การใช้กาวฟีนอลผลิตแผ่นฝ้าเพดาน T-Bar จากต้นสบู่ดำ

The Phenol Resin Production of Ceiling T-Bar of Physic-nut

ผกามาศ ชูสิทธิ์
กิตติพงษ์ สุวีโร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเอาต้นสบู่ดำ ไปผลิตเป็นแผ่นฝ้าเพดาน ซึ่งเป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเห็นว่าน่าจะนำเอาพืชดังกล่าวไปผลิตเป็นแผ่นฝ้าเพดานภายในอาคารแล้วทดสอบตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)ได้แก่ การทดสอบหาค่าความชื้น ความหนาแน่น การดูดซึมและการพองตัวเมื่อแช่น้ำ หาค่าแรงยึดเหนี่ยวภายใน หรือแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัดและมอดูรัสยืดหยุ่น โดยทำการทดลองที่สัดส่วนระหว่างต้นสบู่ดำกับกาวฟีนอลไซยาเนต และอัตราส่วนระหว่างต้นสบู่ดำกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 90:10, 92:8, 95:5และ97:3 ผลการทดลองพบว่า ขนาดของสบู่ดำที่ใช้อัดขึ้นรูปเป็นแผ่นควรไม่เกิน 2 ซม. สัดส่วนที่เหมาะสมของกาวฟีนอลไซยาเนต ได้แก่ 92:8 (สัดส่วนระหว่างต้นสบู่ดำ 92%ผสมกับกาวฟีนอลไซยาเนต 8 %) และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ได้แก่ 90:10 (สัดส่วนระหว่างต้นสบู่ดำ 90%ผสมกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์10 %) อุณหภูมิที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 120 องศาเซลเซียส ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอัดแผ่นที่ใช้กาวฟีนอลไซยาเนตเท่ากับ 0.80 รัมก ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณความชื้นก่อนอัดเฉลี่ยอยู่ที่ 8.89% แรงอัดที่เหมาะสมอยู่ที่ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 150 ค่าความชื้นอยู่ที่ 7.65% ค่าความหนาแน่น อยู่ที่ 0.818 กรัมต่อลบ.ซม. การพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2ซม. อยู่ที่ 8.02% การดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม อยู่ที่ 14.23% แรงยึดเหนี่ยวภายในอยู่ที่ 0.56 MPa เมกกะปาสคาล ค่าความต้านทานแรงดัดอยู่ที่ 21.45 เมกกะปาสคาล(MPa) ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นอยู่ที่ 2116 เมกกะปาสคาล (MPa) การอัดแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เท่ากับ 0.82 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณความชื้นก่อนอัดเฉลี่ยอยู่ที่ 9.84% แรงอัดที่เหมาะสมอยู่ที่ 152 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ค่าความชื้นอยู่ที่ 8.63% ค่าความหนาแน่น อยู่ที่ 0.833 กรัมต่อลบ.ซม. การพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. อยู่ที่ 8.95% การดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม อยู่ที่ 14.36% แรงยึดเหนี่ยวภายในอยู่ที่ 1.39 MPa เมกกะปาสคาล ค่าความต้านทานแรงดัด อยู่ที่ 22.37 เมกกะปาสคาล (MPa) ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น 2117 เมกกะปาสคาล (MPa) ซึ่งผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (มอก. 876-2547) กล่าวโดยสรุปคือต้นสบู่ดำสามารถนำไปผลิตเป็นแผ่นฝ้าเพดานภายในอาคารได้

คำสำคัญ: ต้นสบู่ดำ แผ่นฝ้าเพดาน กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ กาวฟีนอลไซยาเนต

Abstract

This research aims to produce the T-BAR particleboard from Physic nuts for interior building, which are brought agricultural wastes to used for beneficial materials. Under the Thailand industrial standard (TIS-876-2547) specified the evaluated values such as desnsity, water content, water absorption, thickness swelling, bending strength, elastic modulus, and internal bonded. The experiment and evaluation processes between Physic nuts per Urea Formaldehyde ratio and Physic nuts per Phenol-cyanate based on 90:10, 92:8, 95:5 and 97:3 in consequence, that we found the thickness of particleboard not more than 2 cm. The suitable ratio for Phenol-cyanate 92:8 percentage (Physic nuts 92% with Phenol-cyanate 8%), and suitable ratio for Urea Formaldehyde 90:10 percentage (Physic nuts 90% with Urea Formaldehyde 10%) at 120 Celsius temperature on pressing process. The Phenol-cyanate glue ratio of 0.80 gram per cubic centimeter suited to produce the particleboards, averaged water content before pressing 8.89%, suitable pressure in process 150 pound per square inch, water content 7.65%, density 0.818 gram per cubic centimeter, water absorption 14.23% during 2 hours, thickness swelling 8.02% during 2 hours, internal bond 0.56 MPa, bending strength 21.45 MPa, modulus 2116 MPa.

The Urea Formaldehyde glue ratio of 0.82 gram per cubic centimeter suited to produce the particleboards, averaged water content before pressing 9.84%, suitable pressure in process 152 pound per square inch, water content 8.63%, density 0.833 gram per cubic centimeter, water absorption 14.36% during 2 hours, thickness swelling 8.95% during 2 hours, internal bond 1.39 MPa, bending strength 22.37 MPa, modulus 2117 MPa.

As the results shown that both of Urea Formaldehyde and Phenol-cyanate with Physic nuts passed the TIS 876-2547 standard. The Physic nuts can produce the particleboards for using inside building.

Keyword: Physic nuts, Particleboard, Urea Formaldehyde glue, Phenol-cyanate glue

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ชิณะวงศ์ รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน ที่ปรึกษางานวิจัยฉบับนี้และอาจารย์จรวย ธงไชย หัวหน้าฝ่ายพัฒนาเยื้อ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูชัย สุจิวรกุล หัวหน้าศูนย์การเรียนนอกพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่กรุณาอนุเคราะห์แนะนำสถานที่ในการทดลองและการทดสอบในการทำงานวิจัย อธิการบดีและผู้บริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 3
1.5 ขอบเขตการวิจัย 3
1.6 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา 3
1.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย 4
1.8 ผลการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ 5
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ 5
1.10 แนวทางในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 สภาพการผลิตวัสดุทดแทนไม้ในประเทศไทย 6
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับต้นสบู่ดำ 6
2.3 แผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ หรือปาร์ติเกิลบอร์ด 9
2.4 กาว 18
2.5 การยึดติดและระหว่างหน้า 19
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 27
3.1 กระบวนการดำเนินการวิจัย 27
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล 31
3.3 การวิเคราะห์ผลข้อมูล 32
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 32

บทที่ 4 ผลการวิจัย 34
4.1 ผลการทดสอบการขึ้นรูปแผ่นฝ้าเพดาน 34

4.2 ผลการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ 37
4.3 การหาความกว้าง ยาว โค้งงอของเส้นใย 60
4.4 การทดสอบสารพิษหลังการอัดแผ่นใย 62
4.5 การวิเคราะห์ต้นทุนใย 62

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 64
5.1 ผลการทดสอบการอัดแผ่นฝ้าเพดาน 64
5.2 ผลการทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ 65
5.3 การทดสอบสารพิษหลังการอัดแผ่น 67
5.4 การหาความยาวและโค้งงอของเส้นใย 67
5.5 การวิเคราะห์ต้นทุน 67
5.6 อภิปรายผล 67
5.7 ข้อเสนอแนะ 68

บรรณานุกรม 69

ภาคผนวก 71
ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 1999 (พ.ศ. 2557)
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.878-2532)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันวงการวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอยู่เสมอเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ซึ่งสืบเนื่องมาจากความเจริญทางด้านเทคโนโลยีนั่นเองจะเห็นได้ว่า ยิ่งเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้ามากเท่าใด ย่อมส่งผลก่อให้เกิดการทำลายธรรมชาติและแวดล้อม มากยิ่งขึ้นเท่านั้น ดังนั้นจึงมีคนพยายามที่จะใช้ทรัพยากรธรรมชาติมาก่อให้เกิดประโยชน์ โดยเฉพาะวัสดุ ที่เหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เศษไม้ วัชพืช หรือวัสดุเส้นใยจากพืชมาย่อยละเอียดแล้วอัดเป็นแผ่นเพื่อนำไปทำเฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์ประกอบโครงสร้างภายในอาคาร เช่นใช้ทำผนัง เพดาน หรืออื่น ๆ นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปทำเป็นอุตสาหกรรมทางด้านศิลปหัตถกรรมได้ในอีกทางหนึ่งด้วย กล่าวคือสามารถที่จะนำไปผลิตเป็นตลับใส่ของ ชามกรอบรูปและอื่นๆ อีกมากมายบางอุตสาหกรรม สามารถใช้เศษวัสดุมาทำเป็นแผ่นฝ้าเพดานโดยใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยไฮดรอลิก เช่นเดียวกับ การผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (วรธรรม และคณะ, 2545:186) หรืออัดด้วยไฮดรอลิก ธรรมดา เช่น แม่แรง หรืออัดด้วยมือ ฯลฯ โดยปัจจุบันมนุษย์มีความต้องการที่จะใช้ไม้แผ่นไปผลิตเป็นแผ่นเฟอร์นิเจอร์และอื่น ๆ ผมีจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยในปี พ.ศ. 2547 ที่ผ่านมาประเทศไทยต้องนำเข้าไม้จากต่างประเทศถึงปีละกว่า 5 หมื่นล้านบาท (องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2547)

พรพิมล และคณะ (2545:73) ได้ทำการคาดคะเน อัตราความต้องการแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ในปี พ.ศ. 2560 จะมีความต้องการแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด 1.93 ล้านลูกบาศก์เมตร จึงเห็นได้ว่า อัตราความต้องการยังมีสูงสวนทางกับวัตถุดิบที่สามารถใช้ได้ในปัจจุบัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแสวงหาแหล่งวัตถุดิบใหม่มาสนับสนุน และเสริมต่อให้เพียงพอต่อความต้องการในอนาคตและเพื่อเป็นการแก้ปัญหาลดการนำเข้าไม้จากต่างประเทศ นอกจากนี้ ประเทศไทยเองยังมีความต้องการใช้ไม้แผ่นเพื่อนำไปผลิตแผ่นเฟอร์นิเจอร์ หรือผลิตชิ้นส่วนประกอบอาคาร อาทิเช่น ผนัง ฝา และฝ้าเพดาน ฯลฯ ดังจะเห็นได้จากสถิติ การนำเข้าไม้ของไทยถึงปีละ 5 หมื่นล้านบาทเศษ (องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ พ.ศ. 2547)

อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดในปี พ.ศ 2554 ประเทศมีจำนวนผู้ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดหรือแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด รวม 12 ราย มีกำลังการผลิตรวมกันประมาณปีละ 2.7 ล้านลูกบาศก์เมตรโดยส่งออกต่างประเทศประมาณ 65เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือใช้ภายในประเทศประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ ,2556) โดยแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การคาดการณ์ความต้องการแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดภายในประเทศไทย

ปี พ.ศ.	หน่วย : ล้านลูกบาศก์เมตร
2535	0.35
2540	0.56
2545	0.83
2550	1.13
2555	1.49
2560	1.93

ที่มา : สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, 2556

สำหรับความต้องการแผ่นปาติเกิลภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ(ดังตารางที่ 1)จากปี พ. ศ. 2535 ความต้องการแผ่นปาร์ติเกิลอยู่ที่ 0.35 ล้านลูกบาศก์เมตรและเพิ่มขึ้นเป็น 0.56 ล้านลูกบาศก์เมตรในระยะเวลา 5 ปีซึ่งิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์และจากการคาดการณ์ของสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ 2560 ความต้องการแผ่นปาร์ติเกิลอาจสุง 1.93 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็น 71 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปี พ. ศ. 2550 ในช่วงระยะเวลาภายใน10 ปี จากตัวเลขคาดการณ์ความต้อการแผ่นปาร์ติเกิลชี้ให้เห็นว่าในอนาคตจำเป็นจะต้องหาวัตถุดิบให้มีปริมาณเพียงพอกับการผลิตเพื่อตอบสนองกับความต้องการของตลาดด้วย

ตารางที่ 2 สถิติการส่งออกแผ่นปาร์ติเกิลของไทยในช่วง ปี พ. ศ. 2554 ถึง 2557

ปี พ.ศ.	อัตราการขยายตัว : (เปอร์เซ็นต์)
2554	10.13
2555	0.19
2556	9.32
2557 (ม.ค. - มี.ค.)	46.91

ที่มา : สำนักปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2557

ตารางที่ 2 แสดงสถิติการส่งออกของแผ่นปาร์ติเกิลตั้งแต่ปี พ. ศ. 2554 ถึง พ. ศ.2557พบว่าแผ่นปาร์ติเกิลมีปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี เห็นได้จากอัตราการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นทุกปี ยกเว้นในปี พ. ศ. 2555 อัตราการขยายตัวการส่งออกนั้นลดลงจาก 10.03 เปอร์เซ็นต์เป็น 0.19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมาจากผลกระทบจากสถานการณ์อุทกภัย ทำให้ภาพรวมการส่งออกแผ่นปาร์ติเกิลตลอดปี พ.ศ.2555 มีอัตราการเติบโตชะลอตัวลงอย่างไรก็ตามในปีถัดไป พ. ศ. 2556 อัตราการขยายตัวของการส่งออกของแผ่นปาร์ติเกิลก็กลับมาเพิ่มสูลขึ้น 9.32 เปอร์เซ็นต์ และในปี พ.ศ. 2557 (ม.ค.-มี.ค.) อัตราการขยายตัวของการส่งออกแผ่นปาร์ติเกิลเพิ่มขึ้นถึง46.91 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันในปี พ.ศ. 2556 และยังมีการคาดการณ์อัตราการขยายตัวของการส่งออกจะขยายตัวเพิ่มขึ้นจนถึงสิ้นปี พ.ศ. 2557(สำนักปลัดกระทรวงพาณิชย์,2557)

ปัจจุบันมีเศษไม้ที่เหลือใช้จากงานอุตสาหกรรม และเศษวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรและอื่นๆอีกมากมาย เช่น ป่าน ปอ วัชพืช หญ้า ชานอ้อย หญ้าแฝก เป็นต้น ส่วนใหญ่มักจะนำไปทิ้งหรือเผาทำลาย ซึ่งเป็นที่น่าเสียดายจึงน่าที่จะนำไปพัฒนาให้เกิดประโยชน์ ซึ่งมีพืชชนิดหนึ่งที่น่าจะนำมาพัฒนาและเข้าสู่กระบวนการผลิตจนออกมาเป็นชิ้นงานได้ โดยนำไปทำเป็นฝ้าเพดาน ได้แก่ ต้นสูดำ โดยการใช้เทคโนโลยีอันได้แก่ เครื่องจักร เครื่องกล เข้ามาช่วยเพื่อทำให้ฝ้าเพดานมีความแข็งแรงทนทาน โดยใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยไฮดรอลิค เช่นเดียวกับการผลิต ปาร์ติเคิลบอร์ด (วรธรรม และคณะ,2545)

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อผลิตแผ่นฝ้าเพดาน T-Bar ที่ทำจากต้นสบู่ดำและเปรียบเทียบสมบัติระหว่างการใช้กาวฟีนอลไซยาเนตกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) ผู้วิจัยไม่ได้ทดสอบแรงดันทะลุของตะปูสืบเนื่องจากแผ่นฝ้าเพดานไม่ได้ใช้การตอกยึดด้วยตะปู การใช้งานเป็นเพียงการวางลงบนกรอบอลูมิเนียมฉากที่ติดตั้งบนเพดาน
2) การใช้งานเป็นเพียงการวางลงบนกรอบอลูมิเนียมฉากที่ติดตั้งบนเพดาน

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

การอัดขึ้นรูปร้อน หมายถึง กระบวนการขึ้นรูปวัสดุแผ่นประกอบ โดยใช้กาว เป็นตัวประสาน และอัดด้วยความร้อนโดยใช้ไฮดรอลิกส์ในการอัด

กาวฟินอลไซยาเนต หมายถึง อัตราส่วนผสมระหว่างกาวไอโซไซยาเนต 40% กับกาวฟินอล 60% ซึ่งเป็นสารอินทรีย์สังเคราะห์ สำหรับใช้เป็นตัวประสานเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกาะยึดระหว่างกาวกับต้นสบู่ดำ

กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ หมายถึงการเกาะตัวของยูเรียโมลและฟอร์มาลดีไฮด์โมล ความเข้มข้น 42-50%โดยน้ำหนัก และใช้กรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สำหรับใช้เป็นตัวประสานเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกาะยึดระหว่างกาวกับต้นสบู่ดำ

ต้นสบู่ดำ หมายถึง ต้นสบู่ดำ

แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ หมายถึง ลักษณะของวัสดุที่เป็นชิ้นไม้ที่ถูกสับย่อยให้มีขนาดต่างๆ แล้วยึดติดด้วยกรรมวิธีการอัดร้อน โดยใช้ไฮดรอลิกมีกาวเป็นส่วนประกอบสำหรับการเกาะยึดชิ้นไม้ให้เป็นแผ่น

มาตรฐานของแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) หมายถึง ค่าที่กำหนดคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติ ของแผ่นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบของแผ่น ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่กำหนดชั้นคุณภาพของแผ่น ได้แก่

คุณสมบัติทางกายสมบัติ ประกอบด้วย

1.	ค่าความหนาแน่น (Density)	0.40-0.90	กรัม/ลบ.ซม.
2.	ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)	4-13	%
3.	การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)	-	
4.	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)	12	%

คุณสมบัติทางกลสมบัติ ประกอบด้วย

5.	ความต้านแรงดัด (Bending Strength)	14	นิวตัน/ตร.มม. (MPa)
	มอดุลัสยืดหยุ่นต้องไม่ต่ำกว่า	1800	นิวตัน/ตร.มม. (MPa)
6.	แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)ต้องไม่ต่ำกว่า	0.4	นิวตัน/ตร.มม. (MPa)
	หรือความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า		

1 เมกกะปาสคาล (MPa) = 1 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร (N/mm^2)

1.5 ขอบเขตการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่มุ่งหวังผู้วิจัยได้พิจารณาขอบเขตดังนี้

15.1 แผ่นฝ้าเพดาน T- Bar ที่ทำจากส่วนโคนของต้นสบู่ดำใช้เฉพาะภายในอาคารเท่านั้น

1.5.2 ในการผลิต จะไม่มีการเคลือบผิวที่แผ่นวัสดุ

1.6 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1.6.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่ อัตราส่วนผสมระหว่างต้นสบู่ดำ กับกาวฟินอลไซยาเนต (กาวไอโซไซยาเนต 80 %ผสมกับกาวฟินอล 20%)โดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักวัสดุเมื่อแห้ง ใช้สูตร $D = \frac{M}{V}$ D คือ ความหนาแน่นในที่นี้ใช้ 0.80 กรัม/ลบ.ซม. (เนื่องจากเป็นค่าที่ผ่านการทดสอบพืชที่มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกันกับต้นสบู่ดำคือ หญ้าแฝก ฟางข้าว แกลบและอื่นๆจะใช่ค่าความหนาแน่นที่ 0.80-

0.85) M คือ มวลเป็นกรัม, V คือปริมาตรเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร ได้ค่า M แล้วนำไปเทียบสัดส่วนของวัสดุของกาว โดยคำนวณออกมาในรูปของค่าร้อยละ

1.6.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ คุณสมบัติทางกายสมบัติ และคุณสมบัติทางกล โดยผู้วิจัยคาดว่าน่าจะผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ มอก. 876 – 2547 ประกอบด้วย

1.6.2.1 **คุณสมบัติทางกายภาพ** หมายถึง ลักษณะตามธรรมชาติที่สามารถอธิบายได้โดยหลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ทราบคุณลักษณะของแผ่นทดสอบ

1.6.2.2 **คุณสมบัติทางกายสมบัติ** หมายถึง คุณลักษณะพื้นฐานที่ปรากฏคุณสมบัติและลักษณะเฉพาะของแผ่นทดสอบ ได้แก่

(1) ความหนาแน่น หมายถึง ปริมาตรของแผ่นฝ้าเพดานจากต้นสบู่ดำสามารถหาได้โดยการชั่งน้ำหนักหามวลของแผ่นแล้วหารด้วยขนาดความกว้าง x ความยาว x ความหนา ของแผ่น มีหน่วยเป็น กรัม/ลบ.ซม.

(2) ปริมาณความชื้นของแผ่น หมายถึง เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบของน้ำที่แทรกอยู่ภายในของแผ่นฝ้าเพดาน โดยวัดจากน้ำหนักของแผ่นทดสอบก่อนอบแห้งลบด้วยน้ำหนักของแผ่นทดสอบภายหลังการอบแห้ง

(3) การดูดซึมน้ำ หมายถึง ปฏิกิริยาการซึมซับน้ำของแผ่นสามารถหาได้โดยการชั่งน้ำหนักแผ่นทดสอบก่อนการแช่น้ำลบน้ำหนักแผ่นทดสอบหลังการแช่น้ำ คิดค่าเป็นเปอร์เซ็นต์

(4) การพองตัวเมื่อแช่น้ำ หมายถึง การขยายตัวของแผ่นทดสอบภายหลังจากการเกิดปฏิกิริยาการซึมซับน้ำของแผ่นทดสอบเมื่อแช่น้ำสามารถหาได้โดยการวัดความหนาแผ่นทดสอบก่อนการแช่น้ำลบความหนาแผ่นทดสอบหลังการแช่น้ำคิดค่าเป็นเปอร์เซ็นต์

1.6.2.3 **คุณสมบัติทางกลสมบัติ** หมายถึง คุณลักษณะของแผ่นทดสอบที่สามารถนำไปใช้งานโดยการทดสอบและอธิบายผลทางด้านฟิสิกส์

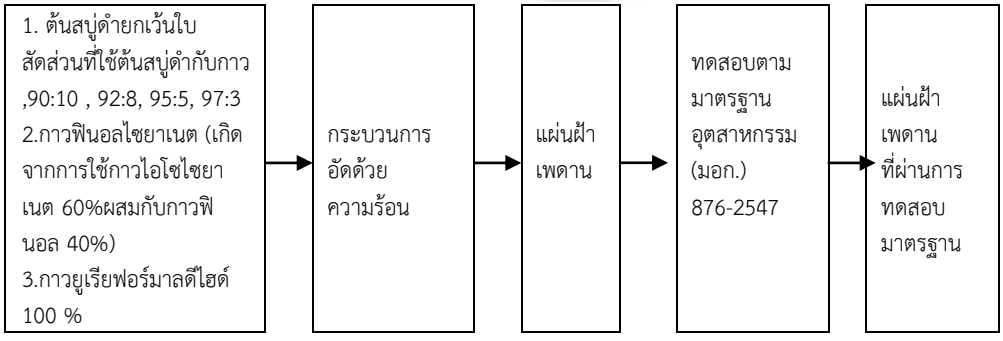
(1) ความต้านแรงดัด หมายถึง ค่าที่ยอมรับภาระแรงกระทำจากการกดของแผ่นทดสอบโดยเครื่องกดทดสอบ จนกระทั้งเกิดการเสียหายของแผ่น มีหน่วยเป็น นิวตัน/ตร.มม.

(2) แรงยึดเหนี่ยวภายใน หมายถึง ค่าที่ได้จากแรงดึงจากความยึดเหนี่ยว ซึ่งกันของแผ่นทดสอบต่อแท่งไม้ที่ยึดติดกับพันธะภายในของแผ่นทดสอบด้วยกาวยูเรีย-ฮาร์ดดินเนอร์ มีหน่วยเป็นนิวตัน/ตร.มม.

1.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการทดลองผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนของการทดลองตามลำดับดังนี้

แผนภาพที่ 1. 1 กระบวนการทดลองการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน T-bar



1.8 ผลการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

แผ่นฝ้าเพดานที่ทำจากต้นสบู่ดำสามารถนำไปใช้ประกอบอาคารได้

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1.9.1 ได้ทราบถึงข้อดีและข้อเสีย ของแผ่นฝ้าเพดาน T-BAR ที่ทำจากต้นของสบู่ดำ เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อพัฒนาให้ดีขึ้น

1.9.2 ได้ทราบถึงแนวทางการนำแผ่นไม้ที่ทำจากต้นของสบู่ดำ ไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นนอกเหนือจากการนำไปทำฝ้าเพดาน T-BAR

1.9.3 ได้ทราบถึงข้อจำกัดของแผ่นไม้ก่อนการนำไปใช้ งานทำฝ้าเพดาน

1.10 แนวทางในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

โครงการวิจัยเรื่องการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน T-Bar ทำจากต้นของสบู่ดำ สามารถนำมาประกอบธุรกิจเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อม กลางและขนาดใหญ่ได้และเป็นแนวทางในการแปรรูปต้นสบู่ดำไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างอื่นได้

สรุป

ต้นสบู่ดำสามารถนำไปผลิตแผ่นฝ้าเพดานได้และผ่านเกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐาน มาตรฐานของแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน T-Bar ทำจากต้นของสบู่ดำผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้ลำดับเนื้อหาที่เป็นสาระสำคัญ ดังนี้

2.1 สภาพการผลิตวัสดุทดแทนไม้ในประเทศไทย

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับต้นสบู่ดำ

2.3 แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบหรือปาร์ติเกิลบอร์ด (Particle board)

2.4 กาว (Glue)

2.5 การติดยึดและระหว่างหน้า (Adhesion and Interface)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สภาพการผลิตวัสดุทดแทนไม้ในประเทศไทย

วรรณี สหสมโชค (2547:67) กล่าวว่า ไม้วิทยาศาสตร์หรือวัสดุทดแทนไม้เป็นไม้ที่ผลิตขึ้นมาทดแทนไม้ธรรมชาติซึ่งมีราคาแพงและหายาก ประกอบกับการขาดแคลนวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ต้องมีการใช้ไม้เป็นวัตถุดิบ เช่น อุตสาหกรรมกรอบรูป อุตสาหกรรมก่อสร้างและตกแต่งเป็นต้น ไม้วิทยาศาสตร์หรือวัสดุทดแทนไม้เป็นไม้ที่สามารถผลิตได้โดยการนำท่อนไม้ กิ่ง ไม้ เศษไม้ เยื่อ ไม้ มาเป็นวัตถุดิบเพื่อการผลิตซึ่งให้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าและราคาที่ถูกกว่าการใช้ไม้จริง เศษวัสดุเหลือทิ้งการเกษตร หมายถึงส่วนของพืชที่เหลือทิ้งภายหลังการเก็บเกี่ยว และการแปรรูป เศษวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ได้แก่ แกลบ ฟางข้าว ซังข้าวโพด ต้นสบู่ดำ ซังข้าว ชานอ้อย เป็นต้น พบว่าผลผลิตทางการเกษตรแต่ละชนิดมีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในปี 2539-2540 มีเศษวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก สำหรับการนเทคโนโลยีการผลิตไม้วิทยาศาสตร์หรือวัสดุทดแทนไม้มาใช้กับงานออกแบบผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันมีความสำคัญต่อระบบอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ เนื่องจากวัสดุไม้จริงที่นำมาใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์นั้นหายากและราคาแพงทำให้ส่งผลกระทบถึงผู้บริโภคที่จะต้องซื้อในราคาแพง จึงมีการนำวัสดุทดแทนไม้หรือวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้งานกระบวนการผลิตกันอย่างแพร่หลาย

จากสภาพดังกล่าวมานั้นพบว่าการนำเศษเหลือทิ้งต่าง ๆ เช่น กิ่ง ก้านของต้นสบู่ดำ และใบ ที่ไม่ได้นำมาใช้งานและไม่มีคุณค่ามาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นวัสดุทดแทนไม้ในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ และนำกระบวนการออกแบบแผ่นฝ้าตกแต่งบ้านพักที่อยู่อาศัยนั้นถือว่ามีความเหมาะสมในการนำมาผลิตเนื่องจากวัตถุดิบที่ไม่มีคุณค่าให้สามารถนำกลับมาพัฒนาให้มีคุณค่า มีราคา

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับต้นสบู่ดำ

2.2.1 ประวัติความเป็นมา

สบู่ดำ (**Physic nut**) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Jatropha curcas Linn. เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ไม้ยางพารา Euphorbiaceae เช่นเดียวกับสบู่แดง มันสำปะหลัง ผักหวานบ้าน ละหุ่ง สบู่ดำเป็นพืชพื้นเมืองของอเมริกาใต้ ชาวโปรตุเกสนำเข้ามาในช่วงปลายสมัยกรุศรีอยุธยา เพื่อรับซื้อเมล็ดไปคั้นบีบเอาน้ำมันสำหรับทำสบู่ เพราะมีฟองอันเป็นลักษณะพิเศษ ลักษณะของต้นสบู่ดำ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูงประมาณ 2-7 เมตร อายุยืนไม่น้อยกว่า 20 ปี ลำต้นและยอดคล้ายละหุ่ง แต่หยักตื้นกว่า มี 4 แฉก สบู่ดำออกดอกเป็นช่อกระจุกที่ข้อส่วนปลายของยอด ขนาดดอกเล็กสีเหลือง มีกลิ่นหอมอ่อนๆ มีดอกตัวผู้จำนวนมากกว่าดอกตัวเมีย อัตราส่วน7 :1 อยู่บนต้นเดียวกัน เมื่อติดผลมีสีเขียวอ่อน เกลี้ยงเกลาเป็นช่อพวงมีหลายผล ประมาณ 8-15 ผล เวลาสุกแก่จัดมีสีเหลืองคล้ายลูกจันทร์ ตั้งแต่วันออกดอกจะติดผลแก่ ใช้

เวลาประมาณ 60-90 วัน ผลหนึ่งมี 2-4 พู ส่วนมากมี 3 พู 2 และ 4 พูพบน้อย โดยแต่ละพูจะห่อหุ้มเมล็ดสีดำ ซึ่งเป็นส่วนที่ประกอบด้วยเปลือกสีดำและเนื้อในสีขาว ซึ่งเป็นส่วนที่นำมาหีบน้ำมัน

สบู่ดำเป็นชื่อที่เรียกในท้องถิ่นภาคกลาง ทั้งนี้เนื่องจากมีฟองใช้ทำสบู่และเปลือกเมล็ดมีสีดำ ภาคเหนือเรียกว่ามะหุ่งฮั้ว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า มะเยาหรือสีหลอด ภาคใต้เรียก มะเคาะหรือหงส์เทศ เนื่องจากต้น ใบ ผลและเมล็ดมีสารพิษ(ไฮโดรไซยานิค) เหมือนกับมันสำปะหลัง มีกลิ่นเหม็นเขียว สัตว์เลี้ยงอันได้แก่โค กระบือ ม้า แพะ แกะ ไก่ ไม่อยากเข้าใกล้และกัดกินต้นสบู่ดำ ชาวบ้านจึงนิยมปลูกเป็นรั้วบ้าน ป้องกันสัตว์ดังกล่าวเข้าไปรบกวนพืชผลที่ที่ปลูกไว้ นอกจากนี้เมล็ดสบู่ดำ ยังมีสารพิษ(เคอร์ซิน) หากบริโภคเข้าไปแล้วจะทำให้ท้องเดินเหมือนสลอด

ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ประเทศไทยขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับใช้กับรถยนต์ เรือยนต์ และจุดตะเกียงให้แสงสว่างในเวลากลางคืน ชาวบ้านในชนบทต่างๆจึงแก้ปัญหาด้วยการนำเอาเมล็ดสบู่ดำมาตำให้ละเอียด ใส่กระบอกไม้ไผ่ มีเส้นด้ายดิบเป็นไส้ใช้จุดแทนได้เป็นอย่างดี หรือบางคนก็นำกากจากเมล็ดสบู่ดำที่บีบอัดน้ำมันออกแล้วมาใส่กระบอกไม้ไผ่ จุดไฟให้แสงสว่างได้เป็นอย่างดีเช่นกัน หรือทำเทียนพรรษาถวายวัดต่างๆ บางคนนำเนื้อในขาวมาเสียบด้วยไม้ไผ่ เหลาให้เรียวยาว 1 คืบ ใช้จุดแทนเทียนไข

นอกจากนี้ ยังมีการนำเอาสบู่ดำมาเป็นสมุนไพรกลางบ้านอีกด้วย โดยใช้ยางจากก้านใบ ป้ายรักษาโรคปากนกกระจอก ห้ามเลือดและแก้ปวดฟันได้ด้วย รวมทั้งผสมน้ำนมมารดากวาอป้ายลิ้นเด็กที่เป็นฝ้าขาวหรือคอเป็นตุ่ม และใช้ส่วนของลำต้นมาตัดเป็นท่อนๆต้ม ให้เด็กกินแก้โรคซางหรือตานขโมย หรือแช่น้ำอาบแก้โรคพุพอง ตลอดจนใช้น้ำมันสบู่ดำใส่ผมเพื่อบำรุงรากผม(สมบัติ, 2549 : 1-3)

2.2.2 เมื่อต้นสบู่ดำมีอายุ 3 ปีขึ้นไปจะมีความสูงราว 3 เมตร

รูปที่ 2.1 เมื่อต้นสบู่ดำมีอายุ 3 ปี

2.2.3 ลักษณะของใบจะเป็นแฉกๆ

รูปที่ 2.2 ลักษณะของใบต้นสบู่ดำ

2.2.4 ลักษณะดอกของต้นสบู่ดำ

เมื่อสบู่ดำอายุ 2 เดือน จะเริ่มออกดอก ช่อดอกในหนึ่งต้นมีประมาณ 15-20 ช่อดอก 1 ช่อดอกจะมีดอกย่อยประมาณ 7-120 ดอก แต่ละช่อจะติดผลเพียง 8-15 ผล เนื่องจากมีอัตราดอกตัวผู้มากกว่าดอกตัวเมียถึง 7:1 สบู่ดำจะทยอยออกดอกตลอดปีหากมีการจัดการน้ำและปุ๋ยที่ดี (สมบัติ, 2549 :15-16)

รูปที่ 2.3 ลักษณะดอกของต้นสบู่ดำ

2.2.5 ลักษณะผลของสบู่ดำ

หลังจากสบู่ดำออกดอก จะมีระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกจนถึงติดผลสีเขียวเข้มใช้เวลาประมาณ 6 สัปดาห์ และจากผลสีเขียวจนถึงผลสีเหลือง สามารถเก็บเกี่ยวได้ใช้เวลา 2 สัปดาห์ รวมเป็นเวลาทั้งหมดประมาณ 8 สัปดาห์ หรือประมาณ 2 เดือน(สมบัติ, 2549 :15-16)

รูปที่ 2.4 ลักษณะผลของต้นสบู่ดำ

2.2.6 การเก็บเกี่ยวผลของสบู่ดำ

การเก็บสบู่ดำสบู่ดำเริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุประมาณ 4 เดือน เนื่องจากสบู่ดำออกดอกไม่พร้อกันและทยอย ออกดอกตลอดปี จึงสุกแก่ และเก็บเกี่ยวไม่พร้อมกัน จึงต้องเลือกเก็บเฉพาะผลที่มีสีเหลืองและผล ที่แก่สีน้ำตาล (สมบัติ, 2549:17)

รูปที่ 2.5 การเก็บเกี่ยวผลของสบู่ดำ

2.2.7 ผลสบู่ดำ

(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 2.6 ผลของสบู่ดำ (ก)(ข)(ค)

(ก) ผลสบู่ดำ 1 กิโลกรัมผลสด มีประมาณ 90 ผล 1 ผลสด หนักประมาณ 11.37 กรัม
(ข) ผลสบู่ดำ 1 ผล มี 2-4 เมล็ด ส่วนมากมี 3 เมล็ด
(ค) ผลสดของสบู่ดำ 1 กิโลกรัม เมื่อกะเทาะเปลือกออกแล้ว ได้เมล็ดสบู่ดำประมาณ 260-270 เมล็ด โดยสบู่ดำ 1.เมล็ด หนักประมาณ 1.1 กรัม

เมล็ดสบู่ดำ 1 กิโลกรัม มีจำนวนเมล็ดประมาณ 200 เมล็ด(สมบัติ, 2549 :18) นำไปหีบเป็นน้ำมัน โดยใช้เมล็ดประมาณ 4 กิโลกรัมเมื่อแห้ง กรองให้สะอาด จะได้น้ำมันสบู่ดำ 1 ลิตร ซึ่งสามารถ ใช้แทนน้ำมันดีเซลที่ใช้กับเครื่องยนต์ รอบต่ำ เช่น เครื่องสูบน้ำ รถอีแต๋น ฯลฯ

รูปที่ 2.7 น้ำมันสบู่ดำ

นอกจากนั้น อาจนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นมากมายได้ เช่น
- อุตสาหกรรมยา และเครื่องสำอาง
- พัฒนาคุณภาพน้ำมันที่มีคุณภาพสูง
- อุตสาหกรรมน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่นและอื่นๆ

(สมบัติ, 2549 :35-36)

2.3 แผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ หรือปาร์ติเกิลบอร์ด (Particle board)

2.3.1 การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นการผลิตเพื่อใช้งานภายในอาคารเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีสภาวะอากาศไม่รุนแรง ในวงการอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ อุตสาหกรรมก่อสร้างและตกแต่งภายใน มักใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ซึ่งในปัจจุบันกาวดังกล่าวในหลายๆประเทศมักต่อต้านไม่ให้โรงงานอุตสาหกรรมใช้กาวชนิดนี้ สืบเนื่องมาจากการคลายสารพิษออกมาหลังจากการผ่านกระบวนการอัดร้อน มีผลต่อสุขภาพของผู้ใช้

แผ่นชิ้นไม้อัด หรือแผ่นปาร์ติเกิล แบ่งออกได้หลายชนิด และถูกเรียกแตกต่างกันออกไป ตามลักษณะชนิดที่แบ่งนั้น ๆ ซึ่งสามารถสรุปหลักเกณฑ์การแบ่งชนิดของแผ่นปาร์ติเกิล โดยทั่วไปดังนี้

2.3.2 ลักษณะของชิ้นไม้ที่ใช้ในการผลิต ชิ้นไม้ที่นำมาผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด มีลักษณะต่าง ๆ กัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย เช่น ชิปหรือชิ้นไม้สับ (chips) เกล็ด (flake) เกล็ดใหญ่ (wafer) แถบ (strand) ขี้กบ (planer shaving) แท่ง (splinter or sliver) ฝอยไม้ (wood wool or excelsior) เป็นต้น แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตจากชิ้นไม้ลักษณะใดลักษณะหนึ่งมักจะถูกเรียกเป็นแผ่นชิ้นไม้ลักษณะนั้น ๆ เช่น chipboard, flake board, wafer board, strand board, and shaving board เป็นต้น

2.3.3 ลักษณะความหนาแน่นของแผ่น เป็นหลักเกณฑ์ที่ยึดถือเพื่อใช้จำแนกชนิดของแผ่นปาร์ติเกิลในทางราชการ โดยกรมป่าไม้

2.3.4 ลักษณะโครงสร้างของแผ่น เป็นการแบ่งตามการกระจายตัวของขนาดชิ้นไม้ทางด้านความหนา มีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่

ก. แผ่นปาร์ติเกิลชั้นเดียว (Single Layer of Homogeneous Particleboard)

ข. แผ่นปาร์ติเกิล 3 ชั้น (Three Layers Particleboard) หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลที่แบ่งตามลักษณะของชิ้นไม้ออกเป็น 3 ชั้น ตลอดความหนาของแผ่น ในแต่ละชั้นประกอบด้วยชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาด ตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกัน ปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบางเป็นชั้นผิวหน้าและหลัง ส่วนชั้นไส้ ใช้ชิ้นไม้หยาบและใหญ่กว่า ไม้ที่ใช้ทำชั้นไส้อาจเป็นชนิดที่ต่างกับที่ใช้ทำชั้นผิวหน้าและหลังก็ได้ ปริมาณกาวที่ใช้ผสมในชั้นผิวทั้ง 2 หน้า มักมีมากกว่าในชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน มีผิวแข็งและแน่นขึ้น

ค. แผ่นปาร์ติเกิลขนาดลดหลั่น (Graduated Particleboard) หมายถึง แผ่นปาร์ติเกิลที่ทำจากชั้นไม้ที่มีขนาดและลักษณะต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่นประกอบด้วยชิ้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่า อยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนาจนแนวกลางแผ่น ชิ้นไม้จะมีขนาดลดหล่นเล็กไปหาผิวทั้งสองด้าน โดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

2.3.5 ลักษณะของวัตถุดิบไม้

วัตถุดิบสำคัญในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด คือ ไม้ หรือเศษวัสดุที่ให้เส้นใยประเภทต่าง ๆ ประกอบด้วย

ก. ไม้ (Wood) วัสดุไม้ที่ใช้สำหรับการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด แบ่งออกได้ 5 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

1) เศษไม้ขนาดใหญ่ ที่เหลือจากอุตสาหกรรม (Coarse Industrial Residues) เช่น ปีกไม้ (slabs) ขอบไม้ (edgings) เศษไม้ที่ตัดทิ้งจากโรงเลื่อย (off-cuts from sawmills) ไส้ไม้ที่เหลือจากการปอก (peeler cores) และส่วนเสียที่ถูกคัดทิ้งออกจากการผลิตไม้บาง1) ผลิตผลป่าไม้ที่ยังไม่ได้แปรรูป (Unprocessed Forest Products) เช่น ไม้ขนาดเล็กที่ได้จาก การตัดสางขยายระยะ

2) เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้ ขอบไม้ หรือเศษไม้ระแนง เป็นต้น และส่วนอื่น ๆ ถูกตัดทิ้ง

3) ชิบไม้หรือชิ้นไม้สับ (Wood Chips) จากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดชิ้นไม้

4) เศษเหลือขนาดเล็กจากอุตสาหกรรม (Fine Industrial Residues) โดยเฉพาะ ขี้กบ (planer mill shavings) และขี้เลื่อย (sawdust)

เห็นได้ว่าวัสดุไม้เกือบทุกชนิด ที่มีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันตั้งแต่ ไม้ซุง จนถึงขี้เลื่อย สามารถนำมาผลิต เป็นแผ่นปาร์ติเกิลได้ แม้แต่ไม้เก่าจากการทำลัง และการรื้อถอนจากบ้านเก่า ก็ยังมีความพยายามนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลใหม่ได้อีก เช่น ในประเทศญี่ปุ่น สาเหตุจากความหลากหลายในวัสดุไม้ที่

นำมาใช้ผลิตเป็นชิ้นไม้นั้นทำให้รูปร่างลักษณะของชิ้นไม้ที่ผลิตได้จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับวัสดุไม้เริ่มต้น แต่บางชนิด เช่น ขี้กบ และเศษไม้บางเล็ก ๆ สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิล ได้เลยโดยตรง ชนิดของชิ้นไม้และค่าใช้จ่ายในการทำชิ้นไม้ให้ได้ลักษณะตามต้องการ นับเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญปัจจัยหนึ่งต่อต้นทุนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล นอกจากนี้หากคำนึงคุณภาพของแผ่นที่ผลิตได้ การใช้ชิ้นไม้แต่ละชนิด รูปทรงของชิ้นไม้และการผสมชิ้นไม้หลาย ๆ ขนาด หรือหลายชนิดเข้าด้วยกันเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมากต่อคุณภาพของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ข. รูปร่างและขนาดของชิ้นไม้ (Particle Geometry) หรือชนิดของชิ้นไม้ (Particle Type) เป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานสำคัญในการพิจารณาถึงคุณสมบัติและคุณลักษณะของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ตามด้วยปัจจัยทางด้านชนิดของไม้ (Wood-Species) ชนิดและปริมาณของตัวประสาน (Type and Amount of Binder) สารเติมแต่งอื่น ๆ (Other Additives) และโครงสร้างของแผ่น (Board-Structure) ซึ่งโครงสร้างของแผ่นขึ้นอยู่กับการเตรียมแผ่น (Mat Forming) การเรียงชั้น (Layering) และสภาวะในการอัด (Pressing-Conditions)

แผ่นปาร์ติเกิลส่วนใหญ่จะมีเนื้อไม้แห้งอยู่ประมาณ 90-95% (วรธรรม, 2541:22-23) และโดยทฤษฎีแล้วรูปร่างของชิ้นไม้โดยทั่ว ๆ ไป สามารถนำมาใช้ผลิตได้ แต่ให้ค่าคุณสมบัติของแผ่นแตกต่างกันไป การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลให้ได้คุณสมบัติทางกายสมบัติ และกลสมบัติตามต้องการ กระทำได้โดยการใช้ขนาดหรือรูปร่างของชิ้นไม้ต่าง ๆ กัน ในการผลิตชั้นไส้และชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเกิลยกตัวอย่างเช่น การใช้ชิ้นไม้ที่ยาวบนชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเกิลสามารถเพิ่มความแข็งแรงแรงดัดมากขึ้นแต่ผิวแผ่นปาร์ติเกิลจะหยาบ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการตกแต่งผิว และในทำนองเดียวกันหากต้องการคุณลักษณะในการตกแต่งผิวมากกว่าความแข็งแรงในการดัดแล้ว ก็จำเป็นต้องใช้ชิ้นไม้ที่เล็กลงในชั้นผิวหน้า เพื่อให้ผิวเรียบขึ้น สรุปได้ว่าขนาดชิ้นไม้และรูปร่างชิ้นไม้ตลอดจนการกระจายตัวของชิ้นไม้ในแต่ละขนาดความหนาของแผ่น

ชิ้นไม้ที่ผลิตจากไม้หลาย ๆ ชนิด ทั้งไม้ใบกว้างและไม้ใบแคบสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลได้แต่ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ได้ควรสูงกว่าความหนาแน่นของไม้ที่นำมาผลิต เพราะจะทำให้การใช้กาวมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากทำให้กาวที่ใช้เชื่อมยึดติดกันระหว่างชิ้นไม้ในแผ่นปาร์ติเกิล มีแรงยึดดีขึ้นและช่วยลดช่องว่างภายในแผ่นปาร์ติเกิลให้น้อยลง หากอัดชิ้นไม้เป็นแผ่นปาร์ติเกิลแล้วได้ความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของไม้ การสัมผัสกันระหว่างชิ้นไม้ที่ผสมกาวแล้วน้อยลง มีช่องว่างในแผ่นมาก จะส่งผลกระทบทางลบต่อคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิล

ค. การแยกสิ่งเจือปน ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด จำเป็นต้องแยกสิ่งเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลออกให้เหลือน้อยที่สุด เช่น ปริมาณน้ำตาล และส่วนไส้หรือเนื้อเยื่อทางเดินอาหารของวัสดุ ซึ่งเป็นบริเวณเส้นใยผนังบางและสั้น ตลอดจนสารขี้ผึ้งที่เคลือบอยู่ตามผิวอันเป็นลักษณะประจำของวัสดุเหล่านี้ ซึ่งมักจะเป็นอุปสรรคต่อการติดกาวประเภทที่ใช้น้ำเป็นสารละลายทั่วไป (วรธรรม, 2541:25-26)

2.3.6 ลักษณะการใช้ประโยชน์ การเรียกชื่อจะถูกเรียกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ ได้แก่

ก. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ชนิดเพื่อการใช้งานภายนอกอาคาร (Exterior Particleboard) ผลิตเพื่อใช้งานในที่ ๆ มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมสูง ทนแดด ฝนได้ดี ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ กาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ และกาว PMDI เป็นตัวประสานชิ้นไม้

ข. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ชนิดเพื่อการใช้งานภายในอาคาร (Interior Particleboard) เป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ที่มีการผลิตเป็นส่วนใหญ่ใช้กาวยูเรีย และยูเรีย-เมลามีนฟอร์มับดีไฮด์ เป็นตัวประสานชิ้น

ไม้ ใช้งานในที่ ๆ มีความคงทนต่อสภาะแวดล้อมปานกลาง เช่น ใช้เป็นฝ้าเพดานผนังห้อง หรือชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์

ค. แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ชนิดสำหรับใช้ปูรองพื้น (Particleboard Floor Underlayment) หรือ ใช้สำหรับทำชั้นดาดฟ้าของบ้านเคลื่อนที่ (Mobil Home Decking) เป็นผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมและขัดกระดาษทรายให้ได้ความหนาสม่ำเสมอกัน เพื่อให้สามารถใช้วัตถุอื่น ปูพื้นได้ระดับและเรียบสม่ำเสมอกัน

ฉ. แบ่งตามลักษณะปรากฏ ของแผ่นปาร์ติเกิลที่ผู้ใช้ต้องการนำไปบริโภคต่อ ซึ่งสะดวกเรียกได้แก่ แผ่นปาร์ติเกิลเปลือยผิว แผ่นปาร์ติเกิลปิดผิว หรือ แผ่นปาร์ติเกิลเคลือบผิว เป็นต้น (วรธรรม อุ่นจิตติชัย, 2541 : 18-21)

ง. แบ่งตามชื่อทางการค้า ซึ่งโรงงานผู้ผลิตตั้งขึ้นเพื่อการจัดจำหน่ายที่ไม่ซ้ำกัน ป้องกันผู้บริโภคเกิดความสับสน เช่น บริษัท U.S.Plywood Corporation ในแคลิฟอร์เนียตั้งชื่อผลิตภัณฑ์ตนเองว่า โนโวพลาย (Novoply) บริษัท Tenex Plant ที่ไอดาโฮ ก็ตั้งชื่อว่า ทีแน็กซ์ (Tenex) เป็นต้น จ . แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ชนิดสำหรับเก็บเสียง (Acoustical Particleboard) เป็นแผ่นปาร์ติเกิล ที่ใช้กรุผนังหรือเพดาน เพื่อลดการสะท้อนเสียงในห้องลง โดยทำการปรุรู หรือเซาะร่องเป็นแบบต่าง ๆ เช่น Acousticboard เป็นต้น

ฉ. ชิ้นไม้ (Particles) ที่นำมาใช้ผลิตนั้น จะมีลักษณะต่าง ๆ กัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1) ชิป (Chips) หรือชิ้นไม้สับ หมายถึง ชิ้นไม้ขนาดสม่ำเสมอกันซึ่งได้จากการตัดหรือผ่าด้วยอาการคล้ายสับด้วยขวาน ในเครื่องตัดชิ้นไม้ที่เรียกว่า ชิปเปอร์ (Chipper) คล้ายกันกับของอุตสาหกรรมกระดาษหรือผลิตโดยเครื่องย่อยชิ้นไม้อย่างหยาบที่เรียกว่า Hog หรือผลิตโดยเครื่อง Hammer mills เป็นต้น

2) เกล็ด (Flake) หมายถึง ชิ้นไม้ที่ผลิตขึ้นเป็นพิเศษ มีลักษณะบางเรียบมีทิศทางของเสี้ยนไม้ขนาดกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดในทิศทางขวางเสี้ยน ซึ่งอาจเป็นด้านรัศมี ด้านสัมผัส หรือทำมุมกันระหว่างด้านทั้งสอง (Radially Tangentially) การตัดลักษณะนี้ทำให้ได้ชิ้นไม้ที่มีความหนาสม่ำเสมอกัน

3) เกล็ดใหญ่ (Wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ดแต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

4) แถบ (Strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

5) ขี้กบ (Planer Shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็กมีความหนาไม่เท่ากัน คือหนาที่ปลายด้านหนึ่งส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบางและ มีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutterhead)

6) แท่ง (Splinter or Sliver) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเสี้ยนไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

7) เม็ด (Granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

8) ฝอยไม้ (Wood-wool or Excelsior) หมายถึง ชิ้นไม้ลักษณะแถบแต่มีความยาวกว่าและโค้งงอต้องใช้เครื่องขูดเป็นพิเศษใช้สำหรับเป็นองค์ประกอบรวมสำหรับแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดบางประเภท

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตแผ่นไม้ประกอบ มีการใช้เกล็ดไม้ (flake) ขี้กบ (shavings) และใยไม้ (fibers) เป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญที่สุด แต่มีการใช้ขนาดต่าง ๆ กันมาก (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541)

2.3.7 ลักษณะของวัตถุดิบไม้

วัตถุดิบสำคัญในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล คือ ไม้ หรือเศษวัสดุที่ให้เส้นใยประเภทต่าง ๆ ประกอบด้วย

ก. ไม้ (Wood) วัสดุไม้ที่ใช้สำหรับการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด แบ่งออกได้ 5 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

1) ผลิตผลป่าไม้ที่ยังไม่ได้แปรรูป (Unprocessed Forest Products) เช่น ไม้ขนาดเล็กที่ได้จาก การตัดสางขยายระยะ

2) เศษไม้ขนาดใหญ่ ที่เหลือจากอุตสาหกรรม (Coarse Industrial Residues) เช่น ปีกไม้ (Slabs) ขอบไม้ (Edgings) เศษไม้ที่ตัดทิ้งจากโรงเลื่อย (Off-cuts from Sawmills) ไส้ไม้ที่เหลือจากการปอก (Peeler Cores) และส่วนเสียที่ถูกคัดทิ้งออกจากการผลิตไม้บาง

3) เศษเหลือขนาดเล็กจากอุตสาหกรรม (Fine Industrial Residues) โดยเฉพาะ ขี้กบ (Planer Mill Shavings) และขี้เลื่อย (Sawdust)

4) ชิบไม้ หรือชิ้นไม้สับ (Wood Chips) จากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดชิ้นไม้

5) เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้ ขอบไม้ หรือเศษไม้ระแนง เป็นต้น และส่วนอื่น ๆ ถูกตัดทิ้ง

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าวัสดุไม้เกือบทุกชนิด ที่มีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันตั้งแต่ ไม้ซุง จนถึงขี้เลื่อย สามารถนำมาผลิต เป็นแผ่นปาร์ติเกิลได้ แม้แต่ไม้เก่าจากการทำลัง และการรื้อถอนจากบ้านเก่า ก็ยังมีความพยายาม นำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลใหม่ได้อีก เช่น ในประเทศญี่ปุ่น สาเหตุจากความหลากหลายในวัสดุไม้ที่นำมาใช้ผลิตเป็นชิ้นไม้นั้นทำให้รูปร่างลักษณะของชิ้นไม้ที่ผลิตได้จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับวัสดุไม้เริ่มต้น แต่บางชนิด เช่น ขี้กบ และเศษไม้บางเล็ก ๆ สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิล ได้เลยโดยตรง ชนิดของชิ้นไม้และค่าใช้จ่ายในการทำชิ้นไม้ให้ได้ลักษณะตามต้องการ นับเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญปัจจัยหนึ่งต่อต้นทุนการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล นอกจากนี้หากคำนึงคุณภาพของแผ่นที่ผลิตได้ การใช้ชิ้นไม้แต่ละชนิด รูปทรงของชิ้นไม้และการผสมชิ้นไม้หลาย ๆ ขนาด หรือหลายชนิดเข้าด้วยกันเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมากต่อคุณภาพของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด

ข. รูปร่างและขนาดของชิ้นไม้ (Particle Geometry) หรือชนิดของชิ้นไม้ (Particle Type) เป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานสำคัญในการพิจารณาถึงคุณสมบัติและคุณลักษณะของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ตามด้วยปัจจัยทางด้านชนิดของไม้ (Wood-Species) ชนิดและปริมาณของตัวประสาน (Type and Amount of Binder) สารเติมแต่งอื่น ๆ (Other Additives) และโครงสร้างของแผ่น (Board-Structure) ซึ่งโครงสร้างของแผ่นขึ้นอยู่กับการเตรียมแผ่น (Mat Forming) การเรียงชั้น (Layering) และสภาวะในการอัด (Pressing-Conditions)

แผ่นปาร์ติเกิลส่วนใหญ่จะมีเนื้อไม้แห้งอยู่ประมาณ 90-95% (วรธรรม, 2541:22-23) และโดยทฤษฎีแล้วรูปร่างของชิ้นไม้โดยทั่ว ๆ ไป สามารถนำมาใช้ผลิตได้ แต่ให้ค่าคุณสมบัติของแผ่นแตกต่างกันไป การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลให้ได้คุณสมบัติทางกายสมบัติ และกลสมบัติตามต้องการ กระทำได้โดยการใช้ขนาดหรือรูปร่างของชิ้นไม้ต่าง ๆ กัน ในการผลิตชั้นไส้และชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเกิลยกตัวอย่างเช่น การใช้ชิ้นไม้ที่ยาวบนชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเกิลสามารถเพิ่มความแข็งแรงแรงดัดมากขึ้นแต่ผิวแผ่นปาร์ติเกิลจะหยาบ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการตกแต่งผิว และในทำนองเดียวกันหากต้องการคุณลักษณะในการตกแต่งผิวมากกว่าความแข็งแรงในการดัด

แล้ว ก็จำเป็นต้องใช้ชิ้นไม้ที่เล็กลงในชั้นผิวหน้า เพื่อให้ผิวเรียบขึ้น สรุปได้ว่าขนาดชิ้นไม้และรูปร่างชิ้นไม้ตลอดจนการกระจายตัวของชิ้นไม้ในแต่ละขนาดความหนาของแผ่น

ชิ้นไม้ที่ผลิตจากไม้หลาย ๆ ชนิด ทั้งไม้ใบกว้างและไม้ใบแคบสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิล ได้แต่ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเกิลที่ได้ควรสูงกว่าความหนาแน่นของไม้ที่นำมาผลิต เพราะจะทำให้การใช้กาวมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากทำให้กาวที่ใช้เชื่อมยึดติดกันระหว่างชิ้นไม้ในแผ่นปาร์ติเกิล มีแรงยึดดีขึ้น และช่วยลดช่องว่างภายในแผ่นปาร์ติเกิลให้น้อยลง หากอัดชิ้นไม้เป็นแผ่นปาร์ติเกิลแล้วได้ความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของไม้ การสัมผัสกันระหว่างชิ้นไม้ที่ผสมกาวแล้วน้อยลง มีช่องว่างในแผ่นมาก จะส่งผลกระทบทางลบต่อคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิล

ค. การแยกสิ่งเจือปน ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด จำเป็นต้องแยกสิ่งเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลออกให้เหลือน้อยที่สุด เช่น ปริมาณน้ำตาล และส่วนไส้หรือเนื้อเยื่อทางเดินอาหารของวัสดุ ซึ่งเป็นบริเวณเส้นใยผนังบางและสั้น ตลอดจนสารขี้ผึ้งที่เคลือบอยู่ตามผิวอันเป็นลักษณะประจำของวัสดุเหล่านี้ ซึ่งมักจะเป็นอุปสรรคต่อการติดกาวประเภทที่ใช้น้ำเป็นสารละลายทั่วไป (วรธรรม, 2541:25-26)

2.3.8 การอบชิ้นไม้ (Particle Drying)

ชิ้นไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล จะถูกอบแห้งให้ได้ความชื้นต่ำ ๆ อย่างสม่ำเสมอก่อนจะผสมกับกาว ซึ่งความชื้นจะอยู่ในช่วง 4-13% ระยะเวลาที่อยู่ในช่วงความร้อนสูงที่สั้นจะทำให้โอกาสที่จะเกิดเพลิงไหม้ได้น้อยที่สุด การใช้เครื่องมือตรวจวัดความชื้นของชิ้นไม้ที่ได้ออกมาอย่างต่อเนื่องจะช่วยทำให้สามารถกำหนดระยะเวลาที่อยู่ในช่วยความร้อนได้ถูกต้อง เพื่อป้องกันการอบแห้งที่น้อยไปหรือมากไป ระยะเวลาของชิ้นไม้ที่อยู่ในช่วงร้อน และการปรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเป็นวิธีที่นิยมในการเปลี่ยนแปลงความชื้นของชิ้นไม้ที่จะได้ออกมา แต่ก็ควรเหลีกเลี่ยงการใช้ชิ้นไม้เปียกก่อนอบที่มีความชื้นไม่สม่ำเสมอ หรือขึ้นลงอย่างรวดเร็ว ปัญหาของชิ้นไม้ที่เกิดจากการอบ นอกจากเรื่องความชื้นที่อยู่ในชิ้นไม้ซึ่งจะต้องมีปริมาณความชื้นที่เหมาะสมตามกำหนดและมีความชื้นสม่ำเสมอแล้ว คุณสมบัติของไม้ที่ได้จากการอบเป็นอีกผลกระทบหนึ่งที่ไม่ควรมองผ่าน การอบชิ้นไม้ด้วยอุณหภูมิสูง ๆ เป็นเวลานาน ๆ จะพบปัญหาที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในการอบแผ่นไม้แปรรูป และไม้บางทั่วไปคือ การเกิดสภาพการแข็งตัวภายนอกของไม้ และการเปลี่ยนแปลงทางเคมี รวมทั้งการเคลื่อนตัวของสารแทรก โดยเฉพาะยางไม้ธรรมชาติภายในไม้ออกสู่ผิวหน้าของไม้ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการยึดติดระหว่างกาวกับผิวหน้าชิ้นไม้ในขณะทำเป็นแผ่นจนทำให้แผ่นบอร์ดที่ได้มีคุณภาพลดลง (วรธรรม, 2541:62-70)

2.3.9 การคัดแยกขนาดของชิ้นไม้

การคัดแยกขนาดของชิ้นไม้ก่อนการอบจะเป็นผลดีต่อขั้นตอนการอบเพราะจะทำให้สามารถใช้พลังงานความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังทำให้ชิ้นไม้ที่อบจะมีความชื้นที่แน่นอนสม่ำเสมอ ซึ่งก็จะช่วยให้ขั้นตอนการผสมกาวและการอัดมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

การคัดแยกชิ้นไม้มี 3 วิธีคือ

ก. การร่อนผสมกับการคัดแยกด้วยอากาศ

ข. การร่อน เป็นการคัดแยกตามขนาดของชิ้นไม้

ค. การคัดแยกโดยอากาศ เป็นการแยกตามน้ำหนักพื้นผิวของชิ้นไม้

การร่อน หมายถึง การนำชิ้นไม้ผ่านไปบนตะแกรงที่มีขนาดของช่องตะแกรงตามกำหนด โดยให้ชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กต่ำกว่าที่ต้องการลดผ่านตะแกรงออกไป การร่อนมี 2 ลักษณะ คือ ระบบสั่น และระบบแบบเขย่าหรือหมุน โดยมีปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความหนาแน่นของชิ้นไม้ รูปร่างของชิ้นไม้ ความชื้นของ

ชิ้นไม้ อัตราการป้อนชิ้นไม้เข้าเครื่องร่อน ระยะเวลาในการร่อน ลักษณะพื้นผิวของตะแกรงร่อน และความถี่ รวมถึงช่วงกว้างของการร่อน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาแนวทางการปฏิบัติงานที่เหมาะสมตามลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ และประเภทของชิ้นไม้จะนำมาทำการผลิต (วรธรรม, 2541:71)

2.3.10 วิธีการผสมกาวกับวัสดุ (Blending)

การผสมกาวเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ที่จะได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีคุณภาพตามต้องการ เพราะว่าหากการกระจายของกาวและสารผสมอื่น ๆ ที่ไม่สม่ำเสมอ จะส่งผลให้บริเวณนั้นมีการจับยึดกันระหว่างชิ้นไม้ต่ำ และทำให้แผ่นปาร์ติเกิลไม่แข็งแรง และหากใช้เครื่องมือวัดที่ดีสำหรับหาปริมาณของกาวและการไหลของชิ้นที่จะส่งผ่านไปยังเครื่องคลุกเคล้านั้นก็จะทำให้การผสมมีความเหมาะสมและสมบูรณ์ที่สุด ซึ่งปัจจัยที่ควรพิจารณาก่อนการผสมกาวกับชิ้นไม้ ดังต่อไปนี้

ก. พื้นผิวของชิ้นไม้ ควรมีคุณภาพดี เพื่อให้กาวเกาะติดอยู่บนผิว และแพร่กระจายได้ดี

ข. ความผันแปรในขนาดรูปร่างของชิ้นไม้ให้ได้รูปแบบเดียวกันมากที่สุดก็จะเป็นผลดีต่อการใช้กาว

ค. ควรควบคุมปริมาณความชื้น ให้มีความผันแปรน้อยที่สุด เพราะจะช่วยลดผลในทางลบเกี่ยวกับคุณลักษณะของการไหลของกาว และหลีกเลี่ยงการเกิดระเบิดหรือโป่งพองในแผ่นที่อัดแล้ว

ง. ความหนาของชิ้นไม้ที่สม่ำเสมอ เป็นความจำเป็นเบื้องต้นต่อการหาปริมาณกาวที่มีอยู่ในแผ่นบอร์ด

จ. คัดเลือกกาวเรซิ่น ให้เหมาะสมและปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการเป็นพิเศษ

ฉ. การเคลือบผิวด้วยขี้ผึ้ง ควรมุ่งเข้าไปในหน้าที่หลักของการเคลือบหรือฉาบนี้ว่าเพื่อช่วยให้กาวกระจายไปให้ทั่วชิ้นไม้ และแพร่ไปบนผิวได้ดี

ช. คอยระมัดระวังการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกาวและขี้ผึ้ง

ฌ. ป้องกันกาวเรซิ่นให้อยู่ในสภาพที่ดี หลีกเลี่ยงสภาวะต่าง ๆ ที่มีผลเสียต่อกาวในระหว่างการเก็บและเคลื่อนย้าย

2.3.11 ปัจจัยที่ควรพิจารณาระหว่างการผสมกาวกับชิ้นไม้

ก. ระบบการชั่ง ตวง วัด สำหรับไม้ กาว และสารเติมแต่ง ควรมีความเที่ยงตรง เพื่อจะได้ป้อนหรือไหลเข้าสู่ขบวนการผลิตได้อย่างพร้อมเพรียงกัน

ข. ระหว่างการผสมในขบวนการผลิต ไม่ควรเกิดช่องว่างและความไม่แน่นอนในการผลิต

ค. การศึกษาการกระจายของกาวให้ทั่วชิ้นไม้ โดยพิจารณาจากชนิดของเครื่องผสมอัตราความเร็วในการหมุน ระยะเวลาที่เหมาะสมในการคลุกเคล้า และอัตราการป้อนชิ้นไม้ลงไปผสม

2.3.12 ปัจจัยที่ควรพิจารณาหลังการผสมกาว

ก. หลีกเลี่ยงปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจเป็นสาเหตุทำให้กาวบนชิ้นไม้ที่ผสมแล้ว ได้รับการสั่นสะเทือนหลุดออก หรือเกิดการเกาะรวมกันเป็นก้อนระหว่างการส่งสายพานหรือการโรยแผ่น

ข. ปกป้องกาวจากการเกิดการแข็งตัวก่อน ระหว่างการป้อนเข้าอัด หรือในระหว่างการอัด

2.3.13 วิธีการผสมกาวหรือสารเติมแต่งอื่นกับชิ้นไม้

ระบบการทำให้เป็นละอองกาว เป็นระบบการผสมด้วยละอองกาวจากการพ่น เป็นระบบที่นิยมให้ใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากให้การสมกาวที่กระจายได้ทั่วถึงอย่างรวดเร็วกว่าและมีความสม่ำเสมอมากที่สุด สามารถใช้ได้ทั้งการผสมเป็นครั้ง ๆ หรือต่อเนื่อง แต่ส่วนผสมกาวที่ใช้ต้องมีความหนืดต่ำ การพ่นกาวมี 3 ระบบ คือ ระบบการพ่นที่มีอากาศ ระบบการพ่นที่ไม่มีอากาศผสม และระบบการพ่นโดยอาศัยแรงเหวี่ยง

ก. การพ่นแบบไม่มีอากาศผสม เป็นการพ่นที่อาศัยแรงไฮดรอลิค ดันส่วนผสมกาวออกมาทางปลายหัวพ่น จึงไม่มีอากาศผสมออกมา ส่วนแรงดันที่ใช้กับการพ่นแบบไม่มีอากาศผสม จะใช้แรงดันสูงกว่าประมาณ 4.10-5.52 เมกกะปาสคาล ถึง 9.65-10.34 เมกกะปาสคาล สามารถใช้กาวที่มีความหนืดสูงขึ้นได้ แต่กะทำให้อัตราความเร็วในการพ่นลดลง ขนาดของละอองกาว ในการพ่นแบบไม่มีอากาศผสมนี้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบหัวพ่น ความหนืดของส่วนผสมกาว และแรงดันที่ใช้ (วรธรรม, 2541:75-81)

ข. การพ่นแบบมีอากาศผสม กาวจะถูกทำให้เป็นละอองด้วยแรงอัดอากาศ จากปั๊มลมผ่านหัวพ่นลม ทั้งอากาศและส่วนผสมกาวจะถูกขับออกจากหัวพ่นด้วยแรงดันประมาณ 138-141 กิโลปาสคาล หรือคิดเป็นแรงดันอากาศที่ออกจากหัวพ่นประมาณ 276-689 กิโลปาสคาล การพ่นที่เหมาะสมต้องปรับอากาศเข้าให้พอดีกับแรงดันทั้งระบบ เนื่องจากหากให้อากาศเข้ามาก อากาศมีแรงดันที่สูงเกินไปจะส่งผลทำให้ลดขนาดของละอองกาวที่จะไปสัมผัสกับชิ้นไม้ได้น้อยลง

2.3.14 สารเคลือบผิวกันซึม

สารวัตถุดิบที่สำคัญอีกตัวหนึ่งที่ใช้ผสมในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล คือสารกันซึมเพื่อลดการดูดซึมน้ำ โดยปกติใช้ ขี้ผึ้งเป็นสารกันซึม ขี้ผึ้งเป็นผลิตผลรองที่ได้จากการกลั่นน้ำมัน แบ่งได้ 3 ชนิด ตามการกลั่น คือ ส่วนบนสุดมีปริมาณมากเรียกกว่า ขี้ผึ้งพาราฟิน มีจุดหลอมเหลวที่ 46-66 องศาเซลเซียส ส่วนกลางเรียกว่า Intermediate Waxes มีจุดหลอมเหลวที่ 66 องศาเซลเซียส ส่วนล่างมีปริมาณน้อย เรียกว่า Microcrystalline Waxes จุดหลอมเหลวที่ 66-88 องศาเซลเซียส

คุณสมบัติเป็นสารเคลือบผิวกันซึม ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลึกของขี้ผึ้งแต่ละชนิด ขี้ผึ้งพาราฟิน มีผลึกยาวเป็นรูปเข็ม จะมีความสามารถในการต้านทานน้ำได้ดีที่สุด ส่วนผลึกของ Microcrystalline Waxes มีลักษณะสั้นและเป็นกิ่งก้านรอบ ๆ จะมีประสิทธิภาพในการต้านทานน้ำต่ำ

เพื่อให้การใช้สารเคลือบผิวกันซึมในแผ่นไม้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องเคลือบขี้ผึ้งให้ครอบคลุมพื้นที่บนชิ้นไม้หรือเส้นใยให้มากที่สุด และเป็นฟิลม์บาง ๆ การใช้ขี้ผึ้งเหลว ในการพ่นจะกระจายตัวได้ไม่ดีเท่ากับการใช้ ขี้ผึ้งอิมัลชัน และจะต้องใช้ปริมาณขี้ผึ้งเหลวมากกว่าอิมัลชันด้วย เนื่องจากละอองของขี้ผึ้งเหลวซึ่งจำเป็นต้องแยกพ่น จะมีขนาดของละอองบนชิ้นไม้ประมาณ 10 ไมครอน ต่างจากขนาดของเม็ดของขี้ผึ้งในอิมัลชันที่มีอยู่เพียง 1-2 ไมครอน ดังนั้นการกระจายของอิมัลชันจึงดีกว่าและยังใช้ปริมาณขี้ผึ้งน้อยกว่าขี้ผึ้งเหลวด้วย

ขี้ผึ้งพาราฟิน ที่ใช้ในอุตสาหกรรม มีจุดหลอมเหลวระหว่าง 48-56 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะอุตสาหกรรมผลิตแผ่นไม้ประกอบ จึงมักนิยมใช้ในรูปของอิมัลชัน ซึ่งสามารถทำอิมัลชันที่มีเนื้อพาราฟินถึง 64% โดยน้ำหนัก มี 3 ชนิดเกิดจากการเกิดขั้วประจุบนผิวหน้า ประกอบด้วย แอนไอออน แคตไอออน และแบบชนิดไม่มีไอออน ดังนั้นการเลือกใช้พาราฟินแว็กอิมัลชัน จึงต้องพิจารณาด้วยว่าจะสามารถเข้ากับชนิดของกาวได้หรือไม่ โดยเฉพาะการผสมรวมกับกาวในการพ่นไปบนไม้ เนื่องจากจะทำให้ระบบอิมัลชันเสียไป และทำให้ขี้ผึ้งจับรวมตัวกันเป็นก้อน สำหรับกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์จะใช้ระบบแอนไอออน พราฟินแว็กอิมัลชัน ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด จะใช้เนื้อขี้ผึ้ง 50% โดยน้ำหนักสารแขวนลอย ปริมาณสารกันซึมนิยมใช้ปริมาณไม่ต่ำกว่า 0.75% แต่ไม่เกิน 1% เพราะอาจไปขวางการติดกาวระหว่างชิ้นไม้ได้ (วรธรรม, 541:32-33)

2.3.15 การเตรียมแผ่นก่อนอัด (Mat Formation)

การเตรียมแผ่นอัด การทำให้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดมีความสม่ำเสมอ ตลอดทั่วทั้งแผ่นเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในขบวนการผลิต หากแผ่นที่โรยชิ้นไม้มีการกระจายของชิ้นไม้ไม่สม่ำเสมอ จะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายสมบัติให้เกิดความผันผวนขึ้นได้ ความหนาแน่นภายในแผ่นก็จะไม่เท่ากัน ผันผวนเป็นวงกว้าง และจะเกิดการคืนตัวทางความหนาที่มากเกินไปในบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงกว่า นอกจากนี้การโรยแผ่นที่ไม่

สม่ำเสมอกันก็ยังก่อให้เกิดการโค้งงอ หรือบิดตัวของแผ่นได้ และอาจทำให้สภาพทั่วไปทางภายนอกของแผ่น เช่น ผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดไม่สวยลักษณะของขอบแผ่นไม่ราบเรียบยิ่งกว่านั้นแผ่นที่ได้จากการโรยชิ้นไม้ไม่สม่ำเสมอก็ยังเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายในขณะอัดร้อนด้วย (วรธรรม, 2541:90-92)

2.3.16 กรรมวิธีการอัด

การทำให้แผ่นเตรียมอัดแข็งตัวขึ้นและการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชั่น ของกาว เพื่อผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด จะอยู่ในขั้นตอนของการอัดร้อน แผ่นเตรียมอัดจะถูกบีบอัดจนได้ความหนาความต้องการขณะเดียวกัน กาวที่อยู่บนผิวของชิ้นไม้ก็จะเกิดการโพลีเมอไรซ์ และเชื่อมยึดชิ้นไม้กับชิ้นไม้แล้วแผ่นที่ได้ก็จะถูกนำออกจากการอัดทำให้เย็น และส่งไปยังขั้นตอนการตกแต่งต่อไป

กรรมวิธีการอัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญ และขึ้นอยู่กับขบวนการการผลิตต่าง ๆ ที่ผ่านมาแล้วหากแผ่นเตรียมอัดที่ทำขึ้นมีคุณภาพไม่ดี เมื่อนำไปอัดก็จะได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด สุดท้ายที่คุณสภาพไม่ดี เช่นกัน ขั้นตอนการอัดเป็นขั้นตอนที่ใช้เครื่องมือที่แพงที่สุดของการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด การใช้ระยะเวลาในการอัด สภาวะในการอัดที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพและใช้ระยะเวลาในการอัดที่สั้นที่สุด ย่อมส่งผลดีต่อคุณภาพของแผ่น

ในขั้นตอนการอัดนี้ มีหลายปัจจัยด้วยกันที่เกี่ยวข้องและต้องนำมาพิจารณาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ในการอัดเพื่อให้ได้แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีคุณภาพ ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ อุณหภูมิในการอัด ชนิดไม้และรูปร่างของชิ้นไม้ ระดับความชื้นและการกระจายความชื้นของแผ่นเตรียมอัด การถ่ายเทความร้อนภายในแผ่นระหว่างการอัด ระยะเวลาในการอัด แรงดันในการอัด และลักษณะการกระจายความหนาแน่นของแผ่นทางด้านหน้าตัด และการแข็งตัวก่อนหรือหลังการอัดของกาว

ปริมาณความชื้นของแผ่นเตรียมอัดที่จะเข้าทำการอัดร้อนเป็นสิ่งสำคัญต่อการอัดอย่างมาก ความชื้นที่มากเกินไปจะไปขัดขวางการยึดเหนี่ยวกับของชิ้นไม้ 2 ชิ้น ให้ช้าลง

ลักษณะการกระจายความหนาแน่นลดหลั่นทางด้านหน้าตัด เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ลักษณะการกระจายความหนาแน่นทางด้านหน้าตัดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ผลิตส่วนใหญ่มีลักษณะที่ความหนาแน่นของผิวสูงกว่าความหนาแน่นในชั้นไส้ ดังนั้น คุณสมบัติของแผ่นในลักษณะนี้จะให้คุณสมบัติทางด้านแรงดัดที่สูงขึ้น แต่แรงยึดเหนี่ยวภายในจะลดลง แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีคุณสมบัติข้างต้นนี้ เกิดจากการใช้ระยะเวลาในการปิดแท่นอัดที่เร็วเกินไปเป็นสาเหตุหนึ่ง การปรับปรุงอาจกระทำโดยการยืดระยะเวลาในการอัดให้ช้าลง หากระยะเวลาการอัดนานไม่เพียงพอให้ไอน้ำหนีออกไป แผ่นก็จะเกิดการแยกชั้นอันเนื่องจากการอัดร้อนถูกเปิดและไอน้ำจำนวนนี้จะพุ่งออกมาอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้น้ำยังขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไร-เซชั่นแบบควบแน่นของกาวด้วย (วรธรรม, 2541:110-113)

2.3.17 เครื่องอัดร้อน (Hot Presses)

เครื่องอัดร้อนเป็นเครื่องจักรที่มีหน้าที่สำคัญที่สุด ซับซ้อนที่สุด ในสายการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เครื่องอัดสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ แบบแท่น และแบบต่อเนื่อง สำหรับแบบแท่นที่นิยมใช้กันอยู่ 2 ชนิด คือ

2.3.17.1 แบบช่องอัดเดียว

2.3.17.2 เครื่องอัดแบบช่องอัดหลายชั้น

การควบคุมความหนาแน่น มักนิยมใช้แท่งโลหะขนาดความหนาตามที่กำหนด วางไว้ที่ขอบสองด้านของช่องอัดแต่ละช่อง โดยให้แท่นอัดขณะที่อัดอยู่ สัมผัสแท่นโลหะพอดีจึงหยุด การอัด (วรธรรม, 2541:122-126)

2.4 กาว (Glue)

กาวเป็นวัสดุที่ใช้ติดวัสดุ 2 ชนิดเข้าด้วยกันให้แน่น จะเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน เช่น ไม้กับไม้ หรือจะเป็นวัสดุต่างชนิดกัน เช่น โลหะกับกระจกก็ได้ กาวอาจมีทั้งที่ผลิตมาจากวัสดุธรรมชาติ เช่น กาวยางไม้ หรืออาจเป็นวัสดุสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น พวกอีพอกซี่ ก็ได้ มนุษย์รู้จักใช้กาวมาตั้งแต่ก่อนสมัยประวัติศาสตร์ครั้งแรกที่ใช้เป็นยางไม้ตามธรรมชาติ เช่น ขี้ผึ้ง วัสดุเหล่านี้ได้มากจากต้นไม้ต่าง ๆ หรือจากแมลงบางชนิด กาวที่เก่าแก่ที่สุดเป็นการใช้กาวหนังสัตว์และกาวยางในสมัยอียิปต์ ใช้ในการทำเครื่องเรือนไม้ติดลายไม้ประดับกับผิวไม้ กาวประเภทนี้แม้ในปัจจุบันก็ยังเป็นสินค้าขาออกใช้ในงานอุตสาหกรรม ช่างไม้อยู่มาก

ปลายปี พ.ศ. 2473 กาวที่ใช้ทั่ว ๆ ไป เป็นกาวหนังสัตว์ กาวยาง และยางจากพืชผักบางชนิด และยางธรรมชาติ ซึ่งใช้มากกับเครื่องเรือนไม้และอุตสาหกรรมกระดาษ ต่อมาเมื่อยางซินเตตริกพลาสติกได้ถูกค้นพบในปี พ.ศ. 2478 จึงขยายการใช้ไปยังวงการอุตสาหกรรม รวมทั้งอุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องบิน เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และงานอื่น ๆ อีกมาก

กาวจึงนับเป็นวัดสุประสานที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรม เพราะสามารถใช้ติดวัสดุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันได้ โดยเฉพาะในงานไม้บางประเภทสามรถใช้กาวแทนตะปู แม้แต่การยึดติดโลหะก็ทำได้ดีโดยเมื่อเอากาวมาทาวัตถุ 2 ชิ้น แล้วนำมาประกบกัน กาวจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็งสามารถรับแรงดึงได้ ซึ่งการยึดเกาะที่ดีนั้นขึ้นอยู่กับความยึดเกาะระหว่างกาวกับผิวหน้าที่ติด และอีกประการหนึ่งคือ ขึ้นอยู่กับความยึดเหนี่ยวระหว่างตัวกาวเอง การที่จะได้ผลในการยึดเกาะที่ดีนั้น รอยต่อจะต้องออกแบบโดยเฉพาะเป็นแห่ง ๆ ไป ซึ่งชนิดของกาว อาจแบ่งได่ดังนี้

กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea-Formaldehyed Resins)

กาวชนิดนี้เป็นกาวที่ต้านทานต่อความชื้นและสามารถตากแดดและฝนได้ถึงประมาณ 2-3 ปี นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อแมลงและเห็ดรา กาวชนิดนี้จะแยกส่วนผสมออกเป็น 2 ส่วน เมื่อยังไม่ผสมกันจะเหลว แต่ถ้าผสมกันแล้วจะแข็งตัวภายในเวลาอันสมควร ซึ่งระยะเวลาของการแข็งตัวจะขึ้นอยู่กับชนิดของฮาร์ดดินเนอร์ และส่วนผสมที่ใช้ กาวชนิดนี้สามารถปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นได้โดยผสมกับกาวเมลลามีนและกาวรีซอร์ซินอลในปริมาณที่เท่ากันหรือมากกว่า ก็จะทำให้ได้กาวที่มีคุณสมบัติดีขึ้น ใกล้เคียงกับกาวฟีนอล กาวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วนี้ถูกเรียกว่ากาวฟอร์ติฟายด์ยูเรีย กาวชนิดนี้ใช้กับการผลิตไม้ชนิดภายในและใช้การประกอบเครื่องเรือนต่าง ๆ
เป็นต้น

กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ใช้มากในอุตสหากรรมไม้อัดและแผ่นชิ้นไม้อัด และข้อต่อไม้ต่าง ๆ ที่ใช้ภายใน กาวชนิดนี้มีราคาถูกว่ากาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ แต่ความคงทนของกาวแข็งตัวด้อยกว่า นอกจากอุตสาหกรรมไม้แล้ว กาวดังกล่าวยังใช้มากเป็นสารเคลือบผิวในอุตสาหกรรมกระดาษ และใช้เป็นสารหลักในอุตสหากรรมทำแบบ

ก. คุณสมบัติของกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์

1) มีราคาถูก มีความเป็นพิษต่ำ ความแข็งแรงสูงสามารถใช้ได้กับวัดสุหลายชนิด ของกาวชนิดนี้คือ ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ภายนอกหรือที่ที่มีความชื้นสูง เพราะจะทำให้ฟอร์มาลดีไฮด์ระเหยออกมาได้ง่าย

2) ความแน่นดรรชนีหักเห การดูดซับน้ำและความร้อนจำเพาะของกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าใกล้เคียงกับกาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวโดยความร้อนและแรงดึงของกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าสูงกว่ากาวทั้งสอง แรงดัดต่ามอดุรัสยืดหยุ่น และความแข็งแรงของกาว ยูเรีย-

ฟอร์มาลดีไฮด์ใกล้เคียงกับกาวเมลามีน แต่มีค่าสูงกว่ากาวฟีนอล ค่ามอดุรัสการแตกร้าวของกาวฟีนอลสูงกว่ากาวยูเรียและกาวเมลามีน

ข. กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์สำหรับอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด

อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดมีการใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์มากที่สุด ปริมาณกาวที่ใช้ประมาณ 6-10% ของน้ำหนักไม้อบแห้ง การสังเคราะห์กาวสำหรับอุตสาหกรรมนี้จะใช้สัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์เป็น 1 : 1.25 ถึง 1 : 1.45 ในกาวมีฟอร์มาลดีไฮด์ที่ยังไม่ทำปฏิกิริยาเหลืออยู่ไม่เกิน 1% ความหนืดของกาวควรอยู่ระหว่าง 150-450 เซนติปัวส์ที่ 20 องศา ก่อนการใช้กาวควรตรวจสอบเวลาเป็นเจลที่อุณหภูมิ 100 องศาด้วย เพราะเวลาเป็นเจลนี้จะเป็นตัวบอกการไหลของกาวขณะอัดร้อนไม่ให้มีมากเกินไป ถ้าเวลาเป็นเจลต่ำจะทำให้ปริมาณกาวในแนวกาวไม่เพียงพอ เวลาเป็นเจลที่ผิวไม้ควรมีค่า 3-12 วินาที

คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งของกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ สำหรับอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดคือ ความเหนียวของกาวที่อุณหภูมิห้อง เพราะจะทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดติดกันเป็นอย่างดีก่อนถูกอัดร้อน การควบคุมความเหนียวของกาวที่อุณหภูมิห้องขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ขนาดของโมเลกุล ความข้นของกาว และความชื้นของชิ้นไม้ ซึ่งในบางปัจจัยสามารถควบคุมขณะทำการสังเคราะห์กาว และบางปัจจัยต้องควบคุมในอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด (ปรีชา เกียรติกระจาย, 2535 : 95-110)

กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์แบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ อี 1 กับ กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งทั้ง 2 ชนิด มีราคาถูกว่ากาวไอโซไซยาเนต คือ ราคา 8-13 บาทต่อกิโลกรัม

กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ อี 1 มีคุณสมบัติในการยึดเกาะน้อยกว่ากาวไอโซไซยาเนต มีกลิ่นฉุน และมีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ตั้งแต่เริ่มกระบวนการผลิตจนสำเร็จออกเป็นผลิตภัณฑ์ กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์จะคลายสารพิษออกมาตลอดเวลา เช่น หากสัมผัส หรือสูดดม มีโอกาสที่จะเป็นโรคสูง เช่น โรคถุงลมโป่งพอง โรคมะเร็งในปอด มะเร็งในเม็ดเลือด ฯลฯ นอกจากนี้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ ยังมีความทนทานในการยึดเกาะน้อย ไม่ทนต่อความชื้น หากใช้ทำแผ่นผนังที่มีอุณหภูมิสูง และความชื้นมาก ๆ ควรใช้กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์จะดีกว่า

กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ มีคุณภาพดีกว่ากาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ มีคุณสมบัติในการยึดเกาะ ตลอดจนความคงทนในการยึดเกาะดี ทนต่อความชื้นใช้ภายนอกอาคารได้แต่ราคาแพง นอกจากนี้ กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ ต้องใช้ระยะเวลาในการแข็งตัวที่นานกว่า ทำให้ล่าช้าเสียเวลาในการผลิต ต้องใช้สารเร่งแข็ง เช่น การเติมเรซอซินอล เรซอซินอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Resureinol Formaldehyde) พารา-ฟอร์มาลดีไฮด์ (Paraformaldehyle) โปตัสเซี่ยมคาร์บอเนต (Potassium carbonate) ฯลฯ

2.5 การยึดติดและระหว่างหน้า (Adhesion and Interface)

2.5.1 การยึดติด (Adhesion)

ความแข็งแรงของกาว หรือพอลิเมอร์ เกิดจากปัจจัยหลายประการ ปัจจัยแรกเป็นแรงที่เกิดจากพันธะภายในโมเลกุลซึ่งแบ่งออกตามชนิดของสารได้แก่ พันธะแบบไฟฟ้าสถิตย์ พันธะแบบโควาเลนท์ และพันธะแบบโลหะ สารแต่ละชนิดอาจมีพันธะเพียงชนิดเดียวล้วน ๆ หรือเป็นพันธะแบบผสมก็ได้ แรงยึดที่เกิดจากพันธะภายในโมเลกุลนี้อาจเรียกว่าพันธะเคมี ซึ่งมีค่าสูงกว่าพันธะอื่น ๆ ปัจจัยที่สองเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุล ค่าแรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุล ค่าแรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลนี้น้อยกว่าประการแรกตั้งแต่ 1.5-15 เท่าตัว แรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลที่สำคัญ คือ แรงแวนเดอร์วาลส์ และแรงที่เกิดจากพันธะไฮโดรเจน ปัจจัย

สุดท้ายเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างหน้าของสารต่างสถานะ ซึ่งเกิดขึ้นจากการเปียกของสารทั้งสองสถานะ (ปรีชา, 2531:171)

2.5.2 กลไกการยึดติดของกาวกับไม้มาจากสาเหตุ 3 ประการ คือ

ก. เซลล์ กลไกนี้เกิดจากสายกาวหรือลำธารของกาวเข้าไปแทรกในรูเล็ก ๆ ในผนังเซลล์หรือโมเลกุลของกาวแทรกเข้าไปในส่วนอะสัณฐานของเซลลูโลส แรงที่เกิดจากการยึดติดแบบนี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัว การซึมซาบ การเปียกและขนาดของโมเลกุลของกาวเอง การยึดตัวระหว่างโมเลกุลที่เกิดจากการดึงดูด และการดูดแนบ แรงที่ได้จากกลไกนี้เป็น แรงแวนเดอร์วาล

ข. การเกิดพันธะเคมีของกาวกับไม้ แรงที่เกิดขึ้นนี้มีค่าสูงสุดกว่าปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดการยึดติด กลไกนี้เป็นแรงที่เกิดจากพันธะโควาเลนท์เป็นส่วนใหญ่

ค. การยึดติดแบบเมคานิกส์และการแทรกของกาวเข้าไปในช่องว่างของผนัง

2.5.3 การดูดซับ การซึมซาบ และกลไกการติดกาว

การยึดติดและความเชื่อมแน่นเป็นการวัดแรงที่เกิดจากพันธะภายในโมกุลและระหว่างโมเลกุลการยึดติดใช้กับสารที่แตกต่างกัน ส่วนความเชื่อมแน่นใช้กับสารชนิดเดียวกัน ในการพิจารณาพฤติกรรมระหว่างกาวกับไม้จึงขึ้นอยู่กับทฤษฎีการยึดติดเป็นส่วนใหญ่ การพิจารณาทฤษฎีการยึดติดนั้นมาจากพฤติกรรม 3 อย่าง คือ

ก. ทฤษฎีระหว่างหน้าโดยใช้หลักการของเคมีผิวหน้า

ข. ทฤษฎีการฉีกขาดโดยใช้หลักของวิทยากระแส

ค. ทฤษฎีกลศาสตร์วิศวกรรม โดยการจำลองแบบกลศาสตร์ของพฤติกรรมแรงยึดระหว่างกาวและไม้ส่วนหนึ่งมาจากการดูดซับและการซึมซาบของสารทั้งสองชนิด

ในการพิจารณาแรงยึดระหว่างกาวกับไม้ใช้หลักของความเค้นจากแรงอัดและความเค้นจากแรงดึงในระยะห่างกาวกับไม้เพียง 1 มิลลิเมตร ซึ่งความแข็งแรงของกาวกับไม้จริง ๆ ที่อยู่ในระยะไม่เกิน 0.2-0.3 มิลลิเมตร เท่านั้น (ปรีชา, 2531:172-175)

Albrecht (1968) ได้แสดงให้เห็นถึงผลของขี้ผึ้งต่อความต้านทานการแทรกซึมของน้ำ โดยทำการทดลองผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด แล้วนำไปทดสอบแช่น้ำ 24 ชั่วโมง และทดสอบเก็บไว้ในที่มีความชื้นสูง 7 วัน พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ไม่ผสมสารกันซึมให้ผลที่ต่ำกว่าแผ่นที่ผสมสารกันซึม ชนิดไม้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการใช้สารกันซึม โดยพบว่า แผ่นที่ผลิตจากไม้ Douglas fir และผสมสารกันซึม คิดเป็นเนื้อขี้ผึ้งเพียง 0.25% ถึง 0.5% ก็เพียงพอ ต่างกับแผ่นที่ผลิตจากไม้ Aspen ต้องใช้ถึง 0.75% ถึง 1.25% ของเนื้อขี้ผึ้ง

2.5.4 การยึดติดระหว่างหน้า

ในการพิจารณาความแข็งแรงของข้อต่อ จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยสองประการ คือ ปัจจัยระหว่างหน้าและปัจจัยจากระบบ ปัจจัยระหว่างหน้าหรือการยึดติดระหว่างหน้าสามารถวัดโดยใช้หลักของการตึงผิวและการเปียกโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายและความเป็นขั้ว การเปียกของไม้ การเปียกหรือการละลายร่วมระหว่างกาวกับไม้ ชั้นของการดูดซับที่ผิวขอบเขตของชั้นที่ใช้แรงยึดต่ำ พันธะเคมีและผลจากไฟฟ้าสถิตอื่น ๆ

แรงที่เกิดระหว่างกาวกับไม้เกิดจากการยึดติดและความเชื่อมแน่น ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมทั้งสองนี้เกิดขึ้นจากพันธะภายในโมเลกุลและพันธะระหว่างโมเลกุล แรงที่เกิดจากการยึดติดแบบเมคานิกส์นี้ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับแรงระหว่างกาวกับไม้ (ปรีชา, 2531:176-180)

Kollmann และ คณะ (1975) ได้กล่าวว่า การพัฒนาอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดโดยการลดระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นสิ่งจำเป็นเพราะจะเป็นการเพิ่มการผลิตออกมามากขึ้น การทำให้ระยะเวลาแข็งตัวของกาว

สั้นขึ้น มี 3 แนวทาง คือ หนึ่ง เพิ่มอุณหภูมิในการอัด สอง เพิ่มความเร็วในการอัด สาม ทำให้ผิวหน้าของแผ่นเปียกหมาด ๆ ก่อนเข้าทำการอัดร้อน ความชื้นแผ่นชิ้นไม้ที่สัมผัสกับแท่นอัดร้อน ส่งผลถึง 2 ลักษณะ ต่อขั้นตอนการแข็งตัวของกาว คือ ประการแรก ทำให้กาวเรซินเจือจางลงโดยน้ำจะไปขวางกั้นการเกิดเป็นวุ้น ทำให้สามารถหน่วงการเกิดการแข็งตัวของกาวก่อนหนด ประการที่สอง ไอน้ำที่เกิดขึ้นในบริเวณด้านนอกของแผ่นจะช่วยปรับปรุงให้เกิดการเคลื่อนย้ายความร้อนไปยังชั้นไส้ได้ดีขึ้น นอกจากนี้การใช้กาวที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อกาวสูง จะส่งผลให้ระยะเวลาการแข็งตัวเร็วขึ้น ส่วนใหญ่ที่เหมาะสมคือ 40% และ 50%

นอกจากปัจจัยเกี่ยวกับชนิดไม้ที่ใช้แล้ว มีปัจจัยอื่นที่ให้ผลกระทบต่อประสิทธิภาพการกันซึมของแผ่น (จะต้องมีขี้ผึ้งเคลือบเป็นฟิล์มบาง ๆ) คือ การใช้สเปรย์ การผสม การอัดร้อน และการกองสุมร้อน ในกรณีที่เทคนิคการสเปรย์ และผสมไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ อาจใช้เวลาในการอัดร้อนและระยะเวลาการกองสุมแผ่นนานขึ้นชดเชยได้เนื่องจากเทคนิคการใช้สเปรย์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ มีผลทำให้ขี้ผึ้งจำนวนมากเกาะหรือติดอยู่กับพื้นผิวชิ้นไม้เป็นหย่อม ๆ บริเวณไม่มาก การกระจายตัวไม่ดี ดังนั้นการใช้ระยะเวลาในการอัด และการกองสุมร้อนนานเพียงพอ และที่อุณหภูมิเหนือจุดหลอมเหลวของขี้ผึ้ง จะทำให้ขี้ผึ้งเยิ้มไหลกระจายออก ส่งผลให้การกันซึมมีประสิทธิภาพมากขึ้น การกองสุมร้อน กระทำโดยการกองแผ่นสุมไว้แล้วให้อุณหภูมิของกองสูงถึง 49 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-4 วัน เพื่อให้ขี้ผึ้งไหลย้ายเป็นบริเวณพื้นที่กว้างใหญ่ขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การกองสุมร้อนนี้ก็มีผลเสียอยู่ 2 ประการคือ ประการแรก อาจทำให้คุณสมบัติความแข็งแรงของแผ่นลดน้อยลง เนื่องจากเกิดการแข็งตัวมากเกินไปของกาว ประการที่สอง จำเป็นต้องใช้โรงเก็บที่มีพื้นที่มาก (Maloney, 1977)

Kollmann และ คณะ (1975) ได้กล่าวว่า วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัดสามารถใช้ได้จากหลาย ๆ แหล่งแต่คุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดที่ผลิตได้จะต่างกัน ขึ้นอยู่กับการใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดในการผลิตเป็นแผ่นแหล่งวัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัด ได้แก่

1. ไม้ที่นำไปใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษ และไม้ที่นำไปใช้ทำเชื้อเพลิง
2. ไม้ที่มีคุณภาพต่ำ หรือไม้ที่เสียหาย ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้แปรรูปในโรงเลื่อยทำไม้บางไม้อัดและไม่เหมาะสมต่อการนำไปผลิตเยื่อกระดาษ
3. ไม้ที่ได้จากการตัดสางขยายระยะ หรือไม้ขนาดเล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 2 นิ้ว
4. เศษเหลือทิ้งจากโรงเลื่อย และโรงผลิตไม้บาง
5. เศษเหลือจากพืชทางการเกษตร
6. ไม้ไผ่, หญ้าในเขตร้อน
7. เศษกระดาษใช้แล้ว
8. เปลือก

Chow (1979) ได้ทำการทดลองผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟ ขนาดความหนาของแผ่น 12 มิลลิเมตรจากเปลือกไม้และขี้เลื่อยของไม้ Red oak โดยใช้กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ การศึกษาของ Chow ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นการผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟเปรียบเทียบกันระหว่างแผนที่ผลิตจากเส้นใยขี้เลื่อยกับแผ่นที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกไม้ โดยใช้สภาวะการทดลองทั้งคู่เหมือนกัน ซึ่งกำหนดให้ใช้กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ 3 ระดับ คือ 4% 6.5% และ 9% กำหนดให้ใช้สารป้องกันราโซเดียมเพนาตาคลอดโรฟีเนตผสมในกาวปริมาณ 1% เทียบกับการไม่ใช้สารป้องกันรา ส่วนชุดที่ 2 เป็นการแผ่นเอ็มดีเอฟ จากการผสมเส้นใยที่ได้จากขี้เลื่อยและเปลือกไม้ ในปริมาณ 50:50 โดยการทำการผลิตแผ่น 2 แบบ คือ แบบชั้นเดียว และแบบ 3 ชั้น และกำหนดการใช้กาวฟีนอล 3 ระดับ เช่นเดียวกัน แผ่นทุกแผ่นที่ผลิตกำหนดให้มีความหนาแน่น

ของแผ่นเท่ากับ 0.70 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้ขี้ผึ้งอิมัลชัน 1% สภาวะในการอัดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 นาที ผลการทดลองได้รายงานว่า

1. แผ่นเอ็มดีเอฟที่ผลิตจากเส้นใยของขี้เลื่อยที่ระดับการใช้กาวฟีนอล 6.5% และ 9% ทั้งชนิดเติมและไม่เติมสารกันเชื้อรา สามารถผ่านมาตรฐานกำหนดชั้นหนึ่งของแผ่นปาร์ติเกิล และแผ่นใยไม้อัดแข็งความหนาแน่นปานกลาง เพื่อการใช้งานภายนอกอาคาร

2. แผ่นเอ็มดีเอฟที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกไม้จะให้คุณสมบัติของแผ่นต่ำกว่าแผ่นที่ผลิตจากเส้นใยขี้เลื่อย

3. การเติมสารป้องกันเชื้อราในกาว มีผลให้ความแข็งแรงของแผ่นทุกกรณีลดลงแต่ช่วยให้การขยายตัวตามยาวของแผ่นดีขึ้นกว่าการไม่ใช้สารป้องกันเชื้อราทั้ง 3 ระดับการใช้กาว

4. แผ่นเอ็มดีเอฟ 3 ชั้น ที่มีชั้นผิวเป็นเส้นใยขี้เลื่อยและชั้นไส้เป็นเส้นใยเปลือกไม้ จะมีความแข็งแรงด้านแรงดัด ความแข็งตึงและแรงดึงตะปูที่สูงกว่า แต่มีแรงยึดเหนี่ยวภายใน และแรงดึงขนาดผิวหน้าที่ต่ำกว่าแผ่นเอ็มดีเอฟชั้นเดียวที่ผลิตโดยผสมเส้นใยทั้ง 2 ชนิดขนาดเท่ากัน

5. แผ่นเอ็มดีเอฟ 3 ชั้น ให้ค่าการขยายตัวตามยาวต่ำกว่าแผ่นชั้นเดียว

Bhagwhat และ Maloney (1980) กล่าวว่า อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เงินลงทุนสูงและมีต้นทุนการผลิตที่สูงด้วย นอกจากจะทำการผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟธรรมดาแล้ว ควรจะมีกรรมวิธีเสริมแต่งให้แผ่นเอ็มดีเอฟเพิ่มคุณค่าต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น จึงจะช่วยให้การคืนทุนและสร้างผลกำไรให้กับโรงงานได้เร็วขึ้น การผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟนั้น เป็นขบวนการที่ซับซ้อนทุก ๆ ขั้นตอนในกระบวนการผลิต มีผลกระทบต่อคุณภาพของแผ่นที่ได้อย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งคุณภาพของแผ่นที่ผลิตออกมานั้น ตลาดเป็นผู้กำหนด ไม่ใช่ผู้ผลิตเป็นผู้กำหนด ดังนั้นการผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟให้ได้ความต้องการตรงตามตลาดของผู้ใช้ จึงต้องอาศัยเทคนิค ความชำนาญ และประสบการณ์ในการพัฒนาการผลิตให้เหมาะสม ยกตัวอย่างเช่น การใช้วัตถุดิบในการผลิตที่มีอยู่หลายชนิด เช่น ขี้เลื่อย ขี้กบ หรือชิ้นไม้สับไม่ว่าจะเป็นของไม้เนื้อแข็ง หรือไม้เนื้ออ่อน และการผสมวัตถุดิบหลาย ๆ ชนิดเข้าด้วยกันนั้น วัตถุดิบที่ใช้แต่ละชนิดมีผลทำให้แผ่นที่ผลิตได้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป การปฏิบัติกับชิ้นไม้สับก่อน สภาวะในการแยกเยื่อ ปัจจัยการบดเยื่อ และเทคนิคการผสมกาว เป็นขั้นตอนสำคัญที่ผลิตเส้นใยซึ่งออกมาได้มีลักษณะแตกต่างกันออกไป เส้นใยที่ได้อาจนำไปเก็บไว้ในยุ้งหรือส่งผ่านไปยังเครื่องโรยแผ่นที่มีหัวโรยแตกต่างกันไปเมื่อได้แผ่นเตรียมอัดแล้ว ปริมาณการอัดเย็น สภาวะในการอัด หรือการใช้วิธีการอัดแบบคลื่นความถี่สูง ก็จะมีผลกระทบต่อคุณภาพของแผ่นที่อัดได้ ขั้นตอนในกระบวนการอัดเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาเสมอ

Billmeyes (1984) กล่าวว่า ทั้งกาวยูเรีย และกาวเมลามีน ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นโพลีเมอร์ ที่จัดอยู่ในประเภท อะมิโนเรซิน โดยทำปฏิกิริยาควบแน่น ระหว่างยูเรีย และเมลามีน กับฟอร์มาลดีไฮด์ เกิดเป็นกาวขึ้นตามลำดับ ส่วนกาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์นั้นเกิดจาก ฟีนอลโมโนเมอร์ทำปฏิกิริยาควบแน่นกับฟอร์มาลดีไฮด์ในตำแหน่ง ออร์โธ หรือ พารา ของวงแหวนเบนซิน กาวทั้งสามชนิดนี้จัดเป็นกาวเรซินประเภทแข็งตัวเมื่อได้รับความร้อน และจะตัดแยกโมเลกุลน้ำออกมาในระหว่างทำปฏิกิริยา ปัจจัยสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาจนก่อตัวเป็นโพลีเมอร์กาวข้างต้นนั้น มีหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิและระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ความเข้มข้นของตัวทำปฏิกิริยาต่าง ๆ และสัดส่วนโมลของฟอร์มาลดีไฮด์ต่อยูเรีย หรือ เมลามีน หรือ ฟีนอล

Tsoumis (1991) รายงานว่า แผ่นเอ็มดีเอฟ เป็นแผ่นไม้ที่มีขอบแน่น และมีเนื้อแผ่นเป็นเนื้อเดียวกัน ตลอดจนสามารถขัดไสตกแต่งหรือเลื่อยเช่นเดียวกับไม้แปรรูปจริงทั่วไป ยังเหมาะสมต่อการนำไปแกะสลักได้ แผ่นามีผิวหน้าที่เรียบจึงสามารถนำไปเคลือบทาสหรือพิมพ์ลายได้ทันที โดยทั่วไปมีการผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟให้มีความหนาตั้งแต่ 6 ถึง 40 มิลลิเมตร สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นเฟอร์นิเจอร์ กั้นผนัง ประตู หน้าต่าง กรอบประตู และทำกล่อง

Maloney (1993) ได้รายงานว่า โรงงานผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟใหม่ ๆ ปัจจุบันสามารถผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟที่มีความหนาบาง ๆ ได้ โดยใช้การอัดแผ่นแบบต่อเนื่อง เช่น เครื่องอัดต่อเนื่องรุ่นใหม่ของ Bison's Mende calendar press เทคโนโลยีการผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟ มีการพัฒนาก้าวหน้าอย่างมากในไม่กี่ปีมานี้จนขณะนี้มีโรงงานผลิตทั่วโลกมากกว่า 100 โรง เมื่อพิจารณาด้านวัตถุดิบการผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟ สามารถใช้ไม้วัตถุดิบผสมชนิดกันได้ดีกว่าการผลิตแผ่นปาร์ติเกิล แต่ก็ต้องคำนึงถึงปัญหาระบบการใช้กาวที่ไม้แต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกัน ส่วนกาวที่นิยมใช้ คือ กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ในการผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟเพื่อใช้งานภายใน และกาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ เพื่อใช้งานภายนอก สำหรับเครื่องบดเยื่อ ปัจจุบันหันมาใช้เครื่องบดที่มีจานบดหมุนแค่จานเดียว ซึ่งอดีตใช้จานบดหมุน ทั้งสองจานเมื่อได้เส้นใยจากเครื่องบดแล้ว การผสมกาวมักนิยมผสมกับเส้นใยทันทีในท่อลมส่งเส้นใย ไปยังเครื่องอบเรียกว่า Blowline Blender นอกจากนี้ Maloney ยังได้รายงานถึงเทคนิคการอัดที่ช่วยพัฒนาให้แผ่นเอ็มดีเอฟมีผิวหน้าที่แข็งขึ้น โดยการใช้การอัดเป็นขั้น ซึ่งขั้นแรกต้องทำการอัดอย่างรวดเร็วให้แผ่นมีความหนามากกว่าความหนาที่ต้องการไว้ 30% ขั้นต่อไป จึงอัดให้แผ่นมีความหนาที่ต้องการไว้วิธีนี้จะทำให้แผ่นที่ได้มีความหนาแน่นสูงที่ชั้นผิว และความหนาแน่นสม่ำเสมอกันที่ชั้นไส้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระพีพันธุ์ และคณะ (2525) ได้รายงานว่า น้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดสบู่ดำ ชาวบ้านในชนบทนำมาใช้ประโยชน์สำหรับจุดไฟเพื่อให้แสงสว่างเช่นเดียวกับเทียนไขในปัจจุบัน น้ำมันสบู่ดำได้ถูกนำมาศึกษาเพื่อใช้ประโยชน์สำหรับเป็นน้ำมันดีเซลทดแทน เพราะให้ค่าพลังงานความร้อน และมีคุณสมบัติทางกายภาพบางอย่างใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม

(ระพีพันธุ์ ภาสบุตร และคณะ. 2525, ผลการวิจัยค้นคว้าการใช้น้ำมันสบู่ดำเป็นพลังงานทดแทนเครื่องยนต์ดีเซล และการศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมีของน้ำมันสบู่ดำเพื่อใช้เป็นพลังงาน. กองเกษตรเคมี และกองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร)

ระพีพันธุ์ และสุขสันต์ (2525) ได้รายงานว่า การขยายพันธุ์สบู่ดำทำได้ 2 วิธี คือ วิธีแรก โดยการเพาะเมล็ดจะได้ต้นที่มีระบบรากแบบ fibrous root system ใช้เวลานานประมาณ 1-1½ ปี จึงเริ่มออกดอกและติดผล ส่วนวิธีที่สองอาศัยการขยายพันธุ์โดยการปักชำกิ่ง จะเริ่มออกดอกหลังการปักชำไปนานประมาณ 4 เดือน ต่อมาอีก 60-90 วัน สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ได้

(ระพีพันธุ์ ภาสบุตร และสุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์. 2526, ผลการวิจัยค้นคว้าการใช้น้ำมันสบู่ดำเป็นพลังงานทดแทนเครื่องยนต์ดีเซล. ชาวเกษตร. 1(17) : 4-12.

นรินทร์ (2526) ได้ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา กายวิภาค และเซลวิทยาของต้นสบู่ดำ และได้รายงานเกี่ยวกับน้ำยางที่พบในส่วนของลำต้นอ่อน ก้านใบ และในบริเวณ bark ของลำต้นที่แก่ มีลักษณะใส ไม่มีสี เมื่อถูกผิวผนังหรือเสื้อผ้าจะเกิดเป็นรอยเปื้อนสีดำ หรือสีน้ำตาลปนแดง ซึ่งยากต่อการล้างออก

(นรินทร์ สมบูรณ์สาร. 2526, การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา กายวิภาคและเซลวิทยาของพืช

ประยูร ห่วงนิกร (2529) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาการปลูกต้นสบู่ดำแปลงใหญ่และการเปลี่ยนรูปเอสเทอร์ของน้ำมันสบู่ดำ ซึ่งในการศึกษาการเปลี่ยนรูปเอสเทอร์ของน้ำมันสบู่ดำ เพื่อจุดประสงค์ที่จะทำน้ำมันเชื้อเพลิง ทดแทนน้ำมันดีเซลและน้ำมันจุดตะเกียง ได้ทำการทดลองระหว่างเดือนกรกฎาคม 2528 ถึงเดือนพฤษภาคม 2529 ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยกลาง วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาเกษตรศาสตร์ โดยใช้น้ำมันสบู่ดำผสมกับเมทิลแอลกอฮอล์ 4 ระดับ คือ 1.0 , 1.5 , 2.0 และ 2.5 เท่าสมมูล โดยใช้โซเดียมไฮดร๊อกไซค์ และโซเดียมเมท๊อกไซด์ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ผลการทดลองปรากฏว่าระดับแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมคือ 2.0 เท่าสมมูล และใช้โซเดียมไฮดร๊อกไซด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ หรือโซเดียมเมท๊อกไซด์ 1.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะเกิดเมทิลเอสเทอร์ 93.94 และ 91.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

วรธรรมและจรัล (2538) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของการดีดคืนและการหดตัวทางความหนาของแผ่นในการผลิตแผ่นใยไม้อัดฉนวนจากชานอ้อย พบว่าปัจจัยเกี่ยวกับความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดฉนวนและการบีบอัดแผ่นให้ได้ความหนาในระดับต่าง ๆ กันขณะทำการผลิต มีอิทธิพลสำคัญต่อการดีดคืนและหดตัวของแผ่นใยไม้อัดฉนวนอย่างมาก นอกจากนี้ยังพบว่า ความละเอียดของเยื่อ ระยะเวลาหลังจากอัดเย็นถึงก่อนอบแห้ง ตารางการอบในเตาอบ และการปรับสภาวะของแผ่นใยไม้อัดฉนวนในกรรมวิธีการผลิตด้วย

วรธรรมและคณะ (2539) ได้ทำการผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟจากวัชพืชชนิดต้นหญ้าสลาบหลวง (หรือกกช้าง หรือธูปฤาษี) ด้วยกรรมวิธีแห้ง เป็นแผ่นชนิดผิวเรียบ 2 หน้า ไม่มี Resin mark โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ ที่สังเคราะห์ขึ้นเองในปริมาณ 13% (เทียบกับน้ำหนักเยื่อแห้ง) และผสมพาราฟินอิมัลชั่นปริมาณ 0.5% (เทียบกับน้ำหนักเยื่อแห้ง) พบว่าแผ่นเอ็มดีเอฟที่พัฒนาได้ มีผิวหน้าที่ละเอียดสม่ำเสมอสวยกว่าแผ่นเอ็มดีเอฟที่ผลิตทางการค้า นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงของแผ่นผ่านเกณฑ์กำหนดของมาตรฐาน JIS A 5906 : Medium Density Fiberboard ได้ดี แต่อย่างไรก็ตามควรทำการปรับปรุงสมบัติความคงขนาดของแผ่นให้ดีขึ้นอีก

วรธรรมและคณะ (2539) ได้ทดลองใช้ไม้มะเกี๋ยง จากจังหวัดลำปางมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดชนิดชั้นเดียวและแผ่นเอ็มดีเอฟชนิดผิวเรียบ 2 หน้า พบว่า แผ่นปาร์ติเกิลจากการใช้กาว UF 10% และพาราฟินอิมัลชั่น 1% (เทียบกับน้ำหนักแห้งของชิ้นไม้) ความแน่นของแผ่นเท่ากับ 750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความหนาของแผ่นเท่ากับ 9 มิลลิเมตร ให้ค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัดเท่ากับ 25.6-25.7 เมกกะพาสกัล มอดุลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 3537-3709 เมกกะพาสกัล ความต้านแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าเท่ากับ 0.59-0.74 เมกกะพาสกัล การพองตัวเมื่อแช่น้ำเท่ากับ 3-5% การดูดซึมน้ำ 2 ชั่วโมงเท่ากับ 19-21% และการดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 44-49% สำหรับแผ่นเอ็มดีเอฟจากไม้มะเกี๋ยงที่ผลิตด้วยกาว UF 13% และใช้พาราฟินอิมัลชั่น ความแน่นและความหนาของแผ่นเช่นเดียวกับแผ่นปาร์ติเกิล พบว่า ได้ค่าความต้านแรงดัดเท่ากับ 36.17 เมกกะพาสกัล มอดุลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 4293 เมกกะพาสกัล ความต้านแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าเท่ากับ 36.17 เมกกะพาสกัล และการพองตัวเมื่อแช่น้ำเท่ากับ 8% สรุปให้เห็นว่าแม้การใช้สภาวะต่าง ๆ ในการผลิตคล้ายคลึงกับการผลิตในโรงงาน ยังทำให้คุณภาพของแผ่นประกอบทั้งสองประเภทดีกว่าเกณฑ์กำหนดของมาตรฐาน และแผ่นทางการค้าอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น ไม้มะเกี๋ยงชนิดนี้ จึงเหมาะสมต่อการนำมาใช้วัตถุดิบเพื่อผลิตแผนวัสดุทดแทนไม้ทั้งสองประเภทได้ดี

วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ (2544 : 370-377) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ฉลากเขียว วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ขนาดของเส้นใย และขนาดของชิ้นหญ้าแฝก ควบคู่กับการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ ปัจจัยความผันแปรของความชื้นของชิ้นหญ้าแฝกก่อนการผสมกาว ปัจจัยด้านความหนาแน่นของแผ่น และปัจจัยของการใช้ปริมาณกาวขนาดต่าง ๆ กัน

ผลการศึกษาพบว่า การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ต้องใช้กาวไอโซไซยาเนต เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของหญ้าแฝกมีความแข็งแรงต่ำ และมีไขเคลือบที่ผิว สภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการพัฒนาแผ่นชิ้นหญ้าแฝก ได้แก่ ระดับปริมาณความชื้น 22% ปริมาณกาว 7% ความหนาแน่นของแผ่นอยู่ระหว่าง 750-800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ. 2544, การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ฉลากเขียว อ้างในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ)

พรพิมล อมรโชติ และคณะ (2545 : 72-81) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาใช้ประโยชน์ไม้สักขนาดเล็กจากสวนป่ามาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดชิ้นไม้สัก ควบคู่กับการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องการผลิต ได้แก่ ปัจจัยชนิดของไม้สัก 2 ชนิด คือ ไม้สักที่มีเปลือกและไม้สักที่ไม่มีเปลือก และปัจจัยการใช้ชนิดของกาวที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ 13% กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ 7% และกาวไอโซไซยาเนต 5% ผลการศึกษาพบว่า ไม้สักที่ไม่มีเปลือกมีแนวโน้มจะให้สมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดดีกว่าไม้สักที่มีเปลือก และการผลิตแผ่นจากการใช้ไม้สักที่ไม่มีเปลือก โดยการใช้กาวไอโซไซยาเนต 5% เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษาผลการศึกษา ถึงแม้ว่าจะไม่มีสภาวะการผลิตใดเลยที่ผ่านค่ามาตรฐานของ JIS A 5908-1994 ทุกค่าก็ตาม แต่สภาวะที่พบว่าเหมาะสมที่สุด คือการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้สักที่ไม่มีเปลือกโดยใช้กาว pMDI 5%

จรัส ช่วยนะ และคณะ (2545 : 113-120) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากเศษไม้ไผ่ค้ำยันเหลือทิ้ง เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษากรรมวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด ผลการศึกษาพบว่าสภาวะการผลิตที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษา คือ การอัดแผ่นที่ความหนาแน่น 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ 13% ซึ่งจะให้ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ผ่านค่ามาตรฐานตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908-1994 เกือบทุกค่า ยกเว้นค่าสมบัติการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ที่มีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าต้องไม่เกิน 12% ดังนั้นเศษไม้ไผ่ค้ำยันเหลือทิ้งจึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด แต่ต้องได้รับการปรับปรุงคุณภาพทางด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำต่อไป (เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดกับเกณฑ์มาตรฐานกำหนดมาตรฐาน JIS A 5908-1994)

ตัวประสาน หรือกาว เป็นปัจจัยหลักอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของแผ่นวัสดุทดแทนไม้ประเภทแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด แผ่นเอ็มดีเอฟ และแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ รวมทั้งแผ่นแถบไม้อัดเรียงเสี้ยนทั้งหมด ดังนั้นก่อนการผลิตแผ่นไม้ประกอบเหล่านี้เป็นอุตสาหกรรมจึงต้องมีการวิจัย ทดลอง ตลอดจนเสาะหาตัวประสานประเภทต่าง ๆ เช่น กาวชนิดต่าง ๆ และซีเมนต์ เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการผลิต นอกจากข้อพิจารณาด้านคุณภาพของแผ่นที่ผลิตให้ได้ดีแล้ว ราคาต้นทุนการผลิตนับเป็นปัญหาที่สำคัญต่ออุตสาหกรรม ราคาของตัวประสาน มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตอย่างมาก เพราะนอกจากไม้วัตถุดิบแล้ว ตัวประสานเป็น

วัตถุดิบที่สำคัญรองลงมา มีการใช้ปริมาณที่มาก และมักมีราคาแพง สารเติมแต่งที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดและแผ่นเอ็มดีเอฟนั้น ส่วนใหญ่ใช้ขี้ผึ้ง หรือจะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สารเคลือบผิวกันซึม ขี้ผึ้งนี้แทบจะกล่าวได้ว่าใช้กับแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดทุกประเภททุกโรงงาน สารเติมแต่งชนิดอื่นที่มีใช้กันบ้าง ได้แก่ สารรักษาเนื้อไม้ และสารหน่วงไฟ เป็นต้น ปัจจัยที่เกี่ยวกับชนิดไม้ซึ่งควรพิจาณา และเกี่ยวข้องการหาปริมาณสารกันซึมที่จะใช้ผสมให้ได้ผลการกันซึมที่ดี คือ ความถ่วงจำเพาะของไม้ ความเป็นกรดเป็นด่างของไม้ ยางไม้ โครงสร้างภายในของไม้ และรูปทรงของชิ้นไม้หรือเส้นใย เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น โครงสร้างของไม้ที่ต่างกัน บางชนิดมียางเรซินตามธรรมชาติ หรือ มีสารแทรกคล้ายขี้ผึ้งอยู่ ย่อมช่วยให้ไม้ชนิดนั้น มีคุณสมบัติการต้านทานน้ำด้วย (วรธรรม, 2541)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมแผ่นไม้ประกอบ โดยเฉพาะขบวนการผลิตที่ใช้กรรมวิธีแห้ง จำเป็นต้องอาศัยกาวสังเคราะห์เป็นตัวประสานที่สำคัญ กาวสังเคราะห์ใช้กันมากในอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด มี 3 ชนิด คือ กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ รองลงมาคือ กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวเมลามีน-ฟอร์มาลดีไฮด์ สำหรับกาวแทนนิน และกาวที่ได้จากน้ำยาที่ผ่านการต้มเยื่อแบบซัลไฟต์ ก็ยังพบว่ามีการใช้อยู่บ้าง แต่น้อยมาก เนื่องจากกาวสังเคราะห์ข้างต้นทั้ง 3 ชนิด ยังมีใช้กันอยู่มาก และสะดวกกว่า (Maloney, 1993)

Kollmann และ คณะ (1975) ได้กล่าวว่า การพัฒนาอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดโดยการลดระยะเวลาในการแข็งตัวเป็นสิ่งจำเป็นเพราะจะเป็นการเพิ่มการผลิตออกมามากขึ้น การทำให้ระยะเวลาแข็งตัวของกาวสั้นขึ้น มี 3 แนวทาง คือ หนึ่ง เพิ่มอุณหภูมิในการอัด สอง เพิ่มความเร็วในการอัด สาม ทำให้ผิวหน้าของแผ่นเปียกหมาด ๆ ก่อนเข้าทำการอัดร้อน ความชื้นแผ่นชิ้นไม้ที่สัมผัสกับแท่นอัดร้อน ส่งผลถึง 2 ลักษณะ ต่อขั้นตอนการแข็งตัวของกาว คือ ประการแรก ทำให้กาวเรซินเจือจางลงโดยน้ำจะไปขวางกั้นการเกิดเป็นวุ้น ทำให้สามารถหน่วงการเกิดการแข็งตัวของกาวก่อน ประการที่สอง ไอน้ำที่เกิดขึ้นในบริเวณด้านนอกของแผ่นจะช่วยปรับปรุงให้เกิดการเคลื่อนย้ายความร้อนไปยังชั้นไส้ได้ดีขึ้น นอกจากนี้การใช้กาวที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อกาวสูงจะส่งผลให้ระยะเวลาการแข็งตัวเร็วขึ้น ส่วนใหญ่ที่เหมาะสมคือ 40% และ 50%

(Kollmann, F.F.P., E.W. Kuenzi and A.J. Stamm. 1975 **Principles of Wood Science and Technology**. Vol.II. Springer-Verlag, New York.pp. 312-550.)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

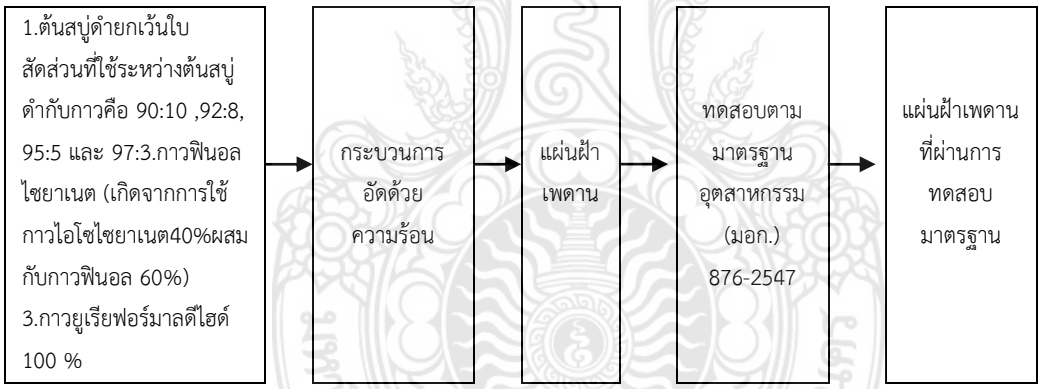
การวิจัยการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน T-Bar ทำจากต้นสบู่ดำเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสารและวิธีการทดลองในรูปแบบอื่นที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยงานวิจัยที่ทำการทดลอง ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลองโดยมุ่งเน้นการใช้สัดส่วนระหว่างวัสดุกับกาว โดยมีสัดส่วนดังต่อไปนี้ 90:10, 92:8, 95:5 และ 97:3 โดยกำหนดแนวทางวิธีดำเนินการวิจัยตามรายละเอียดในหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 กระบวนการดำเนินการวิจัย
3.2 การเก็บและรวบรวมข้อมูล
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 กระบวนการดำเนินการวิจัย

3.1.1 กระบวนการวิจัย ในการทดลองผู้วิจัยได้แบ่งออกขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ตามสัดส่วนระหว่างสบู่ดำกับกาวดังต่อไปนี้ 90:10 , 92:8, 95:5 และ 97:3 ดังแผนภาพที่ 3.1

แผนภาพที่ 3.1 กระบวนการทดลองการผลิตแผ่นฝ้าเพดาน T-bar



ทำการอัด 3 แผ่น เมื่อได้แผ่นฝ้าทั้ง 3 แผ่นแล้ว จากนั้นก็นำไปทำการทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 876-2547) และใช้กระบวนการทางสถิติช่วยในการทดสอบ

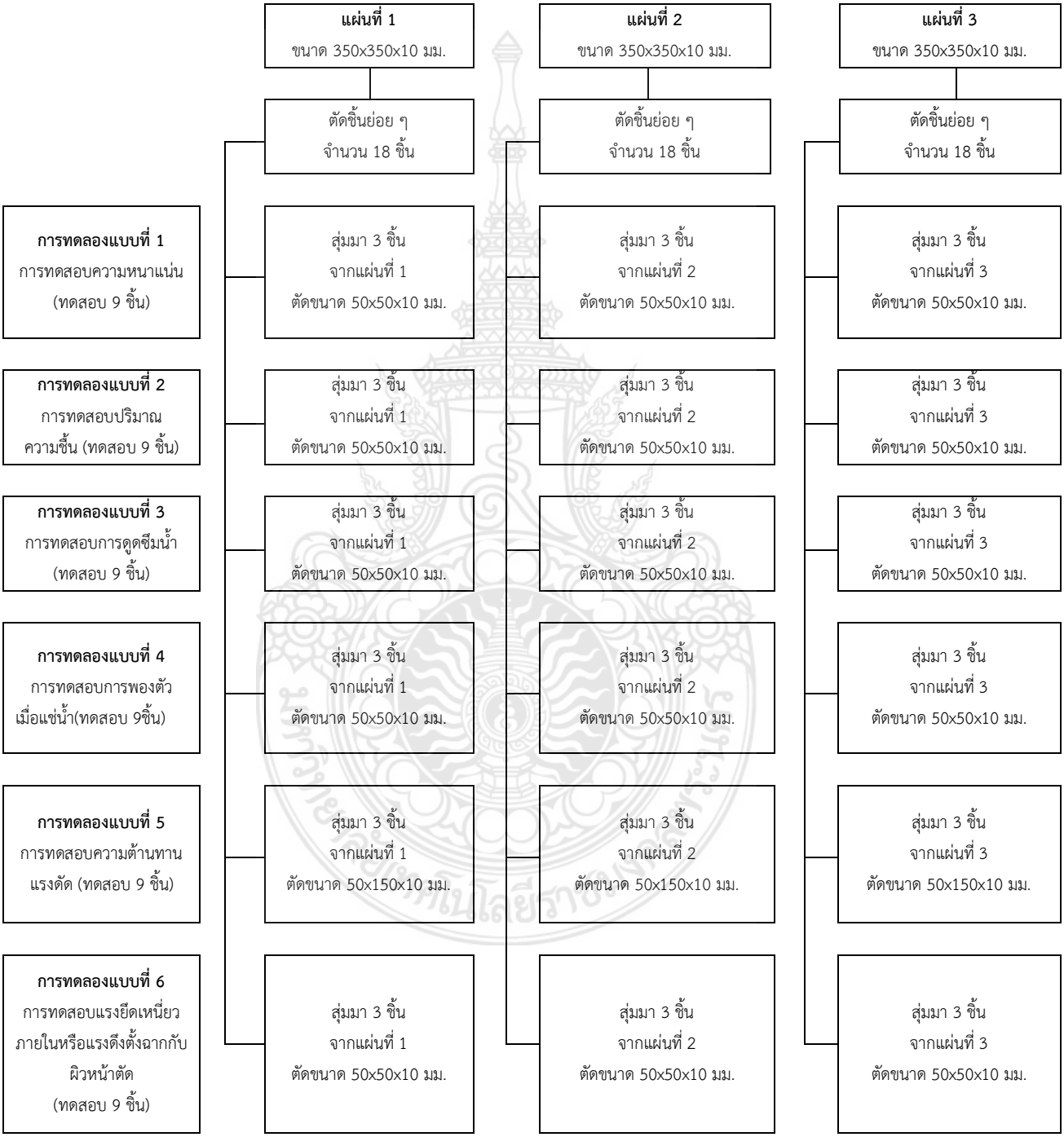
การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

1.ค่าความหนาแน่น (Density)	0.40 – 0.90	กรัม/ลบ.ซม.
2.ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)	5 – 13	เปอร์เซ็นต์
3.การดูดซึมน้ำ (Water Assumption)	-	เปอร์เซ็นต์
4.การพองตัวเมื่อแช่น้ำ(Thickness Swelling)ตามความหนาไม่เกิน	12	เปอร์เซ็นต์
5.ความต้านแรงดัด (Bending Strength)	18	นิวตัน/ตร.มม.
6.มอดุรัสยืดหยุ่นต้องไม่ต่ำกว่า	1800	นิวตัน/ตร.มม.
7.ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าต้องไม่ต่ำกว่า	0.40	นิวตัน/ตร.มม.
8.ความยึดแน่นของผิวหน้าต้องไม่ต่ำกว่า	0.6	นิวตัน/ตร.มม.

3.1.2 ขั้นตอนการทดสอบแผ่น ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) ดังแผนภาพที่ 3.2

อัดแผ่นฝ้าเพดานที่ทำจากต้นสบู่ดำ 3 แผ่นใหญ่ ขนาด 400x400x10 มิลลิเมตร และตัดขอบข้างให้เหลือขนาดประมาณ 350x350x10 มิลลิเมตร

แผนภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการทดสอบแผ่น ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)



ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

วัตถุประสงค์	**แผนงานวิจัย** (ระบุช่วงระยะเวลาของการดำเนินการเป็นเดือน 1-12)	**นักวิจัยที่รับผิดชอบ**	**ผลงานที่คาดว่าจะได้รับ**	
			เดือนที่ 1-6	**เดือนที่ 7-12**
1. 1. เพื่อคัดกรองวัตถุดิบอันได้แก่ ต้นสบู่ดำ	เดือนที่ 1-3 กิจกรรม 1.การเตรียมวัตถุดิบอันได้แก่ เศษวัสดุจากต้นสบู่ดำ 2.นำเศษวัสดุต้นสบู่ดำไปตากแห้งแล้วเข้าเครื่องย่อย 3.นำเศษวัสดุต้นสบู่ดำไปร่อนเอาฝุ่นละอองออก วัสดุอุปกรณ์ วัสดุ ได้แก่ เศษวัสดุต้นสบู่ดำ อุปกรณ์ ได้แก่เครื่องย่อย เครื่องร่อน	ดร. ผกามาศ ชูสิทธิ์ ดร.ภาณุเดช ขัดเงางาม	1. ได้กระบวนการย่อยขนาดวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย 2. ได้วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย	1. 1. เพื่อคัดกรองวัตถุดิบอันได้แก่ ต้นสบู่ดำ
2. 2.เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการอัดแผ่นฝ้าเพดานที่ทำจากต้นสบู่ดำกระบวนการอัดร้อน	เดือนที่ 4-6 กิจกรรม 1. นำวัตถุดิบอันได้แก่สบู่ดำไปผสมกับกาวฟินอลไซยาเนตและกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 2.นำเข้าเครื่องคลุกผสม 3.นำสบู่ดำที่ผสมกับกาวแล้วไปโรยในบล็อกไม้ซึ่งรองด้วยเหล็กแผ่นและแผ่นเทปล่อน 4.เข้าเครื่องอัดร้อน **วัสดุอุปกรณ์ ประกอบด้วย** 1.แผ่นเทปล่อน 2.กาวฟินอลไซยาเนต 3.กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 4.แผ่นเหล็กรองพื้น 5. กล่องไม้ 6. เครื่องผสม 7.เครื่องพ่น ใช้เครื่องพ่นที่ประกอบด้วยกาพ่นสีและเครื่องปั๊มลม การพ่นใช้แบบมีอากาศผสม โดยกาวจะถูกทำให้เป็นละอองด้วยแรงอัดอากาศจากปั๊มลมผ่านหัวพ่นลมทั้งอากาศและส่วนผสมกาวจะถูกขับออกจากหัวพ่นด้วยแรงดันประมาณ 138 – 141กิโลปาสคาล หรือคิดเป็นแรงดันอากาศที่ออกจากหัวพ่นประมาณ 276-689 กิโลปาสคาล การพ่นที่เหมาะสมต้องปรับอากาศเข้าให้พอดีกับแรงดันทั้งระบบ เนื่องจากหากให้อากาศเข้ามาก อากาศที่มีแรงดันที่สูงเกินไปจะส่งผลทำให้ลดขนสดของละอองกาวที่ไปสัมผัสกับชิ้นงานไม้ได้น้อยลง	ดร. ผกามาศ ชูสิทธิ์ ดร.ภาณุเดช ขัดเงางาม	1. อัตราส่วนผสมสารเติมแต่งที่เหมาะสม 2. ได้รูปแบบตัวอย่าง	2. 2.เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการอัดแผ่นฝ้าเพดานที่ทำจากต้นสบู่ดำ

	8. เครื่องอัดร้อน ในที่นี้ใช้เครื่องอัดร้อนที่ ผลิตจากบริษัทน่ำเฮง ไม่ปรากฏรุ่น โดยมี สเปคดังนี้ 1.แรงอัดสูง 250 ปอนด์/ตารางนิ้ว 2. ความร้อนสูงสุด ประมาณ 200 องศาเซลเซียส 3. อัดได้ครั้งละ1 แผ่น ขนาดสูงสุด 70x70 เซนติเมตร หนาสูงสุด 1นิ้ว			
3. เพื่อทดสอบแผ่นประกอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (876-2547)	เดือนที่ 6-10 กิจกรรม 1. การทดสอบหาค่าความชื้น (Water Content) และความหนาแน่น (Density) 2. การทดสอบหาค่าการดูดซึมและพองตัว เมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling) 3. การทดสอบหาค่าแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond) 4. การทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) และมอดุลัสยืดหยุ่น **วัสดุอุปกรณ์** 1.เครื่องวัดความชื้น 2. เตาไฟฟ้าและแป้นเหล็ก 3 กาว 4.เครื่องทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน ความต้านทานแรงดัดและ โมดุลัสยืดหยุ่น 5.อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบการดูดซึมน้ำและการพองตัว ได้แก่ ถาด ถังน้ำ น้ำ ตะแกรงเหล็ก 6.เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ **กระบวนการหาความกว้าง ความยาวและโค้งงอของเส้นใย** โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1.ต้นสบู่ดำ ตัดเป็นท่อน 2.กระบวนการต้มด้วยหม้อต้มแรงดัน 3.เครื่องตีเยื่อ 4.เครื่องกระจายเยื่อ 5.หาความชื้นและวัดค่าโดยใช้เครื่องวัดเส้นใย **วัสดุอุปกรณ์** 1.เครื่องอ่านค่าความกว้าง ยาว และโค้งงอ ของเส้นใย	ดร. ผกามาศ ชูสิทธิ์ ดร.ภาณุเดช ขัดเงางาม		3. เพื่อทดสอบแผ่นประกอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (876-2547) 1. ได้ค่าการดูดซึมและพองตัว เมื่อแช่น้ำ 2. ได้คุณสมบัติความแข็งของพื้นผิว

	2.เครื่องตีเยื่อ 3 เครื่องกระจายเยื่อ 4.หม้อต้มแรงดัน 5.เครื่องปั๊มลม			
4.เพื่อสรุปผลการวิจัย	เดือนที่ 11-12 กิจกรรม 1.สรุปผลการทดลอง 2.รายงานผลการทดลอง	ดร. ผกามาศ ชูสิทธิ์ ดร.ภาณุเดช ขัดเงางาม		4.สรุปผลการวิจัย

3.1.1 การวัดขนาดความกว้าง ยาว และโค้งงอของเส้นใย

โดยการนำเยื่อที่สกัดได้ ประมาณ 5 กรัม เข้าเครื่องอ่านค่าและหาค่าเฉลี่ยโดยการวัด

ความกว้าง

ความยาว

ความโค้งงอ

3.1.2 การวิเคราะห์ต้นทุน

วิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ประกอบด้วย

3.1.2.1 ค่าวัสดุ ได้แก่ สบู่ดำที่ผ่านการตากแห้งแล้ว

3.1.2.2 กาว ได้แก่

กาวไอโซไซยาเนต 40 %

กาวฟีนอลไซยาเนต60%

นำกาว 2 ชนิดมาผสมกัน

กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 100%

3.1.2.3 ทดสอบการ ใช้ปริมาณกาว ในการอัดต่อแผ่น

3.1.2.4 ค่าไฟ

3.1.2.5 สรุป ค่าใช้จ่ายทั้งหมด อันได้แก่

1.ค่าวัสดุได้แก่สบู่ดำเมื่อแห้ง

2.ค่ากาวฟีนอลไซยาเนต และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

3. ค่าไฟที่ใช้ในการอัด

3.1.2.6 เปรียบเทียบ ราคาจำหน่ายในท้องตลาดระหว่าง แผ่นยิปซัมบอรด์ ขนาด 60X60x1 เซนติเมตร กับแผ่นที่ทำด้วยสบู่ดำ

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 การเก็บแผ่นฝ้าเพดาน T –Bar โดยอัดมา 3 แผ่นใหญ่ ซึ่ง 1 แผ่นใหญ่ ตัด 18 ชิ้น รวม 3แผ่น ตัดได้ 54 ชิ้น(โดย 1 การทดลองใช้ 9 ชิ้น ทำการทดสอบ 6 การทดลอง ใช้ 54 ชิ้น (**การทดลองได้แก่ แบบ 1** การทดสอบความหนาแน่น (ทดสอบ 9 ชิ้น) **การทดลองแบบที่ 2** การทดสอบปริมาณความชื้น (ทดสอบ 9 ชิ้น) **การทดลองแบบที่ 3**การทดสอบการดูดซึมน้ำ (ทดสอบ 9 ชิ้น) **การทดลองแบบที่ 4**การทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (ทดสอบ 9 ชิ้น) **การทดลองแบบที่ 5**การทดสอบความต้านทานแรงดัด (ทดสอบ 9 ชิ้น) **การทดลองแบบที่ 6** การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายในหรือแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตัด (ทดสอบ 9 ชิ้น)

3.2.2 การวัดขนาดความกว้าง ยาว และโค้งงอของเส้นใย

นำเยื้อในปริมาณ 5 กรัมมาเข้าเครื่องทดสอบความชื้นและเข้าเครื่องวัดความกว้าง ยาว หนาของเส้นใย

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 นำแผ่นทดสอบ จำนวน 54 ชิ้น ไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยผ่านกระบวนการทางสถิติและใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล โปรแกรม Excel โดยมีหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. จากการขึ้นรูปแผ่นทดสอบ 3 แผ่นใหญ่ ขนาด 350x350x10 มม.^{3}
2. ตัดแผ่นทดสอบ แผ่นที่ 1 จำนวน 18 ชิ้นย่อย โดยตัดขนาด 50x50x10 มม.^{3} จำนวน 15 ชิ้น ขนาด 50x150x10 มม.^{3} จำนวน 3 ชิ้น รวม 18 ชิ้น
3. ตัดแผ่นทดสอบ แผ่นที่ 2 จำนวน 18 ชิ้นย่อย โดยตัดขนาด 50x50x10 มม.^{3} จำนวน 15 ชิ้น ขนาด 50x150x10 มม.^{3} จำนวน 3 ชิ้น รวม 18 ชิ้น
4. ตัดแผ่นทดสอบ แผ่นที่ 3 จำนวน 18 ชิ้นย่อย โดยตัดขนาด 50x50x10 มม.^{3} จำนวน 15 ชิ้น ขนาด 50x150x10 มม.^{3} จำนวน 3 ชิ้น รวม 18 ชิ้น
5. การทดลองแบบที่ 1 การทดสอบความหนาแน่น โดย
   สุ่มแผ่นทดสอบจากชิ้นย่อยในแผ่นที่ 1 จำนวน 3 ชิ้น ขนาด 50x50x10 มม.^{3}
   สุ่มแผ่นทดสอบจากชิ้นย่อยในแผ่นที่ 2 จำนวน 3 ชิ้น ขนาด 50x50x10 มม.^{3}
   สุ่มแผ่นทดสอบจากชิ้นย่อยในแผ่นที่ 3 จำนวน 3 ชิ้น ขนาด 50x50x10 มม.^{3}
   รวม 9 ชิ้น แล้วนำไปหาค่าร้อยละและหาค่าเฉลี่ย
6. การทดลองแบบที่ 2 การทดสอบปริมาณความชื้น โดยหาค่าเฉลี่ย
7. การทดลองแบบที่ 3 การทดสอบการดูดซึมน้ำ
8. การทดลองแบบที่ 4 การทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ
9. การทดลองแบบที่ 5 การทดสอบความต้านทานแรงดัด ขนาด 50x150x10 มม.^{3}
10. การทดลองแบบที่ 6 การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายในหรือแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า
    รวมการทดลอง 6 แบบ แบบละ 9 ชิ้น รวม 54 ชิ้น

3.3.2 นำเยื้อในปริมาณ 5 กรัม เข้าเครื่องวัดเพื่อหาความกว้าง ยาว หนา แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และหาค่าร้อยละ(ธานินทร์ ศิลป์จารุ : 2549)

1 ค่าร้อยละ (%)

2 ค่าเฉลี่ย ใช้สูตร (ธานินทร์ ศิลป์จารุ :2549)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N แทน จำนวนประชากร

3.4.2. การเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับสัดส่วน 90:10 , 92:8, 95:5 และ 97:3

3.4.3 เลือกสัดส่วนแผ่นทดสอบที่เข้าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 876-2547) มากที่สุด

มาตรฐานของแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) หมายถึง ค่าที่กำหนดคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติ ของแผ่นเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบของแผ่น ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่กำหนดชั้นคุณภาพของแผ่น ได้แก่

คุณสมบัติทางกายสมบัติ ประกอบด้วย

1.ค่าความหนาแน่น (Density)	0.40 - 0.90	กรัม/ลบ.ซม.
2.ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)	4 - 13	%
3.การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)	-	
4.การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)	12	%

คุณสมบัติทางกลสมบัติ ประกอบด้วย

1. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)	14	นิวตัน/ตร.มม. (MPa)
2. มอดุลัสยืดหยุ่นต้องไม่ต่ำกว่า	1800	นิวตัน/ตร.มม. (MPa)
3. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)ต้องไม่ต่ำกว่า หรือความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	0.4	นิวตัน/ตร.มม. (MPa)

หมายเหตุ 1 เมกกะปาสคาล (MPa) = 1 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร (N/mm^2)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การผลิตแผ่นฝ้าเพดาน ที่ทำจากต้นสบู่ดำ เป็นการนำเอาต้นสบู่ดำ มาใช้ประโยชน์ โดยนำไปทำอัดเป็นแผ่น เพื่อนำไปใช้เป็นแผ่นฝ้าเพดาน ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้ คือ

4.1 ผลการทดสอบ การขึ้นรูปแผ่นฝ้าเพดาน ได้แก่

4.1.1 การหาขนาดของวัสดุที่เหมาะสมในการอัด

4.1.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการอัดร้อน

4.1.3 ความหนาแน่นที่เหมาะสมที่ใช้ในอัตราส่วนผสมของวัสดุ

4.1.4 ขนาดของแผ่นทดสอบ

4.1.5 ปริมาณความชื้นของวัสดุก่อนอัดแผ่น

4.1.6 ปริมาณกาวฟินอลไซยาเนต ที่ใช้ในการผสมกับต้นสบู่ดำ

4.1.7 ปริมาณยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ใช้ในการผสมกับต้นสบู่ดำ

4.18 แรงดันที่ใช้ในการอัดแผ่นฝ้าเพดาน

4.1.9 การตัดแผ่นทดสอบ

4.2 ผลการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

4.2.1 การทดสอบหาค่าความชื้น (Water Content) และความหนาแน่น (Density)

4.2.2 การทดสอบหาค่าการดูดซึมและพองตัว เมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)

4.2.3 การทดสอบหาค่าแรงยึดเหนี่ยวภายในหรือแรงดึง(Internal Bond)

4.2.4 การทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) และมอดุลัสยืดหยุ่น

4.1 ผลการทดสอบ การขึ้นรูปแผ่นฝ้าเพดาน

4.1.1 การหาขนาดของวัสดุที่เหมาะสมในการอัดแผ่นฝ้าเพดาน

จากการทดสอบพบว่า ขนาดที่เหมาะสมที่ใช้ในการอัดแผ่นฝ้าเพดานได้ดีที่สุด คือ ขนาดไม่เกิน 2 เซนติเมตร

จากการทดสอบใช้ ขนาด 3-4 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร ตามลำดับ พบว่า วัสดุเกิดการกระจายตัวไม่ดีเท่าที่ควร มีการกระจุกตัวอยู่บริเวณจุดใดจุดหนึ่งของแผ่นทดสอบ ทำให้บริเวณที่มีการกระจุกตัวมากเกิดอาการบวม นูน หรือมีลักษณะโปร่งพอง

4.1.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการอัดร้อน

ในการทดสอบ อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการอัดร้อน อยู่ที่ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้ในการอัด 5-7 นาที

จากการทดสอบที่อุณหภูมิ 100-118 องศาเซลเซียส พบว่า แผ่นทดสอบที่อัดได้มีลักษณะไม่เรียบ มีการหลุดลุ่ยของวัสดุ คือ ต้นสบู่ดำผิวหยาบไม่เรียบ

จากการทดสอบที่อุณหภูมิ 125-140 องศาเซลเซียส พบว่า แผ่นมีลักษณะบิดงอ สีคล้ำ ไหม้ เนื่องจากให้ความร้อนสูงเกินไป

4.1.3 ความหนาแน่นที่เหมาะสมที่ใช้ในอัตราส่วนผสมของวัสดุ

ความหนาแน่น (Density) (กรัม/ลบ.ซม.) ที่เหมาะสมที่ใช้ในการอัดส่วนผสมของวัสดุ จะอยู่ที่ 0.80 กรัม/ลบ.ซม. ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ มอก. 876-2547) กำหนดไว้ที่ 0.40-0.90 กรัม/ลบ.ซม. ซึ่งทำให้ผิวเรียบสม่ำเสมอ สังเกตที่ผิวของแผ่นจะเห็นได้ว่าการเรียงตัวของวัสดุ จะเรียงอย่างเป็นระเบียบใกล้ชิดติดกัน

ซึ่งจากการทดสอบโดยใช้ความหนาแน่นที่ 0.70-0.78 พบว่า แผ่นฝ้าเพดานจะไม่เรียบและลีบเป็นบางส่วน ผิวจะอ่อนนุ่ม ไม่แข็งตัว จากการทดสอบโดยใช้ความหนาแน่นที่ 0.85-0.90 พบว่า แผ่นมีลักษณะแบน แข็ง กรอบ แต่จะขยายออกด้านข้าง และโก่งงอ หลังจากที่อัดร้อนแล้ว และทำการปรับสภาพประมาณ 7 วัน

4.1.4 ขนาดของแผ่นทดสอบ

แผ่นที่ทดสอบที่อัดขึ้นรูปจะมีขนาด 400x400x10 มิลลิเมตร และทำการตัดขอบข้างจะเหลือขนาด 350x350x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 3 แผ่น แล้วทิ้งไว้ เพื่อปรับสภาพ 7 วัน จากนั้นก็จะทำการตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อทำการทดสอบ โดยแผ่นที่ 1 ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 15 ชิ้น ขนาด 50x150x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 3 ชิ้น รวม 18 ชิ้น แผ่นที่ 2 ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 15 ชิ้น ขนาด 50x150x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 3 ชิ้น รวม 18 ชิ้นแผ่นที่ 3 ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 15 ชิ้น ขนาด 50x150x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 3 ชิ้น รวม 18 ชิ้น รวมทั้งสิ้น 54 ชิ้น ทดสอบ 6 แบบ แบบละ 9 ชิ้น โดยสุ่มจากแผ่นที่ 1-3 อย่างละ 3 ชิ้น รวม 9 ชิ้น ต่อ 1 การทดสอบ (การทดสอบอัดขึ้นรูปโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ กระบวนการอัดเหมือนกับกาวฟินอลไซยาเนต)

4.1.5 ปริมาณความชื้นของวัสดุก่อนอัดแผ่นฝ้าเพดาน

วัสดุก่อนอัด ได้แก่ การสุ่มตรวจวัสดุ 3 ครั้ง ซึ่งปริมาณที่ใช้ในแต่ละครั้งประมาณ 1-5 กรัม โดยเข้าเครื่องทดสอบความชื้นแล้วหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของวัสดุก่อนทำการอัดที่สัดส่วน 90:10

(ต้นสบู่ดำ 90% ต่อ กาวฟินอลไซยาเนต PC 10 % : ต้นสบู่ดำ 90% ต่อ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ UF 10 %)

การทดสอบครั้งที่	ขนาดของวัสดุ (ต้นสบู่ดำ)	ค่าความชื้น (%)		ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้น (%)		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) (%)
		PC*	UF*	PC	UF	
1	1-5 กรัม	9.80	9.81	9.83	9.84	4-13%
2	1-5 กรัม	9.84	9.85			
3	1-5 กรัม	9.86	9.87			

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

การหาค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของ PC = $\frac{9.80+9.84+9.86}{3}$ = 9.83 %

การหาค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของ UF = $\frac{9.81+9.85+9.87}{3}$ = 9.84 %

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของผลจาก PC เท่ากับ 9.83% กับค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของผลจาก UF เท่ากับ 9.84 % ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มอก. 876-2547) ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ กำหนดค่าปริมาณความชื้น อยู่ในช่วง 4-13% ในกรณีที่ปริมาณความชื้นไม่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่ออัดออกมาแล้ว แผ่นฝ้าเพดานอาคารจะมีลักษณะนี้ บวม นูน เป็นคลื่น เพราะวัสดุมีปริมาณความชื้นที่สูง

4.1.6 ปริมาณกาวฟินอลไซยาเนต (PC) ที่ใช้ในการผสมกับต้นสบู่ดำปริมาณกาวฟินอลไซยาเนต 10% ต้นสบู่ดำ 90% แผ่นที่อัดมีผิวที่เหนียวหนืด และอ่อน ไม่แข็งแรง แสดงว่าใช้กาวมากเกินไป

ปริมาณยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) ที่ใช้ในการผสมกับต้นสบู่ดำปริมาณยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์10% ต้นสบู่ดำ 90% แผ่นที่อัดมีผิวเรียบสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น การเรียงตัวของวัสดุเป็นระเบียบ มีระยะใกล้เคียงกัน

4.1.7 แรงดันที่ใช้ในการอัดแผ่นที่เหมาะสมที่สุดทั้งผลของ PC และ UF อยู่ที่ 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จะได้แผ่นทดสอบที่มีผิวเรียบ มีขนาดความหนาเท่าๆ กันตลอดทั้งแผ่นไม่เปื่อยยุ่ย

จากการทดสอบใช้แรงดันที่ 120-145 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระหว่างที่ทำการปรับสภาพของแผ่นทดสอบ 7 วัน พบว่า ความหนาของแผ่นจะขยายตัวหรือพองตัว

จากการทดสอบใช้แรงดันที่ 155-160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระหว่างที่ทำการปรับสภาพของแผ่นทดสอบ 7 วัน พบว่า ผิวจะแข็ง วัสดุจะเบียดออกทางด้านข้าง และเกิดการบิดงอ

4.1.8 การตัดแผ่นทดสอบ

ตัดแผ่นทดสอบ เพื่อทำการทดสอบ ดังนี้

การทดสอบทางกายสมบัติ

แผ่นที่ 1 ทดสอบความหนาแน่น (Density) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 2 ทดสอบปริมาณความชื้น (Water Content) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 3 ทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 4 ทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

การทดสอบทางกลสมบัติ

แผ่นที่ 5 ทดสอบความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) และมอดุลัสยืดหยุ่น ตัดขนาด 50x150x10 มม.^{3} จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 6 ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond) หรือแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตัด ขนาด 50x50x10 มม.^{3} จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

หมายเหตุ ในการทดสอบจะทำการทดสอบ 6 แบบ โดยในแต่ละแบบจะทำการสุ่มตัวอย่างจากแผ่นฝ้าเพดานที่อัดได้ จำนวน 3 แผ่น ในแต่ละแผ่น จะสุ่มมาอย่างละ 3 ชิ้น รวม 9 ชิ้น ต่อ 1 การทดสอบ การทดสอบทั้งหมด มี 6 การทดสอบ ทดสอบครั้งละ 9 ชิ้น ต้องใช้แผ่นทดสอบทั้งสิ้น 54 ชิ้นต่อผลของ PC และอีก 54 ชิ้นต่อผลของ UF

4.2 ผลการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

4.2.1 การทดสอบหาค่าความชื้น (Water Content) และความหนาแน่น (Density) หลังการอัด

ตารางที่ 4.2 แสดงการทดสอบหาค่าความชื้น และความหนาแน่น

สบู่ดำแผ่นที่	การทดสอบซ้ำครั้งที่	ค่าความชื้น (MC) (%)		ความหนาแน่น (D) กรัม/ลบ.ซม.	
		PC*	UF*	PC	UF
1	1	9.40	9.45	0.850	0.851
	2	8.90	8.95	0.828	0.830
	3	9.45	9.50	0.716	0.719
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	9.25	9.30	0.798	0.800
2	1	8.08	8.10	0.856	0.857
	2	7.79	7.83	0.909	0.912
	3	8.93	8.96	0.780	0.782
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	8.26	8.29	0.848	0.850
3	1	8.45	8.47	0.846	0.848
	2	7.95	7.97	0.908	0.909
	3	8.49	8.52	0.788	0.790
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	8.29	8.32	0.847	0.849
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**8.60**	**8.63**	**0.831**	**0.833**

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความชื้น (MC) ของ PC = $\frac{9.25+8.26+8.29}{3}$ = 8.60 %

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความหนาแน่นของ PC = $\frac{0.798+0.848+0.847}{3}$ = 0.831 กรัม/ลบ.ซม.

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความชื้น (MC) ของ UF = $\frac{9.30+8.29+8.32}{3}$ = 8.63 %

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความหนาแน่นของ UF = $\frac{0.80+0.850+0.847}{3}$ = 0.833 กรัม/ลบ.ซม.

จากตารางที่ 4.2 พบว่าการทดสอบค่าความชื้น (MC) ของ PC ได้ 8.60% (มอก. กำหนดที่ 4-13%) ทดสอบความหนาแน่นของ PC ได้ค่าเฉลี่ยรวม 0.831 กรัม/ลบ.ซม. (มอก. กำหนดที่ 0.40-0.90 กรัม/ลบ.ซม.) ซึ่งถือว่าผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (876-2547) ส่วนการทดสอบ

ความชื้นของ (MC) ของ UF ได้ 8.63% (มอก. กำหนดที่ 4-13%) ทดสอบความหนาแน่นของ UF ได้ค่าเฉลี่ยรวม 0.833 กรัม/ลบ.ซม. (มอก. กำหนดที่ 0.40-0.90 กรัม/ลบ.ซม.) ซึ่งถือว่าผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (876-2547)

4.2.2 การทดสอบหาค่าการพองตัว เมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling) และการดูดซึมน้ำ

ในการทดสอบหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำ ดังในตารางที่ 4.3 การทดสอบหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำและการดูดซึมน้ำ สรุปผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำและการดูดซึมน้ำของแผ่นสบู่ดำ

ตารางที่ 4.3 การทดสอบหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำและการดูดซึมน้ำ

สบู่ดำ แผ่นที่	การทดสอบซ้ำ ครั้งที่	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (%)		การดูดซึมน้ำ กรัม/ลบ.ซม.	
		แช่น้ำที่ 2 ชม.		แช่น้ำที่ 2 ชม.	
		PC	UF	PC	UF
1	1	7.65	7.67	11.60	11.65
	2	9.50	9.55	14.10	14.10
	3	10.50	10.53	17.60	17.63
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	9.21	9.25	14.43	14.47
2	1	7.48	7.47	12.98	12.99
	2	9.64	9.66	14.99	15.00
	3	9.10	9.12	13.88	13.91
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	8.74	8.75	13.95	13.96
3	1	8.60	8.62	13.76	13.78
	2	8.79	8.80	15.28	15.30
	3	9.14	9.18	14.88	14.89
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	8.84	8.86	14.63	14.65
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**8.93**	**8.95**	**14.34**	**14.36**

สูตรการหาค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำ $= \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ - ความหนาก่อนแช่น้ำ}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ}} \times 100$

สูตร การหาค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำ $= \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ - น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}} \times 100$

การหาค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำและการดูดซึมน้ำของ PC

ค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ของ PC $= \frac{9.21+8.74+8.84}{3} = 8.93\ \%$

ค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ของ PC $= \frac{14.43+13.98+14.68}{3} = 14.34$ กรัม/ลบ.ซม.

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลของ PC กับแผ่นฝ้าเพดานมี
การพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ค่าที่ได้ 9.13% (มอก. กำหนดไว้ไม่เกิน 12%)
การดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ค่าที่ได้ 14.34 กรัม/ลบ.ซม. (มอก. ไม่ได้กำหนดไว้)

การหาค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำและการดูดซึมน้ำของ UF

ค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ของ UF $= \frac{9.25+8.75+8.86}{3} = 8.95$ %

ค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ของ UF $= \frac{14.47+13.96+14.65}{3} = 14.36$ กรัม/ลบ.ซม.

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลของ UF กับแผ่นฝ้าเพดานมี
การพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ค่าที่ได้ 8.95 % (มอก. กำหนดไว้ไม่เกิน 12%)
การดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ค่าที่ได้ 14.36 กรัม/ลบ.ซม. (มอก. ไม่ได้กำหนดไว้)

สรุปการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำของทั้งการใช้ PC และ UF กับแผ่นฝ้าเพดานมีผลทำให้การดูดซึมน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (876-2547)

4.2.3 การทดสอบหาค่าแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)

จากการทดสอบแผ่นทดสอบ 3 แผ่น แผ่นละ 3 ครั้ง รวม 9 ครั้งต่อผลของ PC และ 9 ครั้งต่อผลของ UF โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายในหรือแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

สบู่ดำแผ่นที่	การทดสอบซ้ำครั้งที่	แรงยึดเหนี่ยวภายใน (IB) เมกกะปาสคาล (MPa)	
		PC	UF
1	1	1.39	1.39
	2	1.21	1.22
	3	1.34	1.32
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	1.31	1.31
2	1	1.53	1.55
	2	1.48	1.49
	3	1.14	1.16
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	1.38	1.40
3	1	1.45	1.47
	2	1.48	1.49
	3	1.48	1.49
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	1.47	1.48
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**1.38**	1.39
		(มอก. กำหนด 0.3 MPa ขึ้นไป)	

สรุปค่าเฉลี่ยรวมจากผลของ PC = $\frac{1.31+1.38+1.47}{3}$ = 1.38 เมกกะปาสคาล (MPa)

สรุปค่าเฉลี่ยรวมจากผลของ UF = $\frac{1.31+1.40+1.48}{3}$ = 1.39 เมกกะปาสคาล (MPa)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า แรงยึดเหนี่ยวภายใน หรือค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากผลของ PC ได้ค่า = 1.38 เมกกะปาสคาล (MPa) และาความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากผลของ UF ได้ค่า = 1.39 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนดไว้ 0.4 เมกกะปาสคาลขึ้นไป)

สรุปได้ว่า ผลการทดสอบผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 876-2547)

4.2.4 การทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) และมอดุลัสยืดหยุ่น

ในการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

สบู่ดำ แผ่นที่	การทดสอบซ้ำ ครั้งที่	ค่าความต้านทานแรงดัด (MPa)		มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)	
		PC	UF	PC	UF
1	1	15.90	21.36	1845	1881
	2	15.00	24.81	1855	2227
	3	16.22	23.25	1853	2272
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	15.71	23.14	1851	2126
2	1	15.20	22.00	1860	2216
	2	16.20	20.12	1905	1943
	3	15.25	20.13	1854	2022
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	15.55	20.75	1873	2060
3	1	15.20	26.80	1940	2131
	2	15.70	22.82	1857	2213
	3	16.12	20.08	1865	2151
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	15.67	23.23	1887	2165
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**15.64**	**22.37**	**1870**	**2117**

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความต้านทานแรงดัดผลของ PC= $\frac{15.71+15.55+15.67}{3}$ = 15.64 MPa

ค่าเฉลี่ยรวมของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นผลของ PC = $\frac{1851+1873+1887}{3}$ = 1870 MPa

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความต้านทานแรงดัดผลของ UF= $\frac{23.14+20.75+23.23}{3}$ = 22.37 MPa

ค่าเฉลี่ยรวมของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นผลของ UF = $\frac{2126+2060+2165}{3}$ = 2117 MPa

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นทดสอบที่ใช้ PC ได้ 15.64 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนด 18 MPa ขึ้นไป) ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ ส่วนค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นทดสอบที่ใช้ UF ได้ 22.37 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนด 18 MPa ขึ้นไป) ถือว่าผ่านเกณฑ์ ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่ใช้ PC ได้ 1870 เมกกะปาสคาล (MPa) ส่วนของแผ่นที่ใช้ UF ได้ 2117 เมกกะปาสคาล (MPa) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก.876-2547) กำหนดไว้ ไม่น้อยกว่า 1800 MPa ถือว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

หมายเหตุ 1 เมกกะปาสคาล (MPa) = 1 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของวัสดุก่อนทำการอัดในสัดส่วน 95:5
(ต้นสบู่ดำ 95% ต่อ กาวฟินอลไซยาเนต PC 5 % : ต้นสบู่ดำ 95% ต่อ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ UF 5 %)

การทดสอบครั้งที่	ขนาดของวัสดุ (ต้นสบู่ดำ)	ค่าความชื้น (%)		ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้น (%)		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) (%)
		PC*	UF*	PC	UF	
1	1-5 กรัม	9.82	9.85			
2	1-5 กรัม	9.86	9.87	9.85	9.87	4-13%
3	1-5 กรัม	9.88	9.89			

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

การหาค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นจากผลของ PC $= \frac{9.82+9.86+9.88}{3} = 9.85\%$

การหาค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นจากผลของ UF $= \frac{9.85+9.87+9.89}{3} = 9.87\%$

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นจากผลของ PC เท่ากับ 9.85% และจากผลของ UF เท่ากับ 9.87% ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มอก. 876-2547) ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876-2547)กำหนดค่าปริมาณความชื้น อยู่ในช่วง 4-13% ในกรณีที่ปริมาณความชื้นไม่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่ออัดออกมาแล้ว แผ่นฝ้าเพดานอาคารจะมีลักษณะ บวม นูน เป็นคลื่น เพราะวัสดุมีปริมาณความชื้นที่สูง

4.1.6 ปริมาณกาวฟินอลไซยาเนต (PC) และปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) ที่ใช้ในการผสมกับต้นสบู่ดำ

ปริมาณกาวฟินอลไซยาเนต ที่ใช้ 5% สบู่ดำ 95 % เมื่ออัดออกมาแล้ว พบว่าทำให้วัสดุหลุดลุ่ยง่าย เนื่องจากกาวไม่ยึดเกาะเป็นแผ่น แสดงว่าใช้กาวน้อยเกินไป

ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ใช้ 5% สบู่ดำ 95 % เมื่ออัดออกมาแล้ว พบว่าทำให้วัสดุหลุดลุ่ยง่ายเนื่องจากกาวไม่ยึดเกาะเป็นแผ่น แสดงว่าใช้กาวน้อยเกินไป

4.1.7 แรงดันที่ใช้ในการอัดแผ่นที่เหมาะสมที่สุดทั้งผลของ PC และ UF อยู่ที่ 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

จากการทดสอบใช้แรงดันที่ 120-145 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระหว่างที่ทำการปรับสภาพของแผ่นทดสอบ 7 วัน พบว่า ความหนาของแผ่นจะขยายตัวหรือพองตัว

จากการทดสอบใช้แรงดันที่ 155-160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระหว่างที่ทำการปรับสภาพของแผ่นทดสอบ 7 วัน พบว่า ผิวจะแข็ง วัสดุจะเบียดออกทางด้านข้าง และเกิดการบิดงอ

ปริมาณกาวฟีนอลไซยาเนตที่ใช้ 5% และสบู่ดำที่ 95% และ ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้ 5% และสบู่ดำที่ 95% พบว่าทั้งสองแบบมีผลการทดสอบที่เหมือนกันคือ ทำให้วัสดุหลุดลุ่ยง่ายเนื่องจากกาวไม่ยึดเกาะเป็นแผ่นที่สมบูรณ์ แสดงว่าใช้กาวน้อยเกินไป

4.1.8 การตัดแผ่นทดสอบ

ตัดแผ่นทดสอบ เพื่อทำการทดสอบ ดังนี้

การทดสอบทางกายสมบัติ

แผ่นที่ 1 ทดสอบความหนาแน่น (Density) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 2 ทดสอบปริมาณความชื้น (Water Content) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 3 ทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 4 ทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

การทดสอบทางกลสมบัติ

แผ่นที่ 5 ทดสอบความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) และมอดุลัสยืดหยุ่น ตัดขนาด 50x150x10 มม.^{3} จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 6 ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond) หรือแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตัด ขนาด 50x50x10 มม.^{3} จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

หมายเหตุ ในการทดสอบจะทำการทดสอบ 6 แบบ โดยในแต่ละแบบจะทำการสุ่มตัวอย่างจากแผ่นฝ้าเพดานที่อัดได้ จำนวน 3 แผ่น ในแต่ละแผ่น จะสุ่มมาอย่างละ 3 ชิ้น รวม 9 ชิ้น ต่อ 1 การทดสอบ การทดสอบทั้งหมด มี 6 การทดสอบ ทดสอบครั้งละ 9 ชิ้น ต้องใช้แผ่นทดสอบทั้งสิ้น 54 ชิ้นต่อผลของ PC และอีก 54 ชิ้นต่อผลของ UF

4.2 ผลการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

4.2.1 การทดสอบหาค่าความชื้น (Water Content) และความหนาแน่น (Density)

ตารางที่ 4.7 แสดงการทดสอบหาค่าความชื้น และความหนาแน่น

สบู่ดำแผ่นที่	การทดสอบซ้ำครั้งที่	ค่าความชื้น (MC) (%)		ความหนาแน่น (D) กรัม/ลบ.ซม.	
		PC*	UF*	PC	UF
1	1	8.46	8.47	0.835	0.837
	2	7.88	7.89	0.816	0.815
	3	8.30	7.33	0.717	0.719
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	8.21	7.89	0.786	0.790
2	1	7.22	7.23	0.837	0.836
	2	6.94	7.96	0.877	0.876
	3	7.78	7.79	0.764	0.766
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.31	7.66	0.826	0.826
3	1	7.45	7.46	0.830	0.831
	2	6.98	7.99	0.887	0.886
	3	7.44	7.48	0.770	0.773
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.29	7.64	0.829	0.830
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**7.60**	**7.73**	**0.813**	**0.815**

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความชื้น (MC) ผลของ PC = $\frac{8.21+7.31+7.2}{3}$ = 7.60 %

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความหนาแน่นจากผล PC = $\frac{0.786+0.826+0.829}{3}$ = 0.813 กรัม/ลบ.ซม.

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความชื้น (MC) ผลของ UF = $\frac{7.89+7.66+7.64}{3}$ = 7.73 %

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความหนาแน่นจากผล UF = $\frac{0.790+0.826+0.830}{3}$ = 0.815 กรัม/ลบ.ซม.

จากตารางที่ 4.7 พบว่า การทดสอบค่าความชื้น (MC) จากผลของ PC ได้ 7.60% (มอก. กำหนดที่ 4-13%) ทดสอบความหนาแน่นได้จากผลของ PC ได้ 0.813 กรัม/ลบ.ซม. (มอก. กำหนดที่ 0.40-0.90 กรัม/ลบ.ซม.) การทดสอบค่าความชื้น (MC) จากผลของ UF ได้ 7.73% (มอก. กำหนดที่ 4-13%) ทดสอบความหนาแน่นได้จากผลของ UF ได้ 0.815 กรัม/ลบ.ซม. (มอก. กำหนดที่ 0.40-0.90 กรัม/ลบ.ซม.)

สรุปผลผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (876-2547)

4.2.2 การทดสอบหาค่าการพองตัว เมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)
ในการทดสอบหาค่าการพองตัว และการดูดซึมน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางการทดสอบหาค่าการพองตัว เมื่อแช่น้ำและการดูดซึมน้ำ

สบู่ดำ แผ่นที่	การทดสอบซ้ำ ครั้งที่	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (%)		การดูดซึมน้ำ กรัม/ลบ.ซม.	
		แช่น้ำที่ 2 ชม.		แช่น้ำที่ 2 ชม.	
		PC*	UF*	PC	UF
1	1	6.70	6.72	11.30	11.31
	2	8.77	8.78	13.70	13.69
	3	9.52	9.53	16.80	16.83
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	8.33	8.34	13.93	13.94
2	1	6.50	6.52	12.78	12.79
	2	8.70	8.73	14.60	14.63
	3	8.18	8.19	13.75	13.76
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.79	7.81	13.71	13.72
3	1	7.60	7.61	13.60	13.61
	2	7.75	7.77	15.10	15.12
	3	8.15	7.16	14.60	14.63
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.83	7.85	14.43	14.45
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**7.98**	**8.00**	**14.02**	**14.03**

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

สูตร ค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำ $= \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ - ความหนาก่อนแช่น้ำ}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ}} \times 100$

สูตร ค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำ $= \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ - น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}} \times 100$

การหาค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำและการดูดซึมน้ำ

ค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ผลของ PC $\frac{8.33+7.79+7.83}{3} = 7.98\ \%$

ค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลของ PC= $\frac{13.93+13.71+14.43}{3} = 14.02$ กรัม/ลบ.ซม.

ค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ผลของ PC $\frac{8.34+7.81+7.85}{3} = 8.00\ \%$

ค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลของ PC= $\frac{13.94+13.72+14.45}{3} = 14.03$ กรัม/ลบ.ซม.

จากตารางที่ 4.8 พบว่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลของ PC ค่าที่ได้ 7.98% (มอก. กำหนดไว้ไม่เกิน 12%)

การดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลของ PC ค่าที่ได้ 14.02% (มอก.ไม่ได้กำหนดไว้)

สรุปการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

การพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลของ UF ค่าที่ได้ 8.00% (มอก. กำหนดไว้ไม่เกิน 12%)

การดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลของ UF ค่าที่ได้ 14.03% (มอก.ไม่ได้กำหนดไว้)

สรุปการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

4.2.3 การทดสอบหาค่าแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)

จากการทดสอบแผ่นทดสอบ 3 แผ่น แผ่นละ 3 ครั้ง รวม 9 ครั้งต่อผลของ PC และ 9 ครั้งต่อผลของ UF โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ตารางการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายในหรือแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

สบู่ดำ แผ่นที่	**การทดสอบซ้ำครั้งที่**	**แรงยึดเหนี่ยวภายใน (IB) เมกกะปาสคาล (MPa)**	
		PC*	**UF***
1	1	0.36	0.35
	2	0.34	0.36
	3	0.35	0.37
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	0.35	0.36
2	1	0.39	0.39
	2	0.38	0.39
	3	0.30	0.32
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	0.36	0.36
3	1	0.39	0.39
	2	0.38	0.39
	3	0.38	0.39
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	0.38	0.39
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**0.36**	**0.37**
		(มอก. กำหนด 0.3 MPa ขึ้นไป)	

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

สรุปค่าเฉลี่ยรวมผลของ PC= $\frac{0.35+0.36+0.38}{3}$ = 0.36 เมกกะปาสคาล (MPa)

สรุปค่าเฉลี่ยรวมผลของ UF= $\frac{0.36+0.36+0.39}{3}$ = 0.37 เมกกะปาสคาล (MPa)

จากตารางที่ 4.9 พบว่าแรงยึดเหนี่ยวภายใน หรือค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากผลของ PC ได้ค่าเท่ากับ 0.36 เมกกะปาสคาล (MPa) และผลของ UF ได้ค่าเท่ากับ 0.37 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนดไว้ 0.4 เมกกะปาสคาลขึ้นไป)

สรุปได้ว่า ผลการทดสอบ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

4.2.4 การทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) และมอดุลัสยืดหยุ่น

ในการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

สบู่ดำ แผ่นที่	การทดสอบซ้ำ ครั้งที่	ค่าความต้านทานแรงดัด (MPa)		มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)	
		PC*	UF*	PC	UF
1	1	21.20	21.22	1880	1882
	2	24.60	24.63	2200	2210
	3	23.15	23.20	2270	2272
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	22.98	23.01	2116	2121
2	1	22.00	22.10	2190	2192
	2	20.10	20.05	1920	1922
	3	20.05	20.05	2020	2022
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	20.71	20.73	2043	2044
3	1	26.80	26.82	2618	2618
	2	22.80	22.80	2210	2212
	3	20.05	20.06	2140	2142
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	23.21	23.22	2322	2324
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**22.30**	**22.32**	**2160**	**2163**

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความต้านทานแรงดัดผลของ PC $\frac{22.98+20.71+23.21}{3}$ = 22.30 MPa

ค่าเฉลี่ยรวมของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจากผลของ PC = 2160 MPa

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความต้านทานแรงดัดผลของ UF = $\frac{23.01+20.73+23.22}{3}$ = 22.32 MPa

ค่าเฉลี่ยรวมของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นผลของ UF = 2163 MPa

จากตารางที่ 4.10 พบว่าค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นทดสอบจากผลของ PC ได้ 22.30 เมกกะปาสคาล (MPa) และผลของ UF ได้ 22.32 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนด 18 MPa ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์)

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของผลจาก PC ได้ 2160 เมกกะปาสคาล (MPa) ส่วนผลของ UF ได้ 2163 เมกกะ-ปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนดไว้ ไม่น้อยกว่า 1800 MPa)ถือว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

หมายเหตุ 1 เมกกะปาสคาล (MPa) = 1 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของวัสดุก่อนทำการอัดในสัดส่วน 92:8
(ต้นสบู่ดำ 92% ต่อ กาวฟินอลไซยาเนต PC 8% : ต้นสบู่ดำ 92% ต่อ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ UF 8 %)

การทดสอบครั้งที่	ขนาดของวัสดุ (ต้นสบู่ดำ)	ค่าความชื้น (%)		ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้น (%)		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) (%)
		PC*	UF*	PC	UF	
1	1-5 กรัม	8.85	8.86			
2	1-5 กรัม	8.90	8.93	8.89	8.90	4-13%
3	1-5 กรัม	8.92	8.93			

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

การหาค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของ PC = $\frac{8.85+8.90+8.92}{3}$ = 8.89 %

การหาค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของ UF = $\frac{8.86+8.93+8.93}{3}$ = 8.90 %

จากตารางที่ 4.11 พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของ PC เท่ากับ 8.89 % และของ UF เท่ากับ 8.90% ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มอก. 876-2547) ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ กำหนดค่าปริมาณความชื้น อยู่ในช่วง 4-13% ในกรณีที่ปริมาณความชื้นไม่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่ออัดออกมาแล้ว แผ่นฝ้าเพดานอาคารจะมีลักษณะ บวม นูน เป็นคลื่น เพราะวัสดุมีปริมาณความชื้นที่สูง

4.1.6 ปริมาณกาวฟินอลไซยาเนต ที่ใช้ในการผสมกับต้นสบู่ดำ

ปริมาณกาวฟินอลไซยาเนต 8 % ผสมกับต้นสบู่ดำ92%พบว่า ผิวเรียบสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น การเรียงตัวของวัสดุเป็นระเบียบเรียบร้อย มีระยะที่ใกล้เคียงกัน เมื่อสัมผัสผิวของแผ่นโดยทำการกดดู ผิวจะมีเนื้อแน่นไม่เปื่อยยุ่ย

ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 8 % ผสมกับต้นสบู่ดำ 92 % วัสดุเมื่ออัดออกมาแล้วพบว่าวัสดุหลุดหลุ่ยง่ายเนื่องจากกาวไม่ยึดเกาะ แสดงว่าใช้กาวน้อยเกินไป

4.1.7 แรงดันที่ใช้ในการอัดแผ่นฝ้าเพดาน

แรงดันที่ใช้ในการอัดแผ่นฝ้าเพดานจากผลกาวฟินอลไซยาเนตและกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่ที่ 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

จากการทดสอบใช้แรงดัดที่ 120-145 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระหว่างที่ทำการปรับสภาพของแผ่นทดสอบ 7 วันทั้งจากผลของ PC และ UF พบว่า ความหนาของแผ่นจะขยายตัวหรือพองตัว

จากการทดสอบใช้แรงดันที่ 155-160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระหว่างที่ทำการปรับสภาพของแผ่นทดสอบ 7 วันทั้งจากผลของ PC และ UF พบว่า ผิวจะแข็ง วัสดุจะเบียดออกทางด้านข้าง และเกิดการบิดงอ

4.1.8 การตัดแผ่นทดสอบ

ตัดแผ่นทดสอบ เพื่อทำการทดสอบ ดังนี้

การทดสอบทางกายสมบัติ

แผ่นที่ 1 ทดสอบความหนาแน่น (Density) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 2 ทดสอบปริมาณความชื้น (Water Content) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 3 ทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 4 ทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

การทดสอบทางกลสมบัติ

แผ่นที่ 5 ทดสอบความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) และมอดุลัสยืดหยุ่น ตัดขนาด 50x150x10 มม.^{3} จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 6 ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond) หรือแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตัด ขนาด 50x50x10 มม.^{3} จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

หมายเหตุ ในการทดสอบจะทำการทดสอบ 6 แบบ โดยในแต่ละแบบจะทำการสุ่มตัวอย่างจากแผ่นฝ้าเพดานที่อัดได้ จำนวน 3 แผ่น ในแต่ละแผ่น จะสุ่มมาอย่างละ 3 ชิ้น รวม 9 ชิ้น ต่อ 1 การทดสอบ การทดสอบทั้งหมด มี 6 การทดสอบ ทดสอบครั้งละ 9 ชิ้น ต้องใช้แผ่นทดสอบทั้งสิ้น 54 ชิ้นต่อผลของ PC และอีก 54 ชิ้นต่อผลของ UF

4.2 ผลการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ(มอก. 876-2547)

4.2.1 การทดสอบหาค่าความชื้น (Water Content) และความหนาแน่น (Density)

ตารางที่ 4.12 แสดงการทดสอบหาค่าความชื้น และความหนาแน่น

สบู่ดำแผ่นที่	การทดสอบซ้ำครั้งที่	ค่าความชื้น (MC) (%)		ความหนาแน่น (D) กรัม/ลบ.ซม.	
		PC*	UF*	PC	UF
1	1	8.45	8.46	0.820	0.821
	2	8.02	8.04	0.822	0.825
	3	8.35	8.36	0.710	0.705
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	8.27	8.28	0.784	0.783
2	1	7.15	7.18	0.843	0.845
	2	6.80	6.81	0.896	0.893
	3	8.01	8.02	0.772	0.775
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.32	7.33	0.837	0.837
3	1	7.52	7.53	0.833	0.834
	2	7.02	7.03	0.895	0.897
	3	7.55	7.57	0.774	0.772
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.36	7.37	0.834	0.834
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**7.65**	**7.66**	**0.818**	**0.818**

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความชื้น (MC) ของ PC = $\frac{8.27+7.32+7.36}{3}$ = 7.65 %

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความหนาแน่นของ PC = $\frac{0.784+0.837+0.818}{3}$ = 0.818 กรัม/ลบ.ซม.

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความชื้น (MC) ของ UF = $\frac{8.28+7.33+7.37}{3}$ = 7.66 %

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความหนาแน่นของ UF = $\frac{0.783+0.837+0.834}{3}$ = 0.818 กรัม/ลบ.ซม.

จากตารางที่ 4.12 พบว่า การทดสอบค่าความชื้น (MC) ของ PC ได้ค่าเฉลี่ย 7.65% ส่วนของ UF ได้ค่าเฉลี่ย 7.66% (มอก. กำหนดที่ 4-13%) ทดสอบความหนาแน่นของ PC ได้ค่าเฉลี่ย 0.818 กรัม/ลบ.ซม. และของ UF ได้ค่าเฉลี่ย 0.818 กรัม/ลบ.ซม. (มอก. กำหนดที่ 0.40-0.90 กรัม/ลบ.ซม.)

สรุปผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (876-2547)

4.2.2 การทดสอบหาค่าการพองตัว เมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)
ในการทดสอบหาค่าการพองตัว และการดูดซึมน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ตารางการทดสอบหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำ

สบู่ดำ แผ่นที่	การทดสอบซ้ำ ครั้งที่	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (%)		การดูดซึมน้ำ กรัม/ลบ.ซม.	
		แช่น้ำที่ 2 ชม.		แช่น้ำที่ 2 ชม.	
		PC*	UF*	PC	UF
1	1	6.72	6.73	11.48	11.49
	2	8.62	8.65	14.02	14.05
	3	9.64	9.61	17.45	17.40
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	8.33	8.33	14.32	14.31
2	1	6.55	6.57	12.86	12.77
	2	8.70	8.68	14.83	14.81
	3	8.16	8.15	13.85	13.84
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.80	7.80	13.85	13.84
3	1	7.74	7.75	13.62	13.60
	2	7.83	7.84	15.15	15.16
	3	8.20	8.22	14.76	14.76
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.92	7.93	14.51	14.50
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**8.02**	**8.02**	**14.23**	**14.21**

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

สูตร ค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำ = $\frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ - ความหนาก่อนแช่น้ำ}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ}}$ X 100

สูตร ค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำ = $\frac{\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ – น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}}$ X 100

ค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ของ PC = $\frac{8.33+7.80+7.92}{3}$ = 8.02 %

ค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ของ PC = $\frac{14.32+13.85+14.51}{3}$ = 14.23 กรัม/ลบ.ซม.

ค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ของ UF = $\frac{8.33+7.80+7.93}{3}$ = 8.02 %

ค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ของ UF = $\frac{14.31+13.84+14.50}{3}$ = 14.21 กรัม/ลบ.ซม.

จากตารางที่ 4.13 พบว่า

การพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ของ PC ได้ค่าเฉลี่ย 8.02% และของ UF ได้ค่าเฉลี่ย 8.02% (มอก. กำหนดไว้ไม่เกิน 12%)

การดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ของ PC ได้ค่าเฉลี่ย 14.23 กรัม/ลบ.ซม. และของ UF ได้ค่าเฉลี่ย 14.21 กรัม/ลบ.ซม. (มอก. ไม่ได้กำหนดไว้)

สรุปการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

4.2.3 การทดสอบหาค่าแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)

จากการทดสอบแผ่นทดสอบ 3 แผ่น แผ่นละ 3 ครั้ง รวม 9 ครั้งต่อผลของ PC และ 9 ครั้งต่อผลของ UF โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ตารางการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายในหรือแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

สบู่ดำ แผ่นที่	**การทดสอบซ้ำครั้งที่**	**แรงยึดเหนี่ยวภายใน (IB) เมกกะปาสคาล (MPa)**	
		PC*	**UF***
1	1	0.55	0.56
	2	0.40	0.41
	3	0.52	0.54
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	0.49	0.50
2	1	0.70	0.70
	2	0.65	0.66
	3	0.32	0.34
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	0.56	0.56
3	1	0.62	0.63
	2	0.65	0.66
	3	0.64	0.63
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	0.64	0.64
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**0.56**	**0.56**
		(มอก. กำหนด 0.3 MPa ขึ้นไป)	

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

สรุปค่าเฉลี่ยรวมของ PC = $\frac{0.49+0.56+0.64}{3}$ = 0.56 เมกกะปาสคาล (MPa)

สรุปค่าเฉลี่ยรวมของ UF = $\frac{0.50+0.56+0.64}{3}$ = 0.56 เมกกะปาสคาล (MPa)

จากตารางที่ 4.14 พบว่า แรงยึดเหนี่ยวภายใน หรือค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของ PC ได้ค่าเฉลี่ย 0.56 เมกกะปาสคาล (MPa) และของ UF ได้ค่าเฉลี่ย 0.56 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนดไว้ 0.4 เมกกะปาสคาลขึ้นไป)

สรุปผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 876-2547)

4.2.4 การทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) และมอดุลัสยืดหยุ่น

ในการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

สบู่ดำ แผ่นที่	การทดสอบซ้ำ ครั้งที่	ค่าความต้านทานแรงดัด (MPa)		มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)	
		PC*	UF*	PC	UF
1	1	21.35	16.02	1880	1881
	2	24.80	16.35	2225	2227
	3	23.20	16.23	2270	2272
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	23.12	16.20	2125	2126
2	1	22.00	16.12	2215	2216
	2	20.10	16.70	1942	1943
	3	20.12	15.25	2020	2022
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	20.74	16.02	2059	2060
3	1	26.80	16.20	2130	2131
	2	22.80	15.50	2210	2213
	3	20.10	16.20	2150	2151
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	23.48	15.59	2163	2165
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**22.45**	**15.94**	**2116**	**2117**

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความต้านทานแรงดัดของ PC = $\frac{23.12+20.74+23.48}{3}$ = 22.45%

ค่าเฉลี่ยรวมของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของ PC = $\frac{2125+2059+2163}{3}$ = 2116 MPa

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความต้านทานแรงดัดของ UF = $\frac{16.23+16.02+15.59}{3}$ = 15.94%

ค่าเฉลี่ยรวมของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของ UF = $\frac{2126+2060+2165}{3}$ = 2117 MPa

จากตารางที่ 4.15 พบว่าค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นทดสอบ PC ได้ค่าเฉลี่ย 22.45 เมกกะปาสคาล (MPa) ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) และของ UF ได้ค่าเฉลี่ย 15.94 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนด 18 MPa ขึ้นไป)สรุปไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของ PC ได้ค่าเฉลี่ย 2116 เมกกะปาสคาล (MPa) และของ UF ได้ค่าเฉลี่ย 2117 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนดไว้ ไม่น้อยกว่า 1800 MPa)

สรุปผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

หมายเหตุ 1 เมกกะปาสคาล (MPa) = 1 นิวตัน/ตารางมิลลิเมต

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของวัสดุก่อนทำการอัดในสัดส่วน 97:3
(ต้นสบู่ดำ 97% ต่อ กาวฟินอลไซยาเนต PC 3% : ต้นสบู่ดำ 97% ต่อ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ UF 3%)

การทดสอบครั้งที่	**ขนาดของวัสดุ (ต้นสบู่ดำ)**	**ค่าความชื้น (%)**		**ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้น (%)**		**มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547) (%)**
		PC*	**UF***	**PC**	**UF**	
1	1-5 กรัม	8.87	8.86			
2	1-5 กรัม	8.91	8.92	8.90	8.91	4-13%
3	1-5 กรัม	8.93	8.95			

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

การหาค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของ PC = $\frac{8.87+8.91+8.93}{3}$ = 8.90%

การหาค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของ UF = $\frac{8.86+8.92+8.95}{3}$ = 8.91%

จากตารางที่ 4.16 พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของ PC ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.90% และของ UF ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.91% ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มอก. 876-2547) ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ กำหนดค่าปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 4-13% ในกรณีที่ปริมาณความชื้นไม่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่ออัดออกมาแล้ว แผ่นฝ้าเพดานอาคารจะมีลักษณะ บวม นูน เป็นคลื่น เพราะวัสดุมีปริมาณความชื้นที่สูง

4.1.6 ปริมาณกาวฟินอลไซยาเนต ที่ใช้ในการผสมกับต้นสบู่ดำ

ปริมาณกาวฟินอลไซยาเนต ที่ใช้ 3% ต้นสบู่ดำ 97% เมื่ออัดออกมาแล้ว พบว่าทำให้วัสดุหลุดลุ่ยง่าย เนื่องจากกาว ไม่ยึดเกาะเป็นแผ่น แสดงว่าใช้กาวน้อยเกินไป

ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ใช้ 3% ต้นสบู่ดำ 97% เมื่ออัดออกมาแล้ว พบว่าทำให้วัสดุหลุดลุ่ยง่ายเนื่องจากกาว ไม่ยึดเกาะเป็นแผ่น แสดงว่าใช้กาวน้อยเกินไป

4.1.7 แรงดันที่ใช้ในการอัดแผ่นที่เหมาะสมที่สุดทั้งผลของ PC และ UF อยู่ที่ 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้วจะได้แผ่นทดสอบที่มีผิวเรียบ มีขนาดความหนาเท่าๆ กันตลอดทั้งแผ่นไม่เปื่อยยุ่ย

จากการทดสอบใช้แรงดันที่ 120-145 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระหว่างที่ทำการปรับสภาพของแผ่นทดสอบ 7 วัน พบว่า ความหนาของแผ่นจะขยายตัวหรือพองตัว

จากการทดสอบใช้แรงดันที่ 155-160 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระหว่างที่ทำการปรับสภาพของแผ่นทดสอบ 7 วัน พบว่า ผิวจะแข็ง วัสดุจะเบียดออกทางด้านข้าง และเกิดการบิดงอ

4.1.8 การตัดแผ่นทดสอบ

ตัดแผ่นทดสอบ เพื่อทำการทดสอบ ดังนี้

การทดสอบทางกายสมบัติ

แผ่นที่ 1 ทดสอบความหนาแน่น (Density) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 2 ทดสอบปริมาณความชื้น (Water Content) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 3 ทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 4 ทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling) ตัดขนาด 50x50x10 มิลลิเมตร^3 จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

การทดสอบทางกลสมบัติ

แผ่นที่ 5 ทดสอบความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) และมอดุลัสยืดหยุ่น ตัดขนาด 50x150x10 มม.^{3} จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

แผ่นที่ 6 ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond) หรือแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าตัด ขนาด 50x50x10 มม.^{3} จำนวน 9 ชิ้น (โดยตัดจาก 3 แผ่นใหญ่ แผ่นละ 3 ชิ้น)

หมายเหตุ ในการทดสอบจะทำการทดสอบ 6 แบบ โดยในแต่ละแบบจะทำการสุ่มตัวอย่างจากแผ่นฝ้าเพดานที่อัดได้ จำนวน 3 แผ่น ในแต่ละแผ่น จะสุ่มมาอย่างละ 3 ชิ้น รวม 9 ชิ้น ต่อ 1 การทดสอบ การทดสอบทั้งหมด มี 6 การทดสอบ ทดสอบครั้งละ 9 ชิ้น ต้องใช้แผ่นทดสอบทั้งสิ้น 54 ชิ้นต่อผลของ PC และอีก 54 ชิ้นต่อผลของ UF

4.2 ผลการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

4.2.1 การทดสอบหาค่าความชื้น (Water Content) และความหนาแน่น (Density)

ตารางที่ 4.17 แสดงการทดสอบหาค่าความชื้น และความหนาแน่น

สบู่ดำแผ่นที่	การทดสอบซ้ำครั้งที่	ค่าความชื้น (MC) (%)		ความหนาแน่น (D) กรัม/ลบ.ซม.	
		PC*	UF*	PC	UF
1	1	8.42	8.43	0.822	0.823
	2	8.05	8.07	0.823	0.824
	3	8.37	8.35	0.713	0.710
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	8.28	8.28	0.79	0.785
2	1	7.15	7.13	0.843	0.844
	2	6.86	6.85	0.940	0.902
	3	8.00	8.02	0.773	0.770
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.33	7.33	0.84	0.830
3	1	7.47	7.46	0.833	0.832
	2	7.01	7.03	0.895	0.897
	3	7.56	7.58	0.775	0.776
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.35	7.35	0.83	0.835
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**7.65**	**7.65**	**0.82**	**0.810**

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความชื้น (MC) ของ PC = $\frac{8.28+7.33+7.35}{3}$ = 7.65 %

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความหนาแน่นของ PC = $\frac{0.75+0.84+0.83}{3}$ = 0.82 %

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความชื้น (MC) ของ UF = $\frac{8.28+7.33+7.35}{3}$ = 7.65 %

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความหนาแน่นของ UF = $\frac{0.78+0.83+0.83}{3}$ = 0.81 %

จากตารางที่ 4.17 พบว่า การทดสอบค่าความชื้น (MC) ของ PC ได้ค่าเฉลี่ย 7.65% และของ UF ได้ค่าเฉลี่ย 7.65% (มอก. กำหนดที่ 4-13%) ทดสอบความหนาแน่นของ PC ได้ค่าเฉลี่ย 0.82 กรัม/ลบ.ซม.และของ UF ได้ค่าเฉลี่ย 0.81 กรัม/ลบ.ซม. (มอก. กำหนดที่ 0.40-0.90 กรัม/ลบ.ซม.)

สรุปผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด ชนิดอัดราบ (876-2547)

4.2.2 การทดสอบหาค่าการพองตัว เมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)
ในการทดสอบหาค่าการพองตัว และการดูดซึมน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ตารางการทดสอบหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำ

สบู่ดำ แผ่นที่	การทดสอบซ้ำ ครั้งที่	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (%)		การดูดซึมน้ำ กรัม/ลบ.ซม.	
		แช่น้ำที่ 2 ชม.		แช่น้ำที่ 2 ชม.	
		PC*	UF*	PC	UF
1	1	6.72	6.70	11.47	11.48
	2	8.63	8.64	14.03	14.05
	3	9.63	9.64	17.47	17.48
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	8.32	8.32	14.32	14.33
2	1	6.55	6.57	12.85	12.86
	2	8.71	6.72	14.86	14.87
	3	8.17	8.19	13.85	13.88
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.81	7.82	13.85	13.87
3	1	7.73	7.73	13.62	13.63
	2	7.86	7.83	15.15	15.16
	3	8.21	8.20	14.75	14.77
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	7.93	7.92	14.50	14.52
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**8.02**	**8.02**	**14.22**	**14.24**

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

สูตร ค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำ $= \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ - ความหนาก่อนแช่น้ำ}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ}} \times 100$

สูตร ค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำ $= \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ - น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}} \times 100$

การหาค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำและการดูดซึมนำ

ค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ผลของ PC $= \frac{8.32+7.81+7.93}{3} = 8.02\ \%$

ค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลของ PC $= \frac{14.32+13.85+14.50}{3} = 14.22$กรัม/ลบ.ซม.

จากตารางที่ 4.18 จากผลของ PC พบว่า

การพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ค่าที่ได้ 8.02% (มอก. กำหนดไว้ไม่เกิน 12%)
การดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ค่าที่ได้ 14.22 กรัม/ลบ.ซม. (มอก. ไม่ได้กำหนดไว้)
สรุปการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยรวมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ผลของ UF = $\frac{8.32+7.82+7.92}{3}$ = 8.02 %

ค่าเฉลี่ยรวมของการดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลของ UF = $\frac{14.33+13.87+14.52}{3}$ =14.24กรัม/ลบ.ซม.

จากตารางที่ 4.18 จากผลของ UF พบว่า
การพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ค่าที่ได้ 8.02% (มอก. กำหนดไว้ไม่เกิน 12%)
การดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม. ค่าที่ได้ 14.24 กรัม/ลบ.ซม. (มอก. ไม่ได้กำหนดไว้)
สรุปการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

4.2.3 การทดสอบหาค่าแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)

จากการทดสอบแผ่นทดสอบ 3 แผ่น แผ่นละ 3 ครั้ง รวม 9 ครั้งต่อผลของ PC และ 9 ครั้งต่อผลของ UF โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4 .19 ตารางการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายในหรือแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

สบู่ดำ แผ่นที่	**การทดสอบซ้ำครั้งที่**	**แรงยึดเหนี่ยวภายใน (IB) เมกกะปาสคาล (MPa)**	
		PC*	**UF***
1	1	1.09	1.08
	2	0.91	0.92
	3	1.04	1.05
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	1.01	1.01
2	1	1.23	1.24
	2	1.18	1.18
	3	0.34	0.36
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	0.91	0.92
3	1	1.15	1.16
	2	1.18	1.18
	3	1.18	1.19
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	1.17	1.17
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**1.03**	**1.03**
		(มอก. กำหนด 0.3 MPa ขึ้นไป)	

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

สรุปค่าเฉลี่ยรวมจากผลของ PC = $\frac{1.01+0.91+1.17}{3}$ = 1.03 เมกกะปาสคาล (MPa)

สรุปค่าเฉลี่ยรวมจากผลของ UF = $\frac{1.01+0.92+1.17}{3}$ = 1.03 เมกกะปาสคาล (MPa)

จากตารางที่ 4.19 พบว่า แรงยึดเหนี่ยวภายใน หรือค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ผสมด้วย PC ได้ค่า = 1.03 เมกกะปาสคาล (MPa) แรงยึดเหนี่ยวภายใน หรือค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ผสมด้วย UF ได้ค่า = 1.03 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนดไว้ 0.4 เมกกะปาสคาลขึ้นไป) จึงสรุปได้ว่า ผลการทดสอบผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 876-2547)

4.2.4 การทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) และมอดุลัสยืดหยุ่น

ในการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 แสดงการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

สบู่ดำ แผ่นที่	การทดสอบซ้ำ ครั้งที่	ค่าความต้านทานแรงดัด (MPa)		มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)	
		PC*	UF*	PC	UF
1	1	17.34	17.35	1880	1881
	2	16.79	16.76	2430	2432
	3	16.18	16.19	2250	2252
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	16.77	16.76	2186	2188
2	1	16.10	16.12	2270	2271
	2	15.14	15.15	1940	1942
	3	17.18	17.20	2080	2081
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	16.14	16.15	2096	2098
3	1	17.60	17.61	2600	2600
	2	16.84	16.82	2210	2211
	3	16.12	16.13	2104	2105
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	16.85	16.85	2304	2305
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)		**16.58**	**16.58**	**2195**	**2197**

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความต้านทานแรงดัดผล PC = $\frac{16.77+16.14+16.85}{3}$ = 16.58 MPa

ค่าเฉลี่ยรวมของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นผล PC = $\frac{2186+2096+2304}{3}$ = 2195 MPa

จากตารางที่ 4.20 พบว่า ค่าความต้านทานแรงดันของแผ่นทดสอบจากผลของ PC ได้ 16.58 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนด 18 MPa ขึ้นไป) ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ได้ 2195 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนดไว้ ไม่น้อยกว่า 1800 MPa)ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

$$\text{ค่าเฉลี่ยรวมของค่าความต้านทานแรงดัดผล UF} = \frac{16.76+16.15+16.85}{3} = 16.58 \text{ MPa}$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยรวมของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นผล UF} = \frac{2188+2098+2305}{3} = 2197 \text{ MPa}$$

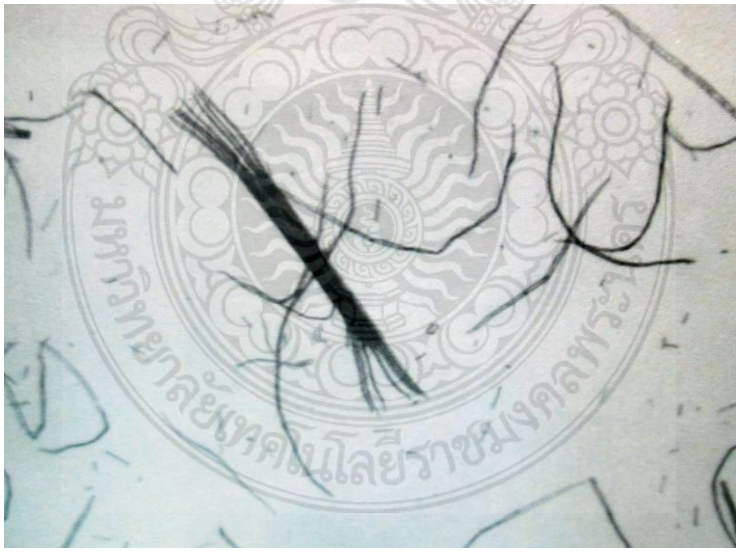
จากตารางที่ 4.20 พบว่า ค่าความต้านทานแรงดันของแผ่นทดสอบจากผลของ UF ได้ 16.58 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนด 18 MPa ขึ้นไป) ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ได้ 2197 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนดไว้ ไม่น้อยกว่า 1800 MPa)ถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

หมายเหตุ 1 เมกกะปาสคาล (MPa) = 1 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

4.3 การหาความกว้าง ยาว โค้งงอ ของเส้นใย

นำผลที่ได้จากการสกัดเยื่อในปริมาณ 5 กรัมเข้าเครื่องอ่านค่าเพื่อหาค่าเฉลี่ยของเส้นใยได้ผลการทดสอบดังนี้



รูปที่ 4.1 เส้นใยของต้นสบู่ดำ

รูปที่ 4.2 เครื่องอ่านเส้นใย

ทำการทดสอบ โดยบริษัท แอพพลายด์ ไซแอนทีฟิค อินสตรูเม้นท์ จำกัด

Tel:0-2742 7035-6,0-2332 8179 fax:0-2332 8180

Summary Arrays

FIBERS(nb)		5035	NB OBJ(million/g)
Length:arithm.& weighted in length(ความยาวเฉลี่ย)	0.591	0.696	
Width(µm)(ความกว้างเฉลี่ย)		31.9	
Coarseness (mg/m)		0.1031	
Kink angle(*) Kinked fibers(%)	135	25.0	16.140
Curl (%)(ความโค้งงอ)		6.1	
Rate in length of Macro Fibrils(%)		0.899	
Broken Ends(%)		33.07	
FINE ELEMENTS (% in length)		41.5	
Percentage of elts (% in area)		10.80	151.410

หมายเหตุ 1 มิลลิเมตร = 1000 ไมโครเมตร

ทำการทดสอบ โดยบริษัท แอพพลายด์ ไซแอนทีฟิค อินสตรูเม้นท์ จำกัด
Tel:0-2742 7035-6,0-2332 8179 fax:0-2332 8180

4.4 การทดสอบสารพิษหลังการอัดแผ่น

ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำสารที่สกัดได้ แคดเมียม (Cd)	< 0.0001	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ผ่านเกณฑ์ (แคดเมียม เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด	0.01	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำสารที่สกัดได้ ตะกั่ว (Pb)	0.0006	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ผ่านเกณฑ์ ตะกั่ว เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด	0.05	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำสารที่สกัดได้ แบเรียม (Ba)	< 0.005	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ผ่านเกณฑ์ แบเรียม เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด	1.0	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำสารที่สกัดได้ ปรอท (Hg)	< 0.0002	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ผ่านเกณฑ์ ปรอท เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด	0.001	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำสารที่สกัดได้ ไซยาไนด์ (CN)	< 0.005	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ผ่านเกณฑ์ ไซยาไนด์ เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด	0.2	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำสารที่สกัดได้ โครเมียม (Cr)	< 0.002	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ผ่านเกณฑ์ โครเมียม เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด	0.05	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำสารที่สกัดได้ สารหนู (As)	< 0.0002	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ผ่านเกณฑ์ สารหนู เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด	0.05	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ผลที่เกิดขึ้นกับน้ำสารที่สกัดได้ ซิลีเนียม (Se)	< 0.0002	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร
ผ่านเกณฑ์ ซีลีเนียม เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด	0.01	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

4.5 การวิเคราะห์ต้นทุน

ต้นทุนการผลิต

วัสดุ

1. สบู่ดำที่ผ่านการตากแห้งแล้ว กิโลกรัมละ 75 สตางค์

กาว

2. กาว กิโลกรัมละ 180 –250 บาท แยกเป็น
   - 2.1 กาวไอโซไซยาเนต กิโลกรัมละ 180 –250 บาท
   - 2.2 กาวฟีนอลไซยาเนต กิโลกรัมละ 40–50 บาท
   - 2.3 กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ กิโลกรัมละ 13-18 บาท

เมื่อนำกาว 2ชนิดมาผสมกันในอัตราส่วน 6:4 (กาวไอโซไซยาเนต 60% กาวฟีนอลไซยาเนต 40%) เมื่อรวมกาว 2 ชนิดเข้าด้วยกัน เฉลี่ยจะตกที่กิโลกรัมละ 115 บาท

3. ในการอัดแผ่นฝาเพดาน T-Bar ขนาด 60X60x10 เซนติเมตร ใช้ปริมาณกาว 5% คิดเป็นเงิน 5.25 สตางค์
หมายเหตุ ราคาจำหน่ายในท้องตลาด แผ่นยิปซัมบอรด์ ขนาด 60X60x1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ทนความชื่นและไม่แข็งแรง จำหน่ายในราคาแผ่นละ 11-14 บาท

ค่าไฟ

4. ค่าไฟที่ใช้ในการอัด/แผ่น = 1.50 บาท โดยประมาณ

สรุป ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการอัดด้วยกาวฟีนอลไซยาเนต

1.ค่าวัสดุได้แก่สบู่ดำเมื่อแห้ง	=	75	สตางค์
2.ค่ากาวฟีนอลไซยาเนต	=	5.25	บาท
3. ค่าไฟที่ใช้ในการอัด	=	1.50	บาท
รวม	=	7.50	บาท

สรุป ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการอัดด้วยยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

1.ค่าวัสดุได้แก่สบู่ดำเมื่อแห้ง	=	75	สตางค์
2.ค่ากาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์	=	1.50	บาท
3. ค่าไฟที่ใช้ในการอัด	=	1.50	บาท
รวม	=	3.75	บาท

หมายเหตุ ราคาจำหน่ายในท้องตลาด แผ่นยิปซัมบอร์ด ขนาด 600x600x10 มม. ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ทนความชื่นและไม่แข็งแรง จำหน่ายในราคาแผ่นละ 11-14 บาท แต่แผ่นฝ้าเพดาน T-Bar ที่ทำด้วยต้นสบู่ดำมีความแข้งแรงทนทานกว่าแผ่นยิปซัมบอร์ดซึ่งแผ่นฝ้าเพดาน T-Bar ที่ทำด้วยต้นสบู่ดำทนต่อความร้อนและความชื่นสูง มีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 7.50 บาท เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 3.75 บาท

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 ผลการทดลองการอัดแผ่นฝ้าเพดาน

5.2 ผลการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (มอก. 876-2547)

5.3 การทดสอบสารพิษหลังการอัดแผ่น

5.4 การหาความยาวและโค้งงอของเส้นใย

5.5 การวิเคราะห์ต้นทุน

5.6 อภิปรายผล

5.7 ข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการทดลองการอัดแผ่นฝ้าเพดาน

5.1.1 ขนาดวัสดุที่เหมาะสมที่สุด ขนาดไม่เกิน 2 ซม.จะทำให้แผ่นมีความหนาแน่นในการอัดได้ดี

5.1.2 อัตราส่วนผสมที่เหมาะสม ได้แก่ 92:8 (อัตราส่วนผสมระหว่างต้นสบู่ดำ 92% กับกาวฟินอลไซยาเนต 8%)

5.1.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอัดอยู่ที่ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้ในการอัด 5-7 นาที กล่าวคือ หากใช้อุณหภูมิที่น้อยกว่า 120 องศาเซลเซียส จะทำให้วัสดุไม่เกิดการยึดเกาะ หากใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 120 องศาเซลเซียส อาจทำให้แผ่นไหม้ และบิดงอได้ ซึ่งทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่ถึงชนิด และขนาดของวัสดุที่จะใช้ทำการทดสอบ

5.1.4 ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการอัดแผ่นผนัง 0.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร.

5.1.5 ปริมาณความชื้นของวัสดุก่อนอัดเฉลี่ยอยู่ที่ 8.89% (มอก. กำหนดไว้อยู่ในช่วง 5-13%)ในกรณีที่แผ่นมีลักษณะบวม พอง สืบเนื่องมาจากปริมาณความชื้นของวัสดุอาจสูงเกินมาตรฐานกำหนด

5.1.6 แรงที่ใช้ในการอัดแผ่นที่เหมาะสมอยู่ที่ 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หากใช้แรงอัดที่น้อยกว่านี้ อาจทำให้แผ่นมีความหนาแน่นน้อย แต่ถ้าใช้แรงอัดที่สูงกว่านี้ แผ่นอาจเกิดการแตกร้าวได้

5.2 ผลการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

สรุปการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก.876-2547)

แผ่นที่ทดสอบ	ทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (TS) (%)	ทดสอบการดูดซึมน้ำ (WA) (%)	ค่าความต้านทานแรงดัด (MOR) (MPa)	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MOE) (MPa)	ค่าแรงยึดเหนี่ยวภายใน (แรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า) (MPa)	ค่าความหนาแน่น (D) (gm/cm^3)	ปริมาณความชื้น (%)
	แช่น้ำที่ 2 ชม.	แช่น้ำที่ 2 ชม.					
เฉลี่ย ($\overline{X}$) *PC	8.02(ผ่าน)	14.23	21.45 (ผ่าน)	2116(ผ่าน)	0.56(ผ่าน)	0.818 (ผ่าน)	7.650 (ผ่าน)
เฉลี่ย ($\overline{X}$) *UF	8.21(ผ่าน)	14.36	15.67(ผ่าน)	1871(ผ่าน)	0.56(ผ่าน)	0.833 (ผ่าน)	8.630 (ผ่าน)
ค่ามาตรฐานอุตสาหกรรม	ไม่เกิน 12%	-	14 เมกกะปาสคาลขึ้นไป	ไม่ต่ำกว่า 1800 นิวตัน/ตร.มม.	ไม่ต่ำกว่า 0.4 นิวตัน/ตร.มม.	0.40-0.90 กรัม/ลบ.ซม.	4-13%

* PC : Phenol-cyanate, UF : Urea- formaldehyde

5.2.1 การทดสอบหาความชื้น (Water Content)ผลจาก PC และความหนาแน่น (Density)ผลจาก PC

- ค่าความชื้นผลจาก PC ได้ 7.65% (มอก. กำหนดให้อยู่ในช่วง 4-13%)
- ค่าความหนาแน่นผลจาก PC ได้ 0.818 กรัมต่อลบ.ซม. (มอก. กำหนดอยู่ในช่วง 0.40-0.90 กรัมต่อลบ.ซม.

5.2.2 การทดสอบหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำผลจาก PC

- การพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลจาก PC ได้ 8.02% (มอก. กำหนดไว้ไม่เกิน 12%)
- การดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลจาก PC ได้ 14.23% (มอก. ไม่ได้กำหนดไว้)

5.2.3 การทดสอบหาแรงยึดเหนี่ยวภายใน (ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า)ผลจาก PC ได้ค่า 0.56 เมกกะปาสคาล (MPa) หรือนิวตัน/ตร.มม. (มอก. กำหนดไว้ที่ 4 เมกกะปาสคาลขึ้นไป)

5.2.4 การทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่นผลจาก PC

- ค่าความต้านทานแรงดัดผลจาก PC ได้ 21.45 เมกกะปาสคาล (MPa) หรือนิวตัน/ตร.มม. (มอก.กำหนดต้องไม่ต่ำกว่า 14 เมกกะปาสคาลขึ้นไป)
- ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นผลจาก PC ได้ 2116 เมกกะปาสคาล (MPa) หรือนิวตัน/ตร.มม.
- (มอก. กำหนดไว้ที่ 1800 เมกกะปาสคาลขึ้นไป)

หมายเหตุ 1 เมกกะปาสคาล (MPa) เท่ากับ 1 นิวตัน / ตารางมิลลิเมตร (N/mm^2)

5.2.5 การทดสอบหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และการดูดซึมน้ำผลจาก UF

- การพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลจาก UF ได้ 8.21% (มอก. กำหนดไว้ไม่เกิน 12%)
- การดูดซึมน้ำเมื่อแช่น้ำที่ 2 ชม.ผลจาก UF ได้ 14.36% (มอก. ไม่ได้กำหนดไว้)

5.2.6 การทดสอบหาแรงยึดเหนี่ยวภายใน (ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า)ผลจาก UF

ได้ค่า 0.56 เมกกะปาสคาล (MPa) หรือนิวตัน/ตร.มม. (มอก. กำหนดไว้ที่ 4 เมกกะปาสคาล ขึ้นไป)

5.2.7 การทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่นผลจาก UF

- ค่าความต้านทานแรงดัดผลจาก UF ได้ 15.67 เมกกะปาสคาล (MPa) หรือนิวตัน/ตร.มม. (มอก.กำหนดต้องไม่ต่ำกว่า 14 เมกกะปาสคาลขึ้นไป)
- ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นผลจาก UF ได้ 1871 เมกกะปาสคาล (MPa) หรือนิวตัน/ตร.มม.
- (มอก. กำหนดไว้ที่ 1800 เมกกะปาสคาลขึ้นไป)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าผลของ PC **สัดส่วนที่ 92:8** (อัตราส่วนผสมระหว่างต้นสบู่ดำ 92% กับกาวฟินอลไซยาเนต 8%) เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด เพราะพบว่า ค่าที่ได้จากการทดสอบ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก. 876-2547) ทุกรายการ จึงถือได้ว่า แผ่นฝ้าเพดานที่ทำจากต้นสบู่ดำ สามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ผลของ PC **สัดส่วน 90:10**(ต้นสบู่ดำ 90%ต่อกาวฟินอลไซยาเนต 10 **%)** จากผลการวิจัยพบว่า ค่าความต้านทาน แรงดัดของแผ่นทดสอบได้ 15.64 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนด 18 MPa ขึ้นไป)ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

ผลของ PC **สัดส่วน 95:5**(ต้นสบู่ดำ 95%ต่อกาวฟินอลไซยาเนต 5 %) ผลการวิจัย พบว่า แรงยึดเหนี่ยวภายใน หรือค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้ค่า = 0.36 MPa เมกกะปาสคาล (มอก. กำหนดไว้ 0.4 เมกกะปาสคาลขึ้นไป) จึงสรุปได้ว่า ผลการทดสอบ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

ผลของ PC **สัดส่วน 97:3**(ต้นสบู่ดำ 97%ต่อกาวฟินอลไซยาเนต 3%) จากผลของการวิจัยพบว่า ค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นทดสอบได้ 16.58 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนด 18 MPa ขึ้นไป) ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าผลของ UF **สัดส่วนที่ 90:10** (อัตราส่วนผสมระหว่างต้นสบู่ดำ 90% กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10%) เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด เพราะพบว่า ค่าที่ได้จากการทดสอบ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก. 876-2547) ทุกรายการ จึงถือได้ว่า แผ่นฝ้าเพดานที่ทำจากต้นสบู่ดำ สามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ผลของ UF **สัดส่วน 92:8**(ต้นสบู่ดำ 92%ต่อกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 8 **%)** จากผลการวิจัยพบว่า ค่าความต้านทาน แรงดัดของแผ่นทดสอบได้ 15.94 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนด 18 MPa ขึ้นไป)ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

ผลของ UF **สัดส่วน 95:5**(ต้นสบู่ดำ 95%ต่อกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5 %) ผลการวิจัย พบว่า แรงยึดเหนี่ยวภายใน หรือค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ได้ค่า = 0.36 MPa เมกกะปาสคาล (มอก. กำหนดไว้

0.4 เมกกะปาสคาลขึ้นไป) จึงสรุปได้ว่า ผลการทดสอบ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

ผลของ UF **สัดส่วน 97:3**(ต้นสบู่ดำ 97%ต่อกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 3%) จากผลของการวิจัยพบว่า ค่าความต้านทานแรงดัดของแผ่นทดสอบได้ 16.58 เมกกะปาสคาล (MPa) (มอก. กำหนด 18 MPa ขึ้นไป) ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก. 876-2547)

5.3 การทดสอบสารพิษหลังการอัดแผ่น

การทดสอบสารพิษหลังการอัดแผ่น

จากการทดสอบสารพิษทั้ง 8 ชนิดได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว แบเรียม ปรอท ไซยาไนด์ สารหนู โครเมียมและซิลีเนียม อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เกินมาตรฐาน แสดงว่าทุกตัวผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

5.4 การหาความยาวและโค้งงอของเส้นใย

สรุปผลการหาความยาวและโค้งงอของเส้นใย

FIBERS(nb)	5035	NB OBJ(million/g)
Length:arithm.& weighted in length(ความยาวเฉลี่ย)	0.696	
Width(μm)(ความกว้างเฉลี่ย)	31.9	
Curl (%)(ความโค้งงอ)	6.1	

5.5 การวิเคราะห์ต้นทุน

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแผ่นฝ้าเพดานที่ใช้กาวฟีนอลไซต์ยาเนต (PC) ขนาด 600x600x100 มม. อยู่ที่ 7.50 บาท ส่วนต้นทุนการผลิตแผ่นฝ้าเพดานที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) ขนาด 600x600x100 มม. อยู่ที่ 3.75 บาท เมื่อเปรียบเทียบราคาจำหน่ายในท้องตลาด แผ่นยิปซัมบอร์ด ขนาด 600x600x100 มม. ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ทนความชื้นและไม่แข็งแรง จำหน่ายในราคาแผ่นละ 11-14 บาท แต่แผ่นฝ้าเพดาน T-Bar ที่ทำด้วยต้นสบู่ดำมีความแข้งแรงทนทานกว่าแผ่นยิปซัมบอร์ดซึ่งแผ่นฝ้าเพดาน T-Bar ที่ทำด้วยต้นสบู่ดำทนต่อความร้อนละความชื่นสูง มีต้นทุนการผลิต (PC) อยู่ที่ 7.50 บาท และ (UF) 3.75 บาท

5.6 อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยพอที่จะวิเคราะห์ถึงปัญหาต่าง ๆ ในระหว่างทำการทดลองได้ ดังนี้ คือ

5.6.1 ขนาดของแผ่นทดสอบ แผ่นที่ใช้ทดสอบจะใช้ขนาด 350x350x10 มม.^{3} ในการปฏิบัติจริงบางครั้ง อาจใช้ขนาด 400x400x10 มม.^{3} จากนั้นถึงจะนำไปตัดให้ได้ขนาด 350x350x10 มม.^{3} เพื่อมุมของชิ้นงานจะได้ไม่บิ่นหรือแตกร้าว และสะดวกในการวัดเพื่อตัดแผ่นเล็ก ๆ จำนวน 54 ชิ้น เพื่อทดสอบ

5.6.2 ปริมาณกาวฟินอลไซยาเนต เมื่อทำการทดลองซ้ำแล้ว ซ้ำอีก พบว่า ปริมาณกาวที่ใช้ที่เหมาะสมจะอยู่ในปริมาณไม่เกิน 5% เพราะถ้าหากใช้น้อยเกินไป ตัวกาวก็จะยึดเกาะกับวัสดุน้อย ทำให้แผ่นผนังที่อัดออกมา มีลักษณะที่เปื่อยยุ่ย ถ้าหากใช้ปริมาณกาวมากเกินไป แผ่นผนังก็อาจจะมีอาการเหนียว และอ่อนไม่แข็งแรง

5.6.3 การทดสอบหาความชื้น (Water Content) และความหนาแน่น (Density) ในการทดสอบพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด อาจเป็นเพราะในกระบวนการอัดผู้วิจัยได้คำนวณอัตราส่วนผสม โดยกำหนดค่าความหนาแน่นที่ 0.80 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และแรงดันที่ใช้ในการอัดอยู่ที่ 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสม เพราะได้ผ่านการทดลอง ซ้ำแล้วซ้ำอีก จนได้ค่าดังกล่าวออกมา จึงทำให้ได้แผ่นทดสอบที่มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนทาน ขยายตัวน้อย เมื่อทดสอบกับความชื้น

5.6.4 การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond) หรือการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จากการทดสอบพบว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนด อาจเป็นเพราะกระบวนการอัด ตลอดจนอัตราส่วนผสม และปัจจัยอื่น ๆ เกื้อหนุนให้การทดสอบผ่านไปได้ด้วยดี ปลอดภัย การทดลองซ้ำแล้วซ้ำเล่า จนได้ชิ้นงานที่ดีที่สุด

5.6.5 การทดสอบหาความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) ในขั้นตอนนี้ก็สามารถทดสอบผ่านไปได้ เช่นกัน ซึ่งพบว่า สาเหตุที่แผ่นทดสอบทนต่อแรงดัดได้ดี ก็อาจเป็นเพราะคุณภาพของกาว คือ กาวฟินอลไซยาเนต นั่นเป็นตัวหลักที่ทำให้แผ่นทดสอบทนต่อแรงดัด

ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่เป็นตัวสนับสนุนก็อาจจะได้แก่ อัตราส่วนผสม แรงอัด ความหนาแน่น ของวัสดุ อุณหภูมิที่ใช้ และอื่น ๆ เป็นต้น

5.7 ข้อเสนอแนะ

5.7.1 อัตราส่วนผสม ตลอดจนกระบวนการในการอัดแผ่นฝ้าเพดานที่ทำจากต้นสบู่ดำ อาทิเช่น อุณหภูมิที่ใช้ แรงอัดที่ใช้ ค่าความหนาแน่นที่กำหนดหรือที่ได้ศึกษาค้นคว้า ตลอดจนการอบแห้ง ขนาดของชิ้นวัสดุ และอื่น ๆ จะเป็นตัวช่วยในการเสนอแนวทางหรือนำทางให้ผู้วิจัยอื่น ๆ ได้ทดลองฝึกหัดทำหรืออาจทดลองใช้กับวัสดุอื่น ๆ

5.7.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป ในการทำวิจัยในครั้งต่อไป น่าจะทดสอบในเรื่องคุณสมบัติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานในอาคารของ แผ่นฝ้าเพดานจากต้นสบู่ดำ เช่น คุณสมบัติการนำความร้อน คุณสมบัติการดูดซับเสียง และเทคนิควิธีการในการนำไปติดตั้งจริงในอาคาร ฯลฯ

บรรณานุกรม

จรัส ช่วยนะ และคณะ. 2545. การผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดจากเศษไม้ไผ่ค้ำยันเหลือทิ้ง อ้างในการประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2545 ด้านวัสดุทดแทนไม้. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ปรีชา เกียรติกระจาย. 2531. โครงการเผยแพร่ความรู้ทางวนผลิตภัณฑ์. กาวและการยึดติดไม้. หน้า 26-29. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 194 หน้า

พรพิมล อมรโชติ และคณะ. 2545. การพัฒนาใช้ประโยชน์ไม้สักขนาดเล็กจากสวนป่ามาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้. อ้างในการประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2545 ด้านวัสดุทดแทนไม้. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

พรพิมล อมรโชติ, วรธรรม อุ่นจิตติชัย, จรัส ช่วยนะ, ลัทธพล เลิศลักษณ์ปรีชา และ คมสันต์ คล้ายภู่, การศึกษาศักยภาพการใช้ประโยชน์ของเศษไม้ยางพาราเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม,การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545 (ด้านวัสดุทดแทนไม้), กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ, 2545, หน้า 121-132.

ระวีวรรณ พันธ์พานิช. 2541. สถิติเพื่อการวิจัย. ภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ

วรธรรม อุ่นจิตติชัย และ จรัล ทองสถิตย์. 2538. พฤติกรรมของการดีดคืนและหดตัวทางความหนาของแผ่นในการผลิตแผ่นใยไม้อัดฉนวนจากชานอ้อย. เอกสารการวิจัย เลขที่ ร.440. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 85 หน้า

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, สัญญา โชคดีพาณิชยี และ พัฒนี เดชาวิจิตร. 2539. การผลิตแผ่นเอ็มดีเอฟจากวัชพืช : ต้นหญ้าสลาบหลวง. เอกสารการวิจัย. เลขที่ ร.454. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 24 หน้า.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, วัลยุทธ เฟื่องวิวัฒน์, หัสนีย์ แคะนาค, ปิยะวดี บัวจงกล และ รัชนีวรรณ การค้า. 2539. การผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้จริงจากไม้มะเกี๋ยงขนาดเล็ก : แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด และแผ่นเอ็มดีเอฟ. เอกสารการวิจัย เลขที่ ร. 478. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้, ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. 202 หน้า.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2542. แผ่นปาร์ติเคิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งอุตสาหกรรม. รายงานผลงานวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ 2541-2542. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. หน้า 87-105.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, ทรงกลด จารุสมบัติ, จรัส ช่วยนะ และพรพิมล อมรโชติ. 2544. การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้. หน้า 67-76. ในการสัมมนาเรื่องแฝกกับปลวก วันที่ 3 พฤษภาคม 2544 ณ โรงแรมมารวยการ์เด้น, กรุงเทพฯ. จัดโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย, จักรพงศ์ บุญสิน และ มุกดา นวลแก้ว, การปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดแข็งจากไม้ยูคาลิปตัสด้วยฟีโนลิคเรซิน, การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545 (ด้านวัสดุทดแทนไม้), กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ, 2545, หน้า 133-142.

สมบัติ ชิณะวงศ์ 2549 การปลูกสบู่ดำและการใช้ประโยชน์จากสจู่ดำ เอกสารเผยแพร่ อันดับที่ 74 ประจำปี 2549 คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิด อัดราบ. 876-2547.

สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ 2557.สินค้าส่งออก 10 อันดับแรกของไทยรายประเทศ(ออนไลน์) สืบค้นจาก

http:/ ww.ops3.moc.go.th/ infor/ menucomth/ stru1_export/ export_topn_country/ report.asp. (3 พฤษภาคม 2557)

องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, 2547. สรุปผลการดำเนินงาน ประจำปี 2547 กรุงเทพฯ

Albrecht, J.W. 1968. The Use of Wax Emulsion Particleboard Production" Proceedings of the Washington State University Particleboard Symposium, No.2. Pullman, Washington : WSU.

Bhagwhat, S.G. and T.M. Maloney. 1980. The Developing Industry and process Variables and Their Effects on Board Quality, Proceedings of the Washington State University Particleboard Symposium, No.14. Pullman, Washington : WSU.pp.283-290

Billmeyer, F.W. 1984 Textbook of Polymer Science. John Wiley & Sons, Inc. Singapore. pp. 436-442.

Chow, P.1976 Properties of medium-Density, Dry Formed Fiberboard From Seven Hardwood Residues and Barkk, Forest Products Jounal. Vol.26, No.5, pp.48-55.

Chow, P.1979 Phemol Adhesive Bonded Medium-Density Fiberboard Fiberboard From Quecus rubra L.

Bark and Sawdust. Wood and Fiber, 11 (2). Pp. 48-55.

Heebink, B.G. 1967 Wax in Particleboard, Proceeding of the Washington State University Particeboard Symposium, No.1 Pullman, Washington : WSU.

Heebink. B.G. and R.A. Hann. 1959. How Wax and Particle Shape Affect Stability and Sterngth of Oak Particleboards. Forest Products Journal, Vol.9, No.7

Kollmann, F.F.P., E.W. Kuenzi and A.J. Stamm. 1975 Principles of Wood Science and Technology. Vol.II. Springer-Verlag, New York.pp. 312-550.

Maloney, T.M. 1993. Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Miller Freeman Publication, California. 672 p.

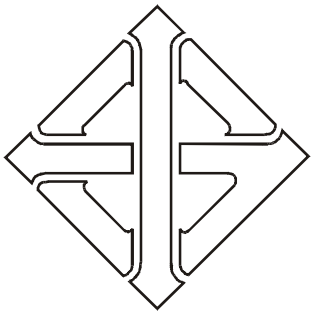
Maistrcool, L. & Honderson, G. 1944. Vetiver grass:urass:useful tools against Formosan subterranean termites and be found in nature. LSU Ag. Center, Dept. of Entomology, Baton Rouge, LA

Maistrello. L., Zhu B., Laine, A.R. & Henderson, G.1996. Effects of vetiver oil components on termites: does mootkatone alter interindividual communication or motion ability,

Dept. of Entomology, 402 Life Sciences Bldg., Louisiana State University Agricultural Center, Baton Rouge, LA 70803, USA.

Tsoumis, G.1991 Science and Technology of Wood : Structure, Propertis, Utlization. Van Nostrand Reinhold, New York. 494 p.

ภาคผนวก



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 876– 2547

แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

FLAT PRESSED PARTICLEBOARDS

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 79.060.20

ISBN 974-687-210-9

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

มอก. 876 – 2547

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 121 ตอนที่ 63ง
วันที่ 5 สิงหาคม พุทธศักราช 2547

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 120
มาตรฐานแผ่นอัดสำหรับการก่อสร้าง

ประธานกรรมการ

นายนิคม แหลมสัก	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรรมการ

นายวินัย สีเที่ยงธรรม	กรมโยธาธิการและผังเมือง
นายวรธรรม อุ่นจิตติชัย	กรมป่าไม้
นายวิทยา วุฒิจำนงค์	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นายสมุทร พรหมเกษตรินทร์	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
นายสุรินทร์ กาญจนกุญชร	สำนักงานมาตรฐานสินค้า
นายชุมพล เพี้ยนภักตร์	บริษัท ไม้อัดไทย จำกัด
นายชัยพร มังกรเดชไชยกุล	บริษัท เดอะ วนชัย กรุ๊ป ออฟ คอมปานีส์ จำกัด
-	บริษัท สตาร์บล็อก กรุ๊ป จำกัด
นายอนุชา ราญรอน	บริษัท วิบูลย์วัฒนอุตสาหกรรม จำกัด
นายทรวง ทิมบุญธรรม	บริษัท ไทยชิปบอร์ด จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นางสาวนิลเนตร ไพรพิสุทธิ์	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบนี้ได้ประกาศใช้ครั้งแรกเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง มาตรฐานเลขที่ มอก.876-2532 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 106 ตอนที่ 146 วันที่ 5 กันยายน พุทธศักราช 2532

ต่อมาได้พิจารณาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงในสาระสำคัญของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังกล่าว เพื่อให้ทันสมัยและเหมาะสมกับขีดความสามารถของผู้ทำและความต้องการของผู้ใช้ จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยอาศัยเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

EN 120 : 1991	Wood based panels - Determination of formaldehyde content - Extraction method called the perforator method
EN 311-1992	Particleboards - Surface soundness of particleboards - test method
EN 312-1 : 1996	Particleboards - Specifications - Part 1 : General requirements for all board types
EN 312-2 : 1996	Particleboards - Specifications - Part 2 : Requirements for general purpose boards for use in dry conditions
EN 312-3 : 1996	Particleboards - Specifications - Part 3 : Requirements for boards for interior fitments (including furniture) for use in dry conditions
JIS A 5908-1994	Particleboards
มอก.499-2526	ตะปูเกลียวหัวผ่า

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 3261 (พ.ศ. 2547)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง มาตรฐานเลขที่ มอก.876–2532

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1523 (พ.ศ.2532) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง ลงวันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ.2532 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ มาตรฐานเลขที่ มอก.876–2547 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 90 วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2547

พินิจ จารุสมบัติ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับ แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบที่มีความหนาแน่นตั้งแต่ 400 kg/m^3 ถึง 900 kg/m^3 สำหรับใช้งานทั่วไปในสภาวะแห้ง (dry condition)

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึง แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบซึ่งมีไม้บางหรือวัสดุอื่นปิดทับหน้า

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (flat pressed (FP) particleboards) ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “แผ่นชิ้นไม้อัด” หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่น ทำจากชิ้นไม้ หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (lignocellulosic material) อัดในเครื่องอัดร้อนให้ยึดติดกันด้วยกาว ให้ทิศทางของแรงอัดตั้งฉากกับระนาบของแผ่น การทำอาจทำเป็นแผ่น ๆ หรือทำต่อเนื่อง ชิ้นไม้ส่วนใหญ่นอนตัวขนานกับระนาบของแผ่น แผ่นชิ้นไม้อัดอาจทำให้มีลักษณะโครงสร้างเป็นชั้นเดียว สามชั้น หลายชั้น หรือโครงสร้างที่มีชิ้นไม้ขนาดลดหลั่นกันก็ได้ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 400 kg/m^3 ถึง 900 kg/m^3

2.2 แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียว หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน มีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่ง(additive) อย่างเดียวกัน ตลอดความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด

2.3 แผ่นชิ้นไม้อัดสามชั้น หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่แบ่งตามลักษณะของชิ้นไม้ออกเป็นสามชั้นตลอดความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด ในแต่ละชั้นประกอบด้วยชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาด ตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกัน ปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบางเป็นชั้นผิวหน้าและหลัง ส่วนชั้นไส้ใช้ชิ้นไม้หยาบและใหญ่กว่า ไม้ที่ใช้ทำชั้นไส้อาจเป็นชนิดที่ต่างกันกับที่ใช้ทำชั้นผิวหน้าและหลังก็ได้ ปริมาณกาวที่ใช้ผสมในชั้นผิวทั้ง 2 หน้า มักมีมากกว่าในชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน มีผิวแข็งและแน่นขึ้น

2.4 แผ่นชิ้นไม้อัดหลายชั้น หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีลักษณะตามข้อ 2.3 แต่มีจำนวนชั้นมากกว่า 3 ชั้น

2.5 แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น (graduated particleboard) หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีขนาดและลักษณะต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่นประกอบด้วยชิ้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่าอยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนา จากแนวกลางแผ่น ชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นเล็กลงไปหาผิวทั้งสองด้าน โดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

2.6 ชิ้นไม้ หมายถึง ชิ้นหรือส่วนของเนื้อไม้ หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ชิ้นไม้อาจมีลักษณะต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

2.6.1 เกล็ด (flake) หมายถึง ชิ้นไม้บาง ๆ มีทิศทางของเสี้ยนไม้ขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดตัดขนานกับแนวของเสี้ยนไม้ แต่ทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย

2.6.2 เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

2.6.3 แถบ (strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

2.6.4 ขี้กบ (planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือหนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบางและมีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutterhead)

2.6.5 แท่ง (splinter or sliver) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเสี้ยน ไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

2.6.6 เม็ด (granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

2.6.7 ลักษณะอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ทำแผ่นชิ้นไม้อัด

2.7 ไม้บาง (veneer) หมายถึง แผ่นเนื้อไม้บาง ๆ ที่ได้จากการปอกหรือฝาน

2.8 วัสดุลิกโนเซลลูโลส หมายถึง วัสดุที่มีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ไม้ และพืชต่าง ๆ ได้แก่ ชานอ้อย ป่าน ปอ เป็นต้น

2.9 กาว หมายถึง สารอินทรีย์ที่ใช้ติดชิ้นไม้ในแผ่นชิ้นไม้อัด โดยปกติเป็นกาวเรซินสังเคราะห์

2.10 สารเติมแต่ง หมายถึง สารที่ใช้เติมในการทำแผ่นชิ้นไม้อัด เพื่อให้มีสมบัติพิเศษขึ้น ซึ่งรวมทั้งสารรักษาเนื้อไม้ด้วย

3. แบบและชั้นคุณภาพ

3.1 แผ่นชิ้นไม้อัด แบ่งตามลักษณะโครงสร้าง ออกเป็น 4 แบบ คือ

3.1.1 แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียว

3.1.2 แผ่นชิ้นไม้อัดสามชั้น

3.1.3 แผ่นชิ้นไม้อัดหลายชั้น

3.1.4 แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น

3.2 แผ่นชิ้นไม้อัด แต่ละแบบ แบ่งตามปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ออกเป็น 2 ชั้นคุณภาพ คือ

3.2.1 ชั้นคุณภาพ 1 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ไม่มากกว่า 8 mg/100 g

3.2.2 ชั้นคุณภาพ 2 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ มากกว่า 8 mg/100 g ถึง 30 mg/100 g

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ความกว้างและความยาว ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 5 mm
การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3.1

4.2 ความหนา ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก แต่ต้องไม่น้อยกว่า 3 mm และไม่เกิน 50 mm โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 0.3 mm
การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3.2

4.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุมทั้ง 2 เส้น จะมีได้ไม่เกิน 0.25 % ของเส้นสั้น
การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3.3

4.4 ความตรงของขอบแต่ละด้านจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวตรงได้ไม่เกิน 3.0 mm
การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3.4

5. ส่วนประกอบและการทำ

5.1 ส่วนประกอบ

5.1.1 ชิ้นไม้ หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลสสำหรับทำแผ่นชิ้นไม้อัด

5.1.2 กาว

5.2 การทำ

5.2.1 ย่อยวัสดุที่จะทำเป็นชิ้นไม้ตามลักษณะที่ต้องการ แล้วอบจนได้ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมด้วยเครื่องอบ แยกชิ้นไม้ออกเป็นขนาดต่าง ๆ ตามที่ต้องการ แล้วนำไปคลุกกับกาวตามอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วยเครื่องจักร โดยผสมสารเติมแต่งลงไปด้วยก็ได้ และต้องควบคุมให้ปริมาณความชื้นของชิ้นไม้ หลังจากผสมกาวและสารเติมแต่งแล้ว อยู่ในระดับที่เหมาะสม นำชิ้นไม้ไปทำเป็นแผ่นชิ้นไม้ (particle mat) ด้วยเครื่องทำแผ่น แล้วนำแผ่นชิ้นไม้ไปอัดด้วยเครื่องอัดร้อนในแนวราบทั้งนี้ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิแรงอัดและระยะเวลาอัดร้อน

5.2.2 ในกรณีที่เป็นแผ่นชิ้นไม้อัดสามชั้น ต้องทำให้เกิดโครงสร้างที่สมดุล หากเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียวต้องโรยชิ้นไม้ที่มีขนาดแตกต่างให้คละกันอย่างสม่ำเสมอ

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป
แผ่นชิ้นไม้อัดต้องมีความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ความหนาแน่น
ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 400 mg/m^3 ถึง 900 mg/m^3 และความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดแต่ละแผ่นจะคลาดเคลื่อนจากค่าความหนาแน่นเฉลี่ยได้ไม่เกิน 10%
การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.4

6.3 ปริมาณความชื้น (moisture content)

ปริมาณความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 4 % ถึง 13 %

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.5

6.4 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

6.4.1 แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นคุณภาพ 1

ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ไม่มากกว่า 8 mg/100 g

6.4.2 แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นคุณภาพ 2

ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ มากกว่า 8 mg/100 g ถึง 30 mg/100 g

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.6

6.5 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะที่ต้องการอื่นๆ

(ข้อ 6.5)

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด							วิธีทดสอบตาม
		ความหนา มิลลิเมตร							
		3.0 ถึง 6.0	เกิน 6.0 ถึง 13.0	เกิน 13.0 ถึง 20.0	เกิน 20.0 ถึง 25.0	เกิน 25.0 ถึง 32.0	เกิน 32.0 ถึง 40.0	เกิน 40.0 ถึง 50.0	
1	การพองตัวตามความหนา % ไม่เกิน	12	12	12	12	12	12	12	ข้อ 9.7
2	ความต้านแรงดัด MPa *								ข้อ 9.8
	ไม่น้อยกว่า	15	14	13	11.5	10	8.5	7	
3	มอดุลัสยืดหยุ่น MPa ไม่น้อยกว่า	1 950	1 800	1 600	1 500	1 350	1 200	1 050	ข้อ 9.8
4	ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า								ข้อ 9.9
	MPa ไม่น้อยกว่า	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.20	
5	ความยึดแน่นของผิวหน้า MPa								EN 311
	ไม่น้อยกว่า	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
6	ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว N								ข้อ 9.10
	ไม่น้อยกว่า								
	- ด้านผิว	-	-	360**	360	360	360	360	
	- ด้านขอบ	-	-	360**	360	360	360	360	

หมายเหตุ * *1 MPa เท่ากับ 1 N/mm^2*

** *หมายถึง ทดสอบเฉพาะที่ความหนา 15.0 mm ถึง 20.0 mm*

\- *หมายถึง ไม่ต้องทดสอบ*

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่แผ่นชิ้นไม้อัดทุกแผ่น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ตามชื่อมาตรฐาน

(2) แบบ และ ชั้นคุณภาพ

(3) ขนาด (ความกว้าง x ความยาว x ความหนา) เป็น มิลลิเมตร x มิลลิเมตร x มิลลิเมตร

(4) ข้อความหรือรหัสแสดงเดือน ปีที่ทำ หรือรุ่นที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ตามภาคผนวก ก. ให้ไว้เป็นเพียงข้อแนะนำ

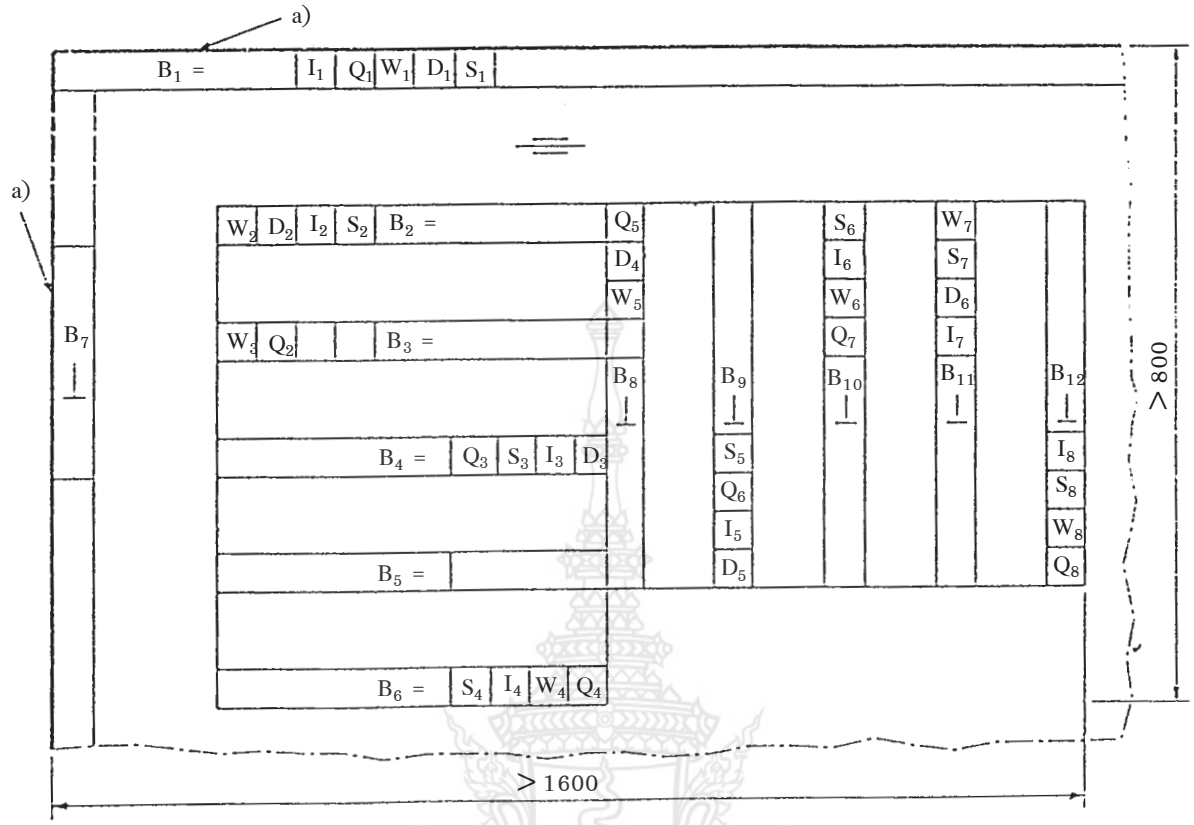
9. การทดสอบ

9.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างแต่ละแผ่น เป็นชิ้นทดสอบตามรูปที่ 1 ดังนี้

- ชิ้นทดสอบ D_1 ถึง D_6 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 6 ชิ้น สำหรับทดสอบความหนาแน่นและความชื้น
- ชิ้นทดสอบ Q_1 ถึง Q_8 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบการพองตัวตามความหนา
- ชิ้นทดสอบ B_1 ถึง B_{12} ขนาด 50 mm x L mm จำนวน 12 ชิ้น สำหรับทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

  L = 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ไม่น้อยกว่า 150 mm บวก 50 mm)
- ชิ้นทดสอบ I_1 ถึง I_8 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า
- ชิ้นทดสอบ S_1 ถึง S_8 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบความยึดแน่นของผิวหน้า
- ชิ้นทดสอบ W_1 ถึง W_8 ขนาด 50 mm x 50 mm จำนวน 8 ชิ้น สำหรับทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

= หมายถึง ทิศทางของแนวแกนด้านยาวของชิ้นทดสอบขนานกับทิศทางของเครื่อง

⊥ หมายถึง ทิศทางแนวแกนด้านยาวของชิ้นทดสอบตั้งฉากกับทิศทางของเครื่อง

a) หมายถึง ขอบด้านนอก

รูปที่ 1 ตำแหน่งและการตัดชิ้นทดสอบ

(ข้อ 9.1)

9.2 การปรับภาวะชิ้นทดสอบ

ให้นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้สำหรับทดสอบการพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความยึดแน่นของผิวหน้า และความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว ไปปรับภาวะที่อุณหภูมิ $(20 \pm 2)\ ^{o}C$ ความชื้นสัมพัทธ์ (65 ± 5) % จนมีมวลคงที่ คือ มวลของชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้ง ห่างกัน 24 h ต่างกันไม่เกิน 0.1 % แล้วทดสอบทันทีที่พ้นจากการปรับภาวะ ส่วนชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบความหนาแน่น และปริมาณความชื้นไม่ต้องปรับภาวะ

9.3 ขนาด

9.3.1 ความกว้าง และความยาว

ใช้สายวัดโลหะที่วัดได้ละเอียดถึง 1 mm วัดที่จุดลึกเข้าไปจากขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดประมาณ 100 mm ดังรูปที่ 2

9.3.2 ความหนา

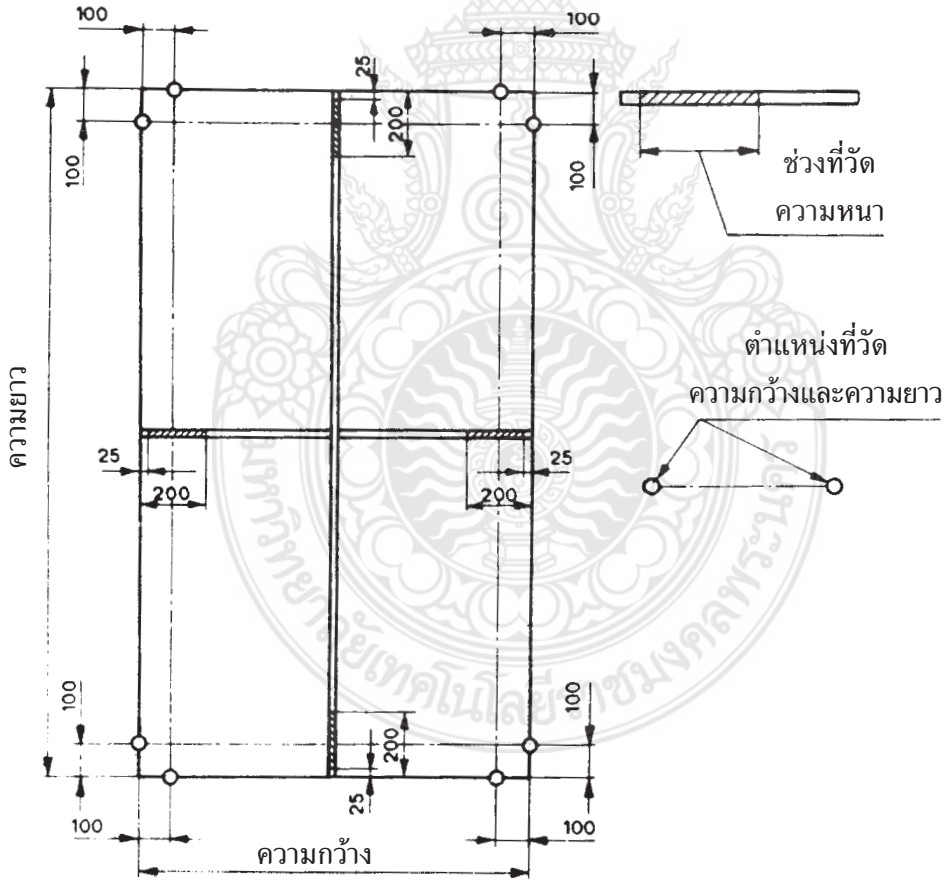
ใช้ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm ให้วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 mm ถึง 200 mm ดังรูปที่ 2

9.3.3 ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

ใช้สายวัดตามข้อ 9.3.1 วัดหาความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

9.3.4 ความตรงของขอบ

ขึงเส้นด้ายให้ตึงระหว่างมุมที่ขอบเดียวกันของแผ่นชิ้นไม้อัด แล้ววัดระยะที่คลาดเคลื่อนจากแนวเส้นด้ายมากที่สุดของขอบทั้ง 4 ด้าน



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และ ความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด

(ข้อ 9.3.1 และข้อ 9.3.2)

9.4 ความหนาแน่น

9.4.1 เครื่องมือ

9.4.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 g

9.4.1.2 ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm

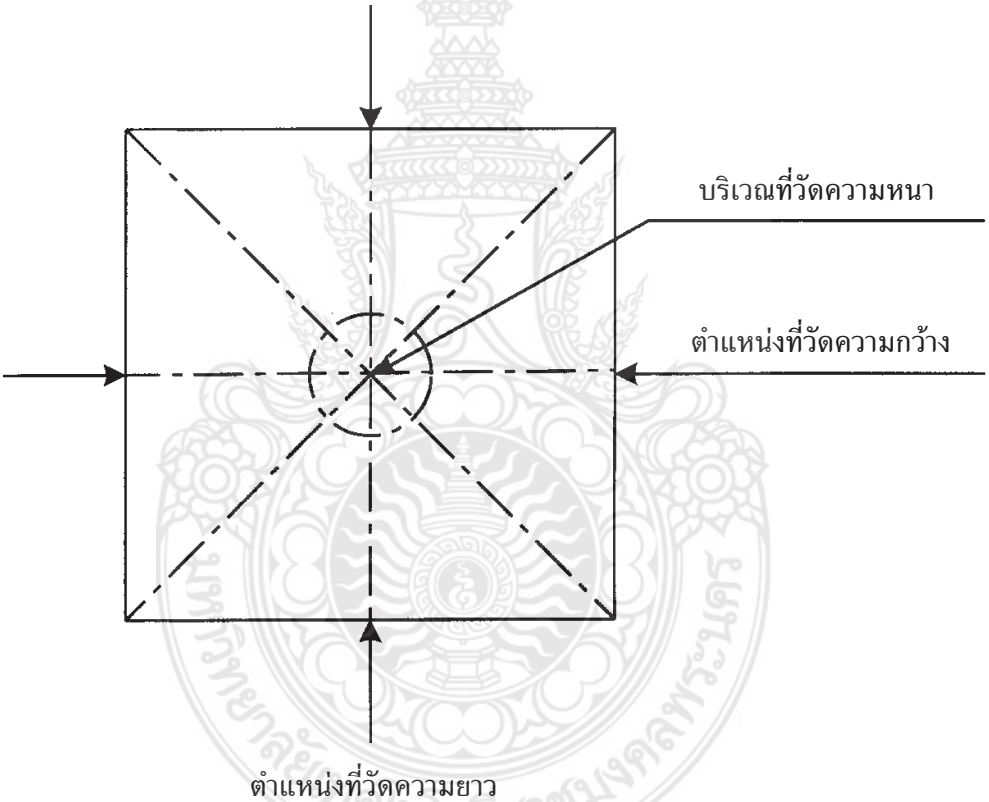
9.4.1.3 แคลิเปอร์แบบเลื่อน (sliding caliper) หรือเครื่องวัดอื่นที่เทียบเท่า อ่านได้ละเอียดถึง 0.1 mm

9.4.2 วิธีทดสอบ

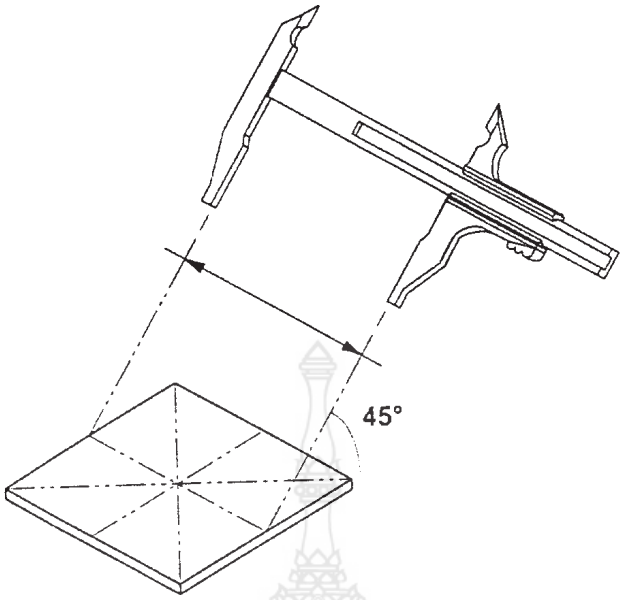
9.4.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบให้ได้มวลที่แน่นอนถึง 0.01 g

9.4.2.2 ใช้เครื่องมือตามข้อ 9.4.1.2 วัดความหนาตรงจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบตามรูปที่ 3

9.4.2.3 ใช้เครื่องมือตามข้อ 9.4.1.3 วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ ตามรูปที่ 3 โดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวระนาบของชิ้นทดสอบ ประมาณ 45° ตามรูปที่ 4



รูปที่ 3 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ
(ข้อ 9.4.2.2 ข้อ 9.4.2.3 และข้อ 9.7.2.1)



รูปที่ 4 แสดงวิธีวัดความกว้าง ความยาวของชิ้นทดสอบ
(ข้อ 9.4.2.3)

9.4.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} = \frac{m}{V} \times 10^6$$

เมื่อ m คือ มวลของชิ้นทดสอบ เป็น กรัม

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ เป็น ลูกบาศก์มิลลิเมตร

9.4.4 การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นและความหนาแน่นเฉลี่ย

9.5 ปริมาณความชื้น

9.5.1 เครื่องมือ

(1) เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 g

(2) ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ $(103 \pm 2)\ ^{o}C$

(3) เดซิเคเตอร์

9.5.2 วิธีทดสอบ

9.5.2.1 ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 9.4 แล้ว ให้ได้มวลที่แน่นอน ถึง 0.01 g เป็นมวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ

9.5.2.2 อบชิ้นทดสอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $(103 \pm 2)\ ^{o}C$ จนได้มวลคงที่ คือมวลของชิ้นทดสอบ เมื่อชั่ง 2 ครั้งที่เวลาห่างกัน 6 h ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 0.1 % ของมวลของชิ้นทดสอบ

9.5.2.3 นำมาใส่ในเดซิเคเตอร์ปล่อยไว้ให้เย็น

9.5.2.4 ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นมวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง

9.5.3 วิธีคำนวณ

หาค่าปริมาณความชื้นจากสูตร

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

เมื่อ m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบ เป็น กรัม

m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบหลับอบแห้ง เป็น กรัม

9.5.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้น

9.6 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

9.6.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างเป็นชิ้นทดสอบกว้าง 25 mm ยาว 25 mm ให้ได้มวลประมาณ 500 g

9.6.2 วิธีทดสอบ

ให้ปฏิบัติตาม BS EN 120

หมายเหตุ *การทดสอบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ให้ใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าได้ โดยใช้เกณฑ์กำหนดและวิธีทดสอบ (รวมทั้งการเตรียมชิ้นทดสอบ) ต้องสอดคล้องกันดังในภาคผนวก ข. ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีตาม BS EN 120 เป็นวิธีตัดสิน*

9.7 การพองตัวตามความหนา

9.7.1 เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดความหนาที่เทียบเท่า ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถึง 20 mm

9.7.2 วิธีทดสอบ

9.7.2.1 ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาตามรูปที่ 3 วัดความหนาของชิ้นทดสอบ เป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

9.7.2.2 แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ $(20 \pm 2)\ ^{o}C$ โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำ ประมาณ 25 mm แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและก้นภาชนะที่ใส่ ไม่น้อยกว่า 10 mm

9.7.2.3 เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 h แล้ว รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

9.7.2.4 ปล่อยชิ้นทดสอบไว้อีก 1 h แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำ

9.7.3 วิธีคำนวณ

หาค่าการพองตัวตามความหนา จากสูตร

$$\text{การพองตัวตามความหนา ร้อยละ} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100$$

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ เป็น มิลลิเมตร

t_2 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ เป็น มิลลิเมตร

9.7.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของการพองตัวตามความหนา เป็นร้อยละ

9.8 ความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.8.1 เครื่องมือ

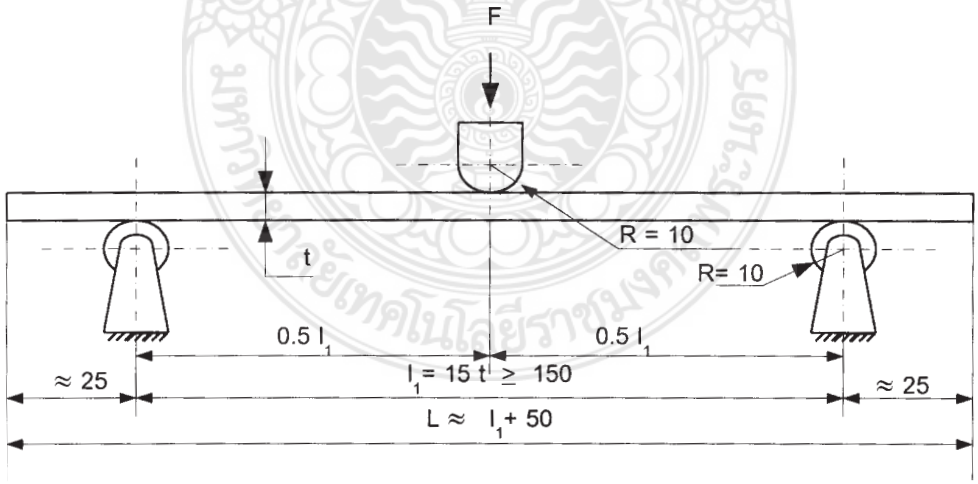
9.8.1.1 เครื่องกด ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 N หรือ 5 % ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ แท่งกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 mm และมีความยาวของแท่งกดไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

9.8.1.2 แท่งรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปวงกลม หรือรูปครึ่งวงกลม มีรัศมีประมาณ 10 mm และมีความยาวของแท่งรองรับไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

9.8.1.3 เครื่องวัดการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.1 mm

9.8.2 วิธีทดสอบ

9.8.2.1 วางชิ้นทดสอบบนแท่งรองรับซึ่งมีระยะห่างกัน 15 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ตัวเลขที่ได้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็ม ของ 10 mm) แต่ต้องไม่น้อยกว่า 150 mm ตามรูปที่ 5 ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 mm



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 5 การทดสอบความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

(ข้อ 9.8.2.1)

9.8.2.2 ให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกด จนกระทั่งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s (ความเร็วในการกดประมาณ 10 mm/min)

9.8.2.3 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว ดังรูปที่ 6

9.8.3 วิธีคำนวณ

9.8.3.1 ความต้านแรงดัด

หาค่าความต้านแรงดัด จากสูตร

$$f\mathrm{m} = \frac{3\ F_{max}\ l_1}{2\ b\ t^2}$$

เมื่อ $f\mathrm{m}$ คือ ความต้านแรงดัด เป็น เมกะพาสคัล

F_{max} คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็น นิวตัน

l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ เป็น มิลลิเมตร

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

9.8.3.2 มอดุลัสยืดหยุ่น

หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่น จากสูตร

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

เมื่อ E_m คือ มอดุลัสยืดหยุ่น เป็น เมกะพาสคัล

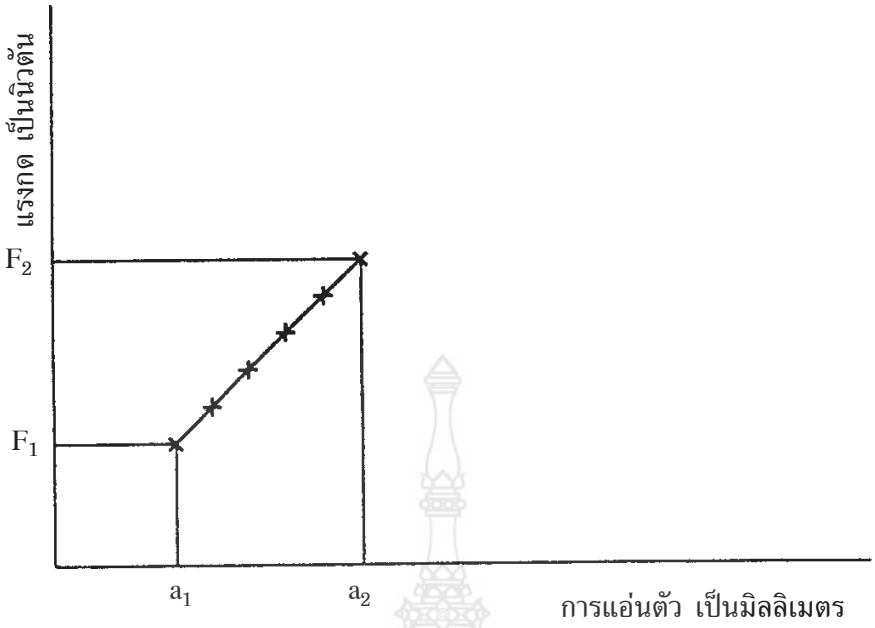
l_1 คือ ระยะห่างของแท่งรองรับ เป็น มิลลิเมตร

$F_2 - F_1$ คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 6 เป็น นิวตัน

b คือ ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

t คือ ความหนาที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

$a_2 - a_1$ คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรงตามรูปที่ 6 เป็น มิลลิเมตร



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว
(ข้อ 9.8.2.3 และข้อ 9.8.3.2)

9.8.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

9.9 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.9.1 เครื่องมือ

9.9.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถใช้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกในเวลาไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s

9.9.1.2 แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 mm x 50 mm ความหนาตามความเหมาะสม

9.9.2 วิธีทดสอบ

9.9.2.1 ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดึงได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบ

9.9.2.2 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน ซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึง จนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s (ความเร็วในการดึงประมาณ 2 mm/min)

9.9.3 วิธีคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า จากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เมกะพาสคัล} = \frac{F}{W \times L}$$

เมื่อ F คือ แรงดึงสูงสุด เป็น นิวตัน

W คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

L คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

9.9.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

9.10 ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

9.10.1 เครื่องมือ

9.10.1.1 เครื่องดึง ซึ่งสามารถใช้แรงดึงเพื่อถอนตะปูเกลียวออกจากชิ้นทดสอบในเวลาไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่มากกว่า 90 s

9.10.1.2 ตะปูเกลียว ชนิดหัวจมแบบผ่าที่เป็นไปตาม มอก. 499 ขนาดระบุ 4.1 ความยาว 40 mm หรือที่มีขนาดใกล้เคียง

9.10.2 วิธีทดสอบ

9.10.2.1 ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ทดสอบ 3 แห่ง คือ ที่กึ่งกลางผิวหน้า 1 แห่ง และที่กึ่งกลางของขอบ 2 ขอบที่ประชิดกัน

9.10.2.2 ขันตะปูเกลียวลงในชิ้นทดสอบ ซึ่งได้เจาะรูนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 mm ลึก 6 mm ไว้แล้ว ขันตะปูเกลียวจนกระทั่งส่วนเกลียวที่สมบูรณ์จมลึกลงไปถึง 13 mm ไม่นับความยาวส่วนปลายเรียวของตะปูเกลียว

9.10.2.3 นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ตะปูเกลียวถอนออกจากชิ้นทดสอบ แรงที่ใช้ดึงจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับตะปูเกลียว และตั้งฉากกับผิวหน้าหรือผิวขอบของชิ้นทดสอบ อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งตะปูเกลียวถอนออกจากชิ้นทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 30 s แต่ไม่กกว่า 90 s (ความเร็วในการดึง ประมาณ 2 mm/min)

9.10.3 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

ภาคผนวก ก.

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

(ข้อ 8.)

ก.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัด ที่มีแบบ ชั้นคุณภาพและความหนาเดียวกัน ทำจากกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

ก.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ก.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป

ก.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ ก.1

ก.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4. และข้อ 6.1 ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ ก.1 จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัด รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ ก.1 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด และลักษณะทั่วไป

(ข้อ ก.2.1)

ขนาดรุ่น แผ่น	ขนาดตัวอย่าง แผ่น	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 150	3	0
151 ถึง 500	13	1
501 ขึ้นไป	20	2

ก.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

ก.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากแผ่นชิ้นไม้อัด ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาดและลักษณะทั่วไปแล้ว ให้มีมวลประมาณ 500 g

ก.2.2.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.4 จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ก.2.3.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากแผ่นชิ้นไม้อัด ที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาดและลักษณะทั่วไปแล้ว จำนวน 3 แผ่น

ก.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 6.2 ข้อ 6.3 และข้อ 6.5 จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างแผ่นชิ้นไม้อัด ต้องเป็นไปตามข้อ ก.2.1 ข้อ ก.2.2 และข้อ ก.2.3 ทุกข้อ จึงจะถือว่าแผ่นชิ้นไม้อัดรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ภาคผนวก ข.

ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์

(ข้อ 9.6)

ข.1 ข้อแนะนำเกณฑ์กำหนดและวิธีทดสอบปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ โดยวิธีใดวิธีหนึ่งตามตารางวิธีทดสอบเทียบเท่าดังนี้

ชั้นคุณภาพ	เกณฑ์กำหนด		วิธีทดสอบ
1	ไม่เกิน 8 mg/100g		วิธี Perforator ตาม BS EN 120
	ไม่เกิน 0.5 mg/l	E_0	วิธี Desiccator ตาม JIS A 5908
	มากกว่า 0.5 mg/l ถึง 1.5 mg/l	E_1	
2	มากกว่า 8 mg/100g ถึง 30 mg/100g		วิธี Perforator ตาม BS EN 120
	มากกว่า 1.5 mg/l ถึง 5.0 mg/l	E_2	วิธี Desiccator ตาม JIS A 5908

หมายเหตุ *E_0 E_1 E_2 หมายถึง ปริมาณการปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์*