

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนากาวติดไม้ชนิดปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และ  
น้ำมันทัง

Development of Formaldehyde-free Wood Adhesive from Poly(vinyl  
alcohol) and Tung oil



T115209

ชื่อผู้วิจัย

นายภัทรารุช มนต์วิเศษ

นายวรรณธรรม อุ่นจิตติชัย

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2553

ประเภทงานวิจัยเชิงบูรณาการและพาณิชย์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH

TP

968

๑๑๕4๗

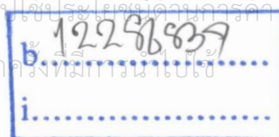
เลขหมู่

115209

เลขทะเบียน

22 ก.พ. 2553

วัน,เดือน,ปี



## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนงบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปี 2553 ประเภทงานวิจัยเชิงบูรณาการและพาณิชย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เรื่องการพัฒนาการติดไม้ชนิดปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และน้ำมันทัง

ขอขอบคุณ กรมป่าไม้ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ เครื่องทดสอบ และชิ้นไม้ยูคาลิปตัสในการขึ้นรูปและทดสอบสมบัติแผ่นพาร์ทิเคิล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน<sup>2</sup>เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนา กาวติดไม้ชนิดปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์ จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และน้ำมันทัง

(ภาษาอังกฤษ) **Development of formaldehyde-free wood adhesive from poly(vinyl alcohol) and tung oil**

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ประเภทงานวิจัยเชิงบูรณาการและพาณิชย์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2553 จำนวนเงิน 250,000 บาท ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2553

ชื่อผู้วิจัย ผศ.ดร. ภัทรารุช มนต์วิเศษ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โทร. 02-3298400-8411 ต่อ 341

นายวรธรรม อุจน์จิตติชัย นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และกาวติดไม้ กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ โทร 0-2561-4292-3 ต่อ 471

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์ จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ที่ทำการปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทัง เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและความต้านทานน้ำโดยมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนน้ำมันทังเป็น 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ใช้กรดพาราโทลูอินซิลโฟนิค (PTSA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาและโซเดียมลอริลซัลเฟต (SLS) เป็นสารลดแรงตึงผิว โดยเราจะมีการปรับปริมาณ SLS เป็น 2 และ 4% โดยน้ำหนัก และทำการทดสอบสมบัติกาวได้แก่ ความหนืด solid content และ%การบวมตัวของฟิล์มกาว จากนั้นนำกาวที่เตรียมได้มาขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัส size 2 และ size 3 และปรับปริมาณกาวต่อไม้เป็น 15% 20% และ 25% โดยน้ำหนัก แผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้นำไปทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876 ของแผ่นพาร์ทิเคิล ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวทางความหนา ความแข็งแรงดัดโค้ง โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทัง 15% SLS 2% (สูตร 5) ใช้ปริมาณกาว 25% ขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลด้วยไม้ size 3 ให้ค่าการทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876 ทุกค่า ยกเว้นค่าการพองตัวทางความหนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ABSTRACT

This research was studied on the preparation of formaldehyde-free wood adhesive from poly (vinyl alcohol) modified with tung oil in order to improve its mechanical properties and water resistance. Tung oil was varied at 15% and 20% by weight using *p*-toluene sulfonic acid (PTSA) as a catalyst and potassium persulfate (KPS) as an initiator. Sodium lauryl sulfate (SLS) as a surfactant was adjusted at as 2 and 4% by weight. The prepared adhesives were measured the properties of viscosity, solid content and %swelling of the adhesive file. The adhesives were then mixed with Eucalyptus wood size 2 and size 3 and cured under compression at 120°c for 16 minutes to from the particle board. The weight ratios of adhesives to wood were varied at 15% 20 % and 25%. The received particle boards were test the properties following Japanese Industrial Standard A 5908 and Thai Industrial Standard 876 for particle board including density moisture content, swelling, bending strength, bending young's modulus and internal bond. It was found that the adhesive containing tung oil 15%, SLS 2% and using 25% weight of adhesive comparing with wood (size 3) gained the best result, i.e. the testing results can pass the Japanese Industrial Standard A 5908 and Thailand Industrial Standard 876 for particle board excepted the swelling test.

## สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	2
บทคัดย่อภาษาไทย	3
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	4
สารบัญเรื่อง	5
สารบัญตาราง	6
สารบัญภาพ	7
1. บทนำ	8
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	8
1.2 วัตถุประสงค์	9
1.3 ขอบเขตการวิจัย	9
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	10
1.5 ทฤษฎีและหลักการ	10
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
2. วิธีการดำเนินงานวิจัย	24
3. อภิปราย/วิจารณ์ผลการทดลอง	31
4. สรุปผลการวิจัย	52
5. เอกสารอ้างอิง	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 5 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันทั้ง	12
ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนผสมของกาว	24
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของกาว	31
ตารางที่ 3.2 ค่าความหนืด และ %solid content	35
ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยของเวลาในการแข็งตัวของซีเมนต์เพสต์ สูตรที่ 1	23
ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ยของเวลาในการแข็งตัวของซีเมนต์เพสต์ สูตรที่ 2	23
ตารางที่ 3.5 บันทึกน้ำหนักที่ซั่งได้จากการทดลอง	28
ตารางที่ 3.6 ปริมาณองค์ประกอบในก้อนซีเมนต์	30
ตารางที่ 3.7 น้ำหนักโมเลกุลและค่าการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของ PMMA ในก้อนซีเมนต์	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 6 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ผลและน้ำมันจากต้นทั้ง	13
รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิล	26
รูปที่ 3.1 ปฏิกิริยา Transesterification	32
รูปที่ 3.2 ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงระหว่างพันธะคู่ภายในโมเลกุลของน้ำมันทั้ง	33
รูปที่ 3.3 ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงระหว่างพันธะคู่ระหว่างโมเลกุลของน้ำมันทั้ง	34
รูปที่ 3.4 ผลการทดสอบการบวมตัวของฟิล์มกาว	36
รูปที่ 3.5 ผลการทดสอบความหนาแน่นตามมาตรฐาน JIS A 5908	37
รูปที่ 3.6 ผลการทดสอบความหนาแน่นตามมาตรฐาน มอก.876	37
รูปที่ 3.7 ผลการทดสอบความชื้นตามมาตรฐาน JIS A 5908	38
รูปที่ 3.8 ผลการทดสอบความชื้นตามมาตรฐาน มอก.876	39
รูปที่ 3.9 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.867	40
รูปที่ 3.10 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876	41
รูปที่ 3.11 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.867	42
รูปที่ 3.12 ผลการทดสอบการพองตัวทางความหนาตามมาตรฐาน มอก.876 ที่เวลา 1 ชั่วโมง	43
รูปที่ 3.13 ผลการทดสอบการพองตัวทางความหนาตามมาตรฐาน JIS A 5908 ที่เวลา 24 ชั่วโมง	43
รูปที่ 3.14 ผลการทดสอบความหนาแน่นตามมาตรฐาน JIS A 5908	45
รูปที่ 3.15 ผลการทดสอบความหนาแน่นตามมาตรฐาน มอก.876	45
รูปที่ 3.16 ผลการทดสอบความชื้นตามมาตรฐาน JIS A 5908	46
รูปที่ 3.17 ผลการทดสอบความชื้นตามมาตรฐาน มอก.876	46
รูปที่ 3.18 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.867	47
รูปที่ 3.19 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876	48
รูปที่ 3.20 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876	49
รูปที่ 3.21 ผลการทดสอบการพองตัวทางความหนาตามมาตรฐาน มอก.876 ที่เวลา 1 ชั่วโมง	50
รูปที่ 3.22 ผลการทดสอบการพองตัวทางความหนาตามมาตรฐาน JIS A 5908 ที่เวลา 24 ชั่วโมง	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันแผ่นพาร์ทิเคิลเป็นวัสดุทดแทนไม้ที่นิยมนำมาทำเฟอร์นิเจอร์มากที่สุดเนื่องจาก การใช้แผ่นพาร์ทิเคิลช่วยลดปริมาณการตัดต้นไม้ และสามารถใช้ไม้คุณภาพต่ำ รวมถึงสามารถนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการเพิ่มมูลค่าอีกด้วย วัสดุสำคัญที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลคือกาวติดไม้ซึ่งช่วยประสานชิ้นไม้ให้เป็นแผ่นและมีความแข็งแรง กาวติดไม้ในอุตสาหกรรมแผ่นพาร์ทิเคิลส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบของสารฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารเคมีที่ได้จากกระบวนการผลิตปิโตรเลียม สารฟอร์มาลดีไฮด์มักใช้เป็นส่วนผสมในกาวผสมในสีบางประเภท หรือแม้แต่ในยาทาเล็บ สำหรับเฟอร์นิเจอร์จะพบฟอร์มาลดีไฮด์ในกาวผสมไม้แผ่นพาร์ทิเคิลและไม้อัด เฟอร์นิเจอร์จากไม้อัดตามปกตินั้นจะมีการระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์ออกมาตลอดเวลา สังเกตได้ว่าเมื่อซื้อเฟอร์นิเจอร์ใหม่ จะเหม็นและแสบจมูกมาก เมื่อเวลาผ่านไปก็จะจางลงแต่สารฟอร์มาลดีไฮด์ยังคงระเหยออกมาอยู่เรื่อยๆ โดยองค์กรเพื่อการปกป้องสิ่งแวดล้อมของสหรัฐฯ (The U.S. Environmental Protection Agency) และ องค์การอนามัยโลกเพื่อการค้นคว้าวิจัยโรคมะเร็ง [The International Agency for Research on Cancer (IARC)] ได้ประกาศถึงพิษภัยของสารฟอร์มาลดีไฮด์ว่าเป็นสารก่อภูมิแพ้ เมื่อสูดดมสารระเหยที่ออกมาจากเฟอร์นิเจอร์ที่มีฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบจะนำไปสู่โรคมะเร็ง โรคหอบหืด โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ซึ่งอาจนำไปสู่โรคมะเร็งในระบบทางเดินหายใจได้ และถ้าสูดดมไอระเหยเกิน 100 ppm อาจทำให้ตายได้

ประเทศตะวันตกจึงได้มีการกำหนดเกณฑ์จำแนกไม้อัดตามปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีอยู่ในไม้อัดออกเป็น 5 กลุ่มคือ E0-E5 โดยที่ E0 หมายถึงปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ หรือมีอยู่ในอัตราที่น้อยมาก ไม่ทำอันตรายใด ๆ ต่อผู้ใช้ ขณะที่ E5 หมายถึงมีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์อยู่มาก โดยประเทศพัฒนาแล้วประกาศกฎเกณฑ์นำเข้าไม้อัดไม่ให้มีฟอร์มาลดีไฮด์หรือมีในปริมาณน้อย เนื่องจากประเทศเหล่านี้คำนึงถึงสุขภาพและผลร้ายที่ตามมาต่อประชากรในประเทศมากกว่าราคาไม้ที่มีราคาถูก เพราะไม่อาจปฏิเสธได้ว่าบ้าน ออฟฟิศ อพาร์ทเมนต์ ที่อยู่อาศัยทุกประเภทล้วนต้องมีเฟอร์นิเจอร์ และของตกแต่งอย่างแน่นอน และเมื่อพิสูจน์ได้แล้วว่าเฟอร์นิเจอร์เหล่านั้นกำลังทำร้ายคนในประเทศและเป็นสาเหตุของการสูญเสียค่ารักษาพยาบาลเป็นมูลค่ามหาศาล ฉะนั้นการป้องกันด้วยการใช้เฟอร์นิเจอร์ระดับที่ปลอดภัยจึงเป็นสิ่งที่ควรกระทำ ดังนั้นวัสดุหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิต คือ แผ่นพาร์ทิเคิลก็ต้องมีความปลอดภัยด้วย

รัฐบาลสหรัฐฯ โดยหน่วยงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency: EPA) กำหนดทางเลือกที่จะลดความเสี่ยงที่เกิดจากการปลดปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์จากไม้และผลิตภัณฑ์ไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 8 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น การกำหนดมาตรฐานบังคับภายใต้กฎหมาย The Toxic Substances Control Act เพื่อกำหนดค่าขึ้น  
ต่ำในการปลดปล่อย

ประเทศไทยส่งออกไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ไปจำหน่ายในสหรัฐฯ มีมูลค่าเฉลี่ยปีละ 5,095 ล้านบาท (ปี 2548 - 2550) โดยในปี 2550 มีมูลค่าการส่งออกทั้งสิ้น 4,148 ล้านบาท ลดลงจากช่วงเวลาเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 24 ซึ่งมีมูลค่าส่งออก 5,478 ล้านบาท สำหรับในปี 2551 (ม.ค.-พ.ย.) มีมูลค่าการส่งออกทั้งสิ้น 3,106 ล้านบาท ลดลงจากช่วงเวลาเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 18.8 ดังนั้นการศึกษา  
กฎระเบียบดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ประกอบการเตรียมความพร้อมในการผลิตไม้ให้สอดคล้องกับระเบียบ  
ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ต่อการส่งออกไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ไปยังสหรัฐฯ ด้วย

อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนมาใช้แผ่นพาร์ทิเคิลที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ ทำให้ต้นทุนสูงขึ้น  
เนื่องจากกาวที่ปลอดฟอร์มาลดีไฮด์มีราคาแพงกว่ากาวที่ใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ประมาณ 10-20 เท่า ทำให้  
เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้พาร์ทิเคิลที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์แพงไปด้วย

งานวิจัยนี้จึงศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ โดยมีองค์ประกอบหลัก  
เป็นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันธรรมชาติ ซึ่งกาวที่ผลิตได้มีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำไม่มีตัวทำ  
ละลายอินทรีย์ที่มีความเป็นพิษ ไม่มีการปลดปล่อยสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน จึงมีความเป็น  
มิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งจะเป็นพื้นฐานสำหรับการผลิตในอุตสาหกรรมการส่งออกเฟอร์นิเจอร์  
ต่อไปในอนาคต

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และน้ำมัน  
ทั้งเป็นองค์ประกอบหลัก
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมกาวติดไม้สำหรับการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. เตรียมกาวติดไม้ PVA ที่ทำการปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทั้งที่อัตราส่วนต่างๆ เพื่อเพิ่มความ  
แข็งแรง และสมบัติความต้านทานน้ำ
2. หาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมกาวติดไม้เพื่อขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล
3. ศึกษาสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล โดยทำการปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำมันทั้ง สารลดแรงตึงผิว  
ปริมาณกาวและขนาดไม้
4. ทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876

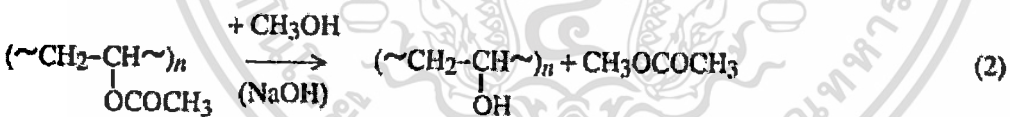
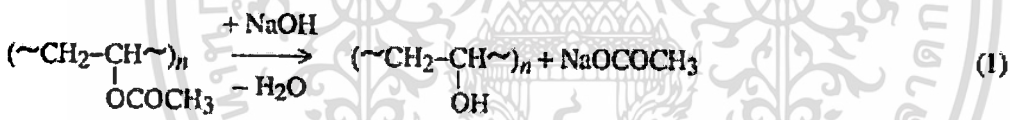
#### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเตรียมกาวติดไม้ PVA ที่ทำการปรับปรุงโดยน้ำมันหัง ซึ่งสามารถนำมาทดแทนกาวที่มีองค์ประกอบของฟอร์มาลดีไฮด์ได้ เพื่อก่อให้เกิดความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
2. กาวติดไม้ที่เตรียมได้ เมื่อนำไปขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล สามารถทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876
3. นำไปสู่การใช้งานของกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ของประเทศไทย

#### 1.5 ทฤษฎีและหลักการ

##### พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol)

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์โดยเตรียมจากพอลิไวนิลอะซิเตต เนื่องจากไวนิลแอลกอฮอล์มอนอเมอร์ ( $\text{CH}_2=\text{CHOH}$ ) ไม่เสถียร สามารถเกิด tautomerize ไปเป็นอะเซตัลดีไฮด์ ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) ได้ง่าย ดังนั้นจึงไม่นิยมเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากพอลิเมโรเรซินของไวนิลแอลกอฮอล์มอนอเมอร์โดยตรง โดยจะเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส หรือปฏิกิริยาเมทาโนไลซิสของพอลิไวนิลอะซิเตต ดังสมการที่ 1 และ 2



พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นเทอร์โมพลาสติกประเภทพอลิโอเลฟิน เป็นผงสีขาวจนถึงครีม มีสมบัติพิเศษคือ สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีชีวภาพ และติดไฟได้คล้ายกระดาษ นอกจากนี้ยังสามารถละลายในน้ำได้ มีหลายเกรดตามความหนืดซึ่งขึ้นอยู่กับคีกรีซของพอลิเมโรเรซิน และเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ไฮซิส สามารถละลายน้ำได้มากขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลลดลง แต่ความแข็งแรง การดึงยึด ความทนต่อการฉีกขาด และโค้งงอดีขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้น สลายตัวในน้ำและเกิดเป็นสารที่มีพันธะคู่ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้

การใช้งานของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

- 1) อาศัยสมบัติการละลายในน้ำ เช่น ใช้เป็นสารข้น (thickening agent) ให้ระบบอิมัลชัน และระบบแขวนลอยต่างๆ ขึ้นขึ้น และใช้ทำแผ่นฟิล์มเคลือบกระดาษซึ่งมีความใสเหนียวและทนต่อการขีดข่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 10 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

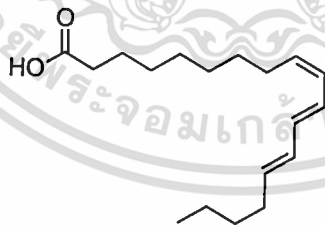
2) นำพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ไปทำปฏิกิริยาเคมีแบบเชื่อมโงซึ่งจะไม่สามารถละลายได้ในน้ำ แล้วจึงนำมาใช้งาน ซึ่งพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ไม่ละลายในน้ำนี้สามารถดูดน้ำและความชื้นได้เป็นอย่างดี (ประมาณ 30% โดยน้ำหนัก) จึงใช้เป็นเส้นใยแทนฝ้ายได้ ฝ้ายที่ทำด้วยเส้นใยพอลิไวนิลแอลกอฮอล์นี้สวมใส่สบาย ซักง่าย ทนทานต่อการสึกหรอ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

### น้ำมันทัง (Tung oil)

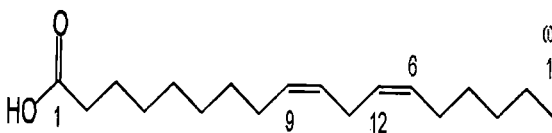
น้ำมันทังได้มาจากต้นทังซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Vernicia montana* Lour. อยู่ในวงศ์ EUPHOBIACEAE อยู่ใน species *Aleurites* เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางสูง 10-20 เมตร ใบใหญ่หลายแฉก ก้านใบยาว ดอกออกที่ปลายกิ่ง กลีบดอกสีขาวอมชมพู เป็นช่อกระจกระจ ดอกคดแน่น ออกดอกช่วง กุมภาพันธ์-มีนาคม เป็นผลช่วงเมษายน-พฤษภาคม ผลขนาดเท่าลูกมะนาว มีสันนูนแบ่งเป็น 3-4 พู เมล็ด 3-4 เมล็ดตามจำนวนพู เมล็ดใหญ่ มีกะลาหุ้มเนื้อในเมล็ด มีถิ่นกำเนิดอยู่ในหลายพื้นที่ จึงมีชื่อเรียกพืชชนิดนี้หลายชื่อตามถิ่นกำเนิด เช่น ในไทยเรียกว่ามะเขือเหลี่ยม หรือมะเขือหิน ประเทศอินเดีย เรียกว่า Bengal nut ประเทศบราซิลเรียกว่า *nogueira de Bancul* และสายพันธุ์ที่กำเนิดในจีนชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า China wood oil tree ซึ่งมีประวัติการปลูกกว่า 1,000 ปี ตั้งแต่ราชสมัยราชวงศ์ถัง (Tang Dynasty) โดยคำว่า "Tung" เป็นคำที่มาจากภาษาจีน หมายถึง "หัวใจ" ซึ่งมาจากลักษณะของใบที่คล้ายรูปหัวใจนั่นเอง

### องค์ประกอบในน้ำมันทัง

1. Eleostearic acid เป็นกรดไขมันที่มีปริมาณมากที่สุดในน้ำมันทัง โดยมี 3 พันธะคู่ซึ่งอยู่ในระบบคอนจูเกตที่ตำแหน่ง 9-10 cis, 11-12 trans, และ 13-14 trans

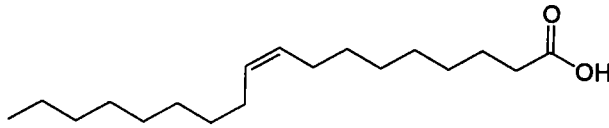


2. Linoleic acid มีพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง แต่ไม่เป็นระบบคอนจูเกตกัน

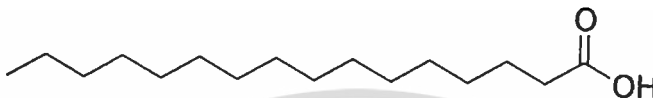


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 11 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Oleic acid มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง



4. Palmitic acid หรืออีกชื่อคือ hexadecanoic ซึ่งไม่มีพันธะคู่อยู่ภายใน โครงสร้าง



ตารางที่ 1.1 ปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันงา

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

น้ำมันงาสกัดมาจากต้นงา (สายพันธุ์ *Aleurites fordii*) ซึ่งเป็นพืชที่มีในประเทศจีน น้ำมันงาจัดว่าเป็นน้ำมันแห้งเร็ว (drying oil) เช่นเดียวกับน้ำมันลินสีด โดยมีสีเหลืองและมีกลิ่น เฉพาะตัว น้ำมันงานิยมใช้ในการทำสี ใช้เป็นส่วนที่ใช้กันน้ำ หรือส่วนประกอบของปูนประรอยต่อกระเบื้อง (caulk) ใช้เป็นส่วนประกอบในหมึกดำ (Indian ink) และยังใช้เป็นน้ำมันทาไม้ให้แววมัน (lustrous finish on wood) มีสมบัติที่แห้งเร็ว และเหนียว โดยพวกช่างทำไม้ถือว่าน้ำมันงาเป็นน้ำมันธรรมชาติสำหรับใช้กับไม้ที่ดีที่สุด ในเมืองจีนได้มีการนำมาใช้มานานหลายร้อยปีแล้ว

สมบัติพิเศษของน้ำมันงาคือสามารถเกิดการพอลิเมอไรซ์โดยตรงจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ไดอีน (diene synthesis) เนื่องจากน้ำมันงามีกรด Eleostearic อยู่ในปริมาณสูง จะเกิดปฏิกิริยาได้เนื่องจากมีระบบคอนจูเกตในสายโซ่ น้ำมันงามีการเชื่อมโยงที่เร็วกว่าน้ำมันลินสีดและจะมีความแข็งแรงมากกว่าด้วย เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำมันงาที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานๆ จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดเป็นเจล (gelation) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ น้ำมันจะดำ หรือถ้าอุณหภูมิสูงมากๆ ก็อาจเกิดการติดไฟขึ้นได้ โดยทั่วไปน้ำมันงาดิบจะมีสมบัติดังต่อไปนี้

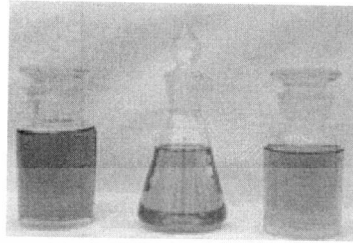
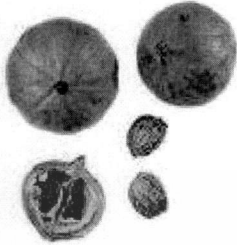
ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ที่ 20 °C	0.9375
ความชื้น และสิ่งเจือปน	0.01%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 12 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดวาบไฟ (Flash Point)

288.90°C

อุณหภูมิติดไฟโดยอัตโนมัติ (Autoignition Temp.) 457°C



(1) ผลทั้งและเมล็ดทั้ง

(2) น้ำมันทั้ง

รูปที่ 1.1 ผลและน้ำมันจากต้นทั้ง

## กาว (Adhesive)

กาวหมายถึงสารที่ใช้สำหรับยึดเหนี่ยวผิวหน้าของวัสดุสองชิ้นให้สามารถยึดติดกันได้โดยมีความแข็งแรงของวัสดุที่เชื่อมยึดกันเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในงานต่างๆ ตามต้องการ แม้ว่าในบางครั้งเราอาจจะไม่ได้เป็นผู้ที่ต้องใช้กาวในการปฏิบัติงานโดยตรง แต่ก็เป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เป็นผลผลิตจากความจำเป็นในการใช้กาวเป็นสารเชื่อมยึดประกอบขึ้นมา ได้แก่ เครื่องใช้ในสำนักงาน เครื่องเรือน วัสดุตกแต่งบ้าน เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ไม้ต่างๆเป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ต้องใช้กาวในการยึดติดเป็นส่วนใหญ่ เช่นเครื่องเรือนไม้ ทั้งประเภทเครื่องเรือนจากไม้จริง (Solid wood) และจากไม้ประกอบ (wood composites) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ประกอบ เช่น แผ่นจีนไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นไม้อัด แผ่นไม้บางประสาน และไม้ประสาน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้กาวมากที่สุด

กาวแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ

### 1. กาวธรรมชาติ (Natural adhesives)

กาวธรรมชาติส่วนใหญ่ได้จากพืช เช่น ยางเหนียวของต้นไม้ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งมันฝรั่ง หรือจากสัตว์ เช่น กาวที่ผลิตขึ้นจากหนังและกระดูกสัตว์ ซึ่งโดยปกติกาวที่ได้จากธรรมชาติจะมีความแข็งแรงและความต้านทานน้ำต่ำกว่ากาวที่ได้จากการสังเคราะห์

### 2. กาวพลาสติก (Plastic glue)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 13 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกาวที่ผลิตจากพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตและเทอร์โมพลาสติก ซึ่งกาวประเภทเทอร์โมเซตจะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวหรือละลายได้อีก หลังจากได้รับการอบด้วยความร้อนแล้ว แต่กาวประเภทเทอร์โมพลาสติกสามารถทำให้อ่อนได้อีก โดยการให้ความร้อนอีกครั้ง หรือด้วยตัวทำละลาย

### 3. กาวเซลลูโลส (Cellulose glue)

กาวเซลลูโลส ตัวประสานไพโรกไซลีน ทำจากไนโตรเซลลูโลส(ฟิล์มภาพยนตร์) และสารละลายเคมี เช่น อีเทอร์ แอลกอฮอล์ มีลักษณะเป็นวุ้น ปกติจะยึดหยุ่นมากขึ้นเมื่อผสมกับยางเหนียวหรือยางสน กาวประเภทนี้ใช้งานมากในอุตสาหกรรมการผลิตรองเท้า

### กาวติดไม้ ( Wood adhesive)

#### ประเภทกาวติดไม้

#### 1) กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermosetting Resins)

เป็นกาวที่ได้รับความร้อนจะแปรสภาพเป็นแผ่นแข็งที่ไม่สามารถหลอมละลายได้อีก เป็นกาวเรซินที่แข็งตัวโดยการทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิดเป็น โมเลกุลที่มีโครงสร้างสามมิติ กลายสภาพเป็นของแข็งในเวลาเดียวกันกับการเกิดการยึดติดกับไม้ กาวชนิดนี้แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม

1. กาวเรซินชนิดที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับยูเรีย เมลามีน ฟีนอลหรือสารอื่น
2. กาวชนิดที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาแทนนินกับฟีนอลหรือฟอร์มัลดีไฮด์
3. การเรซินชนิดไอโซไซยาเนต
4. การอีพอกซี

#### 1.1 กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (UF, Urea Formaldehyde)

กาวชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีการใช้กันมารวม 60 กว่าปีแล้ว เป็นกาวที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เริ่มจากใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกับยูเรียให้ความร้อนในส่วนผสมที่เป็นด่างทำให้เกิดเมธิลอลยูเรีย แต่ยังไม่เป็นกาว แล้วทำปฏิกิริยาในส่วนผสมที่เป็นกรด จึงหยุดปฏิกิริยาโดยเติมด่างให้มีสภาพเป็นกลาง จากนั้นทำการกำจัดน้ำออกจากส่วนผสมที่มากขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาควบแน่น จนได้ส่วนผสมกาวที่เข้มข้นหรือจะระเหยน้ำต่อไปจนได้เป็นผงโดยนำกาวเข้มข้นไปพ่นผ่านรูเล็กๆ ในปล่องความร้อนที่ให้ความร้อนสูงถึง 200 องศาเซลเซียส กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีการจำหน่ายกันทั้งในสภาพของเหลว และเป็นผง เป็นผงก็จะเป็ทั้ง ถุงเดี่ยวและชนิด 2 ถุง โดยถุงเดี่ยวก็จะมีการผสมสารเร่งแข็งด้วย หากชนิด 2 ถุง ก็จะแยกเป็นถุงกาวผงยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 1 ถุง อีกถุงหนึ่งก็จะ เป็นสารเร่งแข็งที่อาจจะผสมสารเพิ่มอื่นได้ด้วย เช่น แป้งสาลี แป้งอื่นๆ หรือ ผงดินขาว (kaolin) หรือ แคลเซียมซัลเฟต การเตรียมกาวโดยนำกาวผงหลักหรือกาวน้ำ มาผสมกับน้ำแล้วผสมกับสารช่วยให้กาวแข็งตัว (hardener) เมื่อเข้ากันได้ดีแล้ว จึงนำไปทาบนผิวไม้ที่จะทำการยึดติด สารช่วยให้กาวแข็งตัวจะมีสภาพเป็นกรด ซึ่งจะปรีเริ่มให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อม โยง โดยมีการให้ความร้อนกับแนวกาวเป็นตัวเร่ง

ให้แข็งตัวยิ่งขึ้น สารช่วยให้กาวแข็งตัวที่ใช้กับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ควรเป็นชนิดกรดอ่อนมากๆ เนื่องจากหากใช้กรดแก่จะทำให้ผิวไม่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์เป็นผลให้แนวกาวเสียหาย การลดการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์จากผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ควรลดสัดส่วนโมล F:U ในการสังเคราะห์กาวเรซินจาก 1.8:1 หรือ 2.0:1 ให้ต่ำกว่า 1.6:1 หรือในบางกรณีต่ำถึง 1.2:1 การใช้สัดส่วนโมล F:U ต่ำๆ นอกจากจะทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการสังเคราะห์เรซินแล้ว กาวที่ได้จะต้องใช้ระยะเวลาในการทำให้แข็งตัวนานขึ้นด้วย และยังทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดมีแนวโน้มต่ำลง ความต้านทานความชื้นลดลง ระยะเวลาการเก็บรักษา (ความเสถียร) ลดลง การลดสารฟอร์มัลดีไฮด์ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในการปฏิบัติงานนั้นสามารถทำได้โดยเติมสารเพิ่มอื่น เช่น ยูเรีย เมลามีน แทนนิน โซเดียมไดซัลไฟต์ และกรดอนินทรีย์อย่างอ่อนๆ แต่ก็จะทำให้การคงทนต่อน้ำและอุณหภูมิที่สูงขึ้นต่ำลง ซึ่งก็จะไม่แนะนำให้ใช้ในการต่อไม้ที่ต้องใช้ในที่ๆ มีความชื้นและความร้อน กาวเรซินยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ พบมีการใช้โดยทั่วไปในการผลิตแผ่นไม้อัด แผ่นพาร์ทิเคิล แผ่น MDF แผ่นไม้ไผ่ ระบาย และนิยมใช้กันมากในการปิดผิวไม้บางบนงานเครื่องเรือน แต่ก็ต้องระมัดระวังว่าเป็นกาวที่เหมาะสมต่อการใช้งานเพียงพอนทนทานต่อความชื้นแต่ไม่ต้านทานน้ำ

### 1.2 กาวเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ (MF, Melamine Formaldehyde)

เป็นกาวที่คล้ายคลึงกับกาว UF มีการนำมาใช้หลังกาว UF ประมาณ 20 กว่าปี กาว UF และ MF เกิดจากการทำปฏิกิริยาของส่วนอะมิโน (amino) กับสารฟอร์มัลดีไฮด์ ภายในสภาวะที่ให้ความร้อนกับสารละลายผสมที่เหมือนกัน แต่ฟอร์มัลดีไฮด์ใน MF จะทำปฏิกิริยารวดเร็วกว่าใน UF ด้วยเหตุนี้การทำกาว MF จึงมีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ที่น้อยกว่ากาว UF กาว UF และ MF ใช้สารช่วยให้แข็งตัวที่เหมือนกัน แม้แต่สารเติมและสารเพิ่มก็จะใช้สารเหมือนกัน ลักษณะของกาว จะเป็นกาวขาวใสเหมือนกัน ซึ่งก็จะทำให้แนวกาวที่ใส กาว MF จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่ทำให้แข็งตัวที่สูงกว่า UF แต่มีความต้านทานน้ำและอุณหภูมิที่สูงได้ดีกว่า ข้อเสียคือราคา MF สูง ซึ่งสูงกว่าราคา UF ถึง 4-5 เท่า จึงมีการนำมาผสมกับกาว UF เพื่อลดต้นทุนลง เรียกว่า MUF glues ซึ่งคุณสมบัติของกาว MUF ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการผสมระหว่าง MF และ UF ยกตัวอย่างเช่น สัดส่วนการผสมของกาว MF ต่อ UF = 40:60 ก็จะช่วยปรับปรุงความต้านทานต่อสภาวะเร่งในการบ่มรุนแรงได้อย่างเห็นได้ชัด กาวเมลามีนมักนิยมใช้ในการผลิตแผ่น PB ที่มีคุณสมบัติพิเศษ โดยเฉพาะการต้านทานต่อความชื้นและสภาพฝนฟ้าอากาศร้อนของแผ่น MDF กาวเมลามีน ยังมีการใช้ในการต่อไม้ที่ต้องการใช้ชิ้นงานในสภาพที่เปียกชื้นด้วย

### 1.3 กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (PF, Phenol Formaldehyde)

กาวเรซิน PF มีการผลิตใช้ก่อน UF และ MF เรซิน แต่กลับนำเข้ามาใช้ในงานไม้ในราว ปี ค.ศ. 1930 มีการใช้กันมากในการผลิตแผ่นไม้อัดชนิดใช้งานในทะเล (Marine Plywood) และ FB และ OSB

สำหรับใช้งานในการก่อสร้าง กาว PF มี 2 ชนิด คือ รีโซล (Resoles) และโนโวแลค (Novolacs) ชนิด Resoles เป็นชนิดที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ดเช่น ไม้อัด PB MDF Resoles เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์กับ ฟีนอล ในสารละลายต่าง Resoles ต้องใช้อุณหภูมิในการแข็งตัวที่สูงและได้แนวทาบที่มีความต้านทานน้ำและความร้อนและเชื้อรา สำหรับกาว PF ชนิด Novolacs สังเคราะห์ขึ้นในสถานะที่เป็นกรดและมีสัดส่วนของ F ที่ต่ำ หากจะต้องทำให้เป็นกาวอัดร้อนจะใช้ Hexamethylene Tetramine ผสม ส่วนใหญ่ใช้ในงานประดิษฐ์กรรมไม้เพื่อผลิตชิ้นงานที่พิเศษ ใช้ผลิต Wafer board ชนิดพิเศษโดยใช้ Novolacs และใช้ในการผลิต densified wood Densified wood ผลิตโดยการนำไม้บางคล้ายกับการทำไม้อัด แต่แทนที่จะตากอบนไม้บางระหว่างชั้นไม้บางก็ใช้ไม้บางแช่ impregnate อัดกาวในสารละลายกาว แล้วปล่อยให้กาวไหลออก แล้วนำมาเรียงประกบกันตามความหนาที่ต้องการ แล้วอัดด้วยแรงดันสูงมาก เพื่อลดความหนาและได้ไม้เพิ่มความแน่นที่มีสมบัติทนทานต่อการสึกหลอได้ดีมาก

#### 1.4 กาวฟีนอล-เรซอร์ซินอล ฟอรัลดีไฮด์ (P-RF, Phenol-Resorcinol Formaldehyde)

P-RF resins ผลิตโดยการเติม resorcinol ผสมในกาว resole ที่ระยะสุดท้ายของการสังเคราะห์ เป็นกาวสีน้ำตาลเข้มใช้ในการผลิตคานไม้ประสาน (laminated beams) โดยมีข้อดี 2 ลักษณะ คือ มีความต้านทานน้ำ และมีความไวในการทำปฏิกิริยาซึ่งหมายความว่าสามารถใช้เป็นกาวที่อุณหภูมิต่ำมากๆ ซึ่งบางครั้งต่ำถึง 5 องศาเซลเซียส ใช้ paraformaldehyde เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) และรอยต่อไม้จะแข็งตัวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และมักนิยมใช้ผงไม้ผสมในกาวเพื่อ ปรับปรุงสมบัติและเป็นการอุดช่องว่างไม้ในการติดไม้แปรรูป

#### 1.5 กาวแทนนิน (Tannin Resins)

สารแทนนินเป็นสารฟีนอลประเภทหนึ่งตามธรรมชาติเกิดอยู่ในเนื้อไม้และเปลือกไม้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะในเปลือกไม้โอ๊ก และวอตเติล แทนนินทำปฏิกิริยากับ PF resin หลังจากกำจัดสารอื่นแล้ว เช่น น้ำตาล และ gums จากการสกัด การใช้งานกาวแทนนินยังไม่แพร่หลายนัก แต่ก็มีการนำไปใช้ในบางประเทศเพื่อผลิต PB และ MDF ซึ่งจะทำให้มีความต้านทานความชื้นได้ดี

#### 1.6 กาวไอโซไซยาเนต (Isocyanate Resins)

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

### 1.7 กาวเรซินอีพอกซี (Epoxy Resins)

อีพอกซี เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง bisphenol-A กับ epichlorhydrin ได้เป็น resin ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างๆกัน จึงมีคุณสมบัติต่างกันไป สารหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นสารเร่งแข็ง (สารทำให้แข็งตัว) แต่ที่ใช้กันมากแพร่หลายในขณะนี้คือ polyamides อีพอกซีเรซิน จะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้องโดยใช้แรงดันอัดข้อต่อไม้เล็กน้อย มีสมบัติในการอุดช่องว่างได้ดี โดยหากใช้ในงานไม้จะใช้ Epoxy ที่เป็นของเหลวมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และไม่ใส่ตัวทำละลายอื่นซึ่งจะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาแบบรวมตัว (addition reaction)

2) กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (Therplastic Resins) หรือ ร้อนเหลว (Hot-melts) ต้องให้ความร้อน จึงกลายเป็นสารยึดติดเมื่อเย็น

#### 2.1 กาวเรซินพอลิไวนิลอะซิเตต (PVAc resin)

PVAc นี้โดยปกติใช้อยู่ในรูปอิมัลชัน แม้ว่าจะแข็งตัวโดยการใช้ความร้อนบ้าง แต่ก็ยังคงอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงๆ สามารถถูกปรับปรุงให้มีความเหนียวหรือต่ำ แข็งหรือยืดหยุ่นได้ (rigidify or flexibility) และย้อมสีหรือใส่รงควัตถุเพื่อให้เกิดสีอะไรก็ได้ เป็นกาวที่มี 2 แบบ ที่ใช้ในงานไม้คือ

1) แบบโฮโมพอลิเมอร์ ซึ่งจะอ่อนตัวทันทีเมื่อได้รับความร้อน

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

### 3) กาวระบบร้อนเหลว (Hot-Melt Systems)

#### 3.1 กาวร้อนเหลวชนิด EVA (EVA Hot-Melts)

กาว Ethylene vinyl acetate เป็นส่วนผสมของ EVA resin ซึ่งเป็นตัวหลักในการเกิดการยึดติด (adhesion) และการแตะติด (tack) และตัวอุดพวกแร่ธาตุ (mineral filler) เพื่อเป็นตัวเสริมการยึดจับ (cohesion) และอุดรูของกาวและยังช่วยลดต้นทุนด้วย นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของขี้ผึ้งเล็กน้อย เพื่อควบคุมระยะเวลาการเปิดและอัตราเร่งการแข็งตัว และยังมี anti-oxidant เพื่อใช้ลดแนวโน้มการเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ในหม้อต้มกาวที่ร้อน การผลิตเริ่มโดยการใส่เรซิน, สารเติม (filler), สารแอนติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 17 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจนต์ ลงในเครื่องผสมแบบ Z-blade ที่ร้อน ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้บดและตัดเรซินร้อนและให้แน่ใจว่าผสมได้ทั่วถึงสมบูรณ์ ทันทีที่ส่วนผสมเข้ากันได้ดี ส่วนผสมอื่นที่เหลือถูกเติมและผสมคลุกต่อไปอีก 30 นาที หลังจากนั้นส่วนผสมทั้งหมดจะถูกเทสู่โต๊ะเย็นที่จัดทำขึ้นให้กาวแข็งตัวก่อนจะทำการตัดเป็นเม็ดๆหรืออัดรีด (extrude) ออกมาเป็นเม็ดหรือรูปร่างต่างๆ ขนาดต่างๆ ตามต้องการ รูปร่างของกาวเป็นสิ่งสำคัญมากในการนำไปใช้เพื่อให้แน่ใจว่าได้รับความร้อนที่เร็วในการทากาว สำหรับการติดขอบ (edge-bander) โดยปราศจากการเกิดการเสื่อมสภาพของกาวจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เม็ดกาวมักจะถูกเคลือบด้วยแป้ง talc เพื่อป้องกันการจับเป็นก้อนในถุง เครื่องอัดรีด (extruders) มีการใช้สำหรับการผสมด้วยเหมือนกัน และสามารถผลิตกาวในลักษณะต่อเนื่อง ซึ่งช่วยให้สามารถทำเป็นเม็ดๆ ได้ง่ายขึ้นมาก อย่างไรก็ตาม เครื่องอัดรีดก็ไม่ใช่ว่าจะประสบผลสำเร็จเสมอไป เนื่องจากการผสมของส่วนผสมต่างๆ ไม่ละเอียดเหมือน Z-blade Mixer แต่เป็นการดีในการเริ่มต้น หรือ เปิดเครื่องสำหรับ Z-blade หรือ blender อื่น โครงสร้างพื้นฐานของ EVA polymer อาจจะมีปริมาณ Vinyl acetate สูง, ปานกลาง, ต่ำ หากมี acetate ในปริมาณสูงจะทำให้มีคุณสมบัติเกิดการยึดเหนี่ยวเข้ากันได้ดีกับสารเติมอื่น มีระยะเวลาก่อนประกบ (open time) ได้นานขึ้น มีความต้านทานความร้อนต่ำลง ละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น กาวร้อนเหลว EVA นี้ นิยมใช้กันมากถึง 80% ในการติดแถบขอบของแผ่น ไม้ และก็มีการใช้กันบ้างในการประกบติดไม้ โดยเฉพาะในการใช้ระบบกาวคู่ ร่วมกับกาว PVAc ในระบบนี้กาวร้อนเหลวจะใช้เพื่อยึดข้อต่อหรือส่วนที่ต้องการเชื่อมยึด ในขณะที่กาว PVAc แข็งตัวและเป็นแรงยึดเหนี่ยวหลัก

### 3.2 กาวโพลีเอไมด์ (Polyamide Resins)

มีการใช้ในปริมาณน้อย ส่วนใหญ่สำหรับการติดขอบที่ต้องการความต้านทานสูงต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น กาวชนิดนี้คล้ายไนลอนและเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันพอลิเมอร์ (fatty acid polymers) กับ ไดอะมีน (diamine) ถ้าหากต้องการนำมาใช้งาน เนื่องจากจุดหลอมเหลวจะสูงมากและง่ายต่อการ oxidation ซึ่งอาจทำให้สมบัติการยึดติดเสียไป ดังนั้นในบางครั้งจึงมีการใช้เครื่องทากาวภายใต้สภาวะของก๊าซไนโตรเจน กาวโพลีเอไมด์ มีการใช้ใน USA สำหรับการติดขอบ แต่จะไม่แพร่หลายในที่อื่น เนื่องจากมีราคาแพงกว่า EVA และ โพลียูรีเทน หลายเท่าตัว

### 3.3 กาวพอลิโอเลฟินส์ (Polyolefines)

ใช้งานน้อยในอุตสาหกรรมไม้ เนื่องจากมีสมบัติการยึดติดไม่ดี กาวชนิดนี้เป็นส่วนผสมของพอลิพอฟีนิน พอลิเอทิลีน และเรซินอื่นๆ อาจใช้สำหรับงานติดขอบไม้ มีสมบัติที่ดีกว่ากาวโพลีเอไมด์ แต่ราคาถูกกว่า

### 3.4 กาวเรซินพอลิยูรีเทน (Polyurethane Resins)

กาวเรซินร้อนเหลวพอลิยูรีเทน (Polyurethane hot melt resins) ที่ใช้ในการติดแถบขอบจะมีลักษณะการใช้งานและผลิตภัณฑ์คล้ายกับกาวร้อนเหลวเดิม แต่จะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศ

และวัสดุที่ต้องการติดเกิดเป็นแนวทาบที่มีสมบัติคล้ายกับการเกิดจากกาวชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermosetting resins) กาวเรซินพอลิยูรีเทน เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างไดโอล (diol) กับไดไอโซไซยาเนต (diisocyanate) เกิดเป็นโครงสร้างร่างแหที่มีหมว่องไวสูงที่จะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลต่อไป การใช้งานจะใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า EVA เรซิน คือประมาณ 100-140 องศาเซลเซียส ต้องป้องกันความชื้นในการเก็บและระหว่างการใช้ ซึ่งอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ปิดภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจน การใช้กาวนี้จะใช้เฉพาะที่ต้องการใช้งานที่มีการยึดเหนี่ยวสูง เช่น เมื่อต้องการติดกาวตรงรอยแตกของประตูกันไฟ มีราคาสูงประมาณมากกว่า 6 เท่าของ EVA แต่ก็คุ้มค่าหากใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูง ในบางกรณีใช้ติดแถบขอบโดยไม่ใช้ nitrogen blanket โดยเครื่องจ่ายกาวจะร้อนเหลวบนผิวที่จะติดกาวทันทีที่แผ่นถูกทากาวแล้ว ด้านหน้าของเครื่องจ่ายกาวจะปิดโดยมีแผ่นเลื่อนมาปิดเพื่อป้องกันกาวจากการสัมผัสกับอากาศหรือความชื้น

## ไม้

ไม้เป็นวัสดุธรรมชาติ ที่มนุษย์ใช้ประโยชน์มาตั้งแต่สมัยโบราณ ทั้งในด้านการก่อสร้าง และผลิตเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ในชีวิตประจำวันมากมายหลายชนิด แม้ว่าในปัจจุบันไม้ถูกแทนที่ด้วยวัสดุอื่นๆ เช่น เหล็ก คอนกรีต หรือพลาสติกก็ตาม แต่ผลิตภัณฑ์จากไม้ ยังคงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสวยงาม และมีคุณค่าในตัวเอง เหนือกว่าวัสดุอื่นใด ยิ่งกว่านั้น ไม้ยังเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ไม้ ประกอบขึ้นจากเนื้อเยื่อที่เป็นเส้นใยหรือเซลลูโลส ซึ่งได้แก่ ท่อลำเลียงน้ำและอาหารจากรากสู่ส่วนต่างๆ ของพืช สารช่วยยึดเส้นใยที่ช่วยทำให้ไม้แข็งแรง หรือลิกนินและแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นส่วนสำคัญในการกำหนดลักษณะเฉพาะของไม้แต่ละพันธุ์ ซึ่งเมื่อเราตัดไม้ออกดูตามขวาง เราจะพบองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่

เปลือก หรือส่วนที่อยู่ด้านนอกสุดของลำต้น ประกอบด้วยเซลล์ที่ตายแล้ว และเซลล์ที่มีชีวิตอยู่ด้านใน ส่วนใหญ่มักตากเอาส่วนนี้ออก

เยื่อเจริญ เป็นผนังบางๆ ที่อยู่ถัดมาจากเปลือกชั้นใน ซึ่งจะมีการแบ่งตัวใหม่เพิ่มขึ้น

กระพี้ คือส่วนกลางของเนื้อไม้ที่มีการเจริญเติบโตอยู่ระหว่างเปลือกชั้นในและแก่น มีหน้าที่ลำเลียงอาหารและน้ำ (การใช้ขวานควั่นส่วนที่เป็นกระพี้รอบลำต้น เพื่อตัดการลำเลียงอาหารและน้ำ ทำให้ต้นไม้มันตาย โดยมากใช้กับต้นสัก) ส่วนกระพี้จะหนาประมาณ 1/2 – 2 นิ้ว หากเป็นไม้ ที่อายุยังน้อย จะมีความหนาไม่เกินครึ่งนิ้ว

แก่นไม้ คือเซลล์ของต้นไม้ที่ไม่ทำงานแล้ว และแปรสภาพมาจากกระพี้ เป็นส่วนที่เนื้อไม้มีความแข็งแรงและหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน<sup>19</sup>เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงเจริญ หรือ วงปี เป็นแนวต่อไม้ที่เจริญขึ้นมาในแต่ละปี หรือแต่ละฤดูที่ไม้เจริญเติบโต เราใช้วงปีเป็นตัวชี้อายุของไม้นั้นๆ โดยหนึ่งวงก็เท่ากับ หนึ่งปี (ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ประกอบด้วย เพราะต้นไม้บางต้น หนึ่งปีอาจมีถึงสองวง) วงปีนี้ทำให้ไม้มีลวดลาย

เส้นรัศมี เป็นเซลล์ขวางลำต้นออกจากใจไปยังเปลือก

ใจไม้ เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางลำต้นของไม้ทางด้านหน้าตัด เป็นจุดเริ่มการเติบโตของต้นไม้ องค์ประกอบและสมบัติของไม้

องค์ประกอบและสมบัติของไม้ ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ และสภาพแวดล้อมที่ต้นไม้ต้นนั้นเจริญเติบโต โดยทั่วไป ไม้ที่อบแห้ง จะมีองค์ประกอบโดยน้ำหนักดังนี้ เซลลูโลส 50% ลิกนิน 16-33% เฮมิเซลลูโลส 15-30% สารอินทรีย์อื่นๆ 3-5% และแร่ธาตุ 0.5-3% เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ ที่เกิดจากโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสจำนวนมาก จับตัวกันเป็นเส้นยาว เป็นส่วนประกอบหลักของท่อลำเลียงน้ำ และอาหารของพืช ส่วนลิกนินเป็นพอลิเมอร์อสัณฐาน ที่ทำหน้าที่เป็นเมทริกซ์ เชื่อมเส้นใยเซลลูโลส ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยเหตุที่เส้นใยเซลลูโลส เรียงตัวกันในแนวขนานกับลำต้น ไม้จึงมีสมบัติที่ไม่เท่ากันในทุกทาง (anisotropic) กล่าวคือ ความแข็งแรงในแนวขนานกับลำต้น ต่างจากแนวตั้งฉากกับลำต้น ผิดกับวัสดุอื่นๆ เช่นเหล็กหรือคอนกรีต ที่มีความแข็งแรงเท่ากัน ในทุกทิศทาง ดังนั้น การออกแบบผลิตภัณฑ์ไม้ ที่ต้องรับน้ำหนักมาก จึงต้องระวังในจุดนี้ด้วย ทางแก้อย่างหนึ่งก็คือทำเป็นไม้อัด (plywood) โดยนำไม้แผ่นบางมาประกบกันหลายชั้น โดยสลับแนวการเรียงตัวของลายไม้ให้ตั้งฉากกันและกัน ช่วยให้การรับแรงในแต่ละทิศทางใกล้เคียงกันมากขึ้น

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

N. Pankul. [1] ศึกษาการปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด ในขั้นแรกเป็นการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตกับน้ำมันลินสีดด้วยการใช้เทคนิคพอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลาย โดยปรับเปลี่ยนปริมาณของน้ำมันลินสีด เพื่อศึกษาถึงผลของปริมาณน้ำมันลินสีดต่อสมบัติต่างๆของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน ในขั้นที่ 2 เป็นการเตรียมกาวโดยนำพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่เตรียมได้มาทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยาเนตเป็นกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน จากนั้นศึกษาผลของไดไอโซไซไซยาเนตที่แตกต่างกัน 2 ชนิดได้แก่ โทลูอินไดไอโซไซไซยาเนต (TDI) และเมทิลีนไดไอโซไซไซยาเนต (MDI) โดยทำการปรับอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ไอโซไซไซยาเนตกับหมู่ไฮดรอกซิลที่อัตราส่วนต่างๆ จากการทดสอบพบว่ากาวที่เตรียมจาก MDI มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและสมบัติความต้านทานน้ำสูงกว่า TDI และการเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ ไอโซไซไซยาเนตต่อไฮดรอกซิลทำให้กาวมีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงขึ้น กาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและสมบัติความต้านทานน้ำสูงกว่ากาวที่ไม่ใช้

น้ำมันลินสีด โดยกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่มีปริมาณของน้ำมันลินสีด 15% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงที่สุด และได้พบว่าการปรับเปลี่ยนชนิดและอัตราส่วนของมอนอเมอร์ที่ใช้ในพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตมีผลต่อค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน

S.H. Imam และคณะ [2] ได้ศึกษาการติดไม้ที่เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ผสมแป้ง และ Cymel 323 (hexamethoxymethylmelamine) โดยใช้กรดซิตริก (Citric acid) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงจากปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนหมู่เอสเทอร์ (Transesterification) ของหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่อยู่ในโมเลกุลแป้ง PVA และไม้ จะถูกแทนที่ที่ตำแหน่งหมู่เมทอกซี (methoxy) ของ Cymel 323 ทำให้เกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะอีเทอร์ระหว่างโมเลกุลของ Cymel 323 ที่มีวงแหวนเบนซีนอยู่ในโครงสร้างกับแป้ง PVA และไม้ จากนั้นนำกาวไปทาลงบนไม้สนโดยใช้ไม้สน 3 ชั้นประกบกัน ใช้กาว 130 กรัม/ตารางเมตร ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นนำไปอัดที่ความดัน 1.6 MPa ที่อุณหภูมิ 125 – 175°C นาน 15 นาที แล้ววางไว้ในห้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 50% RH นาน 6 เดือน จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็งแรงเฉือนตามมาตรฐาน ASTM D-906-64 เมื่อนำค่าความแข็งแรงเฉือนระหว่างกาว 2 สูตรมาเปรียบเทียบกัน โดย สูตรที่ 1 เป็นกาวที่ไม่ได้เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 และสูตรที่ 2 เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 พบว่ากาวสูตรที่ 2 ให้ค่าความแข็งแรงเฉือนและ %Veneer Failure สูงกว่ากาวสูตรที่ 1 และยังทำการทดสอบการต้านทานความชื้น (Moisture Resistance, %RH) โดยนำไม้ที่ทา กาวแล้วไปเก็บต่ออีก 2 เดือน ทดสอบการต้านทานความชื้นโดยวิธีวัด %RH ผลการทดสอบพบว่ากาว สูตรที่ 1 มีค่า %RH เท่ากับ 50% และกาวสูตรที่ 2 มีค่า %RH เท่ากับ 75% แสดงให้เห็นว่ากาวที่ เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 มีค่าความแข็งแรงเฉือนและมีความต้านทานความชื้นสูงขึ้น ซึ่งเกิดจาก พันธะอีเทอร์เชื่อมโยงระหว่างหมู่ OH ในโมเลกุลของไม้กับ Cymel 323 หลังการเชื่อมโยงทำให้ ปริมาณหมู่ OH ลดลง นอกจากนี้ยังปรับปรุงคุณสมบัติของกาวสูตรที่ 2 ด้วยวิธีการเติมลาเทกซ์ลงไป 5-7% โดยน้ำหนัก พบว่ามี %Veneer failure และมีความต้านทานความชื้นสูงขึ้น

S. Tharhate and J. Ngamcharoenthavorn. [3] ได้ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยการปรับปรุงโดยใช้กรดไขมัน ได้แก่ oleic acid และ linoleic acid ร่วมกับน้ำมันลินสีด เป็นสารเชื่อมโยง โดยมี *p*-toluene sulfonic acid เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา potassium persulfate เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ sodium lauryl sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิวเพื่อช่วยให้กาวมีการกระจายตัวดี สภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกาวติดไม้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์คืออัตราส่วน น้ำหนักของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ : oleic acid : linoleic acid เป็น 90:5:5 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าความต้านทานน้ำสำหรับไม้มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา esterification ระหว่าง carboxylic acid และหมู่

hydroxyl และมีการเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ใน oleic acid และ linoleic acid ค่าความแข็งแรงเหนือนมีค่าเพิ่มมากขึ้น เป็น 12.52 MPa

**N. Rattanaapiromyakit and P. Lakkanapornwisit.** [4] ได้ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์โดยเตรียมจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ทำการปรับปรุงสมบัติโดยใช้น้ำมันลินสีด ที่มีอัตราส่วนต่างๆกันคือ 10%, 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ใช้ *p*-toluene sulfonic acid เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา potassium persulfate เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ sodium lauryl sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิว จากนั้นนำกาวที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นแผ่นพาร์ทิเคิล โดยใช้ไม้อูคาลิปตัส 4 ชนิดด้วยกัน ซึ่งมีลักษณะของขึ้นไม้ที่แตกต่างกันดังนี้ ชนิดที่ 1 หยาบและสั้น มีความชื้น 9% ชนิดที่ 2 หยาบและยาว ความชื้น 9% ชนิดที่ 3 หยาบและยาว ความชื้น 4% และชนิดที่ 4 ละเอียดและสั้น มีความชื้น 9% จากนั้นนำแผ่นพาร์ทิเคิลทดสอบตามมาตรฐาน JIS A5908 จากการทดสอบพบว่าน้ำมันลินสีดช่วยเพิ่มความแข็งแรงดัดโค้ง (bending strength) แต่จะลดความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่น (internal bonding) โดยแผ่นพาร์ทิเคิลที่ผลิตจากไม้ชนิดที่ 4 จะให้ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่นสูงสุด ความแข็งแรงโค้งงอสูงสุด ความหนาแน่นต่ำสุด การดูดซับความชื้นต่ำสุด และการบวมตัวต่ำสุดเช่นกัน ซึ่งไม้ชนิดที่ 4 สามารถทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A5908 ทั้งหมด ยกเว้นการบวมตัวเมื่อแช่น้ำ (swelling test)

**Gui-zhuan XU Ph D และคณะ** [5] ได้ศึกษาสภาวะของการเกิดปฏิกิริยา transesterification ของน้ำมันทั้ง และเมทานอล โดยใช้ immobilize lipase NOVO435 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยสภาวะเหมาะสมที่ใช้คืออัตราการหมุน 200 รอบ/นาที อัตราส่วนระหว่างเมทานอลกับน้ำมันเป็น 2.2/1 อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาคือ 43°C และใช้ตัวเร่ง 14% ของน้ำหนักน้ำมันที่ใช้ หลังจากเกิดปฏิกิริยา 18 ชั่วโมงพบว่า 67.5% ของน้ำมันถูกเปลี่ยนไปเป็นเมทิลเอสเทอร์ (ตามทฤษฎีจะเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ 73.3%) lipase จะถูกกำจัดออกไปโดยตัวทำละลายอินทรีย์ และหลังจากเกิดปฏิกิริยาไปแล้วจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ น้ำมันทั้งจะถูกเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ลดลง 6% หลังจาก lipase ถูกใช้ไป 120 ชั่วโมง โดยตามทฤษฎีจะเติมเมทานอลลงไป 2 ครั้ง หลังจากปฏิกิริยาผ่านไปอีก 36 ชั่วโมงจะพบว่าถูกเปลี่ยนมาเป็นเอสเทอร์ 85% (จากทฤษฎีต้องเปลี่ยนเป็นเอสเทอร์ 100%) อัตราส่วนของเมทานอลต่อน้ำมันทั้ง ปริมาณตัวเร่ง อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา และเวลาในการเกิดปฏิกิริยา สิ่งต่างๆเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

**Suman Yadav และคณะ** [6] ได้ทำการสังเคราะห์ Poly (urethane fatty amide) (PULFA) โดยใช้เทคนิค one-short ที่อุณหภูมิห้องจาก diol linseed fatty amide (DLFA) 1 โมล (DLFA เป็นมอนอเมอร์ที่ได้จาก aminolysis โดยเฉพาะจากน้ำมันลินสีดที่มี diethanolamine และ sodium methoxide ซึ่งใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา) และปรับเปลี่ยนอัตราส่วน toluylene-2,4(6)-diisocyanate (TDI 0.08-1.5 โมล) และ xylene ที่ปราศจากสายโซ่ตรงและตัวเร่งปฏิกิริยาในปริมาณน้อย ในกระบวนการนี้ปกติจะใช้ phthalic

acid/anhydride ในการสังเคราะห์ polyesteramide ซึ่งจะเสร็จสมบูรณ์เมื่อมีการแทนที่ด้วย TDI กลไกการเกิดปฏิกิริยาสามารถตรวจสอบได้โดยนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี รวมทั้งวิเคราะห์จากสเปกตรัม (spectra analysis) ทดสอบโดยนำไปเคลือบบนเหล็กกล้า ทดสอบความแข็งแรงทางกายภาพและเคมี ทดสอบการกัดกร่อน ทดสอบเสถียรภาพทางความร้อนและพฤติกรรมกรรมการเชื่อมโยง โดยใช้เทคนิค Thermogravimetric analysis (TGA) และ Differential scanning calorimetry (DSC) ทำการทดสอบดังกล่าวเปรียบเทียบกับเรซินที่ทำการสังเคราะห์ขึ้นกับน้ำมันลินสีดที่ผสมใน polyesteramide urethane (Ur-LPEA ซึ่งสังเคราะห์โดยการแทนที่บางส่วนของ phthalic anhydride โดย TDI) และ uralkyd เรซินที่สังเคราะห์ขึ้นใหม่นี้ให้ความแข็งแรงทางกายภาพ และความต้านทานการกัดกร่อนเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเทียบกับ Ur-LPEA, alkyol และ uralkyd พบว่า PULFA เรซิน ไม่เพียงแต่ให้สมบัติที่ดีขึ้นเท่านั้น แต่ยังช่วยทำให้สามารถสังเคราะห์ได้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเทียบกับระบบอื่นซึ่งต้องใช้อุณหภูมิในการสังเคราะห์สูง จากการศึกษาพบว่า PULFA สามารถใช้ทาและเคลือบเพื่อป้องกันการกัดกร่อน ซึ่งสามารถใช้แทน Ur-LPEA, alkyol และ uralkyd ได้

**Z.O. Oymane และคณะ [7]** ได้ทำการศึกษาการเกิด oxidation ของน้ำมันแห้งเร็วที่เป็นระบบ non-conjugated (น้ำมันลินสีด) และระบบ conjugated (น้ำมันทั้ง) โดยใช้ Co(II)-2-ethylhexanoate (Co-EH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยน้ำมัน 2 ชนิดนี้จะมีกลไกของการเกิด oxidation ที่แตกต่างกัน สำหรับน้ำมันลินสีดซึ่งเป็น non-conjugated การแตกออกของไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นผ่านอัลไลลิกไฮโดรเจนอะตอม ออกซิเจนปริมาณมากที่ใส่ลงไปนำไปสู่การเกิด hydroperoxide ซึ่งสามารถสลายกลายเป็นอนุมูลอิสระของ alkoxy และ peroxy โดยทำให้เกิดการเชื่อมโยง และผลิตภัณฑ์ร่วม น้ำมันทั้งที่มีระบบ conjugated เป็นหลัก เกิด oxidation โดยเริ่มจากการแตกออกของไฮโดรเจนจาก monoallylic โดยเมื่อเทียบกับน้ำมันลินสีดจะให้ปริมาณออกซิเจนที่น้อยกว่า และเกิด hydroperoxide รวมทั้งได้ผลิตภัณฑ์ร่วมมากกว่าเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอนุมูลอิสระ ชอบเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ที่เป็น conjugate มากกว่า โดยจะแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมของ monoallylic

## 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 2.1 การเตรียมสารละลาย PVA

เตรียมน้ำกลั่นใส่ในบีกเกอร์ และให้ความร้อน ตั้งอุณหภูมิที่ 90 °C จากนั้นค่อยๆใส่ PVA ลงในบีกเกอร์ ทำการปั่นจนจนกระทั่ง PVA ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน และนำไปวัดค่าความหนืดโดยปรับค่าความหนืดของสารละลายให้อยู่ในช่วง 40-60 เซนติพอยส์

### 2.2 การเตรียมกาว PVA

1. ชั่งสารผสมตามอัตราส่วนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนผสมของกาว

สูตรกาว	สารละลาย PVA (g)	น้ำมันทั้ง (g)	SLS (g)	PTSA (g)	KPS (g)
1A	85	15	2	1	1
1B					
2A	80	20	4	1	1
2B					
3A	85	15	2	1	1
3B					
4A	85	15	4	1	1
4B					
5AB	85	15	2	1	1

2. โดยในการผสมกาวแบ่งเป็น 3 สภาวะ ได้แก่  
สภาวะ A คือ ทำการปั่นกวนด้วยใบพัด โดยปรับความเร็วรอบในการปั่นกวนเป็น 500 รอบ/นาที่  
สภาวะ B คือ ทำการผสมด้วย Homogenizer โดยปรับความเร็วรอบในการผสมเป็น 12,000 รอบ/นาที่  
สภาวะ AB คือ ทำการผสมด้วย Homogenizer และใบพัดปั่นกวนร่วมกัน
3. ทำการผสมน้ำมันทั้งและสารละลาย PVA โดยค่อยๆหยดน้ำมันทั้งลงในสารละลาย PVA จนหมด และทำการผสมต่อไปเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นค่อยๆใส่ SLS, KPS และ PTSA ตามลำดับ ปั่นกวนต่อไปเป็นเวลา 15-20 นาที ในขั้นนี้จะได้กาว PVA ผสมสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน<sup>24</sup>เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกาวสูตรที่ 5 ในช่วงแรกทำการผสมน้ำมันทั้งและสารละลาย PVA โดยใช้ Homogenizer จากนั้นทำการปั่นกวน SLS, KPS และ PTSA ด้วยใบพัด

- ทำการไล่ฟองอากาศของกาวโดยใช้เครื่อง ultrasonic เป็นเวลา 20 นาที เมื่อครบเวลาทำการ ตักฟองออก
- นำกาวที่ได้ไปวัดค่าความหนืด

### 2.3 การขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล

ในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้ซินไ้ม้ยูคาลิปตัสที่มีลักษณะละเอียดเบอร์ 2 และ 3 มีความชื้น 3-5%

- วัดความชื้นของซินไ้ม้เบอร์ 2 เพื่อทำการคำนวณหาอัตราส่วนซินไ้ม้ต่อกาว PVA ที่ใช้สำหรับแผ่นพาร์ทิเคิล 1 แผ่นโดยใช้กาว 15 % ซึ่งคำนวณได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ความหนาแน่นของวัสดุ  $0.8 \text{ g/cm}^3$  (กำหนดเอง)

วัสดุขนาด  $25 \times 25 \text{ cm}$

ความหนา  $1 \text{ cm}$

ใช้ปริมาณน้ำหนักรวมวัสดุ  $15\%$  ของน้ำหนักวัสดุแห้ง

วัสดุมีความชื้น  $4.00\%$

จาก  $D = m/V$

จะได้ว่า  $\text{มวล(วัสดุ + กาว)} = \text{ปริมาตร} \times \text{ความหนาแน่น}$

$$= (25 \times 25 \times 1) \times 0.8 \text{ g}$$

$$= 500 \text{ g}$$

แผ่นประกอบมวล 100 g ใช้วัสดุมวล 85 g มาจากใน 100 ใช้กาว 15% มีเนื้อไม้ 85%

แผ่นประกอบมวล 500 g ใช้วัสดุมวล  $(85 \times 500) / 100 = 425$

ดังนั้น ใช้วัสดุมวลแห้ง 425 g

แผ่นประกอบมวล 100 g ใช้กาว 15 g

แผ่นประกอบมวล 500 g ใช้กาว  $(15 \times 500) / 100 = 75 \text{ g}$

ดังนั้น ใช้เนื้อกาวมวล 75 g

ปริมาณวัสดุที่ใช้  $425 \times 1.04 = 442.00 \text{ g}$

เพิ่ม 10% เป็น  $442.00 \times 1.1 = 486.20 \text{ g}$  ----- (สมการที่ 1)

ปริมาณกาวที่ใช้ 75 g

เพิ่ม 10 % เป็น  $75 \times 1.1 = 82.5 \text{ g}$  ----- (สมการที่ 2)

ดังนั้น ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกับกาวแล้ว  $= 486.20 + 82.5 = 568.7 \text{ g}$

หมายเหตุ 1.04 คือ มวลกับวัสดุรวมซึ่งมี ความชื้น 4 %

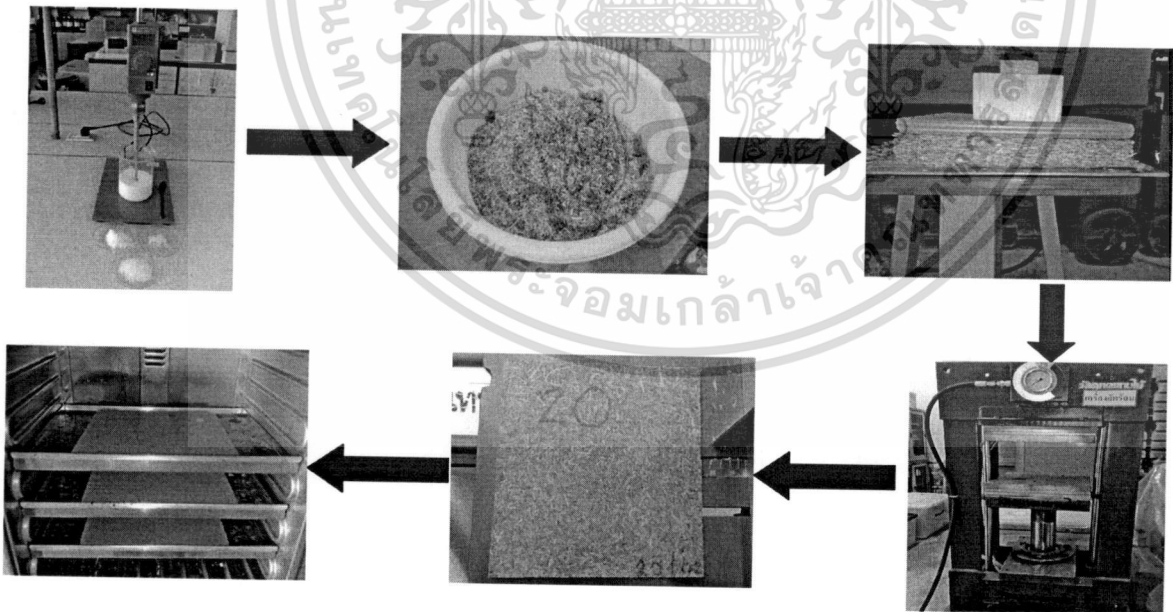
2. ชั่งน้ำหนักของชิ้น ไม้ และกาวติดไม้ PVA ที่จะใช้
3. ตั้งสภาวะของเครื่อง Compression molding ดังนี้

ความดัน = 150 psi

อุณหภูมิ = 120 °C

เวลา = 16 นาที

4. ทำการคลุกเคล้าชิ้น ไม้และกาวให้เข้ากัน
5. นำชิ้นไม้และกาวที่ผสมกันแล้วโรยใส่แม่พิมพ์
6. นำแม่พิมพ์เข้าเครื่อง Compression molding
7. เมื่อครบเวลาจึงนำแม่พิมพ์ออกมา นำแผ่นพาร์ทิเคิลออกมา
8. นำแผ่นพาร์ทิเคิลอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
9. ทำการเพิ่มปริมาณกาวเป็น 15% 20% และ 25% โดยใช้ชิ้นไม้เบอร์ 2 และ 3 การคำนวณหาอัตราส่วนชิ้นไม้ต่อกาวPVAที่ใช้ในการขึ้นรูปมีการคำนวณคล้ายกับตัวอย่างข้างต้น



รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 26 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 การทดสอบ [33, 34]

### 2.4.1 การทดสอบสมบัติของกาว PVA

#### 2.4.1.1 การหาค่าความหนืด

1. เทตัวอย่างกาวลงในบีกเกอร์
2. จุ่มโรเตอร์ที่ใช้ลงในกาว แล้วหมุนสกรูต่อเชื่อมเข้ากับเครื่อง viscometer จากนั้นเลื่อนโรเตอร์ลงมาจนถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้
3. ตั้งรอบ (rpm) ที่ต้องการใช้ เปิดสวิทซ์ให้มอเตอร์หมุนเป็นเวลา 3 นาที อ่านค่าและจดบันทึกเป็นทศนิยมตำแหน่งเดียว

#### 2.4.1.2 การหาค่า%solid content

1. ชั่งน้ำหนักกระตง และบันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งน้ำหนักกาว 10 กรัม ลงในกระตงที่ทราบน้ำหนักแน่นอน โดยให้กาวกระจายอยู่ทั่วทั้งกระตง บันทึกน้ำหนัก
3. เตรียมกาวตัวอย่างสูตรละ 3 กระตง
4. นำกาวที่ชั่งน้ำหนักแล้วใส่ในตู้อบ โดยใช้อุณหภูมิ 120°C อบจนกระทั่งมวลคงที่
5. นำกาวออกจากตู้อบ ชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาค่า %solid content จาก

$$\%solid\ content = 100 - \frac{[(\text{น้ำหนักกาวกับกระตงก่อนอบ} - \text{น้ำหนักกาวกับกระตงหลังอบ}) \times 100]}{\text{น้ำหนักกาวก่อนเข้าตู้อบ}}$$

#### 2.4.1.3 การหาค่าการบวมตัวของฟิล์มกาว

1. เตรียมกาวสูตรต่างๆ ตามอัตราส่วนที่กำหนด
2. ชั่งน้ำหนักงานเพาะเชื้อ
3. ทากาวบนงานเพาะเชื้อ โดยควบคุมความหนา และน้ำหนักกาวให้เท่ากัน
4. ทำการอบกาวที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. ชั่งน้ำหนักงานเพาะเชื้อที่บรรจุกาวอยู่
6. นำงานเพาะเชื้อที่มีกาวบรรจุอยู่แช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมงทำการชั่งน้ำหนักออกและชั่งน้ำหนัก
7. คำนวณหาค่าการบวมตัวของกาว จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 27 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{การบวมตัวของกาว} = \frac{(\text{น้ำหนักฟิล์มกาวหลังแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักฟิล์มกาวก่อนแช่น้ำ})}{\text{น้ำหนักฟิล์มกาวก่อนแช่น้ำ}} \times 100$$

#### 2.4.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปโดยใช้กาวPVAตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก. 876

ก่อนนำไปทำการทดสอบต้องทำการปรับสภาพชิ้นทดสอบ โดยนำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้สำหรับทดสอบการพองตัวตามความหนา ความต้านแรงคัต โมดูลัสยืดหยุ่นและความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ไปปรับสภาพที่อุณหภูมิ  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์  $65 \pm 5\%$  จนมีมวลคงที่ แล้วทำการทดสอบทันทีที่พ้นจากการปรับสภาพ ส่วนชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบความหนาแน่น และปริมาณความชื้นไม่ต้องทำการปรับสภาพ

##### 2.4.2.1 ความหนาแน่น (Density)

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  สำหรับทดสอบมาตรฐานมอก. 876 และ  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  สำหรับทดสอบมาตรฐาน JIS A 5908
2. วัดความยาว ความกว้าง และความหนา
3. ชั่งน้ำหนักแผ่นพาร์ทิเคิลและคำนวณความหนาแน่นจากสูตร

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

เมื่อ  $m$  คือ มวลของชิ้นทดสอบ (g)

$V$  คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ ( $\text{cm}^3$ )

##### 2.4.2.2 การทดสอบหาความชื้น (Moisture content)

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  สำหรับทดสอบมาตรฐานมอก. 876 และ  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  สำหรับทดสอบมาตรฐาน JIS A 5908
2. ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนนำไปอบ
3. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  จนได้มวลคงที่จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก
4. คำนวณค่าปริมาณความชื้นจากสูตร

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

เมื่อ  $m_1$  คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบแห้ง (g)

$m_2$  คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง (g)

#### 2.4.2.3 การทดสอบการพองตัวทางความหนา (Swelling test)

1. ตัดชิ้นงานตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด  $5 \times 5 \text{ cm}^2$
2. ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนา วัดความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ
3. แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาด โดยนำชิ้นงานตัวอย่างมาวัดความหนาภายหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง สำหรับการทดสอบมาตรฐานมอก.876 และ 24 ชั่วโมงสำหรับมาตรฐาน JIS A 5908 โดยรับน้ำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด ปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิมเป็นความหนาหลังแช่น้ำ
4. คำนวณการพองตัวทางความหนาภายหลังแช่น้ำโดย

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

เมื่อ  $t_1$  คือ ความหนาของชิ้นตัวอย่างก่อนแช่น้ำ (mm)

$t_2$  คือ ความหนาของชิ้นตัวอย่างภายหลังแช่น้ำ (mm)

#### 2.4.2.4 การทดสอบความแข็งแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น (Bending strength and Bending

##### Modulus test)

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด  $5 \times 20 \text{ cm}^2$  สำหรับทดสอบมาตรฐานมอก.876 และมาตรฐาน JIS A 5908
2. วัดความยาว ความกว้าง และความหนา
3. จากนั้นนำมาทดสอบความแข็งแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น โดยเครื่อง universal testing machine

กำหนด	Speed	=	10.00	mm/min
	Span length	=	150.00	mm
	Width	=	50.00	mm
	Thickness	=	10.00	mm

#### 2.4.2.5 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal bond)

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  สำหรับทดสอบมาตรฐานมอก.876 และมาตรฐาน JIS A 5908 วัดความยาว ความกว้าง และความหนา

2. ตัดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดิ่ง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดิ่ง ได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบ
3. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปทำการทดสอบด้วยเครื่อง universal testing machine โดยดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันใช้ความเร็วในการดึง 2 mm/min
4. คำนวณค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจาก

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

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



### 3.อภิปราย/วิจารณ์ผลการทดลอง

#### 3.1 การเตรียมกาวผสมสูตร

การผสมสูตรต่างๆที่เตรียมขึ้นในงานวิจัยนี้ เป็นการผสมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับน้ำมันทั้ง โดยมีการปรับเปลี่ยนตัวแปร ดังนี้

- ปริมาณน้ำมันทั้ง : 15 และ 20 % โดยน้ำหนัก
- ปริมาณ SLS 2 และ 4 % โดยน้ำหนักกาว
- เทคนิคการผสม : การใช้ใบพัดปั่นกวน และใช้ Homogenizer ปั่นกวน

รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของกาว

สูตรกาว	สารละลาย PVA (g)	น้ำมันทั้ง (g)	SLS (g)	เทคนิคการผสม
1A	85	15	2	ใบพัดปั่นกวน(A)
1B				homogenizer
2A	80	20	4	ใบพัดปั่นกวน(A)
2B				Homogenizer
3A	80	20	2	ใบพัดปั่นกวน(A)
3B				Homogenizer
4A	85	15	4	ใบพัดปั่นกวน(A)
4B				Homogenizer
5AB	85	15	2	ใบพัดปั่นกวน/ homogenizer(A/B)

เมื่อ A คือ ทำการผสมด้วยใบพัดปั่นกวน

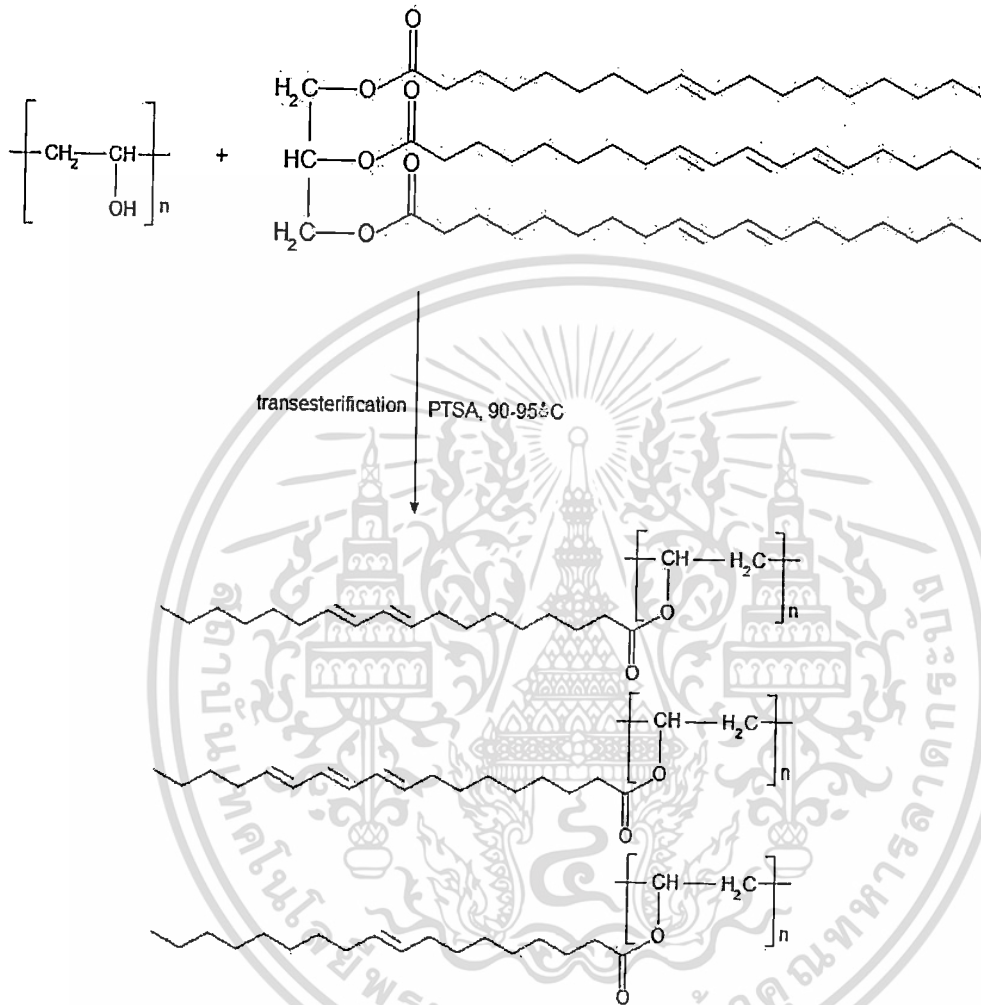
B คือ ทำการผสมด้วย Homogenizer

AB คือ ทำการผสมโดยใช้ใบพัดปั่นกวนและ Homogenizer ร่วมกัน

โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่าง PVA และน้ำมันทั้งมี 2 ปฏิกิริยาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 31 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

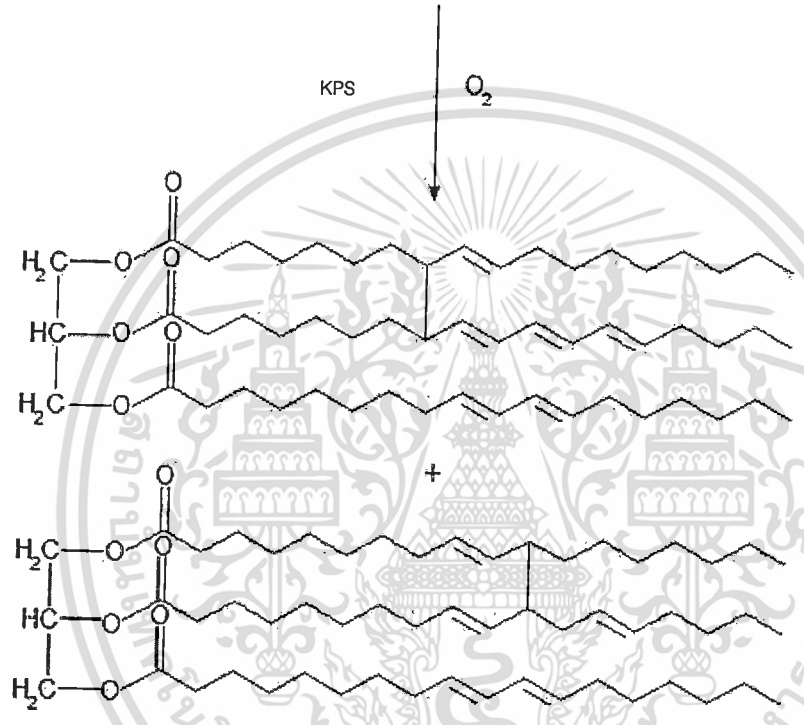
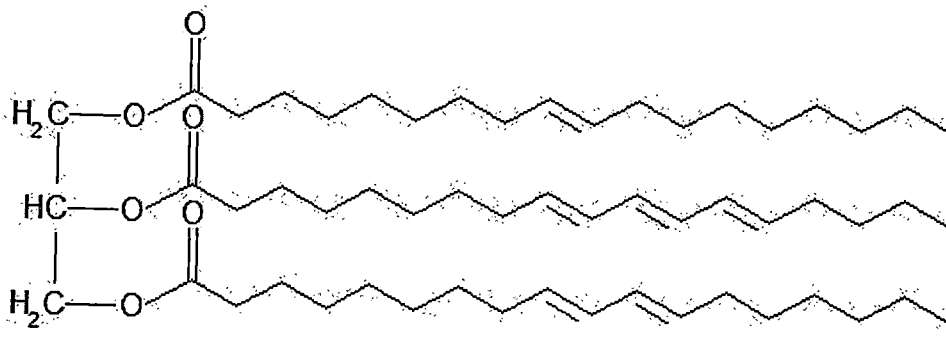
1. ปฏิกิริยา Transesterification ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของ PVA และหมู่เอสเทอร์ของน้ำมันทั้ง โดยมี PTSA เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ปฏิกิริยา Transesterification

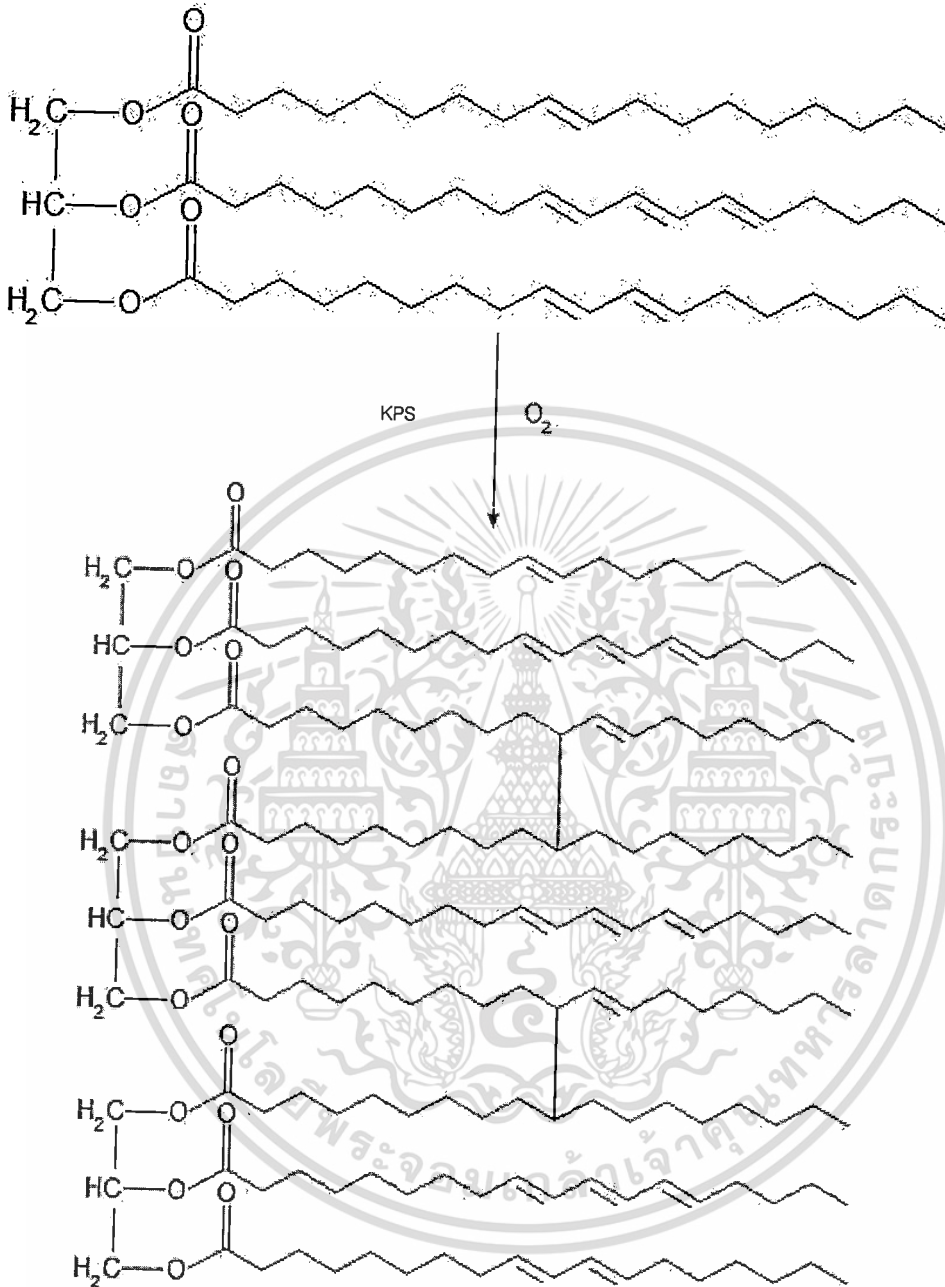
2. ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงระหว่างพันธะคู่ภายในโมเลกุลของน้ำมันทั้ง และการเชื่อมโยงระหว่างพันธะคู่ระหว่างโมเลกุลของน้ำมันทั้ง โดยมี  $K_2S_2O_8$  และออกซิเจนจากอากาศเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา ดังรูปที่ 3.2 และ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน<sup>32</sup>เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ปฏิกริยาการเชื่อมโยระหว่างพันธะคู่ภายในโมเลกุลของน้ำมันทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 33 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ปฏิกริยาการเชื่อมโยงระหว่างพันธะคู่ระหว่างโมเลกุลของน้ำมันทั้ง

**ค่าความหนืด และ % solid content**

กาวทุกสูตรที่เตรียมได้นำมาวัดค่าความหนืด โดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield แสดงผลดังตารางที่ 3.2 โดยเมื่อเปรียบเทียบผลของปริมาณน้ำมันทั้งที่มีผลต่อความหนืดพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันทั้งส่งผลให้กาวมีความหนืดมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันทั้งมีพันธะคู่อยู่ในโครงสร้างซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 34 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระหว่างการทำการผสมกาวอาจเกิดการเชื่อมโยงขึ้นส่งผลให้เกิดเป็น โครงสร้างที่ใหญ่ขึ้นจากเดิมทำให้เกิดการเคลื่อนตัวได้ยากส่งผลทำให้มีค่าความหนืดที่สูงขึ้น เมื่อทำการเพิ่มปริมาณสารลดแรงตึงผิวพบว่าค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น และผลจากการใช้อุปกรณ์ในการผสมกาวที่แตกต่างกันระหว่างการใช้ใบพัดปั่นกวนและเครื่อง Homogenizer พบว่าการผสมกาวโดยการใช้ใบพัดปั่นกวนทำให้กาวที่ได้มีค่าความหนืดที่ต่ำกว่าการผสมกาวโดยใช้เครื่อง Homogenizer ทั้งนี้เนื่องจากการผสมกาวโดยใช้เครื่อง Homogenizer ซึ่งมีความเร็วรอบในการปั่นกวนสูงมาก ทำให้มีแรงเฉือนเกิดขึ้นมากทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในระบบส่งผลทำให้เกิดการเชื่อมโยงก่อนเวลาเนื่องจากตัวเร่งและตัวริเริ่มปฏิกิริยาจะเกิดปฏิกิริยาขึ้นเมื่อได้รับความร้อน และในการผสมเกิดฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากภายในเนื้อกาวซึ่งออกซิเจนในอากาศสามารถทำให้เกิดการเชื่อมโยงในน้ำมันทั้ง โดยการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นทั้ง 2 กรณีนี้มีผลทำให้ค่าความหนืดของกาวที่ทำการผสมด้วยเครื่อง Homogenizer มีค่าที่มากกว่าการผสมโดยใช้ใบพัดปั่นกวน

% solid content เป็นการหาค่าปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในเนื้อกาวโดยการนำกาวที่สังเคราะห์มาอบไล่ตัวทำละลายออกไปที่อุณหภูมิ 120°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลอบจนกระทั่งมีมวลคงที่ โดยค่า % solid content จากการคำนวณตามทฤษฎีซึ่งคำนวณจากปริมาณองค์ประกอบของแข็งในสารละลาย PVA, น้ำมันทั้ง, KPS, PTSA และ SLS ที่ได้เติมลงไปในช่วงขั้นตอนการเตรียมกาว ผลการคำนวณหาค่า % solid content และผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 โดยจากผลการทดลองพบว่าค่า % solid content มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎี

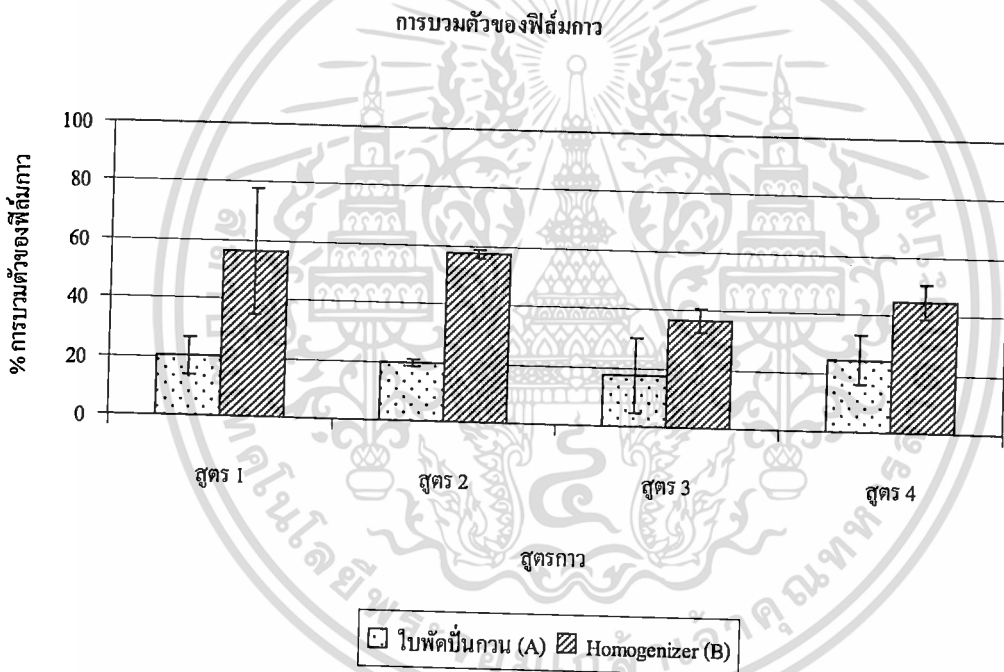
ตารางที่ 3.2 ค่าความหนืด และ %solid content

สูตรกาว	ความหนืด (centipoises)	%Solid content	
		ทฤษฎี	ผลทดลอง
1A	367	28.24	24.38
2A	650	29.59	25.51
3A	450	32.46	29.91
4A	790	33.74	30.23
1B	383	28.24	25.11
2B	700	29.59	26.29
3B	560	32.46	29.72
4B	950	33.74	31.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 35 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การบวมตัวของฟิล์มกาว

จากกราฟที่ 3.4 แสดงค่า % การบวมตัวของฟิล์มกาวที่ 1 ชั่วโมงของกาวสูตรที่ 1 – 4 พบว่า ปริมาณน้ำมันทั้งที่ต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า %การบวมตัวของฟิล์มกาว รวมทั้งปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่ ต่างกันก็ไม่ได้ส่งผลต่อค่า %การบวมตัวของฟิล์มกาวเช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณสารลดแรงตึงผิว อาจจะมีปริมาณที่น้อยเกินไปจึงไม่ทำให้เห็นผลที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน และพบว่าฟิล์มกาวที่ทำการผสมโดยใช้ Homogenizer มีค่า %การบวมตัวของฟิล์มกาวที่สูงกว่ากาวสูตรที่ทำการผสมโดยใช้ ใบบดปั่นกวน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกาวที่ทำการผสมโดยใช้ Homogenizer ซึ่งในขณะที่ทำการผสมเกิด ฟองอากาศเป็นจำนวนมาก เมื่อฟิล์มกาวแห้งจะเกิดช่องว่างเป็นจำนวนมาก เมื่อนำไปทดสอบโดยการ แช่น้ำทำให้ น้ำเข้าไปอยู่ในช่องว่าง ส่งผลให้ค่า %การบวมตัวของฟิล์มกาวมีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น



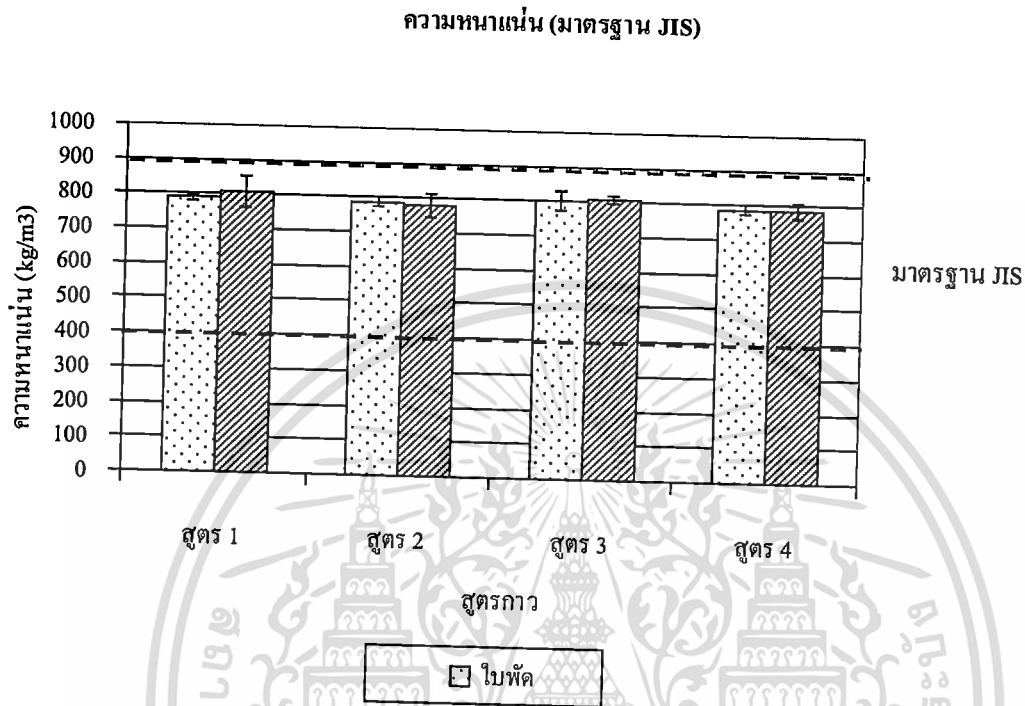
รูปที่ 3.4 ผลการทดสอบการบวมตัวของฟิล์มกาว

สมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ขึ้นรูปโดยใช้กาวผสมสูตร ตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876

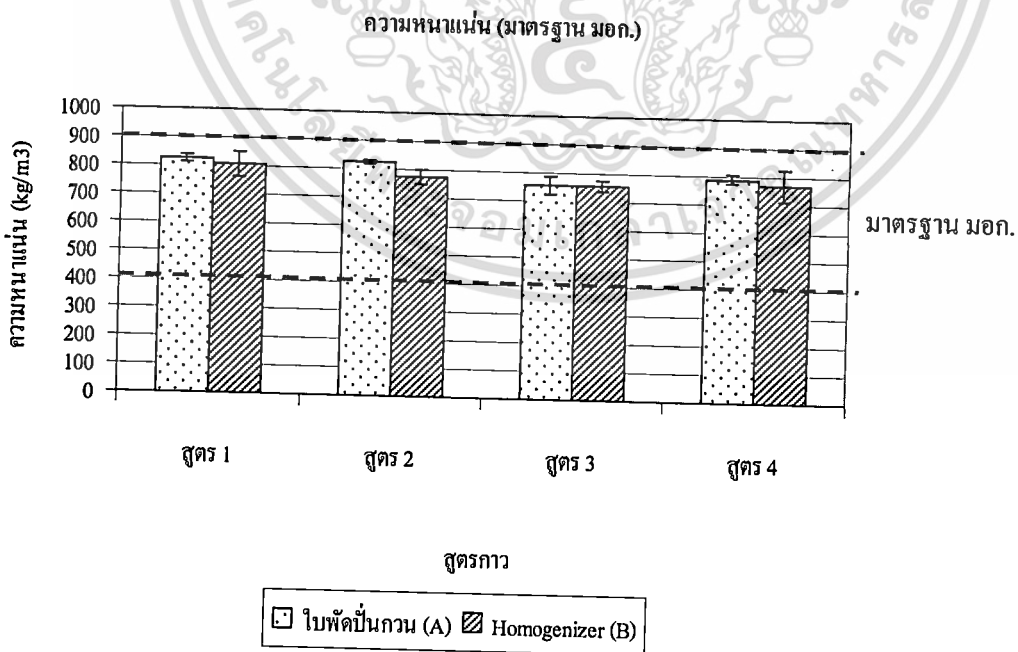
ผลของปริมาณน้ำมัน สารลดแรงตึงผิว และอุปกรณ์ในการผสมกาวที่มีต่อสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล ความหนาแน่น

รูปที่ 3.5 และ 3.6 เป็นผลการทดสอบความหนาแน่นตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876 ตามลำดับ มาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876 ได้กำหนดให้ความหนาแน่นมีค่าอยู่ในช่วง 400-900 kg/m<sup>3</sup> ซึ่งจากผลการทดสอบได้ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 700-800 kg/m<sup>3</sup> ซึ่งอยู่ในช่วงที่มาตรฐานทั้ง

สองได้กำหนดไว้ กาวทุกสูตรมีผลค่าการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นชนิดของกาวจึงไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่นของแผ่นพาร์ทิเคิล



รูปที่ 3.5 ผลการทดสอบความหนาแน่นตามมาตรฐาน JIS A 5908

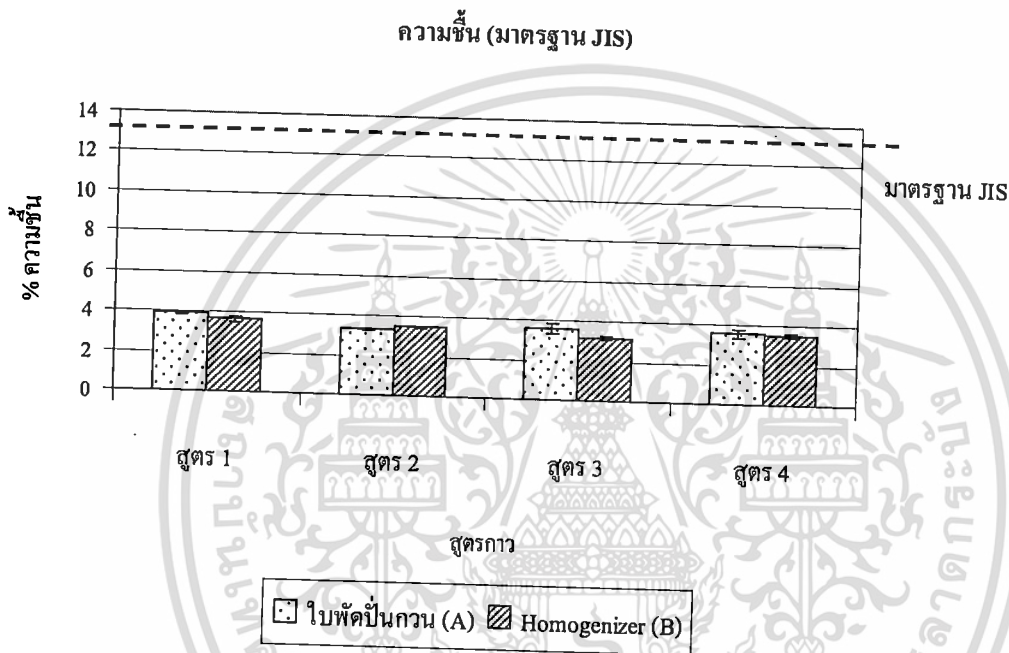


รูปที่ 3.6 ผลการทดสอบความหนาแน่นตามมาตรฐาน มอก.876

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 37 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ความชื้น

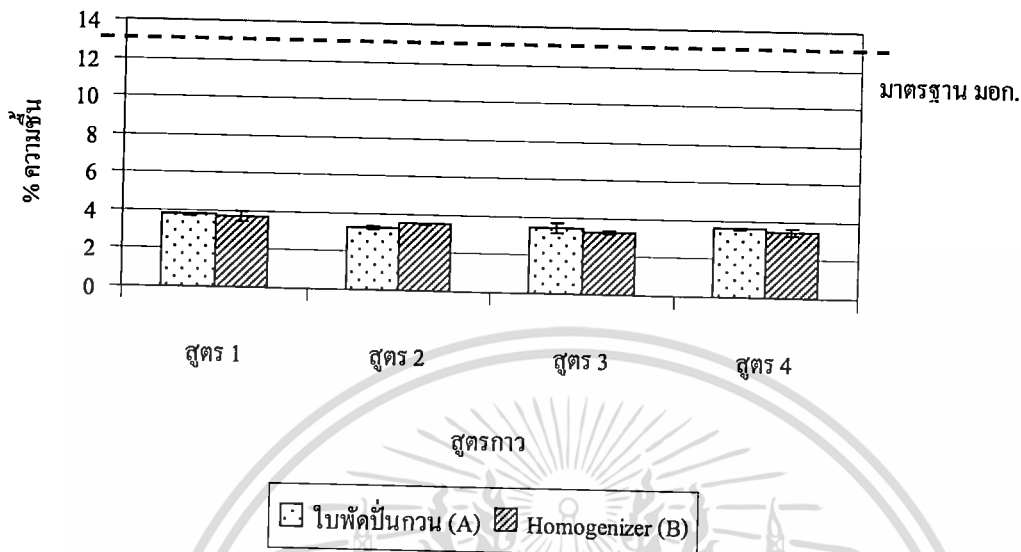
จากรูปที่ 3.7 และ 3.8 เป็นการแสดงค่าการดูดซับความชื้นของแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้กาวแต่ละสูตรที่มีปริมาณน้ำมันทั้งและสารลดแรงตึงผิวต่างกัน พบว่าค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าประมาณ 3% ซึ่งผ่านตามมาตรฐานมอก.876 และ JIS A 5908 ที่กำหนดค่าไว้ไม่เกิน 13% ซึ่งจะเห็นว่า ปริมาณน้ำมันทั้งและสารลดแรงตึงผิวที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่าการดูดซับความชื้น รวมทั้งการปั่นกวนโดยใช้ใบพัดและเครื่อง Homogenizer ก็ไม่ให้ผลที่แตกต่างกัน



รูปที่ 3.7 ผลการทดสอบความชื้นตามมาตรฐาน JIS A 5908

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 38 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้น (มาตรฐาน มอก.)



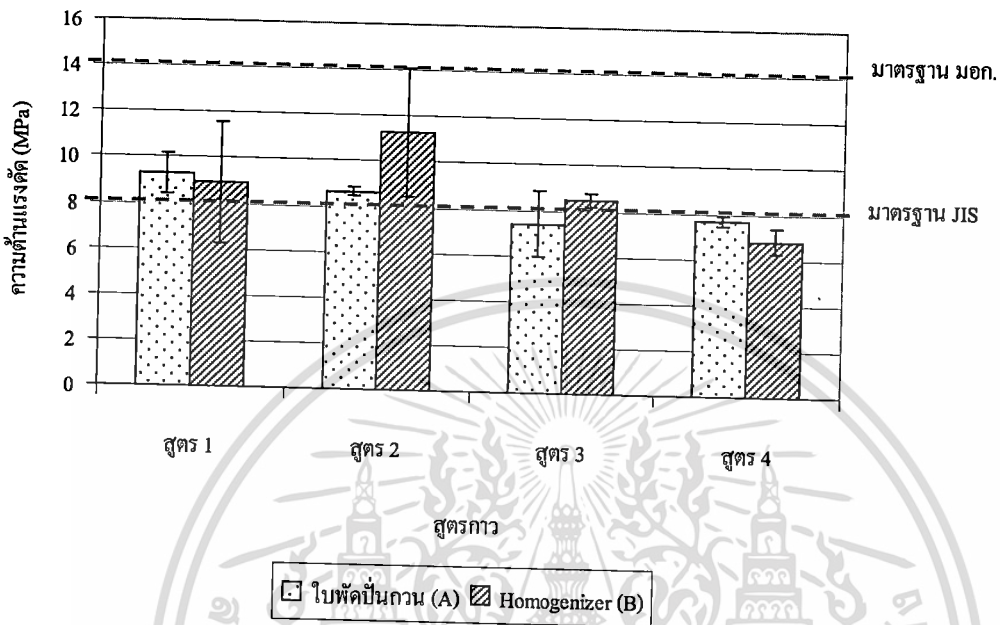
รูปที่ 3.8 ผลการทดสอบความชื้นตามมาตรฐาน มอก.876

ความต้านทานแรงดัด

จากรูปที่ 3.9 แสดงถึงค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นพาร์ทิเคิลกับสูตรกาวชนิดต่างๆ พบว่าให้ค่าความต้านทานแรงดัดที่แตกต่างกันเพราะการใช้ปริมาณน้ำมันทั้งที่แตกต่างกันในกาว ซึ่งจากผลแสดงให้เห็นว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 15% โดยน้ำหนัก(สูตร 1 และ 2)จะให้ค่าความต้านทานแรงดัดสูงกว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 20% (สูตร 3 และ 4) อาจเป็นเพราะการใช้ปริมาณน้ำมันทั้งที่น้อยกว่าการผสมกาวนั้นจะทำให้ดีกว่าการผสมกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้งมาก ประสิทธิภาพของโบพัดปั่นกวนหรือ Homogenizer อาจไม่ดีพอที่จะทำให้ไขมันแตกตัวและผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวได้ดี ส่งผลให้มีการกระจายตัวของน้ำมันทั้งไม่ทั่วถึง เมื่อผสมกาวกับหิน ไม้ อาจทำให้ไม้บางส่วนมีการผสมกับส่วนที่เป็นกาวน้อยเกิดเป็นจุดบกพร่องของชิ้นไม้ ทำให้ในกรณีที่ใช้สูตรกาวที่มีน้ำมัน 20% ไม่ว่าจะ เป็นกาวสูตร 3 หรือ 4 เมื่อทดสอบพบว่าค่าความต้านทานแรงดัดที่ได้นั้นมีค่าต่ำกว่ากาวสูตร 1 และ 2 ซึ่งกาวสูตร 3 และ 4 นี้ไม่สูงเพียงพอที่จะผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5908 ที่ 8 MPa และ มอก.876 ที่ 14 MPa (ยกเว้น สูตรที่ 3 ที่ใช้ Homogenizer ผ่านมาตรฐาน JIS A 5908) อย่างไรก็ตามกาวสูตร 1 และ 2 มีค่าความต้านทานแรงดัด 8.6-11.3 MPa ซึ่งมีค่าสูงพอที่จะผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 แต่ยังไม่ผ่านมอก. สำหรับกรณีการใช้โบพัดหรือ Homogenizer ไม่ได้ให้ค่าผลการทดลองที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจาก Homogenizer ที่ใช้มีขนาดหัวผสมที่ค่อนข้างเล็กจึงทำให้การผสมเกิดขึ้นไม่ทั่วทั้งบริเวณในภาชนะที่ผสมกาวทำให้ประสิทธิภาพในการผสมใกล้เคียงกันกับการใช้โบพัดปั่นกวน

รวมถึงการใช้สารลดแรงตึงผิวในปริมาณที่แตกต่างกันในงานวิจัยนี้อาจยังไม่มากพอที่จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่าง พิจารณาได้จากการเทียบกาวสูตร 1 กับ 2 และเทียบสูตร 3 กับ 4

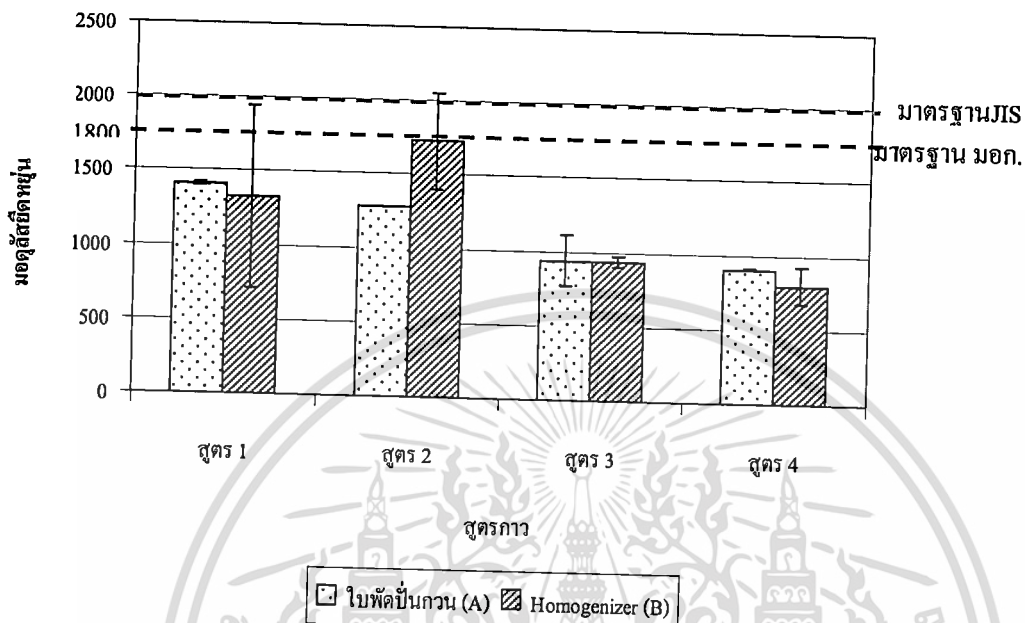
ค่าความต้านทานแรงคัต



รูปที่ 3.9 ผลการทดสอบความต้านทานแรงคัตตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.867 มอดูลัสยึดหยุ่น

จากรูปที่ 3.10 แสดงถึงค่ามอดูลัสยึดหยุ่นของแผ่นพาร์ทิเคิลกับสูตรกาวชนิดต่างๆ พบว่าให้ค่ามอดูลัสยึดหยุ่นที่แตกต่างกันเพราะการใช้ปริมาณน้ำมันทั้งที่แตกต่างกันในกาว ซึ่งจากผลแสดงให้เห็นว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 15% โดยน้ำหนัก (สูตร 1 และ 2) จะให้ค่ามอดูลัสยึดหยุ่นสูงกว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 20% (สูตร 3 และ 4) อาจเป็นเพราะการใช้ปริมาณน้ำมันทั้งที่น้อยกว่าการผสมกาวนั้นจะทำได้ดีกว่าการผสมกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้งมาก ประสิทธิภาพของใบพัดปั่นกวนหรือ Homogenizer อาจไม่ดีพอที่จะทำให้ไขมันแตกตัวและผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวได้ดี ส่งผลให้มีการกระจายตัวของน้ำมันทั้งไม่ทั่วถึง เมื่อผสมกาวกับชิ้นไม้ อาจทำให้ไม้บางส่วนมีการผสมกับส่วนที่เป็นกาวน้อยเกิดเป็นจุดบกพร่องของชิ้นไม้ ทำให้ในกรณีที่ใช้สูตรกาวที่มีน้ำมัน 20% ไม่ว่าจะเป็นกาวสูตร 3 หรือ 4 เมื่อทดสอบพบว่าค่ามอดูลัสยึดหยุ่นที่ได้นั้นมีค่าต่ำกว่ากาวสูตร 1 และ 2 ใดๆก็ตามสูตรกาวทั้งหมดนี้ไม่สูงเพียงพอที่จะผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5908 ที่ 2000 MPa และมอก.876 ที่ 1800 MPa และการใช้สารลดแรงตึงผิวในปริมาณที่แตกต่างกันก็ไม่ส่งผลที่แตกต่างกัน

ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น



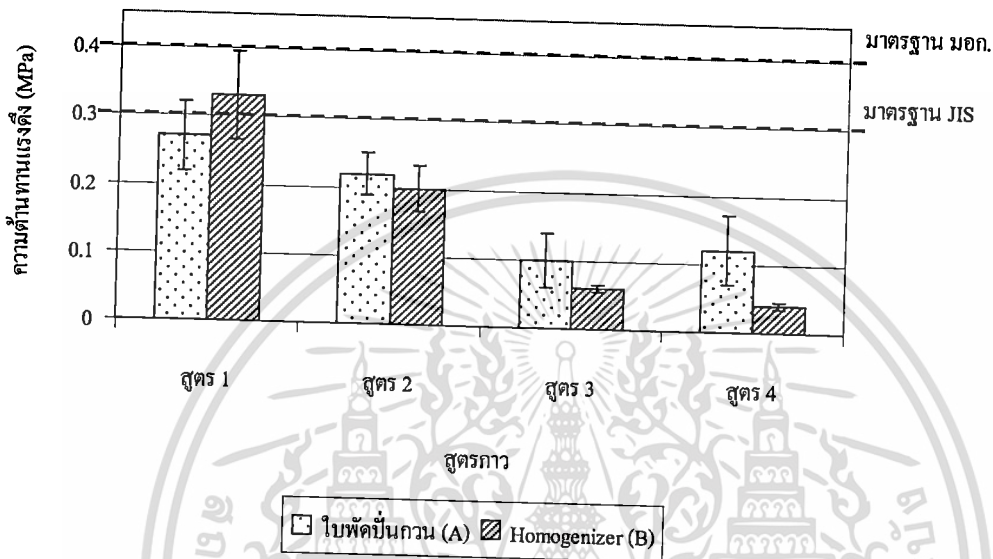
รูปที่ 3.10 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876

ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

จากรูปที่ 3.11 แสดงถึงค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นพาร์ทิเคิลกับสูตรกาวชนิดต่างๆ พบว่าให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่แตกต่างกันเพราะการใช้ปริมาณน้ำมันทั้งที่แตกต่างกันในกาว ซึ่งจากผลแสดงให้เห็นว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 15% โดยน้ำหนัก (สูตร 1 และ 2) จะให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 20% (สูตร 3 และ 4) อาจเป็นเพราะการใช้ปริมาณน้ำมันทั้งที่น้อยกว่าการผสมกาวนั้นจะทำให้ดีกว่าการผสมกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้งมาก ประสิทธิภาพของโบพัดปั่นกวนหรือ Homogenizer อาจไม่ดีพอที่จะทำให้ไขมันแตกตัวและผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวได้ดี ส่งผลให้มีการกระจายตัวของน้ำมันทั้งไม่ทั่วถึง เมื่อผสมกาวกับซินไม้อาจทำให้ไม่บางส่วนมีการผสมกับส่วนที่เป็นน้ำมันทั้งน้อย เกิดเป็นจุดบกพร่องของซินไม้อาจทำให้ในกรณีที่ใช้สูตรกาวที่มีน้ำมัน 20% ไม่ว่าจะเป็นกาวสูตร 3 หรือ 4 เมื่อทดสอบพบว่าค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ได้นั้นมีค่าต่ำกว่ากาวสูตร 1 และ 2 แต่อย่างไรก็ตามมีเพียงกาวสูตร 1 ที่ใช้ Homogenizer เท่านั้นที่สามารถผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5908 ที่ 0.3 MPa แต่ไม่สูงมากพอที่จะผ่านมาตรฐานมอก.876 ที่ 0.4 MPa อาจเป็นเพราะ Homogenizer ที่ใช้มี

ความเร็วสูงและอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมทำให้การผสมกาวเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับกรณีการใช้สารลดแรงตึงผิวในปริมาณที่แตกต่างกันพบว่า ไม่ส่งผลที่ต่างกัน

ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า



รูปที่ 3.11 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.867

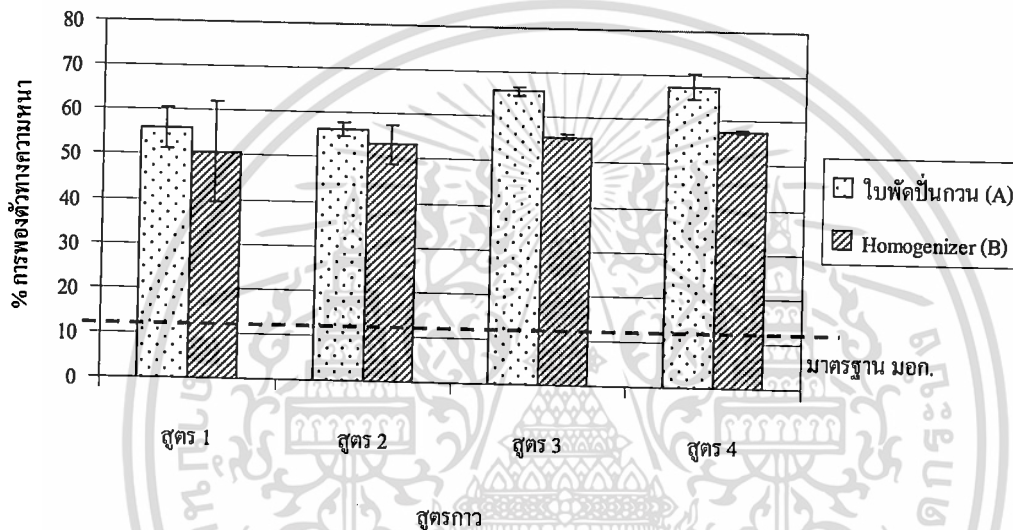
#### 4.1.1.1 การพองตัวทางความหนาที่เวลา 1 ชั่วโมงสำหรับมาตรฐาน มอก.876 และ 24 ชั่วโมง สำหรับมาตรฐาน JIS A 5908

รูปที่ 3.12 และ 3.13 แสดงค่าการพองตัวทางความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้กาวแต่ละสูตรที่มีปริมาณน้ำมันทั้งและสารลดแรงตึงผิวต่างกันที่เวลา 1 ชั่วโมงสำหรับมาตรฐาน มอก.876 และ 24 ชั่วโมง สำหรับมาตรฐาน JIS A 5908 พบว่า ค่าการพองตัวทางความหนาของกาวสูตรที่ใช้ น้ำมันทั้ง 20% มีค่ามากกว่าในกาวสูตรที่ใช้ น้ำมันทั้ง 15% เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจาก ปริมาณน้ำมันทั้งที่มากขึ้นทำให้การผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันยากมากขึ้น เกิดการแยกชั้นระหว่างสารละลาย PVA และ น้ำมันทั้ง ซึ่งเมื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นพาร์ทิเคิลส่วนของ PVA จะสามารถละลายน้ำได้เกิดเป็นช่องว่าง ทำให้ดูดซับน้ำมากขึ้น กรณีการเพิ่มปริมาณสารลดแรงตึงผิว ไม่ส่งผลต่อ %การพองตัวทางความหนา อาจเนื่องมาจาก ปริมาณสารลดแรงตึงผิวไม่ได้แตกต่างกันมากนัก และปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่ใส่ลงไปอาจจะยังไม่มากพอ ซึ่งยังไม่ใช่อปริมาณที่เหมาะสม รวมทั้งพบว่า กาวสูตรที่ปั่นกวนโดยโบริคให้ค่า %การพองตัวทางความหนาที่มากกว่ากาวสูตรที่ปั่นกวนโดย Homogenizer เนื่องจากการปั่นกวนโดย Homogenizer มีความเร็ว

รอบที่สูงกว่า จึงทำให้น้ำมันทั้งแตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ กระจายเข้ากันกับสารลดแรงตึงผิวและตัวเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่า

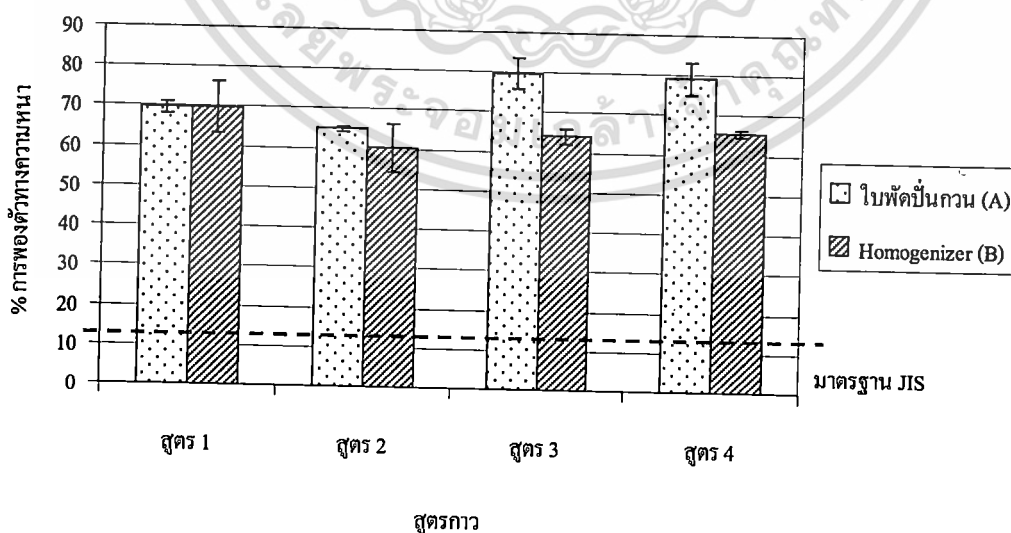
ผลการทดสอบตามมาตรฐานมอก.876 ได้ค่า %การพองตัวของความหนาอยู่ในช่วง 50-68% โดยค่ามาตรฐานมอก.876 ไม่เกิน 12% ดังนั้นแผ่นพาร์ทิเคิลจึงยังไม่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานมอก.876 และมาตรฐาน JIS A 5908 ได้ค่า%การพองตัวของความหนาอยู่ในช่วง 60-80% ค่ามาตรฐาน JIS A 5908 อยู่ที่ไม่เกิน 12% ดังนั้นแผ่นพาร์ทิเคิลจึงยังไม่ผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5908 เช่นกัน

การพองตัวของความหนา 1 ชม.



รูปที่ 3.12 ผลการทดสอบการพองตัวของความหนาตามมาตรฐาน มอก.876 ที่เวลา 1 ชั่วโมง

การพองตัวของความหนา 24 ชม.



รูปที่ 3.13 ผลการทดสอบการพองตัวของความหนาตามมาตรฐาน JIS A 5908 ที่เวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 43 การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

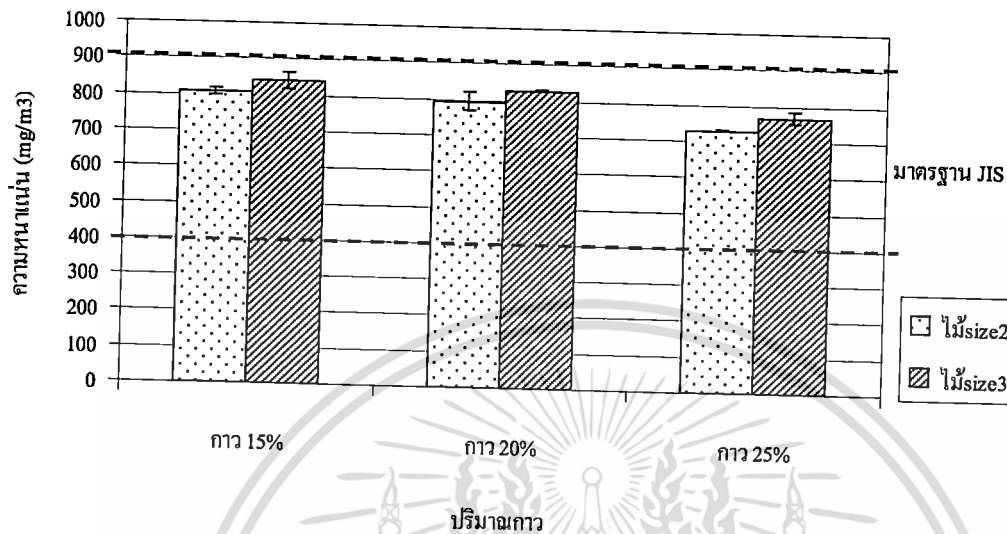
จากผลการทดสอบข้างต้นแสดงให้เห็นว่าปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่แตกต่างกันมีผลต่อสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และจากการใช้ใบพัดและเครื่อง Homogenizer ในการผสมกาวไม่ทำให้สมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลแตกต่างกันมากเช่นกัน และกาวที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 15% ให้ผลที่ดีกว่าที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 20% ดังนั้นจึงทำการพัฒนาจากกาวสูตร 1 ซึ่งมีปริมาณน้ำมันทั้ง 15% และปริมาณสารลดแรงตึงผิวเป็น 2% ทำการผสมโดยใช้ใบพัดปั่นกวนและเครื่อง Homogenizer ร่วมกัน (กาวสูตร 5) จากนั้นนำไปทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นพาร์ทิเคิลและทำการทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876 เช่นเดิม โดยปรับปริมาณกาวจากเดิมใช้ 15% โดยน้ำหนักเทียบกับเนื้อไม้เป็น 15 % 20% และ 25% โดยกำหนดให้ใช้ไม้ size 2 และ 3

### ผลของปริมาณกาวและขนาดของชิ้นไม้ที่มีต่อสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล

#### ความหนาแน่น

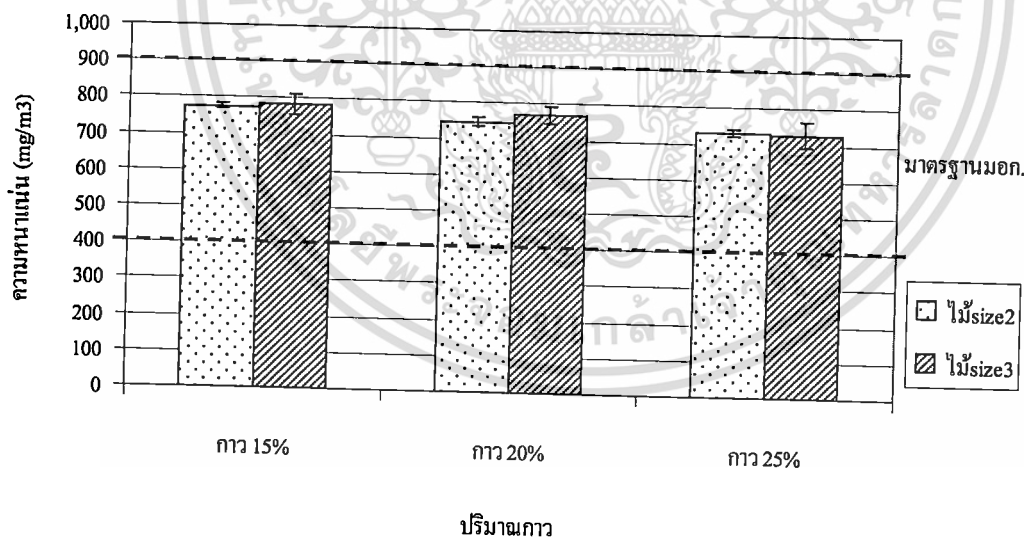
รูป 3.14 และ 3.15 เป็นผลการทดสอบความหนาแน่นตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876 ตามลำดับ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ %กาวในแผ่นพาร์ทิเคิลมีผลทำให้ความหนาแน่นมีค่าลดลง โดยอธิบายได้ว่า แผ่นพาร์ทิเคิลแต่ละแผ่นจะมีน้ำหนักรวมระหว่างชิ้นไม้กับเนื้อกาวก่อนขึ้นรูปเท่ากัน แต่เมื่อเพิ่ม % ปริมาณกาวมากขึ้นจะทำให้อัตราส่วนเนื้อไม้ลดลง ซึ่งองค์ประกอบหลักของกาวคือ น้ำ ดังนั้น เมื่อทำการขึ้นรูปส่วนที่เป็นน้ำจะเกิดการระเหยออกไป ส่งผลให้แผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้ปริมาณกาวมากกว่ามีน้ำหนักแผ่นพาร์ทิเคิลหลังขึ้นรูปน้อยกว่า ดังนั้นเมื่อปริมาณกาวมากขึ้นจึงทำให้แผ่นพาร์ทิเคิลมีความหนาแน่นที่ลดลง เมื่อพิจารณาผลของขนาดชิ้นไม้ที่มีต่อความหนาแน่น พบว่าการใช้ไม้ size 2 และ 3 ให้ผลความหนาแน่นไม่แตกต่างกันมากนักเนื่องจากใช้สภาวะการขึ้นรูปที่เหมือนกันทั้ง 2 กรณี

ความหนาแน่น (มาตรฐาน JIS)



รูปที่ 3.14 ผลการทดสอบความหนาแน่นตามมาตรฐาน JIS A 5908

ความหนาแน่น (มาตรฐาน มอก.)



รูปที่ 3.15 ผลการทดสอบความหนาแน่นตามมาตรฐาน มอก.876

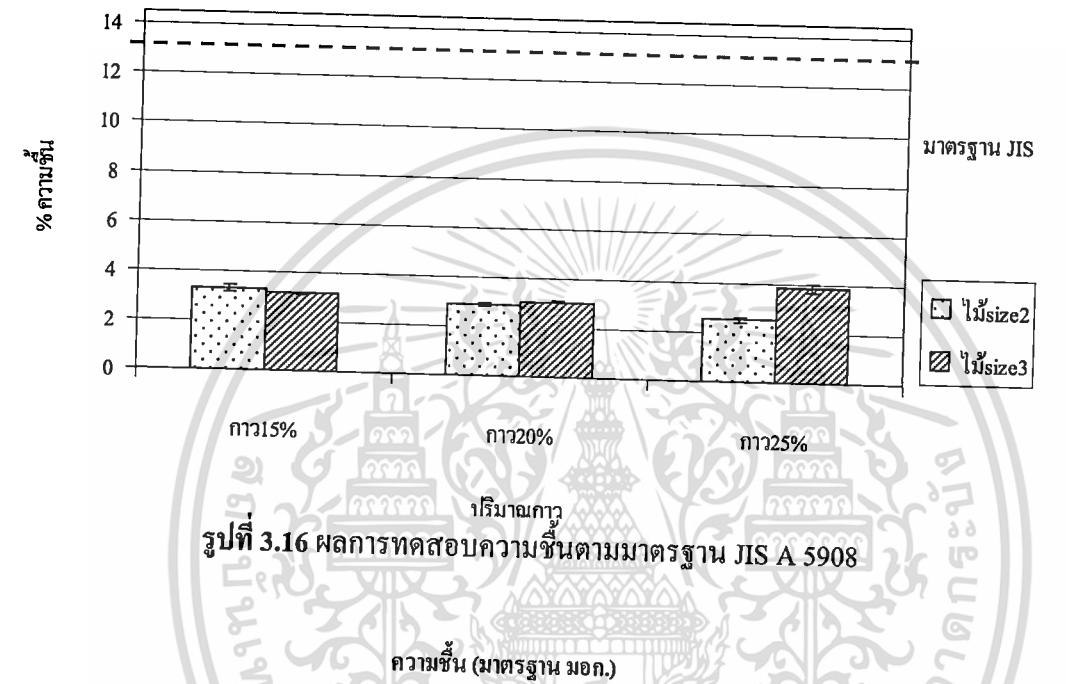
**ความชื้น**

จากกราฟที่ 3.16 และ 3.17 เป็นการแสดงค่าการดูดซับความชื้นของแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้ข้าว  
สูตรที่ 5 พบว่าการใช้ขนาดไม้ที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่าการดูดซับความชื้น ซึ่งการเพิ่มปริมาณข้าวให้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 45 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

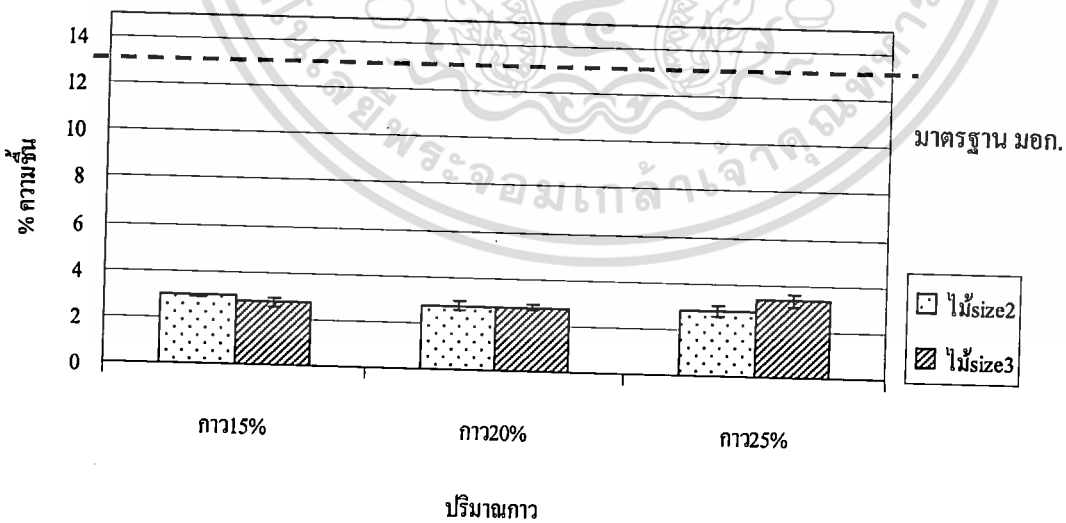
ขึ้นก็ไม่ส่งผลต่อค่าการดูดซับความชื้นของแผ่นพาร์ทิเคิลเช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การให้ความร้อนขณะขึ้นรูปและ post cure นั้นเป็นการไล่ความชื้นที่มีอยู่ในแผ่นพาร์ทิเคิลออกไปแล้ว ซึ่งความชื้นที่เกิดขึ้นนั้นเป็นเพียงการดูดซับความชื้นในอากาศเพียงเล็กน้อยเท่านั้น รวมทั้งขนาดไม้ก็ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากจนทำให้เกิดการดูดซับความชื้นที่ต่างกันอย่างชัดเจน

ความชื้น (มาตรฐาน JIS)



รูปที่ 3.16 ผลการทดสอบความชื้นตามมาตรฐาน JIS A 5908

ความชื้น (มาตรฐาน มอก.)



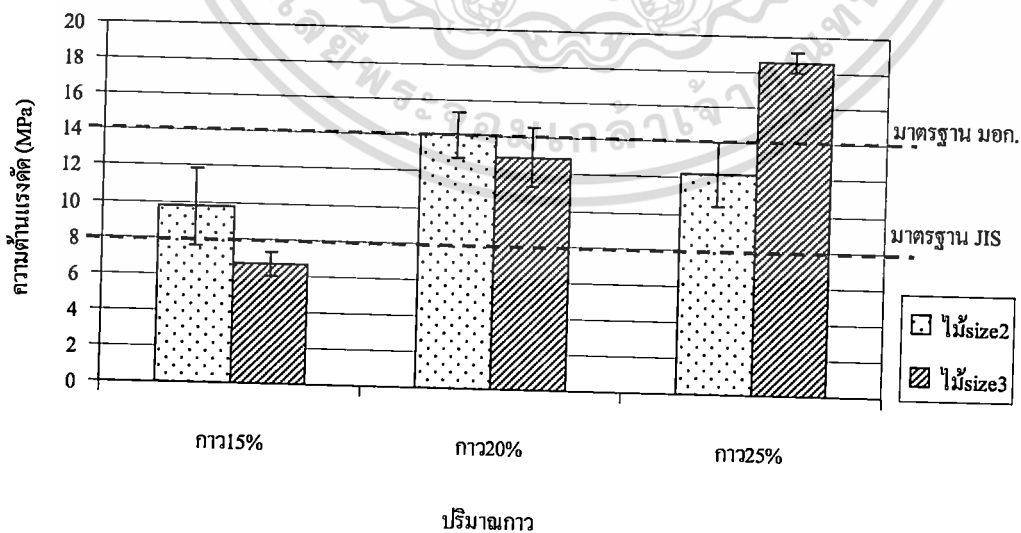
รูปที่ 3.17 ผลการทดสอบความชื้นตามมาตรฐาน มอก.876

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 46 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ความต้านทานแรงดัด

รูปที่ 3.18 แสดงถึงค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวที่เพิ่มมากขึ้นคือ 15, 20 และ 25% ตามลำดับของกาวสูตร 5 ซึ่งพบว่าแผ่นพาร์ทิเคิลที่มีปริมาณกาวสูงสุดคือ 25% มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงสุดที่สุดคือ 18.57 MPa เป็นเพราะปริมาณกาวซึ่งเป็นส่วนยึดติดนั้นเพิ่มมากขึ้น การยึดติดระหว่างกาวกับไม้จึงมากขึ้น ทำให้มีความแข็งแรงมากขึ้น ส่วนปริมาณกาว 20 และ 15 % มีค่าความต้านทานแรงดัดลดลงตามลำดับ ซึ่งปริมาณกาว 20 และ 25 % นั้นผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5908 ทั้งหมด และในกรณีของการใช้ขนาดชิ้น ไม้ที่แตกต่างกันนั้นส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดัดแตกต่างกัน โดยไม้ size 3 เป็นไม้ละเอียดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าไม้ size 2 ทำให้การผสมกาวกับไม้สามารถทำได้ดี เนื่องจากไม้ละเอียดมีพื้นที่ผิวเล็กกว่า สัมผัสกับกาวได้มากกว่า รวมทั้งยังสามารถถ่ายโอนและกระจายความเค้นภายใต้แรงกดได้ดีกว่า จึงทำให้ไม้ชนิดละเอียดมีการยึดติดที่ดีกว่าไม้ชนิดหยาบ โดยจะเห็นได้ชัดจากผลจากการที่ปริมาณกาว 25% ไม้ size 3 นั้นมีค่าความต้านทานแรงดัดสูงมากถึง 18.57 MPa ซึ่งมีค่าสูงมากพอที่จะผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876 ที่กำหนดค่ามาตรฐานไว้ที่ 8 และ 14 MPa ตามลำดับ ส่วนในกรณีของปริมาณกาว 15 และ 20% นั้นพบว่าไม้ชนิดละเอียดมีค่าความแข็งแรงดัดน้อยกว่าไม้ชนิดหยาบ อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการผสมระหว่างกาวกับไม้ไม่สามารถทำได้ดีเท่าที่ควร เพราะปริมาณกาวที่น้อยผสมกับไม้ที่มีความละเอียดมากนั้นทำได้ยาก เมื่อทำการผสมจะเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนทำให้มีการกระจายของกาวไม่ทั่วทั้งแผ่นส่งผลทำให้แผ่นพาร์ทิเคิลมีความแข็งแรงน้อยกว่าที่ควรจะเป็น แต่สำหรับที่ปริมาณกาว 25% แม้จะจับตัวเป็นก้อนบ้างแต่ก็มีปริมาณที่มากพอและเหมาะสมที่ทำให้กาวมีการกระจายตัวที่ดีกับเนื้อไม้

ค่าความต้านทานแรงดัด

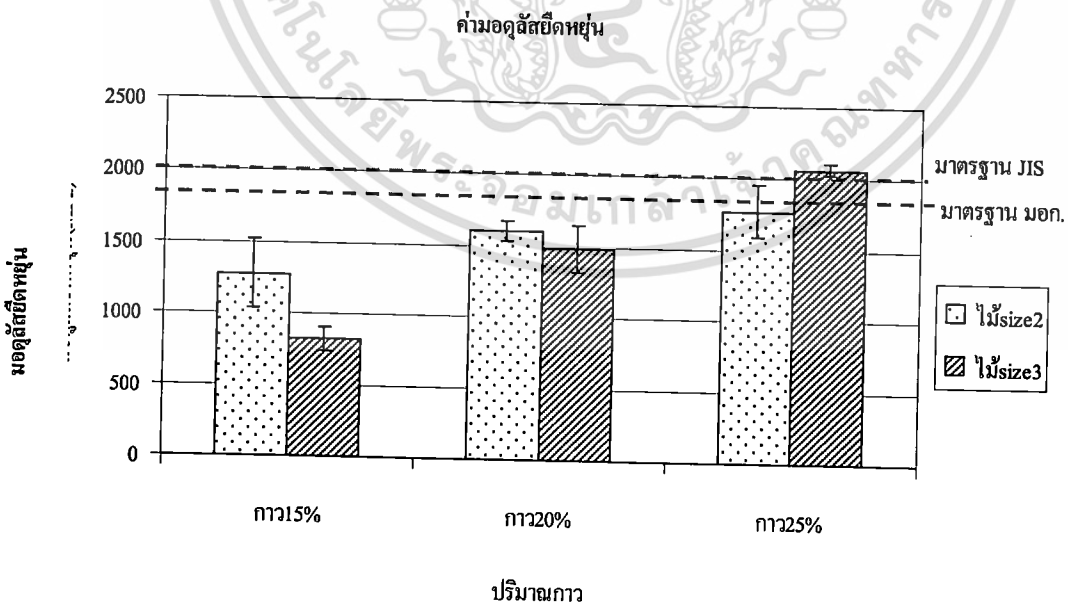


รูปที่ 3.18 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.867

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 47 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### มอดูลัสยืดหยุ่น

รูปที่ 3.19 แสดงถึงค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวยที่เพิ่มมากขึ้นคือ 15, 20 และ 25% ตามลำดับซึ่งพบว่าแผ่นพาร์ทิเคิลที่มีปริมาณกาวยสูงสุดคือ 25% จะมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่สุดคือ 2067 MPa เป็นเพราะปริมาณกาวยซึ่งเป็นส่วนยึดติดนั้นเพิ่มมากขึ้น การยึดติดระหว่างกาวยกับไม้มีจึงมากขึ้น ทำให้มีความแข็งแรงมากขึ้นค่ามอดูลัสยืดหยุ่นจึงสูงขึ้น ส่วนปริมาณกาวย 20 และ 15% มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นตามลำดับ ซึ่งปริมาณกาวย 20 และ 25% นั้นผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5908 ทั้งหมด และในกรณีของการใช้ขนาดชิ้นไม้ที่แตกต่างกันนั้นส่งผลให้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นแตกต่างกันโดยไม้ size 3 เป็นไม้ละเอียดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าไม้ size 2 ทำให้การผสมกาวยกับไม้ทำได้ดีเนื่องจากไม้ละเอียดมีพื้นที่ผิวเล็กกว่า สัมผัสกับกาวยได้มากกว่า และยังสามารถถ่ายโอนและกระจายความเค้นภายใต้แรงกดได้ดีกว่า จึงทำให้ไม้ชนิดละเอียดมีการยึดติดที่ดีกว่าไม้ชนิดหยาบ โดยจะเห็นได้จากผลของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้ปริมาณกาวย 25% ไม้ size 3 ให้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงมากถึง 2067 MPa ซึ่งมีค่าสูงมากพอที่จะผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876 ที่กำหนดค่ามาตรฐานไว้ที่ 2000 และ 1800 MPa ตามลำดับ ส่วนในกรณีของปริมาณกาวย 15 และ 20% นั้นพบว่าไม้ชนิดละเอียดมีค่าความแข็งแรงดัดน้อยกว่าไม้ชนิดหยาบ อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการผสมระหว่างกาวยกับไม้ไม่สามารถทำได้ดีเท่าที่ควร เพราะปริมาณกาวยที่น้อยผสมกับไม้ที่มีความละเอียดมากนั้นทำได้ยากเมื่อทำการผสมจะเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนทำให้มีการกระจายของกาวยไม่ทั่วทั้งแผ่นส่งผลทำให้แผ่นพาร์ทิเคิลมีความแข็งแรงน้อยกว่าที่ควรจะเป็น



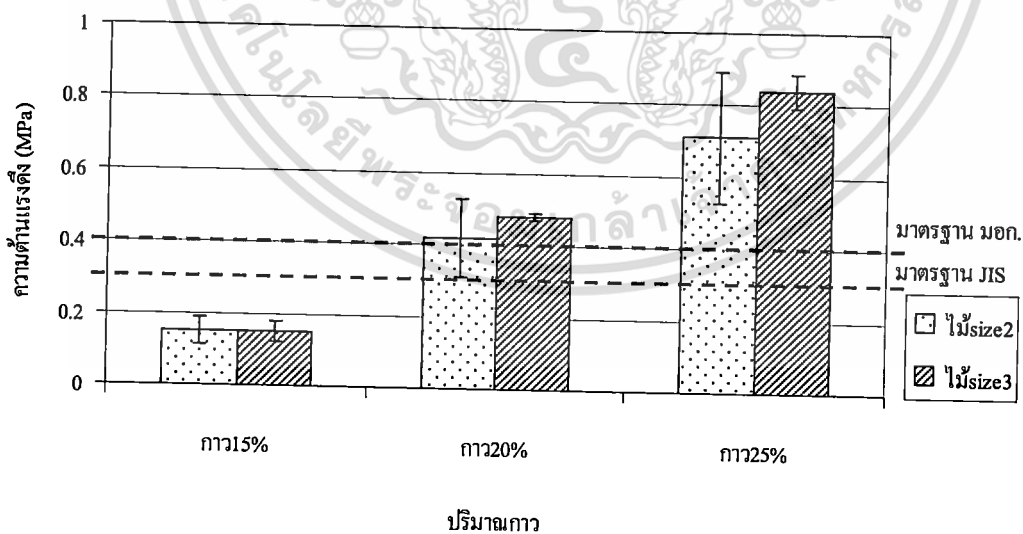
รูปที่ 3.19 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่นตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 48 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.20 แสดงถึงค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นพาร์ทิเคิลกับปริมาณกาวที่เพิ่มมากขึ้นคือ 15, 20 และ 25% ตามลำดับของกาวสูตร 5 ซึ่งพบว่าแผ่นพาร์ทิเคิลที่มีปริมาณกาวสูงสุดคือ 25% มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงสุดคือ 0.84 MPa เป็นเพราะปริมาณกาวซึ่งเป็นส่วนยึดติดนั้นเพิ่มมากขึ้น การยึดติดระหว่างกาวกับไม้มีจึงมากขึ้น ส่วนปริมาณกาว 20 และ 15% มีค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าลดลงตามลำดับ ซึ่งปริมาณกาว 20 และ 25% นั้นผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876 ทั้งหมด ยกเว้นปริมาณกาว 15% ที่ไม่ผ่านตามมาตรฐาน และในกรณีของการใช้ขนาดชิ้นไม้ที่แตกต่างกันนั้นส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าแตกต่างกันโดยไม้ size 3 เป็นไม้ละเอียดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าไม้ size 2 ทำให้ทำการผสมกาวกับไม้ทำได้ดี เนื่องจากไม้ละเอียดมีพื้นที่ผิวเล็กกว่า สัมผัสกับกาวได้มากกว่า รวมทั้งยังสามารถถ่ายโอนและกระจายความเค้นภายใต้แรงกดได้ดีกว่า จึงทำให้ไม้ชนิดละเอียดมีการยึดติดที่ดีกว่าไม้ชนิดหยาบ โดยจะเห็นได้ชัดจากผลของอันที่ปริมาณกาว 25% ไม้ size 3 นั้นมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงมากถึง 0.84 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876 ที่กำหนดค่ามาตรฐานไว้คือ 0.3 MPa และ 0.4 MPa ตามลำดับ

ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

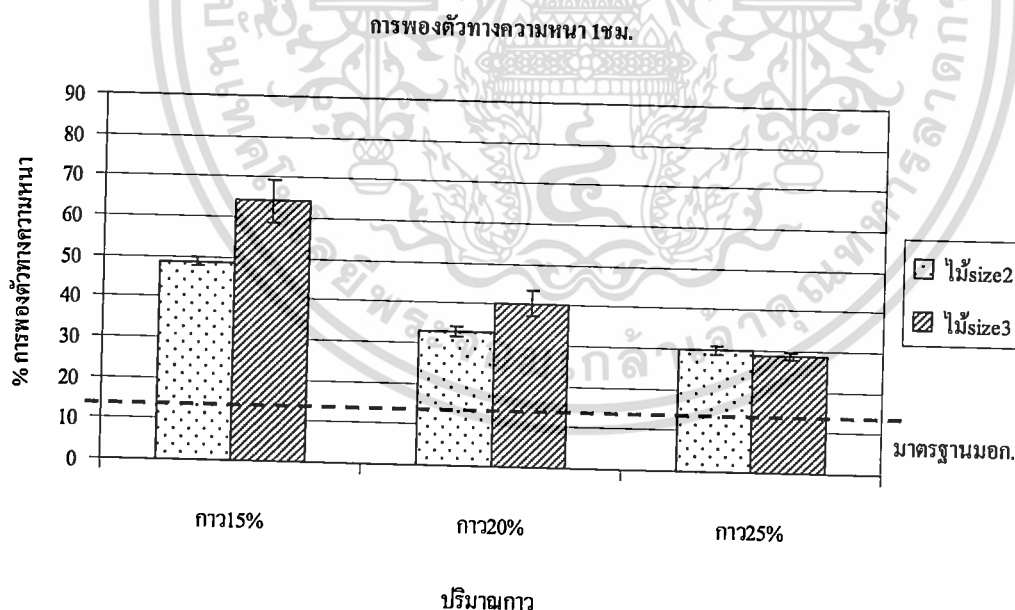


รูปที่ 3.20 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตามมาตรฐาน JIS A 5908 และมอก.876

**การพองตัวของความหนาที่เวลา 1 ชั่วโมงสำหรับมาตรฐานมอก.876 และ 24 ชั่วโมง สำหรับมาตรฐาน JIS A 5908**

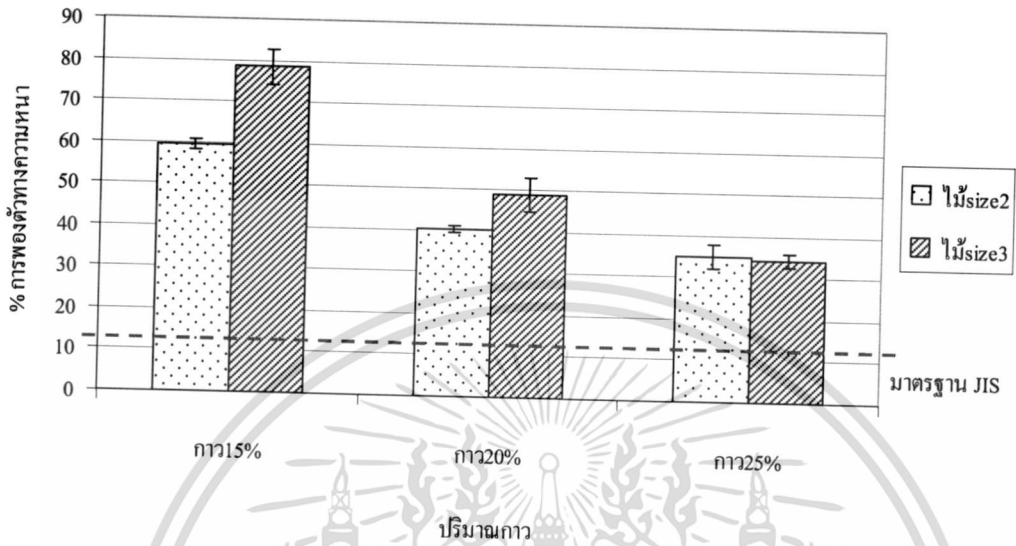
ในรูปที่ 3.21 และ 3.22 แสดงค่าการพองตัวของความหนาของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้กาวสูตรที่ 5 โดยใช้ขนาดไม้และปริมาณกาวที่ต่างกัน ที่เวลา 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง พบว่า ไม้ขนาดละเอียด (size 3) มีแนวโน้มที่ให้ค่า %การพองตัวของความหนาที่สูงกว่าไม้ขนาดหยาบ (size 2) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่ไม้ขนาดละเอียดมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำมากกว่า และไม้ละเอียดจะเกิดการดูดซับกาวไว้มากกว่าทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อน ไม่ค่อยกระจายตัวทำให้เนื้อกาวกระจายไม่ทั่วถึง และเมื่อเปลี่ยนปริมาณกาวเป็น 15% 20% และ 25% พบว่าค่า %การพองตัวของความหนามีค่าลดลง เมื่อปริมาณกาวเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการกระจายตัวของเนื้อกาวทั่วถึงไม่มากขึ้น ทำให้เกิดการยึดเกาะที่ลักษณะขึ้นรูปเป็นแผ่นพาร์ทิเคิล รวมทั้งผลจากการเพิ่มปริมาณกาวทำให้อัตราส่วนปริมาณ ไม้ลดลง ซึ่งไม้เป็นตัวที่ดูดซับน้ำได้ดี ดังนั้น %การพองตัวของความหนาจึงลดลง

โดยค่า %การพองตัวของความหนาของไม้ทั้งสองขนาดที่เวลา 1 ชั่วโมงอยู่ในช่วง 28-65% และที่เวลา 24 ชั่วโมง อยู่ในช่วง 34-78% ซึ่งยังไม่ผ่านตามมาตรฐานมอก.876 และ JIS A 5908 ซึ่งหากต้องการให้ผ่านตามมาตรฐานต้องมีการปรับปรุงพัฒนาสูตรกาวต่อไป



**รูปที่ 3.21 ผลการทดสอบการพองตัวของความหนาตามมาตรฐาน มอก.876 ที่เวลา 1 ชั่วโมง**

การพองตัวทางความหนา 24 ชม.



รูปที่ 3.22 ผลการทดสอบการพองตัวทางความหนาตามมาตรฐาน JIS A 5908 ที่เวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 51 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ทำการปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทั้ง เนื่องจากน้ำมันทั้งสามสามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์โดยตรงจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ไดอิน โดยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดอิลิโอสเตอริกซึ่งมีพันธะคู่ 3 พันธะอยู่ในรูปคอนจูเกต ทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงได้อย่างรวดเร็ว และมีความแข็งแรง โดยในการเตรียมกาวผสมสูตรมีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวริเริ่มปฏิกิริยา และสารลดแรงตึงผิว

เมื่อได้กาวผสมสูตรแล้วนำมาศึกษาผลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล โดยนำไปเทียบตามมาตรฐานมอก.876 และ JIS A 5908 ซึ่งได้ผลการทดลองโดยสรุปดังนี้

- ผลของปริมาณน้ำมันทั้งที่ต่างกันพบว่ากาวผสมสูตรที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 15% โดยน้ำหนักให้ผลต่อสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ดีกว่าการผสมสูตรที่มีปริมาณน้ำมันทั้ง 20 % โดยน้ำหนัก เนื่องจากกาวสูตรที่มีปริมาณน้ำมันทั้งน้อยกว่าสามารถผสมได้ดีกว่า โดยกาวในสูตรที่มีปริมาณน้ำมันทั้งมากจะเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำมันกับ PVA
- ผลของปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่ต่างกันในงานวิจัยนี้ ไม่ให้ผลต่อสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลที่แตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณสารลดแรงตึงผิวอาจจะไม่ได้มีปริมาณที่ต่างกันมากนัก และอาจจะยังไม่มากพอ
- ผลของเทคนิคการผสมกาวระหว่างใบพัดปั่นกวนกับ Homogenizer ในงานวิจัยนี้ ไม่ให้ผลที่แตกต่างกัน เนื่องจาก Homogenizer ที่ใช้มีขนาดหัวผสมที่ค่อนข้างเล็ก ทำให้ประสิทธิภาพในการผสมไม่ดีเท่าที่ควร
- ผลของการเพิ่มปริมาณกาวจากเดิมใช้ 15 % โดยน้ำหนักเทียบกับเนื้อไม้เป็น 15 % 20 % และ 25 % พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกาวมากขึ้นส่งผลให้สมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลดีขึ้น ได้แก่ ค่าความแข็งแรงดัดโค้ง ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายใน มอดูลัสยืดหยุ่น มีค่าสูงขึ้นและค่าการพองตัวตามความหนาต่ำลง
- ผลของ size ไม้ที่แตกต่างกันพบว่า ไม้ size 3 (ละเอียด) จะส่งผลให้สมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิลดีขึ้นเมื่อมีปริมาณกาวที่เหมาะสม และการผสมกาวมีการกระจายตัวที่ดีกับเนื้อไม้
- สูตรกาวที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือ กาวสูตร 5 ใช้ปริมาณกาว 25% เทียบกับน้ำหนักของเนื้อไม้ ขึ้นแผ่นพาร์ทิเคิลกับ ไม้ size 3 โดยให้ค่าสมบัติเชิงกลทุกค่าผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876 แต่ยังไม่สามารถผ่านมาตรฐานในเรื่องของค่าการพองตัวทางความหนา

## 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Pankul “การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด”. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [2] S.H. Imam, S.H. Gondon and L. Mao and L. Chen. “Environmentally friendly wood adhesive form a renewable plant polymer: characteristics and optimization”. *Polymer Degradation and Stability* 73 (2001) 529-533.
- [3] S. Tharhate and J. Ngamcharoenthavorn. “Water-resistant enhancement of Drying oil Modified Poly (vinyl alcohol)”. International programs, Faculty of science King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang.
- [4] N. Rattanaapiromyakit and P. Lakkanapornwisit. “Preparation and modification of wood-adhesive using PVOH and natural-drying oil”. International programs, Faculty of science King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang.
- [5] Gui-zhuan XU Ph D, Bai-liang ZHANG, Sheng-yong LIU and Jian-zhi YUE. “Study on Immobilized Lipase Catalyzed Transesterification Reaction of Tung Oil”. *Agricultural Sciences in China* 5 (2006) 859-864.
- [6] Suman Yadav, Fahmina Zafar, Abul Hasnat and Sharif Ahmad “Poly (urethane fatty amide) resin from linseed oil - A renewable resource”. *Organic Coatings* 64 (2009) 27-32.
- [7] Z.O. Oyman, W. Ming and R. van der Linde. “Oxidation of drying oils containing non-conjugated and conjugated double bonds catalyzed by a cobalt catalyst”. *Organic Coatings* 54 (2005) 198-204.
- [8] JIS Japanese industrial standard JIS A 5908
- [9] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิคราบ มอก. 876-2547