

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาสมบัติการกั้นเสียง สมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของ
แผ่นใยไม้อัดทำจากใบสับประรดผสมโฟมพอลิสไตรีน



๑/๑๒
๑/๑๒/๒๕๕๓
๑๒/๑๒/๒๕๕๓

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107778
วัน,เดือน,ปี 14 พ.ศ. 2553

12212623

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Study on Sound Barrier Mechanical and Physical Properties of
Fiberboard made from Pineapple leaves/Poistystyrene Foam**

Prapapan Mantam

Orapim Karnjanarat

Rachata Lamaiin

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Bachelor of Science**

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การศึกษาสมบัติการกั้นเสียง สมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพ
ของแผ่นใยไม้อัดจากใบสับประรดและโฟมพอลิสไตรีน

นักศึกษา นางสาวประภาพรณ หมั่นทำ
นางสาวอรพิม กาญจนรัตน์
นายรชตะ ละม้ายอินทร์

ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

| คณะกรรมการตรวจสอบ | ลายมือชื่อ |
|--|-----------------------|
| ประธานกรรมการ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ | รอง ผอ.คณะวิทยาศาสตร์ |
| กรรมการ อ.สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล | |
| กรรมการ รศ.ดร. มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์ | |

(ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาสมบัติการกั้นเสียง สมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของแผ่นใยไม้อัดจากใบสับประรดผสมโฟมพอลิสไตรีน

นักศึกษา นางสาวประภาพรณ หมั่นทำ
นางสาวอรพิม กาญจนรัตน์
นายรชตะ ละม้ายอินทร์

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2549

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.มาลินี ชัยคุภูมิจสินธ์

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของแผ่นใยไม้อัดที่เตรียมจากเส้นใยใบสับประรดผสมกับโฟมพอลิสไตรีนเหลือทิ้ง โดยขึ้นรูปด้วยเครื่องกดอัดร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด (ปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้ในแผ่นขึ้นไม้อัด 1 แผ่น คือ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้) อัตราส่วนของเส้นใยใบสับประรดต่อโฟมพอลิสไตรีน คือ 80:20, 85:15, 90:10, 95:5 และ 100:0 ส่วนความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดที่เตรียม คือ 0.3 กรัม/ลบ.ซม. และ 0.6 กรัม/ลบ.ซม. แล้วนำแผ่นขึ้นไม้อัดไปทดสอบ สมบัติการดูดซึมน้ำ สมบัติการพองตัวทางความหนา สมบัติเชิงกล และสมบัติการกั้นเสียง

จากการทดลองพบว่า การผสมพอลิสไตรีนโฟมกับเส้นใยใบสับประรดในการผลิตแผ่นใยไม้อัด มีผลทำให้แผ่นใยไม้อัดมี สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียงที่ดีกว่าแผ่นใยไม้อัดที่ไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม แผ่นใยไม้อัดที่ความหนาแน่น 0.6 กรัม/ลบ.ซม. พบว่าแผ่นใยไม้อัดให้ค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่า แต่ค่าการพองตัวทางความหนามากกว่า ค่ามอดุลัสแตกร้าว มอดุลัสยืดหยุ่นและค่าการกั้นเสียงมากกว่า เมื่อเทียบกับความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|------------------------------|--|
| Special Project Title | Study on Sound barrier Mechanical and Physical Properties of Fiberboard made from Pineapple Leaf fibers/Polystyrene Foam |
| Student | Prapapan Mantam Orapim Karnjanarat Rachata Lamaiin |
| Department | Chemistry Faculty of Science |
| Program | Industrial Chemistry |
| Year | 2006 |
| Thesis Advisor | Assoc. Prof. Dr. Malinee Chaisupakitsin |

Abstract

The objectives of this special project aim to study mechanical and physical properties of the fiber boards which produced from pineapple leaf fibers (PALF) mixed with polystyrene foam by using phenol formaldehyde resin (PF) as the adhesive (the amount of phenol formaldehyde resin per one fiber board was 15% w/w of total raw materials). The ratios between pineapple leaf fibers and polystyrene foam were 80:20, 85:15, 90:10, 95:5 and 100:0. The density of boards were 0.3 g/cm^3 and 0.6 g/cm^3 . Water absorption, thickness swell, modulus of rupture (MOR), modulus of elastic (MOE) and sound barrier property were investigated.

The results indicated that mixing polystyrene foam with pineapple leaf fibers improved physical, mechanical and sound barrier properties of the fiberboards compared to the fiberboards which had no polystyrene foam. Fiberboards density at 0.6 g/cm^3 showed low water absorption but thickness swell, modulus of rupture, modulus of elastic and sound barrier property higher than fiberboards density 0.3 g/cm^3 .

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายทางคณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์ ที่กรุณาแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคุณสมชาย นาคทั้ง ผู้อนุเคราะห์ให้ใบสับปะรด และให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในการทำงานวิจัยนี้มาโดยตลอด

อนึ่งยังมีบุคคลอีกหลายท่านนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ผู้จัดทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย



ผู้จัดทำ

นางสาวประภาพรณ

หมั่นท่า

นางสาวอรพิม

กาญจนรัตน์

นายรัชตะ

ละม้ายอินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|--|----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VIII |
| สารบัญรูป | IX |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย | 2 |
| 1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน | 2 |
| 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| | |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 2.1 ความหมายของแผ่นพื้นไม้อัด | 4 |
| 2.1.1 ชนิดของแผ่นพื้นไม้อัด | 5 |
| 2.1.2 วัสดุดิบ | 7 |
| 2.2 กรรมวิธีการผลิตแผ่นพื้นไม้อัด | 9 |
| 2.3 เส้นใยธรรมชาติ | 10 |
| 2.3.1 เซลลูโลส | 10 |
| 2.3.2 เฮมิเซลลูโลส | 12 |
| 2.3.3 ลิกนิน | 13 |
| 2.4 โฟมพอลิสไตรีน | 14 |
| 2.4.1 พอลิสไตรีนแบบอัดรีด | 15 |
| 2.4.2 พอลิสไตรีนแบบหล่อหรือขยายตัว | 15 |
| 2.5 สัณฐานวิทยาของใบสับปะรด | 18 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|-----------|
| 2.6 ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ | 22 |
| 2.6.1 ปฏิกริยาเคมี | 23 |
| 2.6.2 สัดส่วนโมลของฟีนอลต่อฟอร์มาลดีไฮด์ | 24 |
| 2.6.3 กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในอุตสาหกรรมไม้อัด | 25 |
| 2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นใยไม้อัด | 26 |
| 2.8 สมบัติและปรากฏการณ์ของเสียง | 30 |
| 2.8.1 ความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของวัสดุ กั้นเสียง | 32 |
| 2.8.2 การลดระดับความดังเสียงของวัสดุ | 32 |
| 2.8.3 ดัชนีระบุสมรรถนะในการลดระดับความดังเสียง | 33 |
| 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 35 |
| บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย | 38 |
| 3.1 วัตถุประสงค์ | 38 |
| 3.2 ชุดเครื่องมือในการผลิตแผ่นใยไม้อัด | 39 |
| 3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบชิ้นงาน | 40 |
| 3.4 กรรณวิธีการผลิตแผ่นใยไม้อัดดูดซับเสียง | 40 |
| 3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ | 41 |
| 3.4.2 สภาวะที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัด | 43 |
| 3.4.3 การผสมกาว | 43 |
| 3.4.4 การเตรียมอัดแผ่น | 44 |
| 3.4.5 การอัดร้อน | 44 |
| 3.4.6 การพักชิ้นไม้และการตกแต่ง | 45 |
| 3.4.7 การเตรียมชิ้นทดสอบในการทดสอบสมบัติทาง กายภาพและสมบัติเชิงกล | 45 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|-----------|
| 3.5 การทดสอบสมบัติของชิ้นงาน | 47 |
| 3.5.1 วิธีการทดสอบสมบัติทางกายภาพ | 47 |
| 3.5.2 วิธีการทดสอบสมบัติเชิงกล | 49 |
| 3.5.3 วิธีการทดสอบสมบัติการกันเสียง | 50 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล | 52 |
| 4.1 ผลของอัตราส่วนปริมาณเส้นใยสับปะรดต่อปริมาณโพรพอลิสไตรีนและผลของ ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดต่อสมบัติทางกายภาพของแผ่นใยไม้อัด | 52 |
| 4.1.1 การบวมตัว | 53 |
| 4.1.2 การดูดซึมน้ำ | 54 |
| 4.2 ผลของอัตราส่วนปริมาณเส้นใยสับปะรดต่อปริมาณโพรพอลิสไตรีนและผลของ ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดต่อสมบัติเชิงกลของแผ่นใยไม้อัด | 55 |
| 4.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น | 56 |
| 4.2.2 การโค้งงอสามจุดหรือมอดุลัสแตกร้าว | 57 |
| 4.3 การศึกษาสมบัติการกันเสียง | 58 |
| 4.4 สันฐานวิทยาของเส้นใยสับปะรดและแผ่นใยไม้อัด | 62 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | 66 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 66 |
| 5.2 การนำไปใช้ประโยชน์ | 67 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ | 67 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

ภาคผนวก
เอกสารอ้างอิง

หน้า
69
84



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 ชนิดของแผ่นขึ้นไม้อัด แบ่งตามลักษณะความหนาแน่น | 6 |
| 2.2 สมบัติทางกายภาพของพอลิสไตรีนโฟม | 17 |
| 2.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและธาตุที่เป็นองค์ประกอบในไบสปีประด | 21 |
| 3.1 การตัดขึ้นทดสอบ | 46 |
| 4.1 แสดงค่าการบวมตัวและการดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้ หลังจากทำการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง | 52 |
| 4.2 แสดงค่าการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm ³ | 55 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ลักษณะของแผ่นขึ้นไม้อัด | 4 |
| 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส | 10 |
| 2.3 ลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลส | 11 |
| 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส | 12 |
| 2.5 โครงสร้างโมเลกุลทางเคมีของลิกนิน | 13 |
| 2.6 ชิ้นงานของโฟมพอลิสไตรีน | 14 |
| 2.7 เม็ดโฟมพอลิสไตรีน | 15 |
| 2.8 ใยและผลสืบประรด | 18 |
| 2.9 แสดงลักษณะและโครงสร้างของใยสืบประรด | 19 |
| 2.10 โครงสร้างทางเคมีของกาวยีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ หรือ Bakelite | 22 |
| 2.11 แสดงปฏิกิริยาการสังเคราะห์กาวยีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ | 24 |
| 2.12 แสดงกลไกการดูดกลืนและส่งผ่านคลื่นเสียงในตัวกลางต่างชนิดกัน | 31 |
| 3.1 โฟมพอลิสไตรีน: (ก) โฟมพอลิสไตรีนที่ยังไม่บดย่อย (ข) โฟมพอลิสไตรีนที่บดย่อยแล้ว | 39 |
| 3.2 แสดงขั้นตอนการผลิตแผ่นใยไม้อัด | 40 |
| 3.3 เส้นใยสืบประรดจากการเตรียมแบบแห้ง | 41 |
| 3.4 เส้นใยสืบประรดจากการย่อยด้วยเบส (ก) เส้นใยแห้งบด (ข) เส้นใยที่ล้างเบสแล้วบด | 42 |
| 3.5 เครื่อง Grinding Mill | 42 |
| 3.6 เครื่องผสม | 43 |
| 3.7 เครื่องอัดขึ้นรูป | 44 |
| 3.8 การตัดขึ้นทดสอบเพื่อใช้ทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล | 46 |
| 3.9 แสดงตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของขึ้นทดสอบ | 47 |
| 3.10 การทดสอบหามอดุลัสแตกร้าวมอดุลัสยืดหยุ่น | 49 |
| 3.11 แสดงการจัดวางเครื่องกำเนิดเสียง เครื่องวัดระดับความดันเสียงและผ่านขึ้นไม้อัด | 51 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมตัว กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใย สับปะรดต่อปริมาณ โฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm ³ โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15% เป็นสารยึดติด | 53 |
| 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับน้ำ (%) กับอัตราส่วนของปริมาณ เส้นใยสับปะรด ต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm ³ โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15% | 54 |
| 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลลียืดหยุ่น (N/mm ²) กับอัตราส่วนของ ปริมาณเส้นใยสับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm ³ โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15% | 56 |
| 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลลัสแตกร้าว (N/mm ²) กับอัตราส่วนของ ปริมาณเส้นใยสับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm ³ โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15% | 57 |
| 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกันเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใย ใบสับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 g/cm ³ โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15% | 58 |
| 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกันเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใย ใบสับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.6 g/cm ³ โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15% | 58 |
| 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกันเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใย ใบสับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 250 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัด ที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm ³ โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15% | 59 |
| 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกันเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใย ใบสับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 500 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่ มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm ³ โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15% | 59 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่

- 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใย 60 ไบส์บประรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 1000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ โดยใช้กาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15%
- 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใย 60 ไบส์บประรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 2000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ โดยใช้กาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15%
- 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใย 61 ไบส์บประรด ต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 4000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ โดยใช้กาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15%
- 4.12 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะฐานนิเวศของเส้นใยไบส์บประรด (กำลังขยาย 1000 เท่า) 62
- 4.13 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะภายในแผ่นใยไม้อัดที่ทำจากเส้นใยไบส์บประรด 100% โดยใช้กาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด (กำลังขยาย 100 เท่า) 62
- 4.14 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะภายในแผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นใยไบส์บประรดกับโฟมพอลิสไตรีนเป็น 80/20 กำลังขยาย 1000 เท่า (ซ้าย) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 g/cm³ (ขวา) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.6 g/cm³ 63
- 4.15 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะภายในแผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นใยไบส์บประรดกับโฟมพอลิสไตรีนเป็น 85/15 กำลังขยาย 1000 เท่า (ซ้าย) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 g/cm³ (ขวา) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.6 g/cm³ 63
- 4.16 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะภายในแผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นใยไบส์บประรดกับโฟมพอลิสไตรีนเป็น 90/10 กำลังขยาย 1000 เท่า (ซ้าย) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 g/cm³ (ขวา) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.6 g/cm³ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.17 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะภายในแผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วนระหว่าง 64

เส้นใยใบสับปะรดกับโพลีเอทิลีนเป็น 95/5 กำลังขยาย 1000 เท่า

(ซ้าย) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 g/cm^3

(ขวา) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.6 g/cm^3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

การเลือกใช้โฟมพอลิสไตรีน (Expanded Polystyrene Foam, EPS Foam) เป็นองค์ประกอบในแผ่นใยไม้อัดเนื่องมาจากโฟมพอลิสไตรีนเป็นเทอร์โมพลาสติกที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวันทั้งในรูปของวัสดุกันกระแทก ฉนวนกันความร้อน ภาชนะบรรจุอาหาร ฯลฯ จึงก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะสิ่งแวดล้อม เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนย่อยสลายได้ช้า และยากต่อการกำจัด จึงมีการศึกษาเพื่อนำโฟมพอลิสไตรีนกลับมาใช้ใหม่ โดยอาศัยสมบัติการป้องกันการถ่ายเทความร้อน ความสามารถในการดูดซับเสียง และสามารถยืดหยุ่นรับแรงได้ดี ซึ่งเป็นสมบัติที่เกิดขึ้นเนื่องจากช่องว่างภายในโครงสร้างของโฟมพอลิสไตรีนเอง เช่น การประยุกต์ใช้งานโดยการผสมลงในดินเพื่อเพิ่มคุณภาพดินให้มีความร่วนซุย การนำไปใช้ในงานก่อสร้างโดยการผสมลงในคอนกรีตทำให้น้ำหนักเบาขึ้น การผสมลงในปูนปลาสเตอร์เพื่อเพิ่มมอดุลัสยืดหยุ่น เป็นต้น

นอกจากนี้ยังได้มีการเลือกใช้เส้นใยในใบสับปะรดเป็นเส้นใยธรรมชาติของแผ่นใยไม้อัดด้วย เนื่องจากประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกสับปะรดในรูปสับปะรดกระป๋องเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์หลัก เกษตรกรจึงมีความนิยมในการปลูกสับปะรดกันสูงขึ้น ทำให้เกิดปัญหาของใบสับปะรดที่เหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งไม่เกิดประโยชน์ใดๆและไม่ก่อให้เกิดรายได้แก่เกษตรกร จึงได้มีการคิดค้นที่จะนำเอาใบสับปะรดเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น การนำมาทำเป็นเส้นใยถักทอเสื้อผ้า การนำมาทำกระดาษ เป็นต้น และเนื่องจากใบสับปะรดมีเส้นใยที่ค่อนข้างเหนียว จึงน่าจะมีความสามารถในการรับแรงได้ดี ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการนำมาทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นใยไม้อัด โดยอาศัยโฟมพอลิสไตรีนมาช่วยในการเพิ่มสมบัติเชิงกล และสมบัติการดูดซับเสียง

ดังนั้นการนำเอาวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้มาทำการประยุกต์ใช้ จะช่วยในการลดปัญหาขยะ ทั้งขยะพอลิเมอร์และขยะทางเกษตร อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้ง และอาจเป็นการช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในอนาคตอีกด้วย

วัตถุประสงค์หลักในงานวิจัยนี้คือ การเตรียมและทดสอบสมบัติของแผ่นใยไม้อัดซึ่งทำจากเส้นใยของใบสับปะรดที่มีการผสมโฟมพอลิสไตรีนเข้าไปเพื่อลดความ

หนาแน่น และช่วยเพิ่มสมบัติการกันเสียง (Sound Barrier) ของแผ่นกระดานอัดโดยใช้สารยึดติดเป็น ฟีนอฟอร์มาลดีไฮด์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการเตรียมแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยสับปะรดและโฟมพอลิสไตรีนเหลือทิ้ง
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการกันเสียงของโฟมพอลิสไตรีน และเส้นใยสับปะรดที่เตรียมได้
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลรวมทั้งสมบัติการกันเสียงระหว่างแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 g/cm^3 กับ 0.6 g/cm^3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัด ที่ใช้เส้นใยจากใบสับปะรดเป็นส่วนเสริมแรงในแผ่นขึ้นไม้อัดที่ผสมโฟมพอลิสไตรีนที่ใช้แล้ว และการศึกษาเปรียบเทียบในอัตราส่วนต่าง ๆ และศึกษาเปรียบเทียบถึงสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการกันเสียงของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ได้ในแต่ละอัตราส่วนที่ทำการผสม รวมทั้งเปรียบเทียบสมบัติระหว่างแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 g/cm^3 กับ 0.6 g/cm^3

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

1. นำใบสับปะรดมาล้างและเช็ดให้สะอาด แล้วตัดให้ได้ความยาวประมาณ 1 นิ้ว
2. นำใบสับปะรดที่ตัดแล้วไปอบจนแห้งเพื่อไล่ความชื้นออกไป
3. นำใบแห้งและโฟมพอลิสไตรีนมาบดด้วยเครื่องบด และทำการคัดขนาดเส้นใย
4. ผสมสารยึดติดกับวัตถุดิบทั้งหมด โดยทำการปั่นกวนให้เข้ากัน
5. ทำการขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดกันเสียง โดยวิธีการอัดร้อน (Hot Pressing)
6. ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล ตามมาตรฐานของ JIS A 5908-1944 และสมบัติการกันเสียง เพื่อหาอัตราส่วนของเส้นใยจากใบสับปะรดและพอลิสไตรีน รวมไปถึงความหนาแน่นของแผ่นขึ้นงานที่ได้ที่ให้สมบัติที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปริมาณขยะและเพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและโฟมพอลิสไตรีนที่ใช้แล้วโดยดัดแปลงมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น
2. ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมของเส้นใยสับปะรด และโฟมพอลิสไตรีนต่อสารยึดติดที่ทำให้มีสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการดูดซับเสียงที่ดีที่สุด
3. สามารถพัฒนาการผลิตแผ่นใยไม้อัดที่มีสมบัติกันเสียงจากเส้นใยธรรมชาติชนิดใหม่ๆ
4. เพื่อเป็นแนวทางให้โรงงานอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นใยไม้อัดนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
5. ทราบผลกระทบเนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นของชิ้นงานต่อสมบัติต่างๆของชิ้นงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความหมายของแผ่นขึ้นไม้อัด (Particle board) [1]

แผ่นขึ้นไม้อัด (Particleboard, PB) หมายถึง แผ่นไม้ประกอบ (Wood Composites) ชนิดหนึ่งซึ่งผลิตมาจากการนำเอาวัสดุที่ทำจากไม้หรือวัสดุที่มีเซลลูโลส และลิกนิน เป็นองค์ประกอบหลักมาตัดทอนเป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำมารวมกันเป็นแผ่นโดยใช้ตัวประสานอินทรีย์เช่น กาวสังเคราะห์เชื่อมให้ติดกันเกิดเป็นขบวนการเชื่อมยึดกันระหว่างชิ้นวัสดุภายใต้ความร้อนและแรงอัดและยังสามารถใช้สารเติมแต่งอื่นๆ ผสมลงในแผ่นเพื่อให้เกิดคุณสมบัติพิเศษอื่นๆด้วยความแตกต่างของแผ่นขึ้นไม้อัด และ แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard, MDF) ก็คือลักษณะของไม้ในแผ่นใยไม้อัด (Fiberboard,FB) จะเป็นเส้นใยไม้ ระหว่างเส้นใยไม้จะเชื่อมติดกันด้วยกาว สำหรับแผ่นขึ้นไม้อัดจะประกอบด้วยชิ้นไม้แล้วใช้กาวเชื่อมยึดติดระหว่างชิ้นไม้ให้เป็นแผ่นขึ้นมา ชิ้นไม้ที่สามารถใช้ทำแผ่นขึ้นไม้อัดได้ คือ ไม้เลื่อยจนถึงเกล็ดไม้(Flake) ที่มีความยาวถึง 3 นิ้ว



รูปที่ 2.1 ลักษณะของแผ่นขึ้นไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ชนิดของแผ่นขึ้นไม้อัด

2.1.1.1 จำแนกชนิดตามวิธีการอัด

ขึ้นไม้ที่ผสมตัวประสานและสารเติมแต่งอื่น ๆ แล้ว จะถูกนำไปทำแผ่นเตรียมอัด (Form mat) เพื่อทำการอัดร้อนต่อไป แรงอัดที่ใช้ในการอัดร้อน มีใช้กันอยู่ 2 ทิศทาง หากใช้แรงอัดให้มีทิศทางตั้งฉากกับระนาบของแผ่นซึ่งอาจทำเป็นแผ่นๆ หรือ ทำต่อเนื่อง เรียกแผ่นขึ้นไม้อัดแบบนี้ว่า (Flat-Platen Pressed PB หรือ Mat-Formed PB)] เป็นแผ่นขึ้นไม้อัดที่นิยมผลิตกันอยู่ในปัจจุบัน หากให้ทิศทางแรงอัดขนานกับระนาบของแผ่นไปตามความยาวของแผ่น เรียกแผ่นขึ้นไม้อัด แบบนี้ว่า (Extruded PB) แผ่นชนิดนี้จะอัดออกมาตามแบบ แผ่นที่หนามากจะต้องใช้ท่อร้อนกลางแผ่นช่วยให้การแข็งตัวเร็วขึ้น จึงมีรูปกลมยาวกลางแผ่นขึ้นไม้อัด และมีการผลิตกันน้อย

2.1.1.2 จำแนกตามการใช้งาน

- PB Core Stock เป็นไม้อัดที่ต้องเอาวัสดุมาปิดทับหน้า เพราะมีผิวหยาบมาก และมี Strength ต่ำ
- PB Panel เป็นแผ่นขึ้นไม้อัด ไม่จำเป็นปิดทับหน้า ตัวของมันเองมีความแข็งแรงสวยงาม เช่น Flakeboard เซฟวิงบอร์ด
- PB Floor Underlayment เป็นวัสดุที่รองพื้นชั้นล่างแล้วมีพุกปาเก้ปิดทับอีกที่ทำให้พื้นมีระดับสม่ำเสมอ
- Prefinished PB เป็น PB แบบแต่งสำเร็จมาจากโรงงาน เช่น เคลือบสีสำเร็จ หรือ เคลือบสีลายไม้ เพื่อความสวยงาม
- Acoustical PB เป็นแผ่น PB ผลิตในด้านเก็บเสียง โดยเฉพาะพวกนี้ทำมาจากแผ่นไม้อัดเจาะรู หรือ เตาช่องเป็นร่องลดตายต่างๆ เพื่อให้มีพื้นที่ดูดซับเสียงได้มากขึ้น

2.1.1.3 จำแนกตามการผลิตและชื่อทางการค้า

Okal Board ในต่างประเทศใช้เรียกชื่อ PB ที่ผลิตด้วย Okal Process เป็นชื่อคนเยอรมัน

Novo Board ของอังกฤษ

Novopan ของอเมริกา

Tenex เป็นชื่อการค้าของ Flakeboard ที่ผลิต USA

Lanewood เป็นชื่อการค้าผลิต USA

2.1.1.4 จำแนกตามความหนาแน่นของแผ่นPB ออกเป็น 3 พวก

ในการประชุมวิชาการกรุงเทพฯ จะจำแนกโดยถือความหนาแน่นเป็นหลักเราสามารถแบ่ง ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ชนิดของแผ่นชั้นไม้อัด แบ่งตามลักษณะความหนาแน่น

| PB | Density | |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| | g/cm ³ | g/cm ³ |
| 1. Low density (Insulating type) | 0.25-0.4 | 15-25 |
| 2. Medium density | >0.4-0.8 | >25-50 |
| 3. High density (Hard board type) | >0.8-1.2 | >50-75 |

2.1.1.5 จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของแผ่น

แผ่นชั้นไม้อัดชั้นเดียว (Single Layer or Homogenous Particle) หมายถึง แผ่นชั้นไม้อัดที่ทำมาจากชั้นไม้ที่มีลักษณะ และขนาดเหมือนกันมีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่งอย่างเดียวกันตลอดความหนาของแผ่นชั้นไม้อัด

แผ่นชั้นไม้อัด 3 ชั้น (Three Layer Particleboard) หมายถึง แผ่นชั้นไม้อัดที่แบ่งตามลักษณะของชั้นไม้ออกเป็น 3 ชั้น ตลอดความหนาของแผ่นในแต่ละชั้นประกอบด้วยชั้นไม้ที่มีลักษณะ และ ขนาด ตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกัน ปกติใช้ชั้นไม้ขนาดเล็กและบาง เป็นชั้นผิวหน้าทั้ง 3 ด้าน ส่วนชั้นไส้ใช้ชั้นไม้หยาบและใหญ่กว่าไม้ที่ใช้ทำชั้นไส้ อาจเป็นชนิดที่ใช้ทำผิวหน้าก็ได้ ปริมาณกาวที่ใช้ผสมผิวหน้าทั้งสองมากกว่าชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน มีผิวแข็งและแน่นขึ้น

แผ่นชั้นไม้อัดขนาดลดหลั่น (Graded Particleboard) หมายถึง แผ่นชั้นไม้อัดที่ทำจากชั้นไม้ที่มีขนาดและลักษณะที่แตกต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่นประกอบด้วยชั้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่าอยู่ตรงแนวกลางแผ่น ตลอดความหนาจากแนวกลางแผ่นชั้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นจากใหญ่ไปหาเล็กถึงผิวหน้าทั้ง 2 ข้าง โดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 วัตถุดิบ

วัตถุดิบของแผ่นขึ้นไม้อัด คือ ไม้หรือเศษวัสดุเหลือใช้ที่ให้เส้นใย กาวและสารเคลือบกันซึม แผ่นขึ้นไม้อัดที่มีคุณภาพดีจะต้องขึ้นอยู่กับ วัตถุดิบและขนาด ขบวนการผลิตที่ปรับปรุงให้เหมาะสมอีกด้วยกาวและสารเคลือบก็มีอิทธิพลกับคุณภาพของแผ่นขึ้นไม้อัดเช่นกัน

2.1.2.1 ไม้ (Wood) วัสดุไม้ที่ใช้สำหรับการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

ก) ผลิตผลป่าไม้ที่ยังไม่ได้แปรรูป (Unprocessed Forest Products) เช่น ไม้ขนาดเล็กที่ได้จากการตัดสายขยายระยะ (Thinning) และกิ่งก้านที่หนาหรือใหญ่ (Thick branches)

ข) เศษไม้ขนาดใหญ่ที่เหลือจากอุตสาหกรรม (Coarse Industrial residues) เช่น ปีกไม้ (Slabs) ขอบไม้ (Edgings) เศษไม้ที่ตัดทิ้งจากโรงเลื่อย (Oft cuts from sawmills) ไม้ที่เหลือจากกรปอก (Peeler cores) และส่วนเสียที่ถูกตัดทิ้งออกจากการผลิตไม้บาง (Rejects from veneer manufacture)

ค) เศษเหลือขนาดเล็กจากอุตสาหกรรม (Fine industrial residues) โดยเฉพาะขี้กบ (Planer mill shavings) และขี้เลื่อย (Sawdust)

ง) ชิปไม้ หรือ ขึ้นไม้สับ (Wood chips) จากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดไม้

จ) เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้ ขอบไม้ หรือเศษไม้ระแนงและส่วนอื่นๆ ที่ถูกตัดทิ้งจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และอุตสาหกรรมอบไม้

2.1.2.2 ลักษณะขึ้นไม้ ที่นำมาใช้ในการผลิตนั้นมีลักษณะที่แตกต่างกัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรที่แตกต่างกันด้วย พอสรุปได้ดังนี้

ชิป (Chips) หรือขึ้นไม้สับ หมายถึง ขึ้นไม้ที่มีขนาดสม่ำเสมอซึ่งได้จากการตัดหรือคล้ายสับด้วยขวานในเครื่องตัดขึ้นไม้ที่เรียกว่า ชิปปเปอร์ (Chipper) คล้ายกับของอุตสาหกรรม กระดาษ หรือผลิตโดยเครื่องย่อยขึ้นไม้อย่างหยาบที่เรียกว่า Hog หรือผลิตโดยเครื่อง Hammermills เป็นต้น

เกล็ด (Flake) หมายถึง ขึ้นไม้ที่ผลิตขึ้นเป็นพิเศษมีลักษณะบางเรียบมีทิศทางของเส้นใยไม่ขนานกับผิว ได้จากการใช้มีดตัดในทิศทางขวางเส้นใย ซึ่งอาจเป็นด้านรัศมี ด้านสัมผัส หรือทำมุมกันระหว่างด้านทั้งสอง (Radially, Tangentially) การตัดลักษณะนี้จะได้ขึ้นไม้ที่มีความหนาสม่ำเสมอ

เกล็ดใหญ่ (Wafer) หมายถึง ขึ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับ เกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถบ (Strand) หมายถึง ซีนไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

ซี่กบ (Planer shaving) หมายถึง ซีนไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือ หนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งบาง และมีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (Rotary cutterhead)

แท่ง (Splinter or sliver) หมายถึง ซีนไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าเมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเส้นยืนไม่น้อยกว่า 4 เท่าของหนา

เม็ด (Granule) หมายถึง ซีนไม้ที่มีลักษณะขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

ฝอยไม้ (Wood wool or excelsion) หมายถึง ซีนไม้ที่มีลักษณะเป็นแถบ แต่มีความยาวกว่า และโค้งงอ ต้องใช้เครื่องชุดเป็นพิเศษ ใช้สำหรับเป็นองค์ประกอบรวมสำหรับแผ่นซีนไม้อัดบางประเภท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กรรมวิธีการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด [1]

การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด (Particleboard) นั้น นอกจากวัตถุดิบอื่น ได้แก่ ไม้ กาว และ สารเติมแต่ง แล้วจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการผลิตเพื่อผสมวัตถุดิบทั้งหมดเข้าด้วยกัน และก่อเป็นรูปร่างลักษณะแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีความแข็งแรงคงสภาพเป็นแผ่นให้ใช้งานได้ เป็นระยะเวลาต่างๆ กระบวนการผลิตจึงเป็นหัวใจหลักที่สำคัญที่สุดในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด

การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดมี 2 ระบบ คือ ระบบการอัดแบบกระหุ้ม (Extrusion) และการอัดแบบอัดราบ (Flat-press) การอัดแบบกระหุ้มมีข้อจำกัดมากมาย เช่น ต้องเลือกวัตถุดิบที่มีสมบัติง่ายต่อการลื่นไหลของแผ่นงาน ในขณะที่อัดทะลักออกมาจากแบบอัด และให้คุณสมบัติของแผ่นที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้งานที่ต้องรับแรงทางผิวหน้าของแผ่น นอกจากนี้ยังไม่สามารถผลิตแผ่นในลักษณะ 3 ชั้นที่มีผิวหน้าละเอียดเหมือนของแผ่นขึ้นไม้อัดแบบอัดราบได้ ดังนั้นปัจจุบันจึงหันมาพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ทางการอัดแบบแนวราบทั้งสิ้น เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและเนื้อที่ จึงขอกล่าวเฉพาะกรรมวิธีการอัดแผ่นขึ้นไม้อัดแบบราบเท่านั้น ขั้นตอนหลักๆ ในการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัด ประกอบด้วย

- 2.2.1 การเตรียมขึ้นไม้ (Particle Preparation)
- 2.2.2 การอบขึ้นไม้ (Particle Drying)
- 2.2.3 การคัดแยกขึ้นไม้ (Particle Classification)
- 2.2.4 การผสม (Blending)
- 2.2.5 การเตรียมแผ่นก่อนอัด (Mat Formation)
- 2.2.6 กรรมวิธีการอัด (Pressing Operation)
- 2.2.7 การตกแต่ง (Finishing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber) [2]

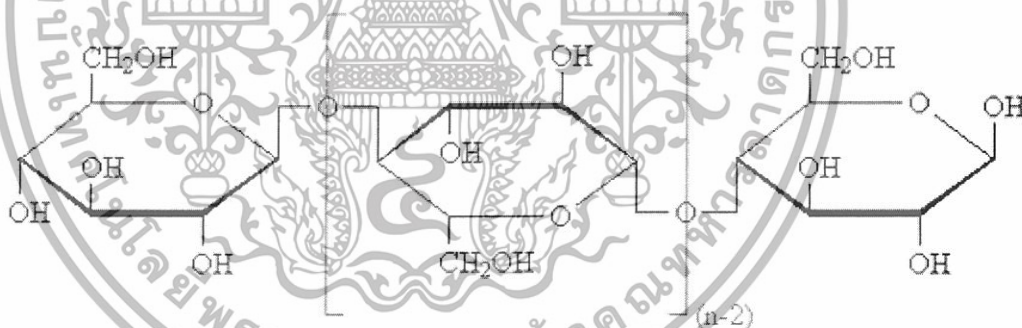
เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุอินทรีย์ที่สำคัญ หาได้ง่ายจากธรรมชาติและมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ด้วยเหตุนี้เส้นใยธรรมชาติจึงใช้เป็นสารเติมแต่งประเภทสารตัวเติมและสารเสริมแรงในพอลิเมอร์ เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เพิ่มปริมาณและลดต้นทุนการผลิต

โครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติประกอบด้วยเซลลูโลส (Cellulose) เป็นส่วนใหญ่ เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่นๆ

2.3.1 เซลลูโลส (Cellulose)

เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีมากที่สุดและพบโดยทั่วไปในธรรมชาติ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืชทุกชนิด ปริมาณของเซลลูโลสในพืชต่างชนิดกัน จะมีปริมาณไม่เท่ากัน นอกนั้นเป็นลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่นๆ

เซลลูโลสเป็นสารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างประกอบด้วยกลูโคส (Glucose) ประมาณ 10,000 หน่วยต่อกันเป็นโมเลกุลพอลิเมอร์ ดังรูป 2.7



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส

โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส คือ poly(β -1,4-D-anhydroglucopyranose) แต่ละหน่วยของเซลลูโลสเรียกว่า แอนไฮโดรกลูโคส (Anhydroglucose , $C_6H_{10}O_5$) เพราะเกิดการขจัดน้ำออกจากกลูโคส เซลลูโลสธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยแตกต่างกัน เนื่องจากเซลลูโลสมีหมู่ ไฮดรอกซิล (-OH) ถึง 3 หมู่ จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล ของเซลลูโลสจึงมาก ประกอบกับการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบของหน่วยที่ซ้ำๆกันในโมเลกุล เซลลูโลสจึงมีปริมาณความเป็นผลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูง (Degree of crystallinity) คือมีค่าประมาณร้อยละ 60-80 ทำให้คุณสมบัติหลอมตัวสูงมาก จะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมเหลว และมีความสามารถในการละลายต่ำ ทนทานต่อตัวทำละลายและสารเคมี โดยมีสารเคมีที่มีความสามารถละลายเซลลูโลสได้ไม่กี่ชนิด เช่น กรดกำมะถัน (> 68%) กรดเกลือ (> 41%) สังกะสีคลอไรด์ สารประกอบแอมโมเนียมจตุรภูมิ (Quaternary ammonium compound) สารประกอบเชิงซ้อนบางชนิด ถ้าเซลลูโลสอยู่ในตัวทำละลายที่มีขั้วสูงรวมทั้งน้ำจะเกิดการบวม (swell) เล็กน้อยเท่านั้นในแหล่งของโมเลกุลที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous regions)



รูปที่ 2.3 ลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลส

สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส

1. ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของเซลลูโลสประมาณ 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาแน่นของเส้นใยเดี่ยวมีค่าไม่แน่นอน ซึ่งแปรตามแหล่งที่มาและการปรับปรุงทางเคมี

2. การดูดซับความชื้น

เซลลูโลสเป็นของแข็งไม่มีสี มีการดูดและคายไอน้ำและของเหลวอื่นๆที่อยู่ในบรรยากาศรอบๆจนกระทั่งถึงสมดุล ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อสมบัติบางอย่าง เช่น ความแข็งแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การละลาย

เซลลูโลสไม่ละลายในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะละลายในกรดแร่เข้มข้น เช่น 72% กรดซัลฟิวริก 40% กรดไฮโดรคลอริก และ 78% กรดฟอสฟอริก เซลลูโลสจะเกิดไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วในสารละลายกรดแร่ที่อุณหภูมิห้องและปฏิกิริยาจะหยุดที่อุณหภูมิต่ำๆ สารละลายเกลือบางชนิดที่เข้มข้น เช่น 72% ซิงค์คลอไรด์ และสารละลายอัลคาไลด์ ไฮดรอกไซด์จะทำให้เซลลูโลสบวมและเซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆ ละลายได้

4. ความหนืด

ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซลลูโลสโดยถ้าเราเพิ่มความเข้มข้นของเซลลูโลสความหนืดก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งจะทำให้มีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น

2.3.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) [2]

เฮมิเซลลูโลสเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่ง ซึ่งคล้ายเซลลูโลสแต่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิด เช่น กลูโคส กาแลกโตส แมนโนส (Mannose) ไซโลส (Xylose) อะราบินอ (Arabinose) รวมทั้งกรดกลูคูโรนิก (Glucuronic acid) และกาแลกทูโรนิก (Galacturonic acid) เฮมิเซลลูโลสพบในเนื้อเยื่อของพืชโดยรวมอยู่กับสารอื่น เช่น ลิกนิน เซลลูโลส เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ พบมากในเมล็ด ช้างป่า ไผ่ เหงือกแซน (Hexosan) สูตรเคมี คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ โครงสร้างทางเคมีแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ลิกนิน (Lignin) [2]

ลิกนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (สารที่ประกอบด้วยธาตุ C, H และ O รวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิดซึ่งเป็นสารประกอบอะโรมาติก) ที่รวมกับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่ผนังเซลล์ ผนังของสเกลอแรงคิมาไซเลม เวสเซลและเทรคีด ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น จึงทำให้ต้นไม้หรือพืชที่มีลิกนินมากมีความแข็งแรงคงทน เมื่อพืชตาย ลิกนินจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ลิกเนส (Lignase) หรือ ลิกนินเนส (Ligninase) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในรา ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของลิกนิน แสดงดังรูปที่ 2.5



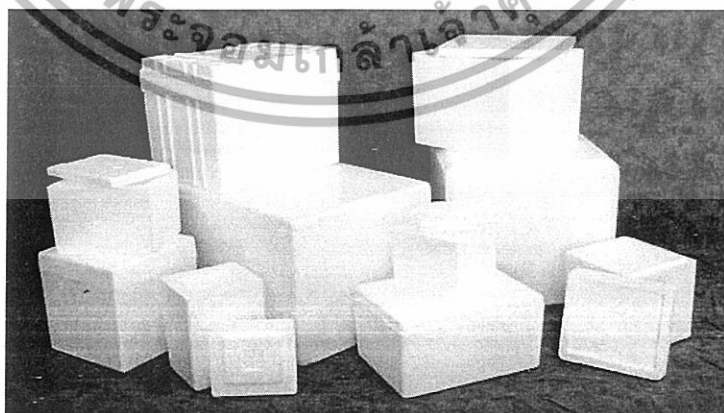
รูปที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลทางเคมีของลิกนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โฟมพอลิสไตรีน (Polystyrene foam) [3-4]

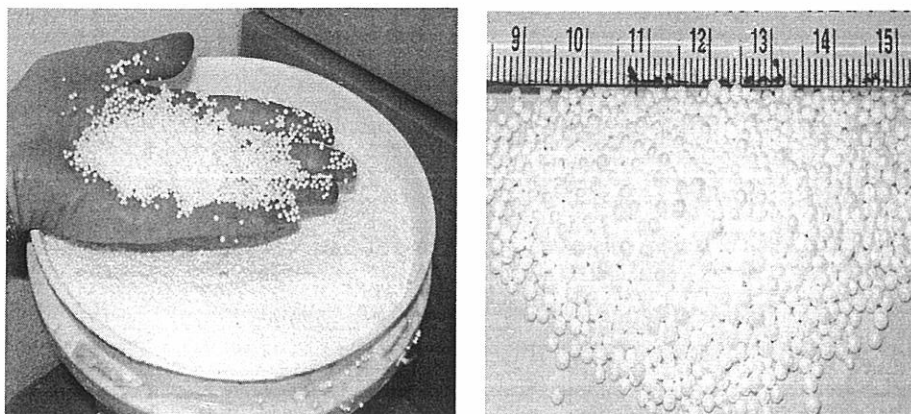
โฟมพลาสติกมีน้ำหนักเบา เซลล์ปิด แข็งปานกลาง ราคาถูก มีสมบัติให้น้ำซึมผ่านและดูดน้ำต่ำ จึงใช้เป็นฉนวนได้ดี ในการผลิตนั้น เรซินซึ่งเป็นเม็ดเล็กๆ จะอิมัลชันด้วยสารไฮโดรคาร์บอนที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า 8% เช่น ก๊าซเพนเทน โดยใช้เป็นสารขยายตัว เมื่อถูกความร้อนถึงอุณหภูมิ 85.0-96.1 °C สารขยายตัวจะระเหยออกไปทำให้เกิดความดันภายใน ขยายเรซินเม็ดเล็กๆ ออกเป็นเม็ดโฟม เรียกว่า 프리-พัฟ (pre-puff) ถ้าจะนำไปใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อเก็บความเย็น เช่น กล่องบรรจุผัก และผลไม้ เม็ดโฟมจะขยายตัวได้ 25-40 เท่า มีความหนาแน่น 0.016-0.026 กรัม/ซม.³ การที่เม็ดโฟมมีรูปร่างตามแม่พิมพ์ได้นั้นจะต้องฉีดเม็ดฟรี-พัฟเข้าไปในแม่พิมพ์ อัดภายใต้ความดัน ขณะเดียวกันไอน้ำในแม่พิมพ์จะทำให้แม่พิมพ์ร้อนขึ้น ความร้อนและความดันจะหลอมเม็ดโฟมเข้าด้วยกันเป็นโฟมประเภทเซลล์ปิด มีการดูดซึมน้ำต่ำ

และจากการที่โฟมพอลิสไตรีนมีโครงสร้างดังกล่าว และมีน้ำหนักเบามาก จึงมีสมบัติที่ป้องกันการกระแทกได้เป็นอย่างดี ไม่ดูดซับความชื้น แต่มีขีดจำกัดในการขึ้นรูป ทำให้ไม่เหมาะกับงานที่รับการกระแทกอย่างรุนแรงหลายๆ ครั้ง ลักษณะกึ่งแข็งสามารถขึ้นรูปทรงที่ซับซ้อนได้ในราคาที่เหมาะสม เช่น ใช้ในรูปของการทำตามแม่แบบเฉพาะตามรูปแบบของสินค้า แผ่น สีเหลี่ยมขนาดความหนาต่างๆ และชั้นเล็กๆ ในกรณีใช้งานมากๆ การใช้ แม่แบบในการผลิตจะดีมาก และถ้ามีการใช้น้อยจะใช้วิธีตัดขึ้นรูปได้จากแผ่นสี่เหลี่ยมที่มีความหนาต่างๆ ส่วนชั้นเล็กๆ มีการผลิตในหลายๆ รูปทรง และสามารถเติมสีลงไปช่วยเสริมให้เกิดความสวยงาม โฟมพอลิสไตรีนมี การใช้อย่างแพร่หลาย แต่การใช้งานก่อให้เกิดปัญหาเศรษฐกิจเหลือหลังใช้งานเพราะสลายตัวยาก ตัวอย่างการนำโฟมพอลิสไตรีนมาใช้งาน ได้แก่ การนำโฟมชนิดขึ้นรูปจากแม่แบบใช้กับพวกเครื่องแก้ว เซรามิก อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือเครื่องใช้ที่มีความประณีต ชนิดชั้นเล็กๆ ใช้สำหรับเติมในช่องว่างของกล่องที่ใช้ในการขนส่งผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงแปลกๆ



รูปที่ 2.6 ชิ้นงานของโฟมพอลิสไตรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 เม็ดโฟมพอลิสไตรีน

โฟมพอลิสไตรีน มี 2 ลักษณะ คือ

2.4.1 พอลิสไตรีนแบบอัดรีด (Extruded Polystyrene)

ผลิตโดยกระบวนการอัดรีด ทำให้มีเซลล์ที่ละเอียดซึ่งมีอากาศผสมก๊าซฟลูออโรคาร์บอน (ปัจจุบันมีการใช้ก๊าซประเภทอื่นเพื่อหลีกเลี่ยงปรากฏการณ์เรือนกระจก) อยู่ใน ภายใน ทำให้มีสภาพในการนำความร้อนที่ต่ำกว่าพอลิสไตรีนแบบหล่อ มีโครงสร้าง และรูปร่างที่แข็งแรงคงที่มากกว่า ทำให้สามารถทนต่อแรงกดทับได้ดี และต้านทานไอน้ำได้ดี แต่ข้อเสียคือ ติดไฟได้ และหากสัมผัสกับรังสียูวีในบรรยากาศจะมีการเสื่อมสภาพได้ จึงควรมีวัสดุปิดผิวในการใช้งาน ปัจจุบันยังคงต้องนำเข้าจากต่างประเทศจึงมีราคาค่อนข้างสูง

2.4.2 พอลิสไตรีนแบบหล่อหรือขยายตัว (Molded or Expanded Polystyrene)

เป็นสไตรีนพอลิเมอร์เช่นกัน แต่ผลิตโดยกระบวนการหล่อหรือขยายตัว ผลก็คือเซลล์จะหยาบกว่า และมีอากาศบรรจุอยู่ภายใน เมื่อเทียบกับแบบอัดรีดแล้วจะมีสภาพการนำความร้อนสูงกว่า ความหนาแน่นต่ำกว่า ด้านไอน้ำได้พอใช้ ติดไฟและก่อให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แต่มีราคาถูกกว่า มีการเสื่อมสภาพจากการสัมผัสรังสียูวีในบรรยากาศได้เช่นกัน จึงควรเลือกใช้ในโครงสร้างปิดหรือมีแผ่นปิดผิว โดยมีการขึ้นรูปประกอบเป็นผนังมีแผ่นปิด 2 ด้านเพื่อป้องกันยูวี และใช้งานได้สะดวก ปัจจุบันมีการผลิตจำหน่ายในประเทศไทยแล้ว

พอลิสไตรีนแบบหล่อ คือ โฟมพอลิสไตรีนที่ใช้ก๊าซเพนเทน (C_5H_{12}) ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับก๊าซหุงต้มหรือบิวเทน (C_4H_{10}) เป็นสารที่ทำให้ขยายตัว ใช้บรรจุสินค้า มีค่าต่างๆ เช่น โทรทัคส์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และ หมวกกันน็อค โฟมกล่องน้ำแข็ง รวมถึงโฟมและโฟมก้อน ที่ใช้ทำถนน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระหว่างกระบวนการผลิตวัตถุดิบที่เรียกว่า โพลีเมอร์ไลเซชัน (Polymerization) เนื้อพลาสติกพอลิสไตรีนจะทำปฏิกิริยากักเก็บก๊าซเพนเทนเอาไว้ภายใน เมื่อนำมาผลิตโฟมพอลิสไตรีนแบบห่อวัตถุดิบจะขยายตัวและเมื่อได้รับความร้อนจากไอน้ำ (Steam) ก็จะกลายเป็นเม็ดโฟมขาวๆจากนั้นจึงนำไปขึ้นรูป (Molding) ซึ่งมี 2 ลักษณะคือ

ก). อัดขึ้นรูปเป็นรูปร่างต่างๆ ตามลักษณะแม่พิมพ์ที่ทำ (Shape Molding) เช่น เป็นกล่องน้ำแข็งและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

ข). อัดขึ้นรูปเป็นก้อนสี่เหลี่ยม (Block Molding) แล้วนำมาตัดขนาดและรูปร่างที่ต้องการโดยทั่วไปโฟมพอลิสไตรีนแบบห่อ จะขยายตัวประมาณ 50 เท่า และเมื่อขยายตัวแล้วจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ถึง 98% ของปริมาตร มีเพียง 2% เท่านั้นที่เป็นเนื้อพลาสติกพอลิสไตรีน และนี่คือสาเหตุที่ทำให้โฟมมีขนาดใหญ่แต่กลับมีน้ำหนักเบา

โฟมพอลิสไตรีนแบบห่อ สามารถรองรับแรง กระแทกได้อย่างดีเหมาะสำหรับใช้ในการบรรจุสินค้า และยังรองรับถ่ายเทน้ำหนักในแนวดิ่งโดยไม่เสียรูปทรง จึงใช้เป็นวัสดุถมในการทำถนนเพื่อแก้ปัญหานถนนทรุดตัว และยังใช้เป็นฉนวนรักษาความร้อนและเย็น เนื่องจากอากาศที่มีอยู่ภายในถึง 98% ทำหน้าที่เป็นฉนวน นอกจากนำกลับไปผ่านกระบวนการรีไซเคิลแล้วโฟมพอลิสไตรีนแบบห่อ ที่ใช้แล้วยังสามารถจัดการได้ดังต่อไปนี้

ก). ผสมดินเพื่อใช้ในการเพาะปลูก เนื่องจากพอลิสไตรีนแบบห่อที่บดแล้วจะช่วยให้ดินร่วนซุยและอากาศที่อยู่ภายในจะเป็นประโยชน์ต่อรากของพืช

ข). ผสมคอนกรีตเพื่อใช้ในการก่อสร้าง เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนแบบห่อ มีคุณสมบัติเป็นฉนวนและมีน้ำหนักเบา การใช้โฟมพอลิสไตรีนแบบห่อ ที่บดแล้วผสมในคอนกรีตจะทำให้ลดน้ำหนักวัสดุนั้นและยังรักษาอุณหภูมิของสถานที่ก่อสร้างได้อย่างดี

ค). เผาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนแบบห่อ มีอากาศอยู่ภายในเป็นส่วนใหญ่ หากถูกเผาโดยใช้ความร้อนสูง 1000 องศาเซลเซียส จะทำให้การเผาโฟมที่บดแล้วนั้นเป็นไปโดยปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมโดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงใดๆ โดยโฟมพอลิสไตรีนแบบห่อที่เผาด้วยกระบวนการดังกล่าว 1 กก. สามารถใช้พลังงานเท่ากับน้ำมัน 1.2-1.4 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพของพอลิสไตรีนโฟม [5]

| Property | Polystyrene | | | | | | | |
|---|-------------|----------------|------|----------------|-------|---------|----------------|-------|
| | ASTM | Extruded plank | | Expanded plank | | | Extruded sheet | |
| Density, kg/m ³ | | 35 | 53 | 16 | 32 | 80 | 96 | 160 |
| <u>Mechanical properties</u> | | | | | | | | |
| Compressive strength, KPa at 10% | D1621 | | 862 | 90- | 207- | 586-896 | 290 | 469 |
| Tensile strength, KPa | D1623 | | 310 | 124 | 276 | | | |
| Flexural strength, KPa | | 517 | | 145- | 310- | 1186 | 3450 | 6900 |
| Shear strength, KPa | D790 | | | 193 | 379 | | | |
| <u>Thermal properties</u> | | | | | | | | |
| Thermal Conductivity, W/(m.K) | C273 | | | 193- | 379- | | | |
| | | 241 | | 241 | 517 | | | |
| <u>Electrical properties</u> | | | | | | | | |
| Dielectric constant | C177 | | | | | 0.035 | 0.035 | 0.035 |
| Dissipation factor | | 0.03 | | < | 0.037 | 1.02 | 1.27 | 1.28 |
| <u>Moisture resistant</u> | | | | | | | | |
| Water absorption, vol% | D1673 | | 1.05 | 1.02 | 0.035 | | | |
| Moisture vapor transmission g/(m.s.GPa) | | <1.05 | | | 1.02 | | | |
| | C272 | | 0.05 | | | 23-25 | 86 | 56 |
| | E96 | | 0.02 | 1-4 | 1-4 | | | |
| | | | 35 | <120 | 35- | | | |
| | | | | | 120 | | | |

Klempner D. and Frisch K.C. Handbook of Polymeric Foams and Technology New York: Hanser. 1969.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

107778

2.5 สัณฐานวิทยาของใบสับปะรด (Morphology of Pineapple leaf) [6]

สับปะรดที่ปลูกร่วมกันอยู่โดยทั่วไปจะใช้ส่วนของลำต้นคือ จุก หน่อ และตะเกียง เป็นส่วนขยายพันธุ์ อายุการให้ผลของสับปะรดในประเทศไทยถ้าปลูกร่วมกันจุกจะใช้เวลาประมาณ 15-20 เดือน ผลสับปะรดพัฒนามาจากช่อดอกที่ที่เกิดขึ้นที่ปลายยอดของลำต้น เมื่อผลเริ่มพัฒนาไปได้ระยะหนึ่งตาที่อยู่ตามมุมใบของลำต้นจะเจริญเติบโตขึ้นมากลายเป็นหน่อ หลังจากเก็บเกี่ยวสับปะรดจากต้นแม่ (plant crop) ไปแล้ว ต้นสับปะรดต้นเดิมก็จะเสื่อมโทรมไป หน่อที่เจริญขึ้นมาจากตาตามมุมใบก็จะกลายเป็นสับปะรดต้นใหม่ สับปะรดที่พัฒนาขึ้นมาจกหน่อบนต้นแม่นี้เรียกว่า สับปะรดหน่อรุ่นแรก (first ratoon) ซึ่งเมื่อให้ผลแล้วตาที่อยู่ตามมุมใบของสับปะรดหน่อรุ่นแรกก็จะเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก เรียกว่าสับปะรดหน่อรุ่นที่สอง (second ratoon) การเกิดต้นใหม่แทนกันเช่นนี้จะดำเนินไปได้หลายรอบถ้ามีสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโต

สับปะรดที่ปลูกร่วมกันอยู่โดยทั่วไปมีหลายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่ปลูกร่วมกันแพร่หลายมากที่สุดคือพันธุ์ปัตตาเวีย ต้นสับปะรดที่เจริญเต็มที่แล้วพุ่มใบจะมีความกว้างและความสูงประมาณ 100 เซนติเมตร ประกอบด้วยส่วนต่างๆที่สำคัญคือ ราก ลำต้น ใบ ช่อดอก และผล ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะในส่วนของใบสับปะรดที่ใช้ทำการศึกษา



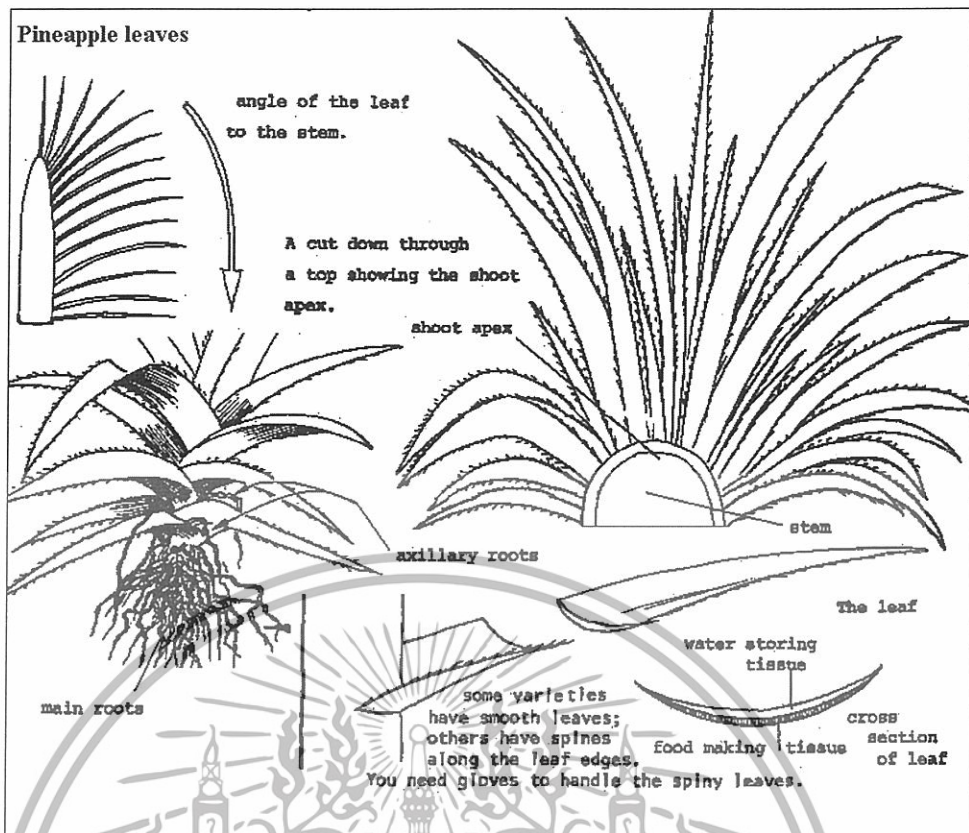
รูปที่ 2.8 ใบและผลสับปะรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบมีลักษณะเรียวยาวและเป็นร่องโค้งซึ่งลักษณะเป็นร่องโค้งเช่นนี้ ช่วยให้ใบสับปะรดมีความแข็งแรงและทนทานต่อการหักพับได้ดีเป็นพิเศษ การเรียงตัวของใบจะเป็นแบบเวียนรอบลำต้น มีรอบการเรียงตัว (phyllotaxy) เท่ากับ $5/13$ หรือจำนวนใบที่เกิดเวียนรอบลำต้นใบได้ 5 รอบจะมีจำนวนใบเท่ากับ 13 ใบและใบที่ 14 จะเกิดตรงกับตำแหน่งของใบที่ 1 ลักษณะของใบที่เรียวยาวเป็นร่องโค้งและเรียงตัวเวียนรอบลำต้นสับปะรดแบบนี้มีความสำคัญในการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำน้อย ละอองฝนหรือน้ำค้างที่ตกลงมาสัมผัสกับพุ่มใบจะถูกรวบรวมมาไว้ที่ส่วนโคนต้นให้รากในดินหรือรากตามมุมใบใช้ประโยชน์ได้

ใบที่ระดับต่างๆ ของต้นสับปะรดมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันโดยใบแก่ที่อยู่โคนต้นมีรูปร่างแบบแลนซีโอเลท (lanceolate) มีส่วนคอดที่ใกล้โคนใบ ถัดส่วนคอดนี้ลงไปทางโคนใบจะกว้างขึ้นเรื่อยๆ จนถึงรอยต่อของโคนใบกับลำต้นซึ่งจะเป็นรูปโค้งเว้า ใบอ่อนกว่าที่อยู่ในตำแหน่งที่สูงขึ้นมาบนลำต้น จะเพิ่มความยาวขึ้นเรื่อยๆ และส่วนโคนที่ติดกับลำต้นซึ่งเคยขยายตัวกว้างก็จะค่อยๆ ลดความกว้างลงจนกระทั่งถึงกลุ่มใบที่ยาวที่สุดซึ่งเป็นกลุ่มใบที่กำลังอยู่ในระยะเจริญเต็มที่ทางสรีระ ถัดจากนั้นไปใบอ่อนกว่าที่อยู่สูงขึ้นไปบนลำต้นจะค่อยๆ ลดความยาวลง ส่วนของโคนใบที่เคยขยายตัวกว้างออกจะค่อยๆ แคบเข้า พื้นที่บริเวณโคนใบส่วนหนึ่งจะมีสีเขียวซึ่งเป็นส่วนที่ไม่มีคลอโรฟิลล์ ในใบแก่จะมีสัดส่วนของพื้นที่โคนใบสีเขียวน้อย สัดส่วนของพื้นที่โคนใบสีเขียวจะมีมากขึ้นในใบที่มีอายุน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะและโครงสร้างของใบสับปะรด

Sideris, Krauss และ Young [7] ได้แบ่งใบของต้นสับปะรดที่เจริญเติบโตเต็มที่ทางลำต้นใกล้ระยะออกดอกแล้วออกตามรูปร่าง ตำแหน่งของใบบนลำต้น และอายุของใบ ออกเป็นกลุ่มต่างๆดังนี้คือ:

A-leaves เป็นกลุ่มของใบซึ่งอยู่ล่างสุดของลำต้น มีอายุมากที่สุด ส่วนของปลายใบเริ่มแห้งและไม่มีความสำคัญในด้านการสร้างอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว

B-leaves เป็นกลุ่มใบที่อยู่ถัดขึ้นมา แก่เต็มที่แล้ว มีส่วนในการสร้างอาหารให้ต้นสับปะรดได้บ้างเล็กน้อย

C-leaves เป็นกลุ่มใบที่เจริญเต็มที่แล้วยังสามารถสร้างอาหารให้ต้นสับปะรดได้ดีกว่าใบกลุ่ม B

D-leaves เป็นกลุ่มใบที่อยู่ในระยะกำลังเจริญเติบโตทางสีเขียวเต็มที่คือมีกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของสับปะรดสูงสุด มักเป็นกลุ่มของใบที่มีความยาวมากที่สุด และเป็นกลุ่มใบที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์สถานะทางสีเขียวที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของต้นสับปะรด เช่นระดับธาตุอาหาร ปริมาณกรดและแป้งที่สร้างขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณ คลอโรฟิลล์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E-leaves เป็นกลุ่มใบที่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ใบมีสีอ่อนกว่าใบกลุ่ม D

F-leaves เป็นกลุ่มใบอ่อนที่สุด อยู่บริเวณปลายยอดของลำต้น มีขนาดเล็กที่สุด และมีสีเขียวจาง

ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและธาตุที่เป็นองค์ประกอบในใบสับปะรด

| Name | Pineapple leaf |
|--|----------------|
| Chemical composition (wt% dry) ¹ | |
| Ash | 6.04 |
| SiO ₂ | 1.26 |
| Extractive | 6.55 |
| Hemicellulose | 63.2 |
| Lignin | 18.68 |
| Cellulose | 32.16 |
| Elemental composition (wt% dry) ² | |
| Carbon | 48.8 |
| Hydrogen | 6.2 |
| Nitrogen | 1.1 |
| Oxygen | 37.9 |
| Calorific value ³ , kJ/g-dry | 19.4 |

1. TAPPI test method

2. Elemental analyzer; Perkin Elmer, CHN 2400 or AMCO, NA 1500

3. Calorie meter; Shimadzu, CA-4P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol-formaldehyde : Bakelite)

[8-10]

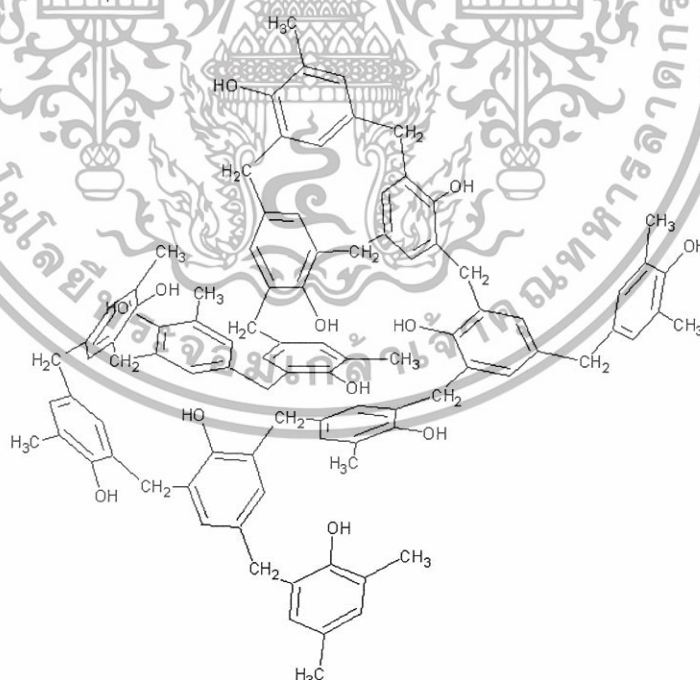
ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ หรือเบกาไลต์ เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตชนิดแรกที่ถูกนำมาใช้ มีความแข็งและอยู่ตัว เรซินชนิดนี้มีทั้งที่เป็นของเหลวใส เหมาะสำหรับหล่อในพิมพ์ และแบบที่เป็นผงสำหรับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ ซึ่งชนิดหลังนี้มีสีน้ำตาลดำเพียงอย่างเดียว

สมบัติทั่วไป

- เนื้อแข็งคงตัว แต่เปราะ ทนทานต่อการผุกร่อน
- เป็นฉนวนไฟฟ้า
- ทนความร้อนได้สูง (260 องศาเซลเซียส)
- ไม่ดูดความชื้น ราคาถูก

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

ใช้ทำปลอกหุ้มขดลวดในรถยนต์ แกนของขดลวดในเครื่องรับวิทยุและโทรทัศน์ เปลือกเครื่องโทรทัศน์ทึบมัยโบราณ ด้ามเครื่องมือช่าง หนูหม้อ หูกระทะ ด้ามมีด ลูกบิดเลียด แผงวงจร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กาว และสารเคลือบผิว ตลอดจนใช้เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมยาง



รูปที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีของกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ หรือ Bakelite

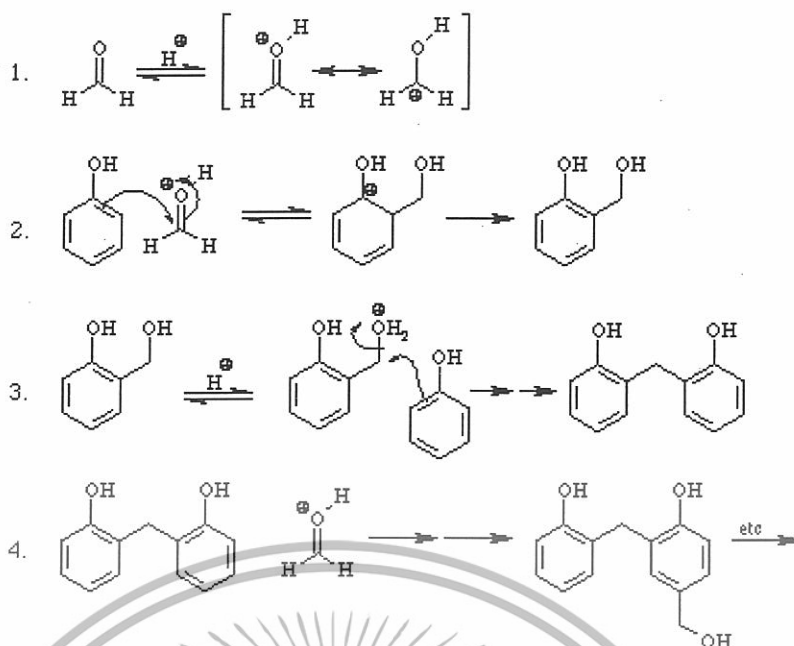
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟีนอลเป็นสารที่ไม่มีสีทั้งในสภาวะของแข็งและของเหลว มีฤทธิ์กัดกร่อนสูงเป็นพิษต่อระบบประสาท สามารถทำลายเซลล์ได้ทุกชีวิต ถ้าซึมเข้าได้ผิวหนังอาจมีผลถึงตาย ได้มีการนำกาวยา Phenol Formaldehyde (PF) มาใช้ในอุตสาหกรรมมากกว่า 90 ปีแล้ว ตั้งแต่ Backeland ก่อตั้งบริษัท Bakelite ขึ้นในปี พ.ศ. 2453 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา และกลายมาเป็นสาขาของบริษัท Union Carbide ในปี พ.ศ. 2482 ความต้องการใช้กาวยา PF ส่วนใหญ่อยู่ในภาคอุตสาหกรรมไม้อัด ไม้ประกบ และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปลูกสร้างบ้าน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของกาวยาที่มีความต้านทานต่ออุณหภูมิและความชื้นได้ดี แต่สิ่งจำเป็นที่ต้องคำนึงถึงคือ การที่สารทั้งสอง ได้แก่ ฟีนอลและฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กาวยา มีสภาวะที่เป็นพิษ หลังจากการแข็งตัวของกาวยังคงมีทั้งฟอร์มัลดีไฮด์และฟีนอลที่อยู่ในสภาพอิสระและสามารถสร้างความเป็นพิษให้แก่ผู้บริโภคได้ จึงต้องระมัดระวังในการควบคุมสภาวะของขบวนการผลิตกาวยาและการอัดไม้ตามขั้นตอนต่างๆ

2.6.1 ปฏิริยาเคมี (Chemical reactions)

ในการสร้างพันธะของแรงยึดทางเคมีระหว่างฟีนอลและฟอร์มัลดีไฮด์เพื่อสังเคราะห์กาวยาเกี่ยวข้องกับปฏิริยาหลัก 2 ขั้นตอน เช่นเดียวกับกาวยา UF ขั้นตอนแรกคือ ปฏิริยาการรวมตัว (addition or methylation step) ฟอร์มัลดีไฮด์ทำปฏิริยากับตำแหน่งโปรตอนของสารฟีนอลที่มีความว่องไวต่อปฏิริยาที่ตำแหน่ง ortho หรือ para เพื่อเปลี่ยนรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โมเลกุลที่ได้จากการรวมตัวเรียกว่า Methylated phenolic ปฏิริยาดังกล่าวนี้เกิดที่ pH สูงและอุณหภูมิต่ำจะเกิดปฏิริยา dimethyl และ trimethyl phenol แต่ถ้ามี pH สูงกว่า 9 ฟอร์มัลดีไฮด์จะทำปฏิริยา canizzaro ด้วยตัวเอง ซึ่งมีอุณหภูมิและความเป็นด่างสูงขึ้น ปฏิริยานี้จะเกิดรวดเร็วมากขึ้น

สำหรับขั้นตอนที่ 2 คือ ปฏิริยาควบแน่น (condensation step) คือการสูญเสียน้ำเป็นผลพลอยได้ และจะได้ methylol hydroxyl และโปรตอนข้างเคียงที่ยังไวต่อปฏิริยา ผลจากการรวมปฏิริยาทั้งสองจะได้เครือข่ายของสารพอลิเมอร์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของกาวยาที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น ปฏิริยานี้เกิดขึ้นได้ช้าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 °C และมีสภาวะเป็นด่าง ถ้าทำให้ปฏิริยามีสภาวะเป็นกรดและเพิ่มอุณหภูมิจะสามารถเร่งปฏิริยาให้เร็วขึ้น



รูปที่ 2.12 แสดงปฏิกิริยาการสังเคราะห์กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

2.6.2 สัดส่วนโมลของฟีนอลต่อฟอร์มาลดีไฮด์ (Molar ratio of phenol and formaldehyde)

การสังเคราะห์ PF ที่มีสัดส่วนโมลของฟอร์มาลดีไฮด์ต่อฟีนอลมีค่าสูงกว่าหนึ่ง เรียกว่า *resoles* วิธีนี้ใช้ต่างเป็นสารเร่ง การที่จะทำให้การวัลชันแข็งตัวจำเป็นต้องใช้ความร้อนและใช้สารเร่งที่เป็นกรดเพิ่มเติม หรือเติมสารเร่งที่เป็นกรดเพียงอย่างเดียว โดยมีโครงสร้างภายในของฟีนอลเชื่อมต่อกับกลุ่ม hydroxymethyl groups ที่ไวต่อปฏิกิริยา (-CH₂OH) จำพวก methylol groups สัดส่วนโมลของฟอร์มาลดีไฮด์ต่อฟีนอลอยู่ในระดับ 1.2-2.5 แต่มีกนนิยมควบคุมให้อยู่ระดับ 1.2-1.5 ถ้าเพิ่มปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ จะทำให้หมู่ methylol groups มากขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาควบแน่นขึ้นระหว่างกลุ่มพอลิเมอร์ยังผลให้เกิดพันธะระหว่างพอลิเมอร์มีมากขึ้น แต่ถ้าสัดส่วนโมลของฟอร์มาลดีไฮด์ต่อฟีนอลมีค่าน้อยกว่า 1.0 โดยปกติประมาณ 0.8 เรียกว่า *novolak* วิธีนี้ใช้กรดเป็นสารเร่งการที่จะทำให้กาวแข็งตัวสมบูรณ์จำเป็นต้องใช้ความร้อนและฟอร์มาลดีไฮด์เพิ่มเติม โดยมีโครงสร้างสารพอลิเมอร์เป็นตัวฟีนอลเองที่เชื่อมต่อกับกลุ่มโมเลกุลอื่นๆ การเพิ่มปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์จะทำให้ขนาดโมเลกุลของสารพอลิเมอร์ใหญ่ขึ้นและเพิ่มความหนืดของกาวให้สูงขึ้น

2.6.3 กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในอุตสาหกรรมไม้อัด (Phenol formaldehyde resin in plywood industry)

กาวสังเคราะห์ PF ที่ใช้อัดร้อนในอุตสาหกรรมไม้อัดมักนิยมใช้สัดส่วนโมลของฟอร์มาลดีไฮด์ต่อโซดาต่อฟีนอลเป็น 2.04 : 0.79 : 1.0 โดยให้ pH ของรีโซลมีค่า 12.7 มีเนื้อกาว 42% ที่ความหนืด 11 Poise ที่มีอุณหภูมิ 40 °C แต่ก่อนที่จะนำไปทาไม้บางต้องผสมสารเพิ่มเติมต่างและน้ำ ในปริมาณให้ได้ความหนืดที่ดีส่งผลให้กระจายตัวของกาวเหมาะสมกับไม้บางแต่ละชนิดด้วย

สำหรับสภาวะที่ควบคุมกระบวนการผลิตไม้อัดมักใช้ปริมาณกาวระหว่าง 150-250 g ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ขึ้นอยู่กับความหนาและชนิดของไม้บาง มีช่วงระยะเวลาอัดระหว่าง 15-60 นาที ส่วนการอัดเย็นมักใช้ความดัน 5-7 kg/cm² ประมาณ 10 นาที ก่อนอัดความร้อนด้วยอุณหภูมิประมาณ 120-170 °C แปรผันตามชนิดของกาว และใช้แรงอัดระหว่าง 12-14.7 kg/cm² ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของไม้เป็นเวลา 1-3 นาที แปรผันตามความหนาของไม้บาง แต่ถ้าอัดด้วยอุณหภูมิสูงกว่า 200 °C จะทำให้แรงยึดของกาวต่ำลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด [11]

ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดมีอยู่หลายอย่าง โดยปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของวัตถุดิบเริ่มต้น ชนิดและปริมาณของสารยึดติด การกระจายตัวของชั้นผิว สารเติมแต่พิเศษอื่นๆ ปริมาณและการกระจายความชื้น การเกิดชั้นโดยขนาดของอนุภาค การเกิดชั้นโดยความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะ ระดับความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัด และทิศทางการจัดเรียงตัวของอนุภาค เป็นต้น ปัจจัยทั้งหมดนี้จะมีผลต่อกันและกันไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง

ชนิดของวัตถุดิบ

จากหลายปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด ชนิดของวัตถุดิบเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ โดยในกระบวนการผลิต ปัจจัยนี้จะเป็นตัวกำหนดว่าแผ่นขึ้นไม้อัดที่ได้จะมีความถ่วงจำเพาะเท่าใด วัตถุดิบบางชนิดต้องการการควบคุมปริมาณความชื้นที่ค่อนข้างแน่นอน เนื่องจากถ้าวัตถุดิบนั้นมีความชื้นสูงอาจทำให้แผ่นขึ้นไม้อัดที่ได้หลุดออกหรือแยกออกเป็นชั้นๆ ได้ วัตถุดิบบางชนิดจะทำให้ได้แผ่นขึ้นไม้อัดที่มีพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบ ชนิดของวัตถุดิบยังมีผลอย่างมากต่อการเลือกสารยึดติดที่จะใช้ในกระบวนการผลิตด้วย นอกจากนี้จำนวนชนิดของวัตถุดิบที่ใช้เป็นองค์ประกอบในแผ่นขึ้นไม้อัดก็มีผล โดยถ้ามีเพียงชนิดเดียวหรือสองชนิด วัตถุดิบที่มีปริมาณมากกว่าหรือเป็นวัตถุดิบหลักจะเป็นตัวกำหนดสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด แต่ในปัจจุบันมักจะมีการใช้วัตถุดิบในลักษณะของการผสมระหว่างไม้เนื้อแข็งกับไม้เนื้ออ่อน ซึ่งจะทำให้สามารถปรับความหนาแน่นได้ในช่วงกว้าง

ชนิดของสารยึดติด

Melamine Resins

Melamine เป็น resins ที่มีราคาแพง มีลักษณะทางกายภาพที่ดีกว่า ureas แต่ไม่เท่า phenolics การจัดหมวดหมู่ของ urea และ melamine resins จะใช้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีความชื้นไม่มากเป็นเกณฑ์ urea resins ที่แข็งแรงกับ melamine

ผลิตภัณฑ์ของ melamine-formaldehyde resins จะมีลักษณะทางเคมีใกล้เคียงกันกับ urea-formaldehyde resin หลายปีที่ผ่านมา resin ใช้แทนแบ่งเพราะปัญหาความสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามเมื่อไม่นานมานี้มีการปรับปรุงในการผลิตสารละลาย resin การใช้ประโยชน์ส่วนมากของ resin สำหรับการจัดหมวดหมู่ของ urea และ melamine resin โดยเฉพาะการจัดหมวดหมู่ที่สำคัญสำหรับการใช้ในอุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง แผ่นขึ้นไม้อัดช่วงความหนา 1.5 นิ้ว (38.1 มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นของ urea-formaldehyde หรือ melamine-urea-formaldehyde ในสูตรแรกเริ่มได้มีการพัฒนาเป็นระบบสารยึดติด สารยึดติดควรจะต้องมีความเหมาะสมในการเปลี่ยนรูปแบบเพื่อป้องกันเส้นใยจากการบิดและปัญหาจากการเคลื่อนย้าย มากไปกว่านั้นการบิดจะทำให้ resin ที่มากเกินไปหลุดออกมาด้านนอกและยังทำให้เกิดรอยตำหนิที่พื้นผิวอีกด้วย ความหนืดต่ำมาก ๆ ก็มีความสำคัญอีกด้วยในการช่วยกระจายตัวของ resin ไปทั่วบริเวณเส้นใยที่ซึ่งมีขนาดพื้นที่ผิวและน้ำหนักมาก ๆ

การพัฒนากระบวนการใช้สารยึดติดของแผ่นขึ้นไม้อัดเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการ un-polymerized water solution ของ methylolureas, methylol-melamine, formaldehyde และ acid-forming salt ซึ่งใช้เป็นสารยึดติดในยุคแรก ๆ ก็เพราะว่าปฏิกิริยาที่เสร็จสมบูรณ์เกิดขึ้นในแม่แบบที่ร้อน อย่างไรก็ตามมี resin ธรรมดาบางส่วนจากการ polymerized เกิดขึ้น อัตราส่วนของ urea และ melamine ในส่วนของกรรมผสมจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ขึ้นไม้อัดที่มีการใช้งานภายในเช่นเฟอร์นิเจอร์หรือที่ๆต้องการความทนทานต่อน้ำ

บริษัท Pope & Talbot จำกัด ที่เมืองโอ๊คคริช มลรัฐโอเรกอน ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีการพัฒนาระบบของตัวเองในเรื่องการเติม urea resin ในยุคแรกลงไปทีเส้นใยซึ่งในส่วนที่เติมเข้าไป ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นที่แม่แบบร้อนด้วยระบบ melamine-urea-formaldehyde Isocyanates

จะกล่าวถึง isocyanates ว่าเป็นสารยึดติดที่มีราคาแพงแต่เป็นที่น่าสนใจมาก โดยสภาวะปกติผลของสายโซ่ urethane ในส่วน hydroxyl ของเส้นใยจะเกิดพันธะเคมีเชื่อมโยงภายใต้ระบบของสารยึดติดซึ่งจะมีพันธะที่แข็งแรงมาก ๆ ดังเช่นความต้านทานต่อน้ำ, กรดเจือจางและสารละลาย มีตัวอย่างยืนยันก็คือแผ่นไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างในประเทศเยอรมัน

ข้อดีของ isocyanates ก็คือไม่มีปริมาณน้ำในระบบ โดยส่วนใหญ่แล้วสารยึดติดจะนำไปใช้ประโยชน์โดยใช้เป็นกาว มีการให้ปริมาณความชื้นที่สูงขึ้นแล้วนำมาใช้งานด้วยเหตุนี้ราคาของ drying ลดลงและเกิดหมอกสีฟ้าขึ้นขณะที่ drying ที่มีความชื้นต่ำถูกขจัดออก กาวจำนวนน้อย ตามรายงานพบว่าความหนาแน่นของแผ่นไม้อัดไม่ต้องสูงเท่ากับ phenolic resins เพราะว่ามีพันธะที่แข็งแรงกว่าและยังช่วยประหยัดเส้นใยด้วยพันธะของ isocyanates มีความต้านทานต่อน้ำและทำให้ชิ้นงานมีลักษณะเฉพาะภายนอกที่ดี isocyanate จะทำงานได้ดีในวัสดุที่ยึดติดยากเช่น ฟางข้าว (Straw) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธะของฟางข้าวจะยึดสร้างพันธะกับ phenolic Urethane ไม่ชอบน้ำทำให้บางส่วน ของwaxถูกกำจัดออกจากแผ่นไม้อัด

ในส่วนของข้อเสียดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่ามีราคาแพงซึ่งจะแก้โดยประหยัดใน กระบวนการผลิต นอกจากนี้ isocyanates มีการยึดติดที่ดีกับอลูมิเนียมและเหล็กบาง ชนิดแต่ก่อให้เกิดปัญหาในการยึดติดระหว่างชั้นและส่วนของแม่พิมพ์ release agents บางชนิดเช่น glycerine ที่มักจะเกิดผลกระทบเป็นสารละลายอีกชนิดหนึ่งที่มีปัญหา ดังนั้นจึงกำจัดการติดกันกับเหล็กโดยใช้isocyanate การเคลื่อนย้าย Isocyanate ใน ระหว่างผลิตต้องทำด้วยความระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

Natural Binders

กาธรรมชาติบางชนิดเช่น casein, แป้งนมถั่วเหลือง, spray-dried beef และ pork blood ถูกใช้มาเป็นเวลาหลายปีเพื่อใช้ยึดไม้อัด ในอดีตโรงงานผลิตไม้อัดที่ สหรัฐอเมริกาใช้กาธรรมชาติเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม 80%ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ phenolic resin เป็นสารยึดติด Tanninsเป็นสารยึดติดที่ประสบความสำเร็จที่สุดในด้าน การค้าซึ่งใช้กับไม้อัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศออสเตรเลียที่ซึ่งtanninsถูกใช้เป็นเวลา หลายปี Quebracho คือผลิตภัณฑ์ของ tannin ก็ถูกใช้อย่างกว้างขวางที่ประเทศอาร์เจนตินาและฟินแลนด์ ได้มีการวิจัยของประเทศอินเดียซึ่งมีการพัฒนาทanninให้ใช้ในปริมาณน้อยของ formalin กาชนิดนี้ได้มีการปรับปรุงโดยการเติมโปรตีน การใช้งาน ยังคงดำเนินไปด้วยการใช้ lignosulfonates จาก spent sulphide liquor ในยุโรปและแคนาดา เพราะว่าligninเป็นสารธรรมชาติ

ในแผ่นขึ้นไม้อัดและกระบวนการผลิตไม้อัดแบบแห้งจะใช้ tannins และ lignosulfonatesเช่นเดียวกัน ส่วนในแคนาดามีการใช้ lignosulfonate ในการผลิต waterboard แต่จะหาซื้อได้ยาก Tannin บางชนิดต้องการ formaldehydeในปริมาณน้อย

ระดับและการแพร่ของความชื้น

ปริมาณความชื้นและการแพร่กระจายตัวผ่านความหนาของแผ่นขึ้นไม้อัดเป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างมากต่อสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ขึ้นรูปได้ ตัวอย่าง เช่น ถ้าบริเวณผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัดมีปริมาณความชื้นสูงและบริเวณตรงกลางมีความชื้นต่ำ ผิวหน้าของแผ่นอัดจะมีความหนาแน่นสูงกว่าตรงกลางแผ่น ดังนั้นความแข็งแรงการโค้งงอและความแข็งจะดีกว่าแผ่นไม้อัดที่ขึ้นรูปโดยวิธีเดียวกันที่มีความชื้นเท่ากันทุกแผ่น และมีความหนาแน่นเท่ากันตลอดแผ่นขึ้นไม้อัด อย่างไรก็ตามการที่แผ่นไม้อัดมีลักษณะตามที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะมีสมบัติในด้านการทนต่อการโค้งงอและความแข็งที่ดีแต่ก็

มีแรงยึดภายในของบริเวณตรงกลางแผ่นไม้ดำ トラบไคที่ปริมาณความชื้นโดยรวมยังอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้แผ่นไม้อัดก็จะไม่แยกออกจากกันหลังจากที่ทำการอัดขึ้นรูปเสร็จแล้ว การจัดการกับปริมาณความชื้นสามารถทำได้ก่อนขึ้นรูปเพื่อกำหนดสมบัติของแผ่นไม้อัด

ความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัด

ปัจจัยที่จะถูกกล่าวถึงต่อไป คือ ระดับของความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะของชิ้นงาน ความถ่วงจำเพาะของแผ่นขึ้นไม้อัดเป็นปัจจัยที่ทรงพลังที่ส่งผลต่อสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดที่เตรียมได้ โดยส่วนมากการเพิ่มขึ้นของความถ่วงจำเพาะของของแผ่นขึ้นไม้อัดจะเป็นการปรับปรุงให้แผ่นขึ้นไม้อัดมีสมบัติทางกายภาพให้ดีขึ้นด้วย นี่เป็นวิธีการที่ทำได้ง่ายในการปรับปรุงสมบัติของชิ้นงาน ในหลายครั้งไม่จำเป็นต้องเติมเรซินลงไปเพิ่ม เพราะว่ายิ่งใช้เรซินได้มีประสิทธิภาพเท่าไรผลที่ได้ คือ แผ่นชิ้นงานจะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

มีการค้นพบว่าหากต้องการให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นไม้ที่เอามาใช้ ต้องมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 0.15-0.20 นอกจากนี้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นต่ำ เป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งว่าการเพิ่มขึ้นของความถ่วงจำเพาะในแผ่นไม้อัดจะเพิ่มสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ แต่มีข้อยกเว้นในเรื่องของความเสถียรทางรูปร่างเมื่อแช่ในน้ำและการสัมผัสกับความชื้นสูง ๆ เพราะยังมีปริมาณไม้ในแผ่นอัดมากขึ้นเท่าไร การบวมตัวและการขยายตัวเชิงเส้นตรงก็จะยิ่งมากขึ้นหลังจากดูดซับ

ความชื้น

ในทางปฏิบัติวิธีที่ง่ายที่สุดในการเพิ่มสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดประกอบคือการเพิ่มความถ่วงจำเพาะของชิ้นงาน ซึ่งจะให้อุณหภูมิเกิดการอัดตัวแน่นชิดติดกันมากกว่าเดิมเมื่อทำการอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ในกรณีของแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีการสูญเสียเรซินไปจำนวนมากใน ถ้าแผ่นกระดานอัดสามารถที่จะถูกอัดให้มีความหนาแน่นมากขึ้น เรซินที่อยู่ใน ช่องว่างระหว่างอนุภาคนี้ก็จะถูกใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การเพิ่มความถ่วงจำเพาะนี้ทำให้ใช้เรซินได้อย่างคุ้มค่าแต่ในขณะเดียวกันก็ต้องเพิ่มปริมาณขึ้นไม้เพื่อให้ทนต่อแรงกดของเครื่องจักรขณะทำการขึ้นรูปได้

ในที่ที่ไม่มีราคาถูก การเพิ่มความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดเป็นวิธีที่ถูกที่สุดในการปรับปรุงสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด อย่างไรก็ตามการที่แผ่นขึ้นไม้อัดมีน้ำหนักมากขึ้นทำให้จัดการกับแผ่นขึ้นไม้อัดได้ยากขึ้นและหนึ่งในนั้นคือการตัด ถ้าค่าการขนส่งคือปัจจัยแผ่นขึ้นไม้อัดที่หนักขึ้นจะทำให้จ่ายค่าการขนส่งมากขึ้น

2.8 สมบัติและปรากฏการณ์ของเสียง (Property and Sound Phenomena) [12-16]

จากความหมายของเสียงซึ่งกล่าวว่า เสียงคือพลังงานรูปแบบหนึ่งที่ส่งออกจากแหล่งกำเนิดและเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางในรูปของคลื่นตามยาว ดังนั้นเสียงจึงสามารถแสดงสมบัติของคลื่นอันประกอบด้วยสมบัติการสะท้อนเสียง การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบนได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสมบัติของคลื่นเหล่านี้ยังก่อให้เกิดปรากฏการณ์ต่างๆ อีกมากมาย ดังนี้

การสะท้อนของเสียงเมื่อคลื่นเสียงแผ่กระจายจากแหล่งกำเนิดมากระทบกับสิ่งกีดขวางหรือบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติอย่างรวดเร็วของตัวกลางนั้นจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การสะท้อนขึ้นที่ผิวของตัวกลางหรือสิ่งกีดขวางที่คลื่นเสียงตกกระทบ เหมือนลูกบอลที่ตกกระทบกำแพงแล้วสะท้อนกลับออกมา คลื่นเสียงนั้นมีสมบัติในการสะท้อนได้ นอกจากกรณีที่ว่าวัตถุซึ่งเสียงตกกระทบเป็นวัตถุดูดกลืนเสียงตามที่ได้ผลิตขึ้นให้เหมาะกับการหนึ่งๆ โดยเฉพาะจึงมีการสะท้อนเสียงได้น้อยแม้ว่าผู้สังเกตต้องการรับเสียงตรง แต่ก็อาจมีเสียงสะท้อนปนออกมาบ้าง สำหรับในชีวิตประจำวันนั้นถ้าเสียงสะท้อนเคลื่อนที่กลับมาถึงผู้สังเกต โดยมีช่วงเวลาห่างจากเสียงตรงน้อย 0.1 วินาที ผู้สังเกตจะยังคงได้ยินเสียงตรงและเสียงสะท้อนรวมกันเป็นเพียงเสียงเดียวทำให้แยกไม่ออกว่าได้ยินเสียงสะท้อน แต่ถ้าเสียงสะท้อนที่กลับมาถึงผู้สังเกต ใช้เวลามากกว่า 0.1 วินาที ผู้สังเกตจะได้ยินเสียงสะท้อนแยกจากเสียงตรง เรียกว่า เสียงก้อง

การดูดกลืนและการส่งผ่านเสียง เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบกำแพงหรือวัตถุใดๆ จะเกิดการสะท้อนและส่งผ่านคลื่นขึ้นซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่อคลื่นเสียงตกกระทบวัตถุแล้ว นอกจากจะเกิดการสะท้อนของคลื่นแล้วยังเกิดการส่งผ่านของคลื่นเสียงทะลุวัตถุนั้นๆ ด้วยพลังงานที่ลดลง ซึ่งการลดลงของพลังงานที่ส่งผ่านนี้เกิดขึ้นเนื่องจากคลื่นเสียงที่ตกกระทบได้ทำให้ผิวหน้าของวัตถุนั้นเกิดการสั่นตัวโดยพลังงานจากการสั่นตัวนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน เนื่องจากสมบัติเกี่ยวกับแรงเสียดทานของวัตถุ ซึ่งปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นกับวัตถุที่มีรูพรุนหรือช่อง ซึ่งมีความสามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินเสียงขณะที่อยู่ในตัวกลางนั้นได้ นอกจากนี้ยังอธิบายเพิ่มเติมได้ว่าในกรณีปกติถ้าหากมีคลื่นระนาบเคลื่อนผ่านตัวกลางแตกต่างกัน 3 ชนิด (รูปที่ 2.13) โดยสมมติให้แหล่งกำเนิดเสียงมีลักษณะคงที่และตั้งอยู่ในตัวกลางที่ 1 เมื่อคลื่นระนาบแผ่กระจายจากแหล่งกำเนิดมาถึงขอบของรอยต่อของตัวกลางที่ 1 และ 2 แล้วจะเกิดการสะท้อนของรังสีกลับไปยังตัวกลางที่ 1 และส่งผ่านรังสีของคลื่นบางส่วนไปยังตัวกลางที่ 2 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเคลื่อนที่ผ่านมายังตัวกลางที่ 2 เคลื่อนที่ต่อไปจนถึงขอบของรอยต่อของตัวกลางที่ 2 และ 3 แล้วจะเกิดคลื่นสะท้อนกลับมายังตัวกลางที่ 2 และส่งผ่านไปยังตัวกลางที่ 3 เช่นเดียวกัน ทั้งนี้ขบวนการสะท้อนและส่งผ่านที่เกิดขึ้น ณ รอยต่อของตัวกลางนี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องสำหรับแหล่งกำเนิดเสียงที่มีลักษณะคงที่ โดยความเข้มเสียงของคลื่นที่สะท้อนกลับมายังตัวกลางที่ 1 และส่วนที่ส่งผ่านไปยังตัวกลางที่ 3 ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของตัวกลาง ความเร็วในการแผ่กระจายของคลื่นในแต่ละตัวกลาง และความหนาของตัวกลางที่ 2

ตัวกลางที่ 1 ตัวกลางที่ 2 ตัวกลางที่ 3



รูปที่ 2.13 แสดงกลไกการดูดกลืนและส่งผ่านคลื่นเสียงในตัวกลางต่างชนิดกัน

การดูดกลืนเสียง หมายถึงการเปลี่ยนแปลงผลรวมของพลังงานเสียงที่ลดน้อยลงเมื่อผ่านตัวกลางใดๆ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการดูดกลืนเสียงคือความสามารถของวัตถุในการดูดกลืนพลังงานเสียงและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน โดยวัตถุที่สามารถดูดกลืนคลื่นเสียงได้ดีจะเป็นวัตถุจำพวกเส้นใยและวัตถุพรุน ซึ่งเมื่อเสียงกระทบวัตถุใดๆ แล้วเสียงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและส่งผ่านเข้าไปในวัตถุนั้น ทั้งนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสมบัติและลักษณะของวัตถุนั้นเป็นสำคัญ คลื่นเสียงที่ผ่านเข้าไปในวัตถุที่เสียงนั้นตกกระทบจะมีพลังงานลดลงเนื่องจากพลังงานส่วนหนึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่น เช่น พลังงานความร้อน

การส่งผ่านเสียง อธิบายได้ว่าเมื่อคลื่นเสียงตกกระทบวัตถุกันเสียงเช่น กำแพงหรือผนังแล้ว วัตถุนั้นจะเกิดการสั่นตัวซึ่งการสั่นตัวในลักษณะนี้เป็นสาเหตุให้อากาศที่อยู่ใกล้เคียงวัตถุ ดังกล่าวมีการสั่นตัวตามไปด้วยทั้งสองด้านของวัตถุส่งผลให้วัตถุที่คลื่นเสียงตกกระทบนั้นประพฤติตัวเหมือนเป็นแหล่งกำเนิดเสียงอันใหม่ ซึ่งสนามเสียงอันใหม่นี้เกิดจากวัตถุนั้นจะมีพลังงานน้อยกว่าพลังงานเสียงตอนแรก ทั้งนี้เนื่องจาก

พลังงานของคลื่นเสียงที่ตกกระทบวัตถุกันเสียงนี้ส่วนหนึ่งถูกใช้ไปสำหรับการทำวัตถุนั้นเกิดการสั่นตัว โดยลักษณะของวัตถุกันเสียงนั้นสามารถบอกได้ด้วยค่าการสูญเสียขณะส่งผ่าน (Transmission Loss ; TL) ซึ่งค่านี้เป็นสมบัติเฉพาะของวัตถุ ซึ่งก็คืออัตราส่วนของพลังงานที่ตกกระทบต่อพลังงานที่ส่งผ่านวัตถุกันเสียงนั่นเองซึ่งมีหน่วยเป็นเดซิเบล

2.8.1 ความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุกันเสียง

เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบวัตถุกันเสียงใดๆ เช่น ผนังหรือกำแพงจะเกิดปรากฏการณ์ที่สำคัญ 3 ประการ โดยพลังงานของคลื่นเสียงบางส่วนถูกส่งทะลุผ่านวัตถุไปอีกด้านหนึ่ง พลังงานบางส่วนถูกดูดกลืนโดยวัตถุนั้น และส่วนที่เหลือจะสะท้อนกลับเข้าสู่ตัวกลางดั้งเดิม จากกฎทรงพลังงานสามารถแสดงปรากฏการณ์ข้างต้นด้วยสมการ

$$E_i = E_r + E_a + E_t$$

พลังงานของคลื่นเสียงที่ถูกดูดกลืน หรือ พลังงานของคลื่นเสียงที่ลดลงเมื่อผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งของวัตถุนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปอื่น ซึ่งส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนกลายเป็นพลังงานความร้อน และจากแนวคิดเกี่ยวกับการตกกระทบของคลื่นเสียงบนวัตถุใดๆ ดังกล่าวข้างต้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมและป้องกันเสียงรบกวนได้ โดยการนำวัตถุที่สมบัติในการดูดกลืนหรือสะท้อนคลื่นเสียงได้เป็นอย่างดีมาวางกันระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผู้ฟังเสียงทั้งนี้การลดระดับความดังเสียงทำได้โดยใช้กำแพงกันเสียง ซึ่งสามารถติดตั้งได้หลายรูปแบบคือ 1. ปิดล้อมแหล่งกำเนิดเสียง 2. ปิดล้อมผู้รับฟังเสียงและ 3. กันระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผู้รับฟังเสียงทั้งนี้สำหรับระดับความดังเสียงที่ลดลง จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะการติดตั้งกำแพงกันเสียง อย่างไรก็ตามคุณสมบัติเชิงกายภาพของวัตถุกันเสียงจะเป็นตัวกำหนดถึงความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุนั้นๆ ด้วย

2.8.2 การลดระดับความดังเสียงของวัตถุ

การลดระดับความดังเสียงโดยใช้หลักการเกี่ยวกับการดูดกลืนคลื่นเสียงของวัตถุนั้นอธิบาย ได้ว่าเมื่อเสียงกระทบวัตถุใดๆ เสียงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกลในรูปแบบอื่นโดยปกติเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและคุณลักษณะของวัตถุนั้น วัตถุที่มีรูพรุนหรือมีช่องอากาศภายในสามารถดูดกลืนเสียงได้ดี โดยเมื่อมีเสียงตกกระทบกับวัตถุ พลังงานส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไปโดยผิวของวัตถุหน่วยของการดูดกลืนเสียงมีหน่วยเป็นซาบินส์ (Sabins) มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างพื้นที่ผิวของวัตถุกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของวัตถุนั้น ซึ่งวัตถุดูดกลืนเสียงก็คือวัตถุที่มีความสามารถในการดูดกลืนคลื่นเสียง สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอธิบายถึงสมบัติเกี่ยวกับการดูดกลืนคลื่นเสียงของวัสดุสามารถอธิบายได้ด้วยสัมประสิทธิ์การดูดกลืน (Absorption coefficients) ของวัสดุนั้นโดยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงคืออัตราส่วนของพลังงานที่ถูกดูดกลืนต่อพลังงานที่ตกกระทบวัสดุนั้น อย่างไรก็ตามสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัสดุนั้นยังขึ้นกับความถี่เสียงและมุมที่คลื่นเสียงนั้นตกกระทบด้วย ซึ่งความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัสดุใดๆนั้นมิได้ขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุนั้นเพียงอย่างเดียวแต่ยังขึ้นกับวิธีในการติดตั้งวัสดุนั้นๆ ขนาดและรูปร่างของห้องที่จะนำวัสดุสำหรับดูดกลืนเสียงนั้นไปติดตั้งด้วย และนอกจากนี้ยังรวมถึงตำแหน่งที่ใช้ติดตั้งในห้องและพื้นที่รวมทั้งหมดที่ต้องการใช้

การลดระดับความดังเสียงโดยใช้หลักการเกี่ยวกับการส่งผ่านคลื่นเสียงของวัสดุนั้น อธิบายไว้ดังนี้คือ เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบกำแพง กำแพงจะเกิดการสั่นตัวขึ้น ซึ่งการสั่นตัวในลักษณะนี้เป็นสาเหตุให้อากาศที่อยู่ใกล้เคียงกำแพงทั้งสองด้านเกิดการสั่นตัวด้วย ส่งผลให้กำแพงนั้นประพฤติตัวเหมือนแหล่งกำเนิดเสียงใหม่ ซึ่งสนามเสียงใหม่ที่เกิดจากกำแพงนี้จะมีพลังงานน้อยกว่าพลังงานเสียงตอนแรกเนื่องจากพลังงานของเสียงที่ตกกระทบกำแพงส่วนหนึ่งถูกใช้สำหรับการทำให้กำแพงสั่นตัว ทำนองเดียวกับที่ได้อธิบายถึงการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมเสียงว่าสิ่งหนึ่งที่ต้องกระทำคือการหยุดคลื่นเสียง เพื่อไม่ให้มีการเคลื่อนที่จากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่ง ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยนำกำแพงมาขึ้นเพื่อแยกแหล่งกำเนิดเสียงออกจากบริเวณที่ต้องการความสงบ ทั้งนี้การส่งผ่านคลื่นเสียงสามารถอธิบายได้ด้วยค่าการสูญเสียขณะส่งผ่าน (Transmission Loss) ค่านี้ขึ้นกับสมบัติของกำแพงกันเสียงด้วย

2.8.3 ดัชนีระบุสมรรถนะในการลดระดับความดังเสียง

จากแนวคิดต่างๆ เกี่ยวกับการดูดกลืนและส่งผ่านคลื่นเสียงของวัสดุนั้น สามารถนำมาประยุกต์เพื่อควบคุมระดับความดังเสียงได้ดี โดยพบว่าถ้าหากต้องการลดระดับความรุนแรงของปัญหามลพิษทางเสียงในบริเวณใด สามารถทำได้โดยการนำวัสดุที่มีสมบัติในการดูดกลืนเสียงได้ดี หรือวัสดุที่มีคุณสมบัติในการส่งผ่านเสียงได้ไม่ดี ใดอย่างหนึ่ง หรือทั้ง 2 อย่างมาติดตั้งเพื่อทำเป็นวัสดุควบคุมเสียง โดยดัชนีที่ใช้สำหรับบ่งบอกถึงสมรรถนะในการลดระดับความดังเสียงของวัสดุมีด้วยกันหลายค่าดังนี้

2.8.3.1 สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง (Transmission Coefficient; τ)

การส่งผ่านเสียงนั้นสามารถที่จะบอกได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนของกำลังเสียงที่ส่งผ่านวัสดุนั้น ดังสมการ

$$\tau = W_t/W_i$$

2.8.3.2 ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (Transmission Loss; TL)

ในการควบคุมเสียงสิ่งหนึ่งที่ต้องกระทำ คือ การหยุดคลื่นเสียงเพื่อไม่ให้มีการเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังบริเวณอื่น ซึ่งสามารถทำได้โดยนำกำแพงมาขึ้นเพื่อแยกแหล่งกำเนิดเสียงออกจากบริเวณที่ต้องการความสงบ ทั้งนี้การลดระดับความดังเสียงเนื่องจากการส่งผ่านคลื่นเสียงสามารถอธิบายได้ด้วยค่าสูญเสียขณะส่งผ่าน (transmission loss) ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับสมบัติของกำแพงกันเสียงนั้นๆ ด้วย โดยค่า TL นั้นสามารถหาได้จากสมการ

$$TL = 10 \log (W_i/W_t)$$

2.8.3.3 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง (Absorption Coefficient; α)

การกล่าวถึงความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัตถุ สามารถอธิบายได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงซึ่งขึ้นอยู่กับพลังงานเสียงที่ตกกระทบกับพลังงานเสียงที่ดูดกลืนของวัตถุนั้น ทั้งนี้เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบผิวของวัตถุดูดกลืนเสียง จะมีพลังงานส่วนหนึ่งที่สะท้อนออกไปและอีกส่วนหนึ่งถูกดูดกลืนที่ผิวหน้าของวัตถุนั้น โดยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัตถุหมายถึง อัตราส่วนของพลังงานเสียงที่ถูกดูดกลืนต่อพลังงานเสียงที่ตกกระทบของวัตถุนั้นๆ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$\alpha = W_a/W_i$$

2.8.3.4 สัมประสิทธิ์การลดระดับความดังเสียง (Noise Reduction Coefficient; NRC)

การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัตถุต่างชนิดกัน สามารถระบุได้ด้วยค่า NRC ซึ่งค่า NRC คือค่าเฉลี่ยเลขคณิตของสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงที่ความถี่ 250, 500, 1000, และ 2000 Hz ดังสมการ

$$NRC = (\alpha_{250} + \alpha_{500} + \alpha_{1000} + \alpha_{2000})/4$$

2.8.3.5 การลดระดับความดังเสียง (Noise Reduction; NR)

การควบคุมปัญหามลพิษทางเสียง สิ่งหนึ่งซึ่งต้องดำเนินการคือการลดระดับความดังเสียงให้ลดลง ซึ่งได้ให้ความหมายของการลดระดับความดังเสียงของวัตถุกั้นเสียงดังนี้ คือ ความแตกต่างของระดับความดังเสียงก่อนผ่านวัตถุกั้นเสียงกับหลังผ่านวัตถุกั้นเสียง แสดงได้ดังสมการ

$$NR = SPL_1 - SPL_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- สิรินันท์ วิริยะสุนทร และคณะ [17] ศึกษาการเตรียมแผ่นกระดาษอัดดูดซับเสียง โดยใช้ขานอ้อยมาผสมกับพอลิสไตรีนโฟมขนาด 2-4 มิลลิเมตร และขนาด 4-6.48 มิลลิเมตร โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ พอลิไวนิลอะซิเตต และกาวเดกซ์ตริน เป็นสารยึดติด อัตราส่วนผสมของพอลิสไตรีนโฟม ขานอ้อย และสารยึดติด คือ 8:30:40 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบแผ่นกระดาษอัดที่เตรียมได้จากขานอ้อยผสมกับพอลิสไตรีนโฟมขนาด 4-6.48 มิลลิเมตร ดูดซับเสียงดีกว่าผ้าเสริมใยแก้ว แต่สมบัติเชิงกลของผ้าเสริมใยแก้วดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกาวทั้ง 3 ชนิด พบว่า ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีสมบัติเชิงกลและการดูดซับเสียง ดีที่สุด รองลงมาคือ พอลิไวนิลอะซิเตต และกาวเดกซ์ตริน ตามลำดับ โดยที่พอลิสไตรีนโฟม ที่มีขนาด 4-6.48 มิลลิเมตร จะดูดซับเสียงดีกว่า ขนาด 2-4 มิลลิเมตร แต่มีสมบัติเชิงกลต่ำกว่าขนาด 2-4 มิลลิเมตร

- ธนวรรณ อภิชาติโสภิต [18] ศึกษาการเตรียมแผ่นขึ้นไม้อัดที่ทำจากขานอ้อยและวัสดุเหลือทิ้งโฟมพอลิสไตรีน โดยใช้กาวสองชนิดเป็นตัวประสาน คือ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และ ฟีนอล ฟอรัลดีไฮด์ แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล (มอดุลัสแตกหัก และ มอดุลัสยืดหยุ่น) และสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สมบัติการดูดซับเสียง ผนวบนทางความร้อน การดูดซับ และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบกาวทั้ง 2 ชนิด พบว่า กาวฟีนอล ฟอรัลดีไฮด์ที่ใช้ทำแผ่นขึ้นไม้อัด จะมีความต้านทานการดูดซับน้ำ ต้านทานการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความแข็งแรงหักงอ และสมบัติการดูดซับเสียงดีกว่ากาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ แต่กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจะเป็นผนวบนทางความร้อนดีกว่าการใช้กาวฟีนอลฟอรัลดีไฮด์

- วรางคณา วงศ์โรจน์กุล อภิสรา เรืองกุล อรณลิน ศิริวรรณ [19] ศึกษาการเตรียมแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 300 กก./ม³ จากเส้นใยมะพร้าวผสมโฟมพอลิสไตรีน โดยใช้กาว 2 ชนิด ได้แก่ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และฟีนอลฟอรัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ซึ่งใช้ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 5 7 9 และ 15% ในปริมาณนี้เอวแกวแห้งเทียบกับน้ำหนักอบแห้งของเส้นใยมะพร้าวและโฟมพอลิสไตรีน โดยการเตรียมแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 300 กก./ม³ แล้วนำไปทดสอบ สมบัติการดูดซับน้ำ การพองตัว มอดุลัสยืดหยุ่น การโค้งงอสวมจุด และสมบัติการดูดซับเสียง จากการทดลองพบว่า แผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอรัลดีไฮด์ 15% ในอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวต่อโฟมพอลิสไตรีนเท่ากับ 80/20 จะมีค่าการดูดซับน้ำและการพองตัวต่ำที่สุด แต่จะให้ค่าการโค้งงอสวม

จุด และมอดูลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด ส่วนแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 15% ในอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวต่อโฟมพอลิสไตรีนเท่ากับ 80/20 จะให้ค่าการดูดซับเสียงสูงสุด

- ประวิทย์ อรุณวัฒน์โชค [20] ศึกษาการเตรียมแผ่นขึ้นไม้อัดชานอ้อยที่ปรับปรุงด้วยเส้นใยมะพร้าว ตัวแปรที่ทำการศึกษ ได้แก่ ขนาดเส้นใยมะพร้าว อัตราส่วนของชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ศึกษาชนิดและปริมาณของสารต้านทานการลามไฟ โดยทำการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดที่ความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. ด้วยเครื่องกดอัดร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวยูรีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติดที่ 10% และ 15% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด แล้วจึงนำแผ่นขึ้นไม้อัดไปทดสอบ สมบัติการดูดซึมน้ำ สมบัติการพองตัวทางความหนา สมบัติเชิงกล และสมบัติการดูดซับเสียง จากการทดลองพบว่า เส้นใยมะพร้าวขนาด 21-50 เมช เหมาะสมในการผลิตเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดดูดซับเสียง โดยแผ่นขึ้นไม้อัดดูดซับเสียงที่มีปริมาณเส้นใยมะพร้าวเพิ่มขึ้นและมีการผสมโฟมพอลิสไตรีน ให้ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการพองตัวทางความหนา ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นและค่าการดูดซับเสียงลดลง แต่มีค่ามอดูลัสแตกร้าสูงขึ้น ขณะที่การหน่วงการติดไฟของแผ่นขึ้นไม้อัดขึ้นอยู่กับชนิดของสารต้านทานการลามไฟและกาวยูรีนอลที่ใส่ ซึ่งภายใต้การทดลองนี้ H_2BO_3 มีประสิทธิภาพการหน่วงการติดไฟได้ดีกว่า $Mg(OH)_2$ โดยเฉพาะเมื่อใช้กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์กับกาวยูรีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่า กาวยูรีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ให้แผ่นขึ้นไม้อัดดูดซับเสียงที่มีสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการดูดซับเสียงดีกว่ากาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

- สุชภา เนตรประดิษฐ์ ธนธร ทองสัมฤทธิ์ นิต์คน์ ทิพย์โสตนัยนา [21] พัฒนาระดาศะไบสัปดาห์ให้เหมาะสมต่อการพิมพ์บรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ เยื่อกระดาษผลิตโดยต้มวัตถุดิบแบบระบบเปิดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ นาน 4 ชั่วโมง และพอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นาน 3.5 ชั่วโมง จากนั้นทำการปรับปรุงสมบัติกระดาษไบสัปดาห์โดยผสมเยื่อต้นปอสาในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแห้ง แล้วผสมสารเติมแต่ง สารเพิ่มความแข็งแรง และสารต้านการซึมน้ำร้อยละ 2, 1.2 และ 2 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ จากนั้นตรวจสอบสมบัติกระดาษ คุณภาพงานพิมพ์ สมบัติการบรรจุหีบห่อ และสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มผู้ผลิตสินค้า พบว่ากระดาษไบสัปดาห์มีสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และทัศนศาสตร์ดีขึ้นเมื่อผสมเยื่อปอสาในปริมาณมากขึ้น แต่ความเรียบและคุณภาพงานพิมพ์ด้อยลง อัตราส่วนของเยื่อไบสัปดาห์ต่อเยื่อปอสาที่เหมาะสม คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

70:30 ซึ่งทำให้กระดาษเรียบและมีคุณภาพงานพิมพ์ดี นอกจากนี้ ผู้ประกอบ การส่วน ใหญ่แสดงความพอใจอย่างมากต่อบรรจุภัณฑ์กระดาษใบสับประรดที่ผลิตขึ้น

- นันทยา เก่งเขตรกิจและจันทรวรรณ พุ่มชูศักดิ์ [22] ศึกษาการปรับปรุงสมบัติ เชิงกลของพอลิโพรพิลีนโดยใช้เส้นใยสับประรดเป็นตัวเสริมแรง ซึ่งทำการจัดเรียงเส้นใยเป็น แบบทิศทางเดียวและยาวต่อเนื่อง ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือผลของสัดส่วนของเส้นใย สับประรดที่ใช้ในการเสริมแรง โดยใช้ 2.5, 5, 7.5 และ 10% โดยน้ำหนัก และผลของการตัด แปรเส้นใยสับประรดด้วยวิธีเบนซอลเลชัน ที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลต่างๆของพอลิเมอร์คอม โพลิตนี้ เช่น สมบัติความทนแรงดึงสูงสุด สมบัติความทนแรงโค้งงอ และสมบัติความทน แรงกระแทก จากการทดลองพบว่า พอลิโพรพิลีนคอมโพลิตที่ได้มีสมบัติเชิงกลต่างๆ ดีขึ้น เมื่อสัดส่วนของเส้นใยสับประรดที่ใช้เพิ่มขึ้น และพอลิโพรพิลีน คอมโพลิตที่ใช้เส้นใยที่ผ่านการ ตัดแปลงด้วยวิธีเบนซอลเลชันจะมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าพอลิโพรพิลีนคอมโพลิตที่ใช้เส้นใยที่ ไม่ได้ผ่านการตัดแปร

- R.M.N. Arib , S.M. Sapuan , M.M.H.M. Ahmad , M.T. Paridah , H.M.D. Khairul Zaman. [23] ศึกษาสมบัติเชิงกลของวัสดุประกอบเสริมแรงเส้นใยใบสับประรด ผสมพอลิพรอพิลีน เส้นใยใบสับประรดซึ่งมีปริมาณเซลลูโลสอยู่เป็นจำนวนมากและ ราคาไม่แพง มีความสามารถที่จะนำมาทำเป็นวัสดุประกอบร่วมกับพอลิเมอร์เพื่อทำเป็น วัสดุประกอบเสริม แรงได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาอัตราส่วนโดยปริมาตรของเส้นใยที่มี ต่อพฤติกรรมในการดึงยึดและความยืดหยุ่นของวัสดุประกอบที่เตรียมได้ จากการ ทดลองจะพบว่า tensile strength และ tensile modulus ของวัสดุประกอบเสริมแรงที่ เตรียมได้จะมีค่ามากขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยในใบสับประรดในวัสดุประกอบมากขึ้นตาม กฎของการผสม นอกจากนี้ผลกึ่งจลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดยังช่วยให้เข้าใจ ถึงการยึดเกาะระหว่างพอลิเมอร์และเส้นใยและลักษณะการแตกหักของเส้นใยในวัสดุ ประกอบ

- Narendra Reddy และ Yiqi Yang. [24] ศึกษาเส้นใยธรรมชาติที่เป็นผลผลิต พลอยได้จากการเกษตรสำหรับการใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม ผลผลิตพลอยได้จาก การเกษตรจำพวกฝักถั่วและเซลลูโลสเป็นแหล่งของเส้นใยที่มีจำนวนมากและราคาถูก เส้นใยธรรมชาติที่ได้จากการเกษตรมีส่วนประกอบ สมบัติ และโครงสร้างที่เหมาะสม สำหรับการนำมาใช้ทำวัสดุประกอบ เส้นใย เยื่อไม้และอุตสาหกรรมกระดาษ นอกจากนี้ เส้นใยธรรมชาติยังสามารถที่จะใช้ผลิตเชื้อเพลิง สารเคมี เอนไซม์ และอาหาร โดยแหล่ง เส้นใยธรรมชาติหลักนั้นได้มาจากการเพาะปลูกของ ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าว ข้าวฟ่าง สับประรด กัญชง และมะพร้าว ในงานนี้ได้มีการจำแนกถึงกระบวนการผลิต โครงสร้าง สมบัติ และความเหมาะสมของเส้นใยเหล่านี้ ในการใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ (Raw Materials)

1. ใบสับปะรด จากไร่หุบบอน ศรีราชา ชลบุรี

| ขนาด | ใบสับปะรด |
|--------------------------|-----------|
| ค่าเฉลี่ยความหนา (mm) | 1.36 |
| ค่าเฉลี่ยความยาว (mm) | 580.00 |
| สัดส่วนความเพียว | 426.47 |

2. เส้นใยจากใบสับปะรด (Pineapple leaf fiber; PALF) เตรียมโดยตัดบดด้วยเครื่อง และแบ่งเป็น 2 ขนาด

- เส้นใยสับปะรดแบบหยาบ

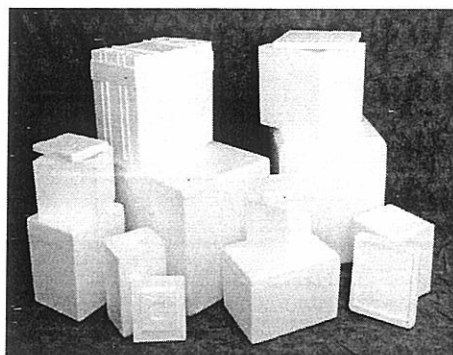
- เส้นใยสับปะรดแบบละเอียด

| ขนาด | PALF แบบหยาบ | PALF แบบ ละเอียด |
|--------------------------|-----------------|---------------------|
| ค่าเฉลี่ยความหนา (mm) | 0.33 | 0.16 |
| ค่าเฉลี่ยความยาว (mm) | 7.2 | 4.5 |
| สัดส่วนความเพียว | 21.82 | 28.125 |

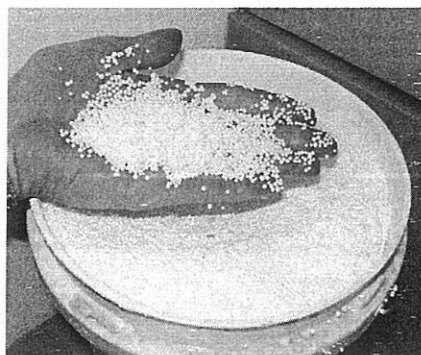
3. โฟมพอลิสไตรีน (Expanded Polystyrene Foam ; EPS) EPS mixed size ซึ่งมีขนาดต่างๆ ดังนี้

- เส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร 25%
- เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2-3 มิลลิเมตร 35%
- เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3-6 มิลลิเมตร 39%
- เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.1 โฟมพอลิสไตรีน: (ก) โฟมพอลิสไตรีนที่ยังไม่บดย่อย (ข) โฟมพอลิสไตรีนที่บดย่อยแล้ว

4. กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol-formaldehyde resin ; PF)

| ลักษณะ | ของเหลวสีแดง |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| % ปริมาณของแข็ง (105 °C x3hrs.) | 45.23 |
| ความถ่วงจำเพาะ(25 °C) | 1.024 |
| pH | 13.81 |
| ความหนืด (25 °C ; Brookfield , cps) | 97 |
| ผลิตโดย | TOA-DOVECHEM INDUSTRIES CO.,LTD. |

3.2 ชุดเครื่องมือในการผลิตแผ่นใยไม้อัด

1. เครื่องบด (Grinding machine) : Hammer mill type
2. ตะแกรงร่อน (Sieve machine) : Vibration type of RETSCH
3. เครื่องผสมวัสดุ (Paddle-type blender) : Heavy duty drill press,model SE-330 of REXON
4. เครื่องอัดร้อน (Compression machine) : Pressure 1200 psi (pressure unadjustable)
5. ถังผสม (Blending container)
6. เครื่องฟอร์มแผ่นไม้ (Forming frame) [30cm x30cm x0.9cm]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบชิ้นงาน

1. ตู้อบ (Oven)
2. เครื่องชั่ง (Balance)
3. เครื่องเลื่อยมือ
4. ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)
5. เวอร์เนีย (Vernier)
6. เครื่องวัดระดับความดันเสียง (NL-04/NI-14) (Sound level meter)
7. กล่องเก็บเสียงขนาด (1m x 1m x 2m) (Sound testing box)
8. เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal testing machine) : LR 5K of LLOYD INSTRUMENTS

3.4 กรรมวิธีการผลิตแผ่นใยไม้อัดดูดซับเสียง

กรรมวิธีในการผลิตแผ่นใยไม้อัดสามารถสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆได้ในแผนภูมิรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการผลิตแผ่นใยไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

3.4.1.1 เส้นใยจากใบสับประรด (Pineapple leaf fiber)

การเตรียมแบบแห้ง

- นำใบสับประรดสด มาหั่นให้มีขนาดประมาณ 1×1 นิ้ว
- นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- นำมาบดด้วยเครื่องบด แล้วทำการแยกขนาดเส้นใยที่ได้ด้วยตะแกรงขนาด 20 50 และ 80 mesh ตามลำดับ จะได้เส้นใยที่มีลักษณะ หยาบ และละเอียด ดังรูปที่ 3.3

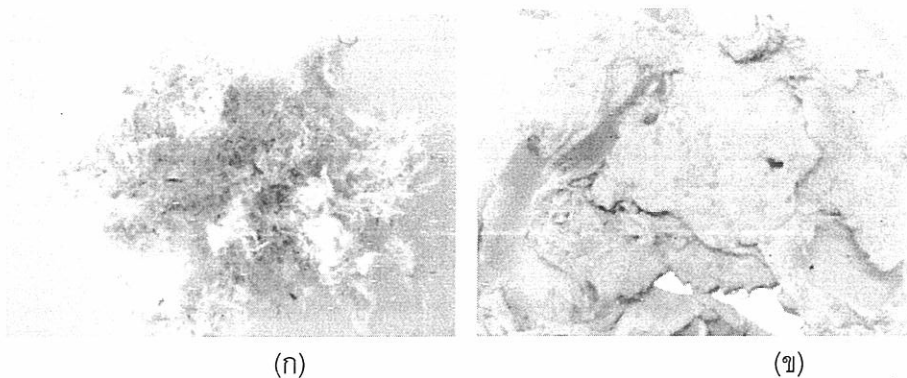


รูปที่ 3.3 เส้นใยสับประรดจากการเตรียมแบบแห้ง รูปซ้ายแบบหยาบและรูปขวาแบบละเอียด

การเตรียมเส้นใยโดยการย่อยด้วยเบส

- นำใบสับประรดที่หั่นแล้วมาใส่ลงในขวดพลาสติกพอลิพรอพิลีนทนความร้อน แล้วเติมสารละลาย NaOH เข้มข้น 8% โดยน้ำหนัก จนท่วมใบสับประรด
- นำไปวางในเครื่อง Autoclave อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็น
- นำมาล้างเบสออกด้วยน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้ง จนน้ำล้างเป็นกลางแล้วนำไปอบจนแห้ง
- นำเส้นใยแห้งมาบดด้วยเครื่องบด จะได้เส้นใยที่มีลักษณะเหมือนปุยฝ้าย ดังรูปที่ 3.4 (ก)
- หรือถ้านำเส้นใยที่ล้างเบสแล้วมาทำการปั่นจนแล้วเทลงถาด แล้วจึงนำไปทำการอบแห้ง จะได้เส้นใยที่มีลักษณะเป็นแผ่นเหมือนกระดาษ ดังรูปที่ 3.4 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 เส้นใยสับปะรดจากการย่อยด้วยเบส (ก) เส้นใยแห้งบด (ข) เส้นใยที่ล้างเบสแล้วอบ

นอกจากนี้ยังมีการเตรียมเส้นใยด้วยวิธีการย่อยด้วยเบสโดยการใช้ใบสับปะรดที่อบแห้งแล้วด้วย ซึ่งจะให้ผลในลักษณะเดียวกันกับการใช้ใบสด

จากลักษณะเส้นใยที่เตรียมได้พบว่าเส้นใยหยาบที่ได้จากการเตรียมแบบแห้ง มีลักษณะคล้ายกับเส้นใยหรือเศษไม้ที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดมากที่สุด จึงได้เลือกเส้นใยชนิดนี้มาใช้ในการทดลอง

3.4.1.2 โฟมพอลิสไตรีน (Expanded Polystyrene Foam ; EPS)

นำพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้แล้วมาทำการบดย่อยให้มีขนาดเล็กลงด้วยเครื่องบด จากนั้นจึงนำพอลิสไตรีนโฟมที่บดแล้วไปทิ้งตามน้ำหนักที่ต้องการเพื่อทำการผสมกาวในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.4 เครื่อง Grinding Mill

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 สภาวะที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัด

การผลิตแผ่นใยไม้อัดประกอบด้วยขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานต่างๆ ดังนี้

สภาวะต่างๆที่กำหนดในการผลิต

| | |
|-----------------------|---------------------------------|
| ความหนาแน่น | 0.3 ก./ลบ.ซม. |
| ความหนาของแผ่น | 0.9 ซม. |
| ขนาดของแผ่น | 30×30 ซม. ² |
| อุณหภูมิในการอัด | 100 °C |
| ระยะเวลาในการอัด | 10 นาที |
| กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ | 15% โดยน้ำหนักของ ผสมทั้งหมด |

หมายเหตุ เทียบเป็นน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักแห้งของเส้นใย
ทำซ้ำแต่เปลี่ยนความหนาแน่นเป็น 0.6 ก./ลบ.ซม.

3.4.3 การผสมกาว

นำอัตราส่วนต่างๆ ของเส้นใยสับปะรดและโฟมพอลิสไตรีนที่คำนวณได้ มาผสมให้เข้ากันในถังผสมแล้วค่อยๆ เทกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) ที่ 15% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด

ทีละน้อยพร้อมกับปั่นกวนสารไปด้วยเพื่อให้กาวกระจายตัวไปบนเส้นใยสับปะรดและโฟมพอลิสไตรีนได้อย่างสม่ำเสมอ ทำการปั่นกวนอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะเทกาวหมดจึงจะหยุดเครื่องผสม แล้วนำไปทำการเตรียมอัดแผ่นในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.5 เครื่องผสม

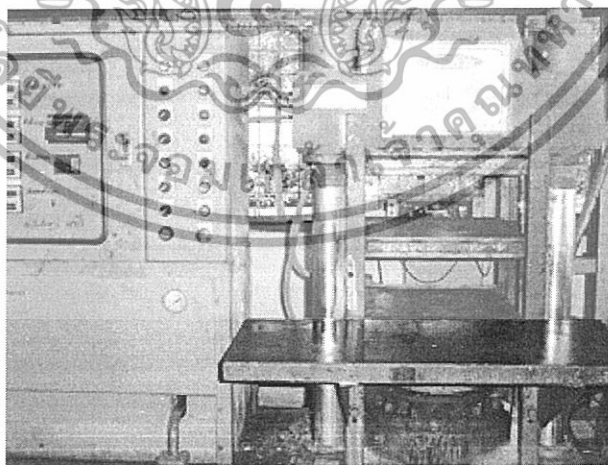
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การเตรียมอัดแผ่น

การเตรียมอัดแผ่นเป็นกรรมวิธีการโรยวัสดุบดดังกล่าวข้างต้นที่ผสมกับสารยึดติด (กาว) แล้วมาโรยใส่ในบล็อก โดยนำแผ่นเหล็กขนาดตามที่จะทำการขึ้นรูปของแผ่นใยไม้อัดวางที่ด้านล่าง สุดแล้ววางแผ่นพลาสติกรองไว้เพื่อที่จะป้องกันกาวที่ผสมกับวัสดุบดมาติดที่แผ่นเหล็กด้านล่าง ตามด้วยเหล็กบล็อกขนาด 30cm x 30cm x 0.9cm ต่อมาทำการโรยวัสดุบด การโรยวัสดุบดนั้นควรโรยปริมาณที่ละน้อยๆ และกระจายกันทั่วบล็อก ทำการโรยวัสดุบดจนหมดแล้ววางแผ่น พลาสติกอีก 1 แผ่นปิดบนวัสดุบดอีกชั้น และวางแผ่นเหล็กตามอีกชั้นเป็นชั้นบนสุดแล้วทำการอัดแผ่นเหล็กลงมาเพื่อให้วัสดุบดทั้งหมดอัดตัวกันที่ระดับหนึ่งและเป็นการไล่อากาศออกไปจากชั้นงานด้วย แล้วจึงนำไปอัดร้อนในขั้นตอนต่อไป

3.4.5 การอัดร้อน

กระบวนการอัดร้อนนี้เป็นกระบวนการที่สำคัญมากในกระบวนการผลิต จะเป็นการอัดร้อนแบบแทนอัดร้อนในแนวราบ โดยที่เครื่องอัดร้อนนี้จะมีชุดเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ใช้เป็นเครื่องอัดเพื่อทำการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัด เพื่อให้ได้ขนาดความหนาของแผ่นตามต้องการและในการอัดความร้อนนี้จะทำการควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอัดร้อน โดยที่การอัดร้อนนี้จะใช้อุณหภูมิในการอัดร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงเอาออกจากเครื่องอัดร้อน นำแผ่นใยไม้อัดที่ได้ออกจากบล็อกเพื่อนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ



รูปที่ 3.6 เครื่องอัดขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 การพักชิ้นไม้และการตกแต่ง

โดยแผ่นไม้ที่นำออกจากเครื่องอัดร้อนควรนำมาพักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 7 วันก่อนจึงค่อยนำไปทำการทดสอบและแผ่นไม้ที่ได้อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอของขอบและที่ขอบอาจจะมีการผสมกันไม้ที่ระหว่างกาวและวัตถุเติม จึงควรทำการตัดทิ้งและตกแต่งเพื่อให้ดูสวยงาม จากนั้นจึงนำไปทดสอบ สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการดูดซับเสียง

3.4.7 การเตรียมชิ้นทดสอบในการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

นำแผ่นไม้ที่นำออกจากเส้นใยสับประดผสมไฟมพอลิไทรินที่ผลิตได้รวมทั้งหมด 20 แผ่น แต่ละแผ่นมีขนาด 300×300×9 มิลลิเมตร ไปตัดเป็นชิ้นทดสอบ โดยตัดชิ้นทดสอบด้วยเครื่องเลื่อย

วงเดือนชนิดความเร็วรอบสูง ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้แต่ละคุณสมบัติ

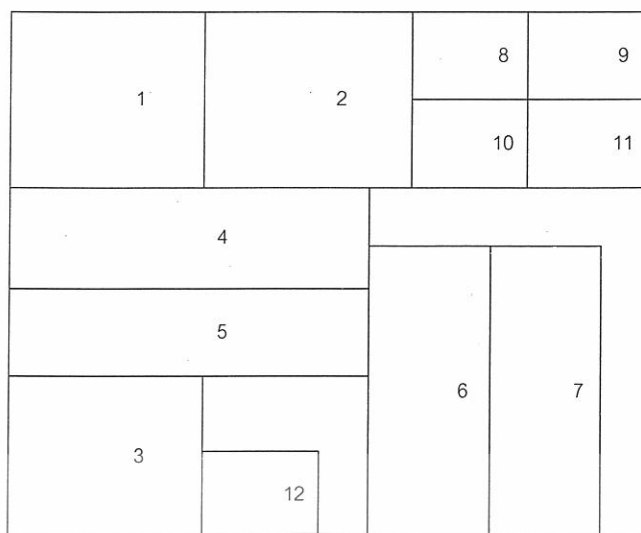
3.4.7.1 ชิ้นทดสอบหมายเลข 1 2 3 สำหรับทดสอบความหนาแน่น ขนาดแผ่นทดสอบ 90×90 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น

3.4.7.2 ชิ้นทดสอบหมายเลข 4 5 6 7 สำหรับทดสอบค่าการโค้งงอสามจุด และมอดุลัสยืดหยุ่น จำนวน 4 ชิ้น ขนาดแผ่นทดสอบ 50×150 มิลลิเมตร

3.4.7.3 ชิ้นทดสอบหมายเลข 8 9 10 11 12 สำหรับทดสอบการดูดซับน้ำ และการพองตัวจำนวน 5 ชิ้น ขนาดแผ่นทดสอบ 50×50 มิลลิเมตร

3.4.7.4 ชิ้นทดสอบชิ้นใหญ่รอบนอกสำหรับทดสอบการดูดซับเสียง จำนวน 1 ชิ้น ขนาดแผ่นทดสอบ 300×300×9 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 การตัดชิ้นทดสอบเพื่อใช้ทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

ตารางที่ 3.2 การตัดชิ้นทดสอบ

| ลำดับ | รายชื่อชิ้นทดสอบ | ขนาด (mm.) | หมายเลขประจำชิ้น |
|-------|--|------------|------------------|
| 1 | ทดสอบหาความหนาแน่น | 90×90 | 1,2,3 |
| 2 | ทดสอบหาค่าการโค้งอตามจุดและมอดุลลียืดหยุ่น | 50×150 | 4,5,6,7 |
| 3 | การดูดซับน้ำ | 50×50 | 8,9,10,11,12 |
| 4 | การพองตัว | 50×50 | 8,9,10,11,12 |
| 5 | การดูดซับเสียง | 300×300 | - |

*** การปรับสภาวะชิ้นทดสอบ โดยการนำชิ้นทดสอบทั้งหมดที่เตรียมไว้ ปล่อยให้อยู่ในสภาวะบรรยากาศก่อนการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ผลการทดสอบใกล้เคียงกับสภาวะบรรยากาศในการใช้งานภายในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การทดสอบสมบัติของชิ้นงาน

3.5.1 วิธีการทดสอบสมบัติทางกายภาพ (Physical properties tester)

3.5.1.1 ความหนาแน่นของชิ้นงาน (Density) (JIS A 5908-1994)

เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งละเอียดถึง 0.1 กรัม
2. ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร
3. เวอร์เนีย

วิธีการทดสอบ

ทดสอบความหนาแน่น โดยตัดแผ่นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 ดังรูปที่ 3.8 วัดความหนาแน่นโดยนำชิ้นทดสอบไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิทัล วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนานกับขอบแล้วหาค่าเฉลี่ย วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง

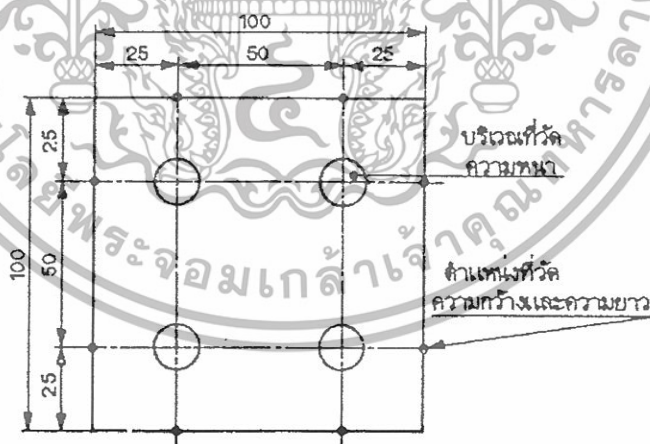
หาค่าเฉลี่ยโดยใช้ไมโครมิเตอร์เป็นตัววัดซึ่งมีส่วนของเป็นวัดเรียบและขนานกัน

วิธีคำนวณหาค่าความหนาแน่น

$$\text{ความหนาแน่น (g/cm}^3\text{)} = \frac{m_1}{V}$$

$$\text{เมื่อ } m_1 = \text{มวล (g)}$$

$$V = \text{ปริมาตร (cm}^3\text{)}$$



รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.2 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) (JIS A 5908-1994)

เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งละเอียดถึง 0.1 กรัม

วิธีการทดสอบ

ทดสอบหาการดูดซึมน้ำ ตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 โดยนำชิ้นทดสอบไปชั่งก่อนการแช่น้ำ แล้วจึงนำไปแช่น้ำในภาชนะที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยวางชิ้นทดสอบในระนาบเดียวกับระดับผิวน้ำและขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องวางห่างกันและต้องห่างผนังของภาชนะพอสมควร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้วจึงนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำและนำไปชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอนอีกครั้ง

วิธีคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ

$$\% \text{ การดูดซึมน้ำ} = [(W_2 - W_1) / W_1] \times 100$$

$$\text{เมื่อ } W_1 = \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (g)}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ (g)}$$

3.5.1.3 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling) (JIS A 5908-1994)

เครื่องมือ

1. ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

วิธีการทดสอบ

ทดสอบหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 วัดความหนาของชิ้นทดสอบทั้ง 4 มุมแล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำด้วยไมโครมิเตอร์แล้วจึงนำไปแช่น้ำในภาชนะที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยวางชิ้นทดสอบในระนาบเดียวกับระดับผิวน้ำและขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องวางห่างกันและต้องห่างผนังของภาชนะพอสมควร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้วจึงนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำและนำไปวัดความหนาตามตำแหน่งเดิมหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

วิธีคำนวณหาค่าการพองตัว

$$\% \text{ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ} = [(t_2 - t_1) / t_1] \times 100$$

$$\text{เมื่อ } t_1 = \text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (mm)}$$

$$t_2 = \text{ความหนาหลังแช่น้ำ (mm)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 วิธีการทดสอบสมบัติเชิงกล (Mechanical properties tester)

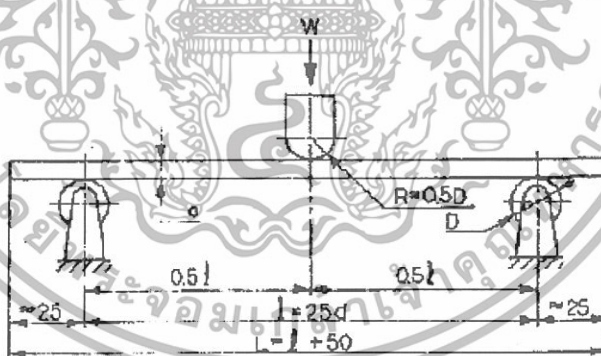
3.5.2.1 การหาค่ามอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Rupture, MOR and Modulus of Elastic, MOE) (JIS A 5908-1994)

เครื่องมือ

1. เครื่องกดซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตัน หรือ ร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ขึ้นทดสอบรับได้ให้วัดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นครึ่งวงกลม มีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ
2. แท่นรองรับต้องมีหน้าตัดเป็นรูปวงกลมหรือครึ่งวงกลม มีรัศมี 10 ถึง 13 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ
3. มาตรการวัดการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

วิธีการทดสอบ

ทดสอบหามอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่นดังรูปที่ 3.9 ตัดแผ่นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับ ซึ่งมีระยะห่าง 15 เท่าของความหนาของชิ้นทดสอบ ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากแท่นรองรับ ประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่าๆ กัน ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยให้กดแรงลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยอัตราแรงกดอย่างสม่ำเสมอ ประมาณ 10 mm/min แรงที่ใช้กดสูงสุด = P



รูปที่ 3.9 การทดสอบหามอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณหาค่ามอดุลัสแตกร้าว

$$\text{MOR (N/mm}^2\text{)} = 3PL/2bt^2$$

เมื่อ MOR = มอดุลัสแตกร้าว เป็นเมกะพาสคัล

P = แรงกดสูงสุดที่ขึ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

L = ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b = ความกว้างของขึ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

t = ความหนาเฉลี่ยของขึ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

วิธีคำนวณหาค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

$$\text{MOE} = L^3 \Delta w / 4bt^3 \Delta S$$

เมื่อ MOE = มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

L = ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

Δw = แรงกดที่กระทำเพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นนิวตัน

ΔS = ระยะแอนตัวของขึ้นไม้ที่เพิ่มขึ้นในช่วงเส้นกราฟเป็นเส้นตรง เป็นมิลลิเมตร

b = ความกว้างของขึ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

t = ความหนาเฉลี่ยของขึ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

3.5.3 วิธีการทดสอบสมบัติการกันเสียง (Sound barrier properties test)

เครื่องมือ

1. เครื่องมือวัดระดับความดันเสียง
2. เครื่องกำเนิดเสียงที่สามารถปรับความถี่ได้
3. กล่องเก็บเสียงขนาด $1 \times 1 \times 2 \text{ m}^3$

วิธีการทดสอบ

1. วางเครื่องกำเนิดเสียงภายในกล่องเก็บเสียงที่มีช่องเปิดเพียงทางเดียวให้เสียงผ่านออกมาได้
2. วางเครื่องวัดระดับความดันเสียงห่างจากช่องเปิดให้เสียงผ่านเป็นระยะ 10 เซนติเมตร
3. ทำการวัดระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 Hz โดยไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง จากนั้นทำการจัดบันทึกผล
4. นำแผ่นขึ้นไม้อัดวางกั้นทางเดินเสียงที่ช่องเปิดของกล่องเก็บเสียง

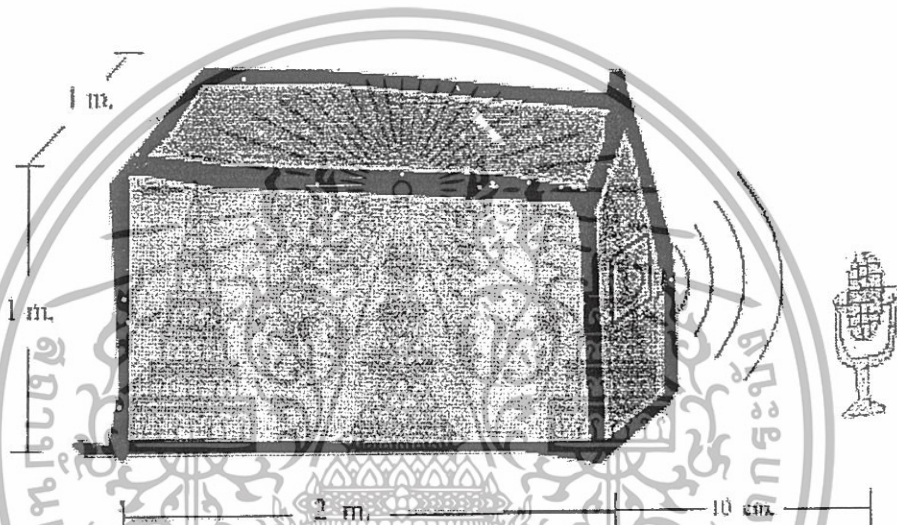
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการอ่านค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดระดับความดันเสียงที่ระยะ 10 เซนติเมตร จุดบันทึกผล
6. ทำซ้ำจากข้อ 2-5 แต่เปลี่ยนความถี่ของเครื่องกำเนิดเสียงเป็น 250 500 1000 2000 และ 4000 Hz ตามลำดับ
7. นำผลที่วัดได้มาคำนวณหาค่าการกั้นเสียงจากสมการ

$$\% \text{ Sound Absorption} = (a_1 - a_0) / a_0 \times 100$$

โดย a_0 คือค่าความดังเสียงที่วัดได้ก่อนปิดด้วยแผ่นใยไม้อัด

a_1 คือค่าความดังเสียงที่วัดได้หลังปิดด้วยแผ่นใยไม้อัด



รูปที่ 3.10 แสดงการจัดวางเครื่องกำเนิดเสียง เครื่องวัดระดับความดันเสียงและแผ่นใยไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลของอัตราส่วนปริมาณเส้นใยสับประรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน และผลของความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัด ต่อสมบัติทางกายภาพของแผ่นใยไม้อัด

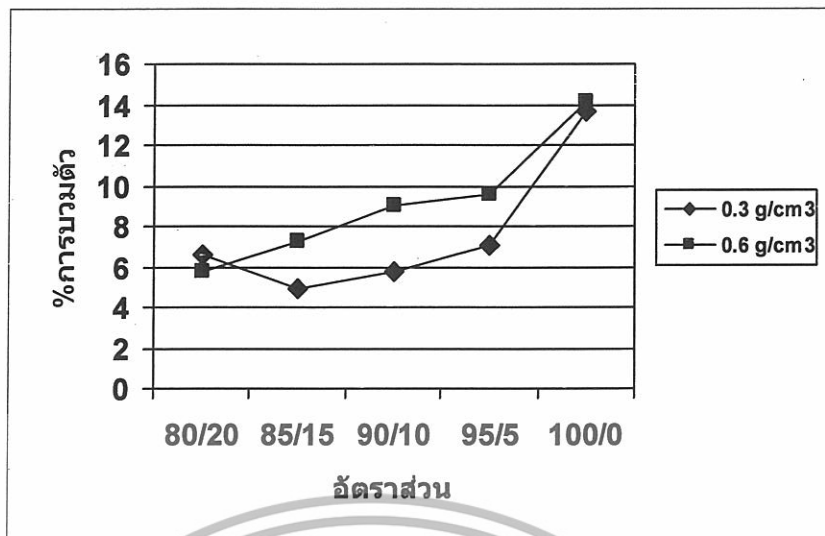
เตรียมแผ่นใยไม้อัด ความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ จากเส้นใยสับประรดชนิดหยาบที่ผ่านการคัดขนาดประมาณ 20 เมช กับโฟมพอลิสไตรีน ในอัตราส่วน 80/20 85/15 90/10 95/5 และเส้นใย 100/0 โดยใช้ปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15% เมื่อนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้ผลการทดสอบดังตาราง

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการบวมตัวและการดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้อัด หลังจากทำการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

| อัตราส่วน | การบวมตัว (%) | | การดูดซึมน้ำ (%) | |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 0.3 g/cm ³ | 0.6 g/cm ³ | 0.3 g/cm ³ | 0.6 g/cm ³ |
| 80/20 | 8.05±3.42 | 5.73±0.56 | 94.35±2.01 | 49.13±2.65 |
| 85/15 | 4.9±1.24 | 7.25±0.45 | 91.83±4.79 | 59.77±3.50 |
| 90/10 | 5.79±1.23 | 9.02±0.68 | 99.74±7.61 | 60.38±1.54 |
| 95/5 | 7.11±1.59 | 9.55±0.62 | 117.74±6.70 | 60.19±4.93 |
| 100/0 | 13.64±1.3 | 14.17±1.12 | 167.61±7.37 | 77.52±5.52 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 การบวมตัว



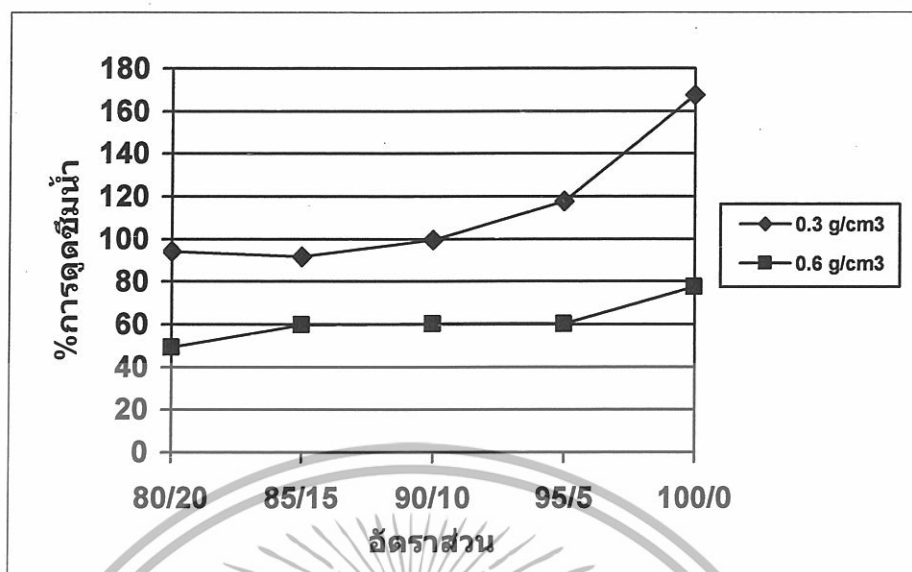
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมตัว กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยสับปะรดต่อปริมาณ โฟมพอลิยูรีเทนของแผ่นขึ้นใยอัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ โดยใช้กาฟีนอลฟอร์มาดีไฮด์ 15% เป็นสารยึดติด

จากรูปที่ 4.1 พิจารณาที่ความหนาแน่นเดียวกัน พบว่าเมื่ออัตราส่วนปริมาณของเส้นใยสับปะรดต่อโฟมพอลิยูรีเทนเพิ่มขึ้น ค่าการบวมตัวก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันทั้งสองความหนาแน่น ทั้งนี้เนื่องมาจากในเส้นใยของสับปะรดจะมีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลัก โดยเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่ที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่งผลให้เส้นใยของสับปะรดดูดซับน้ำได้ดี ส่วนโฟมพอลิยูรีเทนนั้นมีการดูดซึมน้ำต่ำอยู่แล้วเนื่องจากโครงสร้างหลักเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้ยังเป็นโฟมแบบเซลล์ปิด ดังนั้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนปริมาณเส้นใยสับปะรด หรือลดอัตราส่วนปริมาณโฟมพอลิยูรีเทน ก็จะส่งผลให้ค่าการบวมตัวเมื่อแช่น้ำสูงขึ้นได้

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าการบวมตัวของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ พบว่าแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.6 g/cm³ มีค่าการบวมตัวที่สูงกว่า ความหนาแน่น 0.3 g/cm³ เนื่องจากเมื่อความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดเพิ่มขึ้น โดยที่คงปริมาตรของแผ่นใยไม้อัดไว้เท่าเดิม น้ำหนักหรือเส้นใยที่ใช้จึงต้องเพิ่มขึ้น ทำให้ดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น การบวมตัวจึงมากขึ้นและมากกว่า แผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 g/cm³ นอกจากนี้ %ค่าการบวมตัวคำนวณจากการเทียบความหนาแน่นของชิ้นงานก่อนและหลังการแช่น้ำ แสดงให้เห็นว่าการบวมตัวของแผ่นใยไม้อัดขึ้นกับปริมาณเส้นใยมากกว่าความเป็นรูพรุนของแผ่นขึ้นใยไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การดูดซึมน้ำ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ (%) กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใย สับปะรดต่อปริมาณโพลีเอทิลีนของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ โดยใช้ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15%

จากรูปที่ 4.2 เมื่อพิจารณาที่ความหนาแน่นเดียวกันพบว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนปริมาณของเส้นใยใบสับปะรดต่อปริมาณโพลีเอทิลีนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกันทั้งสองความหนาแน่น และสามารถอธิบายได้ในลักษณะเดียวกับการเกิดการบวมตัวคือ ในเส้นใยใบสับปะรดมีเซลลูโลสซึ่งสามารถใช้หมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างมาทำปฏิกิริยากับน้ำได้ ทำให้เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นการดูดซึมน้ำก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบทั้งสองความหนาแน่นพบว่า ความหนาแน่น 0.3 g/cm³ มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าที่ความหนาแน่น 0.6 g/cm³ เนื่องจากแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่นสูงกว่ามีการอัดตัวของเนื้อสารที่แน่นกว่า จำนวนรูพรุนภายในแผ่นน้อยกว่า ทำให้น้ำแทรกตัวเข้าไปได้ยากกว่าจึงมีการดูดซึมน้ำที่น้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าการดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้ขึ้นกับความเป็นรูพรุนมากกว่าปริมาณของเส้นใยในแผ่นใยไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของอัตราส่วนปริมาณเส้นใยสับปะรดต่อปริมาณโพลิเอทิลีน และผลของความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัด ต่อสมบัติเชิงกลของแผ่นใยไม้อัด

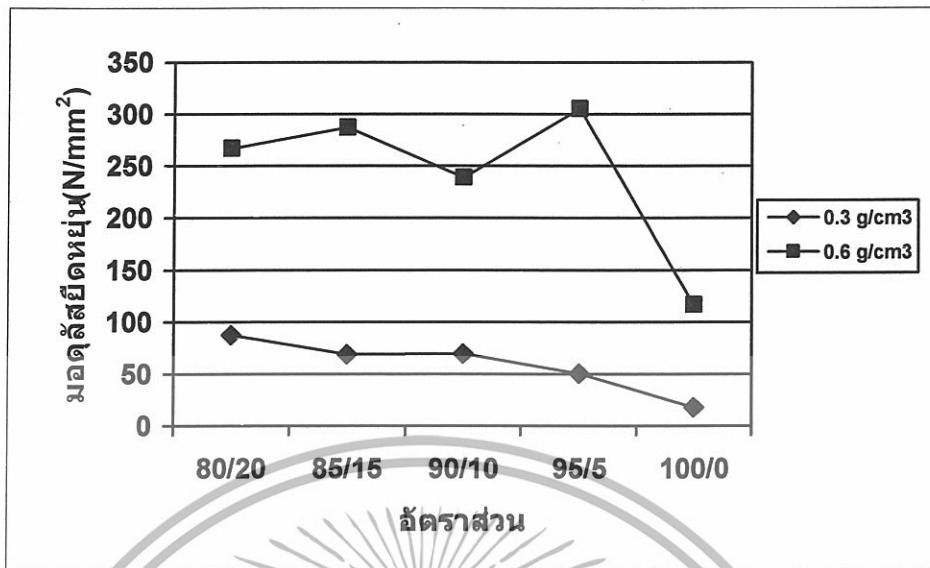
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³

| อัตราส่วน | มอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm ²) | | มอดุลัสแตกร้าว (N/mm ²) | |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| | 0.3 g/cm ³ | 0.6 g/cm ³ | 0.3 g/cm ³ | 0.6 g/cm ³ |
| 80/20 | 87.42±11.92 | 266.75±21.34 | 1.27±0.09 | 3.67±0.22 |
| 85/15 | 69.09±12.27 | 287.19±19.07 | 1.03±0.23 | 3.94±0.39 |
| 90/10 | 69.41±3.59 | 239.23±11.08 | 0.99±0.16 | 2.90±0.1 |
| 95/5 | 50.7±4.46 | 305.32±18.68 | 0.71±0.06 | 4.15±0.28 |
| 100/0 | 17.96±19.13 | 116.62±21.89 | 0.53±0.13 | 1.37±0.18 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 มอดุลัสยืดหยุ่น



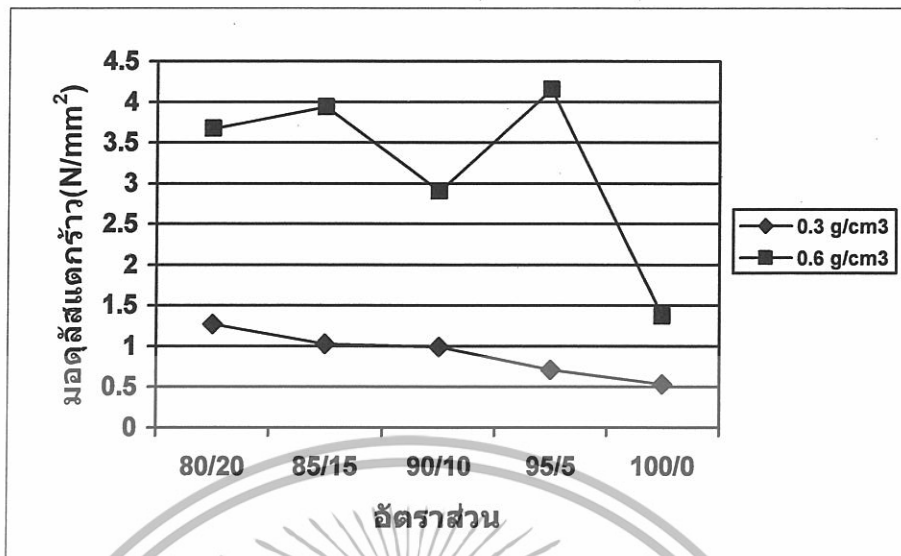
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (N/mm^2) กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยสับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm^3 โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15%

จากรูปที่ 4.3 เมื่อพิจารณาที่ความหนาแน่นเดียวกัน แต่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่างกัน จะพบว่าเมื่ออัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมเพิ่มขึ้นหรือปริมาณโฟมลดลง ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นจะลดลง เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนที่ผสมลงไป เมื่อบั่นจนจะเกิดการเสียดสีกันเกิดไฟฟ้าสถิตถึงผสม และเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยทำให้เส้นใยไม่เกาะติดกันเป็นกลุ่ม และสามารถช่วยในการกระจายตัวของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ได้อีกด้วย เป็นการกระจายความยืดหยุ่นให้แก่โครงสร้าง ซึ่งจะช่วยให้สามารถรับแรงกดอัด และกระจายแรงได้ดีขึ้น ดังนั้นอัตราส่วน 80/20 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนสูงที่สุด จึงมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด ส่วนอัตราส่วน 95/5 ซึ่งมีปริมาณโฟมพอลิสไตรีนต่ำที่สุด จึงมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุดด้วย

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจากความหนาแน่นที่ต่างกันจะพบว่า ความหนาแน่นที่สูงกว่า คือ 0.6 g/cm^3 จะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่สูงกว่าความหนาแน่น 0.3 g/cm^3 ด้วยเนื่องจากเมื่อความหนาแน่นสูง เส้นใยใบสับปะรดและโฟมพอลิสไตรีนจะอยู่ใกล้ชิดกันมากกว่า ประสิทธิภาพของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์จะมีมากขึ้นทำให้ชิ้นงานสามารถรับแรงได้มาก คือมีความแข็งแรงกว่าชิ้นงานที่มีความหนาแน่นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การโค้งงอสามจุดหรือมอดุลัสแตกร้าว



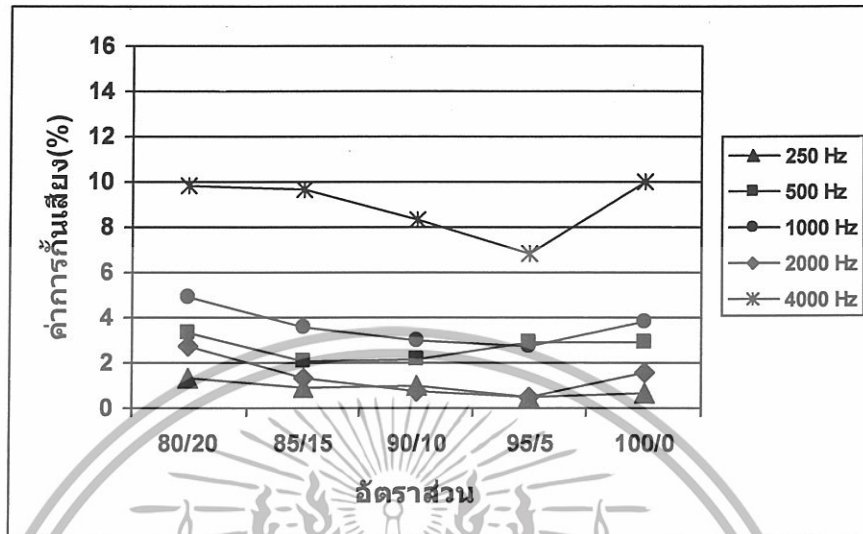
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสแตกร้าว (N/mm^2) กับอัตราส่วนของปริมาณเส้นใยสับปรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm^3 โดยใช้กาวยาโฟมพอร์มีนดีไฮด์ 15%

จากรูปที่ 4.4 เมื่อพิจารณาที่ความหนาแน่นเดียวกัน แต่อัตราส่วนปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่ต่างกัน จะพบว่าเมื่ออัตราส่วนของปริมาณเส้นใยต่อปริมาณโฟมเพิ่มขึ้นหรือปริมาณโฟมลดลง ค่ามอดุลัสแตกร้าวจะลดลง เนื่องจากปริมาณโฟมพอลิสไตรีนที่มากขึ้นจะสามารถทำให้เส้นใยกระจายตัวได้ดี เนื่องจากโฟมจะเข้าไปแทรกระหว่างเส้นใยเป็นการเพิ่มความยืดหยุ่นให้แก่โครงสร้างทำให้เกิดการแตกหักเสียสภาพยากขึ้น นอกจากนี้ที่อุณหภูมิขึ้นรูปโฟมบางส่วนอาจเกิดการหลอมได้ จึงกลายเป็นตัวเชื่อมให้เส้นใยยึดติดกันได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย ดังนั้นค่ามอดุลัสแตกร้าวจึงมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณโฟมลดลง

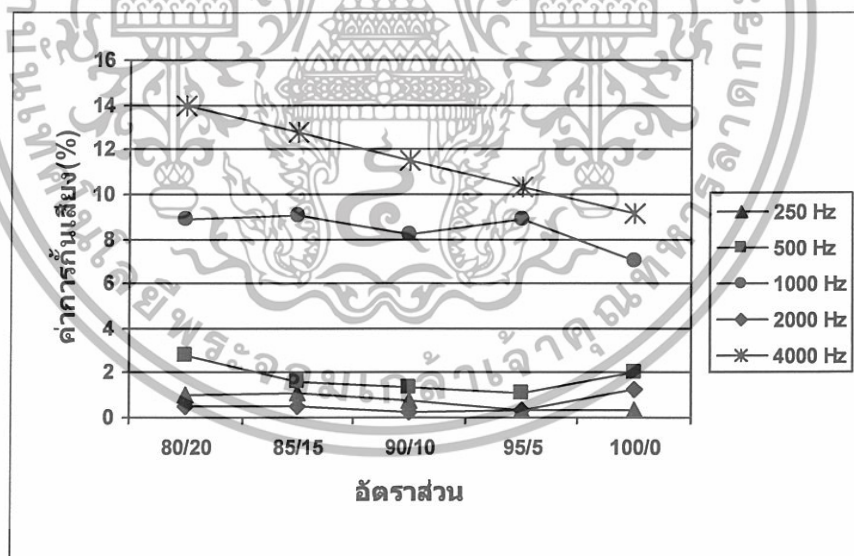
และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความหนาแน่นที่ต่างกัน จะพบว่าแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่นมากกว่ามีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่า คือมีความแข็งแรงกว่า เนื่องจากแผ่นที่มีความหนาแน่นมากกว่า มีเนื้อสารอัดกันแน่นกว่า ทำให้รับแรงได้ดีกว่า

4.3 การศึกษาสมบัติการกันเสียง

ทำการศึกษาเปรียบเทียบค่าการกันเสียงที่ระดับความดันเสียงความถี่คงที่ 250 500 1000 2000 และ 4000 เฮิรต (ระดับความดันเสียงเท่ากับ 62.8, 66.2, 70.8, 70.8 และ 69.0 เดซิเบล ตามลำดับ เมื่อไม่มีวัสดุปิดกั้นทางเดินเสียง)

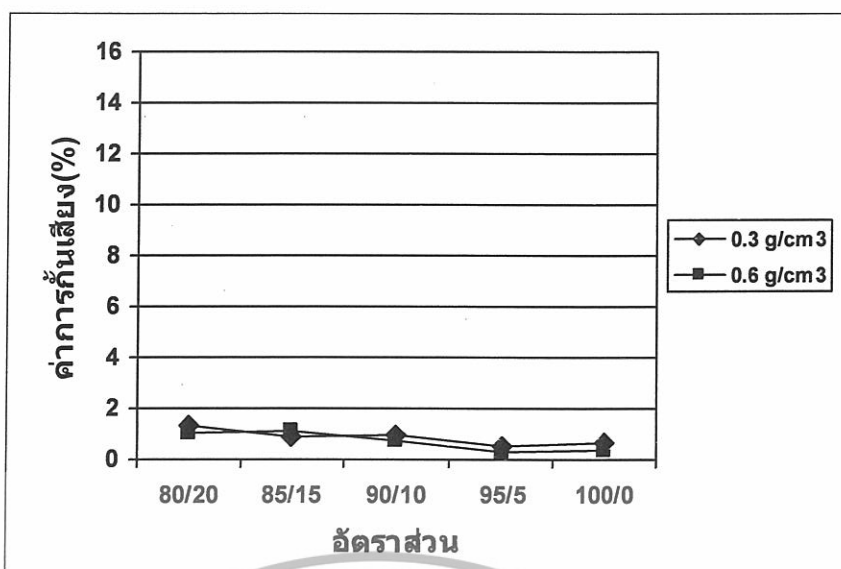


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกันเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยโพลีเอทิลีนปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 g/cm³ โดยใช้กาฟีนอลพอร์มัลดีไฮด์ 15%

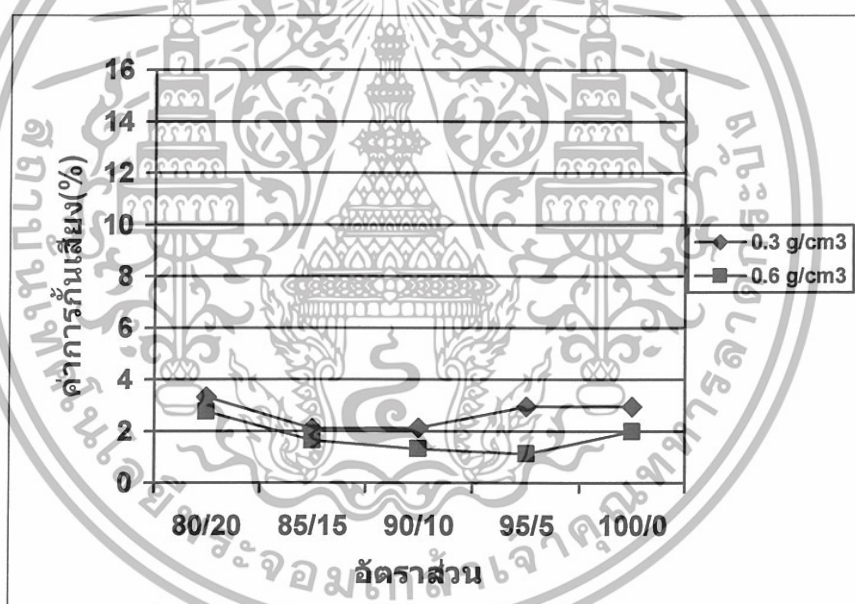


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกันเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยโพลีเอทิลีนปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.6 g/cm³ โดยใช้กาฟีนอลพอร์มัลดีไฮด์ 15%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

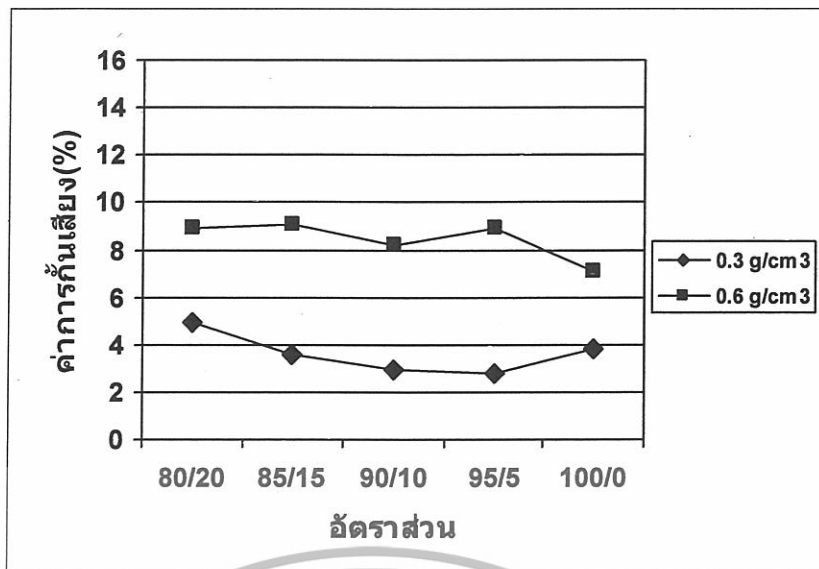


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกันเสียดัง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยใบ สับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 250 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ โดยใช้กาวพีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15%

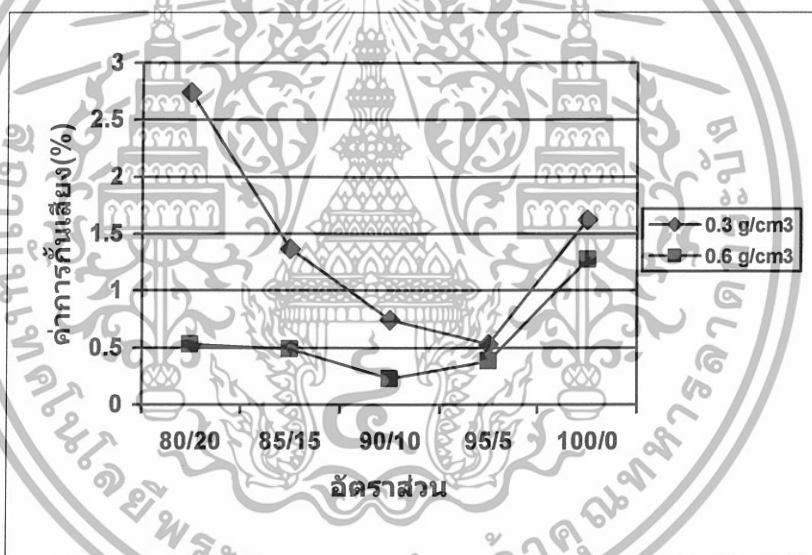


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกันเสียดัง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยใบ สับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 500 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ โดยใช้กาวพีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



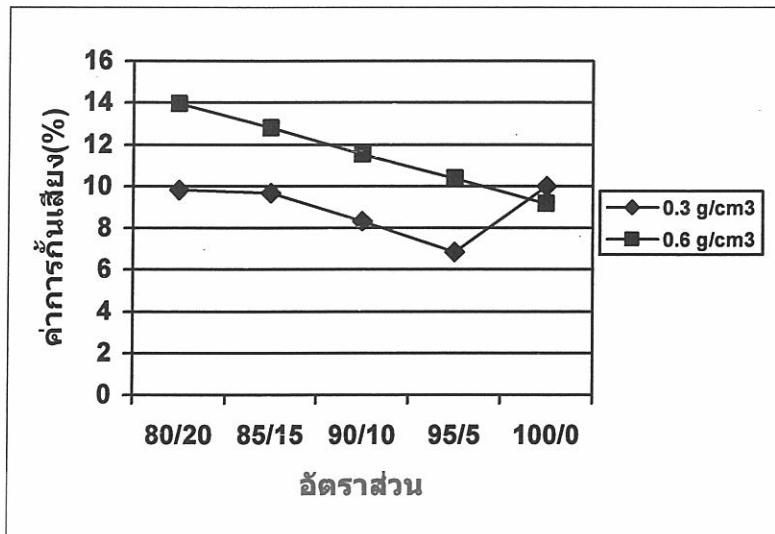
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกันเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยใบ สับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 1000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ โดยใช้กาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15%



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกันเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยใบ สับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 2000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ โดยใช้กาวยาฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 15%

จากรูปที่ 4.5 และ 4.6 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการกันเสียงที่ระดับความถี่เสียงต่างๆ พบว่าที่ความถี่ 4000 เฮิร์ต สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของค่าการกันเสียงของแต่ละอัตราส่วนอย่างชัดเจน ในแผ่นขึ้นไม้อัดทั้งสองความหนาแน่น ดังนั้นจึงทำการพิจารณาเปรียบเทียบอย่างละเอียดที่ความถี่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

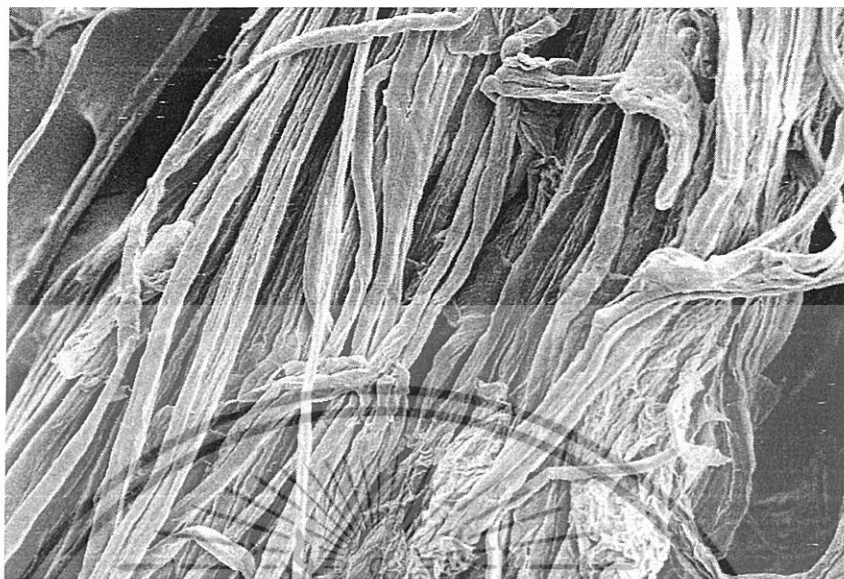


รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) กับอัตราส่วนปริมาณเส้นใยใบสับปะรดต่อปริมาณโฟมพอลิสไตรีน ที่ความดันเสียง 4000 เฮิร์ต ของแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 และ 0.6 g/cm³ โดยใช้กาวฟินอลฟอร์มัลดีไฮด์ 15%

โดยจากรูปที่ 4.11 จะพบว่าเมื่ออัตราส่วนระหว่างเส้นใยใบสับปะรดกับโฟมพอลิสไตรีนเพิ่มขึ้นหรือปริมาณโฟมลดลงที่ความหนาแน่นเดียวกัน ค่าการกั้นเสียงจะมีแนวโน้มลดลง นั่นคือเสียงลอดผ่านออกมาได้มากขึ้น เนื่องจากเส้นใยใบสับปะรดมีลักษณะกลม ดังรูปที่ 4.12 ทำให้เกิดมีช่องว่างระหว่างกลุ่มเส้นใยในแผ่น ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกับผลของการใช้เส้นใยมะพร้าว [18] นอกจากนี้ที่อุณหภูมิการขึ้นรูปแผ่น โฟมบางส่วนอาจมีการหลอมเหลวไปบ้างเนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงอุณหภูมิหลอมเหลวของโฟม ดังนั้นโฟมหลอมเหลวนี้อาจเข้าไปอุดตามรูหรือช่องว่างที่บริเวณผิวหน้าของแผ่น เสียงจึงผ่านออกมาได้น้อย ทำให้แผ่นใยไม้อัดที่มีปริมาณโฟมมากกว่าจะมีค่าการกั้นเสียงสูงกว่า

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความหนาแน่นที่ต่างกัน จะพบว่าแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.6 g/cm³ จะมีค่าการกั้นเสียงมากกว่าที่ความหนาแน่น 0.3 g/cm³ ซึ่งเกิดเนื่องจากเส้นใยและโฟมมีความใกล้ชิดกันมากกว่า ช่องว่างระหว่างเส้นใยกับโฟมมีน้อย ทำให้เสียงผ่านออกมาได้น้อยกว่า ค่าการกั้นเสียงจึงสูงกว่า

4.4 สัณฐานวิทยาของเส้นใยสับปะรดและแผ่นใยไม้อัด



รูปที่ 4.12 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของเส้นใยสับปะรด (กำลังขยาย 1000 เท่า)

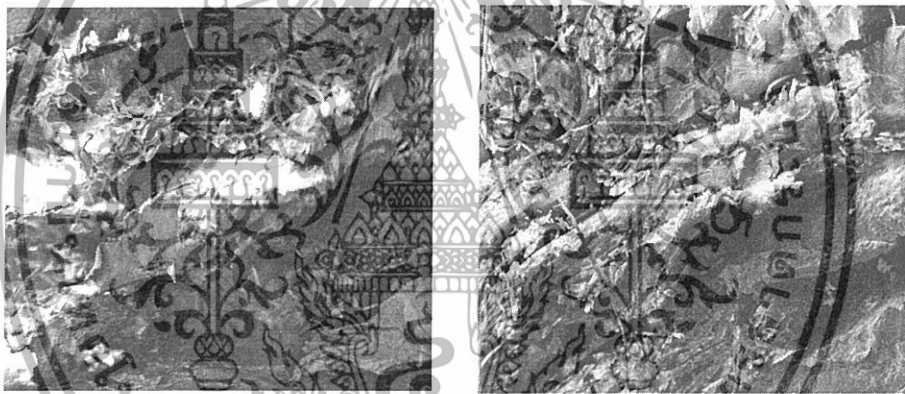


รูปที่ 4.13 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะภายในแผ่นใยไม้อัดที่ทำจากเส้นใยสับปะรด 100% โดยใช้กาวพีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด (กำลังขยาย 100 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

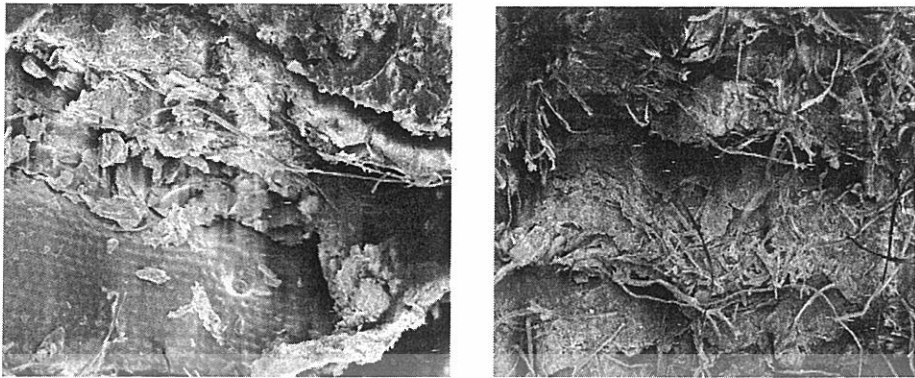


รูปที่ 4.14 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะภายในแผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นใยไบสับปะรดกับโพลีพอลิไธรีนเป็น 80/20 กำลังขยาย 1000 เท่า (ซ้าย) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 g/cm^3 (ขวา) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.6 g/cm^3



รูปที่ 4.15 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะภายในแผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นใยไบสับปะรดกับโพลีพอลิไธรีนเป็น 85/15 กำลังขยาย 1000 เท่า (ซ้าย) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 g/cm^3 (ขวา) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.6 g/cm^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะภายในแผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นใยใบสับปะรดกับโพลีพอลิไธรีนเป็น 90/10 กำลังขยาย 1000 เท่า (ซ้าย) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 g/cm^3 (ขวา) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.6 g/cm^3



รูปที่ 4.17 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงลักษณะภายในแผ่นใยไม้อัดที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นใยใบสับปะรดกับโพลีพอลิไธรีนเป็น 95/5 กำลังขยาย 1000 เท่า (ซ้าย) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 g/cm^3 (ขวา) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.6 g/cm^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 เป็นการแสดงให้เห็นถึงลักษณะของเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่ยังไม่ได้ผ่านการขึ้นรูป โดยพบว่าเส้นใยโพลีเอสเตอร์เป็นเส้นใยกลมยาว วางตัวเรียงกันตามแนวยาวของใยและมีการยึดติดกันภายในโครงสร้างด้วยลิกนินซึ่งทำหน้าที่คล้ายกาว เมื่อนำเส้นใยมาทำการผสมกับกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เพื่อขึ้นรูปเป็นใยไม้อัด จะเห็นได้ว่าลักษณะภายในแผ่นใยไม้อัดจะเป็นดังรูปที่ 4.13 โดยจากรูปจะพบว่ามีทั้งลักษณะเส้นใยกลมเล็ก ๆ ซึ่งก็คือเส้นใยของโพลีเอสเตอร์ที่หลุดมาอยู่บริเวณพื้นผิว และส่วนที่มีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งอาจเกิดจากการตัดตามขวาง ทำให้สามารถเห็นโครงสร้างของปากใยหรือลิกนินที่เกาะอยู่ได้

จากรูปที่ 4.14-4.17 เมื่อพิจารณาที่ความหนาแน่นเดียวกัน (รูปทางด้านซ้ายหรือขวาตามเดียว) พบว่าแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีอัตราส่วนของเส้นใยต่อโฟมพอลิสไตรีนสูงกว่า หรือมีปริมาณโฟม น้อยกว่าจะมีช่องว่างภายในชิ้นงานมากกว่าทำให้เสียงสามารถผ่านออกมาได้มากกว่า นอกจากนี้จากรูป ส่วนที่เป็นเม็ดโฟม ไม่สามารถเห็นได้ชัดเจนนัก เนื่องจากการขึ้นรูปมีการใช้แรงกดอัดอาจทำให้โฟมเปลี่ยนรูปร่างไป และโฟมบางส่วนที่มีขนาดเล็ก อาจหลอมเหลวไปในระหว่างอุณหภูมิการขึ้นรูป

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 g/cm^3 และ 0.6 g/cm^3 ที่อัตราส่วนเดียวกัน (เปรียบเทียบรูปทางด้านซ้ายกับทางด้านขวา) พบว่าแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่นสูงกว่าจะมีการอัดตัวกันแน่นกว่า ทำให้มีช่องว่างเกิดขึ้นน้อยกว่าแผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า ทำให้สามารถกันเสียงที่จะผ่านออกมาได้มากกว่า

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการทดลอง

การวิจัยนี้ เป็นการศึกษาดังวิธีการผลิตแผ่นใยไม้อัดโดยการนำวัสดุเหลือทิ้งจากทางการเกษตรคือใบสับปะรด และจากอุตสาหกรรมคือโฟมพอลิสไตรีนใช้แล้ว มาใช้เป็นวัตถุดิบในการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัด โดยแผ่นใยไม้อัดที่ทำการเตรียมมีสองความหนาแน่นได้แก่ 0.3 g/cm^3 และ 0.6 g/cm^3 ใช้การขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในอัตราส่วนร้อยละ 15 ของเนื้อสารผสมทั้งหมดเป็นสารยึดติด จากนั้นจึงนำไปทดสอบ สมบัติทางกายภาพ โดยทำการทดสอบการดูดซึมน้ำและการบวมตัวทางความหนา ทดสอบสมบัติเชิงกล โดยการหาค่ามอดุลัสแตกร้าวและค่ามอดุลัสยืดหยุ่น และทดสอบสมบัติการกั้นเสียง รวมทั้งตรวจสัณฐานวิทยาของแผ่นใยไม้อัดที่ได้ การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนและได้ผลสรุป ดังนี้

ผลของการศึกษาวิธีเตรียมเส้นใยจากใบสับปะรด

การเตรียมเส้นใยแบบแห้ง โดยการนำใบสับปะรดสดไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบดด้วยเครื่องบด จะได้เส้นใยที่มีลักษณะ หยาบ ส่วนการเตรียมโดยการย่อยด้วย NaOH เข้มข้น 8% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้ง นำมาบดด้วยเครื่องบด จะได้เส้นใยที่มีลักษณะเหมือนปุยฝ้ายเหมาะที่จะนำไปทำการกระดาษมากกว่า เพราะส่วนของลิกนินได้ถูกย่อยออกไปหมด แล้ว ถ้านำมาใช้ในการผสมกับกาวเพื่อขึ้นรูปแผ่น เส้นใยจะดูดซึบกาวเข้าไปมาก ทำให้ต้องใช้กาวมากเกินความจำเป็นได้

ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงเลือกเตรียมเส้นใยแบบแห้ง

ผลของการศึกษาอัตราส่วนเส้นใยใบสับปะรดต่อโฟมพอลิสไตรีนที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นใยไม้อัด

การผสมพอลิสไตรีนโฟมกับเส้นใยใบสับปะรดในการผลิตแผ่นใยไม้อัด มีผลทำให้แผ่นใยไม้อัดมี สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียงที่ดีกว่าแผ่นใยไม้อัดที่ไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม (เป็นเส้นใย 100%) โดย การผสมโฟมพอลิสไตรีนลงไป มีผลทำให้ ค่าการดูดซึมน้ำและค่าการบวมตัวทางความหนาลดลง แต่ทำให้ค่ามอดุลัสแตกร้าว ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นและค่าการกั้นเสียงสูงขึ้น โดยเฉพาะที่อัตราส่วน 80:20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงให้เห็นว่าโฟมจะช่วยให้แผ่นใยไม้อัดมีสมบัติทั้งทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการกั้นเสียงเพิ่มมากขึ้น

ผลการศึกษาคความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดต่อสมบัติต่างๆ เมื่อปริมาตรของแผ่นใยไม้อัดคงที่

แผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.6 g/cm^3 มีค่าการบวมตัวมากขึ้น แต่ค่าการดูดซับน้ำลดลง ค่ามอดุลัสแตกร้าว มอดุลัสยืดหยุ่นและค่าการกั้นเสียงสูงขึ้น เนื่องจากมีเนื้อสารผสมในแผ่นใยไม้อัดมากขึ้น แผ่นใยไม้อัดที่มีความหนาแน่น 0.3 g/cm^3 มีเนื้อสารผสมในแผ่นน้อย เส้นใยและโฟมเกาะเกี่ยวกันไม่ดี มีรูพรุนมาก จึงมีสมบัติด้อยกว่า

5.2 การนำไปใช้ประโยชน์

1. นำไปเป็นวัสดุบุผนังหรือเพดานห้อง เพื่อลดระดับความดังของเสียงที่จะเข้ามาภายในห้อง หรือออกไปภายนอกห้องได้
2. นำไปใช้บุภายในวัสดุที่ต้อการการควบคุมทางเดินของเสียง หรือต้องการควบคุมความดังของเสียง เช่น ภายในกล่องลำโพง เป็นต้น
2. นำไปทำเป็นของตกแต่งภายในบ้าน เช่น กรอบรูป เฟอรันิเจอร์ของใช้ต่างๆ หรือใช้ติดแผ่นป้ายโฆษณา เป็นต้น
3. สามารถใช้เป็นวัสดุกึ่งกันกระแทกได้ เนื่องจากแผ่นใยไม้อัดดูดซับเสียงมีส่วนผสมของพอลิสไตรีนโฟม ซึ่งเป็นวัสดุกันกระแทกอยู่ด้วย

5.3 ข้อเสนอนแนะ

1. ในขั้นตอนการผลิตผสมกาวกับเส้นใยและโฟม ควรใช้เครื่องผสมแรงดันลมที่มีหัวฉีดพ่นกาวเพื่อให้การมีอนุภาคขนาดเล็กและกระจายตัวไปบนเส้นใยได้ดี ซึ่งช่วยทำให้แผ่นใยไม้อัดมีสมบัติที่สม่ำเสมอทั้งทั่วทั้งแผ่น
2. ทำการผสมสารเร่งแข็งลงในกาว ซึ่งเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาให้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างกาวกับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสได้เร็วขึ้นขณะทำการอัดร้อน เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกล
3. ควรเพิ่มวิธีการทดสอบสมบัติในเชิงสะท้อนกลับของเสียง โดยอาจทำให้แผ่นใยไม้อัดที่ใช้กัน เสียงสามารถเลื่อนระยะได้ ซึ่งทำให้ผลของค่าการดูดซับเสียงมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการผลิตแผ่นใยไม้อัดในการทดลอง

- เส้นใยใบสับประรดและโพมพอลิสไตรีน

น้ำหนักเส้นใยใบสับประรดและโพมพอลิสไตรีนที่ซึ่งจริง

$$= \text{สัดส่วนของสาร} \times (100 \% - \% \text{ กาว}^*) \times \text{น้ำหนักแผ่นไม้อัด} \quad \text{-----(1)}$$

100

หมายเหตุ : % กาว* = % กาวที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดในแต่ละสูตร

- น้ำหนักกาวที่ซึ่งจริง

กาวPF

$$\text{น้ำหนักกาว} = \% \text{ กาว} \times \text{น้ำหนักแผ่นไม้อัด} \quad \text{-----(2)}$$

% consistency*

หมายเหตุ : % consistency* = ความเข้มข้นของเนื้อกาวเริ่มต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณสูตรการผลิตแผ่นใยไม้อัด (1)

- ทำการขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. ขนาด 30×30×0.9 cm.
 - ใช้กาว PF ที่สภาวะความเข้มข้น 15% ของน้ำหนักแผ่นใยไม้อัด
- กาว PF % consistency = 45%
- CO/EPS = 85/15 wt/wt
- น้ำหนักแผ่นใยไม้อัด = ความหนาแน่น × ปริมาตร

$$= 0.3 \times 30 \times 30 \times 0.9 = 243 \text{ g.}$$
- Mass loss 3% = $243 \times 0.03 = 7.29 \text{ g.}$

เพราะฉะนั้นน้ำหนักแผ่นใยไม้อัด = $243 + 7.29 \cong 250 \text{ g.}$

* หาน้ำหนักเส้นใยใบตັบประด

$$\text{จาก (1) ; } 85 \times (100-15) \times (250/100) = 180.63$$

* หาน้ำหนักโพน

$$\text{จาก (1) ; } 15 \times (100-15) \times (250/100) = 31.88$$

* หาน้ำหนักกาว PF

$$\text{จาก (2) ; } (15 \times 250) / 45 = 83.33$$

| | คำนวณในรูปของแห้ง (g) | | | น้ำหนักจริง/แผ่น (g) |
|-----------------------------|-----------------------|--------|--------|----------------------|
| เส้นใย ใบ ตັบประ ด | 85 | 72.25 | 180.63 | 180.63 |
| โพน | 15 | 12.75 | 31.88 | 31.88 |
| กาว PF | - | 15.00 | 37.50 | 83.33 |
| รวม | - | 100.00 | 250.00 | 295.84 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าน้ำหนัก ความกว้าง ความหนา และความหนาแน่นที่คำนวณได้ ของแผ่นใยไม้อัดจากใบตลับประดศรม โฟมพอลิเอไตรีนตามอัตราส่วนต่างๆ

| อัตราส่วน | ชั้นที่ | น้ำหนัก (g) | ความกว้าง (cm) | | | ความยาว (cm) | | | ความหนา (cm) | | | | ความหนาแน่น | | | | |
|-----------|---------|-------------|----------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|--------------|--------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|--------|------|
| | | | ครั้งที่1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่3 | เฉลี่ย | ครั้งที่1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่3 | เฉลี่ย | ครั้งที่1 | ครั้งที่2 | | ครั้งที่3 | ครั้งที่4 | เฉลี่ย | |
| 80/20 | 1 | 23.26 | 8.34 | 8.33 | 8.33 | 8.33 | 8.66 | 8.68 | 8.75 | 8.7 | 0.91 | 0.9 | 0.86 | 0.87 | 0.89 | 0.89 | 0.36 |
| | 2 | 23.73 | 8.36 | 8.34 | 8.37 | 8.36 | 8.71 | 8.68 | 8.61 | 8.67 | 0.87 | 0.86 | 0.85 | 0.86 | 0.87 | 0.86 | 0.38 |
| | 3 | 23.75 | 8.89 | 8.79 | 8.76 | 8.81 | 8.76 | 8.74 | 8.65 | 8.72 | 0.88 | 0.85 | 0.86 | 0.86 | 0.87 | 0.89 | 0.35 |
| 85/15 | 1 | 21.73 | 8.55 | 8.58 | 8.53 | 8.55 | 8.77 | 8.74 | 8.78 | 8.76 | 0.87 | 0.92 | 0.9 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.32 |
| | 2 | 22.81 | 8.55 | 8.46 | 8.58 | 8.53 | 8.64 | 8.72 | 8.69 | 8.68 | 0.85 | 0.88 | 0.88 | 0.87 | 0.87 | 0.85 | 0.36 |
| | 3 | 22.64 | 8.86 | 8.9 | 8.95 | 8.9 | 9.05 | 8.96 | 8.89 | 8.97 | 0.87 | 0.83 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.87 | 0.33 |
| 90/10 | 1 | 25.71 | 8.42 | 8.49 | 8.51 | 8.47 | 8.64 | 8.71 | 8.71 | 8.69 | 0.87 | 0.84 | 0.87 | 0.87 | 0.91 | 0.87 | 0.4 |
| | 2 | 24.29 | 8.53 | 8.44 | 8.34 | 8.44 | 8.63 | 8.65 | 8.64 | 8.64 | 0.89 | 0.86 | 0.83 | 0.87 | 0.89 | 0.87 | 0.38 |
| | 3 | 27.07 | 8.21 | 8.18 | 8.13 | 8.19 | 8.87 | 8.84 | 8.83 | 8.85 | 0.85 | 0.82 | 0.9 | 0.89 | 0.89 | 0.87 | 0.43 |
| 95/5 | 1 | 27.63 | 8.74 | 8.71 | 8.71 | 8.72 | 9.01 | 9.02 | 8.88 | 8.97 | 0.87 | 0.86 | 0.91 | 0.89 | 0.9 | 0.89 | 0.4 |
| | 2 | 25.4 | 8.75 | 8.7 | 8.71 | 8.72 | 8.66 | 8.63 | 8.59 | 8.63 | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | 0.85 | 0.4 |
| | 3 | 27.16 | 8.68 | 8.66 | 8.73 | 8.69 | 8.73 | 8.83 | 8.89 | 8.82 | 0.87 | 0.81 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.42 |
| 100/0 | 1 | 23 | 8.16 | 8.1 | 8.3 | 8.19 | 8.4 | 8.4 | 8.7 | 8.5 | 0.83 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.9 | 0.8 | 0.37 |
| | 2 | 26.5 | 8.45 | 8.24 | 8.2 | 8.3 | 8.92 | 9 | 8.94 | 8.95 | 0.85 | 0.89 | 0.9 | 0.89 | 0.9 | 0.89 | 0.4 |
| | 3 | 25.6 | 8.82 | 8.93 | n/a | 8.87 | 8.73 | 8.66 | 8.71 | 8.7 | 0.81 | 0.8 | 0.89 | 0.87 | 0.87 | 0.84 | 0.39 |
| 80/20 | 1 | 48.97 | 8.8 | 8.57 | 8.67 | 8.62 | 8.63 | 8.57 | 8.67 | 8.62 | 1.03 | 1.06 | 1 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 0.63 |
| | 2 | 46.45 | 8.46 | 8.45 | 8.5 | 8.47 | 8.61 | 8.6 | 8.56 | 8.59 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 0.62 |
| | 3 | 49.42 | 8.85 | 8.8 | 8.74 | 8.8 | 8.9 | 8.84 | 8.75 | 8.83 | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 0.62 |
| 85/15 | 1 | 48.55 | 9.08 | 9.06 | 9.08 | 9.07 | 8.84 | 8.91 | 8.88 | 8.88 | 1.18 | 1.05 | 1.01 | 1.02 | 1.07 | 1.07 | 0.56 |
| | 2 | 46.57 | 8.98 | 9.01 | 8.99 | 8.99 | 8.76 | 8.8 | 8.8 | 8.79 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.59 |
| | 3 | 48.88 | 8.73 | 8.74 | 8.84 | 8.77 | 8.88 | 8.91 | 8.86 | 8.88 | 1.05 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.63 |
| 90/10 | 1 | 50.24 | 8.65 | 8.65 | 8.76 | 8.69 | 8.67 | 8.68 | 8.69 | 8.81 | 1 | 1.01 | 0.97 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.66 |
| | 2 | 50.07 | 8.72 | 8.63 | 8.64 | 8.66 | 8.71 | 8.72 | 8.65 | 8.69 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.68 |
| | 3 | 50.04 | 8.81 | 8.88 | 8.85 | 8.85 | 8.66 | 8.74 | 8.66 | 8.69 | 0.98 | 0.98 | 1.02 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.66 |
| 95/5 | 1 | 48.39 | 8.41 | 8.44 | 8.47 | 8.44 | 8.87 | 8.83 | 8.73 | 8.81 | 0.97 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.68 |
| | 2 | 45.73 | 8.42 | 8.37 | 8.36 | 8.38 | 8.73 | 8.69 | 8.64 | 8.69 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.66 |
| | 3 | 52.31 | 8.88 | 8.89 | 8.91 | 8.89 | 8.76 | 8.75 | 8.73 | 8.75 | 0.99 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.69 |
| 100/0 | 1 | 47.15 | 8.66 | 8.63 | 8.55 | 8.61 | 8.71 | 8.78 | 8.73 | 8.74 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.66 |
| | 2 | 46.9 | 8.73 | 8.67 | 8.68 | 8.69 | 8.81 | 8.85 | 8.79 | 8.82 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.92 | 0.66 |
| | 3 | 50.33 | 8.87 | 8.9 | 8.89 | 8.89 | 8.85 | 8.85 | 8.85 | 8.85 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.67 |

ตารางแสดงค่าความกว้าง ความหนา มอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่นที่คำนวณได้ ของแผ่นใยไม้อัดจากใบสับประดผสม โฟมพอลิสไตรีนความหนาแน่น 0.3 g/cm³

| อัตราส่วน | ชั้นที่ | ความกว้าง (mm) | | | | ความหนา (mm) | | | | MOR (N/mm ²) | MOE (N/mm ²) |
|-----------|---------|----------------|-----------|-----------|--------|--------------|-----------|-----------|------------|--------------------------|--------------------------|
| | | ครั้งที่1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่3 | เฉลี่ย | ครั้งที่1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่3 | เฉลี่ย | | |
| 80/20 | 1 | 47.1 | 48 | 48.11 | 47.74 | 9 | 8.4 | 8.6 | 8.67 | 1.37 | 89.93 |
| | 2 | 49 | 47.33 | 48.31 | 48.21 | 8.5 | 8.3 | 8.9 | 8.57 | 1.15 | 95.84 |
| | 3 | 47.61 | 48.2 | 47.5 | 47.8 | 9.1 | 8.4 | 8.7 | 8.7 | 1.26 | 69.93 |
| | 4 | 48.72 | 48.61 | 49.1 | 48.8 | 9.4 | 8.7 | 8.6 | 8.9 | 1.28 | 93.99 |
| 85/15 | 1 | 47.9 | 47.6 | 47.9 | 47.8 | 8.3 | 8.4 | 9.1 | 8.6 | เฉลี่ย 1.27 | เฉลี่ย 87.42 |
| | 2 | 47.3 | 47.1 | 46.8 | 47.1 | 9 | 8.2 | 8.8 | 8.67 | 0.87 | 65.97 |
| | 3 | 46.7 | 47 | 47 | 46.9 | 8.7 | 8 | 8.2 | 8.3 | 0.8 | 53.87 |
| | 4 | 48.9 | 48.3 | 47.8 | 48.3 | 8.7 | 8 | 9 | 8.57 | 1.22 | 73.67 |
| 90/10 | 1 | 47.3 | 48.1 | 47.6 | 47.67 | 8.5 | 8.9 | 8.9 | 8.77 | เฉลี่ย 1.03 | เฉลี่ย 69.09 |
| | 2 | 47.8 | 47.9 | 47.9 | 47.9 | 8.1 | 8.8 | 8.9 | 8.6 | 1.07 | 69.58 |
| | 3 | 46.3 | 47.1 | 47.7 | 47 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 0.97 | 76.25 |
| | 4 | 48.4 | 48.2 | 48.1 | 48.4 | 8.28 | 8.62 | 9.29 | 8.73 | 1.13 | 81.4 |
| 95/5 | 1 | 47.1 | 47.7 | 47.4 | 47.4 | 9.2 | 8.2 | 8.4 | 8.6 | เฉลี่ย .99 | เฉลี่ย 69.4 |
| | 2 | 48.1 | 48.2 | 48 | 48.1 | 8.1 | 8.2 | 9.2 | 8.5 | 0.78 | 55.08 |
| | 3 | 47.6 | 47.8 | 46.7 | 47.4 | 8.7 | 7.6 | 8.2 | 8.2 | 0.66 | 51.49 |
| | 4 | 49.3 | 48.3 | 48.3 | 48.8 | 8.7 | 8 | 8.7 | 8.5 | 0.67 | 51.74 |
| 100/0 | 1 | 49.7 | 47.9 | 47.5 | 48.37 | 8.86 | 8.1 | 8.97 | 8.64 | เฉลี่ย .71 | เฉลี่ย 50.7. |
| | 2 | 48.7 | 48.6 | 47.8 | 48.37 | 8.34 | 8.41 | 8.88 | 8.54 | 0.6 | -18.15 |
| | 3 | 47 | 48.3 | 48.4 | 47.9 | 8.64 | 7.95 | 8.75 | 8.45 | 0.42 | 12.23 |
| | 4 | 47.9 | 46.1 | 46.6 | 46.78 | 7.89 | 7.95 | 8.9 | 8.25 | 0.43 | 23.69 |
| | | | | | | | | | เฉลี่ย .53 | เฉลี่ย 17.96 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าความกว้าง ความหนา มอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่นที่คำนวณได้ ของแผ่นหินใยอัดจากใบสับประคตสมโพธิพอลิสีไตรีนความหนาแน่น 0.6 g/cm³

| อัตราส่วน | ชั้นที่ | ความกว้าง (mm) | | | ความหนา (mm) | | | | MOR (N/mm ²) | MOE (N/mm ²) | |
|-----------|---------|----------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|--------------------------|---------------|
| | | ครั้งที่1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่3 | เฉลี่ย | ครั้งที่1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่3 | | | เฉลี่ย |
| 80/20 | 1 | 47.9 | 49 | 48.1 | 48.33 | 10.12 | 9.94 | 9.89 | 9.98 | 3.54 | 244.86 |
| | 2 | 46.5 | 46.2 | 47.8 | 46.83 | 9.91 | 10.01 | 9.92 | 9.95 | 3.6 | 265.02 |
| | 3 | 48.6 | 48.7 | 47.7 | 48.33 | 10.1 | 9.98 | 10.06 | 10.05 | 4 | 295.96 |
| | 4 | 48.3 | 49.2 | 49.2 | 48.9 | 9.98 | 9.93 | 10.1 | 10 | 3.54 | 261.14 |
| 85/15 | 1 | 49.1 | 48 | 47.3 | 48.13 | 9.81 | 9.9 | 10.04 | 9.92 | เฉลี่ย 3.67 | เฉลี่ย 266.75 |
| | 2 | 47.7 | 47.7 | 49.1 | 48.17 | 9.91 | 9.9 | 9.81 | 9.87 | 3.75 | 273.06 |
| | 3 | 48.5 | 47.9 | 46.6 | 47.67 | 9.95 | 9.92 | 10 | 9.96 | 3.48 | 268.44 |
| | 4 | 48.4 | 48.7 | 48.3 | 48.47 | 10.09 | 10.1 | 10.18 | 10.12 | 4.29 | 303.77 |
| 90/10 | 1 | 48.4 | 47.5 | 47.7 | 47.87 | 9.64 | 9.58 | 9.54 | 9.59 | เฉลี่ย 3.94 | เฉลี่ย 287.19 |
| | 2 | 48.4 | 48.1 | 48 | 48.17 | 9.57 | 9.47 | 9.6 | 9.55 | 3.04 | 245.77 |
| | 3 | 49 | 49.2 | 48.4 | 48.87 | 9.55 | 9.75 | 9.82 | 9.71 | 2.79 | 248.25 |
| | 4 | 46.3 | 47.1 | 48.7 | 47.37 | 9.42 | 9.63 | 9.98 | 9.68 | 2.87 | 239.27 |
| 95/5 | 1 | 47.7 | 47.1 | 50 | 48.27 | 9.6 | 9.58 | 9.62 | 9.6 | เฉลี่ย 2.9 | เฉลี่ย 239.23 |
| | 2 | 46.9 | 47.3 | 47.5 | 47.23 | 9.62 | 9.55 | 9.55 | 9.57 | 4.47 | 316.11 |
| | 3 | 48.1 | 47.7 | 47.5 | 47.77 | 9.52 | 9.5 | 9.62 | 9.55 | 4.22 | 319.76 |
| | 4 | 47.8 | 47.8 | 47.3 | 47.63 | 9.72 | 9.58 | 9.68 | 9.66 | 4.1 | 306.92 |
| 100/0 | 1 | 49 | 47 | 48.2 | 48.1 | 9.3 | 9.2 | 9.4 | 9.3 | เฉลี่ย 4.15 | เฉลี่ย 305.32 |
| | 2 | 49.3 | 48.4 | 47.3 | 48.3 | 9.2 | 9.2 | 9.3 | 9.2 | 1.21 | 99.71 |
| | 3 | 47.8 | 49.1 | 48.4 | 48.4 | 9.4 | 9.2 | 9.3 | 9.3 | 1.44 | 136.22 |
| | 4 | 49.7 | 48.5 | 48.9 | 49 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 9.4 | 1.59 | 134.82 |
| | | | | | | | | | 1.22 | 95.74 | |
| | | | | | | | | | เฉลี่ย 1.37 | เฉลี่ย 116.62 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง แสดงน้ำหนักก่อน, หลังแช่น้ำ และ %การดูดซับน้ำที่คำนวณได้ ของแผ่นใยไม้จากกากใบสับประดผสมโพลีเอทิลีนความหนาแน่น 0.3 g/cm³

| อัตราส่วน | ชั้นที่ | น้ำหนัก (g) | | % Water(ab)24hr |
|---------------|---------|-------------|------------|-----------------|
| | | ก่อนแช่น้ำ | หลังแช่น้ำ | |
| 80/20 | 1 | 7.88 | 15.2 | 92.89 |
| | 2 | 8.5 | 16.3 | 91.76 |
| | 3 | 7.64 | 15 | 96.34 |
| | 4 | 8.26 | 16.2 | 96.12 |
| | 5 | 7.49 | 14.6 | 94.93 |
| เฉลี่ย 94.35 | | | | |
| 85/15 | 1 | 7.72 | 15.1 | 95.6 |
| | 2 | 8.59 | 16.5 | 92.08 |
| | 3 | 8.16 | 15 | 83.82 |
| | 4 | 8.69 | 16.7 | 92.17 |
| | 5 | 7.52 | 14.7 | 95.48 |
| เฉลี่ย 91.83 | | | | |
| 90/10 | 1 | 7.61 | 14.9 | 95.79 |
| | 2 | 7.83 | 15 | 91.57 |
| | 3 | 8.18 | 16 | 95.6 |
| | 4 | 7.46 | 15.5 | 107.77 |
| | 5 | 8.27 | 17.2 | 107.98 |
| เฉลี่ย 99.74 | | | | |
| 95/5 | 1 | 8.07 | 17.6 | 118.09 |
| | 2 | 8.54 | 18.5 | 116.63 |
| | 3 | 8.24 | 17.3 | 109.95 |
| | 4 | 8.1 | 18.5 | 128.39 |
| | 5 | 8.3 | 17.9 | 115.66 |
| เฉลี่ย 117.74 | | | | |
| 100/0 | 1 | 6.5 | 17.7 | 172.3 |
| | 2 | 6.7 | 17.9 | 167.16 |
| | 3 | 6.5 | 16.9 | 160 |
| | 4 | 6.2 | 17.2 | 177.42 |
| | 5 | 6.7 | 17.5 | 161.19 |
| เฉลี่ย 167.61 | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงน้ำหนักก่อน, หลังแช่น้ำและ%การดูดซับน้ำที่คำนวณได้ ของแผ่นใยโพลีเอทิลีนที่ผลิตจากใบต้วบระรดผสมโพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่น 0.6 g/cm³

| อัตราส่วน | ชั้นที่ | น้ำหนัก (g) | | % Water(ab)24hr |
|-----------|---------|-------------|------------|-----------------|
| | | ก่อนแช่น้ำ | หลังแช่น้ำ | |
| 80/20 | 1 | 15.26 | 22.68 | 48.62 |
| | 2 | 15.94 | 23.54 | 48.05 |
| | 3 | 15.94 | 23.27 | 45.98 |
| | 4 | 16.15 | 24.2 | 49.85 |
| | 5 | 14.71 | 22.53 | 53.16 |
| | | | | เฉลี่ย 49.13 |
| 85/15 | 1 | 14.46 | 22.75 | 57.33 |
| | 2 | 14.24 | 23.14 | 62.5 |
| | 3 | 14.99 | 23.33 | 55.64 |
| | 4 | 14.56 | 23.2 | 59.34 |
| | 5 | 13.94 | 22.87 | 64.06 |
| | | | | เฉลี่ย 59.77 |
| 90/10 | 1 | 15.1 | 24.46 | 61.99 |
| | 2 | 16.12 | 25.84 | 60.3 |
| | 3 | 15.98 | 25.48 | 59.45 |
| | 4 | 15.96 | 25.26 | 58.37 |
| | 5 | 16.14 | 26.11 | 61.77 |
| | | | | เฉลี่ย 60.38 |
| 95/5 | 1 | 15.49 | 24.63 | 59.01 |
| | 2 | 16.48 | 26.21 | 59.04 |
| | 3 | 15.53 | 25.43 | 63.75 |
| | 4 | 16.54 | 25.34 | 53.2 |
| | 5 | 15.68 | 26.02 | 65.94 |
| | | | | เฉลี่ย 60.19 |
| 100/0 | 1 | 15.22 | 26.17 | 71.94 |
| | 2 | 16.66 | 28.67 | 72.09 |
| | 3 | 14.88 | 26.74 | 79.7 |
| | 4 | 15.46 | 27.67 | 78.98 |
| | 5 | 14.69 | 27.16 | 84.89 |
| | | | | เฉลี่ย 72.52 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าความหนาแน่นก่อน, หลังแช่น้ำ และ %Thickness Swell ที่คำนวณได้ ของแผ่นใยไม้จากใบไม้ประดับผสมโฟมพอลิไทรีนความหนาแน่น 0.3 g/cm³

| อัตราส่วน | ชั้นที่ | ความหนา (มม.) | | | | | | | | | | %Thickness Swell |
|--------------|---------|---------------|-----------|-----------|-----------|--------|-------------------|-----------|-----------|-----------|--------|------------------|
| | | ก่อนแช่น้ำ | | | | | หลังแช่น้ำ 24 ชม. | | | | | |
| | | ครั้งที่1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่3 | ครั้งที่4 | เฉลี่ย | ครั้งที่1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่3 | ครั้งที่4 | เฉลี่ย | |
| 80/20 | 1 | 8.8 | 8.9 | 8.7 | 8.5 | 8.73 | 9.31 | 9.42 | 9.35 | 9.33 | 9.35 | 7.1 |
| | 2 | 9.1 | 9.3 | 9.2 | 8.8 | 9.1 | 9.39 | 9.66 | 9.73 | 9.88 | 9.67 | 6.26 |
| | 3 | 8.4 | 8.6 | 8.5 | 8.4 | 8.47 | 9.09 | 8.85 | 9.03 | 9.15 | 9.67 | 14.17 |
| | 4 | 8.9 | 9.2 | 9.2 | 9 | 9.07 | 9.67 | 9.35 | 9.72 | 9.75 | 9.67 | 6.61 |
| | 5 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.8 | 8.65 | 8.91 | 9.39 | 9.36 | 9.08 | 9.19 | 6.24 |
| เฉลี่ย 8.05 | | | | | | | | | | | | |
| 85/15 | 1 | 9 | 9.8 | 8.7 | 9 | 9.13 | 9.49 | 9.3 | 9.31 | 9.5 | 9.4 | 3.01 |
| | 2 | 9.1 | 9.1 | 8.8 | 9 | 9 | 9.59 | 9.32 | 9.68 | 9.68 | 9.57 | 6.33 |
| | 3 | 8.5 | 8.3 | 8.2 | 8.5 | 8.37 | 8.79 | 8.51 | 8.67 | 8.96 | 8.73 | 4.86 |
| | 4 | 7 | 9 | 8.6 | 8.7 | 8.83 | 9.06 | 9.03 | 9.5 | 9.33 | 9.24 | 4.7 |
| | 5 | 8.4 | 8.7 | 8.7 | 8.4 | 8.55 | 8.94 | 9.12 | 9.13 | 8.92 | 9.03 | 5.61 |
| เฉลี่ย 4.9 | | | | | | | | | | | | |
| 90/10 | 1 | 9 | 8.9 | 8.9 | 9.1 | 8.97 | 9.72 | 9.59 | 9.69 | 9.7 | 9.67 | 7.8 |
| | 2 | 9 | 8.8 | 8.8 | 8.9 | 8.87 | 9.35 | 9.22 | 9.35 | 9.51 | 9.36 | 5.46 |
| | 3 | 8.6 | 8.6 | 8.5 | 8.4 | 8.53 | 9.13 | 8.92 | 8.69 | 9 | 8.93 | 4.81 |
| | 4 | 8.7 | 8.7 | 8.4 | 8.5 | 8.57 | 9.3 | 8.96 | 8.89 | 9.23 | 9.09 | 6.06 |
| | 5 | 8.8 | 8.9 | 9.6 | 9.1 | 9.1 | 9.37 | 9.68 | 9.65 | 9.48 | 9.54 | 4.84 |
| เฉลี่ย 5.97 | | | | | | | | | | | | |
| 95/5 | 1 | 8.9 | 8.7 | 8.7 | 8.8 | 8.77 | 9.46 | 9.49 | 9.36 | 9.81 | 9.53 | 8.67 |
| | 2 | 9.1 | 9.1 | 9 | 8.9 | 9.03 | 10.09 | 9.52 | 9.62 | 9.92 | 9.79 | 8.42 |
| | 3 | 8.7 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.47 | 8.97 | 9.07 | 9.06 | 9.05 | 9.04 | 6.73 |
| | 4 | 8.9 | 8.9 | 8.8 | 8.8 | 8.85 | 9.41 | 9.33 | 9.58 | 9.54 | 9.47 | 7.01 |
| | 5 | 8.9 | 8.9 | 8.2 | 8.3 | 8.57 | 8.79 | 8.74 | 8.44 | 8.77 | 8.69 | 4.7 |
| เฉลี่ย 7.11 | | | | | | | | | | | | |
| 100/0 | 1 | 8.78 | 9.03 | 8.95 | 8.82 | 8.87 | 10.1 | 9.9 | 10.28 | 10.45 | 10.18 | 14.77 |
| | 2 | 8.6 | 8.85 | 8.75 | 9.06 | 8.81 | 10.07 | 9.59 | 10.15 | 10.21 | 10 | 13.51 |
| | 3 | 9.03 | 8.89 | 8.5 | 8.52 | 8.73 | 10.03 | 9.73 | 9.52 | 9.69 | 9.74 | 11.57 |
| | 4 | 8.36 | 8.47 | 8.45 | 8.24 | 8.38 | 9.55 | 9.27 | 9.5 | 9.75 | 9.52 | 13.6 |
| | 5 | 8.17 | 8.9 | 8.66 | 8.19 | 8.48 | 9.27 | 9.4 | 9.81 | 10.43 | 9.73 | 14.74 |
| เฉลี่ย 13.64 | | | | | | | | | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าความหนาแน่นก่อน, หลังแช่น้ำ และ %Thickness Swell ที่คำนวณได้ ของแผ่นใยไม้ไผ่จากใบกับประดผสมโพลีเอทิลีนไทรินความหนาแน่น 0.6 g/cm³

| อัตราส่วน | ชั้นที่ | ความหนา (มม.) | | | | | | | | | | | | %Thickness swell |
|-----------|---------|---------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|--|------------------|
| | | ก่อนแช่น้ำ | | | | หลังแช่น้ำ 24 ชม. | | | | | | | | |
| | | ครั้งที่1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่3 | ครั้งที่4 | เฉลี่ย | ครั้งที่1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่3 | ครั้งที่4 | เฉลี่ย | เฉลี่ย | | |
| 80/20 | 1 | 9.94 | 10.05 | 10.14 | 10.17 | 10.07 | 10.67 | 10.51 | 10.59 | 10.69 | 10.61 | 5.36 | | |
| | 2 | 9.92 | 10.04 | 10.18 | 9.98 | 10.03 | 10.62 | 10.74 | 10.87 | 10.54 | 10.69 | 6.58 | | |
| | 3 | 10.3 | 10.1 | 10.08 | 10.08 | 10.14 | 10.66 | 10.69 | 10.82 | 10.66 | 10.71 | 5.2 | | |
| | 4 | 10.24 | 10.13 | 10.07 | 10.02 | 10.11 | 10.74 | 10.77 | 10.57 | 10.66 | 10.69 | 5.74 | | |
| | 5 | 10.17 | 10.14 | 10.04 | 10 | 10.09 | 10.7 | 10.65 | 10.57 | 10.59 | 10.63 | 5.35 | | |
| 85/15 | 1 | 9.94 | 9.93 | 9.84 | 9.88 | 9.9 | 10.67 | 10.72 | 10.54 | 10.59 | 10.63 | เฉลี่ย 5.73 | | |
| | 2 | 10.01 | 9.9 | 9.94 | 10.02 | 9.97 | 10.8 | 10.61 | 10.62 | 10.73 | 10.69 | 7.37 | | |
| | 3 | 9.89 | 9.96 | 10.03 | 9.92 | 9.95 | 10.62 | 10.67 | 10.65 | 10.55 | 10.62 | 7.22 | | |
| | 4 | 9.94 | 9.99 | 10.13 | 9.99 | 10.01 | 10.77 | 10.75 | 10.51 | 10.83 | 10.71 | 6.73 | | |
| | 5 | 9.6 | 9.74 | 9.84 | 9.64 | 9.71 | 10.35 | 10.45 | 10.4 | 10.71 | 10.48 | 6.99 | | |
| 90/10 | 1 | 9.7 | 9.7 | 9.68 | 9.7 | 9.69 | 10.57 | 10.48 | 10.57 | 10.47 | 10.52 | เฉลี่ย 7.25 | | |
| | 2 | 9.68 | 9.66 | 9.54 | 9.65 | 9.63 | 10.55 | 10.53 | 10.33 | 10.53 | 10.49 | 8.57 | | |
| | 3 | 9.61 | 9.57 | 9.53 | 9.52 | 9.56 | 10.71 | 10.48 | 10.41 | 10.46 | 10.51 | 8.93 | | |
| | 4 | 9.62 | 9.53 | 9.49 | 9.5 | 9.53 | 10.6 | 10.33 | 10.34 | 10.47 | 10.43 | 9.94 | | |
| | 5 | 9.68 | 9.74 | 9.69 | 9.77 | 9.72 | 10.33 | 10.58 | 10.64 | 10.53 | 10.52 | 9.44 | | |
| 95/5 | 1 | 9.46 | 9.5 | 9.45 | 9.45 | 9.47 | 10.34 | 10.41 | 10.27 | 10.41 | 10.36 | เฉลี่ย 9.02 | | |
| | 2 | 9.55 | 9.55 | 9.51 | 9.54 | 9.54 | 10.45 | 10.37 | 10.45 | 10.67 | 10.49 | 9.4 | | |
| | 3 | 9.51 | 9.58 | 9.61 | 9.59 | 9.57 | 10.5 | 10.63 | 10.44 | 10.59 | 10.54 | 9.96 | | |
| | 4 | 9.64 | 9.59 | 9.58 | 9.59 | 9.6 | 10.57 | 10.54 | 10.52 | 10.49 | 10.53 | 10.14 | | |
| | 5 | 9.38 | 9.5 | 9.56 | 9.41 | 9.46 | 10.23 | 10.33 | 10.3 | 10.21 | 10.27 | 9.69 | | |
| 100/0 | 1 | 9.3 | 9.3 | 9.3 | 9.3 | 9.3 | 10.55 | 10.65 | 10.65 | 10.2 | 10.51 | เฉลี่ย 9.55 | | |
| | 2 | 9.3 | 9.3 | 9.4 | 9.4 | 9.35 | 10.61 | 10.33 | 10.56 | 10.78 | 10.57 | 13.01 | | |
| | 3 | 9.3 | 9.3 | 9.4 | 9.4 | 9.35 | 10.86 | 10.81 | 10.75 | 10.62 | 10.76 | 13.05 | | |
| | 4 | 9.4 | 9.4 | 9.3 | 9.4 | 9.37 | 10.69 | 10.86 | 10.84 | 10.73 | 10.71 | 15.08 | | |
| | 5 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | 9 | 9.07 | 10.42 | 10.45 | 10.39 | 10.6 | 10.47 | 14.3 | | |
| | | | | | | | | | | | เฉลี่ย 14.17 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าความถี่ของเสียงจากการทดสอบสมบัติการกั้นเสียงที่อัตราส่วนต่างๆ ของแผ่นใยไม้อัดจากใบสับประคตสม โฟมพอลิไศไตรนความหนาแน่น 0.3 g/cm³

| Fc(Hz) | ครั้งที่ | อัตราส่วน | | | | |
|--------|--------------------|-----------|-------|----------|----------|----------|
| | | 80/20 | 85/15 | 90/10 | 95/15 | 100 |
| 250Hz | 1 | 64.8 | 65.1 | 65 | 65.4 | 65.2 |
| | 2 | 64.8 | 65 | 65 | 65.4 | 65.4 |
| | 3 | 64.9 | 65.2 | 65.2 | 65.3 | 65.2 |
| | เฉลี่ย | 64.83 | 65.1 | 65.07 | 65.37 | 65.27 |
| | %Ab _{avg} | 1.32 | 0.91 | 0.96 | 0.5 | 0.65 |
| | STD | 0.057735 | 0.1 | 0.11547 | 0.057735 | 0.11547 |
| Fc(Hz) | ครั้งที่ | อัตราส่วน | | | | |
| 500Hz | 1 | 69.1 | 70 | 70 | 69.4 | 69.4 |
| | 2 | 69 | 70 | 70 | 69.4 | 69.4 |
| | 3 | 69.3 | 70 | 70.1 | 69.4 | 69.3 |
| | เฉลี่ย | 69.13 | 70 | 69.97 | 69.4 | 69.4 |
| | %Ab _{avg} | 3.31 | 2.1 | 2.14 | 2.94 | 2.94 |
| | STD | 0.152753 | 0 | 0.152753 | 0 | 0.057735 |
| Fc(Hz) | ครั้งที่ | อัตราส่วน | | | | |
| 1000Hz | 1 | 66.4 | 67.2 | 67.6 | 67.6 | 67 |
| | 2 | 66.1 | 66.8 | 67.2 | 67.7 | 66.8 |
| | 3 | 65.7 | 67.5 | 67.5 | 67.4 | 66.7 |
| | เฉลี่ย | 66.07 | 67 | 67.43 | 67.57 | 66.83 |
| | %Ab _{avg} | 4.93 | 3.6 | 2.98 | 2.78 | 3.84 |
| | STD | 0.351188 | 0.2 | 0.208167 | 0.152753 | 0.152753 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าความถี่ของเสียงจากการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่อัตราการส่วนต่างๆ ของแผ่นใยไม้อัดจากใบตลับประรดผสมโฟมพอลิเอทีเรีนความหนาแน่น 0.3 g/cm³
(ต่อ)

| Fc(Hz) | ครั้งที่ | อัตราส่วน | | | | | |
|--------|--------------------|-----------|-------|----------|----------|----------|--|
| | | 80/20 | 85/15 | 90/10 | 95/15 | 100 | |
| 2000Hz | 1 | 68.4 | 67.2 | 67.6 | 67.6 | 67 | |
| | 2 | 66.1 | 66.8 | 67.2 | 67.7 | 66.8 | |
| | 3 | 65.7 | 67 | 67.5 | 67.4 | 66.7 | |
| | เฉลี่ย | 66.07 | 67 | 67.43 | 67.57 | 66.83 | |
| | %Ab _{avg} | 2.74 | 1.37 | 0.74 | 0.53 | 1.62 | |
| | STD | 0.351188 | 0.2 | 0.208167 | 0.152753 | 0.152753 | |
| Fc(Hz) | ครั้งที่ | อัตราส่วน | | | | | |
| | | 80/20 | 85/15 | 90/10 | 95/15 | 100 | |
| 4000Hz | 1 | 64.5 | 64.7 | 65.8 | 66.7 | 64.6 | |
| | 2 | 64.6 | 64.6 | 65.7 | 66.8 | 64.3 | |
| | 3 | 64.7 | 64.8 | 65.5 | 66.7 | 64.5 | |
| | เฉลี่ย | 64.6 | 64.7 | 65.67 | 66.73 | 64.47 | |
| | %Ab _{avg} | 9.81 | 9.67 | 8.32 | 6.84 | 9.99 | |
| | STD | 0.1 | 0.1 | 0.152753 | 0.057735 | 0.152753 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าความถี่ของเสียงจากการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่อัตราการสั่นต่าง ๆ ของแผ่นใยไม้อัดจากโบบิลิปรีดผสมโพลีเอทิลีนความหนาแน่น 0.6 g/cm³

| Fc(Hz) | ครั้งที่ | อัตราส่วน | | | | |
|--------------------|--------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 80/20 | 85/15 | 90/10 | 95/15 | 100 |
| 250Hz | 1 | 65 | 65.1 | 65.2 | 65.5 | 65.5 |
| | 2 | 65.1 | 65 | 65.2 | 65.6 | 65.5 |
| | 3 | 65 | 64.8 | 65.2 | 65.4 | 65.4 |
| | เฉลี่ย | 65.03 | 64.97 | 65.2 | 65.5 | 65.47 |
| | %Ab _{avg} | 1.02 | 1.11 | 0.77 | 0.3 | 0.35 |
| | STD | 0.057735 | 0.152753 | 0 | 0.1 | 0.057735 |
| 500Hz | อัตราส่วน | | | | | |
| | ครั้งที่ | 80/20 | 85/15 | 90/10 | 95/15 | 100 |
| | 1 | 69.5 | 70.2 | 70.5 | 70.6 | 70 |
| | 2 | 69.6 | 70.4 | 70.6 | 70.6 | 70.1 |
| | 3 | 69.6 | 70.4 | 70.6 | 70.9 | 70.1 |
| | เฉลี่ย | 69.57 | 70.33 | 70.57 | 70.7 | 70.07 |
| %Ab _{avg} | 2.77 | 1.64 | 1.32 | 1.12 | 2 | |
| STD | 0.057735 | 0.11547 | 0.05795 | 0.173205 | 0.057735 | |
| 1000Hz | อัตราส่วน | | | | | |
| | ครั้งที่ | 80/20 | 85/15 | 90/10 | 95/15 | 100 |
| | 1 | 63.5 | 63.8 | 63.8 | 63.7 | 64.5 |
| | 2 | 63.6 | 63.6 | 63.8 | 63.8 | 64.7 |
| | 3 | 63.5 | 63.7 | 63.8 | 63.9 | 64.6 |
| | เฉลี่ย | 63.53 | 63.7 | 63.8 | 63.8 | 64.6 |
| %Ab _{avg} | 8.88 | 9.1 | 8.2 | 8.93 | 7.05 | |
| STD | 0.057735 | 0.1 | 8.7E-15 | 0.1 | 0.1 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าความถี่ของเสียงจากการทดสอบสมรรถภาพการได้ยินที่อัตราส่วนต่าง ๆ ของแผ่นใยไม้จากใบตลับประดศสม โฟมพอลิสไตรีนความหนาแน่น 0.6 g/cm³
(ต่อ)

| Fc(Hz) | ครั้งที่ | อัตราส่วน | | | | |
|--------|--------------------|-----------|---------|----------|---------|---------|
| | | 80/20 | 85/15 | 90/10 | 95/15 | 100 |
| 2000Hz | 1 | 67.6 | 67.6 | 67.7 | 67.6 | 67 |
| | 2 | 67.6 | 67.7 | 67.8 | 67.8 | 67.2 |
| | 3 | 67.5 | 67.5 | 67.8 | 67.6 | 67 |
| | เฉลี่ย | 67.57 | 67.6 | 67.77 | 67.67 | 67.07 |
| | %Ab _{avg} | 0.53 | 0.49 | 0.23 | 0.38 | 1.27 |
| | STD | 0.057735 | 0.1 | 0.057735 | 0.11547 | 0.11547 |
| Fc(Hz) | ครั้งที่ | อัตราส่วน | | | | |
| | | 80/20 | 85/15 | 90/10 | 95/15 | 100 |
| 4000Hz | 1 | 61.6 | 61.9 | 63.1 | 64.1 | 65.2 |
| | 2 | 61.5 | 62.6 | 63.3 | 64.3 | 65 |
| | 3 | 61.8 | 62.7 | 63.7 | 64.2 | 65 |
| | เฉลี่ย | 61.63 | 62.4 | 63.37 | 64.2 | 65.07 |
| | %Ab _{avg} | 13.96 | 12.89 | 11.53 | 10.37 | 9.16 |
| | STD | 0.152753 | 0.43589 | 0.305505 | 0.1 | 0.11547 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] วรธรรม ชุ่นจิตติชัย. 2541 . เทคโนโลยีทางไม้เกี่ยวกับอุตสาหกรรม การผลิตแผ่น ปราร์ติเกิล (แผ่นขึ้นไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต. กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สวทวิชัย และพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้
- [2] กมลทิพย์ มุมิ และ รัชนีกุล บุญหนูกลับ. 2541. การปรับปรุงพอลิเมอร์คอมโพสิตจาก เส้นใย มะพร้าวโดยวิธีการตอกลงแบบรีดอกซ์. ปริญญาณิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะ วิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .
- [3] learning. 2005. พอลิสไตรีน. [Online]. Available: http://www.learning.bkt.ac.th/science_new/file4/14-31.htm
- [4] Klempner D. and Frisch K.C. *Handbook of Polymeric Foams and Foam Technology*. New York: Hanser. 1991.
- [5] Klempner D. and Frisch K.C. *Handbook of Polymeric Foams and Technology* New York: Hanser. 1969.
- [6] จินดารัฐ วีระวุฒิ, สืบประวัติและศรัทธาวิทยาการเจริญเติบโตของสืบประวัติ, กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.
- [7] C.P. Sideris, B.H. Krauss, and H.Y. Young, *DISTRIBUTION OF NITROGENOUS AND CARBOHYDRATE FRACTIONS AND OTHER SUBSTANCES IN EXPOSED AND COVERED PINEAPPLE SISTER SHOOTS*, *Plant Physiol.* 1940 April; 15(2):225-255.
- [8] kanchanapisek. 1997. *phenolformaldehyde*. [Online]. Available: <http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK28/chapter8/t28-8-l3.htm>
- [9] Preecha Kiatkrajay. 1988. *Adesives and Adhesion between Wood Substrates*. Bangkok, Forestry Faculty. Krasetsart University
- [10] Gray, V.R. 1961. *Wetting Adhesion and Penetration of Surface Coating on Wood*. *Journal of the Oil and Colour Chemists Association*, Vol 44,pp 756-758
- [11] Modern Particalboard and Dry-process fiberboard manufactory
- [12] ก่องกัญจน์ ภัทรากาญจน์ และ ธนกาญจน์ ภัทรากาญจน์. 2522. *คลื่น เสียง แสง* . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร. 148 หน้า
- [13] สมพงษ์ ใจดี. 2523. *คลื่น เสียง แสง* . กรุงเทพมหานครการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] Cuniff, P. 1977. *Environmental Noise Pollution*. John Wiley and Sons, NewYork 210 pp.
- [15] Reynolds, D.D. 1981. *Engineering Principles of Acoustics Noise and Vibration Control*. Allyn and Bacon Inc. Boston. 641 pp.
- [16] Harris, C.M. 1979. *Handbook of Noise Control*. 2d ed., McGraw-Hill, Rain- Bridge, Taiwan
- [17] Sirinun W. and Supansa O. *Particleboards of Polystyrene/Bagasses for Sound Absorption*. Bachelor of Science Degree King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 2002
- [18] Thanawan A. *Sound Absorption and Thermal Insulation of Particleboard made from Bagasses and Polystyrene Foam*. Master of Science Degree King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 2004
- [19] วรางคณา วงศ์โรจน์กุล อภิสรา เรืองกุล อรณลิน ศิริวรรณ ศึกษาการเตรียมแผ่นใยไม้อัดที่ความหนาแน่น 300 กก./ม³ จากเส้นใยมะพร้าวผสมโฟมพอลิสไตรีน, ปริญญาโท ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [20] Prawit Arunwattanachok, *Study of Sound Absorption and Flame Retardant Properties of Particleboard made from Bagasses Coconut Coir and Polystyrene Foam*, Master of Science Degree King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 2005
- [21] สุขปา เนตรประดิษฐ์ ธนธร ทองสัมฤทธิ์ นิตศน์ ทิพย์โสตนัยนา พัฒนากระดาชไบ สืบประรด ให้เหมาะสมต่อการพิมพ์บรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์
- [22] นันทยา เก่งเขตรกิจและจันทราวรรณ พุ่มชูศักดิ์ ศึกษาการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพอลิสไตรีนโดยใช้เส้นใยสับประรดเป็นตัวเสริมแรง
- [23] R.M.N. Arib, S.M. Sapuan, M.M.H.M. Ahmad, M.T. Paridah, H.M.D. Khairul Zaman. *Mechanical properties of pineapple leaf fiber reinforced polypropylene composites*, Materials & Design, Volume 27, Issue 5, 2006, Pages 391-396
- [24] Narendra Reddy and Yiqi Yang. *Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications*, Trends in Biotechnology, Volume 23, Issue 1, January 2005, Page 22-27.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้