

การพัฒนาสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้กาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์
จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก/น้ำมันทัง

WATER RESISTANT IMPROVEMENT OF PARTICLE BOARD USING
FORMALDEHYDE-FREE ADHESIVE FROM OLEIC ACID MODIFIED
POLY(VINYL ALCOHOL)/TUNG OIL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-SC-M-014-004

การพัฒนาสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นพาร์ติเคิลที่ใช้กาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์
จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก/น้ำมันทัง

WATER RESISTANT IMPROVEMENT OF PARTICLE BOARD USING
FORMALDEHYDE-FREE ADHESIVE FROM OLEIC ACID MODIFIED
POLY(VINYL ALCOHOL)/TUNG OIL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ KMITL-2017-SC-M-014-004 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WATER RESISTANT IMPROVEMENT OF PARTICLE BOARD USING
FORMALDEHYDE-FREE ADHESIVE FROM OLEIC ACID MODIFIED
POLY(VINYL ALCOHOL)/TUNG OIL



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE
DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN POLYMER TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017

KMITL-2017-SC-M-014-004
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2017

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

“การพัฒนาสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้กาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก/น้ำมันงา”

“WATER RESISTANT IMPROVEMENT OF PARTICLE BOARD USING FORMALDEHYDE-FREE ADHESIVE FROM OLEIC ACID MODIFIED POLY(VINYL ALCOHOL)/TUNG OIL”

ชื่อนักศึกษา

นางสาวจริญญา มะหะหมุด

รหัสประจำตัว

57605061

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์)

ภาควิชา


เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

-

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล แจ่มชัด ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภารัตน์ รักชลธิ อาจารย์บัณฑิตประจำ (ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง) รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอกสถาบันฯ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	

วัน/ เดือน/ ปี ที่สอบ พุทธศักราช 26 เมษายน พ.ศ.2560 เวลา 09.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง 301 อาคารพระจอมเกล้า

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุชนิ ธนะบริพัฒน์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่ 4 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์ จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก/น้ำมันหัง
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจริญญา มะหะหมัด
รหัสประจำตัว	57605061
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีพอลิเมอร์)
ภาควิชา	เคมี
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นศึกษาการเตรียมกาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์สำหรับแผ่นไม้พาร์ทิเคิล โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol, PVA)), PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (Oleic acid) และน้ำมันหัง เป็นองค์ประกอบหลักของกาว โดยเลือกใช้ PVA 3 เกรด ได้แก่ 1.) เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูง (PH) 2.) เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) และ 3.) เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำ (PL) และทำการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิก (PH*, PL₁₀* และ PL₁₅*) เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลต่าง ๆ และปรับปรุงสมบัติการป้องกันความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล จากนั้นทำการทดสอบสมบัติของกาว ได้แก่ ค่าความหนืด, ค่าปริมาณของแข็งคงเหลือ และเสถียรภาพของกาว และนำกาวผสมสูตรที่ได้ขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้พาร์ทิเคิลโดยใช้ปริมาณกาว 30% โดยน้ำหนัก นำแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้ไปทดสอบความหนาแน่น, ปริมาณความชื้น, ความต้านทานแรงดัดโค้งงอและมอดูลัสยืดหยุ่น จากนั้นทดสอบการป้องกันความหนาและความต้านทานแรงดัดโค้งงอเทียบกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลตามมาตรฐาน มอก. 876 และมาตรฐาน JIS A 5908 จากผลการทดสอบพบว่า 1.) แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้จากกาวสูตรที่ประกอบด้วย PVA เกรดมวลโมเลกุลสูง (PH) มีค่าการป้องกันความหนาสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตรที่ประกอบด้วย PVA เกรดมวลโมเลกุลต่ำ (PL) 2.) แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตรที่ประกอบด้วย PVA เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมด (FL) มีค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอ, ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น, ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอกับผิวหน้าสูงขึ้น และค่าการป้องกันความหนาดำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตรที่ประกอบด้วย PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วน (PL) 3.) แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตรที่ประกอบด้วย PVA ที่ทำการปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*, PL₁₀* และ PL₁₅*) ส่งผลให้ค่าการป้องกันความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลมีค่าลดลง

อย่างมาก และ 4.) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย PVA ในสูตรกาว ทำให้แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเนื้อหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ดีขึ้น แต่ค่าการพองตัวทางความหนาสูงขึ้น จากงานวิจัยนี้พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2FL8, PH*3FL7, PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 มีค่าสมบัติเชิงกลต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ดี, ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านมาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908 และค่าการพองตัวทางความหนาที่ 1 ซม. ของกาวทั้ง 4 สูตร ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876

คำสำคัญ : กรดโพลีแลคติก, กาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์, น้ำมันทัง, แผ่นไม้พาร์ทิเคิล, พอลิไวนิลแอลกอฮอล์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Water Resistant Improvement of Particle Board Using Formaldehyde - Free Adhesive from Oleic Acid Modified Poly(vinyl alcohol)/Tung Oil
Student	Miss Jarinya Mahamut
Student ID	57605061
Degree	Master of Science (Polymer Technology)
Department	Chemistry
Year	2017
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr.Pathavuth Monvisade

Abstract

This research studied on the preparation of formaldehyde-free adhesives for particle boards. Poly(vinyl alcohol) (PVA), oleic acid modified PVA and tung oil were used as main components in the adhesives. Three grades of PVA in this research are as follows: 1) Partially hydrolyzed and high molecular weight (PH). 2) Fully hydrolyzed and low molecular weight (FL) and 3) Partially hydrolyzed and low molecular weight (PL). PVA was structurally modified by oleic acid (PH*, PL₁₀* and PL₁₅*) to improve mechanical and swelling properties of particle boards. The adhesives were tested in terms of viscosity, solid content and stability. The particle boards were prepared using the adhesives at 30% by weight. Density, moisture content, bending strength and bending modulus of particle boards were tested. Swelling property and internal bonding of the particles boards were also examined by following TIS 876 and JIS A 5908. The results indicated that: 1) the particle boards that used the adhesives contained the high molecular weight of PVA (PH) gave higher % swelling than the adhesive contained low molecular weight (PL). 2) the particle boards contained the high degree of hydrolysis PVA (FL) in the adhesives showed an increase in bending strength, bending modulus and internal bonding and decrease in swelling properties compared to the particle board prepared using adhesive containing partial hydrolyzed PVA (PL). 3) the particle boards that used oleic acid modified PVA (PH*, PL₁₀* and PL₁₅*) as a component in the adhesive showed lower swelling properties. Lastly,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) an increase in the concentration of PVA solution in the adhesives resulted in enhancing properties of particle boards, but swelling increases. From all results, the particle boards prepared by using PH*2FL8, PH*3FL7, PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 and PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 as adhesive provided good mechanical properties. Their internal bonding property can pass the TIS 876 and JIS A 5908 standard. In addition, their swelling property can also pass the TIS 876 standard.

Keywords : Oleic acid, Formaldehyde- free adhesive, Tung oil, Particle board, Poly(vinyl alcohol)



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการดำเนินวิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ภัทรารุช มนต์วิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยแนะนำแก้ไข พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือตลอดการดำเนินวิทยานิพนธ์นี้ ทำให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้ศึกษารู้อีกซึ่งเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. อธิธิพล แจ่มชัด, ผศ.ดร. สุภารัตน์ รักชลธิ และ รศ.ดร. ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ นางสาวอภิชญา เจียนประเสริฐ, นางสาวพิชญา ตรีเนตร, นายณัฐดนัย อุณเกษม และเพื่อน ๆ ในหน่วยวิจัยการสังเคราะห์พอลิเมอร์และวัสดุเฉพาะทางที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการดำเนินวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่อาคารและสถานที่ รวมถึงแม่บ้านที่ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการเปิดปิดอาคารทั้งในและนอกเวลาราชการ

วิทยานิพนธ์นี้มีโอกาสสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีถ้าขาดความสนับสนุนจากคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการศึกษาและค่าครองชีพในระดับบัณฑิตศึกษา และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนทุนการเสนอผลงานทางวิชาการในการประชุมทางวิชาการ พ.ศ. 2559

ท้ายสุดนี้ประโยชน์และความรู้อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอบแต่บิดา มารดา ครอบครัว ผู้มีพระคุณ และคณาจารย์ทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้ศึกษาขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

จริญญา มะหะหมุด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
คำย่อ/สัญลักษณ์.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 กาว (Adhesive)	6
2.1.1 ประเภทของกาว.....	6
2.1.2 กาวติดกระดาษ.....	6
2.1.3 กาวติดไม้.....	7
2.1.3.1 กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermo-setting resins).....	7
2.1.3.2 กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (Thermo-Plastic resins).....	10
2.2 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA).....	12
2.2.1 กระบวนการเตรียม PVA.....	13
2.2.2 สมบัติของ PVA.....	14
2.2.3 การนำ PVA ไปใช้ประโยชน์.....	16
2.3 น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ (Natural oils).....	17
2.3.1 องค์ประกอบ.....	17
2.3.2 กรดไขมัน.....	17
2.3.3 ชนิดของน้ำมันชักแห้งธรรมชาติ.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.4 การวิเคราะห์น้ำมัน (Analysis of oils).....	19
2.3.5 น้ำมันทัง (Tung oil).....	22
2.3.5.1 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันทัง.....	22
2.3.5.2 สมบัติและการใช้งาน.....	24
2.3.6 กรดโอเลอิก (Oleic acid).....	24
2.4 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst).....	25
2.4.1 หน้าที่และหลักการทำงาน.....	25
2.5 ตัวริเริ่มปฏิกิริยา (Initiator).....	26
2.5.1 โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium Persulfate, KPS).....	26
2.6 ไม้ (Wood).....	27
2.6.1 องค์ประกอบและสมบัติของไม้.....	28
2.7 แผ่นไม้พาร์ทิเคิล (Particle board).....	29
2.7.1 ประเภทของแผ่นพาร์ทิเคิล.....	29
2.7.2 วัตถุดิบและแหล่งวัตถุดิบแผ่นพาร์ทิเคิล.....	29
2.7.3 กรรมวิธีการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล.....	30
2.7.4 ผลิตภัณฑ์แผ่นพาร์ทิเคิล.....	30
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	36
3.1 สารเคมี.....	36
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	37
3.3 การเตรียมสารละลาย PVA.....	39
3.4 การเตรียมสารละลาย PVA ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก.....	40
3.5 การเตรียมกาวผสมสูตร.....	41
3.6 การเตรียมชิ้นไม้ยางพารา.....	43
3.7 การขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล.....	44
3.8 การทดสอบ.....	46
3.8.1 การทดสอบสมบัติของกาว.....	46
3.8.1.1 การหาค่าความหนืด.....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8.1.2 การหาเสถียรภาพของกาว.....	47
3.8.1.3 การหาค่าปริมาณของแข็ง (Solid content).....	47
3.8.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล.....	47
3.8.2.1 ความหนาแน่น (Density).....	47
3.8.2.2 การทดสอบหาความชื้น (Moisture content).....	48
3.8.2.3 การทดสอบการพองตัวทางความหนา (Swelling test).....	48
3.8.2.4 การทดสอบความต้านทานแรงดัดโค้งงอและมอดุลัสยืดหยุ่น (Bending strength and bending modulus test).....	49
3.8.2.5 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal bonding).....	51
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	52
4.1 การเกิดปฏิกิริยาระหว่าง PVA และกรดโอเลอิก	52
4.1.1 การตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วย กรดโอเลอิก.....	54
4.1.2 การตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของ PVA.....	55
4.2 การวิเคราะห์สมบัติของกาวผสมสูตร.....	57
4.2.1 ค่าความหนืดและเสถียรภาพของกาว.....	57
4.3.2 ปริมาณของแข็งคงเหลือ.....	60
4.3 การทดสอบสมบัติของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปโดยใช้กาวผสมสูตรที่ศึกษา.....	62
4.3.1 ความหนาแน่นและความชื้นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล.....	63
4.3.2 สมบัติเชิงกลและสมบัติการพองตัวทางความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล.....	65
4.3.2.1 ศึกษาผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิก ในสูตรกาว.....	65
4.3.2.2 ศึกษาผลของมวลโมเลกุลของ PVA ในสูตรกาว.....	73
4.3.2.3 ศึกษาผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA ในสูตรกาว.....	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
๗

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.2.4 ศึกษาอัตราส่วนของ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและ มวลโมเลกุลสูงที่ไม่ปรับปรุงและปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรด โอเลอิก (PH และ PH*) ต่อ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสทั้งหมด และมวลโมเลกุลต่ำ (FL) ในสูตรกาว.....	80
4.3.2.5 ศึกษาผลของการใช้ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH* และ PL ₁₀ *) ร่วมกันในสูตรกาว.....	85
4.3.2.6 ศึกษาอัตราส่วนของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*) และ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) ที่ใช้ร่วมกับ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL ₁₀ *) ในสูตรกาว.....	89
4.3.2.7 ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA (PL ₁₀ และ PL ₁₅) ในสูตรกาว.....	93
4.4 การประเมินราคาต้นทุนวัตถุดิบกาว.....	97
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	99
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	99
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	100
เอกสารอ้างอิง.....	101
ภาคผนวก.....	108
ภาคผนวก ก	109
ภาคผนวก ข.....	110
ภาคผนวก ค.....	114
ประวัติผู้เขียน.....	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติทั่วไปของ PVA.....	15
2.2 การเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่าง ๆ เมื่อองค์การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (มวลโมเลกุล) มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง.....	16
2.3 การเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่าง ๆ เมื่อองค์การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง.....	16
2.4 โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ.....	18
2.5 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันที่ถูกลไฮโดรไลซ์.....	23
2.6 สมบัติของ <i>p</i> -TSA.....	25
2.7 ตัวรีเออร์มูลอิสรระชนิดต่าง ๆ.....	26
2.8 สมบัติของ KPS.....	27
3.1 สมบัติจำเพาะของ PVA เกรดต่าง ๆ.....	36
3.2 ปริมาณส่วนผสมของกาวสูตรต่าง ๆ.....	41
4.1 หมู่ฟังก์ชันที่ปรากฏของ PVA และ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก.....	54
4.2 หมู่ฟังก์ชันที่ปรากฏของ PVA.....	55
4.3 ความหนืดของกาวสูตรต่าง ๆ.....	58
4.4 Solid content (%) ของกาวสูตรต่าง ๆ.....	61
4.5 ค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล.....	63
4.6 ราคาต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในกาวไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์.....	97
4.8 ราคาต้นทุนกาวไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์.....	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ญ

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างโมเลกุลของ PVA	13
2.2 การสังเคราะห์ PVA จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยาเมทาโนไลซิส จาก PVAc.....	14
2.3 ผลและน้ำมันทั้งจากต้นทั้ง.....	22
2.4 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันทั้งที่ถูกไฮโดรไลซ์.....	23
2.5 โครงสร้างโมเลกุลของ <i>p</i> -TSA.....	25
2.6 โครงสร้างโมเลกุลของ KPS.....	26
2.8 องค์ประกอบของไม้.....	28
3.1 เครื่องมือบางชนิดที่ใช้ในงานวิจัย.....	38
3.2 การเตรียมสารละลาย PVA (เกรด PH) 10% โดยมวล.....	39
3.3 การเตรียมสารละลาย PVA (เกรด PL) 10% และ 15% โดยมวล.....	39
3.4 การเตรียมสารละลาย PVA (เกรด FL) 10% โดยมวล.....	40
3.5 การเตรียมสารละลาย PVA ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก.....	40
3.6 ขั้นตอนการเตรียมกาวผสมสูตร.....	42
3.7 ขนาดขึ้นไม้อย่างพาราเบอร์ 3 (20-12 mesh).....	43
3.8 ตะแกรงร่อนที่ใช้ในงานวิจัย.....	43
3.9 ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิล.....	46
3.10 ขั้นตอนการหาค่าความหนืดของกาว.....	46
3.11 ตัวอย่างชิ้นงานสำหรับใช้ทดสอบความหนาแน่น, ความชื้น, การพองตัวทางความหนา และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า.....	48
3.12 การทดสอบการพองตัวทางความหนา.....	49
3.13 การทดสอบการต้านทานแรงตัดโค้งงอและมอดูลัสยืดหยุ่น.....	50
3.14 การทดสอบแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า.....	51
4.1 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่าง PVA และกรดโอเลอิก.....	53
4.2 แรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่าง PVA และกรดโอเลอิกที่คาดว่าจะเกิดขึ้น.....	53
4.3 สเปกตรัมของ PVA และ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (ก.) PH (ข.) PH* (ค.) PL และ (ง.) PL*.....	54
4.4 สเปกตรัมของ PVA ที่มี % ไฮโดรไลซิสแตกต่างกัน (ก.) FL (ข.) PH และ (ค.) PL.....	56
4.5 แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้จากการขึ้นรูป.....	63
4.6 ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ภายในโมเลกุลของน้ำมันทั้ง.....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 ปฏิกริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ระหว่างโมเลกุลของน้ำมันทั้ง.....	66
4.8 ปฏิกริยาการเชื่อมโยงระหว่างพันธะคู่ของกรดโอเลอิก และพันธะคู่ของกรดโอเลอิกกับน้ำมันทั้ง.....	67
4.9 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันทั้งและ PVA.....	68
4.10 การเกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่าง PVA น้ำมันทั้ง และเซลลูลอส.....	69
4.11 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกในสูตรกาว).....	70
4.12 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกในสูตรกาว).....	70
4.13 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกในสูตรกาว).....	71
4.14 ค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม.ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกในสูตรกาว).....	72
4.15 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของมวลโมเลกุลของ PVA).....	73
4.16 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของมวลโมเลกุลของ PVA).....	74
4.17 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของมวลโมเลกุลของ PVA).....	75
4.18 ค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม. ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของมวลโมเลกุลของ PVA).....	75
4.19 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA).....	77
4.20 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA).....	77
4.21 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA).....	78
4.22 ผลของค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม.ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA).....	79
4.23 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH : FL และ PH* : FL).....	80
4.24 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH : FL และ PH* : FL).....	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.25 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH : FL และ PH* : FL).....	82
4.26 ค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม.ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH : FL และ PH* : FL).....	84
4.27 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ PH* และ PL ₁₀ *).....	86
4.28 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ PH* และ PL ₁₀ *).....	86
4.29 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ PH* และ PL ₁₀ *).....	87
4.30 ค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม.ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ PH* และ PL ₁₀ *).....	88
4.31 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH*3FL7 : PL ₁₀ *).....	89
4.32 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH*3FL7 : PL ₁₀ *).....	90
4.33 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH*3FL7 : PL ₁₀ *).....	91
4.34 ค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม.ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH*3FL7 : PL ₁₀ *).....	92
4.35 ความต้านทานแรงดัดโค้งงอของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรด PL).....	93
4.36 ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรด PL).....	94
4.37 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรด PL).....	95
4.38 ค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม.ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรด PL).....	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	ความหมาย
PVA	= พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol)
KPS	= โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium Persulfate)
<i>p</i> -TSA	= กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก (<i>p</i> -Toluene sulfonic acid)
PH	= พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูง
FL	= พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เกรด % ไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ
PL	= พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำ
PL ₁₀	= สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำ เข้มข้น 10% โดยมวล
PL ₁₅	= สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำเข้มข้น 15% โดยมวล
PH*	= สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูงเข้มข้น 10% โดยมวล ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก
PL ₁₀ *	= สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำเข้มข้น 10% โดยมวล ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก
PL ₁₅ *	= สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูงเข้มข้น 15% โดยมวล ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก
มอก	= มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Thailand Industrial Standard)
JIS	= มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standard)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

อุตสาหกรรมการผลิตกาวเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากอุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้กาวเป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้า และใช้ในการยึดติดวัสดุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน อาทิเช่น งานเฟอร์นิเจอร์ งานสิ่งพิมพ์ งานติดฉลากขวดและบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ในปัจจุบันมีธุรกิจเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้มีความต้องการใช้กาวในปริมาณมากขึ้น ดังนั้นในการเลือกใช้กาวผู้ใช้ควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติและวิธีการใช้งานของกาวแต่ละชนิด เพื่อนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสมและประหยัดต้นทุน

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่สำคัญในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีการส่งออกไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ไปยังต่างประเทศมีมูลค่าเฉลี่ยปีละ 400 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (ข้อมูลปี พ.ศ. 2556-พ.ศ. 2559) โดยในปี พ.ศ. 2558 มีมูลค่าการส่งออกประมาณ 363.44 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ และสำหรับในปี พ.ศ. 2559 มีมูลค่าการส่งออก 346.97 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ [1]

อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้โดยเฉพาะไม้พาร์ทิเคิล เป็นวัสดุทดแทนไม้จริงที่มีความสำคัญ โดยการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เศษชิ้นไม้ ชี้เลื่อย มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ช่วยลดปริมาณการตัดไม้ทำลายป่า และช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยในกระบวนการผลิตแผ่นไม้พาร์ทิเคิลจำเป็นต้องใช้วัสดุประสานช่วยในการยึดติดเศษไม้ หรือชี้เลื่อย รวมถึงเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับแผ่นไม้ วัสดุประสานที่ใช้คือกาว แต่ส่วนใหญ่แล้วกาวที่ใช้ในอุตสาหกรรมแผ่นไม้พาร์ทิเคิลเป็นกาวที่มีส่วนประกอบของสารฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งเมื่อนำเฟอร์นิเจอร์ที่มีส่วนประกอบของกาวฟอร์มาลดีไฮด์ไปใช้จะส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากมีการระเหยของสารฟอร์มาลดีไฮด์ตลอดเวลาในระหว่างการใช้งาน โดยองค์กรเพื่อการปกป้องสิ่งแวดล้อมของสหรัฐฯ (The U.S. Environmental Protection Agency) และองค์การอนามัยโลกเพื่อการค้นคว้าวิจัยโรคมะเร็ง (The International Agency for Research on Cancer, IARC) ได้ประกาศถึงพิษของสารฟอร์มาลดีไฮด์ว่าเป็นสารก่อภูมิแพ้ เมื่อสูดดมสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือก เยื่อจมูก อาจนำไปสู่โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ และโรคมะเร็งในระบบทางเดินหายใจได้ และถ้าสูดดมไอระเหยเกิน 100 ppm อาจทำให้เสียชีวิตได้ [2]

กลุ่มผู้นำเข้าเฟอร์นิเจอร์ไม้พาร์ทิเคิล ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป ได้มีการกำหนดมาตรฐานการปลดปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์ในเฟอร์นิเจอร์ไม้พาร์ทิเคิล ได้แก่

- 1.) ประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดให้สินค้าจากแผ่นไม้พาร์ทิเคิลต้องผ่านการรับรองจาก

คณะกรรมการควบคุมมลพิษทางอากาศของรัฐแคลิฟอร์เนีย (California Air Resource Board, เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CARB) [3] 2.) สหภาพยุโรป (EU) มีมาตรฐานสิ่งแวดล้อมสำหรับสินค้าเฟอร์นิเจอร์ (EU Formaldehyde Emission Standard) โดยการปลดปล่อยของสารฟอร์มาลดีไฮด์ต้องอยู่ในระดับ E0 (ไม่เกิน 0.07 ppm) เริ่มกำหนดใช้ปี พ.ศ. 2554 [4] 3.) ประเทศญี่ปุ่น ได้มีการกำหนดการปลดปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์ตามมาตรฐาน Japanese F**** (ไม่เกิน 0.4 ppm) [5] ดังนั้นการศึกษากฎระเบียบดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ประกอบการเตรียมความพร้อมในการผลิตแผ่นไม้พาร์ทิเคิลให้สอดคล้องกับกฎระเบียบได้ถูกต้อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการส่งออกเฟอร์นิเจอร์ไม่ไปยังประเทศต่าง ๆ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนมาใช้แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ เช่น กาวยูรีเทน ทำให้ราคาต้นทุนสูงขึ้น เนื่องจากกาวที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์มีราคาแพงกว่ากาวที่มีสารฟอร์มาลดีไฮด์ประมาณ 10-20 เท่า ทำให้เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์มีราคาแพงตามไปด้วย

กลุ่มวิจัยก่อนหน้านี้ได้มีการศึกษาการขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิลโดยใช้กาวปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ เตรียมจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ที่ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันลินสีด [6] พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้ไม้ยูคาลิปตัสแบบละเอียดและขนาดเส้นมีความต้านทานแรงดัดโค้งงอ (Bending strength) และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า (Internal bonding) สูงขึ้นเมื่อเปลี่ยนชนิดของน้ำมันชักแห้งธรรมชาติเป็นน้ำมันทั้ง และศึกษาปริมาณของน้ำมันทั้งในกาว [7] พบว่ากาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 15% โดยน้ำหนัก (PVA : น้ำมันทั้ง = 85:15) ส่งผลให้สมบัติของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลดีกว่ากาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 20% โดยน้ำหนัก งานวิจัยถัดมาได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของน้ำมันชักแห้งธรรมชาติระหว่างน้ำมันลินสีดและน้ำมันทั้ง [8] พบว่ากาวสูตรที่มีน้ำมันทั้งเป็นองค์ประกอบให้ค่าความแข็งแรงดัดกว่าสูตรที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ จากนั้นศึกษาผลของน้ำมันผสมของน้ำมันทั้งและน้ำมันลินสีดในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าสูตรกาวที่มีอัตราส่วนของน้ำมันทั้งมากกว่าน้ำมันลินสีดให้ผลของสมบัติเชิงกลที่ดีกว่า เนื่องจากน้ำมันทั้งมีตำแหน่งพันธะคู่ที่เป็นระบบคอนจูเกตจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่า และพบว่าการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยทำให้สมบัติต่าง ๆ มีค่าสูงขึ้น จากนั้นทำการศึกษาผลของปริมาณซิลิกาพบว่าปริมาณซิลิกา 3 phr ส่งผลให้ความแข็งแรงของแผ่นไม้เพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณซิลิกาที่มากเกินไปกว่า 3 phr จะทำให้เกิดการจับตัวเป็นกลุ่มก้อนและขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาของระบบ สุดท้ายได้ทำการศึกษานิดของไม้ที่นำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้พาร์ทิเคิล พบว่าไม้ยางพาราให้ค่าสมบัติเชิงกลที่สูงกว่าไม้ยูคาลิปตัส เนื่องจากไม้ยางพารามีลักษณะทางกายภาพโค้งมนและนิ่มกว่าไม้ยูคาลิปตัส จึงทำให้จัดเรียงตัวได้ดีกว่า งานวิจัยถัดมาได้พัฒนากาวไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์จาก PVA ปรับปรุงด้วยน้ำมันทั้งและน้ำยางธรรมชาติ [9] พบว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้งมากกว่าน้ำยางธรรมชาติให้ค่าสมบัติเชิงกลที่ดีกว่า และการเพิ่มปริมาณน้ำยางธรรมชาติในสูตรกาวไม่ส่งผลต่อการพองตัวทางความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล การเติมซิลิกาลงในสูตรกาวพบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้มีค่าสมบัติเชิงกลสูงขึ้น เนื่องจากซิลิกาสามารถเกิดการเชื่อมโยงกับน้ำมันทั้งได้และเป็นการเติมของแข็งลงในสูตรกาวทำให้สามารถรับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มากกระทำได้ดี ทำการศึกษาการเติมสารเชื่อมโยงและสารเร่งปฏิกิริยาเชื่อมโยงในสูตรกาว พบว่าค่าสมบัติเชิงกลดีขึ้นและค่าการพองตัวของความหนาแน่นต่ำกว่าสูตรกาวอื่น ๆ นอกจากนี้พบว่าปริมาณกาว 30% ในเนื้อไม้โดยน้ำหนัก ให้ค่าสมบัติเชิงกลและค่าการพองตัวของความหนาแน่นที่ต่ำกว่าการใช้ปริมาณกาว 25% โดยน้ำหนัก สภาวะการขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ 200°C/10 นาที และ 250°C/5 นาที ให้ผลการทดสอบที่ดีกว่าสภาวะอื่น ๆ เนื่องจากมีอุณหภูมิและเวลาเพียงพอสำหรับการระเหยน้ำออกจากแผ่นไม้พาร์ทิเคิลขณะขึ้นรูป และพบว่าการทำ Post cure แผ่นไม้พาร์ทิเคิล ทำให้สมบัติเชิงกลและการพองตัวของความหนาแน่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลสูงขึ้น สุดท้ายทำการศึกษาขนาดของชิ้นไม้ พบว่าชิ้นไม้เบอร์ 3 (20-12 mesh) ให้ค่าสมบัติเชิงกลดีกว่าชิ้นไม้เบอร์ 4 (35-20 mesh)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้มีค่าการทดสอบสมบัติเชิงกลที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แต่ค่าการพองตัวของความหนาแน่นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจาก PVA ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในกาวมีความต้านทานน้ำต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสารพอร์มัลดีไฮด์จาก PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก/น้ำมันหัง โดยจะทำการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกก่อน และเลือกใช้ PVA ทั้งหมด 3 เกรด คือ 1. เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วน (87.0-89.0%) และมวลโมเลกุลสูง 2. เกรด % ไฮโดรไลซิสทั้งหมด (99.0-100%) และมวลโมเลกุลต่ำ และ 3. เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วน (86.5-89.0%) และมวลโมเลกุลต่ำ เพื่อพัฒนาให้แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้มีสมบัติการต้านทานน้ำที่ดีขึ้นและมีค่าการพองตัวของความหนาแน่นผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกาวที่ทำการพัฒนาในงานวิจัยนี้มีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำ ไม่มีตัวทำละลายอินทรีย์ที่เป็นพิษ ไม่มีการปลดปล่อยสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน จึงมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเป็นพื้นฐานสำหรับการผลิตแผ่นไม้พาร์ทิเคิลในอุตสาหกรรมการส่งออกเฟอร์นิเจอร์ไม้ต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. พัฒนากาวสำหรับอัดแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ปราศจากสารพอร์มัลดีไฮด์ จาก PVA 3 เกรด ได้แก่เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูงชนิดปรับปรุงและไม่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*/PH), เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำชนิดปรับปรุงและไม่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL*/PL) และเกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) โดยผสมร่วมกับน้ำมันหังเพื่อเป็นส่วนประกอบหลักของเนื้อกาว โดยแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้มีสมบัติต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ตามที่มาตรฐานกำหนด
2. พัฒนาสูตรกาวสำหรับอัดแผ่นไม้พาร์ทิเคิลให้ไม้พาร์ทิเคิลที่ได้มีค่าการพองตัวของความหนาแน่นผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียม PVA ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก ได้แก่ PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูงปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*) และ PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL*)

2. เตรียมกาวสำหรับอัดแผ่นไม้พาร์ทิเคิลจาก PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูงที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*), PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL*), PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูง (PH), PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำ (PL), PVA เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) และน้ำมันทั้ง

3. ศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ในสูตรกาว ได้แก่

- ศึกษาผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกในสูตรกาว
- ศึกษาผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA ในสูตรกาว
- ศึกษาผลของมวลโมเลกุลของ PVA ในสูตรกาว
- ศึกษาอัตราส่วนของ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูงที่ไม่ปรับปรุงและปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH และ PH*) ต่อ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) ในสูตรกาว
- ศึกษาผลของการใช้ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH* และ PL₁₀*) ร่วมกันในสูตรกาว
- ศึกษาอัตราส่วนของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*) และ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสสูงและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) ที่ใช้ร่วมกับ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL₁₀*) ในสูตรกาว
- ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA (PL₁₀ และ PL₁₅) ในสูตรกาว

4. ทดสอบสมบัติของกาว ได้แก่ ความหนืดของกาว เสถียรภาพของกาว และปริมาณของแข็งคงเหลือในสูตรกาว

5. ศึกษาสมบัติของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปด้วยกาวสูตรต่าง ๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวทางความหนา ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า ตามมาตรฐานมอก.876 และ JIS A 5908 พร้อมทั้งศึกษาสมบัติความต้านทานแรงดัดโค้งงอ และมอดุลัสยืดหยุ่น

6. ประเมินต้นทุนวัตถุดิบกาว

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเตรียมกาวอัดแผ่นไม้พาร์ทิเคิล จาก PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก และน้ำมันทั้ง ซึ่งสามารถนำมาทดแทนกาวที่มีองค์ประกอบของสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่เป็นพิษต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมได้
2. กาวที่เตรียมได้สามารถนำไปขึ้นแผ่นไม้พาร์ทิเคิลได้ และผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908
3. เป็นข้อมูลสำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และสามารถส่งผลิตภัณฑ์ไม้ออกไปยังต่างประเทศได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กาว (Adhesive) [10]

กาว หมายถึง สารที่ใช้สำหรับยึดเหนี่ยวผิวหน้าของวัสดุสองชิ้นให้สามารถยึดติดกันได้โดยมีความแข็งแรงของวัสดุที่เชื่อมยึดกันเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในงานต่าง ๆ ตามต้องการ แม้ว่าในบางครั้งผู้บริโภคมองไม่เห็นเป็นผู้ที่ใช้กาวในการปฏิบัติงานโดยตรง แต่ก็เป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เป็นผลผลิตจากความจำเป็นในการใช้กาวเป็นสารเชื่อมยึดในผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ได้แก่ เครื่องใช้ในสำนักงาน เครื่องเรือน วัสดุตกแต่งบ้าน เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ไม้ต่าง ๆ เป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ต้องใช้กาวในการยึดติดเป็นส่วนใหญ่ เช่น เครื่องเรือนไม้ ทั้งประเภทเครื่องเรือนจากไม้จริง (Solid wood) และจากไม้ประกอบ (Wood composites) เช่น แผ่นชั้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นไม้บางประสาน และไม้ประสาน เป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องใช้กาวมากที่สุด

2.1.1 ประเภทของกาว

กาวแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. กาวธรรมชาติ (Natural adhesives)

กาวธรรมชาติส่วนใหญ่ได้จากพืช เช่น ยางเหนียวของต้นไม้ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งมันฝรั่ง หรือจากสัตว์ เช่น กาวที่ผลิตขึ้นจากหนังและกระดูกสัตว์ ซึ่งโดยปกติกาวที่ได้จากธรรมชาติจะมีความแข็งแรงและความต้านทานน้ำต่ำกว่ากาวที่ได้จากการสังเคราะห์

2. กาวสังเคราะห์ (Synthesis adhesives)

กาวสังเคราะห์เป็นกาวที่ผลิตจากพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตและเทอร์โมพลาสติก ซึ่งกาวประเภทเทอร์โมเซตจะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวหรือละลายได้อีกหลังจากได้รับการอบด้วยความร้อน แต่กาวประเภทเทอร์โมพลาสติกสามารถทำให้อ่อนตัวได้อีก โดยการให้ความร้อนอีกครั้ง หรือด้วยตัวทำละลาย

2.1.2 กาวติดกระดาษ

กาวที่เหมาะสมสำหรับกระดาษ ได้แก่ กาวใส กาวลาเท็กซ์ และกาวยาง

1. กาวใส มีส่วนประกอบหลักคือ น้ำและ PVA ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นสายโซ่ตรง ๆ โครงสร้างทางเคมีของกาวชนิดนี้มีหมู่ไฮดรอกซิลติดอยู่กับโครงสร้างหลักของสายโซ่พอลิเมอร์จำนวนมาก จึงทำให้พอลิเมอร์ชนิดนี้ละลายน้ำได้ดี อนุภาคของพอลิเมอร์ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายมีขนาดเล็กมากคือมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10^{-4} เซนติเมตร ซึ่งแสงสามารถส่องผ่านสารละลายได้ ทำให้การมีลักษณะเป็นของเหลวใส

2. กาวลาเท็กซ์ มีส่วนประกอบสำคัญคือ พอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate), PVAc) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์อีกชนิดหนึ่งที่มีสายโซ่ยาว แต่ละลายน้ำได้ไม่ติดนัก เมื่ออยู่ในน้ำจึงอยู่ในลักษณะของสารอิมัลชัน คือเป็นอนุภาคเล็ก ๆ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ไมโครเมตรกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำ ขนาดของอนุภาคในสารอิมัลชันมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะทำให้แสงส่องผ่านไปได้ ดังนั้นเมื่อมีแสงตกกระทบกับอนุภาคของกาวจึงเกิดการหักเหและสะท้อนกลับทำให้กาวลาเท็กซ์มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนมหรือน้ำยางซึ่งมีอนุภาคเล็ก ๆ ของโปรตีน และเนื้อเยื่อกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำ แต่เมื่อกาวลาเท็กซ์แห้งก็จะมีลักษณะใสเหมือนกาวใส

3. กาวยาง ได้จากยางสังเคราะห์และจากยางธรรมชาติ ซึ่งถ้าเป็นกาวจากยางสังเคราะห์ส่วนมากจะเป็นการนำเข้ากาว แต่ถ้าเป็นกาวจากยางธรรมชาติยังมีการผลิตน้อยรายในประเทศ

2.1.3 กาวติดไม้

กาวสังเคราะห์ที่ใช้ในงานไม้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

2.1.3.1 กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermo-setting resins)

กาวชนิดนี้เมื่อได้รับความร้อนจะแปรสภาพเป็นของแข็งที่ไม่สามารถหลอมละลายได้อีก เป็นกาวเรซินที่แข็งตัวโดยการทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิดเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างสามมิติ กลายสภาพเป็นของแข็งในเวลาเดียวกันกับเกิดการยึดติดกับไม้ กาวชนิดนี้แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มได้แก่

- กาวเรซินชนิดที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับยูเรีย เมลามีน ฟีนอล หรือสารอื่น ๆ
- กาวชนิดที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาแทนนินกับฟีนอลหรือฟอร์มัลดีไฮด์
- การเรซินชนิดไอโซไซยาเนต
- การอีพอกซี

กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde, UF)

กาวชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีการใช้งานมากกว่า 60 ปีแล้ว เป็นกาวที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เริ่มจากใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกับยูเรียให้ความร้อนในส่วนผสมที่เป็นด่างทำให้เกิดเมทิลอลยูเรีย แต่ยังไม่เป็นกาว แล้วทำปฏิกิริยาในส่วนผสมที่เป็นกรด จึงหยุดปฏิกิริยาโดยเติมด่างให้มีสภาพเป็นกลาง แล้วกำจัดน้ำออกจากส่วนผสมที่ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากปฏิกิริยาควบแน่น จนได้ส่วนผสมกาวที่เข้มข้นหรือจะระเหยน้ำต่อไปจนได้เป็นผงโดยนำกาวเข้มข้นไปพ่นผ่านรูเล็ก ๆ ในปล่องความร้อนที่ให้ความร้อนสูงถึง 200°C กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำหน่ายกันทั้งในแบบชนิดของเหลวและชนิดผง สำหรับชนิดผงมีแบบผงเดี่ยวและชนิด 2 ผง โดยผงเดี่ยวจะมีการผสมสารเร่งแข็งด้วย ส่วนชนิด 2 ผง จะแยกเป็นผงกาวผงยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 1 ผง และอีกผงหนึ่งจะเป็นสารเร่งแข็งที่อาจผสมสารอื่นด้วย เช่น แป้งสาลี แป้งอื่น ๆ ผงดินขาว (Kaolin) หรือแคลเซียมซัลเฟต การเตรียมกาวโดยนำกาวผงหลักหรือกาวน้ำมาผสมกับน้ำ แล้วผสมกับสารช่วยให้กาวแข็งตัว (Hardener) เมื่อเข้ากันได้ดีแล้วจึงนำไปทาบนผิวไม้ที่จะทำการยึดติด สารช่วยให้กาวแข็งตัวจะมีสภาพเป็นกรด ซึ่งจะริเริ่มให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงด้วยการให้ความร้อนกับแนวกาว เป็นการเร่งให้เกิดการเซตตัวได้เร็วขึ้น สารช่วยให้กาวแข็งตัวที่ใช้กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ควรเป็นชนิดกรดอ่อน เนื่องจากหากใช้กรดแก่จะทำให้ผิวไม้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเป็นผลให้แนวกาวเสียหาย การลดการปลดปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์จากผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ควรลดสัดส่วนโมลของฟอร์มาลดีไฮด์ต่อยูเรีย (F:U) ในการสังเคราะห์กาวเรซินจาก 1.8:1 หรือ 2.0:1 ให้ต่ำกว่า 1.6:1 หรือในบางกรณีต่ำถึง 1.2:1 การใช้สัดส่วนโมล F:U ต่ำ ๆ นอกจากจะทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการสังเคราะห์เรซินแล้ว กาวที่ได้จะต้องใช้ระยะเวลาในการทำให้แข็งตัวนานขึ้น และยังทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดมีแนวโน้มต่ำลง ความต้านทานความชื้นลดลง ระยะเวลาการเก็บรักษา (ความเสถียร) ลดลง การลดสารฟอร์มาลดีไฮด์ของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในการปฏิบัติงานนั้นสามารถทำได้โดยเติมสารเพิ่มอื่น เช่น ยูเรีย เมลามีน แทนนิน โซเดียมไดซัลไฟด์ และกรดอินทรีย์ แต่จะทำให้การคงทนต่อน้ำและอุณหภูมิที่สูงลดต่ำลง ซึ่งไม่แนะนำให้ใช้ในการต่อไม้ที่ต้องใช้ในที่ ๆ มีความชื้นและความร้อน กาวเรซินยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีการใช้โดยทั่วไปในการผลิตแผ่นไม้อัด แผ่นพาร์ทิเคิล แผ่น MDF แผ่นไม้ระแนง และนิยมใช้กันมากในการปิดผิวไม้บางบนงานเครื่องเรือน สิ่งที่ต้องระมัดระวังคือ เป็นกาวที่เหมาะสมต่อการใช้งานเพียงพอต่อการต้านทานความชื้นแต่ไม่ต้านทานน้ำ

กาวเมลามีน-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine formaldehyde, MF)

กาว MF มีลักษณะคล้ายคลึงกับกาว UF มีการนำมาใช้หลังกาว UF ประมาณ 20 ปี กาว UF และ MF เกิดจากการทำปฏิกิริยาของส่วนอะมิโน (Amino) กับสารฟอร์มาลดีไฮด์ภายใต้สถานะที่ให้ความร้อนกับสารละลายผสมที่เหมือนกัน แต่ฟอร์มาลดีไฮด์สามารถทำปฏิกิริยากับ MF ได้รวดเร็วกว่า UF ด้วยเหตุนี้กาว MF จึงปลดปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์น้อยกว่ากาว UF ในส่วนของการใช้สารช่วยเร่งการแข็งตัว สารเติมแต่ง และสารเพิ่มเนื้อที่มีการใช้เหมือนกัน ลักษณะของกาวเป็นกาวขาวใสเหมือนกัน ซึ่งทำให้ได้แนวกาวที่ใส กาว MF ต้องใช้อุณหภูมิที่ทำให้แข็งตัวสูงกว่ากาว UF โดยมีความต้านทานน้ำและอุณหภูมิสูงได้ดีกว่า ข้อเสียคือกาว MF มีราคาสูงกว่ากาว UF ถึง 4-5 เท่า จึงมีการนำกาว MF มาผสมกับกาว UF เพื่อลดต้นทุน เรียกว่า MUF glues ซึ่งสมบัติของกาว MUF ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการผสมระหว่างกาว MF และกาว UF ยกตัวอย่างเช่น สัดส่วนการผสมของกาว MF ต่อกาว UF = 40:60 จะช่วยปรับปรุงความต้านทานต่อสถานะเร่งในการบ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รุนแรงได้อย่างเห็นได้ชัด กาวเมลามีนนิยมใช้ในการผลิตแผ่น PB หรือแผ่น MDF ที่มีสมบัติพิเศษ โดยเฉพาะการต้านทานต่อความชื้นและสภาพปนฟ้าอากาศร้อน กาวเมลามีนยังมีการใช้ในการต่อไม้ที่ต้องการใช้ชิ้นงานในสภาพที่เปียกชื้นด้วย

กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol formaldehyde, PF)

กาวเรซิน PF มีการผลิตใช้ก่อนกาว UF และกาว MF เรซิน แต่นำมาใช้ในงานไม้ในราวปี ค.ศ.1930 มีการใช้กันมากในการผลิตแผ่นไม้อัดชนิดใช้งานในทะเล (Marine plywood) แผ่นใยไม้อัด (Fiberboard, FB) และแผ่นเกล็ดไม้อัดเรียงชั้น (Oriented standard board, OSB) สำหรับใช้ในงานก่อสร้าง กาว PF มี 2 ชนิด คือ รีโซล (Resoles) และโนโวแลค (Novolacs) กาว PF ชนิด Resoles เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มาลดีไฮด์กับฟีนอลในสารละลายต่าง Resoles ต้องใช้อุณหภูมิในการแข็งตัวสูงและได้แนวกาวที่มีความต้านทานน้ำ ความร้อน และเชื้อรา เป็นชนิดที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ด เช่น ไม้อัด PB และ MDF สำหรับกาว PF ชนิด Novolacs สังเคราะห์ขึ้นในสถานะที่เป็นกรดและมีสัดส่วนของฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำ หากจะต้องทำให้เป็นกาวอัดร้อน จะใช้ Hexamethylene tetramine ผสม ส่วนใหญ่ใช้ในงานประดิษฐ์กรรมไม้เพื่อผลิตชิ้นงานที่พิเศษ ใช้ผลิต Wafer board ชนิดพิเศษ และใช้ในการผลิต Densified wood ซึ่ง Densified wood ผลิตโดยการนำไม้บางคล้ายกับการทำไม้อัด แต่แทนที่จะตากกาวบนไม้บางระหว่างชั้นไม้บางก็ใช้ไม้บางแช่ (Impregnate) อัดกาวในสารละลายกาวแล้วปล่อยให้กาวไหลออก จากนั้นนำมาเรียงประกบกันตามความหนาที่ต้องการ และอัดด้วยแรงดันสูงมากเพื่อลดความหนาและได้ไม้เพิ่มความแน่นที่มีสมบัติทนทานต่อการสึกหรอได้ดีมาก

กาวฟีนอล-เรซอร์ซินอล ฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol-Resorcinol Formaldehyde, P-RF)

P-RF resins ผลิตโดยการเติม Resorcinol ผสมในกาว Resole ที่ขั้นสุดท้ายของการสังเคราะห์ เป็นกาวสีน้ำตาลเข้มใช้ในการผลิตคานไม้ประสาน (Laminated beams) โดยมีข้อดี 2 ลักษณะ คือ มีความต้านทานน้ำและมีความไวในการทำปฏิกิริยา ซึ่งสามารถใช้เป็นกาวที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ ซึ่งบางครั้งต่ำถึง 5°C โดยใช้ Paraformaldehyde เป็นสารเร่งปฏิกิริยา และรอยต่อไม้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิ 70°C นิยมใช้ผงไม้ผสมในกาวเพื่อใช้อุดช่องว่างไม้ในการติดไม้แปรรูป

กาวแทนนิน (Tannin resins)

สารแทนนินเป็นสารฟีนอลประเภทหนึ่งตามธรรมชาติมีอยู่ในเนื้อไม้และเปลือกไม้ ในปริมาณมาก โดยเฉพาะในเปลือกไม้โอ๊กและวอตเติล เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างแทนนินกับ

PF resin การใช้งานกาวแทนนินยังไม่แพร่หลายนัก แต่มีการนำไปใช้ในบางประเทศเพื่อผลิต PB และ MDF ซึ่งทำให้มีความต้านทานความชื้นได้ดีขึ้น

กาวไอโซไซยาเนต (Isocyanate resins)

กาวไอโซไซยาเนตแม้ว่าจะถูกใช้เป็นที่ Casting resins และตัวกลางของสี (Paint media) ตั้งแต่ราวปี ค.ศ.1950 แต่ด้านงานไม้กลับมีการใช้งานน้อยหรือไม่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้เลยจนถึงปี ค.ศ.1975 ปัจจุบันถูกใช้ในการผลิต PB, MDF และ OSB เมื่อต้องการชิ้นงานที่มีความทนทานสูง โดยจะเกิดการยึดเหนี่ยวทางเคมีกับลิกนินและเซลลูโลสในไม้ มีราคาสูง แต่เมื่อเทียบปริมาณการใช้ในการผลิต PB แล้วใช้ในปริมาณที่ต่ำ และสามารถลดการใช้ไม้วัตถุดิบได้ถึง 15% โดยจะให้ความแข็งแรงทางกลที่ระดับเดียวกัน

กาวเรซินอีพ็อกซี (Epoxy Resins)

อีพ็อกซีเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง Bisphenol-A กับ Epichlorhydrin ได้เป็นเรซินที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่าง ๆ กัน จึงมีสมบัติต่างกันไป สารหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นสารเร่งแข็ง แต่ที่ใช้กันแพร่หลายในขณะนี้คือ พอลิเอไมด์ ซึ่งอีพ็อกซีเรซินจะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้แรงดันอัดข้อต่อไม้เล็กน้อย มีสมบัติในการอุดช่องว่างได้ดี โดยหากใช้ในงานไม้จะใช้อีพ็อกซีที่เป็นของเหลวมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและไม่ใส่ตัวทำละลายอื่น ซึ่งจะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาแบบรวมตัว (Addition reaction)

2.1.3.2 กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (Thermo-Plastic resins)

กาวชนิดนี้ต้องให้ความร้อนก่อนจึงกลายเป็นสารยึดติดเมื่อเย็น ได้แก่

กาวเรซินพอลีไวนิลอะซิเตต (PVAc resin)

กาว PVAc นี้โดยปกติอยู่ในรูปอิมัลชันแม้ว่าจะแข็งตัวโดยการใช้ความร้อนบ้าง แต่ยังคงอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง สามารถปรับปรุงให้มีความหนืดสูงหรือต่ำ แข็งหรือยืดหยุ่นได้ (Rigidity or flexibility) และย้อมสีหรือใส่รงควัตถุเพื่อให้เกิดสีได้ ที่ใช้ในงานไม้มี 2 แบบ คือ

- 1) แบบโฮโมพอลิเมอร์ ซึ่งจะอ่อนตัวทันทีเมื่อได้รับความร้อน
- 2) แบบโคพอลิเมอร์ ซึ่งมีการใช้สารเร่งเพื่อให้เกิดการยึดเหนี่ยว ทำให้มีความต้านทานน้ำและความร้อนดีขึ้น สามารถเติมแป้งข้าวโพดหรือแป้งชนิดอื่นลงไปผสมเพื่อเพิ่มความหนืดและป้องกันไม่ให้กาวเอี่ยมออกจากข้อต่อหรือผ่านทะลุ Pores ของไม้บางออกมา สารเติมแต่งจำพวกแร่ธาตุ (Mineral fillers) มักมีการนำมาใช้ แต่ต้องระมัดระวังอย่าให้สัมผัสหรือใช้กับวัสดุที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะลดการแข็งตัวของกาวลง การผสมเกลือโลหะ (Metallic salts)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น โครเมียมหรืออะลูมิเนียมไนเตรท จะปรับปรุงให้มีความต้านทานน้ำดีขึ้น แต่จะทำให้อายุการใช้งานของกาว (Pot life) สั้นลง การเติม UF และ MF และไอโซไซยาเนตเรซิน จะช่วยปรับปรุงสมบัติของกาวได้กาว PVAc ใช้กันแพร่หลายสำหรับการติดไม้บาง การติดกระดาษ และสำหรับการประกอบตู้โต๊ะ เป็นต้น

กาวร้อนเหลวชนิด EVA (EVA Hot-melts)

กาว Ethylene vinyl acetate เป็นส่วนผสมของ EVA resin ซึ่งเป็นตัวหลักในการยึดติด (Adhesion) และการแตะติด (Tack) อาจเติมสารเติมแต่งพวกแร่ธาตุ (Mineral filler) เพื่อเป็นตัวเสริมการยึดจับ (Cohesion) อุดรูของกาว และยังช่วยลดต้นทุนด้วย นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของซีฟิ่งเล็กน้อยเพื่อควบคุมอัตราเร่งการแข็งตัว และยังมี Anti-oxidant เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในหม้อต้มกาวที่ร้อน การผลิตเริ่มโดยการใส่เรซิน, สารเติมแต่ง, สารแอนติออกซิแดนต์ ลงในเครื่องผสมแบบ Z-blade ที่ร้อน ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้บดและตัดเรซินร้อนเพื่อให้แน่ใจว่าผสมได้ทั่วถึงสมบูรณ์ เมื่อส่วนผสมเข้ากันได้ดีส่วนผสมอื่นที่เหลือจะถูกเติมและผสมคลุกต่อไปอีก 30 นาที หลังจากนั้นส่วนผสมทั้งหมดจะเทบดเย็นให้กาวแข็งตัวก่อนทำการตัดเป็นเม็ดๆ หรืออัดรีด (Extrude) ออกมาเป็นเม็ดหรือรูปร่างต่าง ๆ ขนาดต่าง ๆ ตามต้องการ รูปร่างของกาวเป็นสิ่งสำคัญมากในการนำไปใช้เพื่อให้แน่ใจว่าได้รับความร้อนที่เร็วในการทาสำหรับ การติดขอบ (Edge-bander) โดยปราศจากการเสื่อมสภาพของกาวเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เม็ดกาวมักจะเคลือบด้วยผง Talc เพื่อป้องกันการจับเป็นก้อนในถุง มีการใช้เครื่องอัดรีดสำหรับการผสมด้วย ซึ่งสามารถผลิตกาวในลักษณะต่อเนื่องซึ่งช่วยให้สามารถทำเป็นเม็ด ๆ ได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตามการผสมด้วยเครื่องอัดรีดอาจไม่ดีเท่าการผสมด้วย Z-Blade mixer เนื่องจากการผสมของส่วนผสมต่าง ๆ ไม่ละเอียดเหมือน Z-Blade mixer แต่นิยมใช้ในการผสมเบื้องต้นก่อนนำไปผสมต่อด้วย Z-Blade หรือ Blender อื่น เพื่อให้การผสมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โครงสร้างพื้นฐานของ EVA Polymer อาจมีปริมาณ Vinyl acetate สูง, ปานกลาง, ต่ำ หากมี Acetate ในปริมาณสูงจะทำให้มีสมบัติการ ยึดเหนี่ยวเข้ากันได้ดีกับสารเติมแต่งอื่น มีระยะเวลาก่อนประกบ (Open time) ได้นานขึ้น มีความต้านทานความร้อนต่ำลง ละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น กาวร้อนเหลว EVA นี้ นิยมใช้กันมากถึง 80% ในการติดแถบขอบของแผ่นไม้ และมีการใช้กันบ้างในการประกบติดไม้โดยเฉพาะในการใช้ระบบกาวคู่ร่วมกับกาว PVAc ในระบบนี้กาวร้อนเหลวจะใช้เพื่อยึดข้อต่อหรือส่วนที่ต้องการเชื่อมยึด ในขณะที่กาว PVAc แข็งตัวและเป็นแรงยึดเหนี่ยวหลัก

กาวพอลิเอไมด์ (Polyamide Resins)

กาวชนิดนี้มีการใช้งานในปริมาณน้อย ส่วนใหญ่ใช้สำหรับการติดขอบที่ต้องการความต้านทานต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น กาวชนิดนี้คล้ายไนลอนและเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดไขมัน (Fatty acid polymers) กับไดเอมีน (Diamine) มีความยุ่งยากในการใช้งาน เนื่องจากจุดหลอมเหลวสูงและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย ซึ่งอาจทำให้สมบัติการยึดติดเสียไป ดังนั้นในบางครั้งจึงมีการใช้เครื่องทากาวภายใต้สภาวะของก๊าซไนโตรเจน กาวพอลิเอไมด์มีใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาสำหรับการติดขอบ แต่ไม่แพร่หลายในประเทศอื่น เนื่องจากมีราคาแพงกว่า EVA และพอลิยูรีเทนหลายเท่าตัว

กาวพอลิโอเลฟินส์ (Polyolefines)

กาวชนิดนี้ใช้งานน้อยในอุตสาหกรรมไม้ เนื่องจากสมบัติการยึดติดต่ำ กาวชนิดนี้เป็นส่วนผสมของพอลิพรอพิลีน พอลิเอทิลีน และเรซินอื่น ๆ อาจใช้สำหรับงานติดขอบไม้ มีสมบัติที่ต่ำกว่ากาวพอลิเอไมด์ แต่ราคาถูกกว่า

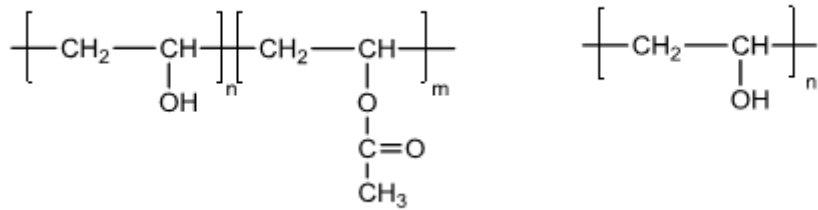
กาวเรซินพอลิยูรีเทน (Polyurethane resins)

กาวเรซินร้อนเหลวพอลิยูรีเทน (Polyurethane hot melt resins) ที่ใช้ในการติดแถบขอบจะมีลักษณะการใช้งานและผลิตภัณฑ์คล้ายกับกาวร้อนเหลวเดิม แต่จะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศ กาวเรซินพอลิยูรีเทนเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างไดออล (Diol) กับไดไอโซไซยาเนต (Diisocyanate) เกิดเป็นโครงสร้างร่างแหที่มีหมู่วงไวสูงที่จะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลต่อไป การใช้งานจะใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า EVA resin คือประมาณ 100-140°C ต้องป้องกันความชื้นในการเก็บและระหว่างการใช้ ซึ่งอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ปิดภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจนการใช้งานนี้จะใช้เฉพาะที่ต้องการใช้งานที่มีการยึดเหนี่ยวสูง เช่น เมื่อต้องการติดกาวตรงรอยแตกของประตูกันไฟ มีราคาสูงประมาณมากกว่า 6 เท่าของ EVA แต่ก็คุ้มค่าหากใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูง ในบางกรณีใช้ติดแถบขอบโดยไม่ใช้ Nitrogen blanket โดยเครื่องจ่ายกาวจะจ่ายกาวร้อนเหลวบนผิวที่จะติดกาวทันทีที่แผ่นถูกทากาวแล้ว ด้านหน้าของเครื่องจ่ายกาวจะปิดโดยมีแผ่นเลื่อนมาปิดเพื่อป้องกันกาวจากการสัมผัสกับอากาศหรือความชื้น

2.2 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) [11]

PVA เตรียมขึ้นครั้งแรกโดย Hermann และ Haehnet ในปี ค.ศ. 1924 โดยการไฮโดรไลซ์ PVAc ในเอทานอลในระบบมีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สมบัติทางกายภาพและการใช้งานของ PVA ขึ้นอยู่กับค่าองศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันและค่าองศาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2) โดยที่ PVA สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ไฮโดรไลซิสทั้งหมด (Fully hydrolyzed) และไฮโดรไลซิสบางส่วน (Partially hydrolyzed) โครงสร้างโมเลกุลของ PVA แสดงได้ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.) Partially hydrolyzed

ข.) Fully hydrolyzed

รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของ PVA [34]

สมการแสดงค่าองศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization Degree) ;

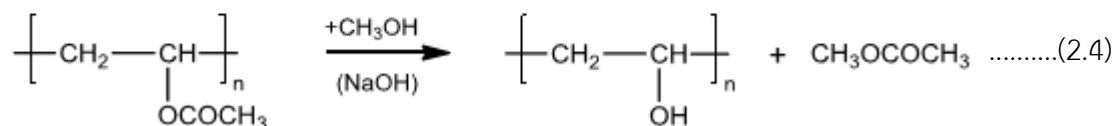
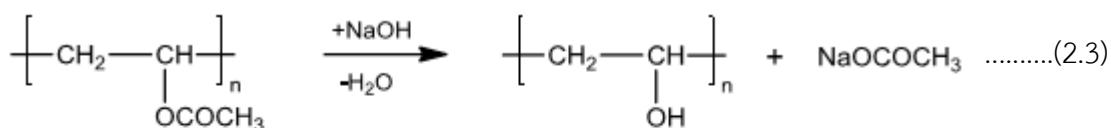
$$\text{Polymerization Degree} = m+n \dots\dots\dots(2.1)$$

สมการแสดงค่าองศาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis Degree) ;

$$\text{Hydrolysis Degree (\%)} = \frac{n}{m+n} \times 100 \dots\dots\dots(2.2)$$

2.2.1 กระบวนการเตรียม PVA

PVA เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ โดยการเตรียมจาก PVAc เนื่องจากไวนิลแอลกอฮอล์มอนอเมอร์ (CH₂=CHOH) ไม่เสถียร สามารถเกิด Tautomerize ไปเป็นอะเซตัลดีไฮด์ (CH₃CHO) ได้ง่าย ดังนั้นจึงไม่นิยมเตรียม PVA จากพอลิเมอไรเซชันของไวนิลแอลกอฮอล์มอนอเมอร์โดยตรง โดยจะเตรียม PVA ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส หรือปฏิกิริยามะทาโนไลซิสของ PVAc ดังสมการที่ 2.3 และ 2.4



รูปที่ 2.2 การสังเคราะห์ PVA จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (2.3) และปฏิกิริยาเมทาโนไลซิส (2.4) จาก PVAc

2.2.2 สมบัติของ PVA

PVA ไม่มีกลิ่นและไม่มีรส แสงผ่านได้น้อย มีสีขาวหรือครีม ลักษณะเป็นผงเกล็ด มีความสามารถในการละลายน้ำ และละลายได้เล็กน้อยในเอทานอล แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ PVA เป็นพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติกที่มีสมบัติพิเศษ คือ สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีชีวภาพ

PVA มีสมบัติคล้ายแป้ง เมื่อนำมาทดสอบกับไอโอดีนจะได้สีน้ำเงิน และสามารถละลายได้ในน้ำเย็น โครงสร้างโมเลกุลเป็นแบบอะแทกติกแต่มีความเป็นผลึกมากกว่า PVAc เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลมีขนาดเล็กกว่าหมู่อะซิเตต น้ำหนักโมเลกุลที่ใช้ในอุตสาหกรรมมี 3 ช่วง คือ 250,000-300,000, 120,000-150,000 และ 25,000-30,000

สมบัติทางกายภาพของ PVA ขึ้นอยู่กับ

- องศาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส : ถ้าไฮโดรไลซ์สมบูรณ์ 100% จะมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงขึ้น สามารถทนต่อการฉีกขาดได้และมีพันธะไฮโดรเจนมาก
- ความชื้นของสิ่งแวดล้อม : เนื่องจากน้ำสามารถเป็นพลาสติกไซเซอร์ให้กับพอลิเมอร์ชนิดนี้ได้ เช่น ถ้ามีความชื้น 50% ความทนต่อแรงดึงจะลดลง แต่ความสามารถในการยึดตัวมีมากขึ้น
- น้ำหนักโมเลกุล : พอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำจะทนต่อแรงดึงฉีกขาดต่ำกว่าพอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูง

ตารางที่ 2.1 สมบัติทั่วไปของ PVA [11]

ลักษณะภายนอก	เป็นผงหรือเม็ดสีขาว
ความหนาแน่น (Bulk density)	1.293 g/cm ³
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	1.25-1.32
pH	5.0-7.0
อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว	85°C (Fully hydrolyzed) 58°C (Partially hydrolyzed)
จุดหลอมเหลว	150-190°C (P grade), 210-230°C (F grade)
เสถียรภาพทางความร้อน (Thermal stability)	ที่ 100°C ไม่มีผล แต่ 160°C เกิดรอยดำ
Storage stability	สามารถกักเก็บความชื้นได้
ความคงทนต่อน้ำมัน	ไม่ละลายในน้ำมัน
ความคงทนต่อตัวทำละลาย	ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์
ความคงทนต่อกรด-เบส	อ่อนตัวและละลายได้ทั้งในกรดและเบส
ขนาดของอนุภาค	14-20 mesh

สมบัติการละลายน้ำของ PVA

PVA สามารถละลายน้ำได้ดี แต่ขึ้นอยู่กับองศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (มวลโมเลกุล) และองศาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส องศาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันต่ำ ๆ จะสามารถละลายน้ำได้ง่าย ใน Partially hydrolyzed จะละลายได้ดีกว่า Fully hydrolyzed และอัตราการละลายจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ โดยอุณหภูมิสูงจะมีค่าการละลายสูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่าง ๆ เมื่อองค์การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (มวลโมเลกุล) มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง [11]

ลดองค์การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน	เพิ่มองค์การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน
ความสามารถในการละลายสูงขึ้น	ความหนืดสูงขึ้น
มีความยืดหยุ่นมากขึ้น	ค่าความแข็งแรงดึงสูงขึ้น
ชอบน้ำมากขึ้น	ทนทานต่อน้ำมากขึ้น
มีอัตราการละลายสูงขึ้น	ทนทานต่อการละลายมากขึ้น
	ค่าความแข็งแรงการยึดเกาะดีขึ้น
	ความสามารถในการกระจายตัวดีขึ้น

ตารางที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่าง ๆ เมื่อองค์การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง [11]

ลดองค์การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส	เพิ่มองค์การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส
ความสามารถในการละลายสูงขึ้น	ความสามารถในการละลายลดลง
มีความยืดหยุ่นมากขึ้น	ความแข็งแรงดึงสูงขึ้น
ชอบน้ำมากขึ้น	ทนต่อน้ำ
ความสามารถในการกระจายตัวดีขึ้น	-
การยึดติดกับผิวหน้าที่ไม่ชอบน้ำสูง	การยึดติดกับผิวหน้าที่ชอบน้ำสูง

2.2.3 การนำ PVA ไปใช้ประโยชน์

1. อาศัยสมบัติการละลายในน้ำ เช่น ใช้เป็นสารข้น (Thickening agent) ในระบบอิมัลชันและระบบแขวนลอยต่าง ๆ ใช้ทำแผ่นฟิล์มเคลือบกระดาษซึ่งมีความใสเหนียว และทนต่อการขีดข่วน เป็นต้น

2. นำ PVA ไปทำปฏิกิริยาเคมีแบบเชื่อมโยงทำให้ไม่สามารถละลายได้ในน้ำแล้วจึงนำมาใช้งาน ซึ่ง PVA ที่ไม่ละลายน้ำสามารถดูดซับน้ำหรือความชื้นได้ (ประมาณ 30% โดยน้ำหนัก) จึงใช้เป็นเส้นใยแทนฝ้าย ผ้าที่ทำด้วยเส้นใย PVA สวมใส่สบาย ซักง่าย ทนทานต่อการสึกหรอและสามารถคงรูปได้เป็นอย่างดีที่อุณหภูมิ 230°C

3. สามารถใช้ PVA ในการเคลือบผิวเส้นใยให้มีความอ่อนนุ่มและแข็งแรง

4. สามารถใช้ PVA ในการทำเป็นวัสดุยึดติด (Adhesive materials) โดยการยึดติดจะใช้หลักของความร้อนและความสามารถในการหลอมเหลวของ PVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สามารถใช้เป็นสารตัวเติม (Filler) ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ และใช้เป็นตัวผสม (Binder) ในการทำเครื่องใช้จากเซรามิก
6. สามารถใช้เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ต่าง ๆ เพราะ PVA ไม่มีความเป็นพิษ
7. สามารถใช้เป็นสารที่ทำให้มีลึกลับชั้นมีเสถียรภาพ (Emulsion stabilizer) กระจายตัวได้ดี
8. สามารถใช้ในการผลิตยาโดยใช้เป็นตัวผสม (Binder) หรือตัวควบคุมการปลดปล่อยของยา (Drug releasing)
9. สามารถใช้ผสมกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ เพื่อประยุกต์ใช้งานเฉพาะทาง

2.3 น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ (Natural oils) [12-15]

น้ำมันถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวมานาน แต่ในปัจจุบันการนำน้ำมันเพียงอย่างเดียวมาใช้เป็นสารยึดผิวมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตามยังมีการใช้น้ำมันเป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวบางชนิดเพื่อจุดประสงค์อย่างอื่น เช่น เพื่อเพิ่มความอ่อนตัวของฟิล์ม ทำให้ไม่เปราะ หรือเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติการละลาย เป็นต้น

น้ำมันที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวได้มาจาก 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ น้ำมันพืช และน้ำมันจากทะเล ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำมันปลา

2.3.1 องค์ประกอบ

น้ำมันชักแห้งธรรมชาติเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์กล่าวคือ เป็นไตรเอสเทอร์ของกลีเซอรอลกับกรดไขมันดังนี้



ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ดังนั้นถ้าไฮโดรไลซ์น้ำมันจะได้กลีเซอรอลและกรดไขมัน

2.3.2 กรดไขมัน

สมบัติของน้ำมันขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้าง โดยกรดไขมันจะมีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน กรดไขมันเป็นสารที่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) ต่ออยู่กับสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon chain) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 9 ถึง 22 อะตอม แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม

กรดไขมันแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

- 1) *กรดไขมันอิ่มตัว* คือ กรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้าง คาร์บอนแต่ละตัวบนสายโซ่จะต่ออยู่กับไฮโดรเจนอย่างน้อย 2 ตัว เนื่องจากไม่มีพันธะคู่ ดังนั้นน้ำมันที่มีแต่กรดไขมันอิ่มตัวอยู่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงสร้างจะมีสมบัติไม่แห้งตัว ตัวอย่างของกรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ กรดสเตียริก กรดปาล์มมิติก เป็นต้น โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวบางชนิดแสดงดังตารางที่ 2.4

2) *กรดไขมันไม่อิ่มตัว* สายโซ่ไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป และตำแหน่งของพันธะคู่ของกรดไขมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป พันธะคู่ที่มีอยู่ในกรดไขมันมีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน เพราะปฏิกิริยาการแห้งตัวของน้ำมันเป็นปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับพันธะคู่ของโมเลกุลน้ำมัน ยังมีพันธะคู่มากเท่าไรการแห้งตัวของน้ำมันก็จะยิ่งเร็วขึ้น นอกจากนี้ตำแหน่งพันธะคู่ก็มีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน ถ้ามีพันธะคู่สลับเดี่ยว (Conjugate) จะเกิดปฏิกิริยาและแห้งตัวได้เร็วกว่าพันธะคู่ที่อยู่ห่างกัน (Non conjugate) โครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวบางชนิดแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ [12]

กรดไขมัน	ชื่อเคมี	โครงสร้าง
ปาล์มมิติก	Hexadecanoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
สเตียริก	Octadecanoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
ริซิโนลีนิก	12-Hydroxyl-cis-9-Octadecanoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}_2)\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)\text{COOH}$
ลิโนลีนิก	Cis-cis-9, 12-Octadecadienoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
ลิโนลีนิก	Cis-cis-9, 12, 15-Octadecadienoic acid	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
โอลีนิก	9-Octadecanoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
อิลีโอสเตียริก	9, 11, 13-Octadecatrienoic acid	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
ลีคานิก	4-keto-9, 11, 13-Octadecatrienoic acid	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=(\text{CH}_2)_4\text{CO}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
พารินาริก	9, 11, 13, 15-Octadecatetraenoic acid	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ชนิดของน้ำมันชักแห้งธรรมชาติ

แบ่งน้ำมันตามสมบัติในการแห้งตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันนั้น ๆ โดยแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1) *น้ำมันแห้งเร็ว (Drying oil)* โดยสามารถดูดออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นฟิล์มที่แห้งแข็ง ไม่ละลายในตัวทำละลายที่สามารถละลายน้ำมันได้ ไม่ยอมให้ความชื้นซึมผ่านและมีความทนทานต่อสารเคมี น้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ 3 พันธะ ตัวอย่างเช่น น้ำมันลินสีด น้ำมันทัง เป็นต้น

2) *น้ำมันแห้งช้า (Semi-drying oil)* จะดูดออกซิเจนจากอากาศได้น้อย และเกิดเป็นฟิล์มที่แห้งช้ากว่าน้ำมันแห้งเร็ว กรดไขมันที่สำคัญในน้ำมันชนิดนี้จะมีพันธะคู่อยู่ 2 พันธะ น้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่นำมาใช้เป็นสารประกอบในอัลคิลเรซินที่ไม่ขึ้นเหลือง ตัวอย่างของน้ำมันแห้งช้า ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกคำฝอย เป็นต้น

3) *น้ำมันไม่แห้ง (Non-drying oil)* ไม่สามารถแห้งตัวได้ น้ำมันชนิดนี้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ มักใช้ประโยชน์เป็นพลาสติกไซเซออร์สำหรับเรซินที่ใช้เป็นสารยึดติดในแลกเกอร์ ตัวอย่างน้ำมันไม่แห้ง ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง เป็นต้น

2.3.4 การวิเคราะห์น้ำมัน (Analysis of oils)

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

1.) ค่าความเป็นกรด (Acid value)

นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการทำให้กรดอิสระเป็นกลางในน้ำ 1 กรัม

ค่าความเป็นกรด เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความเป็นกรดอิสระที่มีในน้ำมัน มีวิธีการหา ดังนี้ ชั่งน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนละลายในตัวกลางที่เป็นกลาง (ไอโซโพรพานอล : โทลูอิน อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก) แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N KOH) ใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาค่าความเป็นกรดได้จากสมการที่ (2.5) ดังนี้

$$\text{ค่าความเป็นกรด} = \frac{56.1 \times \text{ความเข้มข้นของ KOH} \times \text{มิลลิกรัมของ KOH ที่ใช้}}{\text{น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมันที่ใช้}} \dots\dots\dots(2.5)$$

สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1639 [16]

2.) ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Saponification value)

นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการสะพอนิฟายเอสเทอร์และสารอื่น ๆ ที่สามารถเกิดสะพอนิฟิเคชันได้ในน้ำหนัก 1 กรัม

การหาค่าสะพอนิฟิเคชันทำได้โดยชั่งน้ำมัน เติมสารละลายแอลกอฮอล์โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำไปกลั่นโหลกลับจนปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดเกลือมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.5 N (0.5 N HCl) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน เป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดสอบแบลงค์ด้วยค่าสะพอนิฟิเคชัน คำนวณหาค่าสะพอนิฟิเคชันได้จากสมการที่ (2.6) ดังนี้

$$\text{ค่าสะพอนิฟิเคชัน} = \frac{(B-V) N \times 56.1}{S} \dots\dots\dots(2.6)$$

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลงค์

V คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ HCl

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1962 [17]

3.) สารที่สะพอนิฟายไม่ได้ (Unspontifiable matter)

สารเหล่านี้เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำมัน แต่จะไม่เกิดเป็นสบู่เมื่อให้ทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และสามารถละลายได้ในตัวทำละลายน้ำมัน เช่น บีโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น

การหาค่าสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ทำได้โดยหลังจากนำน้ำมันไปทำสะพอนิฟิเคชันแล้วนำส่วนที่เหลือมาสกัดด้วยตัวทำละลายไขมัน ก็จะสามารถหาเปอร์เซ็นต์ของสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) ค่าไฮดรอกซิล (Hydroxyl value)

เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีอยู่ในน้ำมัน นิยามได้ว่าเป็นจำนวน มิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สมมูลกับปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีในน้ำมันปริมาณ 1 กรัม

น้ำมันส่วนใหญ่ไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล ยกเว้นน้ำมันละหุ่งจะพบหมู่ไฮดรอกซิลใน ส่วนของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้างของน้ำมัน คือ กรดริซินโนลิก ถึง 90%

การหาค่าไฮดรอกซิลสามารถทำได้โดยนำน้ำมันมาทำปฏิกิริยากับสารละลายของ แอซีติกแอนไฮไดรในไพริดีน จากปฏิกิริยาแอซีติกแอนไฮไดรด์ที่มากเกินไปจะถูกไฮโดรไลซ์เกิดเป็น กรดแอซีติก ซึ่งสามารถหาปริมาณได้โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานแอลกอฮอล์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1957 [18]

5.) ค่าไอโอดีน (Iodine value)

เป็นการวัดปริมาณความไม่อิ่มตัวที่มีในน้ำมัน นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนเซนต์กรัมของ ไอโอดีนที่ถูกดูดซับโดยน้ำมัน 1 กรัม เช่น น้ำมันชนิดหนึ่งมีค่าไอโอดีนเท่ากับ 140 หมายความว่า น้ำมัน 100 กรัม จะทำปฏิกิริยาพอดีกับไอโอดีน 140 กรัม

การหาค่าไอโอดีนทำได้โดยชั่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน นำมาละลาย ในตัวทำละลายเฉื่อย เช่น คลอโรฟอร์ม คาร์บอนเตตระคลอไรด์ แล้วเติมสารละลายที่มีหมู่ธาตุ ฮาโลเจนอิสระที่รู้ปริมาณแน่นอนลงไป เก็บไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง เติมสารละลายโพแทสเซียม ไอโอไดต์จะเกิดไอโอดีนออกมา นำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มี ความเข้มข้น 0.1 N ($0.1\text{ N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) โดยใช้น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์ (ทำการทดสอบแปลงค์ด้วย) ทำการคำนวณค่าไอโอดีนได้จากสมการที่ (2.7) ดังนี้

$$\text{ค่าไอโอดีน} = \frac{(B-V) N \times 12.69}{S} \dots\dots\dots(2.7)$$

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

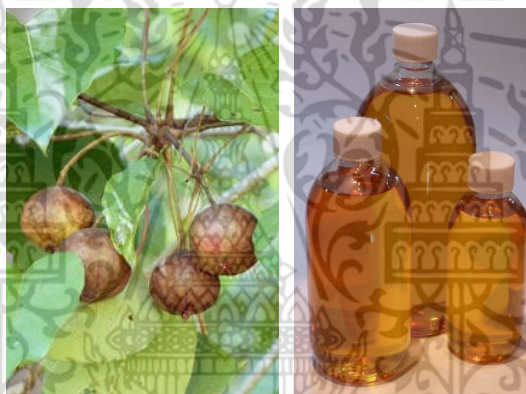
V คือ จำนวนมิลลิลิตรของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

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

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

2.3.5 น้ำมันทัง (Tung oil) [19]

น้ำมันทังได้มาจากต้นทังซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Vernicia Montana Lour อยู่ในวงศ์ Euphobiaceae อยู่ใน Species Aleurites เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางสูง 10-20 เมตร ใบใหญ่ ปลายแฉก ก้านใบยาว ออกดอกที่ปลายกิ่ง กลีบดอกสีขาวอมชมพู เป็นช่อกระจกระจ ดอกตกแน่น ออกดอกช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม เป็นผลช่วงเดือนเมษายน - พฤษภาคม ผลขนาดเท่าลูกมะนาว มีสันนูนแบ่งเป็น 3-4 พู เมล็ด 3-4 เมล็ดตามจำนวนพู เมล็ดใหญ่ มีกะลาหุ้มเนื้อในเมล็ด มีถิ่นกำเนิดอยู่ในหลายพื้นที่ จึงมีชื่อเรียกพืชชนิดนี้หลายชื่อตามถิ่นกำเนิด เช่น ในไทยเรียกว่ามะเขย เหลี่ยมหรือมะเขยหิน ประเทศอินเดียเรียกว่า Bengal nut ประเทศบราซิลเรียกว่า Noguiera de Bancul และสายพันธุ์ที่กำเนิดในจีนมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า China wood oil tree ซึ่งมีประวัติการปลูกกว่า 1,000 ปี ตั้งแต่รัชสมัยราชวงศ์ถัง (Tang dynasty) โดยคำว่า “Tung” เป็นคำที่มาจากภาษาจีน หมายถึง “หัวใจ” ซึ่งมาจากลักษณะของใบที่คล้ายรูปหัวใจ



ก.) ผลทัง

ข.) น้ำมันทัง

รูปที่ 2.3 ผลและน้ำมันทังจากต้นทัง [20]

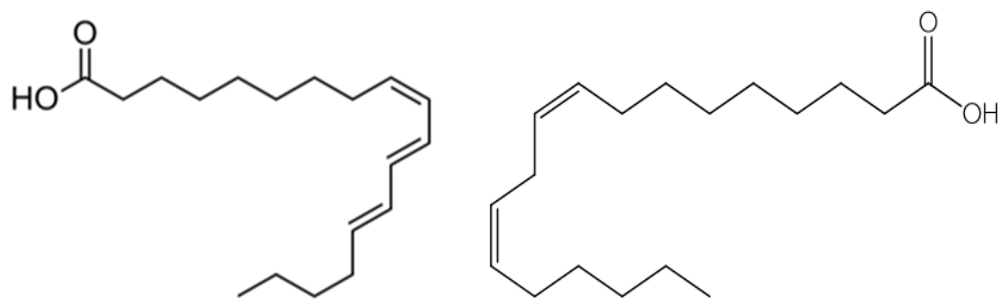
2.3.5.1 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันทัง

น้ำมันทังเมื่อนำมาไฮโดรไลซิสจะได้กรดไขมันชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1. Eleostearic acid เป็นกรดไขมันที่มีปริมาณมากที่สุดในน้ำมันทัง โดยมี 3 พันธะ 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 acid ซึ่งไม่มีพันธะคู่อยู่ภายใน

โครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.) Eleostearic acid

ข.) Linoleic acid



(ค.) Palmitic acid

(ง.) Oleic acid

รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักของน้ำมันที่ถูกลีไฮโดรไลซ์

ตารางที่ 2.5 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันที่ถูกลีไฮโดรไลซ์ [19]

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.2 สมบัติและการใช้งาน

น้ำมันทังสกัดมาจากต้นทัง (สายพันธุ์ *Aleurites fordii*) ซึ่งเป็นพืชที่มีในประเทศจีน น้ำมันทังจัดว่าเป็นน้ำมันแห้งเร็ว (Drying oil) เช่นเดียวกับกับน้ำมันลินสีด โดยมีสีเหลืองและมิกลื่นเฉพาะตัว น้ำมันทังนิยมใช้ในการทำสี ใช้เป็นส่วนที่ใช้กันน้ำ หรือส่วนประกอบของปูนประรอยต่อกระเบื้อง (Caulk) ใช้เป็นส่วนประกอบในหมึกดำ (Indian ink) และยังใช้เป็นน้ำมันทาไม้ให้แววมัน (Lustrous finish on wood) มีสมบัติที่แห้งเร็วและเหนียว โดยพวกเขาทำไม้ถือว่าน้ำมันทังเป็นน้ำมันธรรมชาติสำหรับใช้กับไม้ที่ดีที่สุด ในประเทศจีนได้มีการนำน้ำมันทังมาใช้นานกว่าร้อยปีแล้ว

สมบัติพิเศษของน้ำมันทังคือสามารถเกิดการพอลิเมอไรส์โดยตรงจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ไดเอิน (Diene synthesis) เนื่องจากน้ำมันทังมีกรด Eleostearic อยู่ในปริมาณสูง จะเกิดปฏิกิริยาได้เนื่องจากมีระบบคอนจูเกตในสายโซ่ น้ำมันทังมีการเชื่อมโยงที่เร็วกว่าน้ำมันลินสีด และจะมีความแข็งแรงมากกว่า เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันทังที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ๆ จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดเป็นเจล (Gelation) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ น้ำมันจะดำหรือถ้าอุณหภูมิสูงมาก ๆ อาจเกิดการติดไฟขึ้นได้ โดยทั่วไปน้ำมันทังดิบจะมีสมบัติดังต่อไปนี้

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ที่ 20°C	0.9375
ความชื้น และสิ่งเจือปน	0.01%
จุดวาบไฟ (Flash Point)	288.9 °C
อุณหภูมิติดไฟโดยอัตโนมัติ (Autoignition Temperature)	457.0 °C

2.3.6 กรดโอเลอิก (Oleic acid) [21]

กรดโอเลอิกเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชและสัตว์เกือบทุกชนิด เมื่อนำมาทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสถานะเป็นของเหลว จึงเหมาะแก่การนำมาศึกษาในปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน กรดไขมันไม่ได้มาจากระบบชีวภาพโดยตรง แต่กรดไขมัน เช่น กรดโอเลอิก เกิดจากสารประกอบเอสเทอร์ของตัวมันเองหรือไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบในน้ำมันธรรมชาติทั่วไป โดยเมื่อผ่านกระบวนการสะพอนิฟิเคชันจะทำให้ได้กรดไขมันออกมา

กรดโอเลอิกมีชื่อทางเคมีว่า Octadecanoic acid เป็นกรดไขมันประเภทกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ที่มีจำนวนคาร์บอน 18 อะตอม มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่งที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 จัดเป็น Monounsaturated fatty acid เนื่องจากมีตำแหน่งพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง ดังนั้นรูปร่างที่ถูกต้องของโมเลกุลกรดโอเลอิกจึงไม่เป็นเส้นตรง แต่จะมีลักษณะหักมุมที่ตำแหน่งพันธะคู่ ดังรูปที่ 2.4 (ค.) ลักษณะของกรดโอเลอิก คือ ไม่มีกลิ่นและไม่มีสี แต่ใน

ทางการค้าถูกแต่งเติมให้เป็นสีเหลืองอ่อน คำว่า “Oleic” มาจากคำว่า “Olive” หรือน้ำมันมะกอก หมายถึงน้ำมันที่มีส่วนประกอบหลักคือกรดโอเลอิก

2.4 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) [22]

2.4.1 หน้าที่และหลักการทำงาน

ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปในปฏิกิริยาแล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น หรือทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยที่ตัวเร่งปฏิกิริยาอาจมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาด้วยหรือไม่ก็ได้ แต่เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาตัวเร่งต้องมีปริมาณเท่าเดิมและมีสมบัติเหมือนเดิม การที่ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาให้ต่ำลง ทำให้โมเลกุลที่มีพลังงานสูงหรือเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์มีจำนวนมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้น แต่ไม่ทำให้พลังงานของปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไป สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก (*p*-toluene sulfonic acid, *p*-TSA) ซึ่งเป็นกรดแก่ชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นของแข็ง สามารถละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์ และตัวทำละลาย โครงสร้างและสมบัติบางประการของกรดพาราโทลูอินซัลโฟนิกแสดงได้ดังรูปที่ 2.5 และตารางที่ 2.6 ตามลำดับ



รูปที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลของ *p*-TSA

ตารางที่ 2.6 สมบัติของ *p*-TSA [23]

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ตัวริเริ่มปฏิกิริยา (Initiator) [24]

ตัวริเริ่มปฏิกิริยาแบ่งออกได้ 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ อนุมูลอิสระ (Radical), ไอออนบวก (Cationic) และไอออนลบ (Anionic) โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาเกิดผ่านกลไกแบบอนุมูลอิสระ

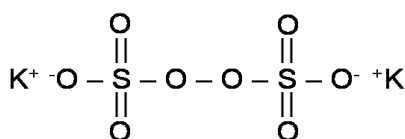
ตัวริเริ่มอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ คือ โมเลกุลของตัวริเริ่มเมื่อได้รับความร้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า หรือปฏิกิริยาเคมีแล้วเกิดการสลายตัวแบบ Homolytic fission เกิดเป็นอนุมูลที่มีความว่องไวแต่มีชีวิตยาวนานพอที่จะทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของมอนอเมอร์แล้วเกิดอนุมูลอิสระซึ่งสารเคมีที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระมีหลายชนิด ได้แก่ เปอร์ออกไซด์ (R-O-O-R), เอโซ (R-N=N-R) หรือเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) แสดงดังตารางที่ 2.7 นอกจากนี้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แสงอัลตราไวโอเล็ต หรือรังสีพลังงานสูง เช่น รังสีแกมมาสามารถก่อให้เกิดอนุมูลอิสระบนพันธะคู่ของมอนอเมอร์ได้เช่นกัน

ตารางที่ 2.7 ตัวริเริ่มอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ [24]

ชนิดของตัวริเริ่ม	ตัวอย่าง
เปอร์ออกไซด์ หรือไฮโดรเปอร์ออกไซด์	เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ($PhCO_2CO_2Ph$)
สารรีดอกซ์	เปอร์ซัลเฟต + Reducing agent Hydrogenperoxide + Furrous ion
สารประเภทเอโซ	Azobisisobutyronitrile ($Me_2C(CN)N=NC(CN)CMe_2$)
สารประกอบออกาโนเมทัลลิก	Silver alkyls
ความร้อน แสงอัลตราไวโอเล็ต หรือรังสีพลังงานสูง	EB, X-ray

2.5.1 โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium Persulfate, KPS) [25]

โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตมีชื่ออื่น ๆ ได้แก่ Peroxydisulfuric acid, Dipotassium salt, Potassium Persulfate ($K_2S_2O_8$) เป็นสารประกอบเคมีที่ใช้ในเคมีอินทรีย์ ใช้เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาแบบอนุมูลอิสระ



รูปที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลของ KPS [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 สมบัติของ KPS [25]

ลักษณะภายนอก	ผงสีขาว
น้ำหนักโมเลกุล	270.322 g/mol
ความหนาแน่น	2.48 g/cm ³
อุณหภูมิในการสลายตัว	< 100°C
การละลายน้ำ	1.75 g/100 mL (0°C) 4.49 g/100 mL (20°C)

2.6 ไม้ (Wood) [27-29]

ไม้เป็นวัสดุธรรมชาติที่มนุษย์ใช้ประโยชน์มาตั้งแต่สมัยโบราณทั้งในด้านการก่อสร้าง และผลิตเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันมากมายหลายชนิด แม้ว่าในปัจจุบันไม้ถูกแทนที่ด้วยวัสดุอื่น ๆ เช่น เหล็ก คอนกรีต หรือพลาสติกก็ตาม แต่ผลิตภัณฑ์จากไม้ยังคงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสวยงาม มีคุณค่าในตัวเอง และเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

ไม้ ประกอบขึ้นจากเนื้อเยื่อที่เป็นเส้นใยหรือเซลลูโลส ได้แก่ ท่อลำเลียงน้ำและอาหาร จากรากสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืช สารช่วยยึดเส้นใยที่ช่วยทำให้ไม้แข็งแรงหรือลิกนิน และแร่ธาตุต่าง ๆ ที่เป็นส่วนสำคัญในการกำหนดลักษณะเฉพาะของไม้แต่ละพันธุ์ ซึ่งเมื่อตัดไม้ออกตามขวางจะพบองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่

เปลือก (Bark) หรือส่วนที่อยู่ด้านนอกสุดของลำต้น ประกอบด้วยเซลล์ที่ตายแล้วและเซลล์ที่มีชีวิตอยู่ด้านใน ส่วนใหญ่มักถูกเอาส่วนนี้ออก

เยื่อเจริญ (Vascular cambium) เป็นผนังบาง ๆ ที่อยู่ถัดมาจากเปลือกชั้นใน ซึ่งมีการแบ่งตัวใหม่เพิ่มขึ้น

กระพี้ (Sapwood) คือ ส่วนกลางของเนื้อไม้ที่มีการเจริญเติบโตอยู่ระหว่างเปลือกชั้นในและแก่น มีหน้าที่ลำเลียงอาหารและน้ำ (การใช้ขวานควั่นส่วนที่เป็นกระพี้รอบลำต้น เพื่อตัดการลำเลียงอาหารและน้ำ ทำให้ต้นไม้ยืนต้นตาย โดยมากใช้กับต้นสัก) ส่วนกระพี้จะหนาประมาณ 1/2- 2 นิ้ว หากเป็นไม้ที่อายุน้อยจะมีความหนาไม่เกินครึ่งนิ้ว

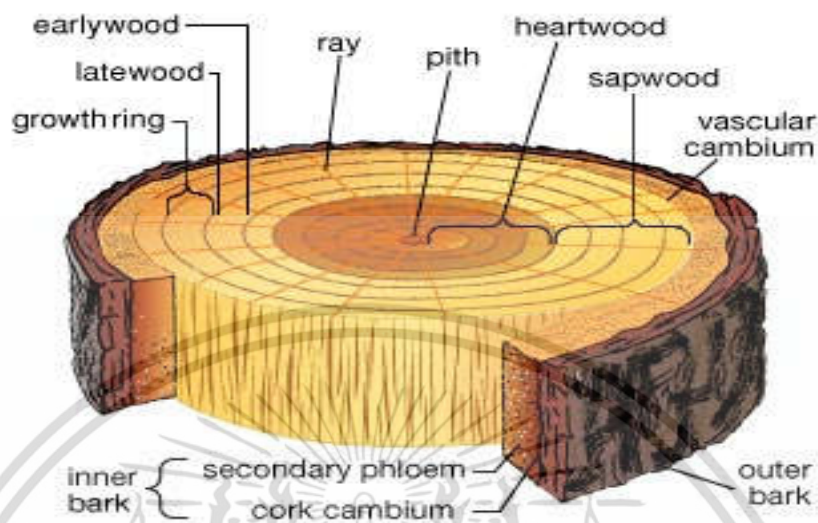
แก่นไม้ (Heart wood) คือ เซลล์ของต้นไม้ที่ไม่ทำงานแล้ว และแปรสภาพมาจากกระพี้ เป็นส่วนที่เนื้อไม้มีความแข็งแรงและหนาแน่น

วงเจริญ (Growth ring) หรือ วงปี เป็นแนวต่อไม้ที่เจริญขึ้นมาในแต่ละปี หรือแต่ละฤดูที่ไม้เจริญเติบโต โดยวงปีสามารถใช้เป็นตัวชี้อายุของไม้นั้น ๆ โดยหนึ่งวงเท่ากับหนึ่งปี (ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ประกอบด้วย เพราะต้นไม้อาจมีหนึ่งปีอาจมีถึงสองวง) วงปีนี้ทำให้ไม้มีลวดลาย

เส้นรัศมี (Ray) เป็นเซลล์ขวางลำต้นออกจากใจไปยังเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใจไม้ (Pitch) เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางลำต้นของไม้ทางด้านหน้าตัด เป็นจุดเริ่มการเติบโตของต้นไม้



รูปที่ 2.7 องค์ประกอบของไม้ [30]

2.6.1 องค์ประกอบและสมบัติของไม้

องค์ประกอบและสมบัติของไม้ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ และสภาพแวดล้อมที่ต้นไม้เจริญเติบโต โดยทั่วไปไม้ที่อบแห้งมีองค์ประกอบโดยน้ำหนักดังนี้ เซลลูโลส 50%, ลิกนิน 16-33%, เฮมิเซลลูโลส 15-30%, สารอินทรีย์อื่น ๆ 3-5% และแร่ธาตุ 0.5-3% เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสจำนวนมากจับตัวกันเป็นเส้นยาว โดยเป็นส่วนประกอบหลักของท่อลำเลียงน้ำและอาหารของพืช ส่วนลิกนินเป็นพอลิเมอร์อสัณฐานที่ทำหน้าที่เป็นกาวเชื่อมเส้นใยเซลลูโลสให้มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยเหตุที่เส้นใยเซลลูโลสเรียงตัวกันในแนวขนานกับลำต้นไม้จึงมีสมบัติที่ไม่เท่ากันในทุกทาง (Anisotropic) กล่าวคือ ความแข็งแรงในแนวขนานกับลำต้นต่างจากแนวตั้งฉากกับลำต้นผิดกับวัสดุอื่น ๆ เช่น เหล็กหรือคอนกรีตที่มีความแข็งแรงเท่ากันในทุกทิศทาง ดังนั้นการออกแบบผลิตภัณฑ์ไม้ที่ต้องรับน้ำหนักมาก ๆ จึงต้องระวังในจุดนี้ด้วย ทางแก้อย่างหนึ่งก็คือทำเป็นไม้อัด (Plywood) โดยนำไม้แผ่นบางมาประกบกันหลายชั้นโดยสลับแนวการเรียงตัวของลายไม้ให้ตั้งฉากกันและกันช่วยให้การรับแรงในแต่ละทิศทางใกล้เคียงกันมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 แผ่นไม้พาร์ทิเคิล (Particle board) [31]

แผ่นพาร์ทิเคิลหรือไม้อัดพาร์ทิเคิล เป็นแผ่นวัสดุที่ทำจากไม้เป็นส่วนประกอบในลักษณะที่ถูกตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ และนำมารวมกันเป็นแผ่นโดยใช้กาวประสานอินทรีย์ร่วมกับความร้อน แรงแฉก ความชื้น และตัวเร่งปฏิกิริยา

2.7.1 ประเภทของแผ่นพาร์ทิเคิล

1. แผ่นพาร์ทิเคิลชนิด Core stock ได้แก่ แผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้ไม้บาง กระดาษ พลาสติก หรือวัสดุอื่น ๆ ทากาวปะหน้าก่อนที่นำไปใช้ เช่น Coreboard และ Chipboard
2. แผ่นพาร์ทิเคิลชนิด Panel stock เป็นแผ่นพาร์ทิเคิลที่ไม่ต้องใช้วัสดุติดปะหน้า สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ผิวหน้าด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านทำด้วยชั้นไม้ที่สวยงาม เช่น Flakeboard, Shareboard และ Shaving Board เป็นต้น
3. แผ่นพาร์ทิเคิลชนิด Floor underlament เป็นแผ่นพาร์ทิเคิลที่มีความหนาสม่ำเสมอ เพื่อใช้เป็นวัสดุติดให้วัสดุอื่นปูพื้นได้เรียบและได้ระดับเดียวกัน
4. แผ่นพาร์ทิเคิลชนิด Prefinished ได้แก่ แผ่นพาร์ทิเคิลเพื่อใช้ในการตกแต่งที่ผ่านการเคลือบด้วยสีหรือกาวสังเคราะห์จากโรงงาน เช่น เมลามีน
5. แผ่นพาร์ทิเคิลชนิด Acoustical เป็นแผ่นพาร์ทิเคิลสำหรับใช้เป็นเพดานหรือผนังซึ่งทำการปรูรูหรือเจาะร่องเป็นแบบต่าง ๆ เพื่อลดการสะท้อนเสียงในห้อง

2.7.2 วัสดุติดและแหล่งวัสดุติดแผ่นพาร์ทิเคิล

วัสดุติดที่สำคัญในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล ได้แก่

1. ไม้หรือวัสดุที่มีลิกนิน หรือเซลลูโลส (เช่น ชานอ้อย) ซึ่งแหล่งวัสดุติดเหล่านี้หาได้ภายในประเทศ
2. ไม้ยางพารา มีมากในแถบภาคใต้และภาคตะวันออก
3. ไม้ยูคาลิปตัส พบได้ทั่วทุกภาคของประเทศ
4. เศษไม้ มีอยู่ทั่วไปจากโรงเลื่อยและโรงงานไม้แปรรูปที่มีอยู่ทั่วประเทศ
5. กาว ใช้เป็นตัวประสานให้ชิ้นไม้ประสานกัน โดยใช้กาวชนิดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์หรือกาวสังเคราะห์ชนิดอื่น ๆ เพื่อวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน ซึ่งสามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ นอกจากนี้ยังสามารถซื้อได้จากประเทศใกล้เคียง เช่น มาเลเซีย
6. WAX และสารเคมีอื่น ๆ สามารถจัดซื้อได้จากตัวแทนจำหน่ายในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 กรรมวิธีการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล

กรรมวิธีการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลเริ่มจากขั้นตอนการเตรียมชิ้นไม้ เมื่อได้ไม้ท่อนมาจะถูกส่งเข้าเครื่องตัดเป็นชิ้นแต่ถ้าเป็นเศษไม้จะส่งเข้าเครื่องตัดชิ้นไม้อีกแบบหนึ่ง หลังจากนั้นจะถูกส่งเข้าไปเก็บในโกดังเก็บชิ้นไม้ขึ้นและส่งไปอบด้วยเครื่องอบชิ้นไม้จนเหลือความชื้นประมาณ 2-3% จึงถูกส่งไปเก็บในโกดังขึ้นไม้แห้งและส่งต่อไปเข้าเครื่องคัดขนาด (Air separator) ชิ้นไม้ที่ใหญ่เกินขนาดจะถูกส่งเข้าเครื่องย่อยชิ้นไม้ (Knifflink flaker) ให้ได้ขนาดที่ต้องการ ชิ้นไม้ที่ได้ขนาดพอดีแล้วจะส่งผ่านไปยังเครื่องชั่งควบคุมน้ำหนัก จากนั้นถึงขั้นตอนการผสมกาวเข้ากับชิ้นไม้แล้วผ่านเข้าเครื่องทำแผ่นชนิดพิเศษ Mathforming machine เมื่อได้แผ่นชิ้นไม้ที่ทำเรียบร้อยแล้วจะเคลื่อนตัวบนสายพานเหล็กไปเข้าเครื่องอัดซึ่งจะถูกอัดระหว่างลูกกลิ้งร้อนตัวใหญ่ (Heated press drum) กับตัวลูกกลิ้งอัดเล็ก (Pressure rolls) ต่อเนื่องกันไปที่อุณหภูมิ 180°C ซึ่งจะได้แผ่นพาร์ทิเคิลที่มีความยาวต่อเนื่องกันไป การผลิตแผ่น พาร์ทิเคิลจะเกิดฝุ่นเนื่องจากการขัดผิวหน้าแผ่นพาร์ทิเคิล ซึ่งโรงงานเหล่านี้จะมีการติดตั้งเครื่องดูดฝุ่นเพื่อกำจัดมลภาวะทางอากาศอันอาจทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจและฝุ่น นอกจากนี้ฝุ่นที่กำจัดได้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ใหม่ โดยส่วนหนึ่งจะทำเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต อีกส่วนหนึ่งจะนำกลับมาใช้ผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลได้อีก และฝุ่นที่ละเอียดสามารถจำหน่ายให้กับผู้ผลิตรูปได้

2.7.4 ผลิตภัณฑ์แผ่นพาร์ทิเคิล

แผ่นพาร์ทิเคิลที่ขายในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ ชนิดเปลือย (Sanding board) ได้แก่ ไม้บอร์ดที่ขัดผิวเรียบพร้อมที่จะนำไปปิดกระดาษหรือฟอยล์ (Foil) และชนิดเคลือบ (Melamine faced board) ซึ่งจะเคลือบด้วยเมลามีนฟิล์มสีและลายต่าง ๆ โดยทั่วไปจะมีสีขาว สีพื้นอื่น ๆ อาทิเช่น ครีมน้ำตาล และลายไม้ ผู้ผลิตส่วนใหญ่จะผลิตเฉพาะชนิดเปลือย

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

S.H. Iman และคณะ [32] ศึกษาการติดไม้ที่เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่าง PVA ผสมแป้ง และ Cymel 323 (Hexamethoxymethylmelamine) โดยใช้กรดซิตริก (Critic acid) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงจากปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนหมู่เอสเทอร์ (Transesterification) ของหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่ในโมเลกุลแป้ง PVA และไม้ จะถูกแทนที่ที่ตำแหน่งหมู่เมทอกซี (Methoxy) ของ Cymel 323 ทำให้เกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะอีเทอร์ระหว่างโมเลกุลของ Cymel 323 ที่มีวงเบนซีนอยู่ในโครงสร้างกับแป้ง PVA และไม้ จากนั้นนำกาวไปทาบบนไม้สนโดยใช้ไม้สน 3 ชั้นประกบกัน ใช้กาว 130 กรัม/ตารางเมตร ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นนำไปอัดที่ความดัน 1.6 MPa ที่อุณหภูมิ 125-175°C นาน 15 นาที แล้ววางไว้ที่ห้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ 50% นาน 6 เดือน จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็งแรงเฉือนตามมาตรฐาน ASTM D-906-64 เมื่อนำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความแข็งแรงเฉือนระหว่างกาว 2 สูตรมาเปรียบเทียบกัน โดยสูตรที่ 1 เป็นกาวที่ไม่ได้เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 และสูตรที่ 2 เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 พบว่ากาวสูตรที่ 2 ให้ค่าความแข็งแรงเฉือนและค่าการเสียหายของไม้ประกบ (%Veneer failure) สูงกว่าสูตรที่ 1 แสดงว่ากาวสูตรที่ 2 ยึดติดกับไม้ได้ดี และทำการทดสอบการต้านทานความชื้น (Moisture resistance, %RH) โดยนำไม้ที่ทาแล้วไปเก็บต่ออีก 2 เดือน ทดสอบการต้านทานความชื้นโดยวิธีวัด %RH พบว่ากาวสูตรที่ 1 มีค่า %RH เท่ากับ 50% และกาวสูตรที่ 2 มีค่า %RH เท่ากับ 75% แสดงว่ากาวที่เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 มีค่าความต้านทานความชื้นสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากพันธะอีเทอร์เชื่อมโยงระหว่างหมู่ OH ในโมเลกุลของไม้กับ Cymel 323 หลังการเชื่อมโยงทำให้ปริมาณหมู่ OH ลดลง นอกจากนี้ยังปรับปรุงสมบัติของกาวสูตรที่ 2 ด้วยวิธีการเติมลาเท็กซ์ลงไป 5-7% โดยน้ำหนัก พบว่าค่าการเสียหายของไม้ประกบและค่าความต้านทานความชื้นสูงขึ้น

Z.O. Oymane และคณะ [33] ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันแห้งเร็วที่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต (น้ำมันลินสีด) และระบบคอนจูเกต (น้ำมันทัง) โดยใช้ Co(II)-2-ethylhexanoate (Co-EH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยน้ำมัน 2 ชนิดนี้มีกลไกของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่แตกต่างกัน สำหรับน้ำมันลินสีดซึ่งไม่เป็นระบบคอนจูเกตการแตกออกของไฮโดรเจนจะเกิดผ่านอัลไลลิกไฮโดรเจนอะตอม ออกซิเจนปริมาณมากที่ใส่ลงไปนำไปสู่การเกิด Hydroperoxide ซึ่งสามารถสลายกลายเป็นอนุมูลอิสระของ Alkoxy และ Peroxy โดยทำให้เกิดการเชื่อมโยงและผลิตภัณฑ์ร่วม น้ำมันทังที่มีระบบคอนจูเกตเป็นหลักจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยเริ่มจากการแตกออกของไฮโดรเจนจาก Monoallylic โดยเมื่อเทียบกับน้ำมันลินสีดจะใช้ปริมาณออกซิเจนที่น้อยกว่า และเกิด Hydroperoxide รวมทั้งได้ผลิตภัณฑ์ร่วมมากกว่าเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอนุมูลอิสระชอบเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ที่เป็นระบบคอนจูเกตมากกว่า โดยจะแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมของ Monoallylic

N. Limpan และคณะ [34] ศึกษาผลของ % ไฮโดรไลซิส (DH) และน้ำหนักโมเลกุล (MW) ของ PVA ที่มีผลต่อสมบัติของฟิล์มผสมระหว่าง PVA กับโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ของปลา (FMP) โดยทำการเตรียมฟิล์ม FMP/PVA (1:1 w/w) ซึ่งใช้ PVA ที่มี % DH และ MW แตกต่างกัน จากผลการทดสอบพบว่าสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์ม FMP/PVA ขึ้นอยู่กับ % DH และ MW ของ PVA ซึ่งฟิล์มที่ใช้ PVA เกรด MW สูง จะมีค่าความแข็งแรงดึง (TS) และค่าการดึงยืด ณ ขูดขาด (EAB) สูงกว่าแต่สำหรับฟิล์มที่ใช้ PVA เกรดที่มี % DH สูง จะแสดงค่าความแข็งแรงของฟิล์มสูงกว่าฟิล์มสูตรอื่น ๆ การเลือกใช้เกรด PVA ที่เหมาะสมและความเข้ากันได้ระหว่าง PVA กับโปรตีนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้สมบัติการซึมผ่านและสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มดีขึ้น จากงานวิจัยนี้พบว่าฟิล์มผสมระหว่าง FMP และ PVA (DH=86-89% mol, (Partial hydrolysis), MW=124,000-130,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

g/mol) แสดงค่าสมบัติเชิงกลสูงสุดและมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ ดังนั้นจึงเลือกนำฟิล์ม FMP/PVA ไปใช้งานในบรรจุภัณฑ์ด้านอาหารเนื่องจากสามารถป้องกันแสง UV และป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้

L. W. Chan และคณะ [35] ศึกษาผลของสมบัติเชิงกลและการซึมผ่านของฟิล์มคอมโพสิต PVA โดยในงานวิจัยทำการศึกษา PVA ทั้งหมด 6 เกรด คือ PVA I-VI และเลือกใช้ PVA V (DH = 99.45%, MW = 140,000-150,000) และ PVA VI (DH = 98-99%, MW = 85,000-146,000) นำมาผสมกับ PVA I (DH = 99%, MW = 17,300) เป็นฟิล์มคอมโพสิต ซึ่งใช้ปริมาณ PVA I และควบคุมความหนาของฟิล์มที่แตกต่างกัน พบว่าการใช้ PVA I ในฟิล์มคอมโพสิตเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อสมบัติการละลาย, การบวมตัว และการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม ซึ่งการเพิ่มปริมาณ PVA I สามารถช่วยเพิ่มค่าการละลายหรือช่วยลดค่าการพองตัวของฟิล์มได้ สำหรับการเพิ่ม PVA I ในฟิล์มคอมโพสิต PVA V-I จะส่งผลต่อค่าการละลายของฟิล์มอย่างเห็นได้ชัด แต่สำหรับฟิล์มคอมโพสิต PVA VI-I การเพิ่ม PVA I จะส่งผลต่อค่าการบวมตัวและค่ามอดูลัสของฟิล์ม ดังนั้นการเลือกใช้เกรด PVA และอัตราส่วนของ PVA ที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ฟิล์มที่เตรียมได้มีสมบัติตามต้องการได้

สุนิสา มาตรฐานพรราช และคณะ [36] ศึกษาการเตรียมฟิล์มไฮโดรเจลจากแซนแทนกัม (Xanthan gum, X) กับ PVA ที่ดัดแปลงด้วยกรดโอเลอิก (Oleic acid modified Poly(vinyl alcohol), P*) โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง X : P* เท่ากับ 8 : 2, 6 : 4, 4 : 6 และ 0 : 10 โดยน้ำหนัก ทำการเชื่อมโยงด้วยระบบเดี่ยว คือ การเชื่อมโยงทางเคมีด้วยโซเดียมเปอร์ซัลเฟต 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 1 pph ของ PVA หรือทำการเชื่อมโยงทางประจุด้วยคอปเปอร์ซัลเฟต 0 และ 0.1 mmol และทำการเชื่อมโยงแบบระบบคู่ คือ การเชื่อมโยงด้วยโซเดียมเปอร์ซัลเฟตร่วมกับคอปเปอร์ซัลเฟต จากผลการศึกษาพบว่าฟิล์มไฮโดรเจลสูตร XOP*10 ที่เชื่อมโยงด้วยโซเดียมเปอร์ซัลเฟต 1 pph ของ PVA สามารถบวมตัวได้นาน, มีค่า % ของแข็งคงเหลือสูงที่สุด และเสถียรภาพของฟิล์มในสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต (pH 7.4) มีค่าสูงสุด

ชมพูนุช ฉันทะจำรัสศิลป์ และคณะ [37] ศึกษาและพัฒนาภาวอดสำหรับงานพิมพ์สกรีน โดยปรับปรุง PVA ด้วยกรดโอเลอิกก่อนผสมกับ PVAc และน้ำมันลินสีด ตัวแปรที่ศึกษาคือปริมาณน้ำมันลินสีดและกรดโอเลอิกในอัตราส่วนต่าง ๆ โดยนำภาวอดที่ได้มาผสมกับน้ำยาไวแสงแล้วปาดลงบนแม่พิมพ์สกรีน ทำการถ่ายแบบด้วยแสงสีขาวที่เวลาต่าง ๆ พบว่าลวดลายที่ได้มีความคมชัด สามารถเก็บรายละเอียดได้ทั้งส่วนที่หยาบและละเอียด ชะล้าภาวอดออกจากผ้าสกรีนได้ง่าย เมื่อนำมาทดสอบความคงทนเบื้องต้นและความคงทนในสภาวะการใช้งาน พบว่าภาวอดสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เหมาะสมที่สุด คือ กาวอัดที่มีอัตราส่วนผสมระหว่าง PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 5 pph ต่อ PVAc เท่ากับ 4 : 6 และปรับปรุงสมบัติของกาวอัดด้วยน้ำมันลินสีด 4 pph

S. Tharhate and J. Ngamcharoenthavorn [38] ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ โดยใช้ PVA ปรับปรุงด้วยกรดไขมัน ได้แก่ กรดโอเลอิก (Oleic acid) และกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) ร่วมกับน้ำมันลินสีดเป็นสารเชื่อมโยง โดยมี *p*-TSA เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา, KPS เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ Sodium lauryl sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิวเพื่อช่วยให้กาวมีการกระจายตัวดี สูตรกาวที่ให้ผลทดสอบดีที่สุด คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PVA : กรดโอเลอิก : กรดลิโนเลอิก เป็น 90 : 5 : 5 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าการต้านทานน้ำสำหรับไม้มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา Esterification ระหว่าง Carboxylic acid และหมู่ Hydroxyl และมีการเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ในกรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิก ค่าความแข็งแรงเฉือนมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 12.52 MPa

N. Rattanaapiromyakit and P. Lakkanapornwisit [39] ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์สำหรับงานแผ่นไม้พาร์ทิเคิล โดยเตรียมจาก PVA ที่ปรับปรุงสมบัติโดยใช้น้ำมันลินสีดในอัตราส่วนแตกต่างกัน คือ 10%, 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ใช้ *p*-TSA เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา KPS เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ Sodium lauryl sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิว จากนั้นนำกาวที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้ไม้ยูคาลิปตัส 4 ชนิด ซึ่งมีลักษณะของชิ้นไม้ที่แตกต่างกันดังนี้ ชนิดที่ 1 หยิบและสั้น ความชื้น 9% ชนิดที่ 2 หยิบและยาว ความชื้น 9% ชนิดที่ 3 หยิบและยาว ความชื้น 4% และชนิดที่ 4 ละเอียดและสั้น ความชื้น 9% จากนั้นนำแผ่นพาร์ทิเคิลทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 จากการทดสอบพบว่าน้ำมันลินสีดช่วยเพิ่มความต้านทานแรงดัดโค้งงอ (Bending strength) และเพิ่มความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal bonding) โดยแผ่นพาร์ทิเคิลที่ผลิตจากไม้ชนิดที่ 4 ให้ค่าความต้านทานแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า ความต้านทานแรงดัดโค้งงอ และการพองตัวต่ำสุด ซึ่งไม้ชนิดที่ 4 สามารถทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A5908 ทั้งหมด ยกเว้นการบวมตัวเมื่อแช่น้ำ (Swelling test)

วรวิทย์ ชุ่มชื่น [40] ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์จาก PVA และน้ำมันทั้ง โดยเตรียมกาวจากการผสมสารละลาย PVA กับน้ำมันทั้ง โดยเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำมันทั้ง 0-20% โดยน้ำหนัก และความหนืดของสารละลาย PVA คือ 500, 800, 1000, 2000 และ 3000 เซนติพอยส์ โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา กาวที่เตรียมได้ถูกนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานกาวติดไม้ DIN EN 204-1991 (สภาวะแห้งและสภาวะแห้งหลังแช่น้ำ) พบว่าการเติมน้ำมันทั้งสามารถพัฒนาความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและความต้านทานน้ำของกาวได้ ซึ่งสูตรกาวที่มีน้ำมันทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15 และ 20% โดยน้ำหนัก มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนสูงกว่ามาตรฐาน คือ 10 MPa (สภาวะแห้ง) และ 8 MPa (สภาวะแห้งหลังแช่น้ำ) ซึ่งสูงกว่าที่มีน้ำมันทั้ง 20% โดยน้ำหนัก เตรียมโดยกดอัดที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนสูงสุด คือ 13.0 MPa (สภาวะแห้ง) และ 11.3 MPa (สภาวะแห้งหลังแช่น้ำ)

รัตนพร ทองสุข และคณะ [7] ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์สำหรับแผ่นไม้พาร์ทิเคิลจาก PVA ที่ทำการปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทั้ง เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและความต้านทานน้ำ โดยมีการปรับอัตราส่วนน้ำมันทั้งเป็น 15 และ 20% โดยน้ำหนัก ใช้ *p*-TSA เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา KPS เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ Sodium lauryl sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิว โดยมีการปรับปริมาณ Sodium lauryl sulfate เป็น 2 และ 4% โดยน้ำหนัก และทำการทดสอบสมบัติกาว ได้แก่ ค่าความหนืด, ปริมาณของแข็งที่เหลืออยู่ (% Solid content) และ % การบวมตัวของฟิล์มกาว จากนั้นนำกาวที่เตรียมได้มาขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล โดยใช้ไม้อยูคาลิปตัสเบอร์ 2 และเบอร์ 3 และปรับปริมาณกาวต่อไม้เป็น 15, 20 และ 25% โดยน้ำหนัก นำแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้ไปทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก. 876 ของแผ่นพาร์ทิเคิล ได้แก่ ความหนาแน่น, ความชื้น, การพองตัวทางความหนา, ความต้านทานแรงดัดโค้งงอ, มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 15%, SLS 2% ใช้ปริมาณกาว 25% ขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิลด้วยไม้เบอร์ 3 ให้ค่าการทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก. 876 ทุกค่า ยกเว้นการพองตัวทางความหนา

ภคพล ลักนาพรวิสิฐ [8] ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์สำหรับงานแผ่นไม้พาร์ทิเคิล โดยใช้สารตั้งต้นเป็น PVA ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันซีกแห้งธรรมชาติเพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและความสามารถในการต้านทานน้ำ โดยปรับเปลี่ยนชนิดของน้ำมันซีกแห้งธรรมชาติ ได้แก่ น้ำมันลินสีดและน้ำมันทั้ง โดยใช้อัตราส่วนของน้ำมันซีกแห้งเป็น 15% โดยน้ำหนัก ใช้สารตัวเติมซิลิกาที่มีอัตราส่วน 0-5% โดยน้ำหนัก ศึกษาการใช้และไม่ใช้ *p*-TSA เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (0 และ 1% โดยน้ำหนัก) แล้วทดสอบสมบัติของกาวที่เตรียมได้ ได้แก่ ค่าความหนืด ปริมาณของแข็งคงเหลือ และ %การบวมตัวของฟิล์มกาว จากนั้นนำกาวที่เตรียมได้มาขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิล โดยใช้ขึ้นไม้อยูคาลิปตัสเบอร์ 2 และขึ้นไม้อย่างพาราเบอร์ 2 และปรับเปลี่ยนปริมาณอัตราส่วนกาวต่อไม้เป็น 15 และ 20% โดยน้ำหนัก นำแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้ไปทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมาตรฐาน มอก.876 ได้แก่ ความหนาแน่น, ความชื้น, การพองตัวทางความหนา, ความแข็งแรงดัดโค้งงอ 3 จุด, มอดูลัสยืดหยุ่นและความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าผลการทดสอบผ่านเกณฑ์ที่กำหนดเมื่อกาวไม่มีปริมาณน้ำมันซีกแห้ง 15% โดยน้ำหนัก ปริมาณสารตัวเติม 3% โดยน้ำหนัก สารเร่งปฏิกิริยา 1% โดยน้ำหนัก และปริมาณกาวต่อไม้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20% โดยน้ำหนัก และจากการศึกษาชนิดของไม้ที่นำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้พาร์ทิเคิลระหว่างไม้ยูคาลิปตัสและไม้ยางพารา พบว่าไม้ยางพาราให้สมบัติเชิงกลที่ดีกว่า เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของขึ้นไม้ยางพารามีลักษณะโค้งมนจึงสามารถจัดเรียงตัวได้ดีกว่าไม้ยูคาลิปตัส

ณัฐดนัย อุณเกษม [9] ศึกษาการเตรียมกาวอัดแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์โดยใช้ PVA เป็นสารตั้งต้น ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทังและน้ำยางธรรมชาติ เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและความสามารถในการต้านทานน้ำ กาวผสมสูตรที่เตรียมได้นำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้พาร์ทิเคิล และนำมาทดสอบสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ความหนาแน่น, ปริมาณความชื้น, การพองตัวทางความหนา, ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า, ความต้านทานแรงดัดโค้งงอ และมอดูลัสยืดหยุ่น พบว่าอัตราส่วนของน้ำมันทังต่อน้ำยางธรรมชาติ เท่ากับ 15 : 0 และ 10 : 5 .ให้ผลการทดสอบเชิงกลและสมบัติการพองตัวทางความหนาดีกว่าอัตราส่วน 5 : 10 และ 0 : 15 และผลการใช้สารเติมแต่ง พบว่าสูตรที่เติมซิลิกาหรือเติมสารเชื่อมโยง หรือเติมสารเชื่อมโยงร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยาเชื่อมโยงให้ผลการทดสอบสมบัติดังกล่าวดีกว่าสูตรที่ไม่เติม และเมื่อทดสอบแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ผ่านการอบหลังจากขึ้นรูป (Post cure) ให้ค่าสมบัติต่าง ๆ สูงกว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ไม่ผ่านการอบหลังจากขึ้นรูป (Non post cure) และพบว่าที่สภาวะการขึ้นรูป 200°C/10 นาที และ 250°C/5 นาที ให้ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติการพองตัวทางความหนาดีกว่าสภาวะการขึ้นรูปอื่น ๆ โดยที่อัตราส่วนปริมาณกาวต่อขึ้นไม้ที่ 30 : 70 ให้ผลการทดสอบสมบัติดังกล่าวดีกว่าอัตราส่วน 25 : 75 ขนาดของขึ้นไม้ยางพาราพบว่าขึ้นไม้เบอร์ 3 ให้ค่าสมบัติดีกว่าขึ้นไม้เบอร์ 4 โดยสูตรกาวที่ให้ค่าสมบัติต่าง ๆ ดีที่สุด คือ สูตรกาวที่เติมสารเชื่อมโยงและสารเร่งปฏิกิริยาเชื่อมโยง (T15R0c และ T10R0c) แต่อย่างไรก็ตามค่าการพองตัวทางความหนาของสูตรกาวดังกล่าวยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าค่าการพองตัวทางความหนามีค่าสูง แม้ว่าจะมีการผสมสารที่มีสมบัติการต้านทานน้ำลงไปในสูตรกาว เช่น น้ำมันทัง น้ำมันลินสีด น้ำยางพารา เป็นต้น รวมถึงมีการเชื่อมโยงโครงสร้างทางเคมีเพื่อเพิ่มสมบัติการต้านทานน้ำ แต่อย่างไรก็ตามองค์ประกอบหลักของกาวยังคงเป็น PVA ซึ่งมีสมบัติการต้านทานน้ำต่ำ เนื่องจากเกรดของ PVA ที่ใช้เป็นเกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมอลโมเลกุลต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงปรับปรุงสมบัติการต้านทานน้ำโดยการปรับเปลี่ยนเกรดของ PVA ที่ใช้ในสูตรกาว โดยใช้ PVA 3 เกรด ได้แก่ 1.) เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมอลโมเลกุลต่ำ 2.) เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมอลโมเลกุลสูง และ 3.) เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมอลโมเลกุลต่ำ นอกจากนี้ยังปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานน้ำของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล และได้ไม้พาร์ทิเคิลที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

1. PVA : เกรดการค้า JP-27, JAPAN VAM & POVAL CO.,LTD
2. PVA : เกรดการค้า NL-05, Nippon Gohsei Osaka Japan
3. PVA : เกรดการค้า GL-05, Nippon Gohsei (UK) Limited

ตารางที่ 3.1 สมบัติจำเพาะของ PVA เกรดต่าง ๆ [41-42]

Grade	Viscosity 4%, 20 °C (mPa_s)	Degree of hydrolysis (mol%)
JP-27	50-60	87.0-89.0
NL-05	4.6-6	99.0-100
GL-05	4.8-5.8	86.5-89.0

4. น้ำมันทัง (Tung oil) : เกรดการค้า, UV Photographic Co., Ltd
5. กรดโอเลอิก (Oleic acid) : เกรดการค้า, Italmar (Thailand) Co., Ltd.
6. โพลีแซสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS) : เกรดการค้า, CARLOERBA Co.,Ltd
7. กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก (p-TSA) : เกรดวิเคราะห้, CARLOERBA Co.,Ltd
8. กาว Hot melt ยี่ห้อ Rapid®
9. ซีนไม้อย่างพารา เบอร์ 3 : โรงเลื่อยสมศักดิ์ อ. เมือง จ.สมุทรปราการ

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด
2. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) : รุ่น LV 2000, Cannon Instrument Company Co., Ltd
3. เครื่องปั่นกวนชนิดความเร็วรอบสูง (High speed agitator) พร้อมใบพัดกวน : รุ่น RW 20, Digital, IKA Co.,Ltd
4. เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding hydraulic machine) : รุ่น MGLP-20AT, Machgroup (1992) Co., Ltd
5. เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (Homogenizer) : รุ่น T 25 Digital ULTRA-TURRAX, IKA Co., Ltd
6. เครื่องให้ความร้อน (Heater) : รุ่น C-MAC HS 7, IKA Co., Ltd
7. เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal testing machine) : รุ่น LR-5K,LLOYD Instrument Co., Ltd
8. ถังผสมขึ้นไม้กบขาว
9. ปืนพ่นขาว : รุ่น 71G-W, EUROX
10. เครื่องวัดความชื้น (Timber moisture meter) : รุ่น DT-129, CEM
11. เวอร์เนีย (Vernier) : NAZA Co., Ltd
12. ตู้อบ (Oven) : Memmert Co., Ltd
13. ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) : PEA COCK, OZAKI MFG Co., Ltd
14. แม่พิมพ์ (Mold)
15. เครื่องตัดแผ่นไม้พาร์ทิเคิล : รุ่น PX-250 TSM, PX TOOLS
16. ตะแกรงร่อน (Sieve) ขนาด 12 mesh และ 20 mesh

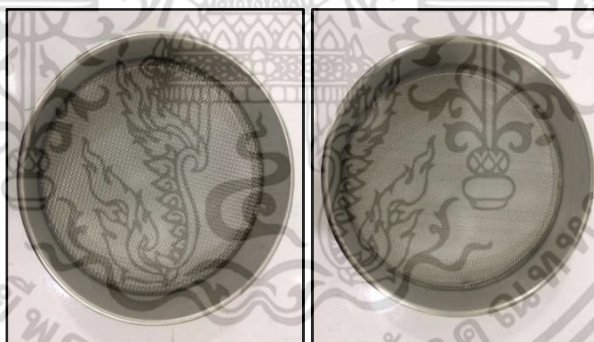
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.) เครื่องวัดความหนืด ข.) เครื่องอัดขึ้นรูป ค.) เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ ง.) ถังผสมขึ้นไม้กับกาว



จ.) ปืนพ่นกาว ฉ.) เครื่องวัดความชื้น ช.) เครื่องตัดแผ่นไม้พาร์ทิเคิล



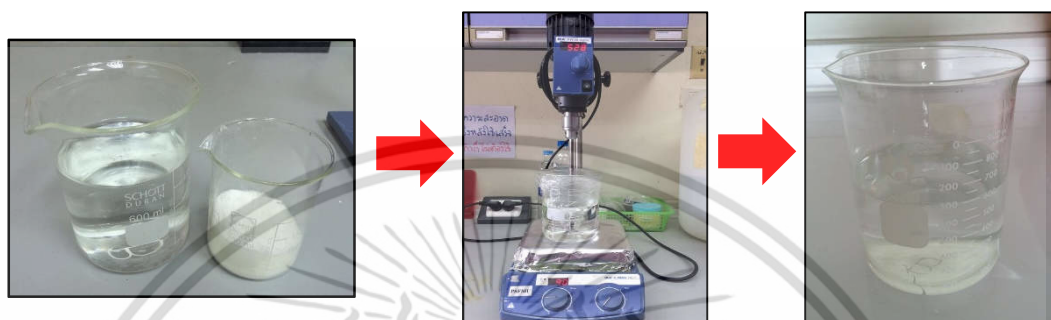
ซ.) ตะแกรงร้อน ขนาด 12 mesh ฅ.) ตะแกรงร้อน ขนาด 20 mesh

รูปที่ 3.1 เครื่องมือบางชนิดที่ใช้ในงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเตรียมสารละลาย PVA

1. เตรียมสารละลาย PVA (เกรด PH) เข้มข้น 10% โดยมวล ทำได้โดยการละลาย PVA (เกรด JP-27) 100 กรัม ในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร โดยค่อย ๆ ใส่ PVA ลงในบีกเกอร์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C และปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 500 รอบ/นาที จนกระทั่ง PVA ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน



รูปที่ 3.2 การเตรียมสารละลาย PVA (เกรด PH) 10% โดยมวล

2. เตรียมสารละลาย PVA (เกรด PL) เข้มข้น 10% และ 15% โดยมวล ทำได้โดยละลาย PVA (เกรด GL-05) 100 กรัม (หรือ 150 กรัม) ในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร (หรือ 850 มิลลิลิตร) โดยค่อย ๆ ใส่ PVA ลงในบีกเกอร์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C และปั่นกวนโดยใช้แท่งแม่เหล็ก ความเร็วรอบเบอร์ 2 จนกระทั่ง PVA ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน



รูปที่ 3.3 การเตรียมสารละลาย PVA (เกรด PL) 10% และ 15% โดยมวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เตรียมสารละลาย PVA (เกรด FL) เข้มข้น 10% โดยมวล ทำได้โดยการละลาย PVA (เกรด NL-05) 100 กรัม ในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร โดยค่อย ๆ ใส่ PVA ลงในปิกเกอร์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C และทำการปั่นกวนโดยใช้แท่งแม่เหล็ก ความเร็วรอบเบอร์ 2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนกระทั่ง PVA ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน



รูปที่ 3.4 การเตรียมสารละลาย PVA (เกรด FL) 10% โดยมวล

กำหนดสัญลักษณ์ ดังนี้

PH	แทนสารละลาย PVA (เกรด JP-27) 10% โดยมวล
FL	แทนสารละลาย PVA (เกรด NL-05) 10% โดยมวล
PL ₁₀	แทนสารละลาย PVA (เกรด GL-05) 10% โดยมวล
PH ₁₅	แทนสารละลาย PVA (เกรด GL-05) 15% โดยมวล

3.4 การเตรียมสารละลาย PVA ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

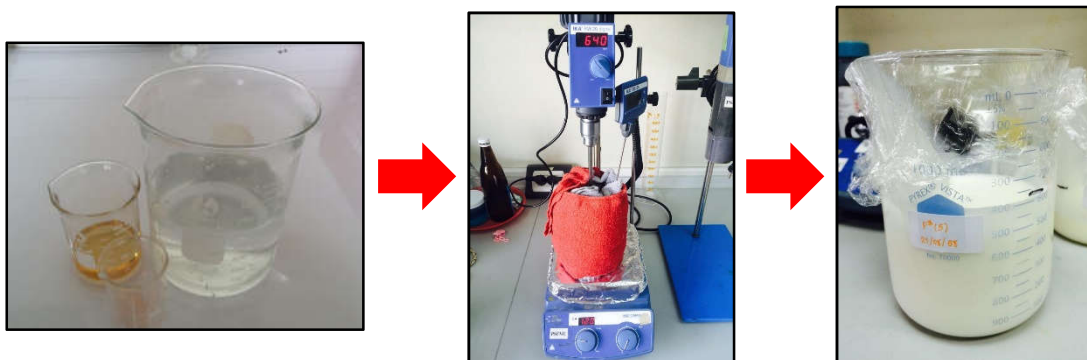
1. ชั่งสารเคมีตามอัตราส่วน ดังนี้

สารละลาย PVA 10% (หรือ 15%) โดยน้ำหนัก	600	กรัม
Oleic acid	30	กรัม
<i>p</i> -TSA	6	กรัม

2. เติม Oleic acid ลงในสารละลาย PVA 10% (หรือ 15%) โดยน้ำหนัก คนให้เข้ากัน

3. เติม *p*-TSA และคนให้เข้ากัน

4. นำสารละลายไปปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 600 รอบ/นาที พร้อมกับให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิถึง 90°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 3.5 การเตรียมสารละลาย PVA ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

กำหนดสัญลักษณ์ ดังนี้

PH* แทนสารละลาย PVA (เกรด JP-27) 10% โดยมวล ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก

PL₁₀* แทนสารละลาย PVA (เกรด GL-05) 10% โดยมวล ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก

PL₁₅* แทนสารละลาย PVA (เกรด GL-05) 15% โดยมวล ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก

3.5 การเตรียมกาวผสมสูตร

1. ชั่งสารผสมตามปริมาณดังตารางที่ 3.2
2. ผสมส่วนผสม ได้แก่ สารละลาย PVA, น้ำมันทัง, KPS และ *p*-TSA ให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องโฮมไลน์เซอร์ ปรับความเร็วรอบเป็น 9000 รอบ/นาที ปั่นกวนเป็นเวลา 15 นาที
3. นำกาวผสมสูตรที่ได้ไปวัดความหนืด

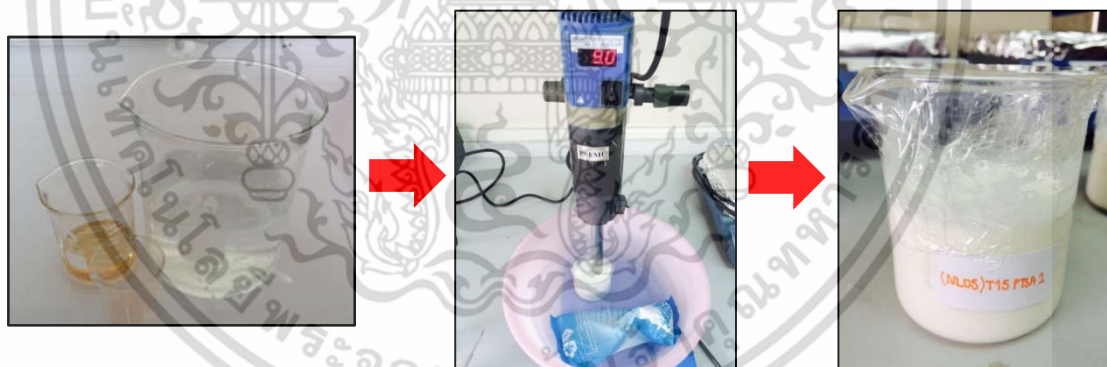
ตารางที่ 3.2 ปริมาณส่วนผสมของกาวสูตรต่าง ๆ

สูตรกาว	สารละลาย PVA (g)				สารละลาย PVA ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (g)			น้ำมันทัง (g)	KPS (g)	<i>p</i> -TSA (g)
	PH	FL	PL ₁₀	PL ₁₅	PH	PL ₁₀	PL ₁₅			
PL ₁₀ 10	0	0	85	0	0	0	0	15	1	1
PL ₁₅ 10	0	0	0	85	0	0	0	15	1	1
PL ₁₅ *10	0	0	0	0	0	85	0	15	1	1
PH2FL8	17	68	0	0	0	0	0	15	1	1
PH3FL7	25.5	59.5	0	0	0	0	0	15	1	1
PH2PL ₁₀ 8	17	0	68	0	0	0	0	15	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ปริมาณส่วนผสมของกาวสูตรต่าง ๆ (ต่อ)

สูตรกาว	สารละลาย PVA (g)				สารละลาย PVA ปรับปรุง โครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (g)			น้ำมัน ทั้ง (g)	KPS (g)	p-TSA (g)
	PH	FL	PL ₁₀	PL ₁₅	PH	PL ₁₀	PL ₁₅			
PH*2FL8	0	68	0	0	17	0	0	15	1	1
PH*3FL7	0	59.5	0	0	25.5	0	0	15	1	1
PH*2PL ₁₀ 8	0	0	68	0	17	0	0	15	1	1
PH*2PL ₁₀ *8	0	0	0	0	17	68	0	15	1	1
PH*1.8FL4.2 PL ₁₀ *4	0	0	35	0	15	35	0	15	1	1
PH*1.2FL2.8 PL ₁₀ *6	0	24.5	0	0	10.5	50	0	15	1	1
PH2PL ₁₅ 8	17	0	0	68	0	0	0	15	1	1
PH*2PL ₁₅ *8	0	0	0	0	17	0	68	15	1	1



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการเตรียมกาวผสมสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การเตรียมชิ้นไม้ยางพารา

นำขี้เลื่อยไม้ยางพารามาแยกขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อน ขนาด 12 mesh และ 20 mesh จะได้ไม้ยางพาราขนาดเบอร์ 3 แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ขนาดชิ้นไม้ยางพาราเบอร์ 3 (20-12 mesh)



ก.) เบอร์ 12 mesh

ข.) เบอร์ 20 mesh

รูปที่ 3.8 ตะแกรงร่อนที่ใช้ในงานวิจัย

หมายเหตุ

- ตะแกรงร่อนขนาด 12 mesh ร่องตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.70 มิลลิเมตร
- ตะแกรงร่อนขนาด 20 mesh ร่องตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.85 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล

ในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้ชิ้นไม้ยางพาราเบอร์ 3 (20-12 mesh) ที่มีความชื้น 7%

1. วัดความชื้นของชิ้นไม้ เพื่อทำการคำนวณหาอัตราส่วนชิ้นไม้ต่อกาวที่ใช้สำหรับแผ่นไม้พาร์ทิเคิล 1 แผ่น โดยใช้กาว 30% ซึ่งคำนวณได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ความหนาแน่นของวัสดุ 0.8 g/cm^3

(กำหนดโดยอ้างอิงจาก ค่ามาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908)

วัสดุขนาด $15 \times 15 \text{ cm}^2$

ความหนา 1 cm

(ใช้แห้งเหล็กความหนา 1 cm ควบคุมความหนาขณะทำการขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิล)

ใช้ปริมาณน้ำหนักรกกาวติดวัสดุ 30% ของน้ำหนักวัสดุแห้ง

วัสดุมีความชื้น 7.00%

$$\begin{aligned}
 \text{จะได้ว่า} \quad \text{จากรูป} \quad D &= m/V \\
 \text{มวล (วัสดุ + กาว)} &= \text{ปริมาตร} \times \text{ความหนาแน่น} \\
 &= (15 \times 15 \times 1) \times 0.8 \text{ g} \\
 &= 180 \text{ g}
 \end{aligned}$$

แผ่นประกอบมวล 100 g ใช้วัสดุมวล 70 g

(มาจากใน 100% ใช้กาว 30% มีเนื้อไม้ 70%)

แผ่นประกอบมวล 180 g ใช้วัสดุมวล $(70 \times 180) / 100 = 126 \text{ g}$

ดังนั้น ใช้วัสดุมวลแห้ง 126 g

ใช้กาว $180 - 126 = 54 \text{ g}$

ปริมาณวัสดุที่ใช้ $126 \times 1.07 = 134.82 \text{ g}$

เพิ่ม 10% เป็น $134.82 \times 1.10 = 148.30 \text{ g}$

ปริมาณกาวที่ใช้ 54 g

เพิ่ม 10% เป็น $54 \times 1.10 = 59.40 \text{ g}$

ดังนั้น ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้อัตราส่วนวัสดุที่ผสมกับกาวแล้ว $= 148.30 + 59.40 = 207.70 \text{ g}$

หมายเหตุ 1.07 คือ มวลของวัสดุรวม ซึ่งมีความชื้น 7%

2. ชั่งน้ำหนักของชิ้นไม้และกาวที่จะใช้

3. ตั้งสภาวะของเครื่อง Compression molding ดังนี้

ความดัน (Pressure guage)	=	150 kg/cm ²
ความดันอัดจริงบนชิ้นงาน	=	14.44 kg/cm ²
อุณหภูมิ	=	250°C
เวลา	=	5 นาที

ความดันอัดจริงบนชิ้นงาน คำนวณได้จากสมการที่ (3.1)

$$\text{ความดันอัดจริงบนชิ้นงาน} = \frac{\pi r^2 P}{LW} \dots\dots\dots(3.1)$$

- โดยที่ r คือ รัศมีกระบอกสูบของเครื่องอัด
- P คือ ความดัน
- L คือ ความยาวแผ่นให้ความร้อนของเครื่องอัด
- W คือ ความกว้างแผ่นให้ความร้อนของเครื่องอัด

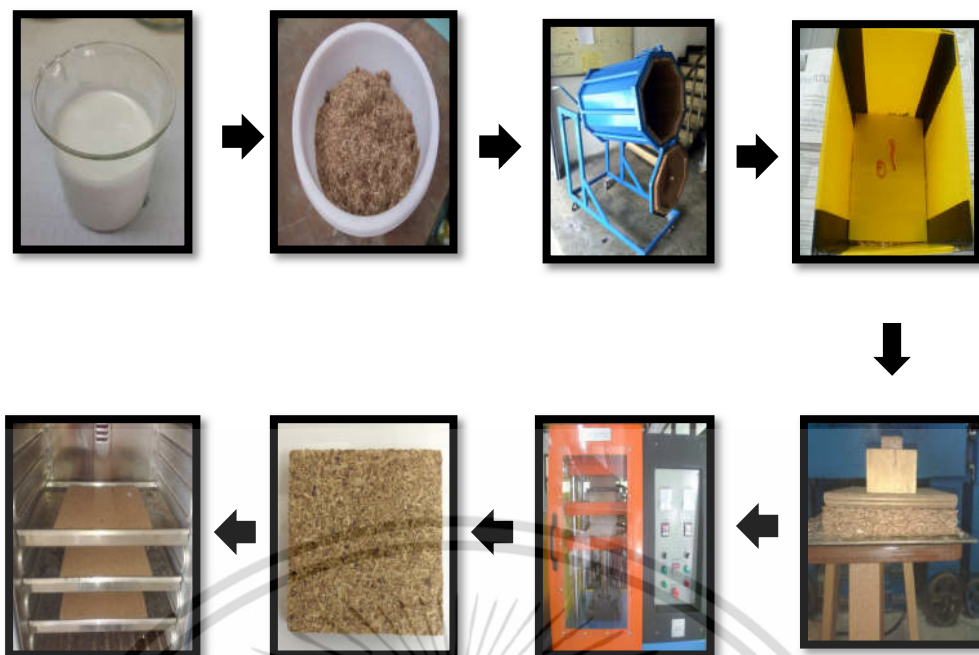
ในงานวิจัยนี้เครื่องอัดขึ้นรูปมีความดัน 150 kg/cm², รัศมีกระบอกสูบ 3.5 cm, แผ่นให้ความร้อนของเครื่องอัดขนาดกว้าง × ยาว เท่ากับ 20×20 cm²

แสดงการคำนวณความดันอัดจริงบนชิ้นงาน

$$\begin{aligned} \text{ความดันอัดจริงบนชิ้นงาน} &= \frac{(22/7) \times (3.5 \text{ cm})^2 \times (150)}{20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}} \\ &= 14.44 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

4. ทำการคลุกเคล้าชิ้นไม้และกาวให้เข้ากันในถังผสม
5. นำชิ้นไม้และกาวที่ผสมกันแล้วโรยใส่แม่พิมพ์ และนำแม่พิมพ์เข้าเครื่องอัดร้อน
6. เมื่อครบเวลาจึงนำแม่พิมพ์ออกมา แล้วนำแผ่นไม้พาร์ทิเคิลออก
7. นำแผ่นไม้พาร์ทิเคิลอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

3.8 การทดสอบ

3.8.1 การทดสอบสมบัติของกาว

3.8.1.1 การหาค่าความหนืด

1. เทตัวอย่างกาวปริมาณ 80 mL ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 ml
2. ใช้โรเตอร์ เบอร์ 4-7 จากนั้นหมุนสกรูต่อเชื่อมเข้ากับเครื่อง Viscometer และเลื่อนโรเตอร์ลงมาจนถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้
3. ตั้งความเร็วรอบ 100 rpm เปิดสวิทซ์ให้มอเตอร์หมุนเป็นเวลา 30 วินาที อ่านค่าและบันทึกผล (วัดความหนืดทั้งหมด 4 ครั้ง และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย)



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการหาค่าความหนืดของกาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.1.2 การหาเสถียรภาพของกาว

นำกาวผสมสูตรที่ได้มาวัดความหนืด สังเกตการแยกชั้นและการเกิดเป็นไตทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ จดบันทึกผล

3.8.1.3 การหาค่าปริมาณของแข็ง (Solid content)

1. ชั่งน้ำหนักกระถงฟอยล์และบันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งน้ำหนักกาว 10 กรัม ลงในกระถงฟอยล์ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน โดยให้กาวกระจายอยู่ที่วกระถง แล้วบันทึกน้ำหนัก
3. เตรียมกาวสูตรละ 3 กระถง
4. นำกาวที่ชั่งน้ำหนักแล้วใส่ในตู้อบ โดยใช้อุณหภูมิ 120°C อบจนกระทั่งน้ำหนัคงที่
5. นำกาวออกจากตู้อบ แล้วชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาค่า Solid content (%) จากสมการที่ (3.2)

$$\text{Solid content (\%)} = 100 - \frac{[(\text{น้ำหนักกาวก่อนอบ} - \text{น้ำหนักกาวหลังอบ}) \times 100]}{\text{น้ำหนักกาวก่อนอบ}} \dots\dots\dots(3.2)$$

3.8.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นไม้พาร์เคิล

3.8.2.1 ความหนาแน่น (Density)

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นไม้พาร์ทิเคิลขนาด 5x5x1 cm³ สำหรับทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876
2. วัดความยาว, ความกว้าง และความหนาของชิ้นงาน (บันทึกค่าเป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง)
3. ชั่งน้ำหนักแผ่นพาร์ทิเคิลและคำนวณความหนาแน่นจากสมการที่ (3.3)

$$\text{Density (g/cm}^3\text{)} = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(3.3)$$

เมื่อ m คือ มวลของชิ้นทดสอบ (g)
 V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ (cm³)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.2.2 การทดสอบหาความชื้น (Moisture content)

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด $5 \times 5 \times 1 \text{ cm}^3$ สำหรับทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876
2. ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนนำไปอบ
3. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักจนได้มวลคงที่
4. คำนวณค่าปริมาณความชื้นจากสมการที่ (3.4)

$$\% \text{ ปริมาณความชื้น} = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{m_2} \dots\dots\dots(3.4)$$

เมื่อ m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบแห้ง (g)
 m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง (g)



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างชิ้นงานสำหรับใช้ทดสอบความหนาแน่น, ความชื้น, การพองตัวของความหนา และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

3.8.2.3 การทดสอบการพองตัวของความหนา (Swelling test)

1. ตัดชิ้นงานตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด $5 \times 5 \times 1 \text{ cm}^3$
2. ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนา วัดความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ
3. แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาด โดยนำชิ้นงานตัวอย่างมาวัดความหนาภายหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง สำหรับการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876 และ 24 ชั่วโมง สำหรับการทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 โดยรีบน้ำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้า แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิมเป็นความหนาหลังแช่น้ำ
4. คำนวณการพองตัวของความหนาภายหลังแช่น้ำจากสมการที่ (3.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ การพองตัวทางความหนาภายหลังแช่น้ำ} = \frac{(t_2 - t_1) \times 100}{t_1} \dots\dots(3.5)$$

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นตัวอย่างก่อนแช่น้ำ (mm)
 t_2 คือ ความหนาของชิ้นตัวอย่างภายหลังแช่น้ำ (mm)



รูปที่ 3.12 การทดสอบการพองตัวทางความหนา

3.8.2.4 การทดสอบความต้านทานแรงดัดโค้งงอและมอดุลัสยืดหยุ่น (Bending strength and bending modulus test)

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด $5 \times 15 \times 1 \text{ cm}^3$
2. วัดความยาว ความกว้าง และความหนาของชิ้นงาน
3. จากนั้นนำมาทดสอบความต้านทานแรงดัดโค้งงอและมอดุลัสยืดหยุ่น ด้วยเครื่อง

Universal testing machine

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณ

1. ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอ จากสมการที่ (3.6)

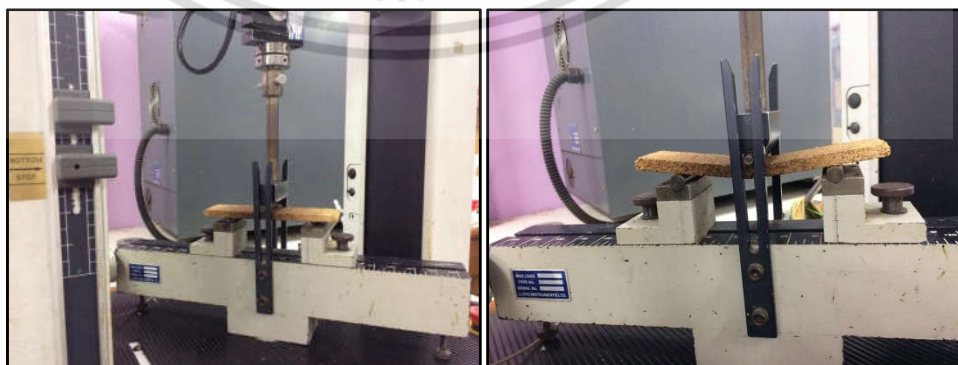
$$f_m = \frac{3F_{\max}l_1}{2bt^2} \dots\dots\dots(3.6)$$

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

2. ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น จากสมการที่ (3.7)

$$E_m = \frac{l_1^3 (F_2 - F_1)}{4bt^3 (a_2 - a_1)} \dots\dots\dots(3.7)$$

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



รูปที่ 3.13 การทดสอบการต้านทานแรงดัดโค้งงอและมอดุลัสยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

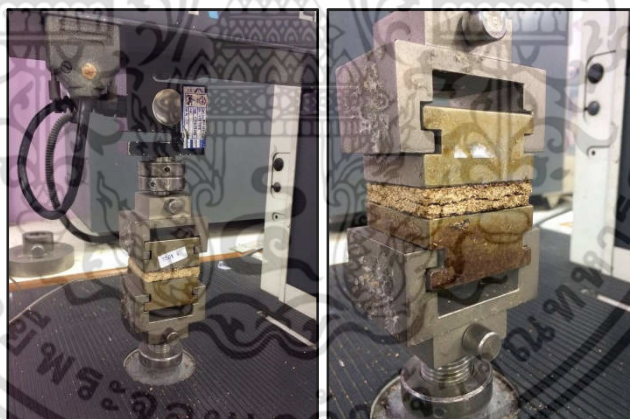
3.8.2.5 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal bonding)

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด $5 \times 5 \times 1 \text{ cm}^3$ สำหรับทดสอบมาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908 วัดความยาว ความกว้าง และความหนา หลังจากนั้นตัดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงโดยใช้กาวสังเคราะห์ (กาว Hot melt) ที่ให้แรงยึดระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบ

2. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้ไปทำการทดสอบด้วยเครื่อง Universal testing machine โดยดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันใช้ความเร็วในการดึง 2 mm/min และคำนวณค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสมการที่ (3.8)

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (MPa)} = \frac{P}{bL} \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

เมื่อ P คือ แรงดึงสูงสุด (N)
 b คือ ความกว้างของชิ้นงาน (mm)
 L คือ ความยาวของชิ้นงาน (mm)



รูปที่ 3.14 การทดสอบแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

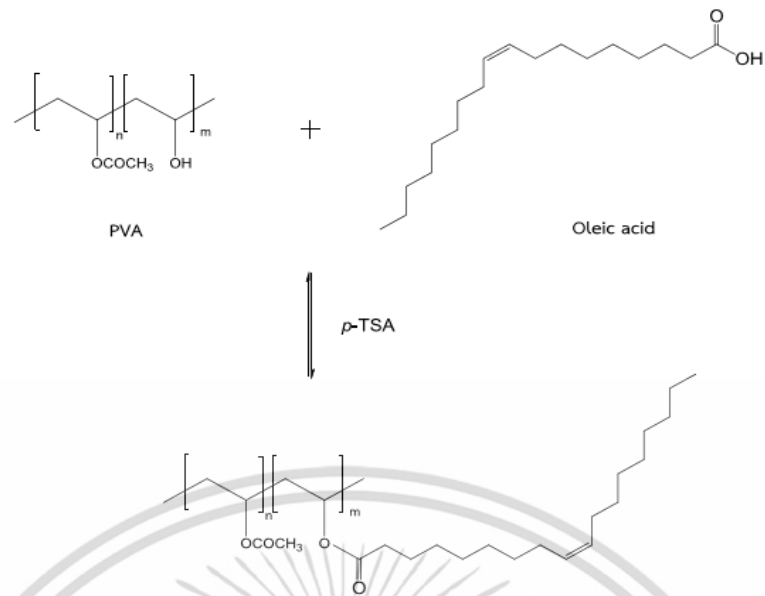
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาสมบัติเชิงกลและสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวไร้สารพอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเตรียมได้จากสารละลาย PVA, สารละลาย PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก และน้ำมันทั้ง โดยขั้นแรกเป็นการเตรียมสารละลาย PVA ทั้ง 3 เกรด ได้แก่ 1. PVA เกรด PH % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูง 2. PVA เกรด FL % ไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ และ 3. PVA เกรด PL % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำ ขั้นตอนที่สองเตรียมสารละลาย PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก โดยการใช้ PVA เกรด PH (หรือ PL) ขั้นตอนต่อไปทำการเตรียมกาวผสมสูตรโดยการผสมสารละลาย PVA, สารละลาย PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก, น้ำมันทั้ง, *p*-TSA และ KPS ตามอัตราส่วนต่าง ๆ โดยปัจจัยศึกษาคือ 1. มวลโมเลกุลของ PVA 2. % ไฮโดรไลซิสของ PVA 3. การปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิก และ 4. ความเข้มข้นของสารละลาย PVA

ขั้นตอนที่ 4 ทำการขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิลโดยผสมขึ้นไม้กับกาวสูตรต่าง ๆ แล้วอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 230°C เป็นเวลา 5 นาที และ Post cure ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชม. หลังจากนั้นจึงนำแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้มาทดสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติการต้านทานน้ำ โดยทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า ค่าการพองตัวทางความหนา ค่าความหนาแน่น และค่าความชื้น ตามมาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908 พร้อมทั้งศึกษาค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

4.1 การเกิดปฏิกิริยาระหว่าง PVA และกรดโอเลอิก

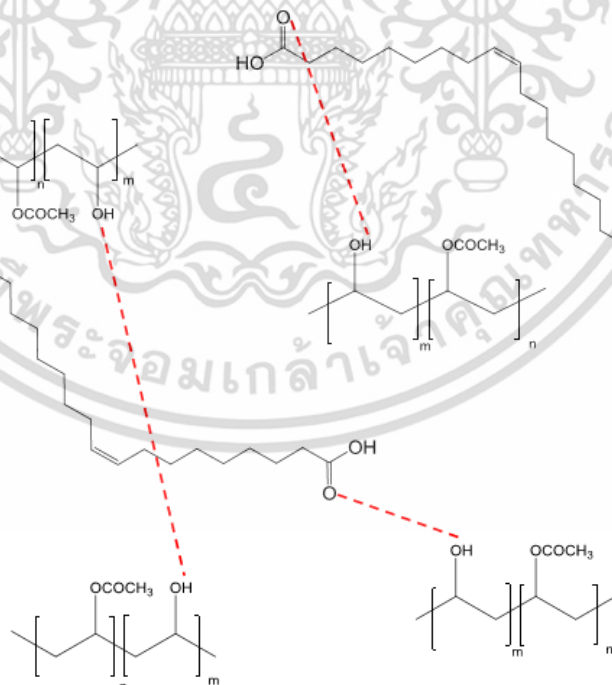
โครงสร้างของ PVA ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่มีขั้ว จึงทำให้ PVA มีความชอบน้ำ และมีสมบัติการต้านทานน้ำหรือความชื้นต่ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วน (PH และ PL) ด้วยกรดโอเลอิก และใช้ *p*-TSA เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา เพื่อเพิ่มสมบัติการต้านทานน้ำหรือความชื้นของ PVA [45] โดยสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ 2 ประเภท คือ

1. ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification reaction) ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอกซิลของกรดโอเลอิก และหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ของ PVA ดังรูปที่ 4.1 การเพิ่มปริมาณกรดโอเลอิกในโครงสร้างของ PVA ทำให้โครงสร้างของ PVA ประกอบด้วยส่วนที่ไม่มีขั้วมากขึ้น ส่งผลทำให้มีสมบัติการต้านทานน้ำและความชื้นเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.1 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่าง PVA และกรดโอเลอิก [45]

2. การเกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ OH ของ PVA โดยอาจมีการเกี่ยวและกักโมเลกุลของกรดโอเลอิกไว้ภายในโครงสร้าง และการเกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ OH ของ PVA และหมู่คาร์บอกซิลิกของกรดโอเลอิก ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่าง PVA และกรดโอเลอิกที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

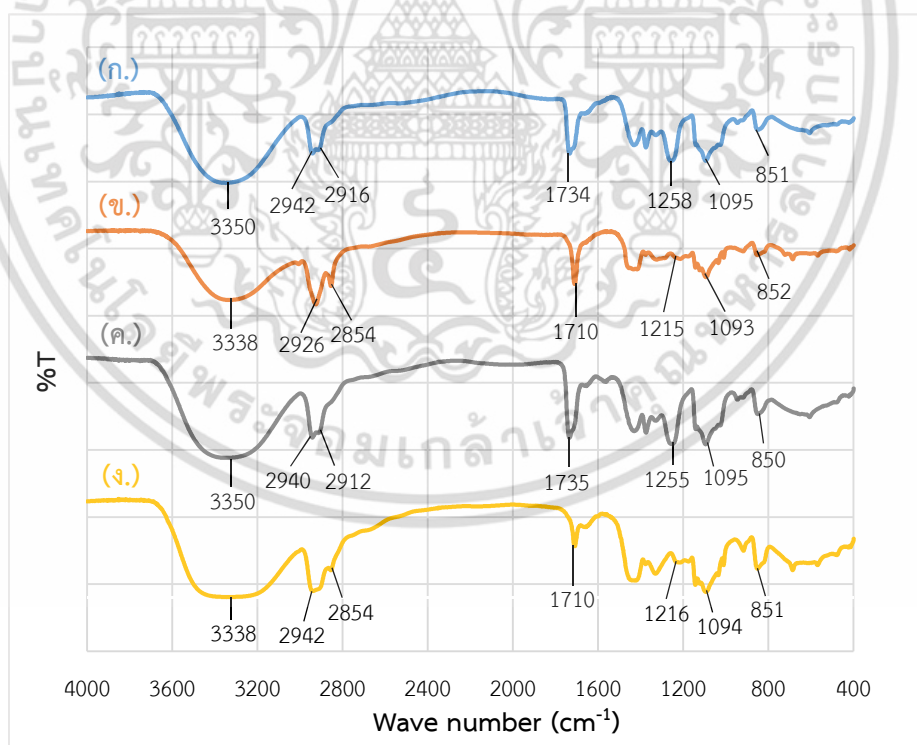
4.1.1 การตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

การศึกษาหมู่ฟังก์ชันทำได้โดยการใช้เครื่อง FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer) พิจารณาเปรียบเทียบระหว่าง PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก และ PVA ทั้ง 2 เกรด คือ เกรด PH และ PL

ตารางที่ 4.1 หมู่ฟังก์ชันที่ปรากฏของ PVA และ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

เลขคลื่น (cm^{-1})	ลักษณะการสั่น [34]
3200-3550	O-H stretching (alcohols)
2840-3000	C-H stretching (alkanes)
1735-1750	C=O stretching (esters)
1710-1720	C=O stretching (carboxylic acids)
1000-1300	C-O stretching (esters)
850-852	C-H bending (alkanes)

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก แสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 สเปกตรัมของ PVA และ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (ก.) PH (ข.) PH* (ค.) PL และ (ง.) PL*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 แสดงสเปกตรัมของ PVA และ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก พบว่า PVA ทุกชนิดปรากฏพีก O-H stretching ที่ตำแหน่งประมาณ $3200-3550\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเกิดจากพันธะไฮโดรเจนที่อยู่ภายในโมเลกุลและระหว่างโมเลกุลของ PVA นอกจากนี้ยังพบพีกที่ตำแหน่ง $2840-3000\text{ cm}^{-1}$, $1000-1300\text{ cm}^{-1}$ และ $847-853\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นพีกของ C-H stretching, C-O stretching และ C-H bending ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาสเปกตรัม (ข.) และ (ง.) พบว่าสเปกตรัมของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH* และ PL*) ปรากฏการเปลี่ยนแปลงของพีก C=O stretching จากตำแหน่ง 1735 cm^{-1} เป็น 1710 cm^{-1} และพบการเปลี่ยนแปลงของพีก C-O stretching ที่ตำแหน่ง 1255 cm^{-1} เป็น 1215 cm^{-1} ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา Hydrolysis ตัดหมู่อะซิเตตของ PVA และเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างหมู่ OH ของ PVA กับกรดโอเลอิก ดังรูปที่ 4.1

4.1.2 การตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของ PVA

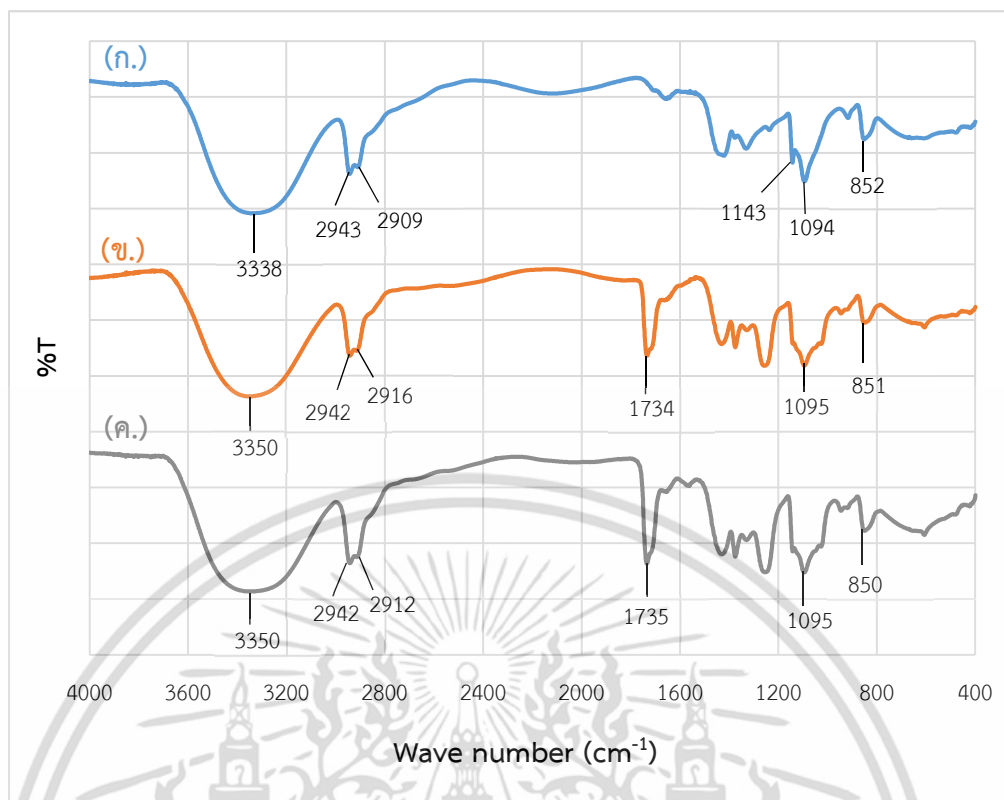
การศึกษาหมู่ฟังก์ชันทำได้โดยการใช้เครื่อง FTIR โดยตรวจวิเคราะห์ PVA 3 เกรด ที่ใช้ใน งานวิจัยนี้ ได้แก่ PH, FL และ PL

โดยที่ PH คือ เกรด % ไฮโดรไลซิสต่ำ (87.0-89.0%) และมวลโมเลกุลสูง
 FL คือ เกรด % ไฮโดรไลซิสสูง (99.0-100%) และมวลโมเลกุลต่ำ
 PL คือ เกรด % ไฮโดรไลซิสต่ำ (86.5-89.0%) และมวลโมเลกุลต่ำ

ตารางที่ 4.2 หมู่ฟังก์ชันที่ปรากฏของ PVA

เลขคลื่น (cm^{-1})	ลักษณะการสั่น [34]
3200-3550	O-H stretching (alcohols)
2840-3000	C-H stretching (alkanes)
1735-1750	C=O stretching (esters)
1050-1150	C-O stretching (alcohols)
1000-1300	C-O stretching (esters)
847-853	C-H bending (alkanes)

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของ PVA เกรดต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 สเปกตรัมของ PVA ที่มี % ไฮโดรไลซิสแตกต่างกัน (ก.) FL (ข.) PH และ (ค.) PL

เมื่อพิจารณาสเปกตรัม (ข.) และ (ค.) ซึ่งเป็นสเปกตรัมของ PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วน พบว่าปรากฏพีกที่ตำแหน่ง 1735 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของ C=O stretching ของหมู่เอซิติลที่มีเหลืออยู่ในโครงสร้างของ PVA [34] และเมื่อพิจารณาสเปกตรัม (ก.) ซึ่งเป็นสเปกตรัมของ PVA เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมด พบว่าเมื่อ PVA ถูกไฮโดรไลซิสทั้งหมด พีก O-H stretching จะเคลื่อนไปยังเลขคลื่นที่ต่ำลงที่ตำแหน่ง 3338 cm^{-1} ซึ่งเกิดจากความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนที่เพิ่มขึ้นระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของ PVA นั้นเอง [43] และยังพบว่าสเปกตรัม (ก.) ไม่ปรากฏพีกของ C=O stretching ของหมู่เอซิติล แต่พบพีกที่ตำแหน่ง 1143 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของ C-O stretching (esters) ภายในสายโซ่พอลิเมอร์ [44]

4.2 การวิเคราะห์สมบัติของกาวผสมสูตร

กาวผสมสูตรที่ศึกษาโดยการปั่นกวนด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ด้วยความเร็วรอบ 9000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที แสดงในตารางที่ 3.2

4.2.1 ค่าความหนืดและเสถียรภาพของกาว

นำกาวผสมสูตรต่าง ๆ ที่ได้ไปวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield ผลจากการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาความหนืดของกาวหลังการปั่นกาว 1 วัน พบว่าสูตรกาวที่ใช้ความเข้มข้นของสารละลาย PVA 15% w/w (PL₁₅ และ PL₁₅^{*}) มีความหนืดมากกว่ากาวที่ใช้สารละลาย PVA เข้มข้น 10% w/w (PL₁₀ และ PL₁₀^{*}) เนื่องจากในกาวมีเนื้อพอลิเมอร์ในสารละลายมากกว่าจึงทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณการใช้ PVA เกรดมวลโมเลกุลสูง (PH และ PH^{*}) ในกาว ส่งผลทำให้ความหนืดของกาวเพิ่มขึ้น และสุดท้ายพบว่าการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิก (PH^{*}, PL₁₀^{*} และ PL₁₅^{*}) ทำให้กาวมีความหนืดลดลงเมื่อเทียบกับกาวสูตรที่ไม่ได้ปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิก เนื่องจากอาจมีกรดโอเลอิกที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับหมู่ OH ของ PVA เหลืออยู่และทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ จึงทำให้ความหนืดของกาวลดลง

จากการศึกษาเสถียรภาพของกาวโดยการตั้งกาวทิ้งไว้ และสังเกตความเปลี่ยนแปลงรวมถึงวัดความหนืดทุก ๆ สัปดาห์ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะเวลาที่กาวเกิดการค้ำสามารถคงสภาพอยู่ได้ จากผลการทดลองพบว่าค่าความหนืดมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจาก

1. กาวทุกสูตรมีน้ำมันทั้งเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งน้ำมันทั้งสามสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ตำแหน่งพันธะคู่กับออกซิเจนในอากาศได้ ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของน้ำมันทั้งทั้งภายในและภายนอกโมเลกุล ส่งผลให้ความหนืดสูงขึ้นเมื่อเทียบกับความหนืดเริ่มต้น [8-9]
2. เกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของ PVA และเกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลกับน้ำมันทั้ง ส่งผลให้มีค่าความหนืดสูงขึ้น
3. เกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของ PVA กับกรดโอเลอิก และเกิดการเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดโอเลอิก สำหรับกาวที่ใช้ PVA ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH^{*}, PL₁₀^{*} และ PL₁₅^{*}) เป็นองค์ประกอบ

อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อวางกาวทิ้งไว้หลังจากสัปดาห์ที่ 1 กาวบางสูตรเกิดการแยกชั้นหรือเกิดการแข็งเป็นแผ่นฟิล์มที่ผิวหน้า เนื่องจากกาวบางสูตรมีกรดโอเลอิกที่เป็นกรดไขมันเป็นองค์ประกอบ เมื่อวางทิ้งไว้ทำให้เกิดการแยกชั้นระหว่าง PVA และกรดโอเลอิก และอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศได้ จึงทำให้ค่าความหนืดในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 มีค่าต่ำลงจากผลการทดสอบเสถียรภาพของกาว พบว่าสูตรกาวที่มีเสถียรภาพหลังตั้งกาวทิ้งไว้เป็นเวลา

3 สัปดาห์ ได้แก่ กาวสูตร PH*2FL8, PH*3FL7, PH*2PL₁₀*8, PH*1.8FL4.2PL₁₀*4, PH*1.2FL2.8PL₁₀*6, PH2PL₁₅8T และ PH*2PL₁₅*8

โดยค่าความหนืดของกาวมีผลต่อกระบวนการพ่นกาว ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงดันที่ใช้ในการสเปรย์กาว โดยในงานวิจัยนี้สามารถพ่นกาวได้ที่ความหนืดสูงสุดประมาณ 800 cPs เนื่องจากประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในการพ่นกาว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการผสมกาวและนำไปขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิลทันที

ตารางที่ 4.3 ความหนืดของกาวสูตรต่าง ๆ

สูตรกาว	ค่าความหนืดของกาวสูตรต่าง ๆ (cPs)				หมายเหตุ
	หลังการปั่น กวน 1 วัน	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	
PL ₁₀ 10	150 ± 12	80 ± 0	55 ± 6	225 ± 37	- สัปดาห์ที่ 1 และ 2 : ผิวหน้ากาวแข็งเป็น แผ่นไต - สัปดาห์ที่ 3 : กาวแข็งเป็น ก้อนเล็กๆ รวมกัน
PL ₁₅ 10	730 ± 12	380 ± 0	413 ± 10	628 ± 10	- สัปดาห์ที่ 1 และ 2 : ผิวหน้ากาวแข็งเป็น แผ่นฟิล์มบางๆ - สัปดาห์ที่ 2 : ผิวหน้ากาว แข็งเป็นไตและกาว หนืดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด
PL ₁₀ *10	90 ± 8	118 ± 5	140 ± 0	175 ± 10	- สัปดาห์ที่ 2 : ผิวหน้ากาว แข็งเป็นแผ่น - สัปดาห์ที่ 3 : กาวแยกชั้น ไม่เป็นเนื้อเดียวกันใน
PH2FL8	730 ± 20	615 ± 10	5,731 ± 236	9,100 ± 404	- สัปดาห์ที่ 1 : ผิวหน้ากาว เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ - สัปดาห์ที่ 2 : กาวมีความ หนืดเพิ่มขึ้นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความหนืดของกาวสูตรต่าง ๆ (ต่อ)

สูตรกาว	ค่าความหนืดของกาวสูตรต่าง ๆ (cPs)				หมายเหตุ
	หลังการปั่น กวน 1 วัน	สัปดาห์ ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	
					- สัปดาห์ที่ 3 : กาวหนืด มากจนแทบจะเป็น ของแข็ง เนื่องจากใน เนื้อกาวประกอบด้วย PVA เกรด FL จึงทำให้ มีความหนาแน่นของ พันธะไฮโดรเจนระหว่าง หมู่ OH ของ PVA จำนวนมาก ส่งผลทำให้ เนื้อกาวแข็งมากขึ้น
PH3FL7	808 ± 10	668 ± 10	2,215 ± 247	9,050 ± 915	- สัปดาห์ที่ 1 : ผิวหน้า กาวเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ - สัปดาห์ที่ 3 : กาว หนืดขึ้นมากจนเกือบ เป็นของแข็งเช่นเดียวกับ กาวสูตร PH2FL8
PH*2FL8	285 ± 10	395 ± 10	500 ± 0	615 ± 10	-
PH*3FL7	455 ± 10	680 ± 0	920 ± 28	1,100 ± 16	-
PH2PL ₁₀ 8	318 ± 5	160 ± 0	183 ± 5	220 ± 0	- สัปดาห์ที่ 1 : กาวเริ่ม แยกชั้น
PH*2PL ₁₀ 8	185 ± 10	200 ± 0	188 ± 10	190 ± 0	- สัปดาห์ที่ 1 : กาวเริ่ม แยกชั้น ชั้นบนขุ่น ชั้น ล่างใส - สัปดาห์ที่ 2 และ 3 : กาวแยกชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความหนืดของกาวสูตรต่าง ๆ (ต่อ)

สูตรกาว	ค่าความหนืดของกาวสูตรต่าง ๆ (cPs)				หมายเหตุ
	หลังการ ปั่นกวน 1 วัน	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	
PH*2PL ₁₀ *8	215 ± 6	303 ± 5	335 ± 10	410 ± 35	-
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	233 ± 5	290 ± 12	363 ± 5	390 ± 12	-
PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	163 ± 5	190 ± 12	208 ± 10	190 ± 12	-
PH2PL ₁₅ 8	485 ± 6	550 ± 8	650 ± 12	1,135 ± 19	-
PH*2PL ₁₅ *8	908 ± 10	1,585 ± 10	1,705 ± 19	1,775 ± 30	-

4.2.2 ปริมาณของแข็งคงเหลือ

ค่า Solid content (%) ตามทฤษฎีสามารถคำนวณได้จากปริมาณขององค์ประกอบที่เป็นของแข็งในสารละลาย PVA, ตัวริเริ่มปฏิกิริยา KPS, ตัวเร่งปฏิกิริยา *p*-TSA และองค์ประกอบที่เปลี่ยนเป็นของแข็งเมื่อเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ กรดโอเลอิกและน้ำมันทั้ง ที่ใช้ในขั้นตอนการเตรียมกาว ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎีและผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

ตัวอย่างการคำนวณจากทฤษฎี

กาวสูตร PL₁₀10

คติน้ำหนักของปริมาณของแข็งในกาว ได้แก่

1. สารละลาย 10% PVA 85 กรัม มีเนื้อของ PVA = 8.50 กรัม
 2. น้ำหนักน้ำมันทั้ง 15.00 กรัม
 3. น้ำหนัก KPS 1.00 กรัม
 4. น้ำหนัก *p*-TSA 1.00 กรัม
- รวม 25.50 กรัม

กาวสูตร PH*2FL8

คติน้ำหนักของปริมาณของแข็งในกาว ได้แก่

1. สารละลาย PVA ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 17 กรัม มีปริมาณของแข็งดังนี้
 - สารละลาย 10% PVA 16.04 กรัม มีเนื้อของ PVA = 1.60 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- น้ำหนักกรดโอเลอิก	0.80 กรัม	
- น้ำหนัก p-TSA	0.16 กรัม	
2. สารละลาย 10% PVA	68 กรัม	มีเนื้อของ PVA = 6.80 กรัม
3. น้ำหนักน้ำมันทั้ง	15.00 กรัม	
4. น้ำหนัก KPS	1.00 กรัม	
5. น้ำหนัก p-TSA	1.00 กรัม	
รวม	26.36 กรัม	

ตัวอย่างการคำนวณจากการทดลอง

กาวสูตร PL₁₀10

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

เช่น น้ำหนักกาวก่อนอบ = 10.14 กรัม

น้ำหนักกาวหลังอบ = 2.35 กรัม

$$\text{Solid content (\%)} = 100 - \frac{[(10.14 - 2.35) \times 100]}{10.14}$$

ดังนั้น Solid content (%) = 23.17

ตารางที่ 4.4 Solid content (%) ของกาวสูตรต่าง ๆ

สูตรกาว	Solid content (%)	
	ค่าตามทฤษฎี	ค่าที่ได้จากการทดลอง
PL ₁₀ 10	25.50	22.19 ± 1.96
PL ₁₅ 10	29.75	26.91 ± 0.72
PL ₁₀ *10	29.83	22.46 ± 1.59
PH2FL8	25.50	21.13 ± 0.90
PH3FL7	25.50	24.04 ± 0.16
PH*2FL8	26.36	26.90 ± 0.19
PH*3FL7	26.80	26.86 ± 0.12
PH2PL ₁₀ 8	25.50	24.11 ± 0.18
PH*2PL ₁₀ 8	26.36	25.95 ± 0.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 Solid content (%) ของกาวยสูตรต่าง ๆ (ต่อ)

สูตรกาวย	Solid content (%)	
	ค่าตามทฤษฎี	ค่าที่ได้จากการทดลอง
PH*2PL ₁₀ *8	29.83	28.94 ± 0.47
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	28.01	27.80 ± 0.15
PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	28.62	28.94 ± 0.12
PH2PL ₁₅ 8	28.90	27.54 ± 0.24
PH*2PL ₁₅ *8	33.04	28.55 ± 0.18

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าปริมาณของแข็งคงเหลือในสูตรกาวยต่าง ๆ มีค่าอยู่ในช่วง 21.13 - 28.94% ซึ่งมีค่าแตกต่างจากค่าปริมาณของแข็งคงเหลือที่คำนวณได้ตามทฤษฎี เนื่องจาก 1.) สารบางชนิดเกิดการเสียดสีสภาพที่อุณหภูมิที่ทำการอบ จึงทำให้ค่าปริมาณของแข็งคงเหลือที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่าปริมาณของแข็งคงเหลือที่คำนวณได้ตามทฤษฎี 2.) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ตำแหน่งพันธะคู่ของน้ำมันทั้ง เกิดเป็นสารเปอร์ออกไซด์ที่สามารถไปทำปฏิกิริยาเป็นสารตัวอื่นได้ และ 3.) ซึ้นงานตัวอย่างอาจมีน้ำเหลืออยู่เล็กน้อยหลังจากทำการอบ จึงส่งผลทำให้ค่าปริมาณของแข็งคงเหลือมีค่าสูงกว่าค่าปริมาณของแข็งคงเหลือตามทฤษฎี

4.3 การทดสอบสมบัติของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปโดยใช้กาวยผสมสูตรที่ศึกษา

การขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิลด้วยกาวยผสมสูตรที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงและอัตราส่วนต่าง ๆ ในสูตรกาวย ได้แก่

- ศึกษาผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกในสูตรกาวย
- ศึกษาผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA ในสูตรกาวย
- ศึกษาผลของมวลโมเลกุลของ PVA ในสูตรกาวย
- ศึกษาอัตราส่วนของ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูงที่ไม่ปรับปรุงและปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH และ PH*) ต่อ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) ในสูตรกาวย
- ศึกษาผลของการใช้ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH* และ PL₁₀*) ร่วมกันในสูตรกาวย
- ศึกษาอัตราส่วนของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*) และ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสสูงและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) ที่ใช้ร่วมกับ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL₁₀*) ในสูตรกาวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยู่ได้เห็นเข้าขอปรับระเบียนด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปได้มีขนาด ความกว้าง × ความยาว × ความหนา เท่ากับ 15 cm × 15 cm × 1 cm ดังรูปที่ 4.5 นำแผ่นไม้พาร์ทิเคิลตัดเป็นขนาดตามมาตรฐานการทดสอบต่าง ๆ ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 4.5 แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้จากการขึ้นรูป

4.3.1 ความหนาแน่นและความชื้นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

ค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876 ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

สูตรการ	ความหนาแน่น (g/cm ³)	ความชื้น (%)
PL ₁₀ 10	0.558 ± 0.027	1.51 ± 0.13
PL ₁₅ 10	0.589 ± 0.041	3.10 ± 0.09
PL ₁₀ *10	0.578 ± 0.013	1.28 ± 0.12
PH2FL8	0.595 ± 0.036	3.73 ± 0.27
PH3FL7	0.590 ± 0.030	3.78 ± 0.16
PH*2FL8	0.600 ± 0.048	1.57 ± 0.05
PH*3FL7	0.590 ± 0.029	1.44 ± 0.10
PH2PL ₁₀ 8	0.554 ± 0.037	1.45 ± 0.27
PH*2PL ₁₀ 8	0.573 ± 0.016	1.46 ± 0.17
PH*2PL ₁₀ *8	0.561 ± 0.016	1.43 ± 0.08
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	0.618 ± 0.022	3.50 ± 0.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ต่อ)

สูตรการ	ความหนาแน่น (g/cm ³)	ความชื้น (%)
PH*2PL ₁₀ *8	0.561 ± 0.016	1.43 ± 0.08
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	0.618 ± 0.022	3.50 ± 0.17
PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	0.607 ± 0.032	3.06 ± 0.15
PH2PL ₁₅ 8	0.633 ± 0.028	3.01 ± 0.09
PH*2PL ₁₅ *8	0.597 ± 0.036	3.03 ± 0.22
มาตรฐาน มอก. 876	0.4-0.9	≤13

การตรวจสอบความหนาแน่นและความชื้นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลตามมาตรฐานมอก. 876 ใช้ชิ้นงานทดสอบขนาด 5×5×1 cm³ โดยกำหนดค่ามาตรฐานสำหรับค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.4-0.9 g/cm³ จากผลการทดสอบได้ค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลอยู่ในช่วง 0.554-0.633 g/cm³ ซึ่งอยู่ในช่วงที่มาตรฐานกำหนดไว้ โดยปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำการศึกษาในสูตรการไม่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล คือ อุณหภูมิ ความดัน และเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูป ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลทุกสูตรมีค่าผ่านค่ามาตรฐานมอก. 876 ทั้งหมด

ในงานวิจัยนี้ก่อนทำการขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิล ได้ออบชิ้นไม้ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชม. และอบแผ่นไม้พาร์ทิเคิลหลังจากทำการขึ้นรูปแล้วที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชม. เพื่อกำจัดความชื้นออกจากแผ่นไม้ จากผลการทดสอบค่าความชื้นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 1.28-3.78% ค่าความชื้นในแผ่นไม้พาร์ทิเคิลอาจเกิดจากกาที่ใช้ในการขึ้นรูปไม้พาร์ทิเคิลมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก และขั้นตอนการเก็บชิ้นงานเพื่อรอการทดสอบชิ้นงานสามารถดูดความชื้นในอากาศได้ อย่างไรก็ตามค่าความชื้นของแผ่นไม้จากกาทุกสูตรมีค่าน้อยกว่า 13% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 ที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการปรับเปลี่ยนปัจจัยการศึกษาต่าง ๆ ไม่ได้ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญกับค่าความชื้นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล แต่ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าความชื้นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล คือ เวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิลและเวลาที่ใช้ออบแผ่นไม้พาร์ทิเคิลหลังการขึ้นรูป ซึ่งส่งผลต่อการระเหยน้ำและความชื้นที่มีอยู่ในแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

4.3.2 สมบัติเชิงกลและสมบัติการพองตัวของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

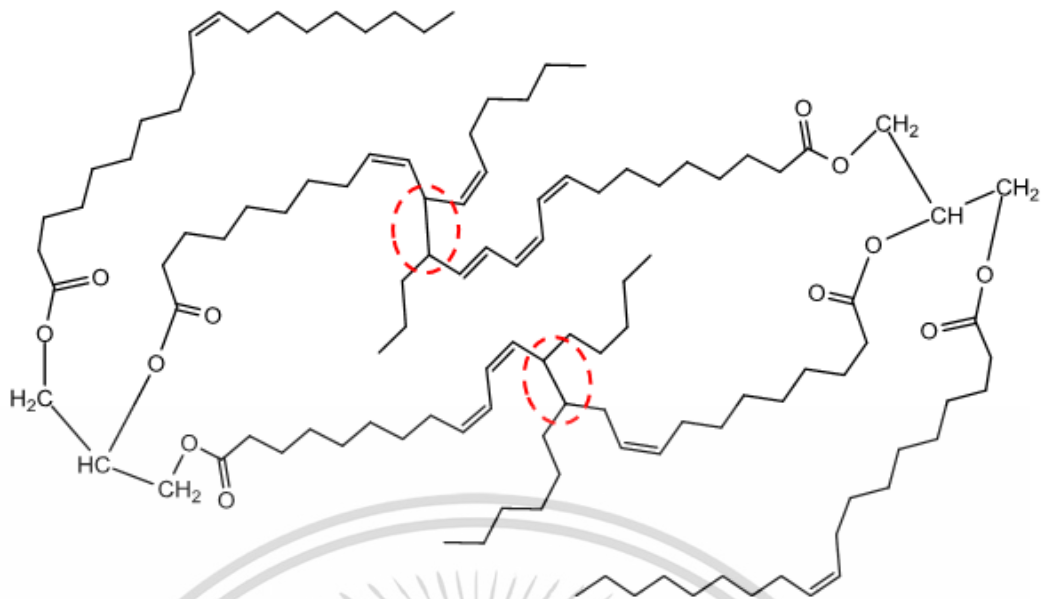
สมบัติเชิงกลของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ทดสอบ ได้แก่ ความต้านทานแรงดัดโค้งงอ โมดูลัสยืดหยุ่น ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า การพองตัวของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ 1 ซม. และ 24 ซม. โดยทำการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและสมบัติการพองตัวของความหนาตามมาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908 ผลการทดสอบแสดงดังหัวข้อต่อไป

4.3.2.1 ศึกษาผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกในสูตรกาว

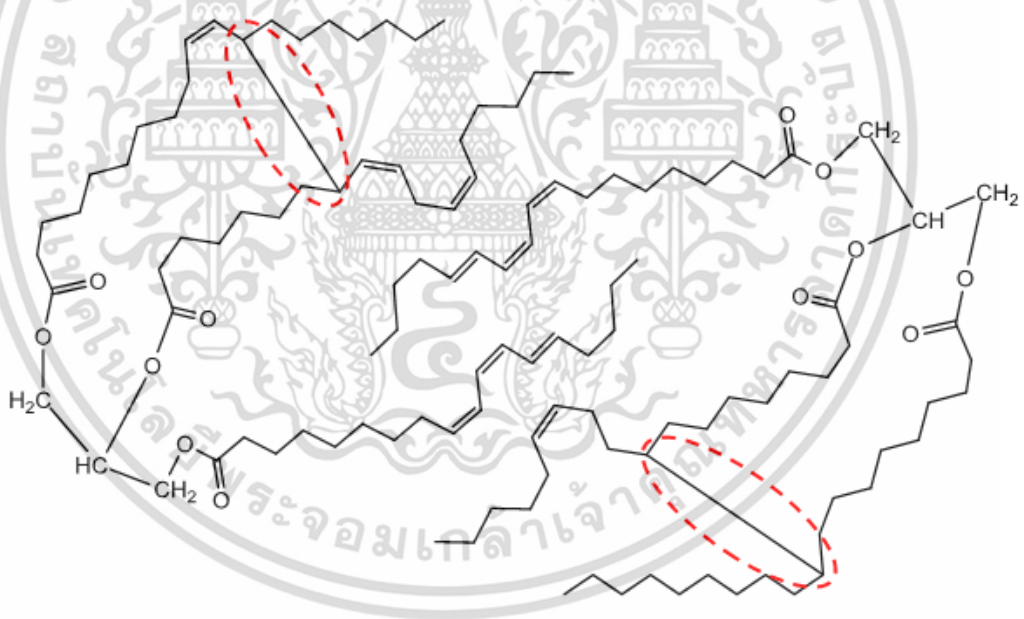
ในงานวิจัยนี้ศึกษาผลของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกที่มีผลต่อสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลของสมบัติการพองตัวของความหนาเนื่องจากงานวิจัยก่อนหน้าได้ศึกษาการพัฒนาการไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จาก PVA ปรับปรุงด้วยน้ำมันทังและน้ำยางธรรมชาติสำหรับแผ่นไม้พาร์ทิเคิล [9] พบว่าค่าสมบัติเชิงกลต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ดี ยกเว้นค่าการพองตัวของความหนาที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908 โดยในงานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมอลโมเลกุลต่ำด้วยกรดโอเลอิก (PL*) ซึ่งเป็น PVA เกรดที่ใช้ในงานวิจัยก่อนหน้า และทำการขึ้นรูปไม้พาร์ทิเคิลโดยใช้กาวสูตร PL₁₀10 และ PL₁₀*10 อัตราส่วนกาว : ไม้ เท่ากับ 70 : 30 ขึ้นรูปที่สภาวะ 230°C เป็นเวลา 5 นาที และ Post cure หลังจากขึ้นรูปเป็นเวลา 24 ชม.

งานวิจัยก่อนหน้า พบว่าผลจากการ Post cure หลังจากขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิลเป็นเวลา 24 ชม. [9] ส่งผลต่อสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล เนื่องจากการให้ความร้อนหลังการขึ้นรูปช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ 4 ประเภท ดังต่อไปนี้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1. การเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ของน้ำมันทังภายในโมเลกุลและระหว่างโมเลกุล โดยมี KPS เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา ซึ่งเกิดการแตกตัวที่ช่วงอุณหภูมิ 60-80°C เกิดอนุมูลอิสระ และเข้าทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่ หรือที่คาร์บอนตำแหน่งอัลไลลิกของน้ำมันทัง ทำให้โมเลกุลของน้ำมันทังเกิดการเชื่อมโยง ดังรูปที่ 4.6-4.7



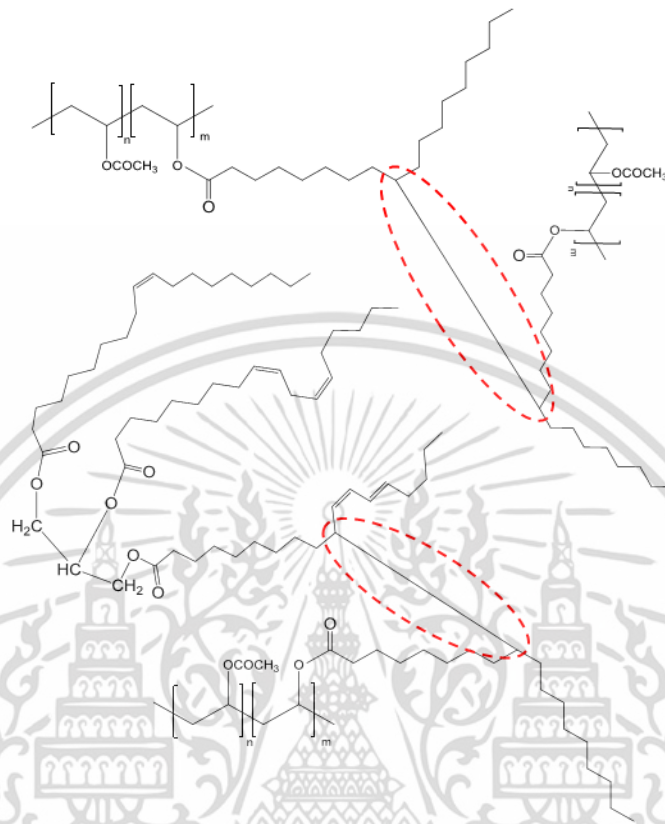
รูปที่ 4.6 ปฏิกริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ภายในโมเลกุลของน้ำมันทั้ง [61]



รูปที่ 4.7 ปฏิกริยาการเชื่อมโยงของพันธะคู่ระหว่างโมเลกุลของน้ำมันทั้ง [61]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

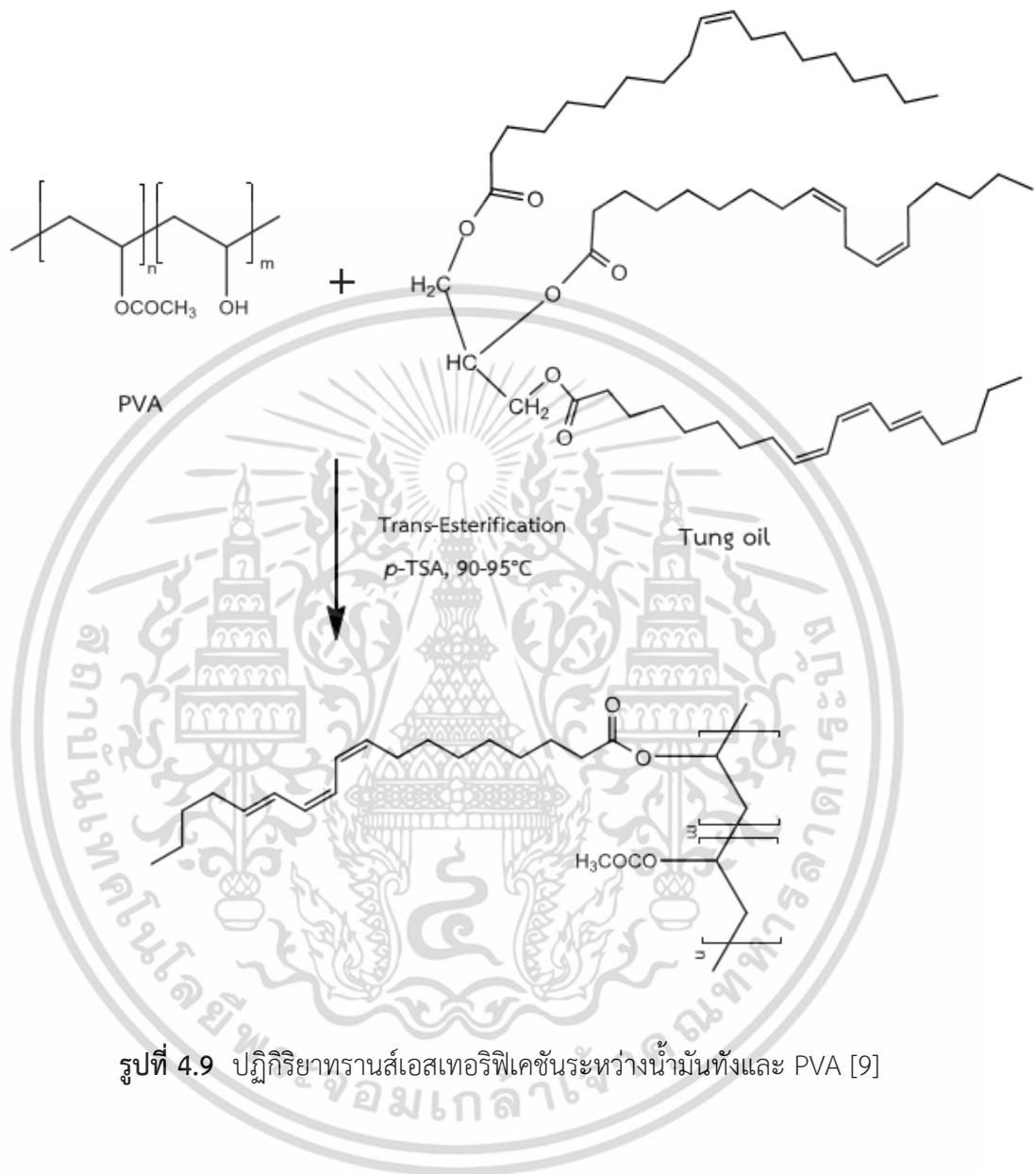
2. การเกิดการเชื่อมโยงของพันธะคู่กรดโอเลอิกของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างกับพันธะคู่ของกรดโอเลอิก และพันธะคู่ของน้ำมันหัง ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ปฏิกริยาการเชื่อมโยงระหว่างพันธะคู่ของกรดโอเลอิก และพันธะคู่ของกรดโอเลอิกกับน้ำมันหัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

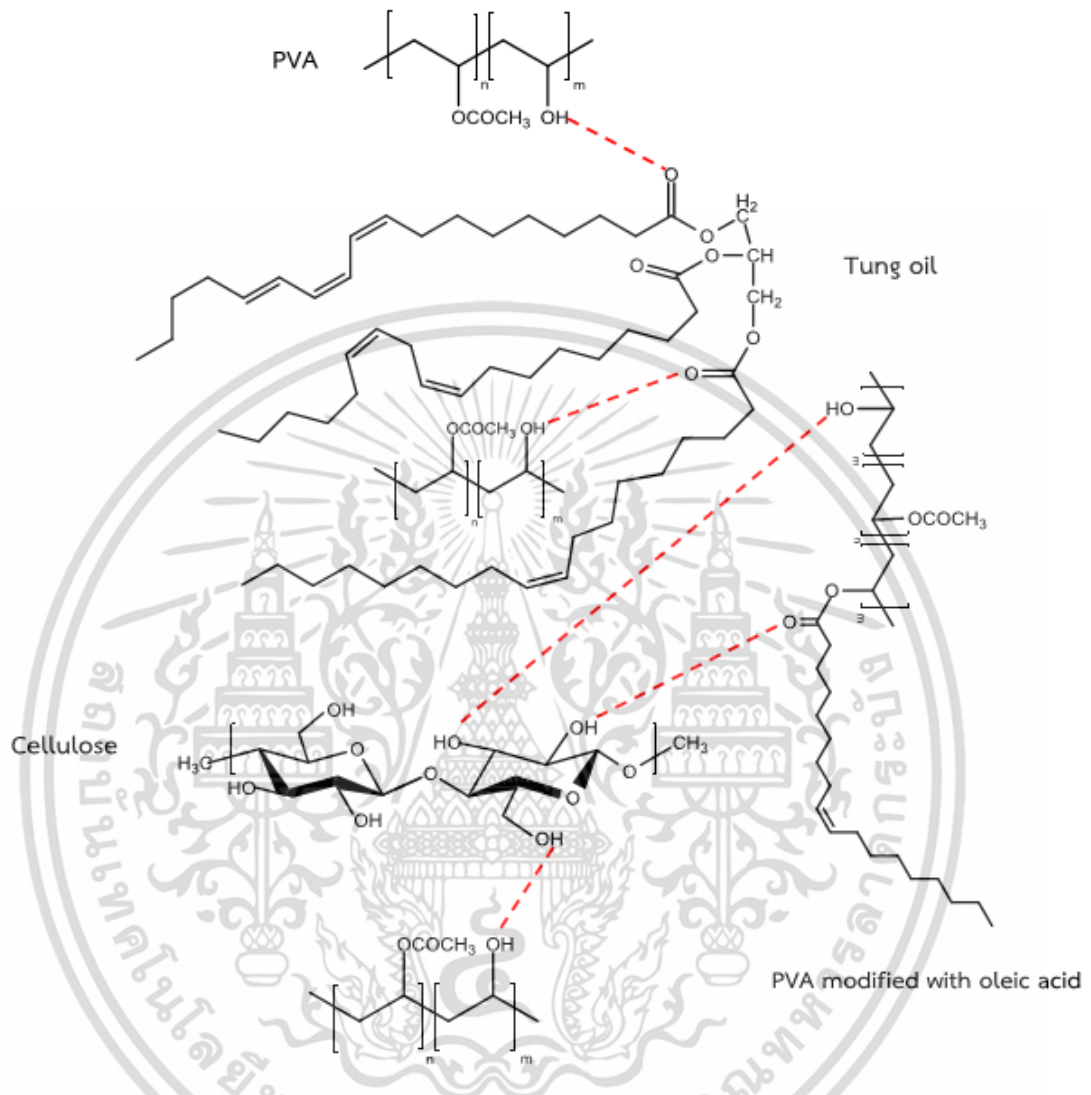
3. การเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Trans-esterification) ระหว่างหมู่เอสเทอร์ของน้ำมันทั้งกับหมู่ไฮดรอกซิลของ PVA โดยมี *p*-TSA เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันทั้งและ PVA [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

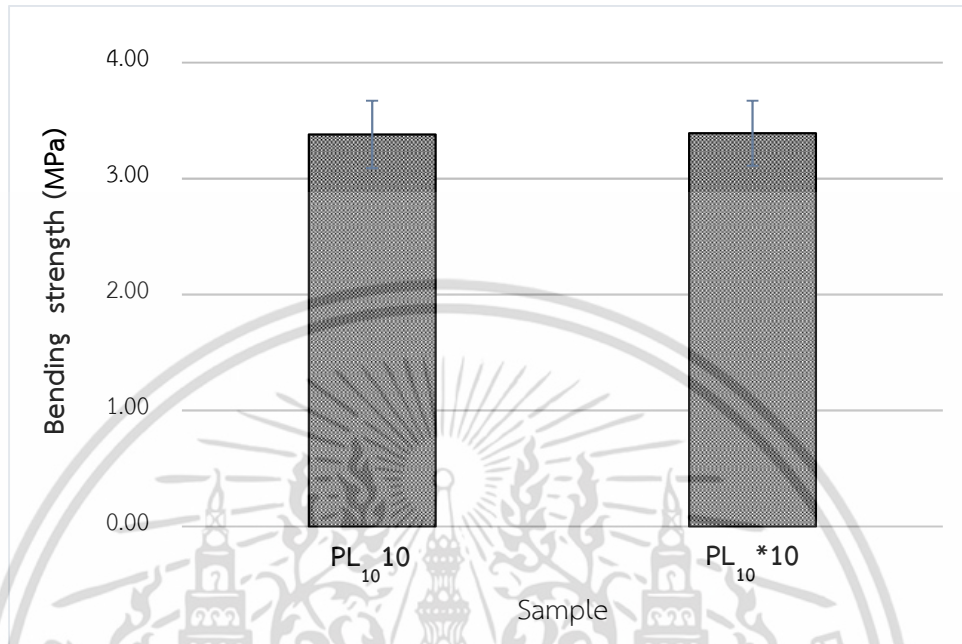
4. พันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของ PVA น้ำมันทัง และเซลลูโลสของเนื้อไม้ ดังรูปที่ 4.10



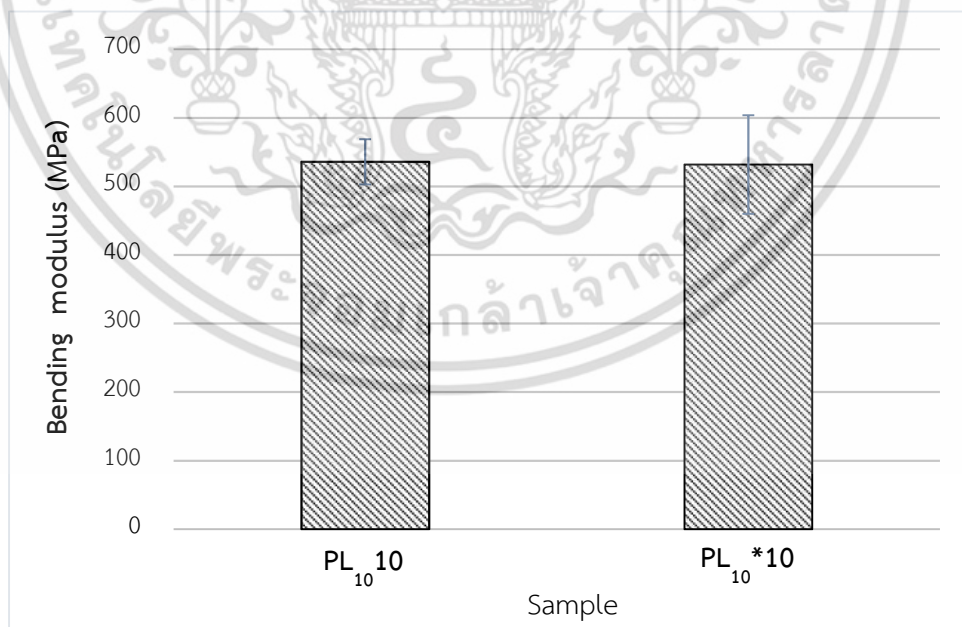
รูปที่ 4.10 การเกิดแรงยึดเหนี่ยวพันธะไฮโดรเจนระหว่าง PVA น้ำมันทัง และเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบค่าสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล ได้แก่ ความต้านทานแรงดัดโค้งงอ ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม. แสดงดังรูปที่ 4.11-4.14 ตามลำดับ



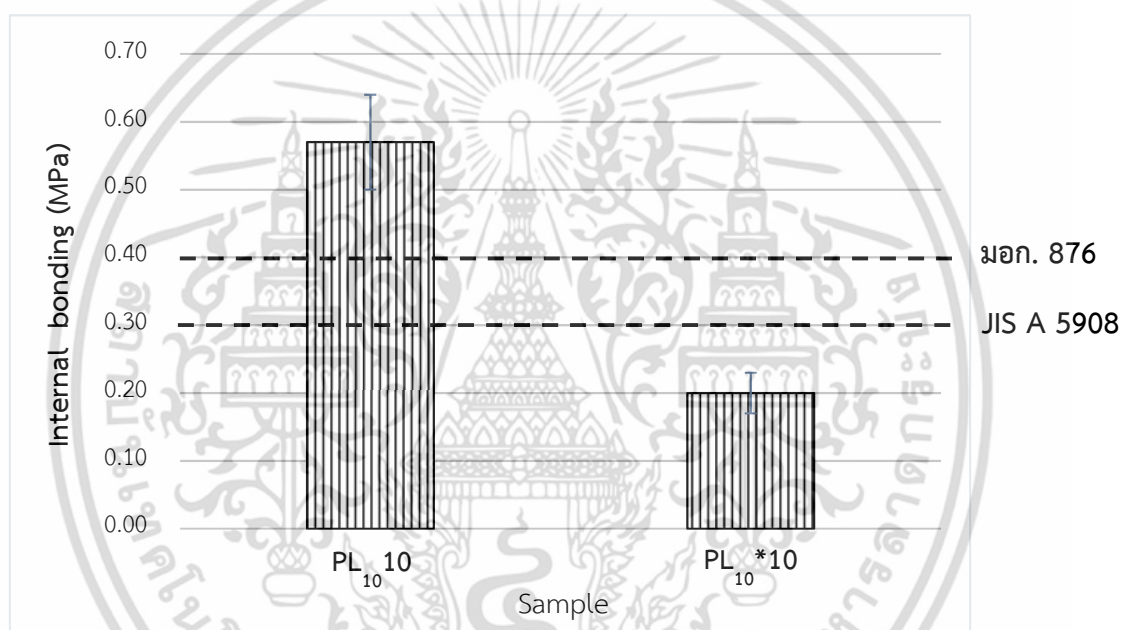
รูปที่ 4.11 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกในสูตรกาว)



รูปที่ 4.12 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกในสูตรกาว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11-4.12 แสดงผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ตามลำดับ พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 มีค่าการทดสอบเท่ากับ 3.38 ± 0.30 MPa และ 536 ± 33 MPa ตามลำดับ และไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀*10 มีค่าเท่ากับ 3.39 ± 0.28 MPa และ 532 ± 72 MPa ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่ากาวทั้งสองสูตรมีค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอใกล้เคียงกัน และไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH₁₀*10 มีแนวโน้มของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH₁₀10 เล็กน้อย เนื่องจากในสูตรกาวประกอบด้วย PVA ที่ทำการปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL₁₀*) ซึ่งในเนื้อกาวอาจเกิดการเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดโอเลอิก (ดังรูปที่ 4.8) จึงทำให้เนื้อกาวมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงขึ้นเล็กน้อย

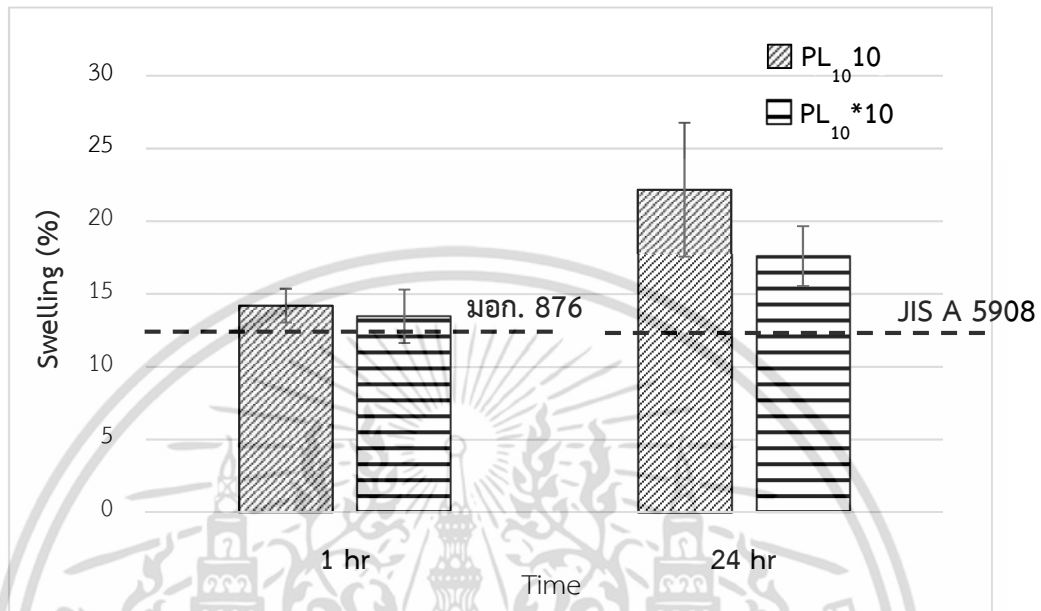


รูปที่ 4.13 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกในสูตรกาว)

อย่างไรก็ตามผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (รูปที่ 4.13) พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH₁₀10 มีค่าการทดสอบเท่ากับ 0.57 ± 0.07 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH₁₀*10 (0.20 ± 0.03 MPa) เมื่อพิจารณาในสูตรกาว PH₁₀*10 ประกอบด้วย PVA ที่ทำการปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL₁₀*) ซึ่งพบว่าค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ลดลง อาจเนื่องมาจากโมเลกุลของกรดโอเลอิกมีขนาดใหญ่ ทำให้มีปริมาตรอิสระ (Free volume) ว่างสายโซ่ของ PVA มาก [46] ส่งผลทำให้กาวมีสมบัติการยึดติดลดลง นอกจากนี้ยังพบว่ามีการกรดโอเลอิกที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับ PVA เหลืออยู่ (Free oleic acid) จึงทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ให้กับ PVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลมีค่าลดลง จากการทดสอบพบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH₁₀10 มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908 แต่ไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH₁₀*10 ไม่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดได้



รูปที่ 4.14 ค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม.ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกในสูตรกาว)

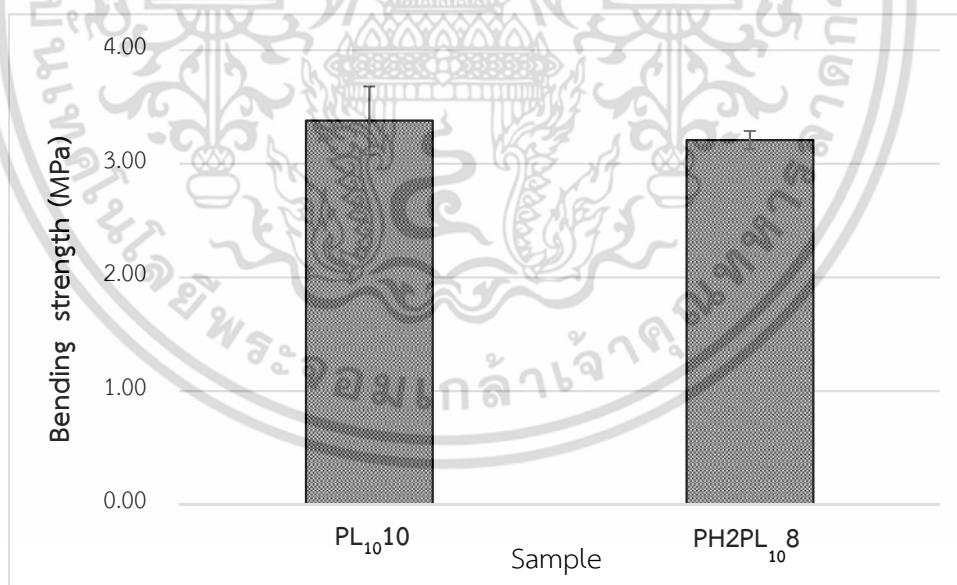
รูปที่ 4.14 แสดงค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908 โดยค่ามาตรฐานสำหรับค่าการพองตัวทางความหนากำหนดไว้ที่ $\leq 12\%$ ใช้เวลาทดสอบชิ้นงานที่แตกต่างกันด้วยการแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชม. และ 24 ชม. ตามลำดับ จากผลการทดสอบเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชม. พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 และ PL₁₀*10 มีค่าเท่ากับ $14.20 \pm 1.16\%$ และ $13.47 \pm 1.84\%$ ตามลำดับ เห็นได้ว่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀*10 มีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 เล็กน้อย และพบว่าไม้พาร์ทิเคิลจากกาวทั้งสองสูตรมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 ที่กำหนดไว้ เมื่อพิจารณาที่เวลา 24 ชม. พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀*10 มีค่าเท่ากับ $17.60 \pm 2.06\%$ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 ($22.16 \pm 4.60\%$) ผลของค่าการพองตัวทางความหนาที่ต่ำกว่าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀*10 เนื่องจาก 2 ปัจจัยคือ 1.) กาวที่ใช้มีสารละลาย PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL₁₀*) เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งหมู่ OH บางส่วนในโครงสร้างของ PVA ถูกแทนที่ด้วยกรดโอเลอิกซึ่งมีขั้วต่ำกว่า (ดังรูปที่ 4.1) จึงทำให้โครงสร้างของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างมีสภาพขั้วลดลงและไม่ชอบน้ำมากขึ้น 2.) มีกรดโอเลอิกที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับโมเลกุลของ PVA เหลืออยู่ ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีโครงสร้างเป็นเป็นไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว มีขั้วต่ำ และมีความไม่ชอบน้ำ ส่งผลให้กาวยุทธนี้สามารถต้านทานน้ำและความชื้นได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามแผ่นไม้พาร์ทิเคิลจากกาวยุทธทั้งสองสูตรยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908 ที่กำหนด

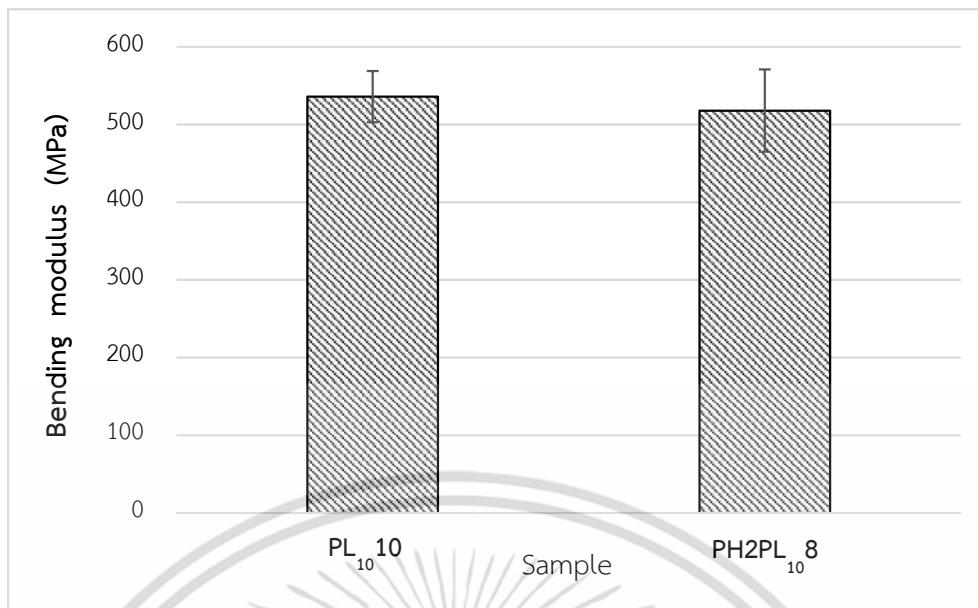
4.3.2.2 ศึกษาผลของมวลโมเลกุลของ PVA ในสูตรกาวยุทธ

ในกระบวนการอุตสาหกรรมสามารถจำแนก PVA ได้หลายเกรด โดยจำแนกตามมวลโมเลกุลของ PVA ได้ 3 ช่วง คือ 250,000-300,000, 120,000-150,000 และ 25,000-30,000 ซึ่งพบว่ามวลโมเลกุลที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาผลของมวลโมเลกุลของ PVA โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกาวยุทธที่ประกอบด้วย PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำ (PL) ทั้งหมด และจากการทดลองพบว่ากาวยุทธที่ประกอบด้วย PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูง (PL₁₀) ทั้งหมดมีค่าความเหนียวสูงมาก ทำให้ไม่สามารถสเปรย์กาวยุทธผ่านปืนกาวยุทธได้ ดังนั้นจึงเลือกทำการศึกษาเปรียบเทียบกับกาวยุทธที่ประกอบด้วยอัตราส่วนของ PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูง (PH) ต่อ PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำ (PL) เท่ากับ 2 : 8 จากนั้นทำการขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิล ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลแสดงดังรูปที่ 4.15-4.18



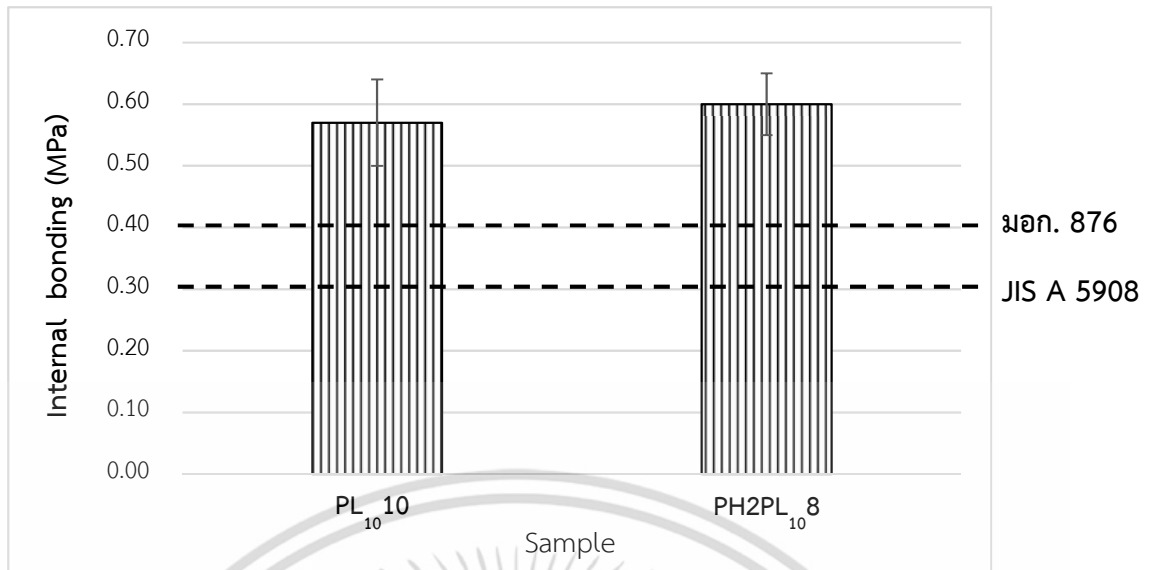
รูปที่ 4.15 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของมวลโมเลกุลของ PVA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



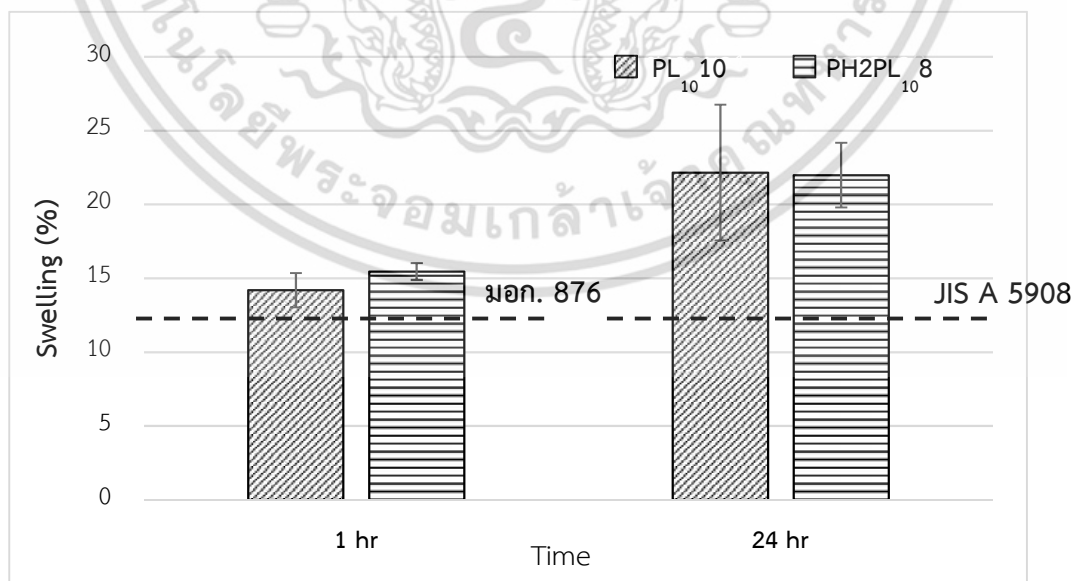
รูปที่ 4.16 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของมวลโมเลกุลของ PVA)

จากรูปที่ 4.15-4.16 แสดงผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดัดโค้งและค่ามอดุลัสยืดหยุ่น พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 มีค่าเท่ากับ 3.38 ± 0.30 MPa และ 536 ± 33 MPa ตามลำดับ และไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₀8 มีค่าเท่ากับ 3.21 ± 0.08 MPa และ 518 ± 53 MPa ตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 มีค่าไม่แตกต่างกับไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₀8 เนื่องจากในสูตรกาว PH2PL₁₀8 ประกอบด้วย PVA เกรดมวลโมเลกุลสูง (PH) เพียง 2 ใน 10 ส่วนเท่านั้น ซึ่งมีปริมาณน้อยมาก จึงไม่ส่งผลต่อค่าการทดสอบไม้พาร์ทิเคิล อย่างไรก็ตามพบว่า PVA เป็นพอลิเมอร์ที่มีความเป็นผลึกบางส่วน และประกอบด้วยชั้นที่เป็นผลึกหรือที่เรียกว่าชั้นลามลาร์ ซึ่งเกิดจากการพับไปมาของสายโซ่พอลิเมอร์และเชื่อมต่อระหว่างชั้นลามลาร์ด้วย Tie molecules ที่อยู่บริเวณส่วนอสัณฐานระหว่างชั้นของลามลาร์ [47] จากข้อมูลดังกล่าวเห็นได้ว่าการเพิ่มมวลโมเลกุลของ PVA อาจทำให้องศาความไม่เป็นระเบียบ (Degree of disorder) ในเนื้อพอลิเมอร์เพิ่มมากขึ้น [48] ซึ่งอาจส่งผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของไม้พาร์ทิเคิลมีแนวโน้มลดลงได้



รูปที่ 4.17 ค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของมวลโมเลกุลของ PVA)

รูปที่ 4.17 แสดงค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₀8 มีค่าเท่ากับ 0.60 ± 0.05 MPa มีค่าใกล้เคียงกับไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 (0.57 ± 0.07 MPa) ซึ่งอาจเกิดจากการที่กาวทั้งสองสูตรใช้ PVA เป็นองค์ประกอบหลักเช่นเดียวกันในสูตรกาว และกาวสูตร PH2PL₁₀8 ประกอบด้วย PVA เกรดมวลโมเลกุลสูง (PH) เพียง 2 ใน 10 ส่วน เท่านั้น จึงทำให้ค่าที่ได้จากการทดสอบไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามพบว่าไม้พาร์ทิเคิลทั้งสองสูตรมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908



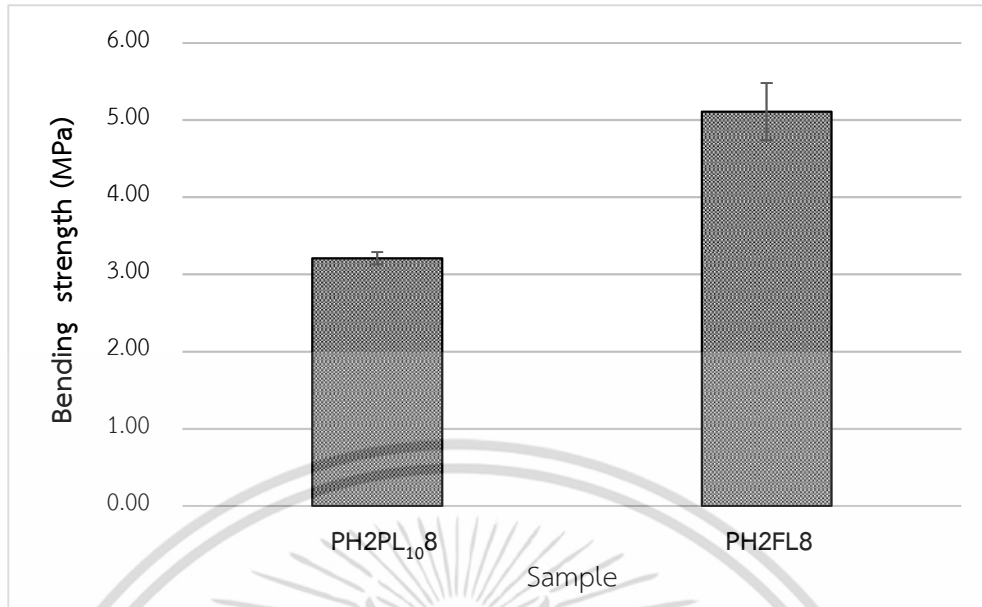
รูปที่ 4.18 ค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม. ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของมวลโมเลกุลของ PVA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

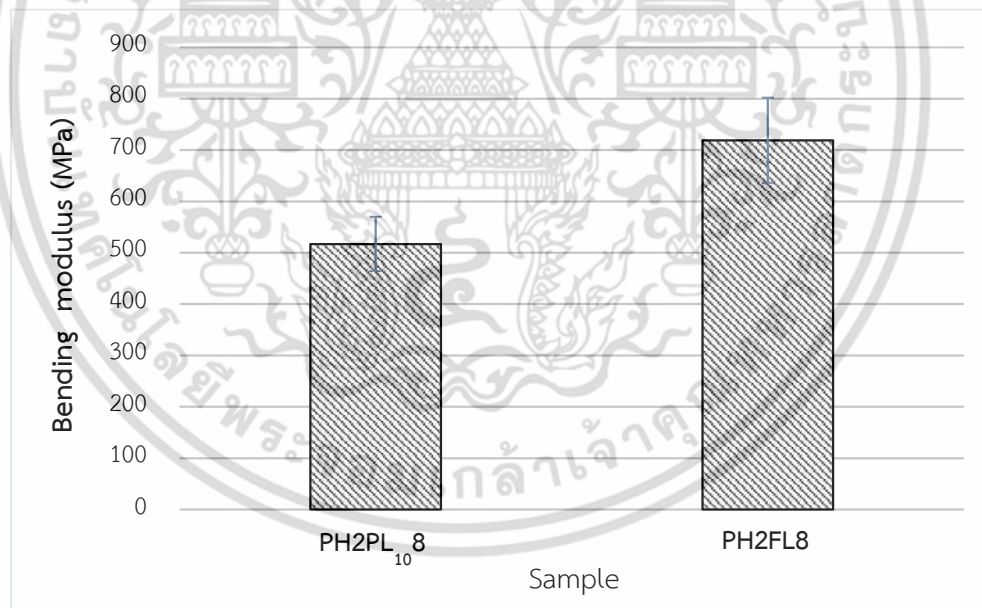
รูปที่ 4.18 แสดงค่าการพองตัวของความหนาที่ 1 ซม. และ 24 ซม. ของไม้พาร์ทิเคิลตามมาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908 จากผลการทดสอบเมื่อพิจารณาที่เวลา 1 ซม. พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₀8 มีค่าเท่ากับ $15.46 \pm 0.57\%$ ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 ($14.20 \pm 1.16\%$) เนื่องจากกาวสูตร PH2PL₁₀8 มี PVA โมลโมเลกุลสูงเป็นองค์ประกอบในสูตรกาว ทำให้กาวมีคุณสมบัติความเป็นผลึกลดลง ส่งผลทำให้ค่าการพองตัวของความหนามีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 ซึ่งค่าการละลายน้ำของ PVA นั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเป็นผลึกและโครงสร้างในส่วนอสัณฐาน (Amorphous) ของพอลิเมอร์ [50] และเมื่อพิจารณาเมื่อเวลาผ่านไป 24 ซม. พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 และ PH2PL₁₀8 มีค่าเท่ากับ $22.16 \pm 4.60\%$ และ $21.99 \pm 2.19\%$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน อาจเนื่องมาจากกาวสูตร PH2PL₁₀8 มีการใช้ PVA โมลโมเลกุลสูงเป็นองค์ประกอบเพียง 2 ใน 10 ส่วนเท่านั้น ส่งผลทำให้ค่าการพองตัวของความหนาที่เวลา 24 ซม. ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และจากผลการทดสอบพบว่าไม้พาร์ทิเคิลจากกาวทั้งสองสูตรยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908

4.3.2.3 ศึกษาผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA ในสูตรกาว

ปัจจุบันในอุตสาหกรรมมีการใช้ PVA หลายชนิด จำแนกตาม % ไฮโดรไลซิสได้ 2 ชนิด คือ 1.) ไฮโดรไลซิสทั้งหมด (Fully hydrolyzed) และ 2.) ไฮโดรไลซิสบางส่วน (Partially hydrolyzed) พบว่าการลดหรือเพิ่ม % ไฮโดรไลซิสของ PVA นั้น ส่งผลต่อสมบัติและการนำ PVA ไปใช้งานในด้านต่าง ๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของ % ไฮโดรไลซิสที่มีต่อสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล โดยใช้ PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วน (86.5-89.0%) และโมลโมเลกุลต่ำ (PL) จากงานวิจัยก่อนหน้า [9] เปรียบเทียบกับ PVA เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมด (99.0-100%) และโมลโมเลกุลต่ำ (FL) ในสูตรกาว โดยผสมร่วมกับ PVA เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมดและโมลโมเลกุลสูง (PH) โดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PVA เกรด PH : PL (หรือ PH : FL) เท่ากับ 2 : 8 จากนั้นขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่อุณหภูมิ 230°C/5 นาที และ Post cure ที่ 100°C/24 ซม. ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลแสดงดังรูปที่ 4.19-4.22



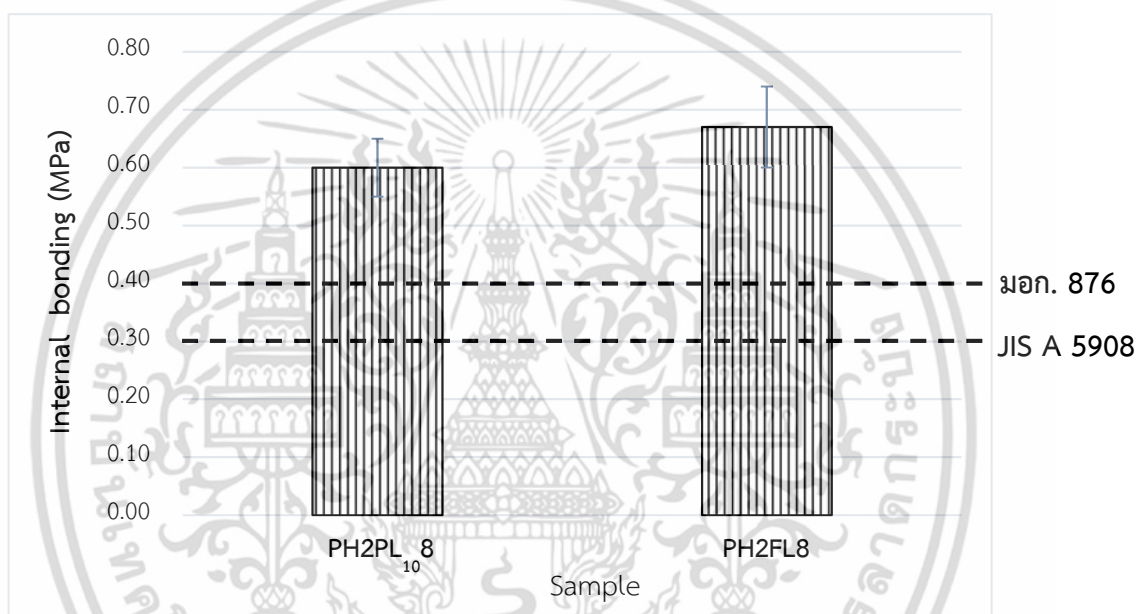
รูปที่ 4.19 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA)



รูปที่ 4.20 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA)

รูปที่ 4.15-4.16 แสดงค่าความต้านทานแรงดัดโค้งและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₀8 และ PH2FL8 มีค่าความต้านทานแรงดัดโค้งเท่ากับ 3.21 ± 0.08 MPa และ 5.11 ± 0.37 MPa ตามลำดับ ส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเท่ากับ 518 ± 53 MPa และ 719 ± 83 MPa ตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อเปลี่ยนเกรด PVA จากเกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมอลโมเลกุลต่ำ (PL) เป็น PVA เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมอลโมเลกุลต่ำ (FL) ในสูตรกาว พบว่าค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เป็นผลมาจากค่า % ไฮโดรไลซิสที่แตกต่างกันของ PVA ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ % ไฮโดรไลซิสส่งผลทำให้มีจำนวนหมู่ OH ในโมเลกุลของ PVA เพิ่มขึ้น ดังนั้นหมู่ OH ของ PVA จึงสามารถเกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่าง PVA ด้วยกันเอง ระหว่าง PVA กับน้ำมันทั้ง และระหว่าง PVA กับเซลลูโลสในเนื้อไม้ได้ดีกว่า (รูปที่ 4.10) [34] ส่งผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด



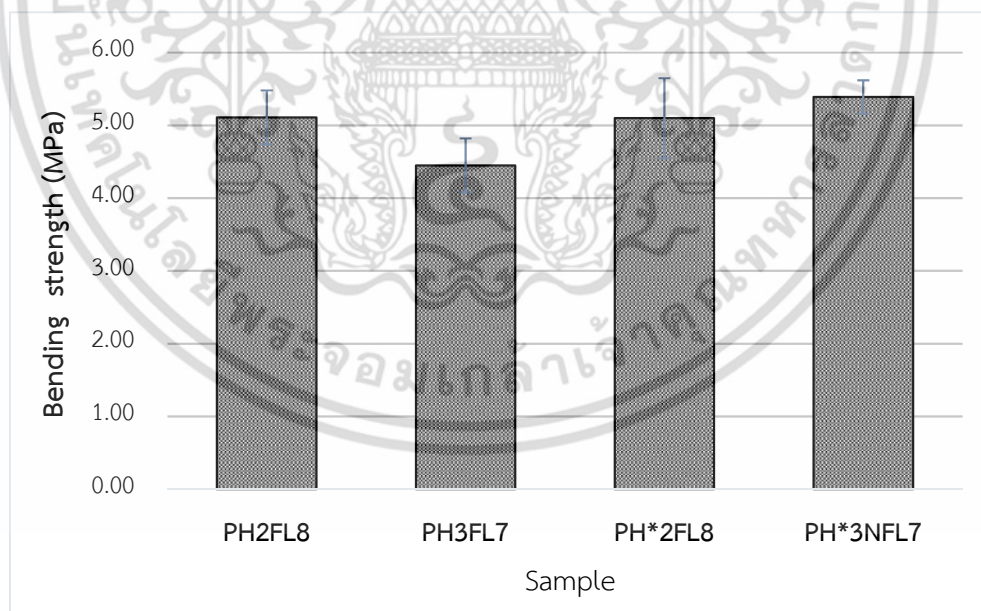
รูปที่ 4.21 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอที่ดึงฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA)

สำหรับค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอที่ดึงฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (รูปที่ 4.21) พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₀8 มีค่าเท่ากับ 0.60 ± 0.05 MPa ซึ่งมีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 (0.67 ± 0.07 MPa) เล็กน้อย เนื่องจากในกาวสูตร PH2FL8 มีความหนาแน่นของพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ OH ของ PVA ด้วยกันเองในเนื้อกาว และระหว่างหมู่ OH ของ PVA กับเนื้อไม้ ส่งผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอที่ดึงฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลสูงขึ้น อย่างไรก็ตามกาวทั้งสองสูตรมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 (≥ 0.40 MPa) และ JIS A 5908 (≥ 0.30 MPa)

สูงที่ปรับปรุงโครงสร้าง (PH*) และไม่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH) ต่อ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ (FL)

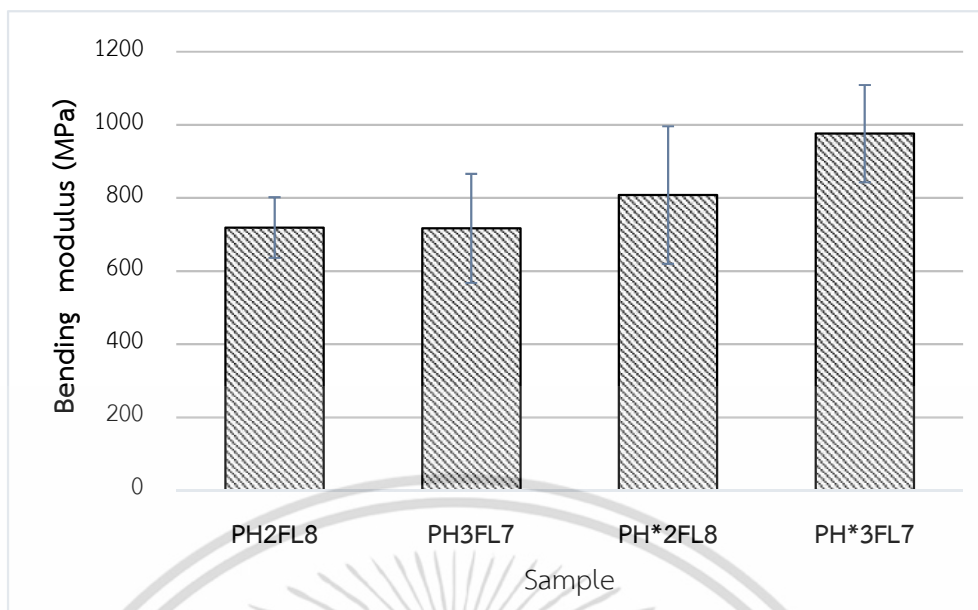
4.3.2.4 ศึกษาอัตราส่วนของ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูงที่ไม่ปรับปรุงและปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH และ PH*) ต่อ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) ในสูตรกาว

จากผลการทดลองก่อนหน้า พบว่าค่าการทดสอบต่าง ๆ ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล ได้แก่ ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอ, ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น, ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และค่าการพองตัวทางความหนาที่ 1 ซม. และ 24 ซม. ของไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 ให้ผลการทดสอบดีกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₀8 โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าการพองตัวทางความหนา ดังนั้นจึงเลือกทำการศึกษาอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PVA เกรด PH ต่อ PVA เกรด FL ในอัตราส่วน 2 : 8 และ 3 : 7 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีความหนืดเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน นอกจากนี้ยังทำการศึกษเปรียบเทียบอัตราส่วนของ PVA เกรด PH ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*) ต่อ PVA เกรด FL ในอัตราส่วนเดียวกัน จากนั้นขึ้นรูปที่ไม้พาร์ทิเคิลโดยใช้สภาวะเดียวกันกับการทดลองข้างต้นที่ ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของไม้พาร์ทิเคิลแสดงดังรูปที่ 4.23-4.26



รูปที่ 4.23 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH : FL และ PH* : FL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



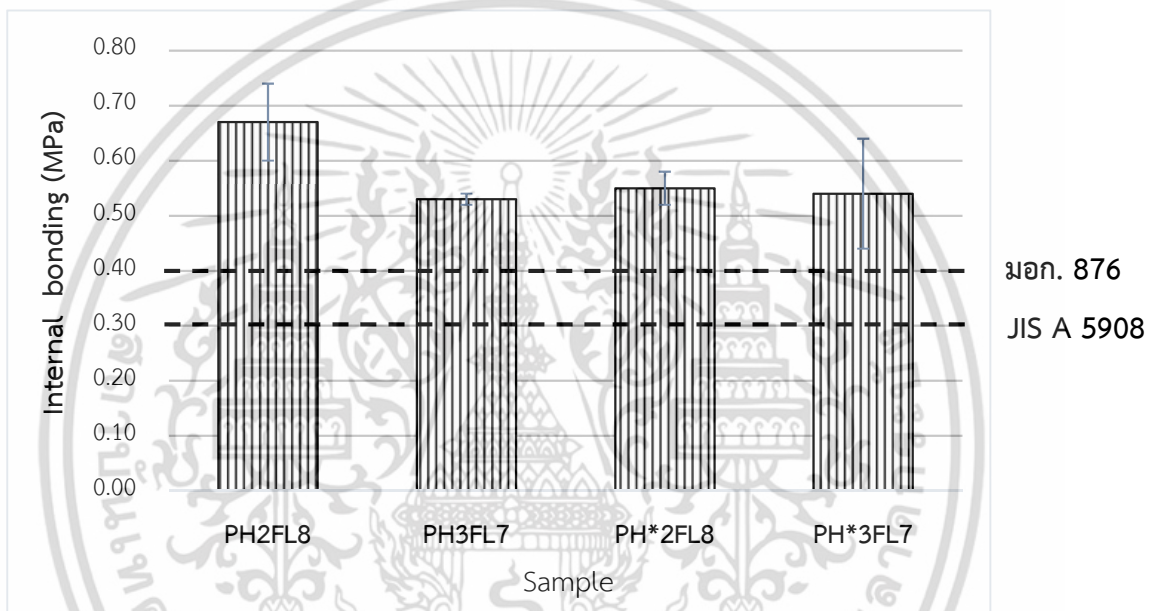
รูปที่ 4.24 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PVA เกรด PH : FL และ PH* : FL)

รูปที่ 4.23-4.24 แสดงค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล ตามลำดับ พบว่าค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH3FL7 ที่มีเท่ากับ 4.45 ± 0.37 MPa ซึ่งมีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตรอื่น ๆ เล็กน้อย เนื่องจากกาวสูตรนี้มีปริมาณ PVA เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) น้อยกว่ากาวสูตร PH2FL8 และ PH*2FL8 ทำให้มีความหนาแน่นของพันธะไฮโดรเจนที่เชื่อมโยงระหว่าง PVA กับ PVA, กรโอเลอิก, น้ำมันทั้ง และเซลลูโลสน้อยกว่ากาวสูตรอื่น ๆ (รูปที่ 4.10) สำหรับไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*3FL7 แม้จะมีแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนลดลง แต่มีการเชื่อมโยงของพันธะคู่ระหว่างกรดโอเลอิกในโครงสร้างของ PH* กับพันธะคู่ของน้ำมันทั้งเข้ามาแทนที่ (รูปที่ 4.8) จึงไม่ทำให้ค่าดังกล่าวมีค่าลดลง จากข้อมูลพบว่าค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอของไม้พาร์ทิเคิลเป็นค่าสูงสุดของแรงที่รับได้ของไม้พาร์ทิเคิลก่อนเกิดการแตกหัก ซึ่งขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของไม้เป็นหลัก และมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการยึดติดของกาวกับไม้ เป็นปัจจัยรองลงมา จึงส่งผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอของไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตรต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8, PH3FL7, PH*2FL8 และ PH*3FL7 มีค่าเท่ากับ 719 ± 83 MPa, 717 ± 149 MPa, 808 ± 188 MPa และ 976 ± 133 MPa ตามลำดับ จากข้อมูลพบว่าค่ามอดุลัสยืดหยุ่นคือค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูปร่างของไม้พาร์ทิเคิล ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกาวและการผสานของกาวกับเนื้อไม้ ถ้ากาวมีความแข็งแรงและผสาน

กับเนื้อไม้ดี จะทำให้ไม้พาร์ทิเคิลมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างยาก เมื่อทำการพิจารณาเปรียบเทียบกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 กับ PH3FL7 พบว่ามีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 กับ PH* 2FL8 และ PH3FL7 และ PH* 3FL7 พบว่าค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2FL8 มีค่าสูงกว่าสูตร PH2FL8 เล็กน้อย และไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*3FL7 มีค่าสูงกว่าสูตร PH3FL7 อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากกาวสูตร PH*2FL8 และ PH*3FL7 ประกอบด้วย PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*) ทำให้เกิดการเชื่อมโยงพันธะคู่ระหว่างกรดโอเลอิก และน้ำมันทั้งได้ (รูปที่ 4.8) สำหรับไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*3FL7 ที่มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่า เนื่องจากมีการใช้ปริมาณ PH* มากกว่าในกาวสูตร PH*2FL8



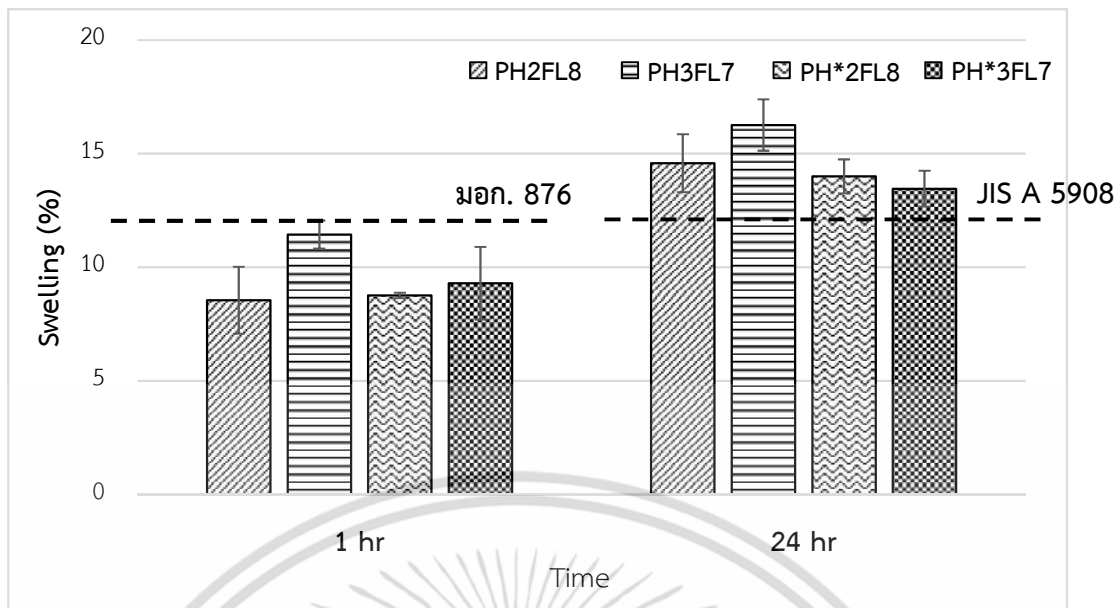
รูปที่ 4.25 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PVA เกรด PH : FL และ PH* : FL)

จากรูปที่ 4.25 แสดงค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 และ PH3FL7 พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 มีเท่ากับ 0.67 ± 0.07 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH3FL7 (0.52 ± 0.01 MPa) เนื่องจากในกาวสูตร PH2FL8 มีปริมาณ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสทั้งหมด (FL) สูงกว่ากาวสูตร PH3FL7 ทำให้มีปริมาณหมู่ OH จำนวนมากที่สามารถสร้างแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่าง PVA, น้ำมันทั้ง และเซลลูโลสในเนื้อไม้ได้ (รูปที่ 4.10) และทำให้มีความหนาแน่นของพันธะไฮโดรเจนสูง ส่งผลทำให้ไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH3FL7

จากนั้นทำการพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 และ PH*2FL8 พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2FL8 มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 0.55 ± 0.03 MPa ซึ่งมีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 เนื่องจาก 2 ปัจจัย คือ 1. การปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิก ทำให้มี Free volume ระหว่างสายโซ่ของ PVA เพิ่มมากขึ้น [46] และมี Free oleic acid เหลืออยู่ในสูตรกาว ซึ่งทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ และอาจทำให้เกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันและน้ำ และ 2. การปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิกผ่านปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งโมเลกุลของกรดโอเลอิกจะเข้าทำปฏิกิริยาแทนที่ที่ตำแหน่งหมู่ OH ของ PVA (ดังรูปที่ 4.1) ส่งผลทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ OH ของ PVA กับเซลลูโลสในเนื้อไม้ลดลง ดังนั้นค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจึงมีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตรที่ไม่ได้มีการปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

และทำการพิจารณาระหว่างไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH3FL7 และ PH*3FL7 พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*3FL7 มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 0.54 ± 0.10 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH3FL7 เล็กน้อย อาจเป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิล พบว่ากาวสูตร PH3FL7 มีค่าความหนืดเท่ากับ 808 ± 9.57 cP ซึ่งมีค่าความหนืดสูงกว่ากาวสูตร PH*3FL7 ที่มีค่าความหนืดเท่ากับ 455 ± 10.00 cP ส่งผลทำให้เกิดความยากต่อกระบวนการสเปรย์กาวและทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอต่อกระบวนการผสมกาวกับไม้ จึงส่งผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*3FL7 เล็กน้อย

อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบ พบว่าค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลทุกสูตรผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908



รูปที่ 4.26 ผลของค่าการพองตัวของความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม. ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PVA เกรด PH : FL และ PH* : FL)

จากรูปที่ 4.22 แสดงผลค่าการพองตัวของความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลตามเกณฑ์มาตรฐานที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม. ผลการทดสอบแสดงได้ดังนี้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 และ PH3FL7 พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 มีค่าการพองตัวของความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม. เท่ากับ $8.55 \pm 1.47\%$ และ $14.58 \pm 1.27\%$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH3FL7 ($11.44 \pm 0.62\%$ และ $16.26 \pm 1.13\%$) เนื่องจากกาวสูตร PH2FL8 มีปริมาณของ PVA เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมดและโมลโมเลกุลต่ำ (FL) มากกว่ากาวสูตร PH3FL7 จึงทำให้มีความหนาแน่นของพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ OH ของ PVA, น้ำมันทั้ง และเซลลูโลส มากกว่า ดังนั้นค่าการพองตัวของความหนาของไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 จึงมีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH3FL7 อย่างเห็นได้ชัด

เมื่อพิจารณาค่าการพองตัวของความหนาของไม้พาร์ทิเคิลระหว่างไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 และ PH*2FL8 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชม. ไม้พาร์ทิเคิลทั้งสองสูตรมีค่าการพองตัวของความหนาใกล้เคียงกัน และเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชม. พบว่า ไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2FL8 มีค่าเท่ากับ $14.00 \pm 0.75\%$ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2FL8 เนื่องจากในกาวสูตร PH*2FL8 ประกอบด้วย PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*) หมู่ OH ของ PVA ถูกแทนที่ด้วยโมเลกุลของกรดโอเลอิก และมีกรดโอเลอิกที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับหมู่ OH ของ PVA เหลืออยู่ ซึ่งโครงสร้างของกรดโอเลอิกเป็นไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว มีขั้วต่ำ และไม่ชอบน้ำ ส่งผลทำให้กาวสูตร PH*2FL8 มีค่าการดูดน้ำและความชื้น

มากขึ้น ดังนั้นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวยูรีเทน PH*2FL8 จึงมีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวยูรีเทน PH2FL8

ทำการพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวยูรีเทน PH3FL7 และ PH*3FL7 พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวยูรีเทน PH*3FL7 มีค่าการพองตัวทางความหนาที่ 1 ซม. และ 24 ซม. เท่ากับ $9.30 \pm 1.60\%$ และ $13.46 \pm 0.79\%$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวยูรีเทน PH3FL7 เนื่องจากกาวยูรีเทน PH*3FL7 ประกอบด้วย PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*) เช่นเดียวกับกาวยูรีเทน PH*2FL8 ซึ่งเห็นได้ว่าการพองตัวทางความหนามีค่าลดลงจากการใช้ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*) แทนที่ PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลสูง (PH) ในสูตรกาวยูรีเทน ส่งผลทำให้ไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวยูรีเทน PH*3FL7 สามารถต้านทานน้ำและความชื้นได้มากขึ้น

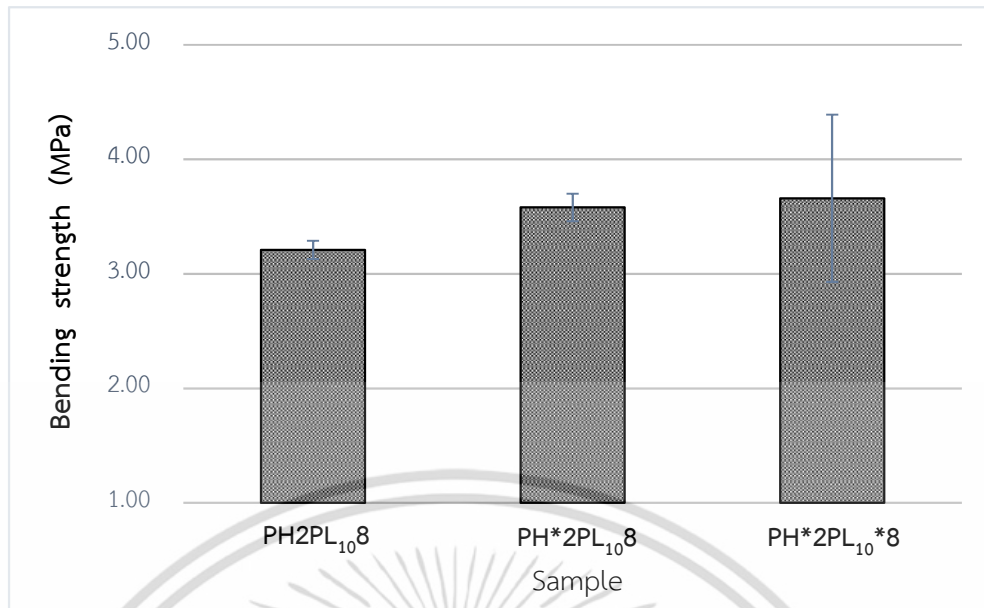
และพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวยูรีเทน PH*2FL8 และ PH*3FL7 พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวยูรีเทน PH*2FL8 มีค่าการพองตัวทางความหนาที่ 1 ซม. และ 24 ซม. เท่ากับ $8.76 \pm 0.12\%$ และ $14.00 \pm 0.75\%$ ตามลำดับ และไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวยูรีเทน PH*3FL7 มีค่าเท่ากับ $9.30 \pm 1.60\%$ และ $13.46 \pm 0.79\%$ ซึ่งพบว่าไม้พาร์ทิเคิลจากกาวยูรีเทนทั้งสองสูตรมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวยูรีเทน PH2FL8, PH3FL7, PH*2FL8 และ PH*3FL7 มีค่าการพองตัวทางความหนาผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 แต่ไม่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908 ได้ โดยสูตรที่ใช้ PVA ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*) เป็นองค์ประกอบในสูตรกาวยูรีเทนมีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานที่สุด

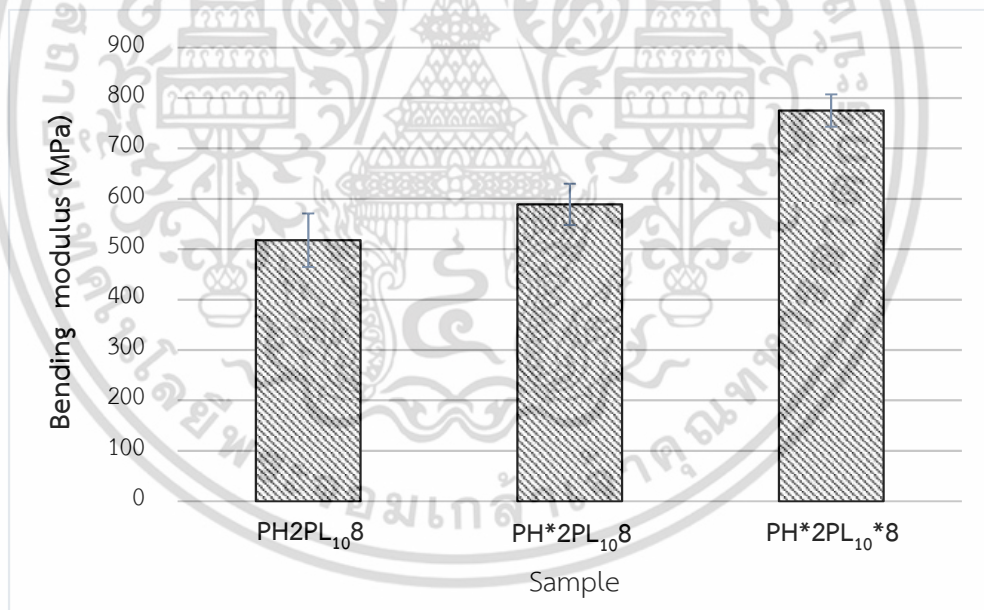
4.3.2.5 ศึกษาผลของการใช้ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH* และ PL₁₀*) ร่วมกันในสูตรกาวยูรีเทน

เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาสมบัติการพองตัวทางความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล จึงได้ทำการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ทั้ง 3 เกรด ด้วยกรดโอเลอิก แต่พบว่า PVA เกรด FL ซึ่งเป็นเกรดที่มี % ไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ ไม่สามารถทำการปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกได้ อาจมีสาเหตุมาจากการที่มีหมู่ OH จำนวนมาก สามารถเกิดการเชื่อมโยงแบบพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่ของ PVA ด้วยกันเองได้และมีความหนาแน่นของพันธะไฮโดรเจนมาก จึงทำให้โมเลกุลของกรดโอเลอิกไม่สามารถเข้าไปแทนที่หมู่ OH ของ PVA ได้ นอกจากนี้ยังพบว่า PVA เกรด FL มีข้อแตกต่างจากกรดโอเลอิกมาก จึงทำให้เกิดการแยกชั้นและไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกทำการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA เพียง 2 เกรดเท่านั้น คือ PH* และ PL₁₀* และได้ศึกษาผลของ PH* และ PL₁₀* ในสูตรกาวยูรีเทน ผลการทดสอบต่าง ๆ แสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



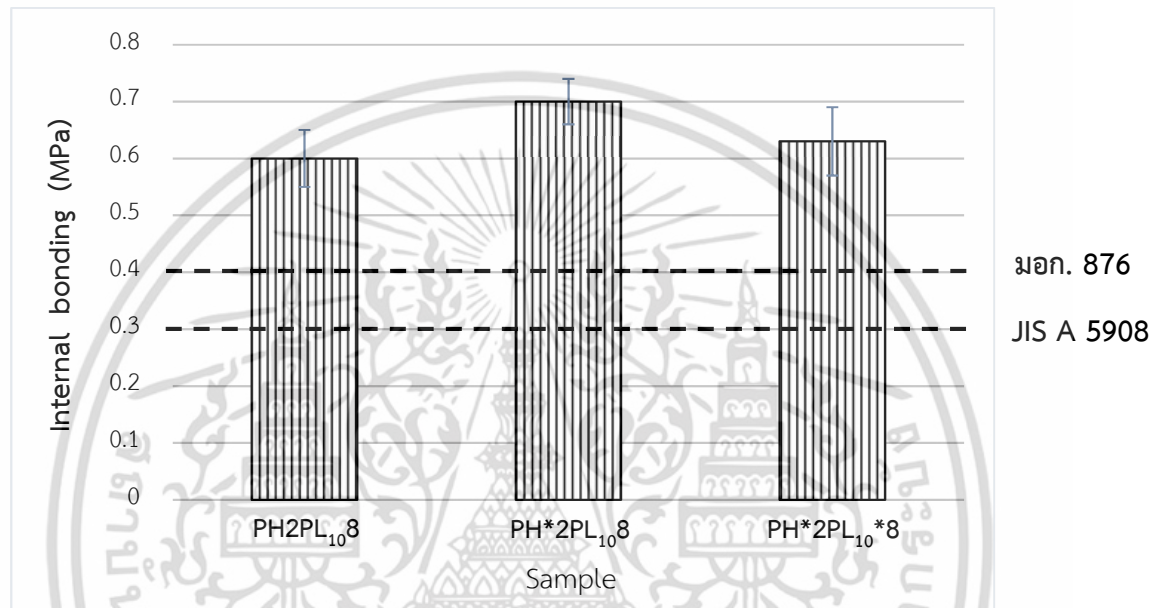
รูปที่ 4.27 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ PH* และ PL₁₀*)



รูปที่ 4.28 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ PH* และ PL₁₀*)

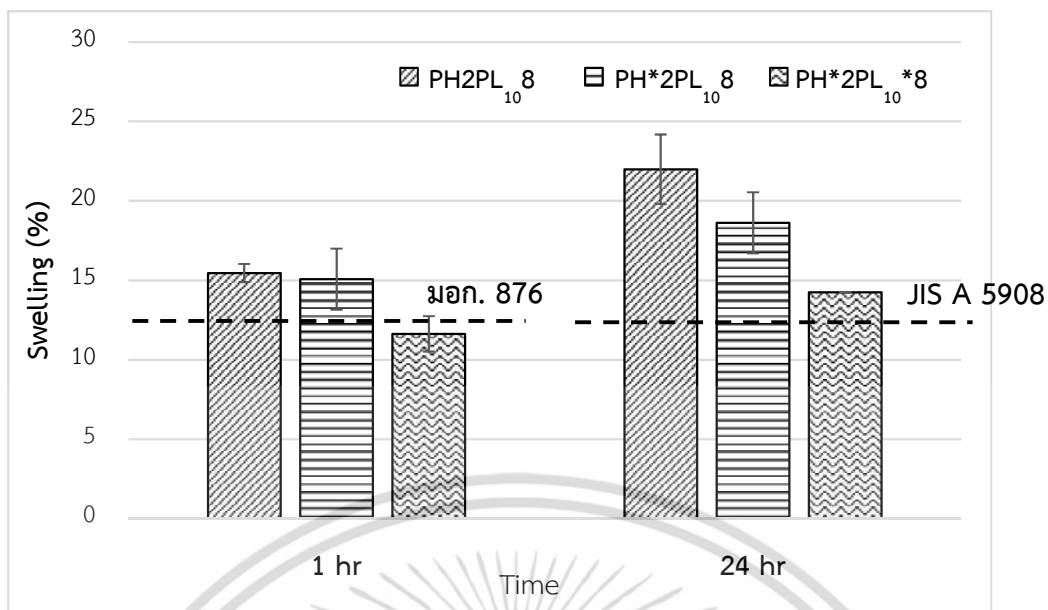
รูปที่ 4.27-4.28 แสดงผลของค่าความต้านทานแรงดัดโค้งและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล จากผลการทดสอบพบว่าของไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₀*8 มีค่าสูงที่สุด คือ 3.66 ± 0.73 MPa และ 775 ± 32 MPa ตามลำดับ ซึ่งเป็นกาวสูตรที่ใช้ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH* และ PL₁₀*) เป็นองค์ประกอบในสูตรกาวทั้งหมด โดยที่ค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานแรงดัดโค้งและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากการเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดโอเลอิกในโครงสร้างของ PH* และ PL₁₀* กับพันธะคู่ของน้ำมันทั้ง (รูปที่ 4.10) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของแข็งในสูตรกาวน่าจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของแข็งคงเหลือในกาวสูตร PH2PL₁₀8, PH*2PL₁₀8 และ PH*2PL₁₀*8 มีค่าเท่ากับ $24.11 \pm 0.18\%$, $25.95 \pm 0.35\%$ และ $28.94 \pm 0.47\%$ ตามลำดับ การเพิ่มปริมาณของแข็งในสูตรกาวทำให้สามารถรับแรงที่มากกระทำได้ดี ส่งผลให้ความแข็งแรงมีค่าเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.29 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ PH* และ PL₁₀*)

รูปที่ 4.29 แสดงค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลพบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₀8 มีค่าเท่ากับ 0.70 ± 0.04 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₀8 (0.60 ± 0.05 MPa) และ PH*2PL₁₀*8 (0.63 ± 0.06 MPa) เล็กน้อยจากการทดสอบในหัวข้อก่อนหน้าพบว่าแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ OH ของ PVA, น้ำมันทั้ง และเซลลูโลสในเนื้อไม้มีผลต่อค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า อย่างไรก็ตามการเชื่อมโยงของพันธะคู่จากกรดโอเลอิกและน้ำมันทั้งอาจทำให้เกิดการเชื่อมโยงทางกายภาพกับเนื้อไม้ได้ จึงทำให้ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ไม้พาร์ทิเคิลจากกาวทั้ง 3 สูตร ได้แก่ PH2PL₁₀8, PH*2PL₁₀8 และ PH*2PL₁₀*8 มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908

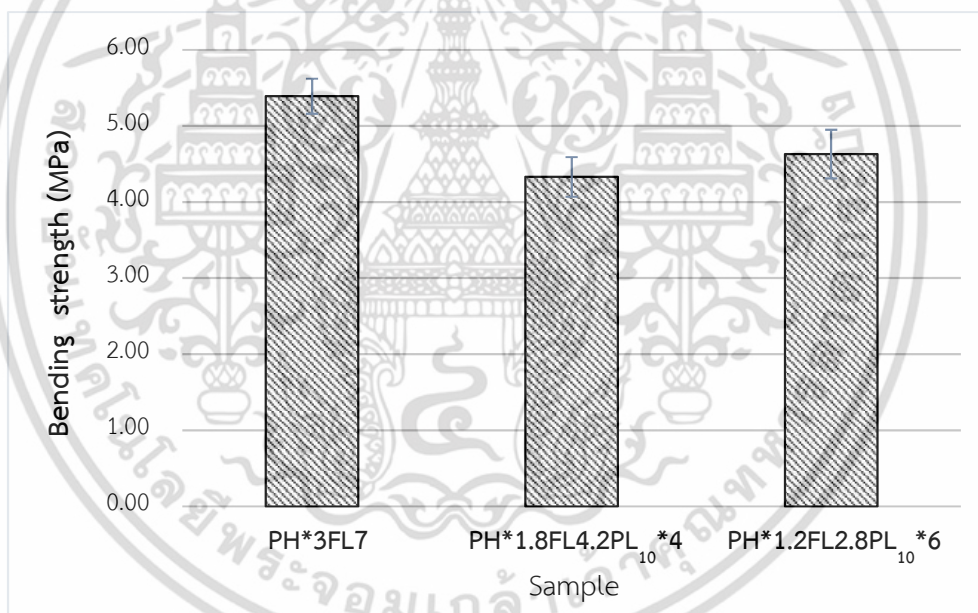


รูปที่ 4.30 ค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม. ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของ PH* และ PL₁₀*)

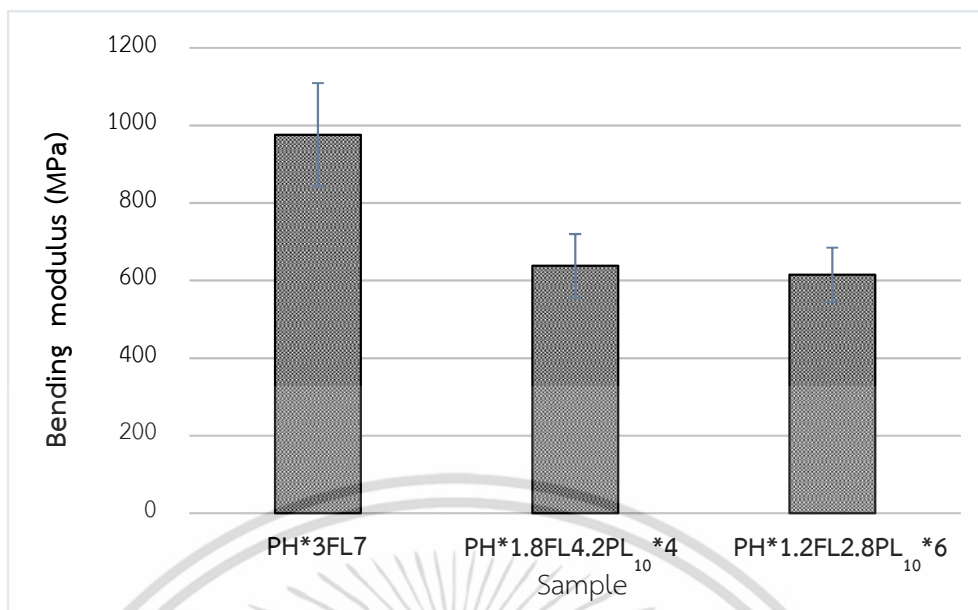
รูปที่ 4.30 แสดงค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₀*8 มีค่าการพองตัวทางความหนาที่ 1 ชม. และ 24 ชม. เท่ากับ $11.63 \pm 1.11\%$ และ $14.24 \pm 0.56\%$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากกาวสูตรนี้ประกอบด้วย PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH* และ PL₁₀*) ซึ่งเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างหมู่ OH ของ PVA กับกรดโอเลอิก (ดังรูปที่ 4.1) ซึ่งทำให้โครงสร้างของ PVA มีสภาพขั้วลดลงและต้านทานน้ำได้มากขึ้น เห็นได้จากค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้ PH* และ PL₁₀* แทนที่ PVA เกรด PH และ PL₁₀ ในสูตรกาว จากผลการทดสอบพบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₀*8 เป็นเพียงสูตรเดียวที่มีค่าการพองตัวทางความหนาผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 แต่ยังไม่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908 โดยที่แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH₂PL₁₀8 และ PH*2PL₁₀8 ไม่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งสองได้

4.3.2.6 ศึกษาอัตราส่วนของ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*) และ PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) ที่ใช้ร่วมกับ PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL₁₀*) ในสูตรการ

การทดลองก่อนหน้าได้ศึกษาอัตราส่วนของสารละลาย PVA ระหว่าง PVA เกรด PH หรือ PH* : PVA เกรด FL (หัวข้อที่ 4.4.2.4) จากการทดลองพบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*3FL7 ให้ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอ, ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น, ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และค่าการพองตัวทางความหนาที่ 1 ซม. และ 24 ซม. ดีกว่ากาวสูตรอื่น ๆ แต่เนื่องจากกาวสูตรนี้มีความหนืดสูงซึ่งเป็นข้อจำกัดของขั้นตอนการสเปรย์กาว ทำให้กาวเกิดการอุดตันที่ปืนกาว และใช้เวลานานในการผสมกาวและไม้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ PVA เกรด PL ที่ทำการปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL₁₀*) มาเป็นส่วนประกอบในกาว เนื่องจากกาวสูตร PH*2PL₁₀*8 ให้ผลการทดสอบที่ดี (หัวข้อที่ 4.4.2.5) เพื่อทำให้ความหนืดของกาวลดลง โดยศึกษาอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PH*3FL7 : PL₁₀* ในสูตรการ เท่ากับ 50 : 35 และ 35 : 50 ผลการทดสอบต่าง ๆ แสดงดังนี้

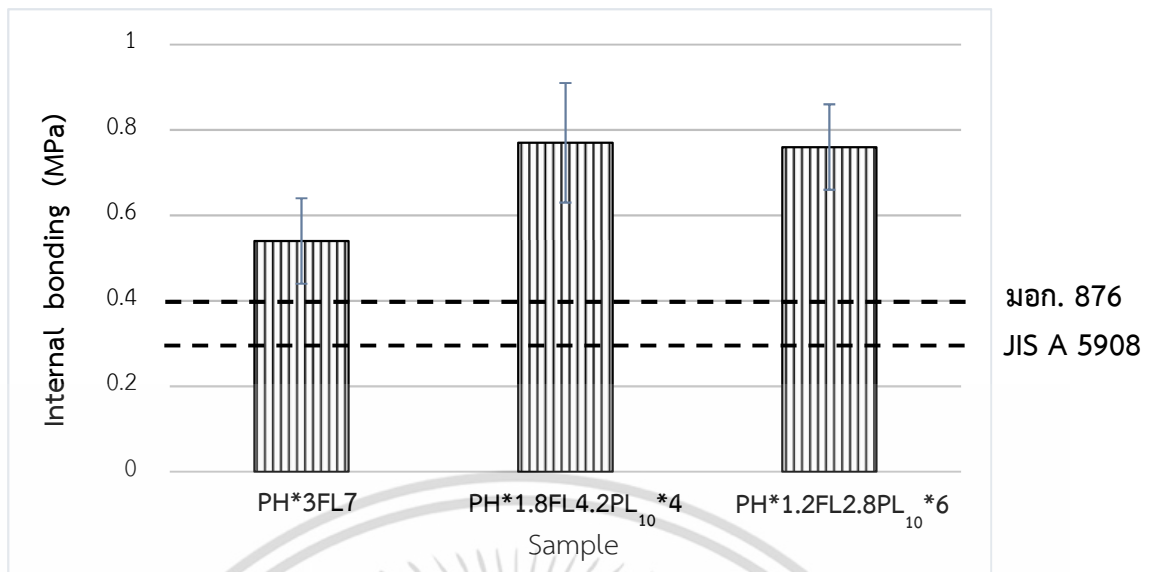


รูปที่ 4.31 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH*3FL7 : PL₁₀*)



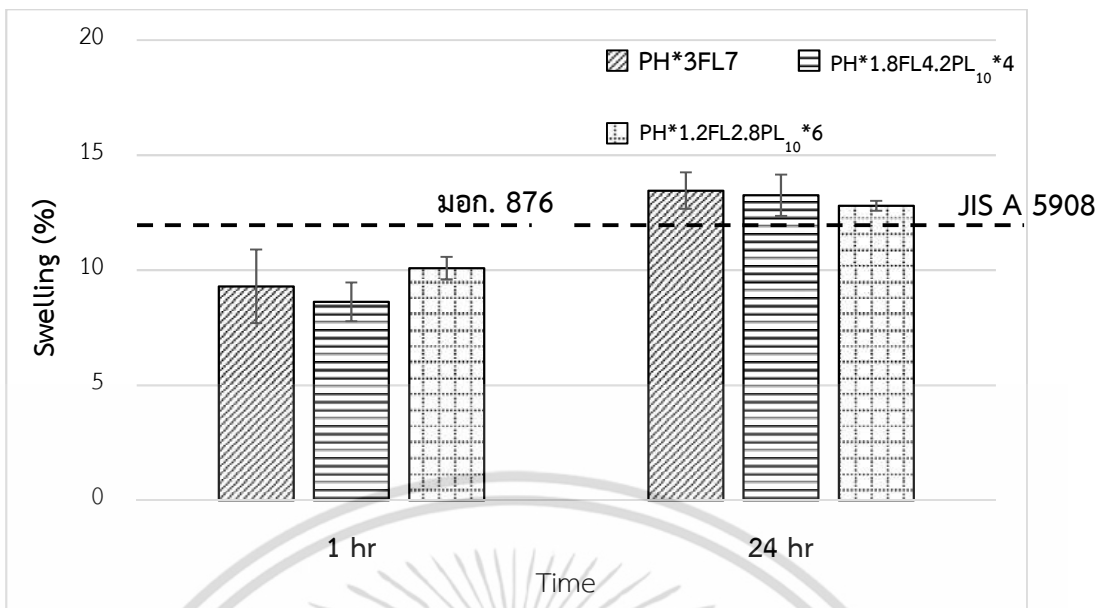
รูปที่ 4.32 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH*3FL7 : PL₁₀*)

จากรูปที่ 4.31-4.32 แสดงค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 ซึ่งมี PVA เกรด % ไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PL₁₀*) เป็นองค์ประกอบในสูตรกาวมีค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดลงเมื่อเทียบกับไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*3FL7 เนื่องจากกาวสูตร PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 มีปริมาณของ PVA เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมวลโมเลกุลต่ำ (FL) ต่ำกว่ากาวสูตร PH*3FL7 ทำให้มีปริมาณหมู่ OH ของ PVA น้อย จึงเกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่าง PVA, เซลลูโลส และน้ำมันทั้ง ได้ลดลง (รูปที่ 4.10) ส่งผลทำให้ค่าดังกล่าวมีค่าลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 มีค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 4.33 ± 0.26 MPa และ 638 ± 82 MPa ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 (4.63 ± 0.32 MPa และ 615 ± 70 MPa) ซึ่งกาวทั้งสองสูตรมีปริมาณของแข็งในสูตรกาวใกล้เคียงกัน (ปริมาณของแข็งคงเหลือในสูตรกาว PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 มีค่าเท่ากับ $27.80 \pm 0.15\%$ และ $28.94 \pm 0.12\%$ ตามลำดับ) ซึ่งคาดว่าทำให้สามารถรับและกระจายแรงได้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจึงมีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.33 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH*3FL7 : PL₁₀*)

จากรูปที่ 4.33 แสดงค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของไม้พาร์ทิเคิล พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 มีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*3FL7 เนื่องจากกาวสูตร PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 ประกอบด้วย PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกทั้งสองเกรด คือ PH* และ PL₁₀* ซึ่งอาจทำให้เกิดการเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างกรดโอเลอิกด้วยตัวเอง และระหว่างกรดโอเลอิกกับน้ำมันทั้ง (ดังรูปที่ 4.8) และในสูตรกาวยังประกอบด้วย PVA เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมดและมอลโมเลกุลต่ำ (FL) ซึ่งทำให้มีหมู่ OH ที่สร้างแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนกับเซลลูโลสในเนื้อไม้ได้ ส่งผลทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าสูงขึ้น จากผลการทดสอบพบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 รวมถึง PH*3FL7 มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908 ทั้งหมด

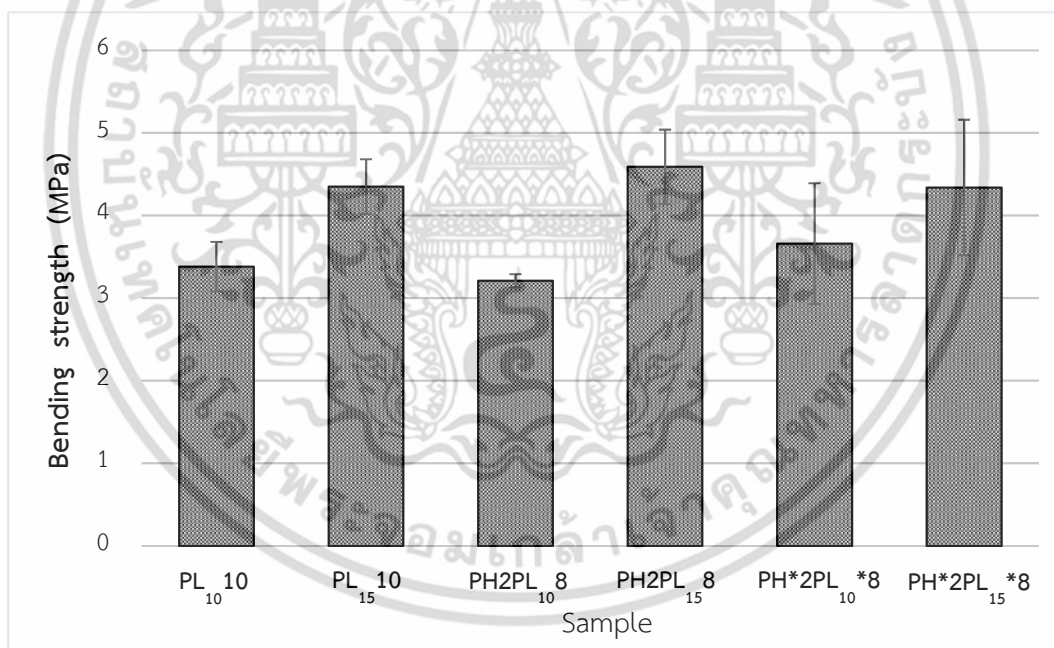


รูปที่ 4.34 ค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม.ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของอัตราส่วนของ PH*3FL7 : PL₁₀*)

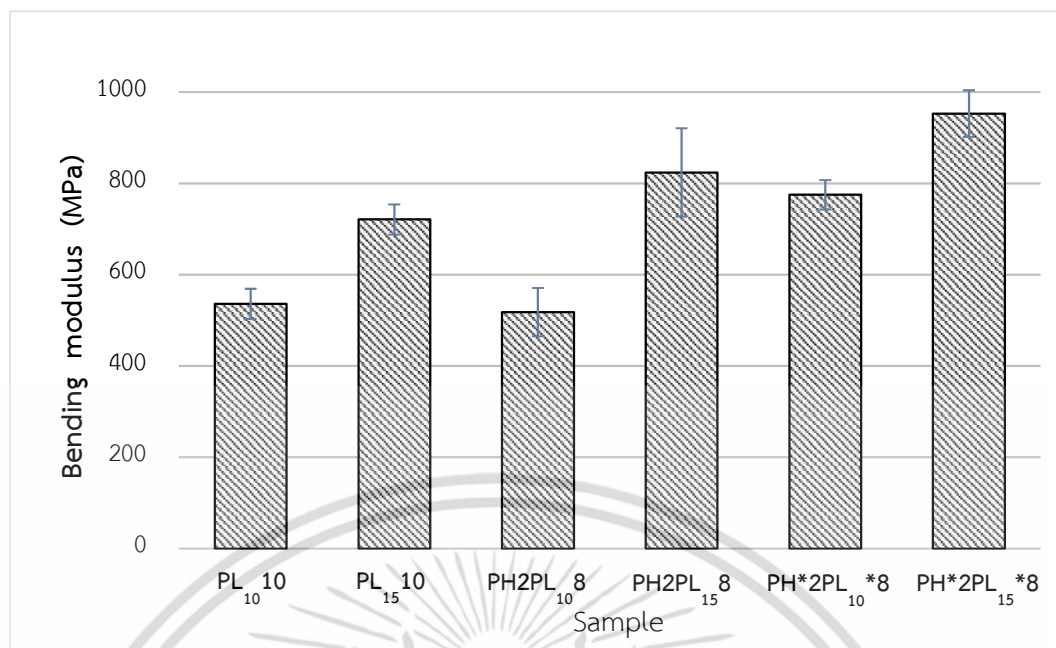
รูปที่ 4.34 แสดงค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*3FL7, PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 เมื่อพิจารณาที่เวลาผ่านไป 1 ชม. พบว่าไม้พาร์ทิเคิลจากกาวทั้งสามสูตรมีค่าใกล้เคียงกันและผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และเมื่อพิจารณาที่เวลา 24 ชม. พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*3FL7, PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 มีค่าการพองตัวทางความหนาเท่ากับ 13.46 ± 0.79 MPa, 13.26 ± 0.90 MPa และ 12.80 ± 0.22 MPa ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และพบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 มีแนวโน้มของค่าการพองตัวทางความหนาที่ 24 ชม. ลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*3FL7 เนื่องจากการเพิ่มปริมาณสารละลาย PVA ที่ทำการปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH* และ PL₁₀*) ลงในสูตรกาวทำให้มีกรดโอเลอิกที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับหมู่ OH ของ PVA เหลืออยู่ ซึ่งโครงสร้างของกรดโอเลอิกเป็นไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว มีขั้วต่า นอกจากนี้ยังพบว่าเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างหมู่ OH ของ PVA กับกรดโอเลอิก ซึ่งส่งผลทำให้ไม้พาร์ทิเคิลสามารถต้านทานน้ำและความชื้นได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามไม้พาร์ทิเคิลจากกาวทั้งสามสูตรยังไม่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908 ได้

4.3.2.7 ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA (PL₁₀ และ PL₁₅) ในสูตรกาว

จากการทดลองในขั้นตอนก่อนหน้า พบว่าค่าความต้านทานแรงดัดโค้งและความอดุลย์ยืดหยุ่นของไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตรต่าง ๆ มีค่าต่ำ ดังนั้นจึงเลือกศึกษาผลของความเข้มข้นของ PVA ทั้ง 3 เกรด เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับแผ่นไม้พาร์ทิเคิล แต่จากการทดลองพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นให้กับสารละลาย PVA เกรด PH ส่งผลให้ค่าความเหนียวของกาวมีค่าเพิ่มขึ้นสูงมากและไม่สามารถสเปรย์กาวผ่านปืนกาวได้ จากนั้นทำการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรด FL พบว่าไม่สามารถใช้สารละลาย PVA เกรด FL ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 10% w/w ได้ เนื่องจาก PVA เกรด FL เป็นเกรด % ไฮโดรไลซิสทั้งหมด เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย PVA ทำให้มีความหนาแน่นของพันธะไฮโดรเจนสูง ส่งผลให้สารละลาย PVA เกรด FL เกิดการบวมตัวเป็นเจล ดังนั้นงานวิจัยในขั้นตอนนี้จึงเลือกทำการศึกษาเพียงความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรด PL โดยทำการเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นที่ 10% w/w (PL₁₀) และ 15% w/w (PL₁₅) ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลแสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.35 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรด PL)

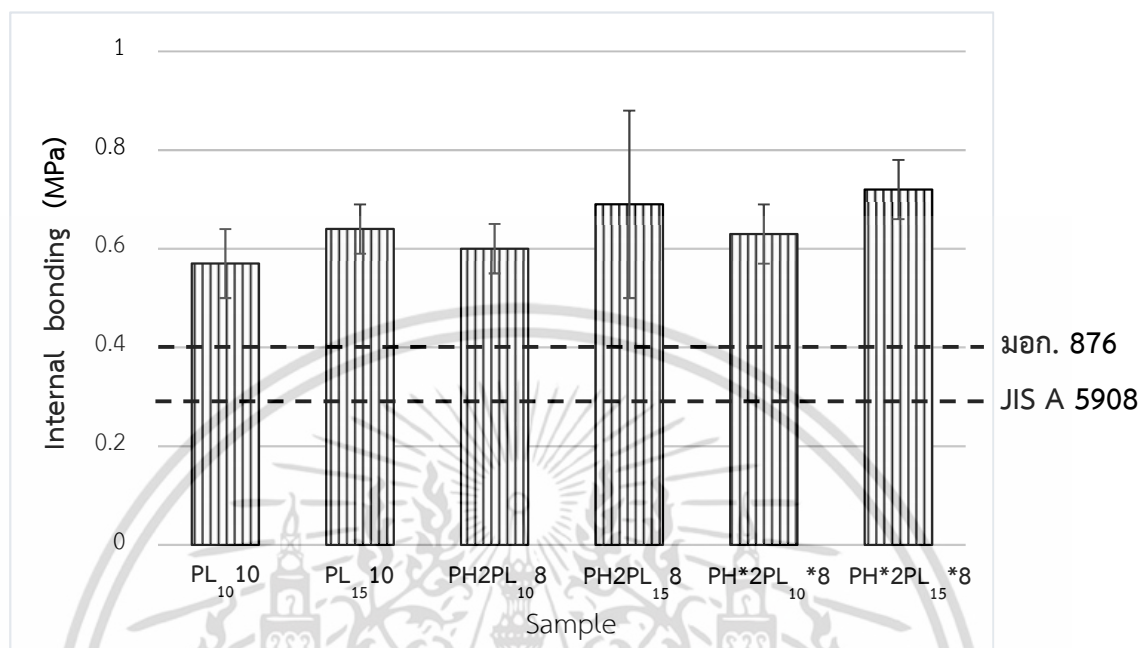


รูปที่ 4.36 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรด PL)

จากรูปที่ 4.35-4.36 แสดงผลค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀ กับ PL₁₅ และ PH2PL₁₀ กับ PH2PL₁₅ พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₅ มีค่าเท่ากับ 4.35 ± 0.33 MPa และ 721 ± 33 MPa ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀ และไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₅ มีค่าเท่ากับ 4.59 ± 0.45 MPa และ 824 ± 97 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₀ อาจเนื่องมาจาก 2 ปัจจัย คือ 1.) กาวสูตร PL₁₅ และ PH2PL₁₅ ประกอบด้วยสารละลาย PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำที่มีความเข้มข้น 15% w/w (PL₁₅) ทำให้มีหมู่ OH ของ PVA จำนวนมากที่สามารถสร้างแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างกาวและเซลลูโลสในเนื้อไม้ได้ [53] และ 2.) กาวสูตร PL₁₅ มีปริมาณของแข็งในกาว $26.91 \pm 0.72\%$ ซึ่งมากกว่ากาวสูตร PL₁₀ ($22.19 \pm 1.96\%$) และกาวสูตร PH2PL₁₅ มีปริมาณของแข็งในกาว $27.54 \pm 0.24\%$ ซึ่งมากกว่ากาวสูตร PH2PL₁₀ ($24.11 \pm 0.18\%$) ทำให้สามารถรับแรงที่มากกว่ากับไม้พาร์ทิเคิลได้ดีกว่า จาก 2 ปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีค่าสูงขึ้น จากนั้นทำการพิจารณา ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₀ และ PH*2PL₁₅ พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₅ มีค่าเท่ากับ 4.34 ± 0.82 MPa และ 953 ± 51 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₀ ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณ

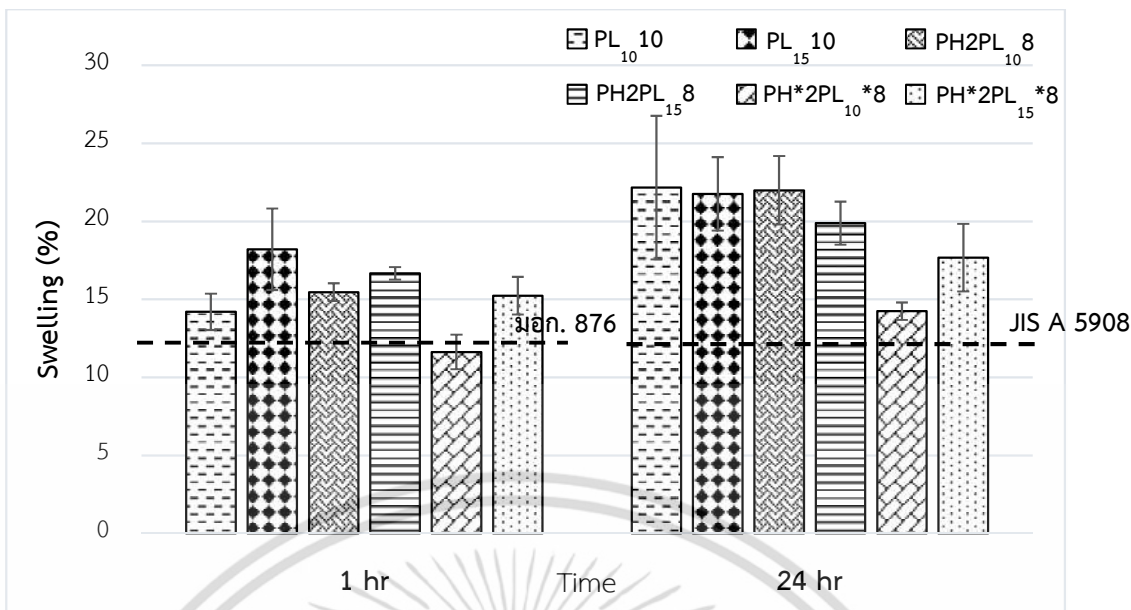
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแข็งในสูตรกาวที่สูงกว่าเช่นเดียวกันกับแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10, PL₁₅10, PH2PL₁₀8 และ PH2PL₁₅8 ดังกล่าวข้างต้น



รูปที่ 4.37 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรด PL)

รูปที่ 4.37 แสดงผลของค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล โดยทำการพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 กับ PL₁₅10 และ PH2PL₁₀8 กับ PH2PL₁₅8 พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₅10 มีค่าเท่ากับ 0.71 ± 0.18 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 และไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₅8 มีค่าเท่ากับ 0.69 ± 0.19 MPa มีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₀8 เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำ (PL) จาก 10% w/w เป็น 15% w/w ส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณหมู่ OH ของ PVA ในกาวมากขึ้น [53] ทำให้สามารถเกิดแรงยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจนกับเซลลูโลสในเนื้อไม้และน้ำมันทั้งได้มากกว่า (รูปที่ 4.8) ในทำนองเดียวกันพบว่าค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₅*8 มีค่าเท่ากับ 0.72 ± 0.06 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₀*8 จากผลการทดสอบไม้พาร์ทิเคิลทุกสูตรมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908



รูปที่ 4.38 ค่าการพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชม. และ 24 ชม. ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล (ผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรด PL)

จากรูปที่ 4.38 แสดงค่าการพองตัวทางความหนาที่ 1 ชม. และ 24 ชม. ของไม้พาร์ทิเคิล เมื่อพิจารณาที่เวลา 24 ชม. พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₅10 มีค่าเท่ากับ $21.76 \pm 2.35\%$ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PL₁₀10 และพบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₅8 มีค่าเท่ากับ $19.88 \pm 1.38\%$ มีค่าต่ำกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH2PL₁₀8 ค่าการพองตัวทางความหนาที่ลดลงอาจจะเนื่องมาจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย PVA เกรด PL จาก 10% w/w เป็น 15% w/w ส่งผลทำให้เกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ OH ของ PVA กับเซลลูโลสในเนื้อไม้ได้มากขึ้น และมีความหนาแน่นของพันธะไฮโดรเจนสูง [50] นอกจากนี้ทำการพิจารณาไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₀*8 และ PH*2PL₁₅*8 พบว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₅*8 มีค่าการพองตัวทางความหนาที่ 24 ชม. เท่ากับ $17.67 \pm 2.16\%$ ซึ่งมีค่าสูงกว่าไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₀*8 ($19.88 \pm 1.38\%$) อาจเป็นไปได้ว่า PL₁₅* มีความเข้มข้นของเนื้อพอลิเมอร์มากกว่า PL₁₀* ซึ่ง PVA เกรด PL นี้เป็นเกรดไฮโดรไลซิสบางส่วนและมวลโมเลกุลต่ำ ซึ่งละลายน้ำได้ง่าย การใช้ความเข้มข้นที่สูงขึ้น 15% w/w ทำให้มีปริมาณเนื้อของ PVA เกรด PL ในเนื้อกาวมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าการต้านทานน้ำต่ำ [57-58] จึงทำให้ค่าการพองตัวทางความหนามีค่าสูง และจากผลการทดสอบพบว่าค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลทั้ง 4 สูตรยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908 และมีเพียงไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2PL₁₀*8 เท่านั้น ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลการทดสอบที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าสูตรกาวที่มีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอด ได้แก่ กาวสูตร PH*2FL8, PH*3FL7, PH*2PL₁₀*8, PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 โดยในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการ เช่น 1. แรงกดอัดของเครื่องอัดร้อน ที่มีค่าต่ำกว่าระดับโรงงานอุตสาหกรรม ส่งผลให้ความหนาแน่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลอยู่ในช่วงที่ต่ำ และส่งผลทำให้มีค่าสมบัติเชิงกลต่ำด้วย 2. เทคนิคการโรยชั้นไม้ที่ไม่สามารถควบคุมทิศทางได้ 3. ประสิทธิภาพในการพ่นกาว ซึ่งถ้ามีการกำจัดข้อด้อยเหล่านี้ได้ คาดว่าจะทำให้แผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้มีสมบัติเชิงกลที่สูงขึ้น และมีค่าการพองตัวทางความหนาที่ดีขึ้น นอกจากนี้การผลิตแผ่นพาร์ทิเคิลในระดับอุตสาหกรรมยังมีการพ่นแว็กซ์ขณะขึ้นรูป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสมบัติการต้านทานน้ำและความมันเงาของผิวหน้าอีกด้วย

4.4 การประเมินราคาต้นทุนวัตถุดิบกาว

ตารางที่ 4.6 ราคาต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในกาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์

สารตั้งต้น	หน่วยบรรจุ	ราคาต้นทุน/หน่วย
PVA เกรด JP-27	20 กิโลกรัม	90 บาท/กิโลกรัม
PVA เกรด GL-05	25 กิโลกรัม	96.3 บาท/กิโลกรัม
PVA เกรด NL-05	25 กิโลกรัม	90 บาท/กิโลกรัม
น้ำมันทั้ง	20 กิโลกรัม	150 บาท/กิโลกรัม
กรดโอเลอิก	1 กิโลกรัม	840 บาท/กิโลกรัม
p-TSA	500 กรัม	3200 บาท/กิโลกรัม
KPS	1 กิโลกรัม	1080 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 4.7 ราคาต้นทุนกาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์

สูตรกาว	ราคาต้นทุน (บาท/กิโลกรัม)	สูตรกาว	ราคาต้นทุน (บาท/กิโลกรัม)
PL ₁₀ 10	77.58	PH2PL ₁₀ 8	73.38
PL ₁₅ 10	73.49	PH*2PL ₁₀ 8	85.15
PL ₁₀ *10	132.34	PH*2PL ₁₀ *8	132.27
PH2FL8	72.95	PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	107.31
PH3FL7	72.95	PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	115.65
PH*2FL8	84.72	PH2PL ₁₅ 8	76.65
PH*3FL7	90.64	PH*2PL ₁₅ *8	135.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

- ราคาขายปลีกพอร์มัลดีไฮด์ (UF) เกรดการค้า คือ 26.95 บาท/กิโลกรัม (หน่วยบรรจุ 1 ตัน)
- ราคา เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560

จากตารางที่ 4.6 และ 4.7 แสดงราคาต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตกาวไร้สารพอร์มัลดีไฮด์ และราคาต้นทุนกาวไร้สารพอร์มัลดีไฮด์ ตามลำดับ พบว่ากาวไร้สารพอร์มัลดีไฮด์จากงานวิจัยนี้มีราคาอยู่ที่ 72.95-135.36 บาท/กิโลกรัม ซึ่งมีราคาสูงกว่ากาว UF เกรดการค้าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามราคาต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกาวสูตรต่าง ๆ จะมีราคาต่ำกว่าราคาในตารางที่ 4.6 ถ้าปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบสูงกว่านี้ ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนวัตถุดิบของกาวไร้สารพอร์มัลดีไฮด์ต่ำลง นอกจากนี้กาวไร้สารพอร์มัลดีไฮด์ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีข้อแตกต่างจากกาว UF คือ กาวไร้สารพอร์มัลดีไฮด์ที่เตรียมได้มีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำ ไม่มีตัวทำละลายอินทรีย์ที่เป็นพิษ ไม่มีการปล่อยสารพอร์มัลดีไฮด์ที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานระหว่างการใช้งาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมกาวไร้สารฟอร์มาลดีไฮด์สำหรับแผ่นไม้พาร์ทิเคิลจาก PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก/น้ำมันทั้ง โดยเลือกใช้ PVA 3 เกรด ที่มี % ไฮโดรไลซิส และมวลโมเลกุลที่แตกต่างกัน ได้แก่ เกรด PH, เกรด PL และเกรด FL และทำการปรับปรุงโครงสร้างของ PVA ด้วยกรดโอเลอิก (PH*, PL₁₀* และ PL₁₅*) จากผลการทดลองพบว่าน้ำมันทั้งที่เป็นองค์ประกอบหลักในกาวสามารถเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยง โดยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดอิลิโอสเตอริกซึ่งมีพันธะคู่อยู่ 3 พันธะ อยู่ในรูปคอนจูเกต จึงทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงได้อย่างรวดเร็วและมีความแข็งแรง โดยในการเตรียมกาวมีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา (p-TSA) และตัวริเริ่มปฏิกิริยา (KPS) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การใช้ PVA ที่มี % ไฮโดรไลซิสและมวลโมเลกุลที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าความหนืด, เสถียรภาพของกาว, สมบัติเชิงกล และค่าการพองตัวของความหนาของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

นำกาวผสมสูตรที่ได้มาศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล โดยนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908 ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

- ผลของน้ำหนักโมเลกุลของ PVA ที่ใช้ในสูตรกาว พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวที่มี PVA เกรดมวลโมเลกุลสูงเป็นองค์ประกอบ ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอและค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลง และค่าการพองตัวของความหนามีแนวโน้มสูงขึ้น

- ผลของ % ไฮโดรไลซิสของ PVA ที่ใช้ในสูตรกาว พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตรที่มี PVA เกรดไฮโดรไลซิสทั้งหมด (FL) เป็นองค์ประกอบหลัก จะส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอ, ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น, ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด รวมถึงส่งผลทำให้ค่าการพองตัวของความหนาที่ 1 ซม. และ 24 ซม. มีค่าต่ำกว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวที่มี PVA เกรดไฮโดรไลซิสบางส่วน (PL) เป็นองค์ประกอบ

- ผลของการใช้ PVA ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก (PH*, PL₁₀* และ PL₁₅*) เป็นองค์ประกอบหลักในกาว ส่งผลให้แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้มีค่าการพองตัวของความหนาที่ 1 ซม. และ 24 ซม. ลดลงอย่างเห็นได้ชัด

- ผลของความเข้มข้นของสารละลาย PVA (PL₁₀ และ PL₁₅) ในสูตรกาว พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย PVA จาก 10% w/w เป็น 15% w/w ทำให้แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ได้มีค่าความต้านทานแรงดัดโค้งงอ, ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

เพิ่มขึ้น แต่ค่าการพองตัวของความหนาที่ 1 ซม. และ 24 ซม. มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงถึงการต้านทานความชื้นที่ต่ำลง

จากงานวิจัยนี้ พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตร PH*2FL8, PH*3FL7, PH*1.8FL4.2PL₁₀*4 และ PH*1.2FL2.8PL₁₀*6 มีค่าสมบัติเชิงกลต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ดี ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านมาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908 นอกจากนี้พบว่าค่าการพองตัวของความหนาที่ 1 ซม. ของกาวทั้ง 4 สูตร ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 และกาวที่ใช้ไม่มีการปลดปล่อยของสารฟอร์มาลดีไฮด์ จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. พัฒนาสูตรกาวให้มีเสถียรภาพที่มากขึ้น โดยการใส่สารรักษาเสถียรภาพ (Preservative) หรืออิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ต่าง ๆ ลงในกาว เพื่อเพิ่มความเข้ากันได้และลดการแยกชั้นของเนื้อกาว ทำให้กาวมีอายุการใช้งานที่นานขึ้น
2. เลือกใช้ PVA เกรดอื่น ๆ ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ เพื่อลดความหนืดของกาวและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการสเปรย์กาว
3. ใช้กระบวนการผลิตคล้ายกับกระบวนการอุตสาหกรรมด้วยการพ่นแว็กซ์หลังจากขึ้นรูปแผ่นไม้พาร์ทิเคิล เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลต่าง ๆ และสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2558. **สินค้าส่งออกสำคัญของไทย**. [Online]. Available : http://www.ops3.moc.go.th/export/export_topn_5y/report.asp
- [2] RTY9. 2552. **กำหนดและระเบียบการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์**. [Online]. Available : <http://www.ryt9.com/s/prg/510610>
- [3] Wikipedia. 1967. **California Air Resources Board**. [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/California_Air_Resources_Board
- [4] Imagine the possibilities. 2006. **Comparison of International Composite Board Emission Standards**. [Online]. Available : <http://cwc furnituregroup.ca/CWCV11>
- [5] Japanese Standards Association. 2003. **JIS A 5908 : 2003 Particleboards**. [Online]. Available : <https://archive.org/details/jis.a.5908.e.2003>
- [6] P. Lakkanapornwisit and N. Rattanaapiromyakit. 2008. "Preparation and modification of wood- adhesive using PVOH and natural- drying oil." Special Project Book, International Program in Polymer Technology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.
- [7] นพรัตน์ เกื้อนวรรณ, พรพรรณ พลุแสง และรัตนพร ทองสุข. 2552. "การเตรียม กาวติดไม้ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และน้ำมันทัง." โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม, ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [8] ภคพล ลักนาพรวิสิฐ และภัทธารุช มนต์วิเศษ. 2554. "กาวติดไม้ไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จาก พอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งธรรมชาติสำหรับงานแผ่นพาร์ทิเคิล." *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ* 3(2) : 23-31.
- [9] ณีฐุดนัย อุณเกษม. 2557. "การพัฒนา กาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ปรับปรุงด้วยน้ำมันทังและน้ำมันธรรมชาติสำหรับแผ่นไม้พาร์ทิเคิล." วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [10] สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้. 2554. **ประเภทของกาวติดไม้**. [Online]. Available : <http://forprod.forest.go.th/forprod/WoodComposite/adhesiveweb/laminated%20wood.htm>
- [11] L. S. Young. 1996. **DC Chemical Company**. [Online]. Available : <http://www.dcchem.co.kr/PVA>
- [12] บุญรอด วงษ์สวาท. 2558. **ชนิดของกรดไขมัน**. [Online]. Available : http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd_site/kind_of_fattyacid.htm
- [13] อรุษา สรวารี. 2542. **สารเคลือบผิว**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [14] โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. 2554. **พืชน้ำมัน**. [Online]. Available : http://www.rspg.or.th/plants_data/use/oil-4.htm
- [15] The Wood Works Book & Tool Co. 2001. **Tung oil, aka China Wood Oil**. [Online]. Available : <http://www.thewoodworks.com.au/technical-data-sheets/188-tung-oil-aka-china-wood-oil>
- [16] American Society for Testing and Materials. 1998. **Standard Test Method for Acid Value of Organic Coating Materials : ASTM D 1639**. Annual Books of ASTM Standards. 06.03 : 323-324.
- [17] American Society for Testing and Materials. 1998. **Standard Test Method for Saponification Value of Drying Oils, Fatty Acids, and Polymerized Fatty Acids : ASTM D 1962**. Annual Books of ASTM Standards. 06.03 : 396-397.
- [18] American Society for Testing and Materials. 1998. **Standard Test Method for Hydroxyl Value of Fatty Oils and Acids : ASTM D 1957**. Annual Books of ASTM Standards. 06.03 : 389-390.
- [19] Wikipedia. 2007. **Tung oil**. [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Tung_oil
- [20] Multicolour Limited. 2015. **Tung oil**. [Online]. Available : <http://tungoil.co.uk/what-is-tungoil/>
- [21] Wikipedia. 2015. **Linseed Oil**. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Linseed_oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [22] Thaigoodview. 2550. **ตัวเร่งปฏิกิริยา**. [Online]. Available : <http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/nongkhai/onumab/chemical/sec01p1.htm>
- [23] Wikipedia. 2015. **p-Toluenesulfonic acid**. [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/P-Toluenesulfonic_acid
- [24] มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์. 2540. **เคมีพอลิเมอร์**. กรุงเทพมหานคร : โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [25] Wikipedia. 2015. **Potassium persulfate**. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Potassium_persulfate
- [26] Wikipedia. 2014. **Potassium persulfate**. [Online]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Potassium_persulfate_correct_structure2.png
- [27] Thaiwood. 2550. **ไม้**. [Online]. Available : <http://thaiwoodcentral.com>
- [28] Material Chula. 2550. **ไม้**. [Online]. Available : <http://www.material.chula.ac.th/RADIO44/june/radio6-9.htm>
- [29] Baannatura. 2550. **ไม้**. [Online]. Available : <http://www.baannatura.com/th/mat/content/detail/114.html>
- [30] นันทนา สำเภา. 2556. **โครงสร้างลำต้น**. [Online]. Available : <http://www.nana-bio.com/e-learning/plant%20organ/stem03.html>
- [31] ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไทรทองไม้อัด. 2554. **ไม้พาร์ทิเคิล**. [Online]. Available : <http://www.saithongplywood.com/614419>
- [32] S. H. Imam, S. H. Gondon, L. Mao and L. Chen. 2001. “Environmentally friendly wood from a renewable plant polymer : characteristics and optimization.” *Polymer Degradation and Stability*. 73(3) : 529-533.
- [33] Z. O. Oymane, W. Ming and R. van der Linde. 2005. “Oxidation of drying oils containing non-conjugated and conjugated double bonds catalyzed by a cobalt catalyst.” *Progress in Organic Coatings*. 54(3) : 198-204.
- [34] N. Limpan, T. Prodpran, S. Benjakul and S. Prasarnpran. 2012. “Influence of degree of hydrolysis and molecular weight of poly(vinyl alcohol) (PVA) on properties of fish myofibrillar protein/PVA blend films.” *Food Hydrocolloids*. 29 : 226-233.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [35] L. W. Chan, J. S. Hao and Pual W. S. Heng. 1999. "Evaluation of Permeability and Mechanical Properties of Composite Polyvinyl Alcohol Films." *Chem. Pharm. Bull.* 47(10) : 1412-1416.
- [36] สุนิสา มาตรพรมราช, ภัทรวดี วันนา และหฤทัยชนก ต้นประภา. 2557. "สมบัติของฟิล์มไฮโดรเจลจากแซนแทนกัมและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ดัดแปลงด้วยกรดโอเลอิก." โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม, ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [37] ชมพูนุช ฉันทะจำรัสศิลป์, ธนาภรณ์ สหัสสานนท์ และพีรพร สัจจพันธ์พงษ์. 2555. "การพัฒนาการวัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และพอลิไวนิลอะซิเตดปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิกและน้ำมันลินสีด สำหรับงานพิมพ์สกรีน." โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม, ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [38] S. Tharhate and J. Ngamcharoenthavorn. 2007. "Water- resistant enhancement of Drying oil Modified Poly(vinyl alcohol)." Special Project Book, International program in Polymer Technology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.
- [39] N. Rattanaapiromyakit and P. Lakkanapornwisit. 2008. "Preparation and modification of wood-adhesive using PVOH and Natural-drying oil." Special Project Book, International program in Polymer Technology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.
- [40] วรวิทย์ ชุ่มชื่น. 2552. "การพัฒนาการติดไม้ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยน้ำมันทั้ง." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [41] Rohit Chemworld Pvt Ltd. 2015. **PVA JP-27**. [Online]. Available: <http://www.rohitchemworld.com/polyvinyl-alcohol.html>
- [42] Nippon Gohsei. 2015. **PVA GL-05**. [Online]. Available: http://www.gohsenol.com/doc_e/gnr/gnr_01.shtml
- [43] L. Cui, Q. Fu, C. J. Chang and J. T. Yeh. 2009. "The Effect of Poly(vinyl alcohol) Hydrolysis on the Properties of its Blends With Nylon 6." *Polymer Engineering and Science.* 49(10) : 1553-1561.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [44] H. S. Mansur, C. M. Sadahira, A. N. Souza and Alexandra A.P. Mansur. 2008. "FTIR spectroscopy characterization of poly(vinyl alcohol) hydrogel with different hydrolysis degree and chemically crosslinked with glutaraldehyde." *Materials Science and Engineering C*. 28 : 539-548.
- [45] จีตาทพร บุญวัฒน์โสภณ. 2559. "การพัฒนาสูตรเนื้อสีฐานน้ำ สำหรับงานพิมพ์สกรีนจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์, ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [46] W. A. Rahman, L. T. Sin, A. R. Rahmat and A. A. Samad. 2010. "Thermal behaviour and interactions of cassava starch filled with glycerol plasticized polyvinyl alcohol blends." *Carbohydrate Polymers*. 81 : 805-810.
- [47] K. A. M. Abd El-Kader, S. F. Abdel Hamied, A. B. Mansour, A. M. Y El-Lawindy and F. El-Tantaway. 2002. "Effect of the molecular weights on the optical and mechanical properties of poly(vinyl alcohol)films." *Polymer Testing*. 21 : 847-850.
- [48] P. Gahlawat, C. Sen and M. Das. 2015. "Effect of Molecular Weight of Polyvinyl Alcohol on Properties of Starch Film Cross-linked with Glutaraldehyde." *Journal of Agricultural Engineering and Food Technology*. 2(1) : 12-16.
- [49] E. S. M. Negim, R. K. Rakhmetullayeva, G. Zh. Yeligbayeva, P. I. Urkimbaeva, S. T. Primzharova, D. B. Kaldybekov, J. M. Khatib, G. A. Mun and W. Craig. 2014. "Improving Biodegradability of polyvinyl alcohol/starch blend films for packaging applications." *International Journal of Basic and Applied Science*. 3(3) : 263-273.
- [50] N. J. Elizondo, P. J. A. Sobral and F. C. Menegalli. 2009. "Development of films based on blends of *Amaranthus cruentus* flour and poly(vinyl alcohol)." *Carbohydrate Polymers*. 75 : 592-598.
- [51] L. Y. Lim and S. C. Wan. 1994. "The effect of plasticizers on the properties of polyvinyl alcohol films." *Drug Development and Industrial Pharmacy*. 20(6) : 1007-1020.

- [52] J. Pu-you, B. Cai-ying, H. Li-hong and Z. Yong-hong. 2014. "Properties of Poly(vinyl alcohol) Plasticized by Glycerin." *Journal of Forest Product & Industries*. 3(3): 151-153.
- [53] T. Ke and X. S. Sun. 2003. "Starch, Poly(lactic acid, and Poly(vinyl alcohol) Blends." *Journal of Polymers and the Environment*. 11(1) : 7-14.
- [54] T. M. C. Maria, R. A. de Carvalho, P. J. A. Sobral, M. B. Q. Habitante and J. Solorza-Feria. 2008. "The effect of the degree of hydrolysis of the PVA and the plasticizer concentration on the color, opacity, and thermal and mechanical properties of films based on PVA and gelatin blends." *Journal of Food Engineering*. 87(2) : 191-199.
- [55] R. A. Carvalho, T. M. C. Maria, I. C. F. Moraes, P. V. A. Bergo, E. S. Kamimura, A. M. Q. B. Habitante and P. J. A. Sobral. 2009. "Study of some physical properties of biodegradable films based on blends of gelatin and poly(vinyl alcohol) using a response-surface methodology." *Materials Science and Engineering C* 29 : 485-491.
- [56] S. Y. Park, S. T. Jun and K. S. Marsh. 2001. "Physical properties of PVOH/chitosan-blended films cast from different solvents." *Food Hydrocolloids*. 15(4-6) : 499-502.
- [57] D. H. Kim, S. K. Na, J. S. Park, K. J. Yoon and D. W. Ihm. 2002. "Studies on the preparation of hydrolyzed starch-g-PAN (HSPAN)/PVA blend films-Effect of the reaction with epichlorohydrin." *European Polymer Journal*. 38 : 1199-1204.
- [58] X. Y. Zhou, Y. F. Cui, D. M. Jia and D. Xie. 2009. "Effect of a complex Plasticizer on the Structure and Properties of the Thermoplastic PVA/ Starch Blends." *Polymer-Plastics Technology and Engineering*. 48 : 489-495.
- [59] Z. Guohua, L. Ya, F. Cuilan, Z. Min, Z. Caiqiong and C. Zongdao. 2006. "Water resistance, mechanical properties and biodegradability of methylated-cornstarch/poly(vinyl alcohol) blend film." *Polymer Degradation and Stability*. 91 : 703-711.
- [60] S. G. Gholap, J. P. Jog and M. V. Badiger. 2004. "Synthesis and characterization of hydrophobically modified poly(vinyl alcohol) hydrogel membrane." *Polymer*. 45 : 5863-5873.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [61] อภิชนา เจียนประเสริฐ. 2560. “การศึกษาการเตรียมพอลิไวน์ลอัลกอฮอล์ที่ปรับปรุงด้วยน้ำมันทังและน้ำยางธรรมชาติสำหรับงานเคลือบผิวและฟิล์มต้านทานน้ำ.” วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี, วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

มาตรฐานการทดสอบแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

ตารางที่ ก-1 มาตรฐาน มอก. 876 (พ.ศ. 2547)

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด (ความหนา 0.60-13.00 มม.)
1	ค่าความหนาแน่น (g/cm^3)	0.40-0.9
2	ค่าความชื้น (%) ไม่เกิน	13
3	การพองตัวทางความหนา (%) ไม่เกิน	12
4	ความต้านทานแรงดัดโค้งงอ (MPa) ไม่น้อยกว่า	14
5	มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) ไม่น้อยกว่า	1800
6	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (MPa) ไม่ต่ำกว่า	0.40

ตารางที่ ก-2 มาตรฐาน JIS A 5908 (ค.ศ. 2003)

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด (ความหนา 0.60-13.00 มม.)
1	ค่าความหนาแน่น (g/cm^3)	0.40-0.90
2	ค่าความชื้น (%) ไม่เกิน	13
3	การพองตัวทางความหนา (%) ไม่เกิน	12
4	ความต้านทานแรงดัดโค้งงอ (MPa) ไม่น้อยกว่า	8
5	มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) ไม่น้อยกว่า	2000
6	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (MPa) ไม่ต่ำกว่า	0.30

หมายเหตุ : 1 MPa = 1 N/mm²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบสมบัติของกาว

ตารางที่ ข-1 ค่าความหนืด (cP) ของกาวแต่ละชนิด

ลำดับที่	สูตรกาว	ความหนืด (cP)					
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย	SD
หลังการ ปั่นกาว 1 วัน	PL ₁₀ 10	140	160	160	140	150	12
	PL ₁₅ 10	740	720	720	740	730	12
	PL ₁₀ *10	90	100	80	90	90	8
	PH2FL8	760	720	720	720	730	20
	PH3FL7	810	800	820	800	808	10
	PH*2FL8	300	280	280	280	285	10
	PH*3FL7	440	460	460	460	455	10
	PH2PL ₁₀ 8	320	310	320	320	318	5
	PH*2PL ₁₀ 8	180	180	200	180	185	10
	PH*2PL ₁₀ *8	210	210	220	220	215	6
	PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	230	240	230	230	233	5
	PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	160	160	170	160	163	5
	PH2PL ₁₅ 8	480	480	490	490	485	6
	PH*2PL ₁₅ *8	920	910	900	900	908	10
1	PL ₁₀ 10	80	80	80	80	80	0
	PL ₁₅ 10	380	380	380	380	380	0
	PL ₁₀ *10	120	120	110	120	118	5
	PH2FL8	600	620	620	620	615	10
	PH3FL7	660	680	670	660	668	10
	PH*2FL8	400	400	380	400	395	10
	PH*3FL7	680	680	680	680	680	0
	PH2PL ₁₀ 8	160	160	160	160	160	0
	PH*2PL ₁₀ 8	200	200	200	200	200	0
	PH*2PL ₁₀ *8	310	300	300	300	303	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 (ต่อ) ค่าความหนืด (cP) ของกาวแต่ละชนิด

ลำดับที่	สูตรกาว	ความหนืด (cP)					
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย	SD
1	PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	300	280	300	280	290	12
	PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	200	200	180	180	190	12
	PH2PL ₁₅ 8	560	540	550	550	550	8
	PH*2PL ₁₅ *8	1,580	1,600	1,580	1,580	1,585	10
2	PL ₁₀ 10	60	60	50	50	55	6
	PL ₁₅ 10	400	420	420	410	413	10
	PL ₁₀ *10	140	140	140	140	140	0
	PH2FL8	5,400	5,900	5,725	5,900	5,731	236
	PH3FL7	2,040	1,980	2,340	2,500	2,215	247
	PH*2FL8	500	500	500	500	500	0
	PH*3FL7	880	920	940	940	920	28
	PH2PL ₁₀ 8	180	190	180	180	183	5
	PH*2PL ₁₀ 8	200	190	180	180	188	10
	PH*2PL ₁₀ *8	340	320	340	340	335	10
	PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	360	360	360	370	363	5
	PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	200	200	220	210	208	10
	PH2PL ₁₅ 8	660	640	640	660	650	12
	PH*2PL ₁₅ *8	1,720	1,720	1,700	1,680	1,705	19
3	PL ₁₀ 10	280	210	200	210	225	37
	PL ₁₅ 10	640	630	620	620	623	10
	PL ₁₀ *10	180	180	180	160	175	10
	PH2FL8	9,650	9,150	8,750	8,850	9,100	404
	PH3FL7	8,600	8,800	8,400	10,400	9,050	915
	PH*2FL8	600	620	620	620	615	10
	PH*3FL7	1,080	1,100	1,100	1,120	1,100	16
	PH2PL ₁₀ 8	220	220	220	220	220	0
	PH*2PL ₁₀ 8	190	190	190	190	190	0
	PH*2PL ₁₀ *8	460	400	380	400	410	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 (ต่อ) ค่าความหนืด (cP) ของกาวแต่ละชนิด

ลำดับ ที่	สูตรกาว	ความหนืด (cP)					
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย	SD
3	PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	400	380	380	400	390	12
	PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	200	200	180	180	190	12
	PH2PL ₁₅ 8	1,120	1,120	1,140	1,160	1,135	19
	PH*2PL ₁₅ *8	1,760	1,760	1,760	1,820	1,775	30



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 ค่าปริมาณของแข็งคงเหลือในสูตรกาว

สูตรกาว	% Solid content				
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย	SD
PL ₁₀ 10	23.17	19.93	23.47	22.19	1.96
PL ₁₅ 10	26.08	27.27	27.39	26.91	0.72
PL ₁₀ *10	21.82	21.29	24.27	22.46	1.59
PH2FL8	20.15	21.93	21.31	21.13	0.90
PH3FL7	24.13	23.86	24.14	24.04	0.16
PH*2FL8	26.71	27.08	26.91	26.90	0.19
PH*3FL7	26.73	26.95	26.91	26.86	0.12
PH2PL ₁₀ 8	23.90	24.24	24.19	24.11	0.18
PH*2PL ₁₀ 8	25.61	26.31	25.94	25.95	0.35
PH*2PL ₁₀ *8	28.94	28.48	29.41	28.94	0.47
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	27.66	27.80	27.95	27.80	0.15
PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	28.93	29.06	28.82	28.94	0.12
PH2PL ₁₅ 8	27.78	27.54	27.29	27.54	0.24
PH*2PL ₁₅ *8	28.71	28.35	28.59	28.55	0.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบสมบัติของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

ตารางที่ ค-1 ค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

สูตรกาว	ความหนาแน่น (g/cm ³)					
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	เฉลี่ย	SD
PL ₁₀ 10	0.548	0.590	0.526	0.566	0.558	0.027
PL ₁₅ 10	0.625	0.607	0.593	0.530	0.589	0.041
PL ₁₀ *10	0.593	0.573	0.563	0.583	0.578	0.013
PH2FL8	0.634	0.579	0.553	0.613	0.595	0.036
PH3FL7	0.561	0.588	0.631	0.580	0.590	0.030
PH*2FL8	0.595	0.537	0.619	0.650	0.600	0.048
PH*3FL7	0.582	0.569	0.633	0.576	0.590	0.029
PH2PL ₁₀ 8	0.569	0.554	0.590	0.503	0.554	0.037
PH*2PL ₁₀ 8	0.571	0.566	0.559	0.595	0.573	0.016
PH*2PL ₁₀ *8	0.580	0.561	0.541	0.560	0.561	0.016
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	0.600	0.604	0.649	0.620	0.618	0.022
PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	0.591	0.654	0.597	0.585	0.607	0.032
PH2PL ₁₅ 8	0.640	0.624	0.667	0.601	0.633	0.028
PH*2PL ₁₅ *8	0.592	0.605	0.552	0.640	0.597	0.036
มาตรฐาน มอก. 876	0.4-0.9 g/cm³					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2 ค่าความชื้นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

สูตรการ	ความชื้น (%)					
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	เฉลี่ย	SD
PL ₁₀ 10	1.336	1.511	1.543	1.650	1.51	0.13
PL ₁₅ 10	3.023	3.032	3.225	3.112	3.10	0.09
PL ₁₀ *10	1.415	1.209	1.156	1.32	1.28	0.12
PH2FL8	3.630	3.391	3.974	3.903	3.73	0.27
PH3FL7	3.614	3.671	3.863	3.950	3.78	0.16
PH*2FL8	1.632	1.516	1.555	1.565	1.57	0.05
PH*3FL7	1.534	1.490	1.417	1.312	1.44	0.10
PH2PL ₁₀ 8	1.257	1.676	1.688	1.192	1.45	0.27
PH*2PL ₁₀ 8	1.429	1.246	1.506	1.666	1.46	0.17
PH*2PL ₁₀ *8	1.458	1.449	1.314	1.498	1.43	0.08
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	3.576	3.666	3.279	3.463	3.50	0.17
PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	3.110	2.867	3.055	3.216	3.06	0.15
PH2PL ₁₅ 8	3.141	2.963	2.968	2.954	3.01	0.09
PH*2PL ₁₅ *8	3.332	3.007	2.956	2.819	3.03	0.22
มาตรฐาน มอก. 876	≤13%					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3 ค่าความต้านทานแรงดัดโค้งของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

สูตรการ	ค่าความต้านทานแรงดัดโค้ง (MPa)					
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	เฉลี่ย	SD
PL ₁₀ 10	2.97	3.63	3.56	3.36	3.38	0.30
PL ₁₅ 10	3.92	4.46	4.71	4.3	4.35	0.33
PL ₁₀ *10	3.00	3.36	3.58	3.60	3.39	0.28
PH2FL8	4.66	5.47	5.34	4.97	5.11	0.37
PH3FL7	4.29	4.70	4.00	4.80	4.45	0.37
PH*2FL8	5.08	4.52	4.96	5.85	5.10	0.55
PH*3FL7	5.50	5.59	5.39	5.07	5.39	0.23
PH2PL ₁₀ 8	3.18	3.12	3.24	3.31	3.21	0.08
PH*2PL ₁₀ 8	3.75	3.48	3.51	3.58	3.58	0.12
PH*2PL ₁₀ *8	3.45	3.38	3.07	4.73	3.66	0.73
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	4.29	4.31	4.03	4.67	4.33	0.26
PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	4.98	4.54	4.78	4.23	4.63	0.32
PH2PL ₁₅ 8	4.02	4.80	4.47	5.07	4.59	0.45
PH*2PL ₁₅ *8	4.21	3.24	4.96	4.96	4.34	0.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-4 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

สูตรการ	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)					
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	เฉลี่ย	SD
PL ₁₀ 10	527	531	582	503	536	33
PL ₁₅ 10	741	713	753	677	721	33
PL ₁₀ *10	443	539	618	528	532	72
PH2FL8	699	828	721	627	719	83
PH3FL7	524	843	677	825	717	149
PH*2FL8	1088	704	696	745	808	188
PH*3FL7	948	863	1168	923	976	133
PH2PL ₁₀ 8	545	577	460	489	518	53
PH*2PL ₁₀ 8	553	644	564	594	589	41
PH*2PL ₁₀ *8	755	745	815	784	775	32
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	684	536	610	721	638	82
PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	517	677	619	648	615	70
PH2PL ₁₅ 8	774	799	968	756	824	97
PH*2PL ₁₅ *8	934	1028	940	911	953	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-5 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

สูตรการ	ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (MPa)					
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	เฉลี่ย	SD
PL ₁₀ 10	0.54	0.67	0.51	0.57	0.57	0.07
PL ₁₅ 10	0.46	0.83	0.84	0.72	0.71	0.18
PL ₁₀ *10	0.21	0.19	0.16	0.22	0.20	0.03
PH2FL8	0.73	0.59	0.72	0.62	0.67	0.07
PH3FL7	0.51	0.53	0.53	0.53	0.52	0.01
PH*2FL8	0.53	0.55	0.59	0.52	0.55	0.03
PH*3FL7	0.52	0.46	0.68	0.49	0.54	0.10
PH2PL ₁₀ 8	0.64	0.62	0.62	0.52	0.60	0.05
PH*2PL ₁₀ 8	0.68	0.74	0.66	0.72	0.70	0.04
PH*2PL ₁₀ *8	0.58	0.70	0.57	0.65	0.63	0.06
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	0.78	0.77	0.60	0.94	0.77	0.14
PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	0.72	0.83	0.85	0.64	0.76	0.10
PH2PL ₁₅ 8	0.48	0.94	0.63	0.71	0.69	0.19
PH*2PL ₁₅ *8	0.69	0.76	0.65	0.78	0.72	0.06
มาตรฐาน มอก. 876	≥ 0.40 MPa					
มาตรฐาน JIS A 5908	≥ 0.30 MPa					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-6 ค่าการพองตัวของความหนาที่ 1 ซม. ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

สูตรการ	ค่าการพองตัวของความหนาที่ 1 ซม. (%)					
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	เฉลี่ย	SD
PL ₁₀ 10	14.02	13.06	13.89	15.81	14.20	1.16
PL ₁₅ 10	15.04	17.12	20.62	20.07	18.21	2.61
PL ₁₀ *10	14.89	14.49	10.81	13.67	13.47	1.84
PH2FL8	10.34	6.84	8.96	8.07	8.55	1.47
PH3FL7	11.82	10.51	11.73	11.68	11.44	0.62
PH*2FL8	8.76	8.66	8.69	8.93	8.76	0.12
PH*3FL7	11.66	8.15	8.93	8.48	9.30	1.60
PH2PL ₁₀ 8	15.64	16.07	15.43	14.70	15.46	0.57
PH*2PL ₁₀ 8	15.24	17.52	12.88	14.65	15.07	1.91
PH*2PL ₁₀ *8	10.37	11.27	13.02	11.86	11.63	1.11
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	9.55	8.13	7.73	9.11	8.63	0.84
PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	9.79	9.64	10.75	10.20	10.09	0.50
PH2PL ₁₅ 8	16.66	16.20	17.17	16.63	16.67	0.40
PH*2PL ₁₅ *8	15.66	14.07	14.48	16.73	15.24	1.20
มาตรฐาน มอก. 876	≤12%					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-7 ค่าการพองตัวของความหนาที่ 24 ซม. ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

สูตรการ	ค่าการพองตัวของความหนาที่ 24 ซม. (%)					
	แผ่นที่ 1	แผ่นที่ 2	แผ่นที่ 3	แผ่นที่ 4	เฉลี่ย	SD
PL ₁₀ 10	29.01	19.36	19.57	20.69	22.16	4.60
PL ₁₅ 10	19.98	24.87	19.59	22.59	21.76	2.35
PL ₁₀ *10	19.08	19.60	16.37	15.37	17.60	2.06
PH2FL8	13.99	13.07	15.79	15.47	14.58	1.27
PH3FL7	15.89	14.83	16.99	17.32	16.26	1.13
PH*2FL8	14.59	12.91	14.15	14.37	14.00	0.75
PH*3FL7	14.24	12.37	13.55	13.68	13.46	0.79
PH2PL ₁₀ 8	21.13	24.51	22.91	19.44	21.99	2.19
PH*2PL ₁₀ 8	16.66	21.25	18.65	17.93	18.62	1.93
PH*2PL ₁₀ *8	14.06	14.58	14.79	13.54	14.24	0.56
PH*1.8FL4.2PL ₁₀ *4	13.47	11.99	14.14	13.44	13.26	0.90
PH*1.2FL2.8PL ₁₀ *6	12.88	12.48	12.84	12.99	12.80	0.22
PH2PL ₁₅ 8	20.22	18.20	21.52	19.59	19.88	1.38
PH*2PL ₁₅ *8	17.94	15.09	20.33	17.33	17.67	2.16
มาตรฐาน JIS A 5908	≤12%					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวจริญญา มะหะหมุด
วัน เดือน ปีเกิด	13 สิงหาคม พ.ศ. 2534
ที่อยู่ปัจจุบัน	39 ซ. ราชบุรุษอุทิศ 62 ถ. ราชบุรุษอุทิศ แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี จ.กรุงเทพมหานคร 10510
ประวัติการศึกษา	(พ.ศ. 2556) วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม เกรดเฉลี่ย 3.27 (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง) (พ.ศ. 2560) วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ เกรดเฉลี่ย 3.43 (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	1. ทุนอุดหนุนการศึกษาและค่าครองชีพในระดับบัณฑิตศึกษา ปี พ.ศ. 2557-2558 คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2. ทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงานทางวิชาการในการประชุมทางวิชาการ พ.ศ. 2559 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	J. Mahamut. 2016. “Development of Formaldehyde Free Adhesive from Oleic acid Modified Poly(vinyl alcohol)/Tung oil for Particle Board.” Proceeding of The International Polymer Conference of Thailand (PCT-6). Pathumwan Princess Hotel, Bangkok, Thailand. Jun 30 - Jul 1, 2016. pp. 419-423.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้