้มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยา Esterification ระหว่าง Arboxylic Acid และหมู่ Hydroxyl มีการเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ใน Oleic Acid และ Linoleic Acid ค่าความแข็งแรงเลื่อนมีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็น 12.52 MPa

P. Lakkanapornwisit. and N. Rattanaapiromyakit [36] ศึกษาการเตรียมกาบติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ โดยเตรียมจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ทำการปรับปรุงสมบัติโดยใช้น้ำมันลินสีดที่มีอัตราส่วนต่างๆ กัน คือ 10 เปอร์เซ็นต์ 15 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โพลแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ Sodium Lauryl Sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิว จากนั้นนำกาวที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นแผ่นพาร์ทิเคิล โดยใช้ไม้อูคาลิปตัส 4 ชนิด มีลักษณะของชิ้นไม้ที่แตกต่างกันดังนี้ ชนิดที่ 1 หยาบ และสันมีความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์ ชนิดที่ 2 หยาบ และยาวมีความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์ ชนิดที่ 3 หยาบ และยาวมีความชื้น 4 เปอร์เซ็นต์ และชนิดที่ 4 ละเอียด และสันมีความชื้น 9 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำแผ่นพาร์ทิเคิลทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 จากผลการทดสอบพบว่าน้ำมันลินสีดช่วยเพิ่มความแข็งแรงดัดโค้ง (Bending Strength) แต่ลดความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่น (Internal Bonding) โดยแผ่นพาร์ทิเคิลที่ผลิตจากไม้ชนิดที่ 4 จะให้ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่นสูงสุด ความแข็งแรงโค้งงอสูงสุด ความหนาแน่นต่ำสุด การดูดซับความชื้นต่ำสุด และการบวมตัวต่ำสุดเช่นกัน ซึ่งไม้ชนิดที่ 4 สามารถทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 ทั้งหมด ยกเว้นการบวมตัวเมื่อแช่น้ำ (Swelling Test)

นพรัตน์ เดือนวรรณ และคณะ [37] ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ที่ทำการปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทั้งเพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและความต้านทานน้ำ โดยมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำมันทั้งเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ใช้กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก (PTSA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาใช้โพลแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา และโซเดียมลอริลซัลเฟต (SLS) เป็นสารลดแรงตึงผิว โดยปรับปริมาณ SLS เป็น 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการทดสอบสมบัติของกาว ได้แก่ ความหนืด ปริมาณของแข็งในกาว (Solid Content) และเปอร์เซ็นต์การบวมตัวของฟิล์มกาวแล้วนำกาวที่เตรียมได้มาขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้ไม้อูคาลิปตัส Size 2 และ Size 3 ปรับปริมาณกาวต่อไม้เป็น 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้นำไปทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมาตรฐาน มอก.876 ของแผ่นพาร์ทิเคิล ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวทางความหนา ความแข็งแรงโค้งงอ โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 15 เปอร์เซ็นต์ SLS 2 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ปริมาณกาว 25 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลด้วยไม้ Size 3 ให้ค่าการทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876 ทุกค่ายกเว้นการพองตัวทางความหนา

ภคพล ลัคนาพรวิสิฐ [38] ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์สำหรับงานพาร์ทิเคิล โดยใช้สารตั้งต้นเป็นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันชักแห้ง เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและความสามารถในการต้านทานน้ำ ทำการปรับเปลี่ยนชนิดของน้ำมันชักแห้ง ได้แก่ น้ำมันลินสีด และน้ำมันทั้ง โดยมีอัตราส่วนของน้ำมันชักแห้งเป็น 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สารตัวเติมซิลิกาที่มีอัตราส่วน 0-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของกาว ศึกษาการใช้และไม่ใช้กรด พาราโทลูอินซัลโฟนิค (PTSA) เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (0 และ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ทำการ ทดสอบสมบัติของกาว ได้แก่ ความหนืด ปริมาณของแข็งในกาว ปริมาณของแข็งในกาว (Solid Content) และเปอร์เซ็นต์การบวมตัวของฟิล์มกาว จากนั้นนำกาวที่เตรียมได้มาทำการขึ้นรูปแผ่น พาร์ทิเคิล โดยใช้ขึ้น ไม้ยูคาลิปตัส Size 2 และขึ้น ไม้ยางพารา Size 2 และทำการปรับปริมาณ ปริมาณกาวต่อไม้เป็น 15 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้นำไปทำ การทดสอบเทียบตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมาตรฐาน มอก.876 ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล ได้แก่ ความชื้น ความหนาแน่น การพองตัวทางความหนา ความแข็งแรงโค้งงอ 3 จุด ความต้านทานแรง ดึงตึงฉาก และมอดูลัสยืดหยุ่น พบว่าผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อกาวไม่มีปริมาณน้ำมัน ชักแห้ง 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปริมาณซิลิกา 3 เปอร์เซ็นต์ สารเร่งปฏิกิริยา 1 เปอร์เซ็นต์ และ ปริมาณกาวต่อไม้เป็น 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ณัฐธัญญ์ อุณเกษม และคณะ [39] ศึกษาการเตรียมกาวปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์สำหรับ เยื่อกระดาษอัด โดยใช้พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ (PVA) เป็นสารตั้งต้น ทำปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันชัก แห้ง 2 ชนิด คือ น้ำมันทัง เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกล และสามารถในการต้านทานน้ำ โดยกำหนด อัตราส่วน (PVA) ต่อน้ำมันทังต่อเป็น 85:15:0 82.5:15:2.5 และ 80:15:5 โดยน้ำหนัก ใช้กรดพารา โทลูอินซัลโฟนิค (PTSA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS) เป็นตัวริเริ่ม ปฏิกิริยา ใช้ซิลิกาเป็นสารตัวเติม ทำการทดสอบสมบัติของกาว ได้แก่ การหาค่าความหนืด ปริมาณ ของแข็งในกาว (Solid Content) เสถียรภาพของกาวและเปอร์เซ็นต์การบวมตัวของฟิล์ม จากนั้นนำ กาวที่ได้มาทำการขึ้นรูปแผ่นเยื่อกระดาษอัดโดยเยื่อกระดาษที่เตรียมจาก 2 วิธี คือ แบบแห้ง และ แบบเปียก ทำการปรับปริมาณกาวเป็น 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาณเยื่อกระดาษ จากนั้นนำแผ่นเยื่อกระดาษอัดที่เตรียมได้มาทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ความหนาแน่น (Density) ความชื้น (Moisture Content) การพองตัวทางความหนา (Swelling Test) ความแข็งแรงโค้งงอ (Bending Strength) และมอดูลัสยืดหยุ่น (Bending Modulus) จากการทดลองพบว่า กาวที่มีปริมาณ มากกว่าจะมีความหนืดสูงกว่า ส่งผลให้แผ่นกระดาษอัดมีความชื้นลดลงเล็กน้อยโดยกาวทั้ง 3 สูตร มีเสถียรภาพไม่เกิน 2 สัปดาห์ จากผลของการเพิ่มปริมาณกาวเทียบกับเยื่อกระดาษเป็น 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกาวมากขึ้นส่งผลให้สมบัติของแผ่นกระดาษอัดดี ขึ้น ได้แก่ ค่าการพองตัวทางความหนาดำลง แต่ไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่น และค่าความชื้นของ กระดาษอัด ส่วนผลของชนิดเยื่อกระดาษจากวิธีการเตรียมเยื่อกระดาษแบบแห้ง และแบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าเยื่อกระดาษจากวิธีเตรียมเยื่อกระดาษแบบเปียก ส่งผลให้สมบัติของแผ่นกระดาษอัดมีค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น ส่วนค่าการพองตัวทางความหนาต่ำลง เมื่อการผสมกาวมีการกระจายตัวที่ดีกับเยื่อกระดาษ แต่ไม่ส่งผลต่อค่าการดูดซับความชื้นของแผ่นกระดาษอัด ผลของกระบวนการผลิตแผ่นกระดาษอัดในส่วนของขั้นตอนการพ่นกาว พบว่าในการพ่นกาว มักเกิดการรวมตัวเป็นหยดของกาว ทำให้การกระจายตัวของกาวไม่ดี ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของแผ่นกระดาษอัดต่ำลง บดบังผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นกระดาษอัด

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่า การเตรียมกาวติดไม้ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ ใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เป็นสารตั้งต้น 85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีส่วนประกอบของน้ำมันทั้ง 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยมีซิลิกาเป็นสารตัวเติม ใช้กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา น้ำมันทั้งที่ใช้เป็นส่วนประกอบจะช่วยให้มีสมบัติที่ดีขึ้น เนื่องจากน้ำมันทั้งมีโครงสร้างเป็นระบบคอนจูเกต เป็นน้ำมันแห้งเร็ว ส่งผลให้สมบัติเชิงกลและความต้านทานน้ำดีขึ้น รวมถึงตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวริเริ่มปฏิกิริยา สารตัวเติม เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เมื่อนำชิ้นงานมาทดสอบพบว่า ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวทางความหนา ความแข็งแรงโค้งงอ 3 จุด (ค่าความต้านทานแรงดัด, MOR) มอดุลัสยืดหยุ่น (MOE) และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นจึงเป็นที่มาของหัวข้อ ครงงานพิเศษเรื่อง การเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ป่าลัมด้วยกาวที่ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ โดยใช้กาวสูตร PT15S3 เพื่อทำการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ป่าลัมที่เหลือใช้ให้นำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

1. พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly (vinyl alcohol), PVA) MW. 29,600 g.mol⁻¹
2. น้ำมันทัง (Tung Oil) เกรดการค้า
3. กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก (*p*-tolulene sulfonic acid, PTSA) ยี่ห้อ Carlo Erba เกรดวิเคราะห์
4. โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium Persulfate, KPS) ยี่ห้อ Rankem เกรดวิเคราะห์
5. ละอองซิลิกา (Fumed Silica) เกรดการค้า
6. เชื้อไม้ปาล์ม ส่วนทางใบปาล์ม ได้รับความอนุเคราะห์ จาก สจล.วิทยาเขตชุมพร
7. กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ได้รับความอนุเคราะห์ จาก บริษัท ส.กิจชัย จำกัด

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด รุ่น SI-234 บริษัท Becthai Bangkok Equipment & Chemical Co., Ltd
2. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer) ยี่ห้อ Brookfield รุ่น LV 2000 บริษัท Cannon Instrument Company
3. เครื่องปั่นกวนชนิดความเร็วรอบสูง (High speed agitator) พร้อมใบพัดกวน ยี่ห้อ IKA รุ่น RW 20 Digital บริษัท Becthai Bangkok Equipment & Chemical Co., Ltd
4. บีกเกอร์ขนาดต่างๆ
5. เครื่องอัดขึ้นรูปรีออน (Compression Molding Hydraulic Machine) ยี่ห้อ MGLP-20 AT รุ่น LP-20 AT-009 บริษัท Mach Group (1992) Co., Ltd
6. เครื่องตัดแผ่นไม้ ยี่ห้อ PX Tool รุ่น PX-250 Tsm
7. เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ (Homogenizer) ยี่ห้อ IKA รุ่น T25 Digital บริษัท Becthai Bangkok Equipment & Chemical Co., Ltd

8. เครื่องให้ความร้อน (Heater) ยี่ห้อ IKA รุ่น C-MAG H 57 บริษัท Becthai Bangkok Equipment & Chemical Co., Ltd
9. เครื่องร่อน ยี่ห้อ Retsch รุ่น 01409023 บริษัท GmbH & Co. KG
10. เครื่องวัดความชื้น (Timber Moisture Meter) ยี่ห้อ CEM รุ่น DT-129 บริษัท Eastern Energy Co., Ltd
11. เครื่องบดพลาสติก ยี่ห้อ Bosco บริษัท Bosco Engineering Co., Ltd
12. ปืนพ่นกาว (Spray Gun) ยี่ห้อ Hi Top รุ่น 03(F-71G) บริษัท Hi Top
13. เครื่องผสมแบบหมุน
14. ตู้อบ ยี่ห้อ Memmert รุ่น UM 400 บริษัท GmbH & Co. KG
15. ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) ยี่ห้อ Peacock รุ่น G-7C บริษัท Ozaki MFG Co., Ltd
16. เวอร์เนีย (Vernier Caliper) ยี่ห้อ Naza

3.3 การเตรียมสารละลาย PVA

เตรียมน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ค่อยๆ ใส่ PVA 125 กรัม ลงในบีกเกอร์ ทำการปั่นกวนด้วยความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที จน PVA หมด ให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จนกระทั่ง PVA ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

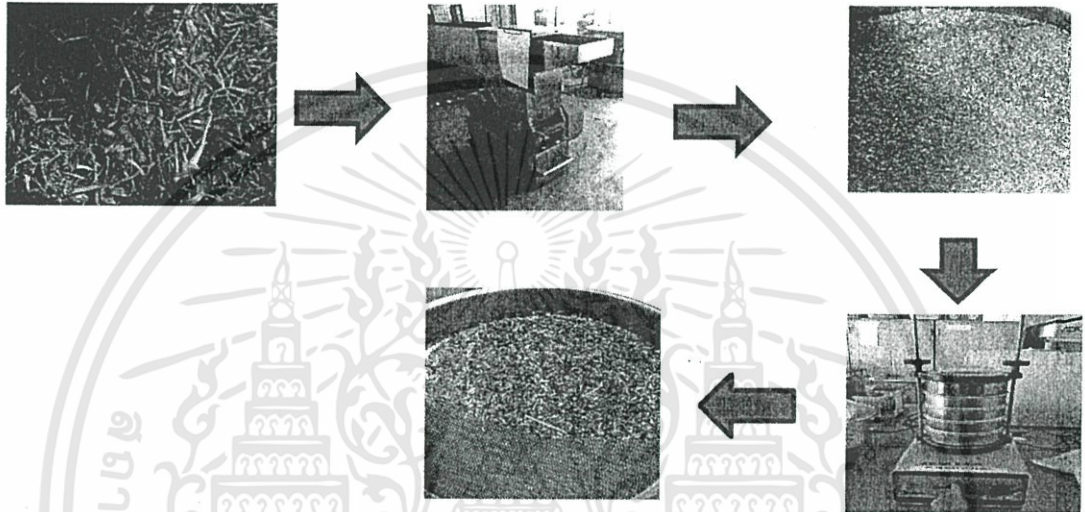
3.4 การเตรียมกาวสูตร PT15S3

1. ชั่งสารผสมตามปริมาณต่างๆ ได้แก่ สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ 85 กรัม น้ำมันทั้ง 15 กรัม ซิลิกา 3 กรัม กรดกรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก 1 กรัม และโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 1 กรัม
2. ผสมซิลิกาและน้ำมันทั้ง โดยค่อยๆ ใส่น้ำมันทั้งลงในซิลิกาผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำของผสมนี้มาผสมกับสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ โดยการผสมด้วยเครื่องโฮโมจิไนซ์เซอร์ใช้ความเร็วรอบในการผสมเป็น 9,000 รอบต่อนาที
3. ใส่กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิกและโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ตามลำดับ ปั่นกวนต่อเป็นเวลา 15 นาที ขั้นตอนนี้จะได้กาวสูตร PT15S3

3.5 การเตรียมเชื้อไม้ปาล์ม

ขั้นตอนในการเตรียมเชื้อไม้ปาล์ม

1. นำส่วนของทางใบปาล์มมาบดย่อยให้มีขนาดเล็กกลง (สจล.วิทยาเขตชุมพรจัดเตรียมให้)
2. จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดเม็ดพลาสติกให้มีขนาดที่เล็กกลง
3. นำเชื้อไม้ปาล์มที่บดมาร่อนแยกขนาด 2 ขนาด คือ ผ่านและไม่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 Mesh



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมเชื้อไม้ปาล์ม

3.6 การขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์ม

ในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์มที่ทำการบดและคัดแยกขนาดตามที่ต้องการ แล้ว มีขั้นตอนในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์มดังนี้

1. การคำนวณอัตราส่วนเชื้อไม้ปาล์มต่อกาวสูตร PT15S3 ที่ใช้สำหรับแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์ม 1 แผ่น โดยใช้ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคำนวณได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ความหนาแน่นของวัสดุ	0.75 g/cm ³
วัสดุขนาด	15x15 cm ²
ความหนา	1 cm
ใช้ปริมาณน้ำหนกาวติดวัสดุ	15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักวัสดุแห้ง
วัสดุมีความชื้น	4.00 เปอร์เซ็นต์

$$\text{จาก } D = M/V$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่า

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

แผ่นเยื่อไม้ปาเล็มมวล 100 g ใช้วัสดุมวล 60 g (มาจากใน 100 ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์ มีเยื่อไม้ปาเล็ม 60 เปอร์เซ็นต์)

แผ่นเยื่อไม้ปาเล็มมวล 168.75 g ใช้วัสดุมวล $(60 \times 168.75) / 100 = 101.25 \text{ g}$

ดังนั้น ใช้วัสดุมวลแห้ง 101.25 g

แผ่นเยื่อไม้ปาเล็มมวล 100 g ใช้กาว 40 g

แผ่นเยื่อไม้ปาเล็มมวล 168.75 g ใช้กาว $(40 \times 168.75) / 100 = 67.5 \text{ g}$

ดังนั้น ใช้เนื้อกาวมวล 67.5 g

ปริมาณวัสดุที่ใช้ $101.25 \times 1.04^* = 105.3 \text{ g}$

เพิ่ม 10 เปอร์เซ็นต์ เป็น $105.3 \times 1.1^* = 115.8 \text{ g}$

ปริมาณกาวที่ใช้ 67.5 g

เพิ่ม 10 เปอร์เซ็นต์ เป็น $67.5 \times 1.1 = 74.3 \text{ g}$

ดังนั้น ในการเตรียมก่อนอัดต้องใส่เยื่อไม้ปาเล็มที่ผสมกับกาวแล้ว $= 115.8 + 74.3 = 190.1 \text{ g}$

หมายเหตุ ค่าตัวคูณ 1.04* หมายถึง เยื่อไม้ปาเล็มที่มีความชื้น 4 เปอร์เซ็นต์

ค่าตัวคูณ 1.10* หมายถึง การคำนวณน้ำหนักคิดเพิ่ม 10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเยื่อไม้ปาเล็ม

และกาวอาจตกหล่นหรือที่ติดภาชนะ

2. ชั่งน้ำหนักของเยื่อไม้ปาเล็มและกาวสูตรที่จะใช้

3. นำเยื่อไม้ปาเล็มใส่ในเครื่องผสมแบบหมุนที่เตรียม แล้วผสมกับกาวให้เข้ากันโดยใช้ปั่นพ่นกาว

4. ตั้งสภาวะเครื่อง Compression Molding ดังนี้ ความดัน = 150 kg/cm²

อุณหภูมิ = 120 องศาเซลเซียส

เวลา = 25 นาที

5. นำเยื่อไม้ปาเล็มที่ทำการผสมกับกาวแล้วใส่ในแม่พิมพ์ทรงสี่เหลี่ยมตามขนาดที่ต้องการที่วางอยู่บนแผ่นแม่พิมพ์

6. เมื่ออุณหภูมิของเครื่องอัดขึ้นรูปร้อนถึงค่าที่กำหนดแล้ว นำแม่พิมพ์เข้าเครื่องอัดขึ้นรูปร้อน

7. เมื่อครบเวลาจึงนำแม่พิมพ์ออกมา นำแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาเล็มที่ได้ออกจากแม่พิมพ์

8. นำแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาเล็มที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะการทดสอบขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลมีดังนี้

1. ปรับเปลี่ยนปริมาณกาวต่อเชื้อไม้ปาล์ม 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
2. ควบคุมความชื้นก่อนขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลด้วยตู้อบ ใช้ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การควบคุมความชื้นของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์

ควบคุมความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	เวลาที่ใช้ในการควบคุมความชื้นประมาณ (นาที)
10-11	75
12-13	60
14-15	45
17-18	30
21-23	15

3. แยกขนาดเชื้อไม้ปาล์ม ได้แก่ เชื้อไม้ปาล์มเบอร์ 1 เชื้อไม้ปาล์มเบอร์ 2 และใช้ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
4. ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของเชื้อไม้ปาล์ม (เบอร์ 1 ต่อเบอร์ 2) ที่ขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น คือ 40:60 45:55 50:50 55:45 และ 60:40 ตามลำดับ และใช้ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

การคำนวณหาปริมาณของแข็งกาวสูตร PT15S3

กาวสูตร PT15S3 มีองค์ประกอบดังนี้

ปริมาณสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ 85 กรัม

ปริมาณน้ำมันทั้ง 15 กรัม

ปริมาณซิลิกา 3 กรัม

ปริมาณกรดพาราโทลูอินซัลโฟนิค 1 กรัม

ปริมาณโทแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 1 กรัม

รวมเป็นปริมาณกาวทั้งหมด $15+85+3+1+1 = 105$ กรัม

กาวสูตร PT15S3 มีปริมาณของแข็ง (Solid Content) ดังนี้

ปริมาณของแข็งสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 10.4 กรัม (สารละลาย PVA เข้มข้น 12.2 %
จำนวน 85 กรัม)

ปริมาณของแข็งในน้ำมันทั้ง 15 กรัม

ปริมาณของแข็งในซิลิกา 3 กรัม

ปริมาณของแข็งในกรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก 1 กรัม

ปริมาณของแข็งในโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 1 กรัม

ปริมาณของแข็งในกาวทั้งหมด $10.4+15+3+1+1 = 30.4$ กรัม

ปริมาณกาวทั้งหมด = 105 กรัม มีปริมาณของแข็ง = 30.4 กรัม

ถ้าปริมาณกาวทั้งหมด = 100 กรัม มีปริมาณของแข็ง $(30.4 \times 100) / 105 = 29\%$

ดังนั้น กาวสูตร PT15S3 ปริมาณของแข็ง (% Solid Content) = 29 %

คำนวณการใช้กาว UF โดยเทียบปริมาณของแข็งให้เท่ากับกาวสูตร PT15S3

กาวสูตร PT15S3 จำนวน 100 กรัม

มีปริมาณของแข็ง = 29 %

การขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล 1 แผ่น

โดยใช้กาวสูตร PT15S3 40 %

จะใช้กาว จำนวน 74.3 กรัม

ซึ่งมีปริมาณของแข็ง $(74.3 \times 29) / 100 = 21.5\%$

กาว UF จำนวน 100 กรัม

มีปริมาณของแข็ง = 65 %

ถ้ากาว UF

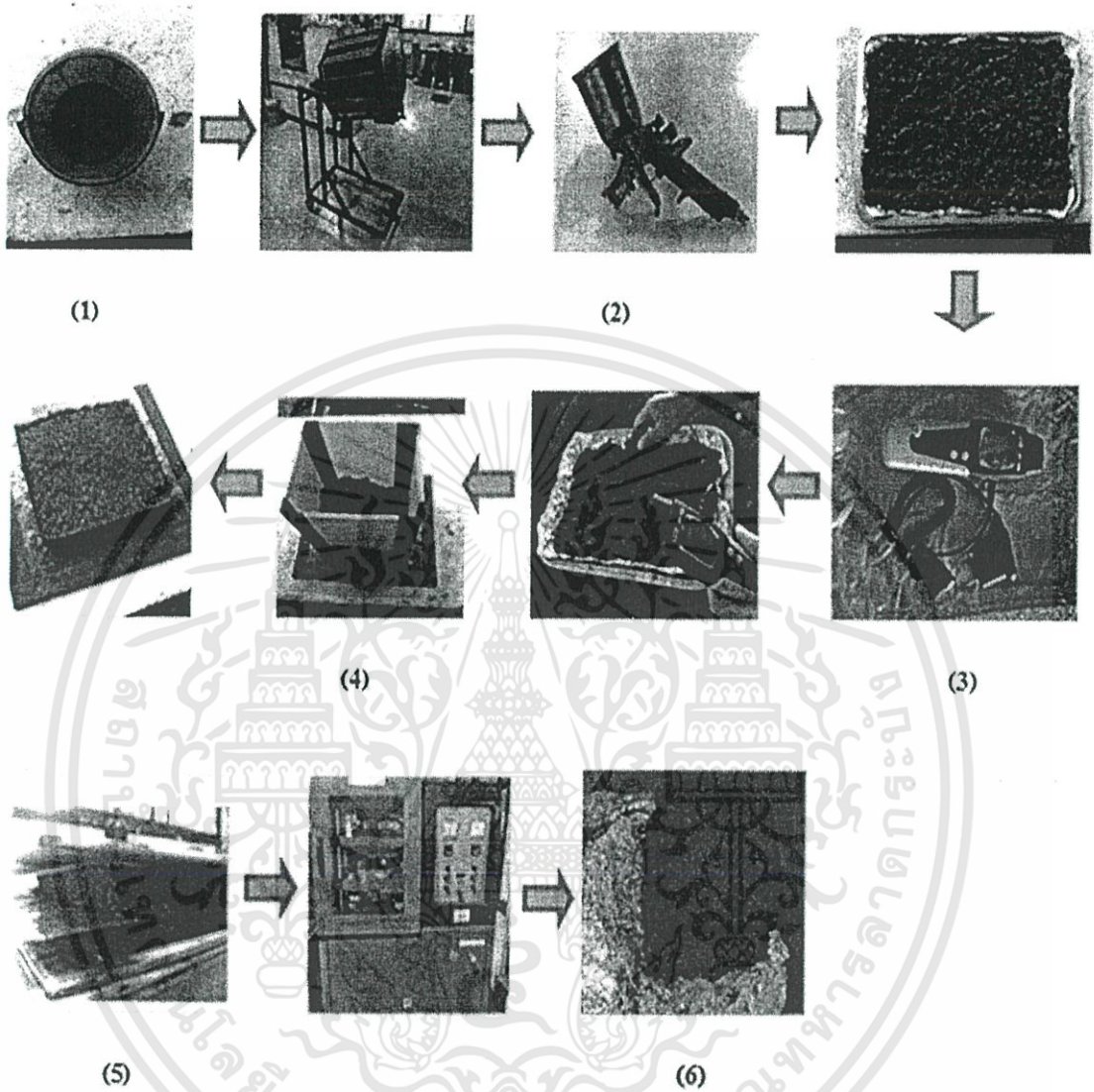
มีปริมาณของแข็ง 21.5 % จะใช้กาวจำนวน $(21.5 \times 100) / 65 = 33.1$ กรัม

ดังนั้น ปริมาณของแข็ง = 21.5 % ในกาวสูตร PT15S3 40 % จะใช้ปริมาณกาว 74.3 กรัม

ในกาว UF

จะใช้ปริมาณกาว 33.1 กรัม

วิธีการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์ม



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์ม

- (1) นำเยื่อไม้ปาล์มที่ตัดขนาดเท่าใส่ในเครื่องผสมแบบหมุน (2) ผสมกาวที่เตรียมกับเยื่อไม้ปาล์มโดยใช้ปืนพ่นกาว (3) วัดความชื้นหลังการพ่นกาว (4) นำเยื่อไม้ปาล์มที่ผสมกาวโรยใส่แม่พิมพ์ (5) นำแม่พิมพ์เข้าเครื่องอัดขึ้นรูปร้อน (6) เมื่อครบเวลาจึงนำแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มออกจากแม่พิมพ์

ตารางที่ 3.2 สรุปการขึ้นแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์ม

ชนิดสูตรกาว	อัตราส่วนกาวต่อเชื้อไม้ปาล์ม (โดยน้ำหนัก)	ปริมาณเนื้อกาวต่อเชื้อไม้ปาล์ม (โดยน้ำหนัก)	ชนิดเชื้อไม้ปาล์ม	
PT15S3	15:85	27.8:164.1	เชื้อไม้ปาล์มผสม (เบอร์ 1 และ 2)	
	20:80	37.1:154.4		
	25:75	46.0:144.8		
	30:70	55.7:125.5		
	35:65	65.0:125.5		
	40:60	74.3:115.8		
	UF	19.6 : 80.4	33.1 : 136.0	เบอร์ 1
				เบอร์ 2
				เบอร์ 1:เบอร์ 2 (60:40)
				เบอร์ 1:เบอร์ 2 (55:45)
เบอร์ 1:เบอร์ 2 (50:50)				
เบอร์ 1:เบอร์ 2 (45:55)				
เบอร์ 1:เบอร์ 2 (40:60)				
เบอร์ 1:เบอร์ 2 (60:40)				
			เบอร์ 1:เบอร์ 2 (55:45)	
			เบอร์ 1:เบอร์ 2 (50:50)	
			เบอร์ 1:เบอร์ 2 (45:55)	
			เบอร์ 1:เบอร์ 2 (40:60)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ปัจจัยการศึกษา

1. ปริมาณกาวต่อเยื่อไม้ปาล์มผสมมีดังนี้ 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
2. การควบคุมความชื้นก่อนขึ้นรูปโดยเลือกปริมาณกาวต่อเยื่อไม้ปาล์มจากข้อ 1
3. ขนาดของเยื่อไม้ปาล์ม คือ ไม้เบอร์ 1 (เยื่อไม้ที่ไม่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 Mesh) และไม้เบอร์ 2 (เยื่อไม้ที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 Mesh)
4. การขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของเยื่อไม้ปาล์มเบอร์ 1 ต่อ เบอร์ 2

3.8 การทดสอบ

3.8.1 การทดสอบสมบัติของกาว

3.8.1.1 การหาค่าความหนืด (Viscosity) ด้วยเครื่อง (Brookfield Viscometer) รุ่น LV 2000

1. เติตัวอย่างกาวสูตร PT15S3 ในบีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร จนเต็มบีกเกอร์
2. จุ่มโรเตอร์ที่ใช้เข็มเบอร์ 3 ลงในกาว แล้วหมุนสกรูต่อเชื่อมเข้ากับเครื่อง Viscometer จากนั้นเลื่อนโรเตอร์จนถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้ลงมา
3. ตั้งความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที เปิดสวิทซ์ให้มอเตอร์หมุนเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นอ่านค่าซ้ำ 3 ครั้งและบันทึก



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการหาค่าความหนืดของกาว

3.8.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปโดยใช้กาวสูตร PT15S3

3.8.2.1 ความหนาแน่น (Density)

1. ตัดแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มขนาด $5 \times 5 \text{ cm}^2$ ทั้งหมด 4 ชั้น ตามมาตรฐาน มอก.876 [40]
2. วัดความยาว ความกว้าง และความหนาเพื่อหาปริมาตร
3. ชั่งน้ำหนักของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มและคำนวณหาความหนาแน่นจากสูตร

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

เมื่อ M คือ มวลของชิ้นทดสอบ (g)

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ (cm³)

3.8.2.2 การทดสอบหาความชื้น (Moisture Content)

1. ตัดแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มขนาด 5x5 cm² จำนวน 4 ชิ้น ตามมาตรฐาน มอก.876 [40]
2. ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนนำไปอบ
3. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส จนได้มวลคงที่ จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก
4. คำนวณค่าปริมาณความชื้นจากสูตร

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

เมื่อ m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบแห้ง (g)

m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง (g)

3.8.2.3 การทดสอบการพองตัวทางความหนา (Swelling Test)

1. ตัดแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มขนาด 5x5 cm² จำนวน 4 ชิ้น
2. ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาและวัดความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ
3. แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาด โดยนำชิ้นงานตัวอย่างมาวัดความหนาภายหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง สำหรับการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.876 [40] และ 24 ชั่วโมง สำหรับการทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 [41] โดยรีบน้ำชิ้นงานมาชั่งน้ำหนักบริเวณผิวของชิ้นงานออกให้หมดด้วยผ้าสะอาด แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม ซึ่งเป็นความหนาหลังแช่น้ำ จากนั้นทำการคำนวณการพองตัวทางความหนาภายหลังแช่น้ำ โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นตัวอย่างก่อนแช่น้ำ (mm)

t_2 คือ ความหนาของชิ้นตัวอย่างหลังแช่น้ำ (mm)

3.8.2.4 การทดสอบความแข็งแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Rupture, MOR and Modulus of Elasticity, MOE) (เทียบเคียงมาตรฐาน มอก.876 และ JIS A 5908)

1. ตัดแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์มขนาด $5 \times 15 \text{ cm}^2$ จำนวน 4 ชิ้น
2. วัดความยาว ความกว้างและความหนา
3. นำมาทดสอบความแข็งแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น โดยเครื่อง Universal Testing Machine

กำหนด	Speed	=	10.00	mm/min
	Span Length	=	100.00	mm
	Width	=	50.00	mm
	Thickness	=	10.00	mm



บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลด้วยกาวที่ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเตรียมจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทั้ง มีการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ดังนี้

1. ปริมาณกาวต่อเชื้อไม้ปาล์ม มีดังนี้ 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
2. การควบคุมความชื้นก่อนขึ้นรูป
3. ขนาดของเชื้อไม้ปาล์ม คือ ไม้เบอร์ 1 (เชื้อไม้ที่ไม่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 Mesh) และไม้เบอร์ 2 (เชื้อไม้ที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 Mesh)
4. การขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของเชื้อ ไม้ปาล์มเบอร์ 1 ต่อเบอร์ 2

ตารางที่ 4.1 คำอธิบายสัญลักษณ์ของสูตรแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์ม

สูตร	ชนิดกาว	ปริมาณกาว (%)	ชนิดเชื้อไม้ปาล์ม	อัตราส่วนเชื้อไม้ปาล์มเบอร์ 1:เบอร์ 2	ควบคุมความชื้น (%)	การขึ้นรูป
A1(40)	PT15S3	40	เบอร์ 1	-	-	1 ชั้น
A2(40)			เบอร์ 2			
A12(15)		15	ผสม (เบอร์ 1 และ เบอร์ 2)			
A12(20)		20				
A12(25)		25				
A12(30)		30				
A12(35)		35				
A12(40)		40				

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

สูตร	ชนิดกาว	ปริมาณกาว (%)	ชนิดเชื้อไม้ปาڵ์ม	อัตราส่วนเชื้อไม้ปาڵ์ม เบอร์ 1:เบอร์ 2	ควบคุมความชื้น (%)	การขึ้นรูป	
A12(40)a	PT15S3	40	ผสม (เบอร์ 1 และ เบอร์ 2)	-	10-11	1 ชั้น	
A12(40)b					13-14		
A12(40)c					14-15		
A12(40)d					17-18		
A12(40)e					19-20		
A3-1	UF	19.6 *	เบอร์ 1 และ เบอร์ 2 (ไม้เบอร์ 1 อยู่ชั้นใน และไม้ เบอร์ 2 อยู่ชั้นนอก)	-	-	3 ชั้น	
A3-2							60:40
A3-3							55:45
A3-4							50:50
A3-5							45:55
C3-1							40:60
C3-2							60:40
C3-3							55:45
C3-5							50:50
C3-5	40:60						

หมายเหตุ * เทียบปริมาณเนื้อกาว (Solid Content) ที่เท่ากันระหว่างกาว PT15S3 กับกาว UF คือ (ปริมาณกาว PT15S3 40 เปอร์เซ็นต์ ที่มีปริมาณเนื้อกาว เท่ากับ ปริมาณกาว UF 19.6 เปอร์เซ็นต์)

4.1 การทดสอบสมบัติของกาวสูตร PT15S3

ตารางที่ 4.2 ค่าความหนืดและปริมาณของแข็งในกาว (% Solid Content) ของกาวสูตร PT15S3

สูตรกาว	สารละลาย PVA (g)	น้ำมันทั้ง (g)	ค่าความหนืด (Centipoises)	% Solid Content ค่าที่ได้จากการคำนวณ
PT15S3	85.00	15.00	180.00	30.4

4.1.1 การหาค่าความหนืดและปริมาณของแข็ง

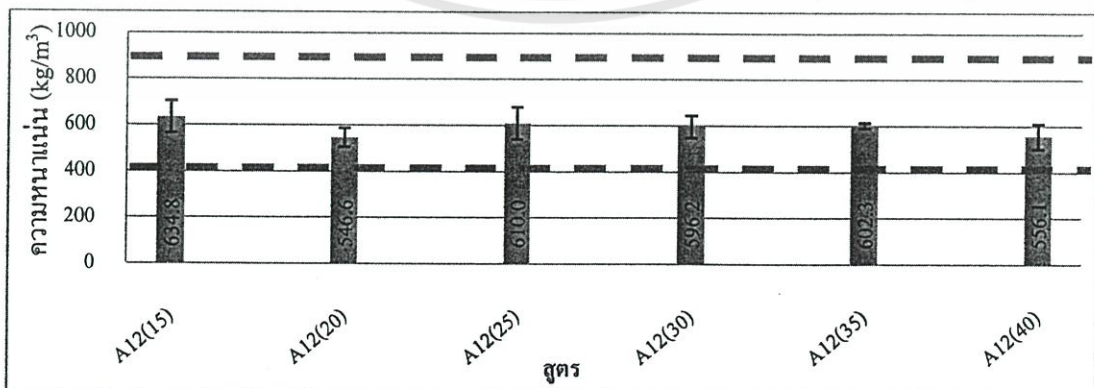
กาวที่เตรียมได้นำมาหาค่าความหนืด โดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield รุ่น LV 2000 ด้วยเข็มเบอร์ 3 จากตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบพบว่า กาวที่เตรียมได้มีค่าความหนืด 180 เซนติพอยส์ ซึ่งความหนืดของกาวอยู่ในช่วงที่สามารถควบคุมการพ่นกาวในกระบวนการเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิลได้ โดยค่าความหนืดกาวที่ใช้งานไม่ควรเกิน 1,000 เซนติพอยส์ [38] และมีปริมาณของแข็งในกาว (% Solid Content) เท่ากับ 30.4 เปอร์เซ็นต์

4.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูป โดยใช้กาวสูตร PT15S3

การขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลด้วยกาวสูตร PT15S3 โดยมีการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ปริมาณกาวต่อเชื้อไม้ปาล์ม การควบคุมความชื้นก่อนขึ้นรูป ขนาดของเชื้อไม้ปาล์ม และการขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ผลการทดสอบแสดงดังต่อไปนี้

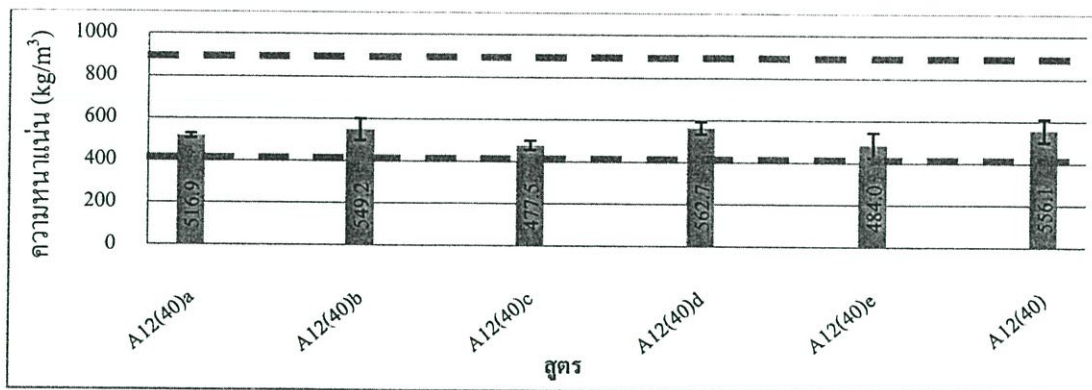
4.2.1 ความหนาแน่น

ผลของการหาค่าความหนาแน่นของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์มแต่ละสูตร แสดงดังรูปที่ 4.1

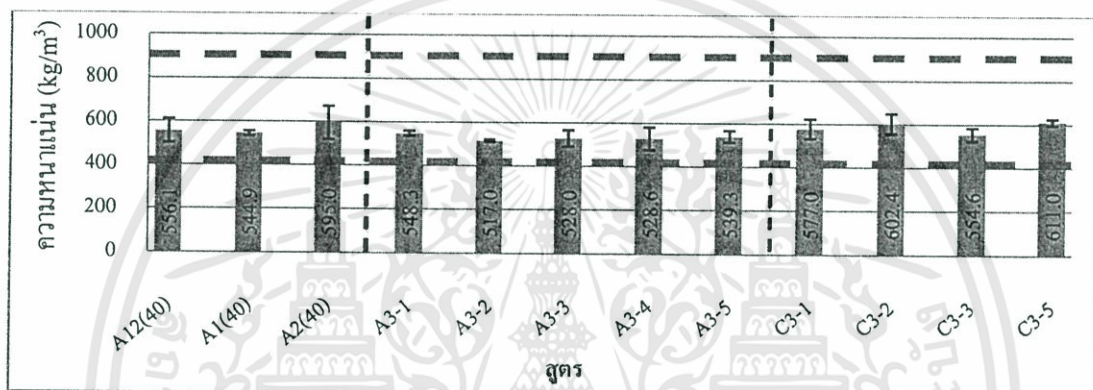


(ก.) ปริมาณกาวต่อเชื้อไม้ปาล์มต่างๆ ที่ไม่ควบคุมความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข.) ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ควบคุมความชื้น



(ค.) ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ไม่ควบคุมความชื้น ใช้ไม้ เบอร์ 1 และ เบอร์ 2 การขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ด้วยกาวสูตร PT15S3 และกาว UF (เกรดการค้า)

รูปที่ 4.1 ค่าความหนาแน่นของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์ม

พบว่า การเพิ่มปริมาณกาวต่อเยื่อไม้ปาล์ม การควบคุมความชื้นก่อนขึ้นรูป ขนาดของเยื่อไม้ปาล์ม และชนิดของกาว ไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่นของแผ่นพาร์ทิเคิล โดยค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 470-635 kg/m³ ซึ่งน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน มอก.876 [40] โดยมีค่าเท่ากับ 750 kg/m³ เนื่องจากขั้นตอนในการทำการทดลองมีการสูญเสียเนื้อไม้ไปบางส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเยื่อไม้ปาล์มมีอนุภาคเล็กมาก ทำให้ความหนาแน่นต่ำกว่าการคำนวณ อย่างไรก็ตามค่าที่ได้จากการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานของ มอก.876 [40] ที่กำหนดไว้ โดยค่ามาตรฐานกำหนดไว้ในช่วง 400-900 kg/m³

4.2.2 ความชื้น

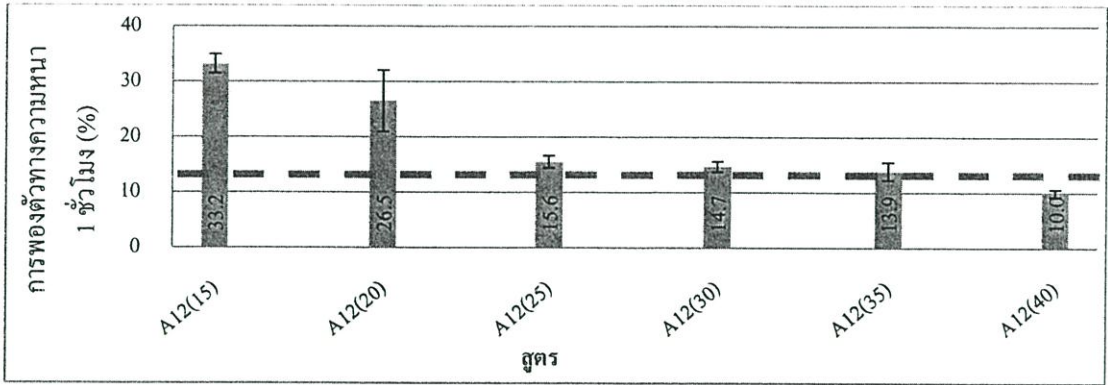
ผลการทดสอบค่าความชื้นในแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาเล็มแสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่า ปริมาณการดูดเยื่อไม้ปาเล็ม การควบคุมความชื้นก่อนขึ้นรูป ขนาดของเยื่อไม้ปาเล็ม และชนิดของ กาวไม่มีผลต่อค่าการดูดซับความชื้น เนื่องจากการให้ความร้อนขณะขึ้นรูปเป็นการกำจัดความชื้น ออกแล้ว ซึ่งความชื้นที่เกิดขึ้นเป็นการดูดความชื้นในอากาศเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับค่า มาตรฐาน มอก.876 [40] พบว่าค่าความชื้นของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาเล็มทั้งหมดมีค่าอยู่ใน เกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดค่าไว้ในช่วง 4-13 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยความชื้นของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาเล็มในสูตรต่างๆ

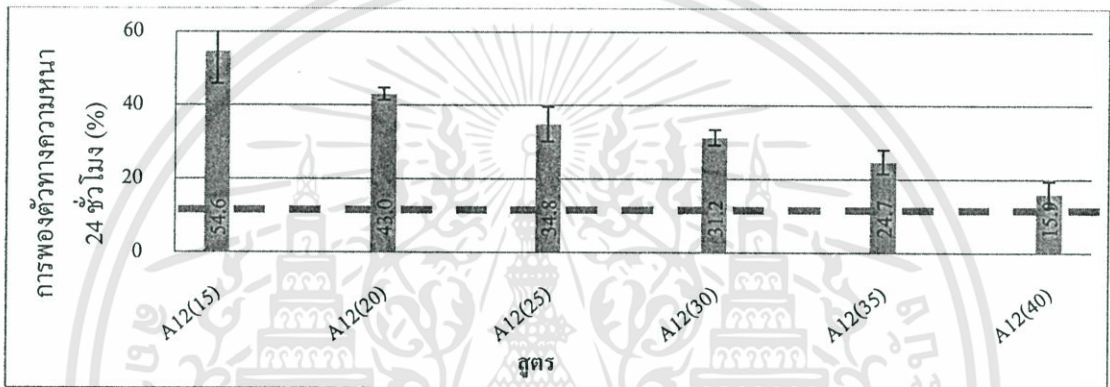
สูตร	ความชื้น (%)	สูตร	ความชื้น (%)	สูตร	ความชื้น (%)	สูตร	ความชื้น (%)
A12(15)	7.1	A12(40)a	6.9	A2(40)	6.5	C3-1	6.6
A12(20)	7.1	A12(40)b	7.0	A3-1	6.9	C3-2	6.4
A12(25)	6.9	A12(40)c	6.9	A3-2	6.8	C3-3	6.7
A12(30)	7.1	A12(40)d	6.8	A3-3	7.3	C3-5	6.5
A12(35)	7.3	A12(40)e	7.3	A3-4	6.4	มาตรฐาน	4-13
A12(40)	7.3	A1(40)	6.4	A3-5	6.5	มอก. 876	

4.2.3 การพองตัวทางความหนา

จากรูปที่ 4.2-4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ ปาเล็มในสูตรต่างๆ ที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สำหรับมาตรฐาน มอก.876 และ 24 ชั่วโมง สำหรับมาตรฐาน JIS A 5908



(ก.) มาตรฐาน มอก.876 ที่เวลา 1 ชั่วโมง



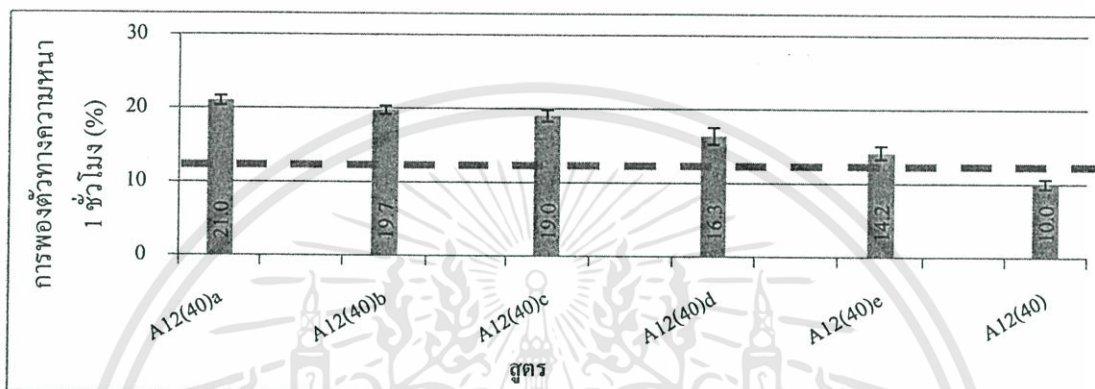
(ข.) มาตรฐาน JIS A 5908 ที่เวลา 24 ชั่วโมง

รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบการพองตัวทางความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ป่าล้มผสมด้วยปริมาณกาวต่อเชื้อไม้ป่าล้มต่างๆ ที่ไม่ควบคุมความชื้น

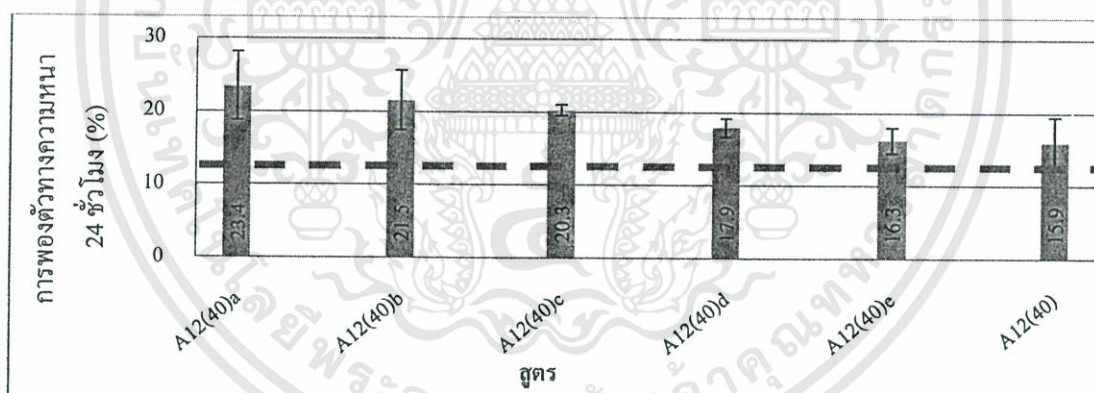
จากรูปที่ 4.2 ค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ป่าล้มผสมในปริมาณกาว 15, 20, 25, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่ไม่ควบคุมความชื้น พบว่ากาว 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการพองตัวทางความหนาสูงสุด เนื่องจากปริมาณกาวไม่เพียงพอต่อการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล เมื่อปริมาณกาวเพิ่มขึ้นทำให้ค่าการพองตัวทางความหนาลดลงตามลำดับ เนื่องจากปริมาณกาวที่เพิ่มมากขึ้น การกระจายตัวของเนื้อกาวภายในแผ่นมากขึ้น ส่งผลให้เชื้อไม้ป่าล้มยึดเกาะได้ดีขึ้นรูป กาวมีองค์ประกอบของ PVA น้ำมันทัง และซิลิกา เมื่อได้รับความร้อนขณะขึ้นรูปจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (รูปที่ 4.5 และ 4.6) ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (ดังรูปที่ 4.7) และพันธะไฮโดรเจน (รูปที่ 4.8) ส่งผลให้เกิดการเชื่อมโยงเป็นแผ่นฟิล์ม ที่มีสมบัติของการต้านทานน้ำเคลือบบนแผ่นพาร์ทิเคิล ทำให้การแทรกตัวของน้ำภายในแผ่นพาร์ทิเคิลต่ำลง รวมทั้งผลจากการเพิ่มปริมาณกาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ปริมาณเชื้อไม้ป่าล้มลดลง ซึ่งเชื้อไม้ป่าล้มมีองค์ประกอบของเซลล์โลส เป็นวัสดุที่ดูคน้ำได้ดี ดังนั้น สูตร A12(40) จึงมีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำสุด โดยมีค่าการพองตัวทางความหนาที่ 1 ชั่วโมง เท่ากับ 9.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.876 และค่าการพองตัวทางความหนาที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 15.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังไม่ผ่านมาตรฐานการทดสอบสำหรับ JIS A 5908 โดยค่ามาตรฐานทั้งสองอยู่ที่ไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์



(ก.) มาตรฐาน มอก.876 ที่เวลา 1 ชั่วโมง



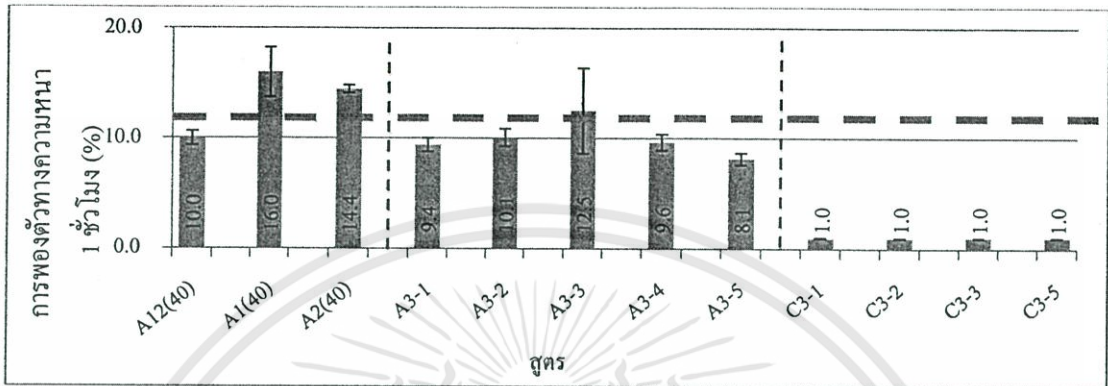
(ข.) มาตรฐาน JIS A 5908 ที่เวลา 24 ชั่วโมง

รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบการพองตัวทางความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ป่าล้มผสมด้วยปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่ควบคุมความชื้น

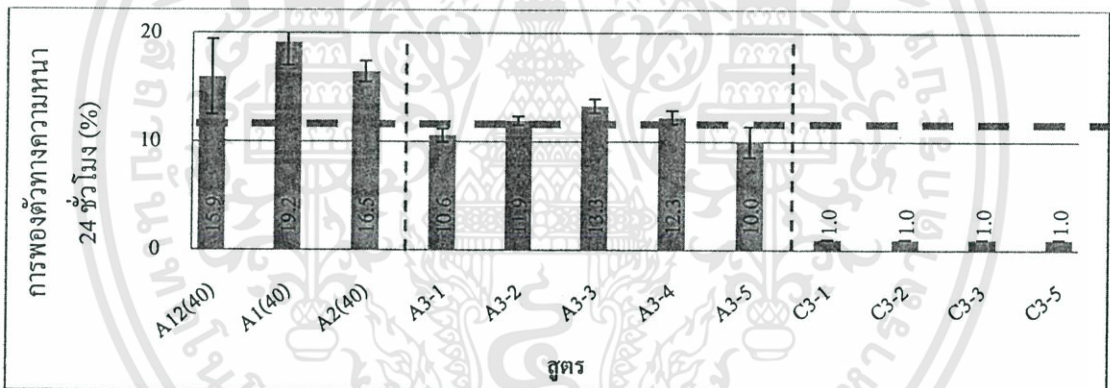
สำหรับแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ป่าล้มผสมที่ควบคุมความชื้น รูปที่ 4.3 พบว่าค่าการพองตัวทางความหนามากกว่าแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ป่าล้มผสมในปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ไม่ควบคุมความชื้น เนื่องจากต้องใช้เวลาในการควบคุมความชื้นนาน สารต่างๆ ที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุภาคในส่วนผสมของเนื้อกาวไม้ทำปฏิกิริยาขณะขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล ทำให้การเชื่อมโยงเป็นแผ่นฟิล์มภายในแผ่นพาร์ทิเคิลลดลง เปอร์เซ็นต์การพองตัวจึงมีค่าสูงขึ้น ซึ่งยังไม่ผ่านมาตรฐานการทดสอบ มอก.876 และ JIS A 5908



(ก.) มาตรฐาน มอก.876 ที่เวลา 1 ชั่วโมง



(ข.) มาตรฐาน JIS A 5908 ที่เวลา 24 ชั่วโมง

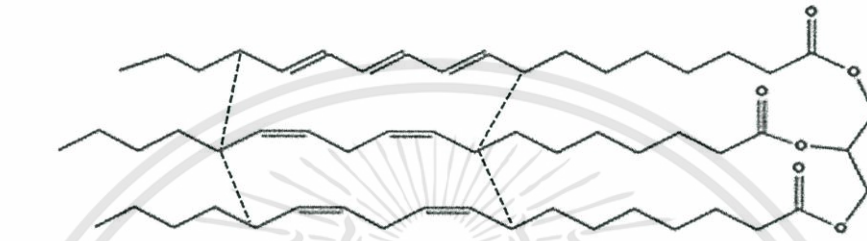
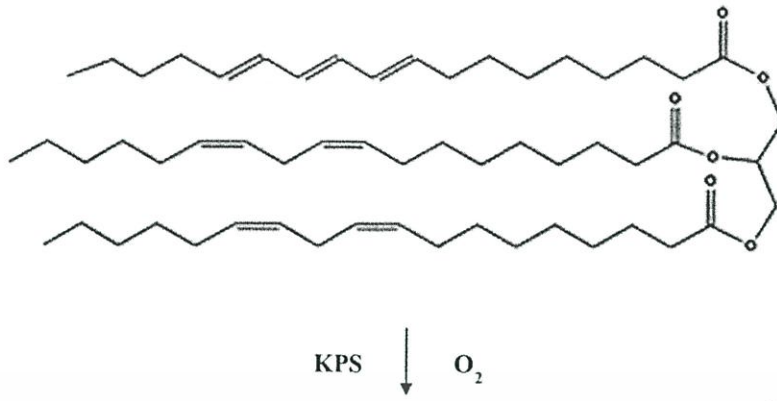
รูปที่ 4.4 แผ่นพาร์ทิเคิลจากเนื้อไม้ป่าล้มผสม เบอร์1 เบอร์2 การขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ด้วยกาวสูตร PT15S3 และกาว UF (เกรดการค้า) ด้วยปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น

จากรูปที่ 4.4 แผ่นพาร์ทิเคิลจากเนื้อไม้ป่าล้มสูตร A12(40), A1(40) และ A2(40) พบว่าการพองตัวทางความหนาที่ 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของสูตร A1(40) มีค่ามากกว่า เนื่องจากสูตร A1(40) เป็นแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปด้วยไม้หยาบ มีขนาดใหญ่ เมื่ออัดขึ้นรูปอาจมีช่องว่างระหว่างไม้ ทำให้การแทรกตัวของน้ำภายในแผ่นพาร์ทิเคิลมากขึ้น ค่าการพองตัวทางความหนาจึงมากกว่าแผ่นพาร์ทิเคิลสูตร A12(40) สำหรับสูตร A2(40) เป็นแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปด้วยไม้ละเอียด น้ำแทรกตัว

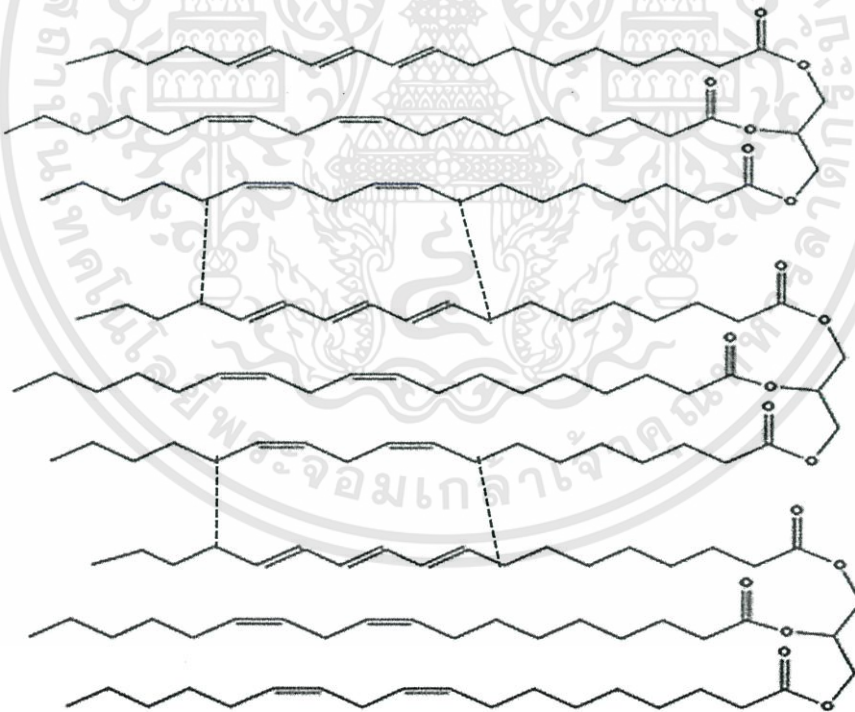
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าไปภายในแผ่นพาร์ทิเคิลได้ช้ากว่า A1(40) ไม้หยาบ แต่ความแข็งแรงของไม้ละเอียดน้อยกว่าไม้หยาบ ดังนั้นเมื่อน้ำแทรกเข้าไปในแผ่นพาร์ทิเคิล ทำให้แผ่นพาร์ทิเคิลหลุดออกจากกันได้ง่าย ทำให้ค่าการพองตัวสูงกว่าสูตร A12(40) อย่างไรก็ตามค่าการพองตัวของแผ่นพาร์ทิเคิลสูตร A1(40), A2(40) และ A12(40) ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.876 แต่ยังไม่ผ่านมาตรฐานการทดสอบมาตรฐาน JIS A 5908

สำหรับแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ด้วยกาวสูตร PT15S3 และกาว UF พบว่าค่าการพองตัวทางความหนาขึ้นกับอัตราส่วนที่เหมาะสมของเยื่อไม้ปาล์มที่ใช้ในการขึ้นแผ่น เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปแบบ 1 ชั้น คือ A12(40), A1(40) และ A2(40) พบว่าค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิล 3 ชั้น ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า A12(40) เนื่องจากอัตราส่วนเยื่อไม้ปาล์มที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป โดยแผ่นพาร์ทิเคิลแบบ 3 ชั้น มีส่วนของเยื่อไม้ปาล์มเบอร์ 1 อยู่ชั้นกลางของแผ่นพาร์ทิเคิล ซึ่งเป็นไม้หยาบ ที่มีขนาดใหญ่ มีโครงสร้างที่แข็งแรง ทำให้ช่วยในการยึดแผ่นเยื่อไม้ปาล์มไม่ให้เกิดการพองตัวออก และมีเยื่อไม้ปาล์มเบอร์ 2 อยู่ชั้นนอกของแผ่นพาร์ทิเคิลซึ่งเป็น ไม้ละเอียด มีขนาดเล็ก ทำให้การแทรกตัวของน้ำภายในแผ่นพาร์ทิเคิลต่ำลง ส่วนแผ่นพาร์ทิเคิลขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ด้วยกาว UF พบว่าค่าการพองตัวทางความหนาค่า เนื่องจากกาว UF สามารถเกิดการเชื่อมโยงอย่างรวดเร็ว ทำให้มีสมบัติการต้านทานน้ำสูง ซึ่งตามมาตรฐาน มอก.876 ทดสอบเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนา 1 ชั่วโมง พบว่าสูตร A3-1, A3-2, A3-4, A3-5, C3-1, C3-2, C3-3 และ C3-5 ผ่านการทดสอบ และมาตรฐาน JIS A 5908 ที่ทดสอบเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนา 24 ชั่วโมง พบว่าสูตร A3-1, A3-2, A3-5, C3-1, C3-2, C3-3 และ C3-5 ผ่านการทดสอบ

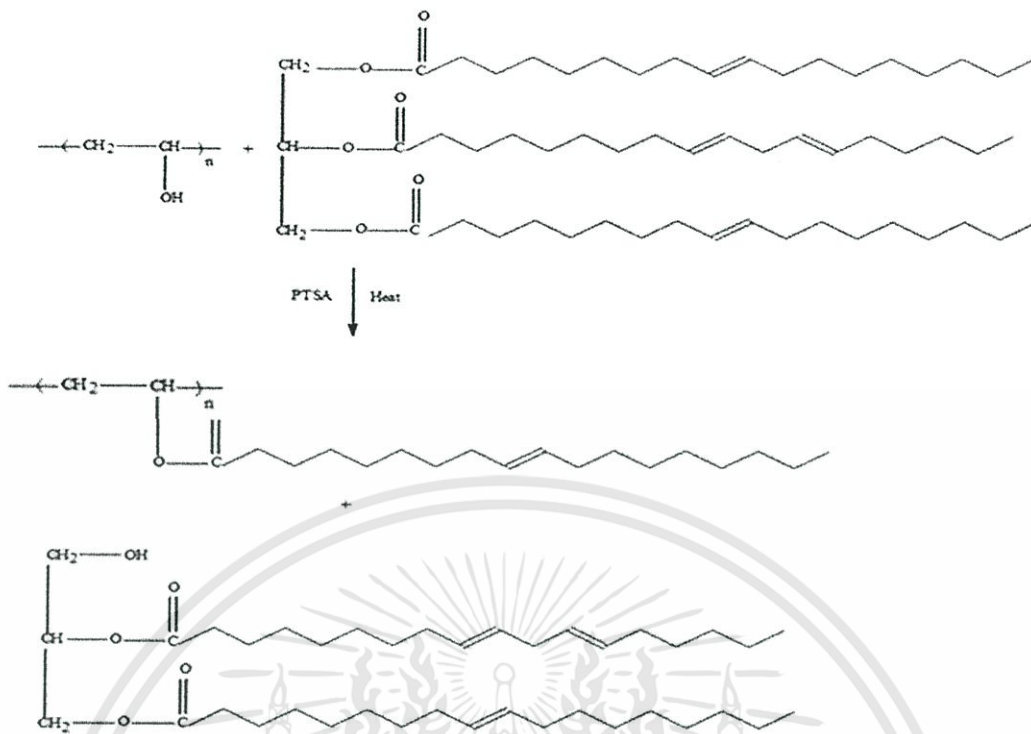


รูปที่ 4.5 ปฏิบัติการเชื่อมโยงของพันธะคู่ภายใน โมเลกุลของน้ำมันชักแห้ง

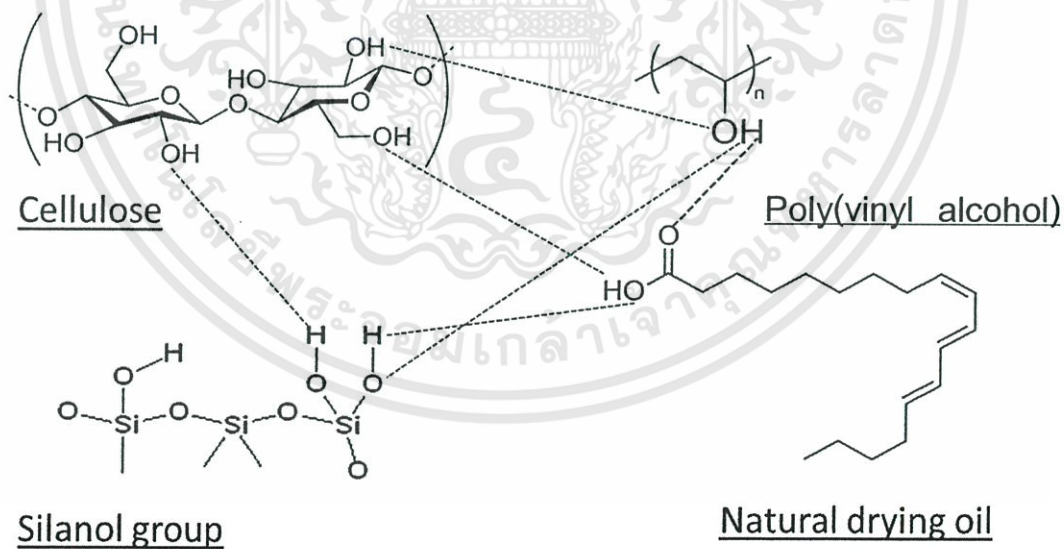


รูปที่ 4.6 ปฏิบัติการเชื่อมโยงของพันธะคู่ระหว่าง โมเลกุลของน้ำมันชักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



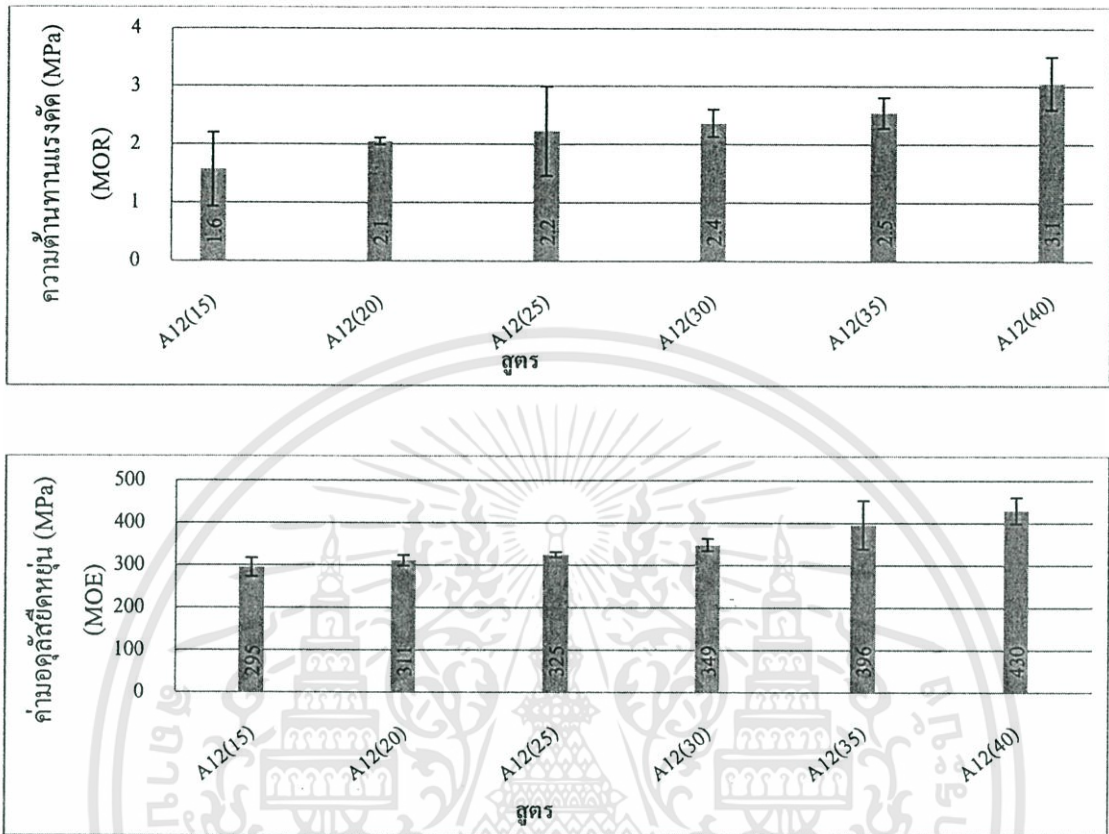
รูปที่ 4.7 ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification)



รูปที่ 4.8 การเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์น้ำมันชักแห้ง เซลลูโลส และหมู่ไฮดรอกซิลบนพื้นผิวของซิลิกา

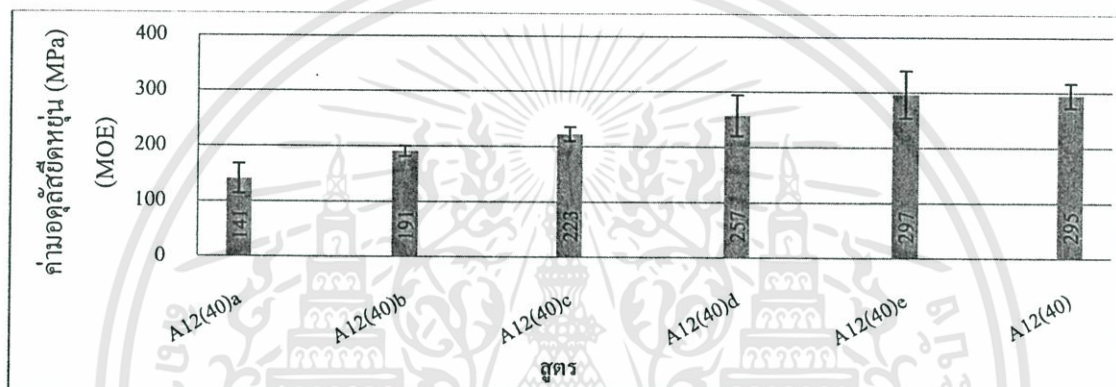
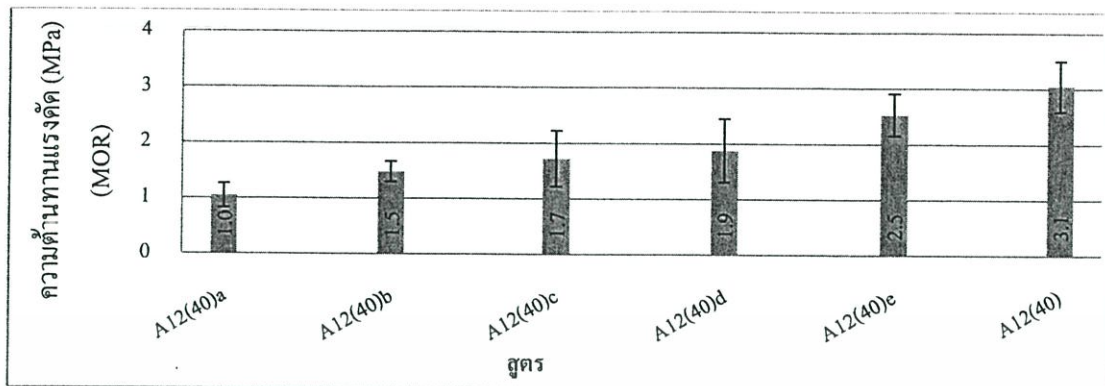
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ความต้านทานแรงดัด (MOR) และมอดุลัสยืดหยุ่น (MOE)



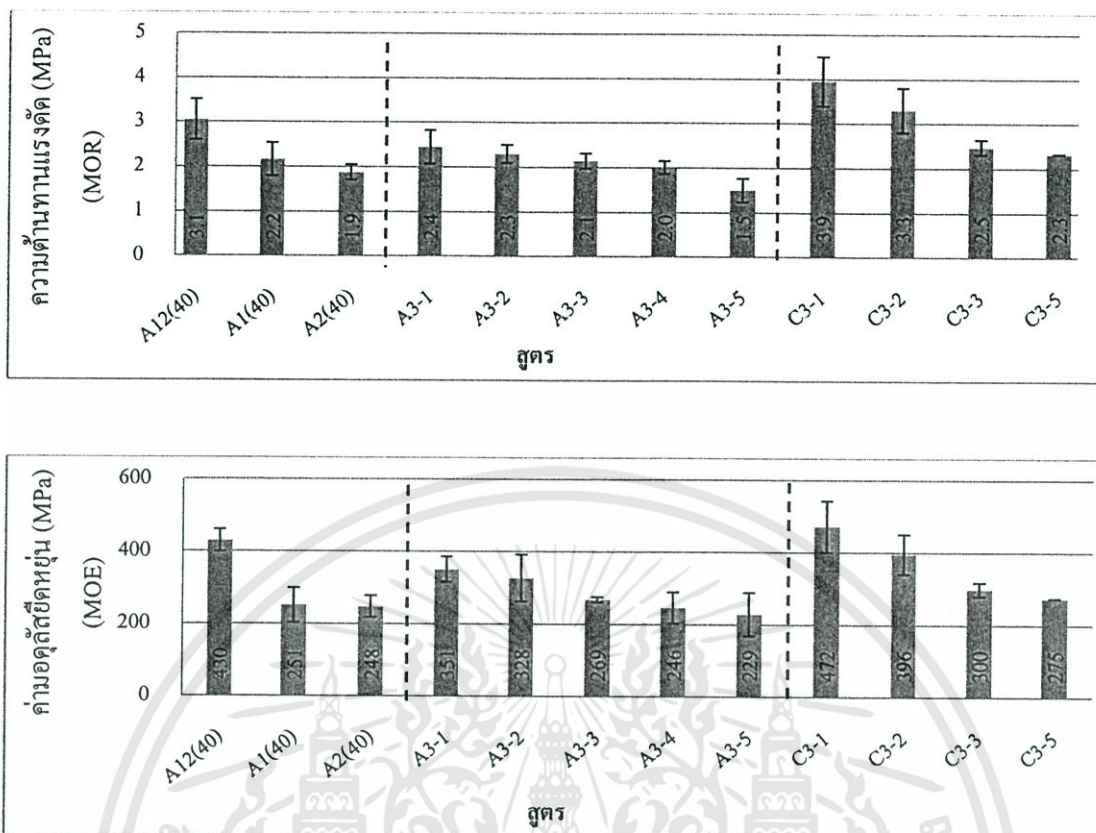
รูปที่ 4.9 ค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น

จากรูปที่ 4.9 พบว่าแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์มผสมในปริมาณกาวต่างๆ ที่ไม่ควบคุมความชื้น สูตร A12(15) มีค่าความต้านทานแรงดัด (MOR) และมอดุลัสยืดหยุ่น (MOE) ต่ำที่สุดเนื่องจากมีปริมาณกาวไม่เพียงพอในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล เมื่อปริมาณกาวเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นสูงขึ้นตามลำดับ เนื่องจากปริมาณกาวที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้การกระจายตัวของเนื้อกาวภายในแผ่นพาร์ทิเคิลมากขึ้น ส่งผลให้เชื้อไม้ปาล์มยึดเกาะกันได้ดีขึ้น รูปแผ่นพาร์ทิเคิล องค์ประกอบหลักของกาว คือ PVA น้ำมันทัง และซิลิกา เมื่อได้รับความร้อนขณะขึ้นรูปจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดการเชื่อมโยงภายในแผ่น



รูปที่ 4.10 ค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นในปริมาณขาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ควบคุมความชื้น

รูปที่ 4.10 แสดงค่าความต้านทานแรงดัด (MOR) และมอดุลัสยืดหยุ่น (MOE) ของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ป่าล้มผสม ที่ควบคุมความชื้น พบว่าค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่นน้อยกว่าแผ่นพาร์ทิเคิลผสมในปริมาณขาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ไม่ควบคุมความชื้น เนื่องจากการควบคุมความชื้นใช้เวลานาน ทำให้สารต่างๆ ในเนื้อขาวบางส่วนทำปฏิกิริยาเกิดเป็นอนุภาคของแข็งไม่ยึดติดกับเนื้อไม้ การเชื่อมโยงภายในแผ่นพาร์ทิเคิลจึงลดลง ส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นต่ำ



รูปที่ 4.11 ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ไม่ควบคุมความชื้น ใช้ไม้เบอร์ 1 และเบอร์ 2 การขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ด้วยกาวสูตร PT15S3 และกาว UF (เกรดการค้า)

จากรูปที่ 4.11 แสดงค่าความต้านทานแรงดัด (MOR) และมอดุลัสยืดหยุ่น (MOE) ของการเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ป่าล้มผสมด้วยปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่ไม่ควบคุมความชื้น เบอร์ 1 และเบอร์ 2 การขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ด้วยกาวสูตร PT15S3 และกาว UF (เกรดการค้า) พบว่าสูตร A12(40) มีค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นสูงมากกว่าสูตร A1(40) และ A2(40) เนื่องจากแผ่นพาร์ทิเคิลมีเชื้อไม้ป่าล้มผสม ซึ่งเชื้อไม้ป่าล้มเบอร์ 1 ที่มีขนาดใหญ่จะให้ความแข็งแรงมากกว่าไม้เบอร์ 2 ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า แต่เมื่อทำการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจะเกิดช่องว่างในชิ้นงาน ส่วนเชื้อไม้ป่าล้มเบอร์ 2 มีขนาดเล็ก สามารถแทรกเข้าไปในช่องว่างที่เกิดขึ้นได้ ทำให้เกิดการเติมเต็มภายในช่องว่างของแผ่นพาร์ทิเคิล จึงมีการยึดเกาะภายในแผ่นได้ดี จึงทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นสูง

สำหรับแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูป แบบ 3 ชั้น ด้วยกาวสูตร PT 15S3 และกาว UF (เกรดการค้า) ดังรูปที่ 4.11 พบว่าอัตราส่วนของไม้เบอร์ 1 ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความต้านทานความต้านทานแรงดัด

และมอดุลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น เนื่องจากเชื้อไม้ป่าลัมเบอร์ 1 มีที่โครงสร้างแข็งแรง ช่วยรับแรงได้ดี จึงทำให้ค่าต้านทานแรงดัดสูงขึ้นส่วนแผ่นพาร์ทิเคิลขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ด้วยกาว UF พบว่าค่าความต้านทานแรงดัดสูงและมอดุลัสยืดหยุ่นสูงเนื่องจากสมบัติของกาว UF เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงได้เร็วกว่า จึงมีการยึดเกาะภายในแผ่นพาร์ทิเคิลได้ดี

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบสูตรที่ดีที่สุดของแผ่นพาร์ทิเคิลในปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

คุณสมบัติ	ขึ้นรูปแบบ 1 ชั้น		ขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น		เกณฑ์มาตรฐาน
	กาว PT15S3		กาว UF		
	สูตร A12(40)	สูตร A3-1	สูตร C3-1		
ความหนาแน่น (kg/m^3)	556	548	577.0		ทุกสูตรผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.876
ความชื้น (%)	7.3	6.9	6.6		ทุกสูตรผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.876
การพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชั่วโมง (%)	10	9.4	1		ทุกสูตรผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.876
การพองตัวทางความหนาที่เวลา 24 ชั่วโมง (%)	15.9	10	1		A12(40) ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908
ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)	430	351	472		-
ความต้านทานแรงดัด (MPa)	3.1	2.4	3.9		-

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า ค่าความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชั่วโมง ของแผ่นพาร์ทิเคิลทุกสูตรผ่านเกณฑ์มาตรฐานมอก.876 ส่วนค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 24 ชั่วโมง มีเพียงแผ่นพาร์ทิเคิลสูตร A12(40) เท่านั้นที่ไม่ผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 สำหรับค่าความต้านทานแรงดัด (MOR) และมอดุลัสยืดหยุ่น (MOE) ของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปด้วยกาวสูตร PT15S3 โดยการขึ้นรูปแบบ 1 ชั้น และการขึ้นรูปแบบ 3 ชั้นพบว่า การขึ้นรูปแบบ 1 ชั้นมีค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นมากกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปด้วยกาว UF พบว่าสมบัติต่างๆ ด้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามกาว UF มีการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่เป็นอันตรายต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มด้วยกาวที่ปราศจากสารฟอร์-
มัลดีไฮด์ ที่มีพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เป็นสารตั้งต้น ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทัง โดยใช้กรด
พาราโทลูอินซัลโฟนิกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โพลเทสเซียมเปอร์ซัลเฟตเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา และซัลฟิคา
เป็นสารตัวเติม โดยมีปัจจัยศึกษาดังนี้

- ปรับเปลี่ยนปริมาณกาวต่อเยื่อไม้ปาล์มผสมเป็น 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดย
น้ำหนัก

- ควบคุมความชื้นที่ค่าต่างๆ ของเยื่อไม้ปาล์มในปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

- ขึ้นรูปเยื่อไม้ปาล์มเบอร์ 1 เบอร์ 2 แบบ 3 ชั้น ด้วยกาว PT15S3 และกาว UF (เกรดการค้า) ขึ้นรูป
โดยใช้ไม้ 3 ชั้น ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนขนาดเยื่อไม้ปาล์มและเปรียบเทียบกับกาว 2 ชนิด

ทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มทดสอบความหนาแน่น (Density)
ความชื้น (Moisture Content) การพองตัวทางความหนา (Swelling Test) ความต้านทานแรงฉีก
(Modulus of Rupture, MOR) และมอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity, MOE) ผลการทดลอง
สรุปดังนี้

1. ผลของการเพิ่มปริมาณกาวเทียบเยื่อไม้ปาล์ม 15-40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อเพิ่ม
ปริมาณกาวมากขึ้นส่งผลให้สมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มดีขึ้นได้แก่ ค่าการพองตัวทาง
ความหนาต่ำลง ค่าความต้านทานแรงฉีก มอดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความชื้น และ
ความหนาแน่นของแผ่นพาร์ทิเคิลผ่านมาตรฐาน มอก.876

2. ผลของการควบคุมความชื้นที่ใช้ขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มผสมที่ค่าต่างๆ ใน
ปริมาณกาว 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ส่งผลให้สมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์มต่ำลงได้
แก่ค่าการพองตัวทางความหนามีค่าสูงขึ้น ค่าความต้านทานแรงฉีก ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นต่ำลง แต่ไม่
ส่งผลต่อค่าความชื้น และความหนาแน่นของแผ่นพาร์ทิเคิลผ่านมาตรฐาน มอก.876

3. ผลของขนาดเยื่อไม้ปาล์มในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล พบว่าการใช้เยื่อไม้ปาล์มผสม (เบอร์ 1
เบอร์ 2) ทำให้สมบัติต่างๆ สูงกว่าเยื่อไม้ปาล์มเบอร์ 1 และเบอร์ 2 ได้แก่ ค่าความต้านทานแรงฉีก

และมอดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความชื้น และความหนาแน่นของแผ่นพาร์ทิเคิล ซึ่งผ่านมาตรฐาน มอก.876

4. ผลของการปรับเปลี่ยนวิธีการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์มพบว่าการขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ด้วยกาวสูตร PT15S3 ส่งผลให้สมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์มดีขึ้น ได้แก่ การพองตัวทางความหนาต่ำลงตามความเหมาะสมของปริมาณกาวแต่ความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่นต่ำกว่าแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์มผสม (เบอร์ 1 และเบอร์ 2) แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความชื้น และความหนาแน่นของแผ่นพาร์ทิเคิล ผ่านมาตรฐาน มอก.876

5. ผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของเชื้อไม้ปาล์มในการขึ้นรูปแบบ 3 ชั้น ด้วยกาวสูตร PT15S3 ส่งผลให้สมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์มดีขึ้น ได้แก่ ค่าความต้านทานแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่น เมื่ออัตราส่วนของเชื้อไม้ปาล์มเบอร์ 1 เพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความชื้น ความหนาแน่น และการบวมตัวทางความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิล ผ่านมาตรฐาน มอก.876

ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาเทคนิคการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์ม โดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูปร้อนที่เป็นมาตรฐาน
2. พัฒนาเทคนิคการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลจากเชื้อไม้ปาล์ม โดยการเรียงเชื้อไม้ปาล์มก่อนอัดขึ้นรูป อาจอาศัยเครื่องมือที่ช่วยในการโรยเชื้อไม้ปาล์ม
3. ปรับปรุงพื้นผิวของเชื้อไม้ปาล์มก่อนขึ้นรูป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพที่ดีในการยึดเกาะภายในแผ่น
4. ปรับปรุงสมบัติของกาวให้มีสมบัติต่างๆ ดีขึ้น เช่น เพิ่ม Solid Content เพิ่มปริมาณสารประกอบที่ไม่ชอบน้ำชนิดอื่น หรือเพิ่มปริมาณสารตัวเติมประเภทเสริมแรง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, “สถิติปาล์มน้ำมัน”, 2555.
[Online]. Available : <http://www.doa.go.th/palm/form-stat.html>
- [2] สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, “ภาพรวมอุตสาหกรรมไม้”, ผลงานวิจัยที่สำคัญภาพรวมของอุตสาหกรรมไม้. pdf, 2555.
[Online]. Available : http://www.forprod.forest.go.th/forprod/wood_industries
- [3] สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้, “ประเภทของกาวติดไม้”, 2555.
[Online]. Available : <http://www.forest.go.th/Forprod/woodComposite/adhesiveweb/kind.htm>
- [4] ธนาดี ถีจกภัย. “กาวกับการเลือกใช้ประโยชน์ของกาว”, 2555.
[Online]. Available : <http://www.vcharkarn.com/varticle/38229>
- [5] คณะวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี มหาวิทยาลัยบูรพา, “เคมีพอลิเมอร์”, 2555.
[Online]. Available : http://www.sci.buu.ac.th/chemistry/staff/thanida/polymer_chemistry
- [6] หน่วยข้อเสนอเทคโนโลยีอันตรายและความปลอดภัย โครงการศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, “พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA)”, 2555. [Online]. Available : <http://www.chemtrack.org/board-detail>
- [7] Wikipedia, the free encyclopedia. “Polyvinyl alcohol”, 2012.
[Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_alcohol
- [8] Manufacturing Term. “PVOH”, 2012.
[Online]. Available : <http://www.manufacturingterms.com/Thai/PVOH.html>
- [9] โรงเรียนลำปางกัลยาณี, “โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์”, 2555.
[Online]. Available : http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd_site/polymer_prop.htm
- [10] Progress in Polymer Science. “การสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์”, Volume 28, Issue 6, June 2003, 963–1014, 2012.
[Online]. Available : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670002001491>

- [11] คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, “ปฏิกิริยาการเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์”, 2555.
[Online].Available : <http://www.seem.kmutt.ac.th/research/pentec/download/Chapter%pdf>
- [12] กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพรหมานุสรณ์ “ปฏิกิริยาการเกิดไขมัน”, 2555.
[Online].Available : http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd_site/fat_formation.htm
- [13] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, “ไตรกลีเซอไรด์”, 2555.
[Online].Available : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1001/triglyceride>
- [14] วัชร หงส์เวียง. “สมบัติทางกายภาพของกรดไขมัน”, 2555
[Online].Available : http://nakhamwit.ac.th/pingpong_web/biochem_web/Lipid_01.htm
- [15] โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช. อันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. “พืชน้ำมัน”, 2555.
[Online].Available : http://www.rspg.or.th/plants_data/use/oil-4
- [16] อรุยา สรวารี. “สารเคลือบผิว”, กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.
- [17] บุญรอด วงษ์สว่าง. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพรหมานุสรณ์, “ชนิดของกรดไขมัน”, 2555.
http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd_site/kind_of_fattyacid
- [18] พงศธร นันทนเศ และสุนทร ภูรีปริชาเลิศ. “สารและสมบัติของสาร”, พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ. อักษรเจริญทัศน์, 2555.
- [19] Wikipedia, the free encyclopedia. “Tung oil”, 2012.
[Online].Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Tung_oil
- [20] Wonderful Gem Chem Ltd., “Tung Oil, aka China Wood Oil”, 2012
[Online].Available : <http://www.tung-oil.com/index.html>
- [21] IHS Standard Store , “ASTM D 1639”, 2012.
[Online].Available : <http://global.ihs.com/news /temp/standards/ASTM-18.html>
- [22] Contact ASTM International, “ASTM D 1962”, 2012.
[Online].Available : <http://www.astm.org /Standards/D1962.htm>

- [23] Contact ASTM International, “ASTM D 1957”, 2012.
[Online].Available : <http://www.astm.org/Standards/D1957.htm>
- [24] อรอุมา บวรศักดิ์. “ตัวเร่งปฏิกิริยา”, 2555.
[Online].Available : <http://www.thaigoodview.Com/library/teachershow/chemical/sec01p16.htm>
- [25] Wikipedia, the free encyclopedia, “*p*-Toluene Sulfonic Acid”, 2012.
[Online].Available : <http://en.wikipedia.org/wiki>
- [26] Wikipedia, the free encyclopedia, “Potassium persulfate”, 2012.
[Online].Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Potassium_persulfate
- [27] Wikipedia, the free encyclopedia, “Silicon dioxide/ Crystal structure”, 2012.
[Online].Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Crystalline_silica
- [28] ธีรศักดิ์ พรหมเทพ. “การศึกษาพฤติกรรมและการกระจายตัวของซิลิกาจากขี้เถ้าแกลบข้าว”, สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 3-9, 2555.
- [29] พีชไร์ เศรษฐกิจ. ภาควิชาพีชไร์นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, “การตัดแต่งทางใบ (Pruning)”, 2555.
[Online].Available : http://ait.nisit.kps.ku.ac.th/dbfieldcrop/plant/plantpalm/plantoil_plam6.htm
- [30] Wikipedia, the free encyclopedia, “ปาล์มน้ำมัน”, 2555.
[Online].Available : <http://th.wikipedia.org/wiki>
- [31] ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, “การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน”, 2555.
[Online].Available : <http://www.doa.go.th/palm/linkTechnical/management.html>
- [32] 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.
- [33] 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.

- [34] 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.
- [35] S. Tharhate and J. Ngamcharoenthavorn. **“Water-resistant enhancement of Drying oil Modified Poly(vinyl alcohol)”**, Special Project in International program in Prolymer Science and Technology, Faculty of Science, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, 2012.
- [36] N. Rattanaapiromyakit and P. Lakkanapornwisit. **“Preparation and modification of wood adhesive using PVOH and natural-drying oil”**, Special Project in International program in Prolymer Science and Technology, Faculty of Science, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, 2012.
- [37] นพรัตน์ เกื้อนวรรณมา พรพรรณ พูลแสวง และรัตนาพร ทองสุข. **“การเตรียมกาวติดไม้ปราคาจากสารฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และน้ำมันถั่ว”**, โครงการงานพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต, สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555.
- [38] ภคพล ลักณาพรวิสิฐ. **“กาวติดไม้ไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งธรรมชาติสำหรับงานแผ่นพาร์ทิเคิล”**, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555.
- [39] ณิชฐคนัย อุณเกษม ปาวิณา มูลเค้า และพรพิมล กังวาลสงศ์. **“กาวติดไม้ไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งธรรมชาติสำหรับงานแผ่นพาร์ทิเคิล”**, โครงการงานพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต, สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555.
- [40] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ. 2555. มอก.876-2547
- [41] มาตรฐานแผ่นพาร์ทิเคิล. 2555. JIS Japanese Industrial Standard JIS A 5908

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

มาตรฐาน มอก.876 และ JIS A 5908

ตารางที่ ก - 1 มาตรฐาน มอก.876

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด ความหนา (มิลลิเมตร) เกิน 0.6 ถึง 13.0
1	ค่าความหนาแน่น (kg/m ³)	400 - 900
2	ค่าความชื้น (%)	4 - 13
3	การพองตัวทางความหนา (%) ไม่เกิน	12
4	ความต้านทานแรงดัด (MPa*) ไม่น้อยกว่า	14
5	มอดูลัสยืดหยุ่น (MPa) ไม่น้อยกว่า	1,800

หมายเหตุ * 1 MPa = 1 N/mm²

ตารางที่ ก - 2 มาตรฐาน JIS A 5908

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด ความหนา (มิลลิเมตร) เกิน 0.6 ถึง 13.0
1	ค่าความหนาแน่น (kg/m ³)	400 - 900
2	ค่าความชื้น (%)	13
3	การพองตัวทางความหนา (%) ไม่เกิน	12
4	ความต้านทานแรงดัด (MPa*) ไม่น้อยกว่า	8
5	มอดูลัสยืดหยุ่น (MPa) ไม่น้อยกว่า	2,000

หมายเหตุ * 1 MPa = 1 N/mm²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลการทดสอบสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลจากเยื่อไม้ปาล์ม

ตารางที่ ข – 1 ค่าความหนาแน่น (g/cm^3) มาตรฐาน มอก.876

สูตร	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	ค่าเฉลี่ย	SD
A12(15)	716.1	587.9	667.1	568.3	634.9	69.0
A12(20)	576.8	549.3	488.3	572.1	546.6	40.7
A12(25)	648.6	621.0	509.2	661.2	610.0	69.3
A12(30)	561.6	548.5	641.9	632.6	596.2	47.9
A12(35)	614.1	590.0	594.9	610.1	602.3	11.6
A12(40)	561.0	603.0	478.5	581.9	556.1	54.5
A12(40)a	504.8	518.9	531.6	512.3	516.9	11.4
A12(40)b	483.2	606.4	543.0	564.2	549.2	51.3
A12(40)c	507.4	478.0	454.8	469.8	477.5	22.1
A12(40)d	583.0	590.9	535.9	540.9	562.7	28.3
A12(40)e	557.6	415.8	469.2	493.5	484.0	58.8
A1(40)	532.2	540.7	549.2	557.7	545.0	11.0
A2(40)	506.8	565.6	624.4	683.2	595.0	75.9
A3-1	550.7	537.3	523.9	510.5	530.6	17.3
A3-2	520.2	512.9	505.6	498.3	509.3	9.4
A3-3	528.9	462.5	479.9	479.9	487.8	28.6
A3-4	527.1	601.6	497.2	488.6	528.6	51.4
A3-5	544.8	511.7	527.4	573.4	539.3	26.4
C3-1	641.3	571.5	537.1	558.2	577.0	45.1
C3-2	663.9	610.7	560.9	574.3	602.4	46.1
C3-3	574.4	531.5	584.6	527.8	554.6	29.1
C3-5	601.6	622.6	596.5	623.4	611.0	14.0

ตารางที่ ข – 2 ค่าความชื้น (%) มาตรฐาน มอก.876

สูตร	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	ค่าเฉลี่ย	SD
A12(15)	6.4	7.2	7.2	7.6	7.1	0.5
A12(20)	6.6	7.2	7.1	7.6	7.1	0.4
A12(25)	6.2	7.0	7.2	7.4	6.9	0.6
A12(30)	6.1	7.6	7.1	7.5	7.1	0.7
A12(35)	6.2	7.4	7.4	8.0	7.3	0.8
A12(40)	6.1	7.5	7.7	7.9	7.3	0.8
A12(40)a	6.3	6.5	7.0	7.8	6.9	0.7
A12(40)b	6.5	6.9	7.4	7.3	7.0	0.4
A12(40)c	6.3	7.0	7.1	7.0	6.9	0.4
A12(40)d	6.6	6.8	7.2	6.7	6.8	0.3
A12(40)e	6.6	6.9	7.8	7.9	7.3	0.7
A1(40)	5.8	5.9	7.1	6.8	6.4	0.6
A2(40)	6.0	6.5	6.6	6.9	6.5	0.4
A3-1	6.3	7.0	7.1	7.0	6.9	0.4
A3-2	6.6	6.8	7.2	6.7	6.8	0.3
A3-3	6.6	6.9	7.8	7.9	7.3	0.7
A3-4	5.8	5.9	7.1	6.8	6.4	0.6
A3-5	6.0	6.5	6.6	6.9	6.5	0.4
C3-1	6.3	6.0	7.0	6.9	6.6	0.5
C3-2	5.9	6.1	6.4	7.0	6.4	0.5
C3-3	6.4	6.2	7.0	7.0	6.7	0.4
C3-5	5.9	6.6	6.5	7.1	6.5	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข – 3 ค่าการพองตัวของความหนา (%) มาตรฐาน มอก.876, 1 ชั่วโมง

สูตร	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	ค่าเฉลี่ย	SD
A12(15)	33.6	31.2	32.8	35.3	33.2	1.7
A12(20)	20.7	31.8	23.0	30.7	26.5	5.5
A12(25)	14.2	16.9	15.6	15.5	15.6	1.1
A12(30)	15.0	13.4	15.4	15.2	14.7	0.9
A12(35)	13.4	16.2	12.3	13.8	13.9	1.6
A12(40)	10.7	9.9	9.1	10.2	10.0	0.6
A12(40)a	20.4	21.6	21.5	20.5	21.0	0.6
A12(40)b	19.7	20.3	20.0	19.0	19.7	0.6
A12(40)c	19.5	18.1	19.7	18.7	19.0	0.8
A12(40)d	15.7	18.0	15.5	16.2	16.3	1.1
A12(40)e	14.6	13.1	14.0	15.1	14.2	0.9
A1(40)	13.2	15.0	17.4	18.2	16.0	2.3
A2(40)	14.5	14.0	14.3	14.9	14.4	0.3
A3-1	9.4	9.7	10.0	8.6	9.4	0.6
A3-2	11.0	9.1	10.2	9.9	10.1	0.8
A3-3	12.1	18.1	10.0	9.8	12.5	3.9
A3-4	9.2	9.0	9.6	10.7	9.6	0.7
A3-5	7.8	8.9	8.0	7.8	8.1	0.5
C3-1	1.0	1.0	-	-	1.0	0.0
C3-2	1.0	1.0	-	-	1.0	0.0
C3-3	1.0	1.0	-	-	1.0	0.0
C3-5	1.0	1.0	-	-	1.0	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข – 4 ค่าการพองตัวของความหนา (%) มาตรฐาน JIS A 5908, 24 ชั่วโมง

สูตร	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	ค่าเฉลี่ย	SD
A12(15)	54.2	67.0	48.0	49.0	54.6	8.7
A12(20)	43.6	40.8	42.9	44.7	43.0	1.6
A12(25)	39.5	29.1	33.2	37.6	34.8	4.7
A12(30)	30.0	28.9	33.0	33.1	31.2	2.1
A12(35)	20.5	27.6	24.0	26.9	24.7	3.2
A12(40)	19.1	18.8	13.1	12.8	15.9	3.5
A12(40)a	27.9	22.1	26.3	17.4	23.4	4.7
A12(40)b	21.4	23.5	25.3	15.9	21.5	4.1
A12(40)c	20.8	20.9	19.4	20.0	20.3	0.7
A12(40)d	19.3	16.3	17.9	18.2	17.9	1.2
A12(40)e	14.6	14.9	17.7	17.9	16.3	1.7
A1(40)	16.8	21.8	19.7	18.3	19.2	2.1
A2(40)	15.7	16.4	17.9	15.9	16.5	1.0
A3-1	10.4	11.5	10.3	10.2	10.6	0.6
A3-2	11.7	12.3	12.3	11.5	11.9	0.4
A3-3	13.8	13.4	13.6	12.4	13.3	0.6
A3-4	12.7	11.5	12.0	12.9	12.3	0.6
A3-5	9.4	8.5	10.1	11.9	10.0	1.4
C3-1	1.0	1.0	-	-	1.0	0.0
C3-2	1.0	1.0	-	-	1.0	0.0
C3-3	1.0	1.0	-	-	1.0	0.0
C3-5	1.0	1.0	-	-	1.0	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-5 ค่าความต้านทานแรงค้ำ (MPa)

สูตร	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	ค่าเฉลี่ย	SD
A12(15)	0.8	1.7	1.5	2.3	1.6	0.6
A12(20)	2.0	2.1	2.1	2.0	2.1	0.1
A12(25)	1.9	3.1	1.3	2.6	2.2	0.8
A12(30)	2.1	2.3	2.3	2.7	2.4	0.2
A12(35)	2.6	2.2	2.7	2.8	2.5	0.3
A12(40)	3.5	2.6	2.8	3.4	3.1	0.5
A12(40)a	0.9	1.3	0.9	1.1	1.0	0.2
A12(40)b	1.7	1.3	1.4	1.5	1.5	0.2
A12(40)c	1.0	1.9	2.1	1.8	1.7	0.5
A12(40)d	2.6	1.2	1.8	1.9	1.9	0.6
A12(40)e	2.6	3.0	2.3	2.1	2.5	0.4
A1(40)	1.7	2.6	2.0	2.3	2.2	0.4
A2(40)	1.7	1.8	2.0	2.0	1.9	0.2
A3-1	3.0	2.4	2.2	2.2	2.4	0.4
A3-2	2.3	2.3	2.6	2.1	2.3	0.2
A3-3	2.0	2.1	2.1	2.4	2.1	0.2
A3-4	1.8	2.2	2.1	2.0	2.0	0.1
A3-5	1.3	1.2	1.7	1.8	1.5	0.3
C3-1	3.5	4.5	3.8	-	3.9	0.6
C3-2	2.9	3.2	3.9	-	3.3	0.5
C3-3	2.3	2.7	2.5	-	2.5	0.2
C3-5	2.3	-	-	-	2.3	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข – 6 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)

สูตร	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	ค่าเฉลี่ย	SD
A12(15)	277	275	318.8	308	295	22
A12(20)	296	307	316.4	324	311	12
A12(25)	325	330	316.8	329	325	6
A12(30)	344	346	369.1	335	349	14
A12(35)	424	435	311.4	414	396	57
A12(40)	412	437	469.8	400	430	31
A12(40)a	125	115	148.9	175	141	27
A12(40)b	200	188	179.3	197	191	9
A12(40)c	209	215	232.2	235	223	13
A12(40)d	296	258	268.9	207	257	37
A12(40)e	337	316	237.9	297	297	43
A1(40)	294	185	249.9	277	251	48
A2(40)	209	242	265.9	277	248	30
A3-1	392	366	333.9	313	351	35
A3-2	376	382	245.1	307	328	65
A3-3	259	269	276.3	271	269	7
A3-4	210	269	295.8	210	246	43
A3-5	210	261	153.7	290	229	60
C3-1	414	550	450.8	-	472	71
C3-2	359	369	458.8	-	396	55
C3-3	289	321	288.7	-	300	19
C3-5	275	-	-	-	275	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้