การศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

A STUDY AND DEVELOPMENT ON COMPOSITE BOARD OF WASTE FROM TAMARIND PROCESSING INDUSTRY

เศกสิทธิ์ บุญเสริม
SEKSITH BOONSERM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2547

ISBN 974-9708-35-0

การศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

A STUDY AND DEVELOPMENT ON COMPOSITE BOARD OF WASTE FROM TAMARIND PROCESSING INDUSTRY

เศกสิทธิ์ บุญเสริม
SEKSITH BOONSERM

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2547

ISBN 974-9708-35-0

การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตใ
ดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอก

A STUDY AND DEVELOPMENT ON COMPOSITE BOARD OF WASTE FROM TAMARIND PROCESSING INDUSTRY

SEKSITH BOONSERM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF INDUSTRIAL EDUCATION IN INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2004

ISBN 974-9708-35-0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2004
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม
ชื่อนักศึกษา	นายเศกสิทธิ์ บุญเสริม
รหัสประจำตัว	44064809
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2547
ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม
ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุดมศักดิ์ สาริบุตร อาจารย์ วรธรรม อุ่นจิตติชัย

บทคัดย่อ

การผลิตแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้เปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด มี 6 ประเภทตามอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 / 4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 ใช้กรรมวิธีการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยไฮดรอลิค ขึ้นรูปเป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดชั้นเดียวแบบอัดราบ ผลการพัฒนาพบว่าแผ่นประกอบมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของแผ่นประกอบ 0.72 - 0.78 กรัม./ลบ.ซม. ค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยของแผ่นประกอบ 5.15 - 8.17 เปอร์เซ็นต์ ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของแผ่นประกอบ 48.23 – 62.19 เปอร์เซ็นต์ ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำเฉลี่ยของแผ่นประกอบ 13.28 – 32.00 เปอร์เซ็นต์ ค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยของแผ่นประกอบ 2.00 – 21.91 นิวตัน/ตร.มม ค่าแรงยึดเหนี่ยวภายในเฉลี่ยของแผ่นประกอบ 0.59 – 2.28 นิวตัน/ตร.มม ค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวเฉลี่ยของแผ่นประกอบ 206.43 – 1,223.79 นิวตัน ผลการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) พบว่าการใช้ปริมาณอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่แตกต่างกันจะมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ดังนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบด้านความหนาแน่น, ปริมาณความชื้น,และความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวเฉลี่ยของแผ่นประกอบมีคุณสมบัติทางกายภาพผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ทุกอัตราส่วน

2. ผลการทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านแรงดัด และความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว พบว่ามีความแตกต่างกันทุกอัตราส่วน นอกนั้นคุณสมบัติทางกายภาพด้านปริมาณความชื้น, การดูดซึมน้ำ, การพองตัวเมื่อแช่น้ำ, และแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบผลการเปรียบเทียบพบว่ามีความแตกต่างกันบางอัตราส่วน

สรุปได้ว่า การใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่แตกต่างกันจะมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันโดยแนวโน้มปริมาณของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามในอัตราส่วนที่สูงขึ้นมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Report	A Study and development on composite board of waste from tamarind Processing industry
Studen	Mr.Seksith Boonserm
Student ID.	44064809
Degree	Master of Industrial Education
Programme	Industrial Design Technology
Year	2004
Thesis Adviser	Assistant Professor Dr. Lertlak Klinhom
Thesis Co-adviser	Assistant Professor Udomsak Saribut
	Mr.Woratham OOnjittichai

ABSTRACT

The six kinds of composite board were made from the husk and placenta of tamarind pod. The weight ratio of the husk to placenta were 10:0 / 8::2 / 6:4 / 4:6 / 2:8 / 0:10 The composite boards were made by hydraulic hot compression to form flat one layer particleboard and using urea-formaldehyde resin at 15 % dry resin based on dry weight of woody particle . The average board densities at 0.72-0.78 g/cm^3. The average board water content at 4.56 - 8.97 % .The average board water absorption at 48.23 - 62.19 % .The average board thickness swelling at 13.28 - 32.00 %. The average board bending strength at 2.00 - 21.91 N./mm^2. The average board internal bond at 0.59 - 2.28 N./mm^2. The average board wood screw holding power at 206.43 - 1,223.79 N.
The mechanical properties of composite boards were investigated according to standard method of (JIS A5908-1994 particleboards) and resulted that.

1. The composite boards were made from the husk and placenta of tamarind pod. met those requirement of JIS A5908-1994 : Particleboards At seem the density, water content, and internal bond.

2. A result of physical properties of composite boards of waste from tamarind processing industry of ratios was revealed that the physical properties on density of composite boards was not different. However, the physical properties on Bending strength and wood screw holding power were found that there were different ratios. On the other hand, the physical properties on water content, water absorption,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

thickness swelling,and internal bond of composite boards were revealed that there were some different ratios.

It could be concluded that the husk and placenta were highly significant affecting on board properties. And the ratio that had more placenta would likely make the higher quality of the composite boards according to standard method of (JIS A 5908 -1994 : Particleboards)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร และอาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและช่วยชี้แนะตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ. สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ ดร. ผดุงชัย ภู่พิพัฒน์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องจุดต่างๆ ของวิทยานิพนธ์ เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า และเป็นแนวทางมาใช้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ช่วยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกระหว่างการดำเนินงานสร้างแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

ขอขอบพระคุณ คุณเมธี ทองอ่อน แห่งบริษัท Eternal Resin กรุ๊ป ที่ให้ความสนับสนุนในด้านของ กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ที่มาใช้เป็นตัวประสานชิ้นไม้ในการอัดขึ้นรูปแผ่นประกอบ

ขอขอบพระคุณหัวหน้าฝ่ายทดสอบเครื่องเรือน ส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและคอมโพสิท คุณชัยยา ศรีอำไพ ที่อนุเคราะห์และให้คำแนะนำในกระบวนการทดสอบแก่ผู้วิจัยในการทดสอบหาคุณสมบัติของแผ่นประกอบ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณทวี แก้วมณี ผู้อำนวยการส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและคอมโพสิท ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ชี้แนะตรวจสอบผลการทดสอบและการรายงานผลการทดสอบ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ผู้ที่เคารพรักยิ่ง รวมทั้ง พี่-น้อง ทุกคน ที่ได้ให้ความรัก ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือในทุกๆด้านตลอดมา

ขอขอบคุณผู้ที่อยู่เบื้องหลังและบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุนตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา คุณค่า และประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และครู – อาจารย์ ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง

เศกสิทธิ์ บุญเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....X

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....3

1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....4

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....4

1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....5

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....8

2.1 มะขาม.....8

2.2 แผ่นประกอบ.....11

2.3 แผ่นชิ้นไม้อัด หรือปาร์ติเคิลบอร์ด.....12

2.4 แผ่นเยื่อไม้อัด.....26

2.5 กาว.....27

2.6 การยึดติดและระหว่างหน้า.....29

2.7 มาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908-1994).....31

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....36

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....38

3.1 แหล่งวัสดุที่นำมาใช้พัฒนา.....38

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....38

3.3 สภาวะที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบ.....39

3.4 กระบวนการพัฒนาแผ่นประกอบ.....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 การเก็บและรวบรวมข้อมูล.....56
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....57

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....58
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....59
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบ โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One-Way Analysis of Variance 73
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบ โดยใช้สถิติการเปรียบเทียบแบบพหุคูณ.....80

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....86
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....86
5.2 สมมุติฐานการวิจัย.....86
5.3 ขอบเขตของการวิจัย.....87
5.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์.....88
5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....88
5.8 สรุปผลการวิจัย.....89
5.9 อภิปรายผล.....93
5.10 ข้อเสนอแนะ.....98

บรรณานุกรม.....100

ภาคผนวก.....102
ภาคผนวก ก. ผลการทดสอบทางเคมีของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม.....102
ภาคผนวก ข. วิธีการคำนวณหาปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบ....105
ภาคผนวก ค. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994).....109
ภาคผนวก ง. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพแผ่นประกอบ.....137
ภาคผนวก จ. รายละเอียดผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพแผ่นประกอบ.....143

ประวัติผู้เขียน.....168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตารางแสดงการเตรียมแผ่นทดสอบ.....32

4.1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความหนาแน่นของแผ่นประกอบ.....59

4.2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบ.....61

4.3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบ.....63

4.4 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบ.....65

4.5 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบ.....67

4.6 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบ.....69

4.7 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว ของแผ่นประกอบ.....71

4.8 ตารางแสดงผลเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้าน ความหนาแน่นของแผ่นประกอบ.....73

4.9 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้าน ปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบ.....74

4.10 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้าน การดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบ.....75

4.11 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้าน การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบ.....76

4.12 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้าน ความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบ.....77

4.13 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้าน แรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบ.....78

4.14 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้าน ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบ.....79

4.15 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบ.....80

4.16 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบ.....81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.17 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบ.....82

4.18 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบ.....83

4.19 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบ.....84

4.20 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ของคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบ.....85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะของฝักมะขามหวานพันธุ์พื้นบ้าน....9

2.2 ภาพตัด (Section) แสดงรายละเอียดส่วนประกอบของฝักมะขาม....10

2.3 เครื่องตีย่อยขนาดวัตถุดิบชิ้นไม้....17

2.4 เครื่องร่อนคัดแยกขนาดแบบสั่น (Vibrating) 19

2.5 ผังแสดงเครื่องผสมแบบหมุน....21

2.6 เครื่องผสมกาวแบบหมุน....22

2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการอัดและอุณหภูมิตรงกลางแผ่น....24

2.8 เครื่องอัดร้อนด้วยไฮดรอลิคแบบแท่น....25

2.9 แสดงตำแหน่งที่วัดความกว้าง, ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ....32

2.10 แสดงการทดสอบแรงดัด....34

2.11 แสดงการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน....35

2.12 แสดงตำแหน่งการทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว....35

3.1 การตอกทุบ (Hammermills) เปลือกของฝักมะขาม....40

3.2 การตีสับ (Wing – beater Mills) รกหุ้มเนื้อ ของฝักมะขาม....41

3.3 การตีสับ (Wing – beater Mills) รกหุ้มเนื้อ ของฝักมะขาม....41

3.4 การร่อนเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามในเครื่องร่อนตะแกรงเบอร์ 3....42

3.5 การทดสอบหาค่าความชื้นของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม....42

3.6 การอบไล่ความชื้นของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม....43

3.7 การชั่งเปลือก,รกหุ้มเนื้อของฝักมะขามและกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์....43

3.8 การนำเปลือก,รกหุ้มเนื้อของฝักมะขามใส่ลงในเครื่องคลุกผสม....44

3.9 การฉีดพ่นกาวในเครื่องคลุกผสม....44

3.10 การโรยเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามลงกล่องเตรียมแผ่นอัด....45

3.11 การอัดแผ่นประกอบด้วยเครื่องอัดร้อนด้วยไฮดรอลิค....45

3.12 แผ่นประกอบที่ได้จากการอัด....46

3.13 การเก็บพักแผ่นไว้และทิ้งปรับสภาพแผ่น 7 วัน....46

3.14 แสดงตัวอย่างการตัดแผ่นชิ้นทดสอบ....48

3.15 การวัดขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ....49

3.16 การชั่งน้ำหนักแผ่นทดสอบ....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.17 การวัดขนาดความหนาของชิ้นทดสอบ....50

3.18 แสดงการทดสอบหาปริมาณความชื้นโดยนำชิ้นทดสอบเข้าเตาอบ....50

3.19 แสดงการทดสอบการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำ....51

3.20 ชิ้นทดสอบที่แช่น้ำความสูงของระดับน้ำ 30 มิลลิเมตร....51

3.21 ชิ้นทดสอบภายหลังการแช่น้ำ....52

3.22 แสดงการทดสอบแรงดัด....52

3.23 ชิ้นทดสอบภายหลังการทดสอบแรงดัด....53

3.24 การยึดแผ่นทดสอบกับแท่งไม้ด้วยกาวยูเรียฮาร์ดดินเนอร์....53

3.25 แสดงการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน....54

3.26 ตัวอย่างแสดงการแยกตัวออกจากกันของชิ้นทดสอบ....54

3.27 ชิ้นทดสอบความยึดเหนียวของตะปูเกลียว....55

3.28 แสดงการทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว....55

4.1 แสดงแผ่นประกอบที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม....58

4.2 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน....60

4.3 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน....62

4.4 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน....64

4.5 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน....66

4.6 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน....68

4.7 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าแรงยึดเหนียวภายในของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน....70

4.8 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าความยึดเหนียวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบ
ทั้ง 6 อัตราส่วน....72

5.1 ผลิตภัณฑ์จากแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม....99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีการเพาะปลูกไม้ผลอยู่หลายชนิดซึ่งบางชนิดไม่สามารถปลูกได้ในต่างประเทศ จึงถือได้ว่าเป็นข้อได้เปรียบทางด้านทรัพยากรธรรมชาติ และการได้เปรียบตรงจุดนี้ จึงน่าเป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้สามารถนำทรัพยากรเหล่านั้นมาใช้ให้เกิดคุณค่าและได้ประโยชน์สูงสุดในการพัฒนาประเทศ (มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2543 : 14)

มะขาม คือผลไม้ชนิดหนึ่งที่สร้างชื่อเสียงให้กับชาวจังหวัดเพชรบูรณ์ให้ได้เป็นที่รู้จักแก่ผู้คนโดยทั่วไปทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศดังคำขวัญของจังหวัดเพชรบูรณ์ที่ว่า
" เมืองมะขามหวาน อุทยานน้ำหนาว ศรีเทพเมืองเก่า เขาค้ออนุสรณ์ นครพ่อขุนผาเมือง "
ชื่อเสียงของ จังหวัดเพชรบูรณ์ ส่วนใหญ่นั้นจะเป็นในด้านของสถานที่ท่องเที่ยวและผลไม้ที่มีชื่อเสียงนั้นก็คือ มะขามหวาน จังหวัดเพชรบูรณ์มีพื้นที่ใช้ปลูกมะขามหวานกว่า 2 แสนไร่ โดยรวมผลผลิตที่ได้ปริมาณรวมกว่า 10,000 ตันต่อปี (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. 2544 : 2)

มะขามเป็นไม้ยืนต้นที่สามารถขึ้นได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยแต่ที่สามารถให้คุณภาพของผลผลิตที่ดีมีเพียงที่ จังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดใกล้เคียงเท่านั้นเหตุผลก็คือด้วยสภาพเงื่อนไขของคุณภาพดินที่ปลูกและสภาพของอากาศ ฯลฯ นอกจากนั้นยังเป็นเรื่องของสายพันธุ์ก็มีส่วนสำคัญซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลากหลายสายพันธุ์ทั้งนี้สามารถแบ่งประเภทของมะขามที่มีอยู่ในปัจจุบันได้ 2 ประเภทใหญ่ๆคือประเภทของมะขามหวาน เช่น สายพันธุ์ สีทอง หมื่นจง สีชมภู ขันตี ประกายทอง ส่วนอีกประเภทคือ มะขามเปรี้ยวซึ่งจะมีรสเปรี้ยว เช่น อินทผลัม หรือหนองเล จัดเป็นสายพันธุ์พื้นเมืองสามารถรับประทานได้ทั้งสดและดิบ นอกจากนั้นก็ยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างประเภทต่างๆ เช่น มะขามคลุก, มะขามกวน,มะขามแช่อิ่ม,เป็นต้น และนอกจากการแปรรูปเป็นอาหารว่างแล้วยังสามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของการประกอบอาหารนั้นก็คือในรูปของมะขามเปียก ซึ่งในแต่ละปีจะมีผลผลิตในด้านนี้เป็นจำนวนมาก (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2540 : 8)

มะขามที่รับประทานแล้วหรือเมื่อนำมาแปรรูปในลักษณะต่างๆ จะมีเศษที่ยังหลงเหลือและถือได้ว่าเป็นขยะอีกประเภทหนึ่ง ได้แก่ ส่วนของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม (โดยไม่นับรวมส่วนของเมล็ดเพราะยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะเป็นต้นกล้าได้อีก) ซึ่งขณะนี้ยังคงไม่มีวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการสิ่งเหล่านั้นได้วิธีการที่ใช้ในปัจจุบันคือการนำไปทิ้ง หรือปล่อยตากแดดให้แห้งแล้วจุดไฟเผาซึ่งก็อาจจะส่งผลต่อเนื่องจนกลายเป็นมลภาวะต่อไปได้ หรือถ้าหากปล่อยให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การย่อยสลายของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามเองโดยจุลินทรีย์ธรรมชาติก็ถือได้ว่าเป็นการสูญเปล่าของการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรจากธรรมชาติที่มีอยู่

ปัจจุบันลักษณะของการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม เพื่อจำหน่ายได้เริ่มเข้าสู่กระบวนการทางอุตสาหกรรมมากขึ้นด้วยสามารถที่จะผลิตส่งขายได้ปริมาณมากๆ ในรูปของอุตสาหกรรมขนาดย่อมในเขตพื้นที่ อำเภอหล่มเก่า มีผู้ประกอบการรายใหญ่อยู่หลายราย เช่น ร้านมะขามสารัช ตั้งอยู่ที่ หมู่ 11 บ้านวัดทุ่งธงไชย ตำบลหล่มเก่า อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ คุณสายชล คุ้มแวง ผู้จัดการทั่วไปร้านมะขามสารัช ถึงปริมาณผลผลิตผลิตภัณฑ์มะขามแปรรูปของร้าน มะขามสารัชสามารถผลิตผลิตภัณฑ์มะขามแปรรูปได้มากกว่า 100 ตัน ต่อปี โดยประมาณจากวัตถุดิบมะขามที่รับมาจากแหล่งที่ทำการแกะแล้วนำมาเก็บไว้ในโกดังแช่เย็นของโรงมะขาม

พื้นที่อำเภอหล่มเก่ามีแหล่งที่แกะเปลือกมะขามส่งโรงงานแปรรูปเป็นผลิตมะขามแปรรูปอยู่จำนวนมากโดยกระจายอยู่ตามบ้านในพื้นที่ หมู่ 10 และหมู่ 11 บ้านเมืองแบ่ง ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ จากการสำรวจตามบ้านที่ทำการแกะเปลือกทั้ง 2 หมู่บ้านมีรวมกันทั้งหมด 51 หลังคาเรือน และจากการศึกษาสำรวจเบื้องต้นโดยผู้วิจัยได้ทำการสุ่มข้อมูลอย่างง่ายโดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 หลังคาเรือน เพื่อทำการศึกษาแหล่งที่มาของเปลือกมะขามพบว่ามะขามที่ทำการแกะได้แก่มะขามพันธุ์พื้นบ้านทั่วไป เช่น สายพันธุ์อินทผลัม หรือหนองเล, และพันธุ์มะขามเปรี้ยวต่างๆ ที่ขึ้นตามบ้าน และสวนในเขตพื้นที่ อำเภอหล่มเก่า และอำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย ปริมาณของการแกะเปลือกฝักมะขามต่อหลังคาเรือนจะตกเฉลี่ยประมาณหลังคาเรือนละ 100 กิโลกรัม ต่อวัน ถ้าคิดโดยรวม ทั้งหมด 51 หลังคาเรือน จะได้ปริมาณของการแกะฝักมะขาม เท่ากับ $100 \times 51 = 5,100$ กิโลกรัมต่อวัน

จากการศึกษาปริมาณการแกะฝักมะขาม 2.7 กิโลกรัมจะสามารถแยกเป็นปริมาณของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม จากการแกะเท่ากับ 1 กิโลกรัม และปริมาณของเนื้อมะขามที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบผลิตภัณฑ์มะขามแปรรูปประเภทต่างๆ 1.7 กิโลกรัม ดังนั้น ปริมาณของเปลือกที่ได้จากการแกะทั้งหมดเท่ากับ $5,100 / 2.7 = 1,888.89$ กิโลกรัมต่อวัน มากกว่า 1 ตัน ต่อวัน เมื่อนำมาคัดแยกส่วนเฉพาะเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม โดยเทียบปริมาณของฝักมะขาม 1 กิโลกรัม จะได้ปริมาณเฉพาะส่วนของเปลือกเท่ากับ 0.52 กิโลกรัม และส่วนของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม เท่ากับ 0.19 กิโลกรัม และส่วนที่เหลือ 0.29 กิโลกรัมจะเป็นส่วนของเศษเหลือทิ้งอื่นๆ เช่น ฝักที่ เน่าเสียหาย, เศษเนื้อมะขามที่ติดอยู่, ก้านแข็งของฝักมะขาม, เป็นต้น (หาโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากมะขามพันธุ์พื้นบ้าน)

จึงเห็นได้ว่าปริมาณของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามในเขตพื้นที่อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ มีปริมาณมากและมีศักยภาพเพียงพอในการนำไปพัฒนาก่อให้เกิดประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และด้วยคุณลักษณะพิเศษด้านสีสันของเปลือกฝักมะขาม และคุณลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม ที่น่าจะสามารถนำไปพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าแก่วัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามได้

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการใช้ประโยชน์จากเศษไม้ และเศษเหลือทางการเกษตรอื่นๆ เพื่อผลิตเป็นอุตสาหกรรม มีความเจริญก้าวหน้าสูง สามารถใช้เศษไม้ และวัสดุเส้นใยจากพืชเกษตร มาย่อยละเอียดแล้วอัดเป็นแผ่นประกอบเพื่อนำมาทดแทนการใช้ไม้ธรรมชาติ (Wood-based panels) การผลิตวัสดุแผ่นประกอบจากเศษวัสดุต่างๆ เช่น ป่าน/ ปอ/ วัชพืช/ หญ้า/ ชานอ้อย/ หญ้าแฝก เป็นต้น กรรมวิธีการดังกล่าวใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยไฮดรอลิค เช่นเดียวกับการผลิต ปาร์ติเคิลบอร์ด, (วรธรรม และคณะ. 2545 : 186)

ความต้องการใช้ไม้แผ่นประกอบมีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ ด้วยสาเหตุหลักเพื่อใช้ทดแทนไม้ซุงในการนำไปแปรรูป การหันมาใช้วัตถุดิบประเภทต่างๆมาผลิตเป็นแผ่นประกอบเพื่อนำไปใช้สอยทดแทนไม้ โดยการคาดการณ์อัตราความต้องการแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ในปี พ.ศ.2560 จะมีความต้องการแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด 1.93 ล้านลบ.ม.จึงเห็นได้ว่าอัตราความต้องการยังมีสูงสวนทางกับวัตถุดิบที่สามารถใช้ได้ในปัจจุบัน ดังนั้นจำเป็นต้องแสวงหาแหล่งวัตถุดิบใหม่ๆ มาสนับสนุน และเสริมต่อให้เพียงพอต่อความต้องการในอนาคต (พรพิมล และคณะ. 2545 : 73)

เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่า และพัฒนาวัสดุเพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้และการใช้วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญในการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ได้แก่ ส่วนของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม ให้สามารถนำกลับมาพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นแนวทางในการสร้างวัสดุภัณฑ์ใหม่ในรูปของผลิตภัณฑ์วัสดุแผ่นประกอบ ถือได้ว่าเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดของการใช้ทรัพยากร ประการสำคัญเป็นการพัฒนาให้เกิดวัตถุดิบชนิดใหม่ เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้ ด้วยกรรมวิธีที่ไม่ยุ่งยาก และค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ผลิตในท้องถิ่นได้ โดยเฉพาะการนำไปผลิตและสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ของฝากของที่ระลึกของจังหวัดเพชรบูรณ์ในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 6 อัตราส่วน ในการทดลองผลิตเป็นแผ่นประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

3. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

1.3 สมมติฐานการวิจัย

แผ่นประกอบที่พัฒนาจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้อัตราส่วนเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่แตกต่างกันมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 การพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดจากกรรมวิธีการผลิตวัสดุแผ่นประกอบ ของกลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยกรรมวิธีการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยไฮดรอลิคเป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดชั้นเดียวแบบอัดราบ โดยใช้ กาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นตัวประสานในอัตราส่วน 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของกาวเหลวที่มีความเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักแห้งของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่ใช้พัฒนาผลิตแผ่นประกอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่ 0.7 กรัม/ลบ.ซม (โดยคำแนะนำของ อาจารย์วรธรรม อุ่นจิตติชัย)

1.4.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ใช้เกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดของประเทศญี่ปุ่น (JIS A 5908 – 1994) 7 ด้าน ได้แก่ ด้านกายสมบัติประกอบด้วย 1.ความหนาแน่น (Density), 2.ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content), 3.การดูดซึมน้ำ (Water Absorption), 4.การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling) และด้านกลสมบัติประกอบด้วย 5.ความต้านแรงดัด (Bending Strength), 6.แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond), 7.ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว(Wood Screw Holding Power) (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2543 : 89)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 แหล่งวัสดุที่นำมาใช้พัฒนา

วัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ซึ่งได้แก่ส่วนของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่ได้จากการแกะในพื้นที่ หมู่ 10 และหมู่ 11 บ้านเมืองแบ่ง ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

1.5.2 ตัวแปรต้น

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามในการผลิตแผ่นประกอบ โดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม ดังนี้ 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 / 4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 ตามลำดับ

1.5.3 ตัวแปรตาม

คุณสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ประกอบด้วย

คุณสมบัติทางกายสมบัติของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ได้แก่

1. ค่าความหนาแน่น (Density)
2. ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)
3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)
4. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)

คุณสมบัติทางกลสมบัติของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ได้แก่

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)
6. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)
7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1. อุตสาหกรรมแปรรูป หมายถึง อุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม เป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างประเภทต่างๆ เช่น มะขามคลุก, มะขามกวน,มะขามแช่อิ่ม,เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม หมายถึง เศษเหลือที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จากส่วนประกอบของฝักมะขามที่หลงเหลือจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

3. เปลือกมะขาม หมายถึง ส่วนที่อยู่ชั้นแรกสุดของฝักมะขามทำหน้าที่ห่อหุ้ม ส่วนเนื้อ, ส่วนรกหุ้มเนื้อและเมล็ดของฝักมะขาม

4. รกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม หมายถึง ส่วนประกอบของฝักมะขามเป็นเยื่อเลี้ยงการเจริญของฝักและเนื้อมะขาม ช่วยในการหุ้มเนื้อของฝักมะขามและยึดเกาะจากส่วนกิ่งของผลฝักมะขาม

5. แผ่นประกอบ หมายถึง สิ่งที่พัฒนาจากเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม โดยการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยไฮดรอลิค ใช้อัตราส่วนของ กาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวประสานเพื่อเป็นวัสดุทดแทนการใช้ไม้

6. การอัดขึ้นรูปร้อน หมายถึง กระบวนการขึ้นรูปวัสดุแผ่นประกอบ โดยใช้ กาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นตัวประสานและอัดด้วยความร้อนโดยใช้ไฮดรอลิคในการอัดให้เป็นแผ่น

7. กาว หมายถึง สารอินทรีย์สังเคราะห์ ยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์ ใช้เป็นตัวประสานเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกาะยึดระหว่างกาวกับเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

8. กาว ยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์ 15 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง ปริมาณของกาวที่ใช้เมื่อเทียบกับปริมาณของกาวน้ำที่มีความเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับวัสดุเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามแห้งที่นำมาพัฒนาผลิตเป็นแผ่นประกอบพบว่าเป็นปริมาณของเนื้อกาวแห้ง 9.74 เปอร์เซ็นต์

9. แผ่นปาร์ติเคิล (Particleboard) หมายถึง ลักษณะของวัสดุที่เป็นชิ้นไม้ที่ถูกสับย่อยให้มีขนาดต่างๆ แล้วยึดติดด้วยกรรมวิธีการอัดร้อนโดยใช้ไฮดรอลิคมีกาวเป็นส่วนประกอบสำหรับการเกาะยึดชิ้นไม้ให้เป็นแผ่น

10. คุณสมบัติทางกายภาพ หมายถึง ลักษณะตามธรรมชาติที่สามารถอธิบายได้โดยหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ทราบคุณลักษณะของแผ่นประกอบ

11. คุณสมบัติทางกายสมบัติ หมายถึง คุณลักษณะพื้นฐานที่ปรากฏคุณสมบัติและลักษณะเฉพาะของแผ่นประกอบ ได้แก่

11.1 ความหนาแน่น หมายถึง ปริมาตรของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม สามารถหาได้โดยการชั่งน้ำหนักหามวลของแผ่นแล้วหารด้วยขนาดความกว้าง ×ความยาว × ความหนา ของแผ่นประกอบ มีหน่วยเป็น กรัม/ลบ.ซม

11.2 ปริมาณความชื้นของแผ่น หมายถึง เปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบของน้ำที่แทรกอยู่ภายในของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยวัดจากน้ำหนักของแผ่นประกอบก่อนอบแห้งลบด้วยน้ำหนักของแผ่นประกอบภายหลังการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.3 การดูดซึมน้ำ หมายถึง ปฏิกิริยาการซึมซับน้ำของแผ่นประกอบสามารถหาได้โดยการชั่งน้ำหนักแผ่นประกอบก่อนการแช่น้ำลบน้ำหนักแผ่นประกอบหลังการแช่น้ำ คิดค่าเป็นเปอร์เซ็นต์

11.4 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ หมายถึง การขยายตัวของแผ่นประกอบภายหลังจากการเกิดปฏิกิริยาการซึมซับน้ำของแผ่นประกอบเมื่อแช่น้ำสามารถหาได้โดยการวัดความหนาแผ่นประกอบก่อนการแช่น้ำลบความหนาแผ่นประกอบหลังการแช่น้ำคิดค่าเป็น เปอร์เซ็นต์

12. คุณสมบัติทางกลสมบัติ หมายถึง คุณลักษณะของแผนประกอบที่สามารถนำไปใช้งานประกอบโดยการทดสอบและอธิบายผลทางด้านฟิสิกส์

12.1 ความต้านแรงดัด หมายถึง ค่าที่ยอมรับภาระแรงกระทำจากการกดของแผ่นประกอบโดยเครื่องกดทดสอบจนกระทั้งเกิดการเสียหายของแผ่น มีหน่วยเป็น นิวตัน/ตร.มม

12.2 แรงยึดเหนี่ยวภายใน หมายถึง ค่าที่ได้จากแรงดึงจากความยึดเหนี่ยวซึ่งกันของแผ่นประกอบต่อแท่งไม้ที่ยึดติดกับพันธะภายในของแผ่นประกอบด้วยกาวยูเรียฮาร์ดดินเนอร์ มีหน่วยเป็น นิวตัน/ตร.มม

12.3 ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว หมายถึง ค่าแรงดึงที่ได้จากการเกาะยึดของตะปูเกลียวกับแผ่นประกอบมีหน่วยเป็น นิวตัน

13. มาตรฐานของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) หมายถึง ค่าที่กำหนดคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติ ของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่กำหนดชั้นคุณภาพของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ของประเทศญี่ปุ่น ได้แก่

คุณสมบัติทางกายสมบัติประกอบด้วย

1. ค่าความหนาแน่น (Density)	0.40 – 0.90	กรัม/ลบ.ซม.
2. ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)	5 – 13	เปอร์เซ็นต์
3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)	-	เปอร์เซ็นต์
4. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)	12	เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติทางกลสมบัติประกอบด้วย

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)	18	นิวตัน/ตร.มม.
6. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)	0.3	นิวตัน/ตร.มม
7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)	500	นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ เพื่อนำมาประกอบการวิจัย ดังนี้

2.1 มะขาม (Tamarind)

2.2 แผ่นประกอบ (Composites)

2.3 แผ่นชิ้นไม้อัด หรือปาร์ติเคิลบอร์ด (Particleboard)

2.4 แผ่นเยื่อไม้อัด (Fiberboard)

2.5 กาว (Glue)

2.6 การยึดติดและระหว่างหน้า (Adhesion and Interface)

2.7 มาตรฐานอุตสาหกรรม (JIS A 5908 – 1994)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะขาม (Tamarind)

มะขามมีชื่อทางภาษาอังกฤษว่า Tamarind ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Tamarind Indica L .อยู่ในตระกูล Leguminosae มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ทางตอนใต้ของเอเชียและที่ทางตะวันออกของทวีปแอฟริกา มะขามเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางเป็นไม้ที่มีการเจริญเติบโตช้า เริ่มทิ้งใบในช่วงฤดูแล้งจะแตกใบออกมาใหม่ช่วงฤดูฝนฝักมะขามจะแก่และสามารถเก็บผลผลิตได้ประมาณ เดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ จังหวัดเพชรบูรณ์มีพื้นที่ใช้ปลูกมะขามหวานกว่า 2 แสนไร่ โดยรวมผลผลิตที่ได้ปริมาณรวมกว่า 10,000 ตันต่อปี (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. 2544 : 51)

2.1.1 รูปลักษณะของฝักมะขามพันธุ์ต่าง ๆ

1. พันธุ์สีทอง(นายหยัด) มีฝักใหญ่ โค้งปานกลาง ยาวประมาณ 11 cm. น้ำหนักฝักประมาณ 20-40 ฝักต่อกิโลกรัม ฝักมีความสม่ำเสมอดี เปลือกฝักหนามีสีขาวนวล เนื้อหนาฉ่ำ มีสีคล้ายทอง เมล็ดโต เนื้อประมาณร้อยละ 45 ของน้ำหนักฝักสุก ฝักไม่ค่อยดก

2. พันธุ์สีชมภู ฝักตรงหรือโค้งเล็กน้อย ยาวประมาณ 11 cm. น้ำหนักฝักประมาณ 48-55 ฝักต่อกิโลกรัม ติดฝักดก มีฝักข้อเดี่ยวมาก ฝักมีรูปร่างกลม ท้องแบนคอดตรงปลายฝัก เนื้อประมาณ 43 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักฝักสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. พันธุ์ขันตี ฝักตรงกลมหรือโค้งเล็กน้อย ยาวประมาณ 10 cm.ฝักดก น้ำหนักฝักประมาณ 35 - 40 ฝักต่อกิโลกรัม เปลือกฝักหนาสีน้ำตาลปนสีขาวนวล รกหุ้มเนื้อมีมาก มีเนื้อประมาณร้อยละ 46 ของน้ำหนักฝักสุก

4. พันธุ์อินทผลัม (หนองเล) ฝักแบนแต่หนา (หน้าตัดเป็นรูปวงรี) ฝักโค้งเล็กน้อยหรือโค้งปานกลาง สีน้ำตาล น้ำหนักฝักประมาณ 35 - 40 ฝักต่อกิโลกรัม เนื้อหนารสหวานอมเปรี้ยวเนื้อประมาณร้อยละ 46 ของน้ำหนักฝักสุก

5. พันธุ์ประกายทอง (ตาแป๊ะ) ฝักใหญ่ โค้งเล็กน้อย หน้าตัดฝักเป็นรูปวงรี เปลือกบางสีน้ำตาลอมเทา มีฝักดก น้ำหนักฝักประมาณ 25 - 30 ฝักต่อกิโลกรัม เนื้อหนานิ่มรสหวาน เนื้อประมาณร้อยละ 46 ของน้ำหนักฝักสุก

6. พันธุ์เจ้าเนื้อเศรษฐกิจ ฝักดกติดเป็นช่อ เปลือกฝักหนาแข็งแรง ไม่แตกง่ายเมื่อหล่นจากต้น เนื้อหวานเมล็ดลีบ เนื้อประมาณร้อยละ 45 ของน้ำหนักฝักสุก

7. พันธุ์น้ำผึ้ง เป็นพันธุ์ เบาติดฝักเร็วกว่าพันธุ์อื่น ฝักมีขนาดเล็กโค้งมากคล้ายวงม้อง ข้อของฝักนูนเด่นชัด เปลือกหนาสีน้ำตาลเทาเข้ม น้ำหนักฝักประมาณ 45 - 60 ฝักต่อกิโลกรัม เนื้อไม่มากมีรสหวานเข้มข้น เนื้อประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักฝักสุก

8. พันธุ์พื้นบ้าน ฝักคล้ายพันธุ์อินทผลัมแต่เหยียดตรงเล็กน้อยขนาดฝักสม่ำเสมอ รสเปรี้ยว เป็นพันธุ์เบาติดฝักเร็ว (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. 2536 : 53)

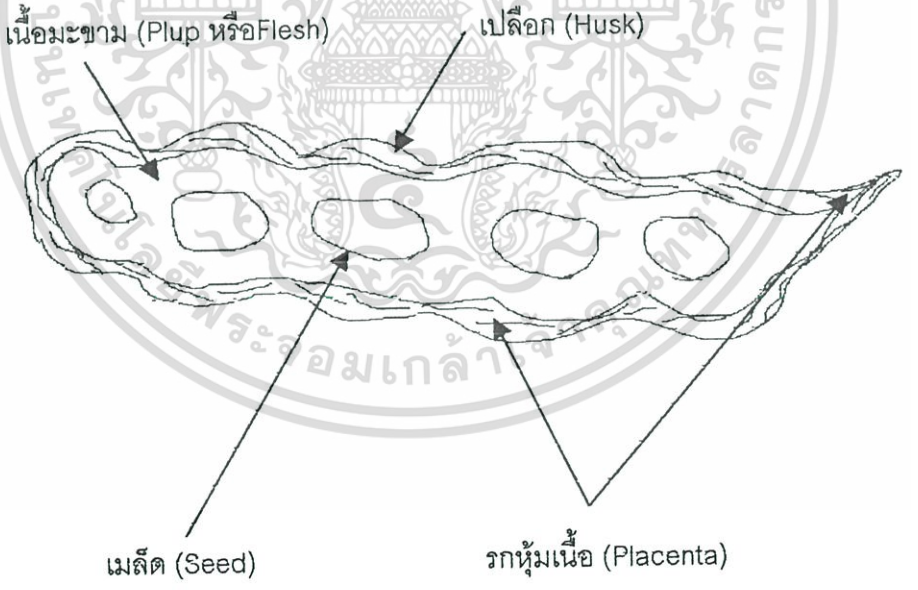
ภาพที่ 2.1 ลักษณะของฝักมะขามหวานพันธุ์พื้นบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ลักษณะของมะขาม

มะขามหวานเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ใบเป็นใบเล็กๆ ติดอยู่บนก้านใบใหญ่อีกที เรียกว่าใบประกอบ ดอกจะมีลักษณะดอกเดียว เป็นดอกสมบูรณ์ คือเกสรมีทั้งตัวผู้และตัวเมีย ลักษณะของฝักหรือผลมะขามเป็นแบบผลเดี่ยวแต่มีหลายเมล็ดมีตั้งแต่ 1 – 8 เมล็ด เป็นฝักยาวลักษณะแตกต่างกันออกไปตามสายพันธุ์ของมะขาม เปลือกจะแยกออกจากเนื้อฝัก ฝักของมะขามจะประกอบไปด้วยเปลือกที่ห่อหุ้มภายนอก, รกหุ้มเนื้อ, เนื้อมะขาม และส่วนของเมล็ด ทั้งนี้ส่วนประกอบต่างๆของฝักมะขามจะมีรายละเอียดแตกต่างกันออกไปตามสายพันธุ์ของมะขาม เช่น พันธุ์ขันตีจะมีฝักกลม ตรงหรือโค้งเล็กน้อย เปลือกหนาสีน้ำตาลปนขาวนวล เนื้อหนานุ่ม สีน้ำตาลแดง รสชาดหวาน เยื่อหุ้มเมล็ดหนาและเหนียว เมล็ดมีขนาดปานกลาง ส่วนที่ใช้รับประทานคือส่วนเนื้อของมะขามโดยสามารถรับประทานได้ทั้งผลที่สุกและที่ได้จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ผลของมะขามสามารถแยกตามลักษณะความยาวและความโค้งของฝัก (กลุ่มบัณฑิตเกษตร. 2530 : 12)

มะขามพันธุ์พื้นบ้านส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ดั้งเดิมที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ทนแล้งได้ดี ลักษณะของฝักคล้ายพันธุ์อินทผลัม (หนองเล) ติดฝักค่อนข้างดก เป็นพวงสม่ำเสมอ ฝักกลมขนาดโตปานกลาง น้ำหนักประมาณ35-40 ฝักต่อกิโลกรัม เปลือกบาง สีน้ำตาล รกหุ้มเนื้อมีน้อย เนื้อสีน้ำตาลไหม้ เนื้อหนารสชาดจะหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย เยื่อหุ้มเมล็ดบางและล่อน เมล็ดมีขนาดใหญ่ (กรมส่งเสริมเกษตร. 2540 : 14)



ภาพที่ 2.2 ภาพตัด (Section) แสดงรายละเอียดส่วนประกอบของฝักมะขาม (กรมส่งเสริมเกษตร. 2540 : 21)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แผ่นประกอบ (Composites)

2.2.1 ความหมายของแผ่นประกอบ

แผ่นประกอบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์แผ่นวัสดุที่ผลิตขึ้นจากไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลสอื่นๆที่ใช้ในรูปลักษณะต่างๆกัน เช่น แท่งไม้จริง (Solid Wood) ไม้บาง (Veneer) แถบไม้ (Strand) ชิ้นไม้ (Particle) หรือเส้นใย (Fiber) ฯลฯ มาประกอบกันขึ้นเป็นแผ่น โดยอาจจะใช้สารเชื่อมยึด หรือสารเติมแต่งอื่นๆ ประกอบด้วยก็ได้

ดังนั้นแผ่นประกอบ จึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะรูปร่างของวัสดุที่นำมาประกอบกันขึ้น ดังนี้

1. แผ่นไม้จริงประกอบ (Solid Wood Bonded Panels)
2. แผ่นไม้อัด (Playoods)
3. แผ่นชิ้นไม้อัด หรือปาร์ติเคิล (Particleboards)
4. แผ่นใยไม้อัด (Fiberboards)
5. แผ่นไม้อัดสารแร่ (Mineral Bonded Panels)

2.2.1.1 แผ่นไม้จริงประกอบ (Solid Wood Bonded Panels)

ได้แก่ แผ่นไม้ประสาน (Edged-Bonded Wood or Laminated Wood) แผ่นไม้ประกับ (Glued Laminated Timber) แผ่นไม้บางประกับ (Laminated Veneer Lumber) ฯลฯ

2.2.1.2 แผ่นไม้อัด (Plywoods)

ได้แก่ แผ่นไม้บาง (Veneer Sheets) แผ่นไม้อัด (Plywoods) แผ่นไม้อัดจากไม้บาง (Veneer Plywoods) แผ่นไม้อัดไส้วัสดุอื่น (Core Plywoods) แผ่นไม้ประกบ (Sandwichboard)

2.2.1.3 แผ่นชิ้นไม้อัด หรือปาร์ติเคิล (Particleboards)

ได้แก่ แผ่นปาร์ติเคิลจากไม้แบบอัดราบ (Particleboard of Wood, Flat Press) แผ่นปาร์ติเคิลจากวัสดุลิกโนเซลลูโลสอื่นแบบอัดราบ (Particleboard of Other Lignocellulosic, Flat - Press) แผ่นปาร์ติเคิลแบบอัดกระทุ้ง (Extruded Particleboard) แผ่นเกล็ดไม้อัด (Waferboard) แผ่นแถบไม้อัดเรียงเสี้ยน (Oriented Strand Board)

2.2.1.4 แผ่นใยไม้อัด (Fiberboards)

ได้แก่ แผ่นใยฉนวน (Insulatingboard) แผ่นใยไม้อัดแข็ง (Hardboard) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือแผ่นเอ็มดีเอฟ (Medium Density Fiberboard)

2.2.1.5 แผ่นไม้อัดสารแร่ (Mineral Bonded Panels)

ได้แก่ แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ (Wood Particle-Cementboard) แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ประเภทของแผ่นไม้ประกอบ (Wood Composites)

ประเภทของแผ่นไม้ประกอบที่มีการแปรสภาพมาจากไม้ ซึ่งเป็นที่นิยมและผลิตกันอยู่ในอุตสาหกรรมไม้ในปัจจุบัน เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทแผ่นไม้ (Panel Products) ได้แก่

1. แผ่นไม้อัด (Plywood)
2. แผ่นไม้อัดไส้ไม้ระแนง (Blockboard)
3. แผ่นใยไม้อัด (Fiberboard)
   - ชนิดไม่อัดแน่น เช่น แผ่นใยฉนวน (Non-Compressed Insulating Board)
   - ชนิดอัดแน่น เช่นแผ่นใยไม้อัดแข็ง (Compressed Hardboard)
4. แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือแผ่นเอ็มดีเอฟ (Medium Density Fiberboard, MDF)
5. แผ่นชิ้นไม้อัด หรือปาร์ติเคิล (Particleboards, PB)
6. แผ่นเกล็ดไม้อัด (Waferboard)
7. แผ่นแถบไม้อัดเรียงเสี้ยน (Oriented Strandboard)
8. แผ่นไม้อัดประกอบ (Composites Plywood)

(วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 15)

2.3 แผ่นชิ้นไม้อัด หรือปาร์ติเคิลบอร์ด (Particleboard)

การผลิตแผ่นปาร์ติเคิลส่วนใหญ่ในปัจจุบันเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเคิลเพื่อใช้งานภายในอาคาน ซึ่งมีสภาวะอากาศไม่รุนแรง โดยเฉพาะการใช้งานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์อุตสาหกรรมก่อสร้างและตกแต่งภายใน จึงใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นตัวประสาน

อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลเป็นทางเลือกสำหรับผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนไม้ สามารถใช้วัตถุดิบจากไม้ หรือวัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใยในการผลิตโดยผสมกับกาว และสารเคลือบกันซึม นอกจากไม้แล้วก็ยังมีวัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใยอื่น ซึ่งได้ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิล ได้แก่ ชาญอ้อย (Bagasse) ฟางข้าวต่างๆ (Cereal – Straws) ต้นฝ้าย (Cotton - Stalks) ต้นป่านปอต่างๆ (Flax and Hemp Shives) และซ่อผล ลำต้น ก้านใบของปาล์มน้ำมัน (Oil Plam- Residues) เป็นต้น การใช้งานมีข้อพิจารณาเช่นเดียวกับไม้

2.3.1 ชนิดแผ่นชิ้นไม้อัด

แผ่นชิ้นไม้อัด หรือแผ่นปาร์ติเคิล แบ่งออกได้หลายชนิด และถูกเรียกแตกต่างกันออกไป ตามลักษณะชนิดที่แบ่งนั้นๆ ซึ่งสามารถสรุปหลักเกณฑ์การแบ่งชนิดของแผ่นปาร์ติเคิลโดยทั่วไปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1 ลักษณะความหนาแน่นของแผ่น เป็นหลักเกณฑ์ที่ยึดถือเพื่อใช้จำแนกชนิดของแผ่นปาร์ติเคิล ในทางราชการ

2.3.1.2 ลักษณะของชิ้นไม้ที่ใช้ในการผลิต ชิ้นไม้ที่นำมาผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด มีลักษณะต่างๆกัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย เช่น ชิปหรือชิ้นไม้สับ (Chips) เกล็ด (Flake) เกล็ดใหญ่ (Wafer) แถบ (Strand) ขี้กบ (Planer Shaving) แท่ง (Splinter or-Sliver) ฝอยไม้ (Wood woo or Excelsior) เป็นต้น แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดที่ผลิตจากชิ้นไม้ลักษณะใดลักษณะหนึ่งมักจะถูกเรียกเป็นแผ่นชิ้นไม้ลักษณะนั้นๆ เช่น Chipboard, Flakeboard, Waferboard, Strandboard และ Shavingboard เป็นต้น

2.3.1.3 ลักษณะโครงสร้างของแผ่น เป็นการแบ่งตามการกระจายตัวของขนาดชิ้นไม้ทางด้านความหนา มีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่

1. แผ่นปาร์ติเคิลชั้นเดียว (Single Layer or Homogeneous Particleboard) หมายถึง แผ่นปาร์ติเคิลที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเหมือนกัน มีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่งอย่างเดียวกันตลอดความหนาของแผ่นปาร์ติเคิล

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

3. แผ่นปาร์ติเคิลขนาดลดหลั่น (Graduated Particleboard) หมายถึง แผ่นปาร์ติเคิลที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีขนาดและลักษณะต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่น ประกอบด้วยชิ้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่า อยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนาจนแนวกลางแผ่น ชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นเล็กไปหาผิวทั้งสองด้าน โดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

2.3.1.4 ลักษณะการใช้ประโยชน์ การเรียกชื่อจะถูกเรียกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ ได้แก่

1. แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ชนิดเพื่อการใช้งานภายในอาคาร (Interior Particleboard) เป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ที่มีการผลิตเป็นส่วนใหญ่ใช้ กาวยูเรีย และยูเรีย – เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นตัวประสานชิ้นไม้ ใช้งานในที่ๆ มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมปานกลาง เช่น ใช้เป็นฝ้าเพดาน ผนังห้อง หรือชิ้นส่วนของเฟอร์นิเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดเพื่อการใช้งานภายนอกอาคาร (Exterior Particleboard) ผลิตเพื่อใช้งานในที่ๆมีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมสูง ทนแดด ฝนได้ดี ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ กาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ และกาว pMDI เป็นตัวประสานชิ้นไม้

3. แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดสำหรับใช้ปูรองพื้น (Particleboard Floor Underlayment) หรือใช้สำหรับทำชั้นดาดฟ้าของบ้านเคลื่อนที่ (Mobil Home Decking) เป็นผลิตภัณฑ์แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดที่ผลิตเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมและขัดกระดาษทรายให้ได้ความหนาสม่ำเสมอกัน เพื่อให้สามารถใช้วัตถุอื่นปูพื้นได้ระดับและเรียบสม่ำเสมอกัน

4. แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดสำหรับเก็บเสียง (Acoustical Particleboard) เป็นแผ่นปาร์ติเคิล ที่ใช้กรุผนังหรือเพดาน เพื่อลดการสะท้อนเสียงในห้องลง โดยทำการปรุรู หรือเซาะร่องเป็นแบบต่างๆ เช่น Acousticboard เป็นต้น

5. แบ่งตามชื่อทางการค้า ซึ่งโรงงานผู้ผลิตตั้งขึ้นเพื่อการจัดจำหน่ายที่ไม่ซ้ำกัน ป้องกันผู้บริโภคเกิดความสับสน เช่น บริษัท U.S.Plywood Corporation ในแคลิฟอร์เนียตั้งชื่อผลิตภัณฑ์ตนเองว่า โนโวพลาย (Novoply) บริษัท Tenex Plant ที่ไอดาโฮ ก็ตั้งชื่อว่าทีเน็กซ์ (Tenex) เป็นต้น

6. แบ่งตามลักษณะปรากฏ ของแผ่นปาร์ติเคิลที่ผู้ใช้ต้องการนำไปบริโภคต่อ ซึ่งสะดวกเรียก ได้แก่ แผ่นปาร์ติเคิลเปลือยผิว แผ่นปาร์ติเคิลปิดผิว หรือแผ่นปาร์ติเคิลเคลือบผิว เป็นต้น (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 18-21)

2.3.2 ลักษณะของวัตถุดิบไม้

วัตถุดิบสำคัญในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิล คือไม้ หรือเศษวัสดุที่ให้เส้นใยประเภทต่างๆ ประกอบด้วย

2.3.2.1 ไม้ (Wood) วัสดุไม้ ที่ใช้สำหรับ การผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด แบ่งออกได้ 5 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1. ผลิตผลป่าไม้ที่ยังไม่ได้แปรรูป (Unprocessed Forest Products) เช่น ไม้ขนาดเล็กที่ได้จาก การตัดสางขยายระยะ (Thinning) และกิ่งก้านที่หนา หรือใหญ่ (Thick Branches)

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

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

4. ชิบไม้ หรือชิ้นไม้สับ (Wood Chips) จากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดชิ้นไม้

5. เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้, ขอบไม้, หรือเศษไม้ระแนง เป็นต้น และส่วนอื่นๆ ถูกตัดทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ว่าวัสดุไม้เกือบทุกชนิด ที่มีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันตั้งแต่ ไม้ซุง จนถึงขี้เลื่อย สามารถนำมาผลิต เป็นแผ่นปาร์ติเคิลได้ แม้แต่ไม้เก่าจากการทำลังและการรื้อถอนจากบ้านเก่า ก็ยังมีความพยายาม นำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเคิลใหม่ได้อีก เช่น ในประเทศญี่ปุ่น สาเหตุจากความหลากหลายในวัสดุไม้ ที่นำมาใช้ผลิตเป็นชิ้นไม้นั้นทำให้รูปร่างลักษณะของชิ้นไม้ที่ผลิตได้จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับวัสดุไม้เริ่มต้น แต่บางชนิด เช่น ขี้กบ และเศษไม้บางเล็กๆ สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเคิล ได้เลยโดยตรง ชนิดของชิ้นไม้และค่าใช้จ่ายในการทำชิ้นไม้ให้ได้ลักษณะตามต้องการ นับเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญปัจจัยหนึ่งต่อต้นทุนการผลิตแผ่นปาร์ติเคิล นอกจากนี้หากคำนึงถึงคุณภาพของแผ่นที่ผลิตได้ การใช้ชิ้นไม้แต่ละชนิด รูปทรงของชิ้นไม้ และการผสมชิ้นไม้หลายๆขนาด หรือหลายชนิดเข้าด้วยกันเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมากต่อคุณภาพของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด

2.3.2.2 ชิ้นไม้ (Particles) ที่นำมาใช้ผลิตนั้น จะมีลักษณะต่างๆกัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกันด้วย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1.ชิป (Chips) หรือชิ้นไม้สับ หมายถึง ชิ้นไม้ขนาดสม่ำเสมอกันซึ่งได้จากการตัด หรือผ่าด้วยอาการคล้ายสับด้วยขวาน ในเครื่องตัดชิ้นไม้ที่เรียกว่า ชิปเปอร์ (Chipper) คล้ายกันกับของอุตสาหกรรมกระดาษหรือผลิตโดยเครื่องย่อยชิ้นไม้อย่างหยาบที่เรียกว่า Hog หรือผลิตโดยเครื่อง Hammermills เป็นต้น

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

3.เกล็ดใหญ่ (Wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ดแต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

4. แถบ (Strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ดแต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

5.ขี้กบ (Planer Shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ทีมีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็กมีความหนาไม่เท่ากัน คือหนาที่ปลายด้านหนึ่งส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบางและมีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (Rotary Cutterhead)

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

7.เม็ด (Granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง, ความยาว และความหนา เกือบเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.ฝอยไม้ (Wood- wool or Excelsior) หมายถึง ชิ้นไม้ลักษณะแถบแต่มีความยาวกว่าและโค้งงอต้องใช้เครื่องขูดเป็นพิเศษใช้สำหรับเป็นองค์ประกอบรวมสำหรับแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดบางประเภท

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตแผ่นไม้ประกอบ มีการใช้ เกล็ดไม้ (Flake) ขี้กบ (Shavings) และใยไม้ (Fibers) เป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญที่สุด แต่มีการใช้ขนาดต่างๆกันมาก (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 22-23)

2.3.2.3 รูปร่างและขนาดของชิ้นไม้ (Particle Grometry)

หรือชนิดของชิ้นไม้ (Particle Type) เป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานสำคัญในการพิจารณาถึงคุณสมบัติและคุณลักษณะของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ตามด้วยปัจจัยทางด้านชนิดของไม้ (Wood - Species) ชนิดและปริมาณของตัวประสาน (Type and Amount of Binder) สารเติมแต่งอื่นๆ (Other Additives) และโครงสร้างของแผ่น (Board -Structure) ซึ่งโครงสร้างของแผ่นขึ้นอยู่กับการเตรียมแผ่น (Mat Forming) การเรียงชั้น (Layering) และสภาวะในการอัด (Pressing - Conditions)

แผ่นปาร์ติเคิล ส่วนใหญ่จะมีเนื้อไม้แห้งอยู่ประมาณ 90 – 95 % และ โดยทฤษฎีแล้ว รูปร่างของชิ้นไม้โดยทั่วๆไปสามารถนำมาใช้ผลิตได้ แต่ให้ค่าคุณสมบัติของแผ่นแตกต่างกันไป การผลิตแผ่นปาร์ติเคิลให้ได้คุณสมบัติทางกายสมบัติ และกลสมบัติตามต้องการ กระทำได้โดยการใช้ขนาดหรือรูปร่างของชิ้นไม้ต่างๆกัน ในการผลิตชั้นไส้และชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเคิลยกตัวอย่างเช่น การใช้ชิ้นไม้ที่ยาวบนชั้นผิวของแผ่นปาร์ติเคิลสามารถเพิ่มความแข็งแรงทางแรงดัดมากขึ้นแต่ผิวแผ่นปาร์ติเคิลจะหยาบ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการตกแต่งผิว และในทำนองเดียวกันหากต้องการคุณลักษณะในการตกแต่งผิวมากกว่าความแข็งแรงในการดัดแล้ว ก็จำเป็นต้องใช้ชิ้นไม้ที่เล็กลงในชั้นผิวหน้า เพื่อให้ผิวเรียบขึ้น สรุปได้ว่าขนาดชิ้นไม้และรูปร่างชิ้นไม้ตลอดจนการกระจายตัวของชิ้นไม้ในแต่ละขนาดความหนาของแผ่น

ชิ้นไม้ที่ผลิตจากไม้หลายๆชนิด ทั้งไม้ใบกว้างและไม้ใบแคบสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเคิลได้แต่ความหนาแน่นของแผ่นปาร์ติเคิลที่ได้ควรสูงกว่าความหนาแน่นของไม้ที่นำมาผลิต เพราะจะทำให้การใช้กาวมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากทำให้กาวที่ใช้เชื่อมยึดติดกันระหว่างชิ้นไม้ในแผ่นปาร์ติเคิล มีแรงยึดดีขึ้น และช่วยลดช่องว่างภายในแผ่นปาร์ติเคิลให้น้อยลง หากอัดชิ้นไม้เป็นแผ่นปาร์ติเคิลแล้วได้ความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของไม้ การสัมผัสกันระหว่างชิ้นไม้ที่ผสมกาวแล้วน้อยลง มีช่องว่างในแผ่นมาก จะส่งผลกระทบทางลบต่อคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นปาร์ติเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.4 วัสดุเศษเหลือที่ให้เส้นใยอื่น ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิล ได้แก่ ชาญอ้อย (Bagasse) ฟางข้าวต่างๆ (Cereal – Straws) ต้นฝ้าย (Cotton- Stalks) ต้นป่าน หรือปอต่างๆ (Flax And Hemp Shives) และซ่อผล, ลำต้น, ก้านใบของปาล์มน้ำมัน (Oil - Plam Residues) เป็นต้น การใช้งานมีข้อพิจารณาเช่นเดียวกับไม้ แต่จำเป็นต้องแยกสิ่งเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลออกให้เหลือน้อยที่สุด เช่น ปริมาณน้ำตาล และส่วนไส้ (Pith) หรือเนื้อเยื่อทางเดินอาหาร (Vascular Tissues) ของวัสดุ ซึ่งเป็นบริเวณเส้นใยผนังบางและสั้น (Thin – Walled Parenchymatous Ground Tissues) ตลอดจนสารขี้ผึ้งที่เคลือบอยู่ตามผิว อันเป็นลักษณะประจำของวัสดุเหล่านี้ ซึ่งมักจะเป็นอุปสรรคต่อการติดกาวประเภทที่ใช้น้ำเป็นสารละลาย (Water – Based Adhesives) ทั่วไป (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 25 -26)

ภาพที่ 2.3 เครื่องตีย่อยขนาดวัตถุดิบชิ้นไม้ (กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, กรมป่าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การอบชิ้นไม้ (Particle Drying)

ชิ้นไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิล จะถูกอบแห้งให้ได้ความชื้นต่ำๆ อย่างสม่ำเสมอก่อนจะผสมกับกาว ระยะเวลาที่อยู่ในช่วงความร้อนสูงที่สั้นจะทำให้โอกาสที่จะเกิดเพลิงไหม้ได้น้อยที่สุด การใช้เครื่องมือตรวจวัดความชื้นของชิ้นไม้ที่ได้ออกมาอย่างต่อเนื่องจะช่วยทำให้สามารถกำหนดระยะเวลาที่อยู่ในช่วงความร้อนได้ถูกต้องเพื่อป้องกันการอบแห้งที่น้อยไปหรือมากไป ระยะเวลาของชิ้นไม้ที่อยู่ในช่วงร้อน (Chamber) และการปรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเป็นวิธีที่นิยมในการเปลี่ยนแปลงความชื้นของชิ้นไม้ที่จะได้ออกมา แต่ก็ควรหลีกเลี่ยงการใช้ชิ้นไม้เปียกก่อนอบที่มีความชื้นไม่สม่ำเสมอ หรือขึ้นลงอย่างรวดเร็ว ปัญหาของชิ้นไม้ที่เกิดจากการอบ นอกจากเรื่องความชื้นที่อยู่ในชิ้นไม้ซึ่งจะต้องมีปริมาณความชื้นที่เหมาะสมตามกำหนดและมีความชื้นสม่ำเสมอแล้ว คุณสมบัติของไม้ที่ได้จากการอบเป็นอีกผลกระทบหนึ่งที่ไม่ควรมองผ่าน การอบชิ้นไม้ด้วยอุณหภูมิสูงๆเป็นเวลานานๆ จะพบปัญหาที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในการอบแผ่นไม้แปรรูป (Lumber) และไม้บาง (Veneer) ทั่วไปคือ การเกิดสภาพการแข็งตัวภายนอกของไม้ (Case – Hardening) และการเปลี่ยนแปลงทางเคมี รวมทั้งการเคลื่อนตัวของสารแทรก (Extractives) โดยเฉพาะยางไม้ธรรมชาติภายในไม้ออกสู่ผิวหน้าของไม้ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการยึดติดระหว่างกาวกับผิวหน้าชิ้นไม้ในขณะทำเป็นแผ่นจนทำให้แผ่นบอร์ดที่ได้มีคุณภาพลดลง
(วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 62-70)

2.3.4 การคัดแยกขนาดของชิ้นไม้

การคัดแยกขนดของชิ้นไม้ก่อนการอบจะเป็นผลดีต่อขั้นตอนการอบเพราะจะทำให้สามารถใช้พลังงานความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังทำให้ชิ้นไม้ที่อบจะมีความชื้นที่แน่นอนสม่ำเสมอ ซึ่งก็จะช่วยให้ขั้นตอนการผสมกาวและการอัดมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

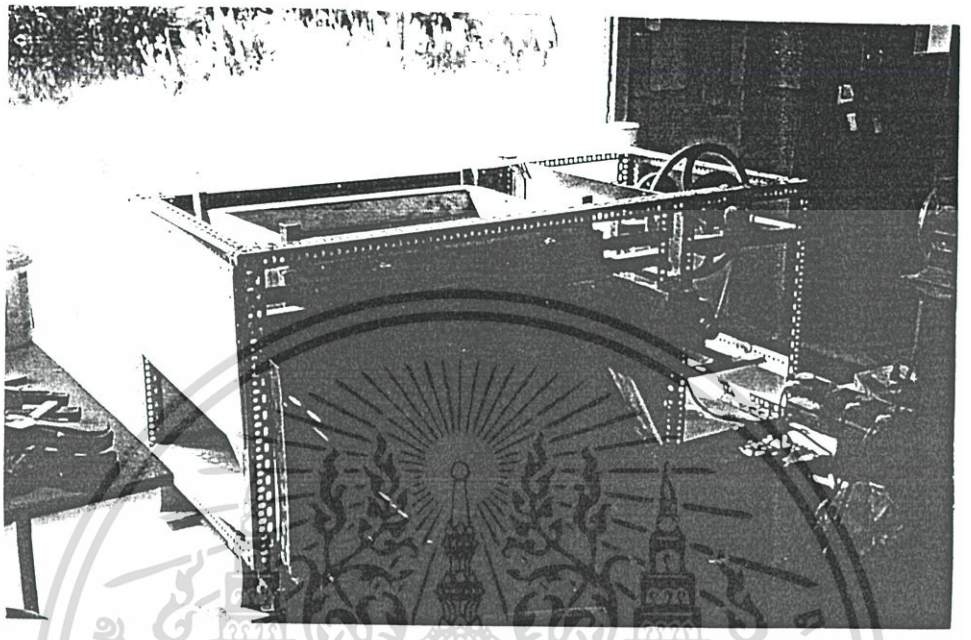
การคัดแยกชิ้นไม้มี 3 วิธี คือ

1. การร่อน (Screening) เป็นการคัดแยกตามขนาดของชิ้นไม้ (Size)
2. การคัดแยกโดยอากาศ(Air Classification) เป็นการแยกตามน้ำหนักพื้นผิว (Surface-to-Weight) ของชิ้นไม้
3. การร่อนผสมกับการคัดแยกด้วยอากาศ

การร่อน หมายถึงการนำชิ้นไม้ผ่านไปบนตะแกรงที่มีขนาดของช่องตะแกรงตามกำหนด โดยให้ชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กต่ำกว่าที่ต้องการลอดผ่านตะแกรงออกไป การร่อนมี 2 ลักษณะ คือ ระบบสั่น (Vibrating) และแบบเขย่า (Shaking) หรือหมุน (Gyratory) โดยมีปัจจัยหลายๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความหนาแน่นของชิ้นไม้ (Bulk Density) รูปร่างของชิ้นไม้ (Particle Shape) ความชื้นของชิ้นไม้ (Moisture Content) อัตราการป้อนชิ้นไม้เข้าเครื่องร่อน (Feed Rate) ระยะเวลาในการร่อน (Retention Time) ลักษณะพื้นผิวของตะแกรงร่อน (Screenning Surface)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และความถี่รวมถึงช่วงกว้างของการร่อน (Frequency and Amplitude) ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาแนวทางการปฏิบัติงานที่เหมาะสมตามลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ และประเภทของชิ้นไม้ที่จะนำมาทำการผลิต (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 71)



ภาพที่ 2.4 เครื่องร่อนคัดแยกขนาดแบบสั่น (กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, กรมป่าไม้)

2.3.5 **วิธีการผสมกาวกับวัสดุ** (Blending)

การผสมกาวเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ที่จะได้แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ที่มีคุณภาพตามต้องการ เพราะว่าหากการกระจายของกาวและสารผสมอื่นๆ ที่ไม่สม่ำเสมอ จะส่งผลให้บริเวณนั้นมีการจับยึดกันระหว่างชิ้นไม้ต่ำ และทำให้แผ่นปาร์ติเคิลไม่แข็งแรง และหากใช้เครื่องมือวัดที่ดีสำหรับหาปริมาณของกาวและการไหลของชิ้นไม้ที่จะส่งผ่านไปยังเครื่องคลุกเคล้านั้นก็จะทำให้การผสมมีความเหมาะสมและสมบูรณ์ที่สุด

2.3.5.1 ปัจจัยที่ควรพิจารณาก่อนการผสมกาวกับชิ้นไม้ ดังต่อไปนี้

1. ความหนาของชิ้นไม้ที่สม่ำเสมอ เป็นความจำเป็นเบื้องต้นต่อการหาปริมาณกาวที่มีอยู่ในแผ่นบอร์ด

2. ความผันแปรในขนาดรูปร่างของชิ้นไม้ให้ได้รูปแบบเดียวกันมากที่สุดก็จะเป็นผลดีต่อการใช้กาว

3. พื้นผิวของชิ้นไม้ ควรมีคุณภาพดี เพื่อให้กาวเกาะติดอยู่บนผิว และแพร่กระจายได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ควรควบคุมปริมาณความชื้น ให้มีความผันแปรน้อยที่สุด เพราะจะช่วยลดผลในทางลบ เกี่ยวกับคุณลักษณะของการไหลของกาว (Flow of Resin) และหลีกเลี่ยงการเกิดระเบิด หรือโป่งพอง (Blows) ในแผ่นที่อัดแล้ว

5. คัดเลือกกาวเรซิ่น ให้เหมาะสมและปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการเป็นพิเศษ

6. การเคลือบผิวด้วยขี้ผึ้ง (Wax Sizing) ควรมุ่งเข้าไปในหน้าที่หลักของการเคลือบหรือฉาบนี้ว่าเพื่อช่วยให้กาวกระจายไป ให้ทั่วชิ้นไม้ (Resin Distribution) และแพร่ไปบนผิวได้ดี (Resin - Distribution)

7. ป้องกันกาวเรซิ่นให้อยู่ในสภาพที่ดี หลีกเลี่ยงสภาวะต่างๆ ที่มีผลเสียต่อกาวในระหว่างการเก็บและเคลื่อนย้าย

8. คอยระมัดระวังการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกาวและขี้ผึ้ง

2.3.5.2 ปัจจัยที่ควรพิจารณาระหว่างการผสมกาวกับชิ้นไม้

1. การศึกษาการกระจายของกาวให้ทั่วชิ้นไม้ โดยพิจารณาจากชนิดของ เครื่องผสม (Type of Blender) อัตราความเร็วในการหมุน (Rotation- Speed) ระยะเวลาที่เหมาะสมในการคลุกเคล้า (Optimum Dwell Time) และอัตราการป้อนชิ้นไม้ลงไปผสม (Feed Rate of Furnish)

2. ระบบการชั่ง, ตวง, วัด (Metering System) สำหรับไม้, กาว และสารเติมแต่ง ควรมีความเที่ยงตรง เพื่อจะได้ป้อนหรือไหลเข้าสู่ขบวนการผลิตได้อย่างพร้อมเพรียงกัน

3. ระหว่างการผสมในขบวนการผลิต ไม่ควรเกิดช่องว่างและความไม่แน่นอนในการผลิต

2.3.5.3 ปัจจัยที่ควรพิจารณาหลังการผสมกาว

1. หลีกเลี่ยงปัจจัยต่างๆ ที่อาจเป็นสาเหตุทำให้กาวบนชิ้นไม้ที่ผสมแล้ว ได้รับการสั่นสะเทือนหลุดออก หรือเกิดการเกาะรวมกันเป็นก้อนระหว่างการส่งสายพานหรือการโรยแผ่น

2. ปกป้องกาวจากการเกิดการแข็งตัวก่อน (Pre – Cure) ระหว่างการป้อนเข้าอัด หรือในระหว่างการอัด

2.3.5.3 วิธีการผสมกาวหรือสารเติมแต่งอื่นกับชิ้นไม้

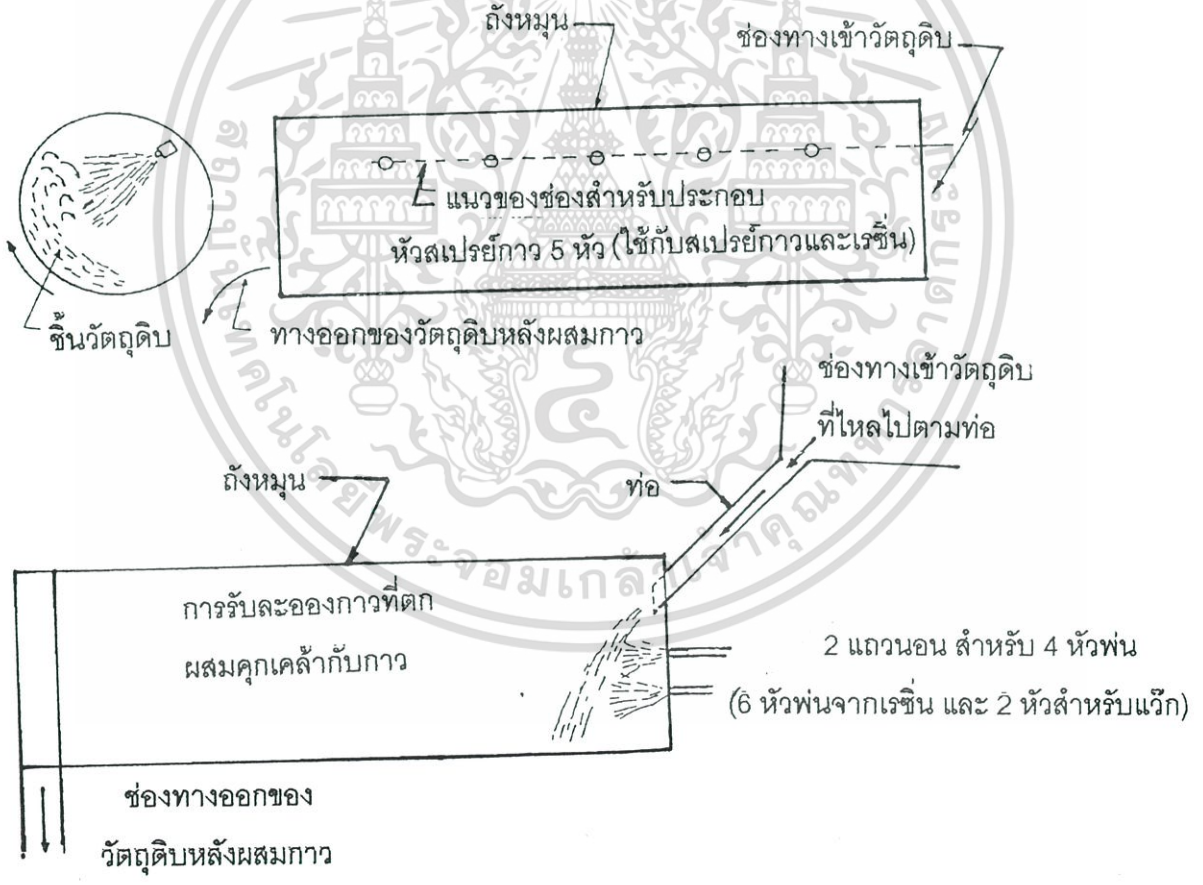
ระบบการทำให้เป็นละอองกาว (Atomization System) เป็นระบบการผสมด้วยละอองกาวจากการพ่น (Spraying) เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากให้การผสมกาวที่กระจายได้ทั่วถึงอย่างรวดเร็วกว่าและ มีความสม่ำเสมอมากที่สุด สามารถใช้ได้ทั้งการผสมเป็นครั้งๆ (Batch) หรือ ต่อเนื่อง (Continuous) แต่ส่วนผสมกาวที่ใช้ต้องมีความหนืดต่ำ การพ่นกาวมี 3 ระบบ คือ ระบบการพ่นที่มีอากาศ (Air-Spray) ระบบการพ่นที่ไม่มีอากาศผสม (Airless-Spray) และระบบการพ่นโดยอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifugal Force)

1. การพ่นแบบมีอากาศผสม (Air Spray) กาวจะถูกทำให้เป็นละอองด้วยแรงอัดอากาศ (Compressed Air) จากปั๊มลมผ่านหัวพ่นลม (Pneumatic Nozzle) ทั้งอากาศและส่วนผสมกาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

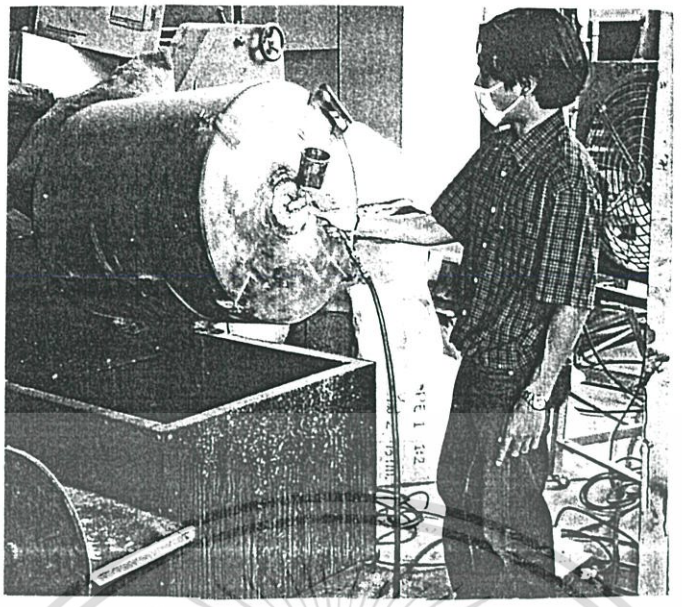
จะถูกขับออกจากหัวพ่นด้วยแรงดันประมาณ 138 – 141 กิโลปาสคาล หรือคิดเป็นแรงดันอากาศที่ออกจากหัวพ่นประมาณ 276 – 689 กิโลปาสคาล การพ่นที่เหมาะสมต้องปรับอากาศเข้าให้พอดีกับแรงดันทั้งระบบ เนื่องจากหากให้อากาศเข้ามาก อากาศมีแรงดันที่สูงเกินไปจะส่งผลทำให้ลดขนาดของละอองกาวที่จะไปสัมผัสกับชิ้นไม้ได้น้อยลง

2. การพ่นแบบไม่มีอากาศผสม เป็นการพ่นที่อาศัยแรงไฮดรอลิค (Hydraulic- Pressure) ดันส่วนผสมกาวออกมาทางปลายหัวพ่น (Nozzle Orifice) จึงไม่มีอากาศผสมออกมา ส่วนแรงดันที่ใช้กับการพ่นแบบไม่มีอากาศผสม จะใช้แรงดันสูงกว่า ประมาณ 4.10 – 5.52 เมกกะปาสคาล ถึง 9.65 – 10.34 เมกกะปาสคาล สามารถใช้กาวที่มีความหนืดสูงขึ้นได้ แต่ก็จะทำให้อัตราความเร็วในการพ่น (Rate of Spraying) ลดลง ขนาดของละอองกาว (Droplet Size or Degree of - Atomization) ในการพ่นแบบไม่มีอากาศผสมนี้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบหัวพ่น (Nozzle- Design) ความหนืดของส่วนผสมกาว (Liquid Viscosity) และ แรงดันที่ใช้ (Applied Pressure) (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 75-81)



ภาพที่ 2.5 ผังแสดงเครื่องผสมแบบหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 เครื่องผสมกาวแบบหมุน (กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, กรมป่าไม้)

2.3.6 **สารเคลือบผิวกันซึม** (Sizing Agent)

สารวัตถุดิบที่สำคัญอีกตัวหนึ่งที่ใช้ผสมในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิล คือสารกันซึมเพื่อลดการดูดซึมน้ำ โดยปกติใช้ ขี้ผึ้ง (Wax) เป็นสารกันซึม ขี้ผึ้งเป็นผลิตผลรองที่ได้จากการกลั่นน้ำมัน แบ่งได้ 3 ชนิด ตามการกลั่น คือส่วนบนสุดมีปริมาณมากเรียกว่า ขี้ผึ้งพาราฟิน (Paraffinic Waxes) มีจุดหลอมเหลวที่ 46-66 องศาเซลเซียส ส่วนกลางเรียกว่า Intermediate Waxes มีจุดหลอมเหลวที่ 66 องศาเซลเซียส ส่วนล่างมีปริมาณน้อย เรียกว่า Microcrystalline Waxes จุดหลอมเหลวที่ 66-88 องศาเซลเซียส

คุณสมบัติเป็นสารเคลือบผิวกันซึม ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลึกของขี้ผึ้งแต่ละชนิด ขี้ผึ้งพาราฟิน (Paraffinic Waxes) มีผลึกยาวเป็นรูปเข็ม จะมีความสามารถในการต้านทานน้ำได้ดีที่สุด ส่วนผลึกของ Microcrystalline Waxes มีลักษณะสั้นและเป็นกิ่งก้านรอบๆจะมีประสิทธิภาพในการต้านทานน้ำต่ำ

เพื่อให้การใช้สารเคลือบผิวกันซึมในแผ่นไม้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องเคลือบขี้ผึ้งให้ครอบคลุมพื้นที่บนชิ้นไม้หรือเส้นใยให้มากที่สุดและเป็นฟิลม์บางๆ การใช้ขี้ผึ้งเหลว (Molten Wax) ในการพ่นจะกระจายตัวได้ไม่ดีเท่ากับการใช้ ขี้ผึ้งอิมัลชัน (Wax Emulsion) และจะต้องใช้ปริมาณขี้ผึ้งเหลวมากกว่าอิมัลชันด้วย เนื่องจากละอองของขี้ผึ้งเหลวซึ่งจำเป็นต้องแยกพ่น จะมีขนาดของละอองบนชิ้นไม้ประมาณ 10 ไมครอน ต่างจากขนาดของเม็ดของขี้ผึ้งในอิมัลชันที่มีอยู่เพียง 1-2 ไมครอน ดังนั้นการกระจายตัวของอิมัลชันจึงดีกว่าและยังใช้ปริมาณขี้ผึ้งน้อยกว่าขี้ผึ้งเหลวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขี้ผึ้งพาราฟิน Paraffinic Waxes ที่ใช้ในอุตสาหกรรม มีจุดหลอมเหลวระหว่าง 48-56 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะอุตสาหกรรมผลิตแผ่นไม้ประกอบจึงมักนิยมใช้ในรูปของอิมัลชัน (Emulsion) ซึ่งสามารถทำอิมัลชันที่มีเนื้อพาราฟินถึง 65 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก มี 3 ชนิดเกิดจากการเกิดขั้วประจุบนผิวหน้า (Surfactant) ประกอบด้วย แอนไอออน (Anionic) แคตไอออน (Cationic) และแบบชนิดไม่มีไอออน (non-ionic) ดังนั้น การเลือกใช้พาราฟินแว็กอิมัลชัน (Paraffin- wax Emulsion) จึงต้องพิจารณาด้วยว่าจะสามารถเข้ากับชนิดของกาวได้หรือไม่ (Compatibility) โดยเฉพาะการผสมรวมกับกาวในการพ่นไปบนไม้ เนื่องจากจะทำให้ระบบอิมัลชันเสียไปและทำให้ขี้ผึ้งจับรวมตัวกันเป็นก้อน สำหรับกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์จะใช้ระบบแอนไอออน (Anionic)พาราฟินแว็กอิมัลชัน (Paraffin- wax Emulsion) ในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด จะใช้เนื้อขี้ผึ้งแข็ง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักสารแขวนลอย ปริมาณสารกันซึมนิยมใช้ปริมาณไม่ต่ำกว่า 0.75 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ เพราะอาจไปขวางการติดกาวระหว่างชิ้นไม้ได้ (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 32-33)

2.3.7 การเตรียมแผ่นก่อนอัด (Mat Formation)

การเตรียมแผ่นอัด (Form Mat) การทำให้แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดมีความสม่ำเสมอ (Uniformity) ตลอดทั่วทั้งแผ่นเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในขบวนการผลิต หากแผ่นที่โรยชิ้นไม้มีการกระจายของชิ้นไม้ไม่สม่ำเสมอ จะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายสมบัติให้เกิดความผันผวนขึ้นได้ ความหนาแน่นภายในแผ่นก็จะไม่เท่ากัน ผันผวนเป็นวงกว้าง และจะเกิดการคืนตัวทางความหนา (Thickness Springback) ที่มากเกินไปในบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงกว่า นอกจากนี้การโรยแผ่นที่ไม่สม่ำเสมอกันก็ยังก่อให้เกิดการโค้งงอ หรือบิดตัวของแผ่นได้ และอาจทำให้สภาพทั่วไปทางภายนอกของแผ่น เช่น ผิวหน้าของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดไม่สวยลักษณะของขอบแผ่นไม่ราบเรียบยิ่งกว่านั้นแผ่นเตรียมอัดที่ได้จากการโรยชิ้นไม้ไม่สม่ำเสมอก็ยังเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายในขณะอัดร้อนด้วย (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 90-92)

2.3.8 กรรมวิธีการอัด(Pressing Operation)

การทำให้แผ่นเตรียมอัดแข็งตัวขึ้นและการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชั่น ของกาว เพื่อผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด จะอยู่ในขั้นตอนของการอัดร้อน แผ่นเตรียมอัดจะถูกบีบอัดจนได้ความหนาตามต้องการ ขณะเดียวกัน กาวที่อยู่บนผิวของชิ้นไม้ก็จะเกิดการโพลีเมอไรซ์ และเชื่อมยึดชิ้นไม้กับชิ้นไม้แล้วแผ่นที่ได้ก็จะถูกนำออกจากการอัดทำให้เย็น และส่งไปยังขั้นตอนการตกแต่งต่อไป

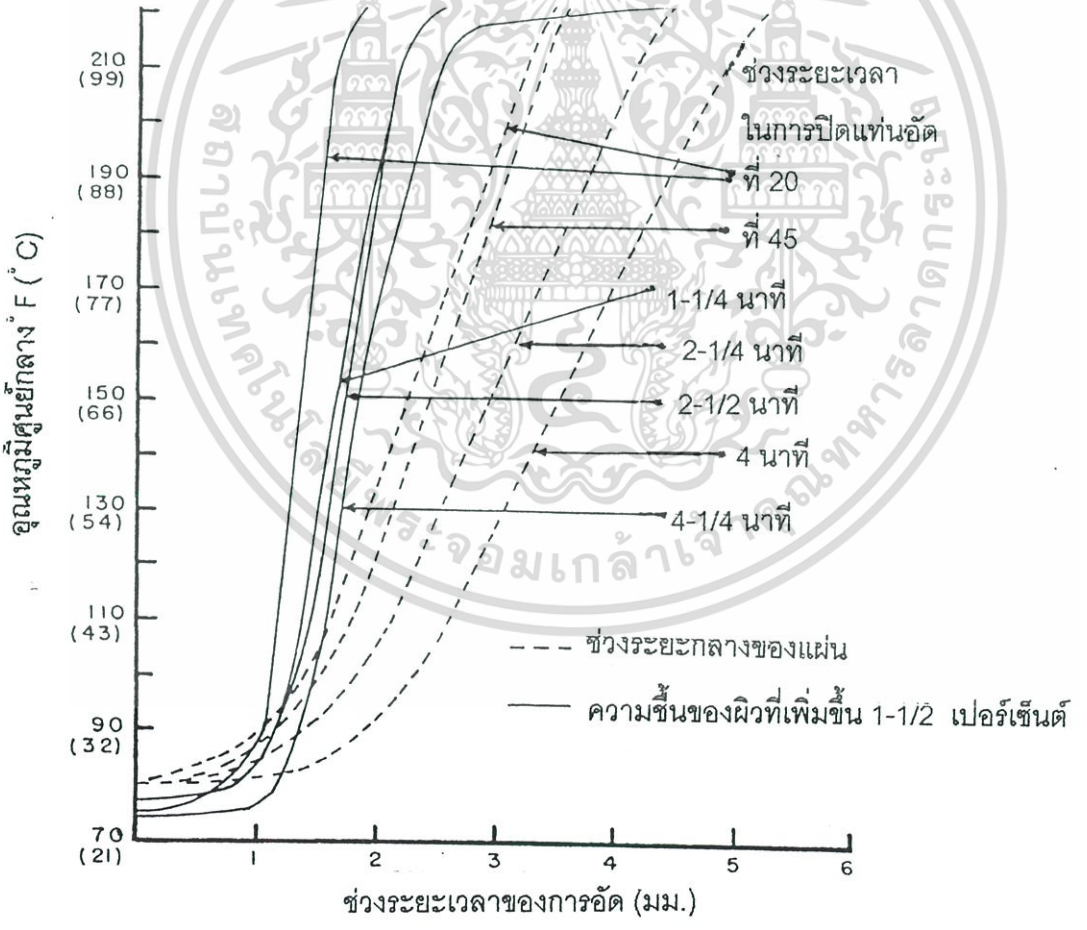
กรรมวิธีการอัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมาก และขึ้นอยู่กับขบวนการผลิตต่างๆ ที่ผ่านมาแล้วหากแผ่นเตรียมอัดที่ทำขึ้นมีคุณภาพไม่ดี (Poor Mat) เมื่อนำไปอัดก็จะได้แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด สุดท้ายที่คุณภาพไม่ดี เช่นกัน (Poor Particleboard) ขั้นตอนการอัดเป็นขั้นตอนที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือที่แพงที่สุดของการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด การใช้ระยะเวลาในการอัด สภาวะในการอัดที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพและใช้ระยะเวลาในการอัดที่สั้นที่สุด ย่อมส่งผลดีต่อคุณภาพของแผ่น

ในขั้นตอนการอัดนี้ มีหลายปัจจัยด้วยกันที่เกี่ยวข้องและต้องนำมาพิจารณาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ในการอัดเพื่อให้ได้แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดที่มีคุณภาพ ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงได้แก่ อุณหภูมิในการอัด (Press Temperatures) ชนิดไม้และรูปร่างของชิ้นไม้ (Wood Species - and Moisture Level Geometry) ระดับความชื้นและการกระจายความชื้น ของแผ่นเตรียมอัด (Mat Moisture Level and Distribution) การถ่ายเทความร้อนภายในแผ่นระหว่างการอัด (Heat Transfer or Vapor Pressure Within the Board During Pressing) ระยะเวลาในการอัด (Press Closing Time) แรงดันในการอัด (Pressure) และลักษณะการกระจายความหนาแน่นของแผ่นทางด้านหน้าตัด (Board Density Profile) และการแข็งตัวก่อนหรือหลังการอัดของกาว (Precure and Postcure of The Resin)

ปริมาณความชื้นของแผ่นเตรียมอัดที่จะเข้าทำการอัดร้อนเป็นสิ่งสำคัญต่อการอัดอย่างมากความชื้นที่มากเกินไปจะไปขัดขวางการยึดเหนี่ยวกันของชิ้นไม้ 2 ชิ้น ให้ช้าลง



ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการอัดและอุณหภูมิตรงกลางแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการกระจายความหนาแน่นลดหลั่นทางด้านหน้าตัด (Density Profile) เป็นปัจจัยที่สำคัยอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ลักษณะการกระจายความหนาแน่นทางด้านหน้าตัดของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดที่ผลิตส่วนใหญ่มีลักษณะที่ความหนาแน่นของผิวสูงกว่าความหนาแน่นในชั้นไส้ ดังนั้น คุณสมบัติของแผ่นในลักษณะนี้จะให้คุณสมบัติทางด้านแรงดัดที่สูงขึ้น แต่ แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond) จะลดลง แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ที่มีคุณสมบัติข้างต้นนี้ เกิดจากการใช้ระยะเวลาในการปิดแท่นอัด (Press Closing Time) ที่เร็วเกินเป็นสาเหตุหนึ่ง การปรับปรุงอาจกระทำโดยการยืดระยะเวลาในการอัดให้ช้าลง หากระยะเวลาการอัดนานไม่เพียงพอให้ไอน้ำหนีออกไป แผ่นก็จะเกิดการแยกชั้นอันเนื่องจากการอัดร้อนถูกเปิดและไอน้ำจำนวนนี้จะพุ่งออกมาอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้น้ำยังขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไร-เซชั่นแบบควบแน่น (Condensation Polymerization Reaction) ของกาวด้วย
(วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541:110 -113)

2.3.9 **เครื่องอัดร้อน** (Hot Presses)

เครื่องอัดร้อนเป็นเครื่องจักรที่มีหน้าที่สำคัญที่สุด ซับซ้อนที่สุด ในสายการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด เครื่องอัดสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ แบบแท่น (Platen -Presses) และแบบต่อเนื่อง (Continuous Presses) สำหรับแบบแท่นที่นิยมใช้กันอยู่ 2 ชนิด คือ

1. เครื่องอัดแบบช่องอัดหลายชั้น (Multiple-opening)
2. แบบช่องอัดเดียว (Single- opening)

ภาพที่ 2.8 เครื่องอัดร้อนด้วยไฮดรอริค แบบแท่น (กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้, กรมป่าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมความหนาของแผ่น มักนิยมใช้แท่งโลหะขนาดความหนาตามที่กำหนด (Stops – or Gauge Bars) วางไว้ที่ขอบสองด้านของช่องอัดแต่ละช่อง โดยให้แท่นอัดขณะที่อัดอยู่ สัมผัสแท่นโลหะพอดีจึงหยุดการอัด (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541 : 122-126)

2.4 แผ่นเยื่อไม้อัด (Fiberboards)

2.4.1 แผ่นเยื่อไม้อัด

คือแผ่นวัสดุที่ทำจากเส้นใยหรือเยื่อของไม้หรือทำจากวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของลิกนินและเซลลูโลสอื่นๆ โดยมีแรงยึดเหนี่ยวตัวภายใน ส่วนใหญ่ได้มาจากการเรียงตัวของเส้นใยและคุณสมบัติในการยึดเหนี่ยวตัวเข้าด้วยกันในระหว่างเส้นใยเอง อย่างไรก็ตาม ในระหว่างการผลิตอาจมีการผสมตัวประสานหรือวัสดุอื่นๆ ลงไปด้วย เพื่อให้แผ่นเยื่อไม้อัดที่ผลิตขึ้นมีความแข็งแรง ความต้านทานต่อความชื้น ต้านทานไฟ แมลง หรือการผุเพิ่มขึ้น หรือเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติอื่นๆ บางประการของแผ่นเยื่อไม้อัดให้ดีขึ้นด้วยก็ได้ โดยสามารถแบ่งออกเป็น

2.4.1.1 แผ่นเยื่อที่ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบ

1. การปอกหรือลอกเปลือกไม้ ถ้าวัตถุดิบที่ใช้เป็นไม้ท่อนที่มีเปลือกติดอยู่ด้วยต้องทำการปอกหรือลอกเปลือกไม้ออกด้วยเครื่องปอกหรือลอกเปลือกไม้เสียก่อน และถ้าไม้นั้นสกปรก คือมีดินโคลน หรือกรวดทรายติดอยู่มาก็ต้องทำความสะอาดด้วยน้ำ

2. การตัดไม้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไม้ที่ปอกหรือลอกเปลือกทำความสะอาดแล้ว มาตัดให้เป็นท่อนสั้นๆ พอเหมาะ แล้วป้อนเข้าเครื่องตัดไม้เป็นชิ้นเล็กๆ

3. ถ้าวัตถุดิบที่ใช้เป็นเศษไม้บาง หรือเศษไม้จากโรงเลื่อย เช่น พวกปีกไม้ ริมไม้ ปลายไม้ และไม้เสียบคลองหรือไม้ตัดทิ้ง จะต้องนำมาตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยเครื่องตัดไม้เป็นชิ้นที่เรียกว่า Hammermill or Hog

2.4.1.2 แผ่นเยื่อที่ไม่ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบ

1. ชนิดของวัสดุที่ใช้ได้ ในการผลิตแผ่นเยื่อไม้อัดนั้นนอกจากจะใช้ไม้เป็นวัตถุดิบแล้วยังอาจใช้พืชหรือเศษพืชบางชนิดเป็นวัตถุดิบได้อีกด้วย เช่น ต้นอ้อยหรือกากอ้อย ฟางข้าว ใยกาบมะพร้าวในกรณีที่ใช้พืชหรือเศษพืชกสิกรรมเป็นวัตถุดิบการเตรียมวัตถุดิบก็ย่อมต้องใช้วิธีการและเครื่องจักรแตกต่างกันออกไปด้วย

2. การเตรียมเยื่อ การเตรียมเยื่อหรือแยกเยื่อนับว่าเป็นขั้นสำคัญที่สุดในการผลิตแผ่นเยื่อไม้อัด และในกรรมวิธีที่คล้ายกับการทำเยื่อไม้และกระดาษ การแยกเยื่อในการผลิตเยื่อไม้อัด

3. การแยกเยื่อโดยวิธีใช้พลังงานกล วิธีนี้ใช้ไม้ท่อนทีเตรียมไว้ป้อนเข้าเครื่องขัดหรือหินขัดซึ่งหมุนอยู่ในน้ำแรงขัดสีจะแยกท่อนไม้ออกเป็นเยื่อ (พงศ์พัน วรสุนทโรสถ. 2532 : 60-65)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 กาว (Glue)

กาวเป็นวัสดุที่ใช้ติดวัสดุ 2 ชนิดเข้าด้วยกันให้แน่น จะเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน เช่น ไม้กับไม้ หรือจะเป็นวัสดุต่างชนิดกัน เช่น โลหะกับกระจกก็ได้ กาวอาจมีทั้งที่ผลิตมาจากวัสดุทางธรรมชาติ เช่น กาวยางไม้ หรืออาจเป็นวัสดุสังเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น พวกอีพอกซี ก็ได้ มนุษย์รู้จักใช้กาวมาตั้งแต่ก่อนสมัยประวัติศาสตร์ ครั้งแรกที่ใช้เป็นยางไม้ตามธรรมชาติ เช่น ขี้ผึ้ง วัสดุเหล่านี้ได้มากจากต้นไม้ต่างๆ หรือจากแมลงบางชนิด กาวที่เก่าแก่ที่สุดเป็นการใช้กาวหนังสัตว์และกาวยางในสมัยอียิปต์ ใช้ในการทำเครื่องเรือนไม้ติดลายไม้ประดับกับผิวไม้ กาวประเภทนี้แม้ในปัจจุบันก็ยังเป็นสินค้าขาออกใช้ในงานอุตสาหกรรมช่างไม้อยู่มาก

ปลายปี พ.ศ. 2473 กาวที่ใช้ทั่วๆไปเป็นกาวหนังสัตว์ กาวยาง และยางจากพืชผักบางชนิดและยางธรรมชาติ ซึ่งใช้มากกับเครื่องเรือนไม้และอุตสาหกรรมกระดาษ ต่อมาเมื่อยางซินเตตริกพลาสติก (Synthetic Plastic Resins) ได้ถูกค้นพบในปี พ.ศ. 2478 จึงขยายการใช้ไปยังวงการอุตสาหกรรม รวมทั้งอุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องบิน เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และงานอื่นๆ อีกมาก

กาวจึงนับเป็นวัสดุประสาน ที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรม เพราะสามารถใช้ติดวัสดุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันได้ โดยเฉพาะในงานไม้บางประเภทสามารถใช้กาวแทนตะปู แม้แต่การยึดติดโลหะก็ทำได้ดีโดยเมื่อเอากาวมาทาวัตถุ 2 ชิ้น แล้วนำมาประกบกัน กาวจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็ง สามารถรับแรงดึงได้ ซึ่งการยึดเกาะที่ดีนั้นขึ้นอยู่กับความยึดเกาะระหว่างกาวกับผิวหน้าที่ติด และอีกประการหนึ่งคือ ขึ้นอยู่กับความยึดเหนี่ยวระหว่างตัวกาวเอง การที่จะได้ผลในการยึดเกาะที่ดีนั้น รอยต่อจะต้องออกแบบโดยเฉพาะเป็นแห่ง ๆ ไป

2.5.1 กาวสังเคราะห์

มนุษย์รู้จักใช้กาวติดไม้ตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณเป็นเวลานับพันปีมาแล้ว ในระยะแรกใช้กาวที่ได้จากธรรมชาติ เช่น กาวแป้งและกาวเลือด เป็นต้น แต่การใช้กาวสังเคราะห์อัดร้อนได้เริ่มมาเพียงศตวรรษเท่านั้น กาวฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์และกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ได้รับการพัฒนามาในระยะใกล้เคียงกัน มีการใช้กาวสังเคราะห์ดังกล่าว ทดแทนกาวที่ได้จากธรรมชาติอย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันอุตสาหกรรมไม้ได้ใช้กาวสังเคราะห์ทั้งหมด เนื่องจากการใช้งานสะดวกรวดเร็ว คุณภาพดีและสม่ำเสมอ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตกาวสังเคราะห์ได้แก่ ฟอร์มาลดีไฮด์ ยูเรีย และฟีนอล แหล่งของวัตถุดิบหลักเหล่านี้มาจากก๊าซธรรมชาติ ถ่านหินและน้ำมันดิบ ยูเรียและฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาจากก๊าซธรรมชาติ ส่วนฟีนอลสังเคราะห์มาจากอุตสาหกรรม ปิโตรเคมี หรือจากอุตสาหกรรมถ่านหิน เป็นที่น่าสังเกตว่าแหล่งของวัตถุดิบเหล่านี้ได้ถูกขุดขึ้นมาจากพื้นโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีการใช้อย่างมากมายในรูปของเชื้อเพลิงและอุตสาหกรรมปิโตรเคมีต่างๆ มีผู้ทำนายว่าวัตถุดิบบางอย่างจะเริ่มลดน้อยลงไปภายใน 20 – 30 ปี ข้างหน้าและวัตถุดิบบางประเภท เช่น ถ่านหิน อาจใช้ได้ถึงร้อยปี

เนื่องจากมีการแข่งขันการใช้วัตถุดิบจากแหล่งทั้งสามดังกล่าวมาก ราคาของสารที่ใช้สังเคราะห์กาวจึงสูงขึ้น และมีผู้กลัวว่าสารดังกล่าวอาจหมดไปในไม่ช้า ประกอบกับความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการจึงได้มีการค้นคว้าหาสารที่มาทดแทนฟีนอลและยูเรีย ทั้งที่ได้มาจากธรรมชาติ เช่น แทนนิน และลิกนินและได้จากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ไอโซไซยาเนต เป็นต้น เนื่องจากการพัฒนากาวต่างๆ ต้องใช้พื้นฐานมาจากการสังเคราะห์กาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวฟีนอล – ฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งใช้เป็นกาวสังเคราะห์อัดร้อนในอุตสาหกรรมไม้เป็นส่วนใหญ่

2.5.2 **กาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์** (Urea – Formaldehyed Resins)

กาวชนิดนี้เป็นกาวที่ต้านทานต่อความชื้นและสามารถตากแดดและฝนได้ถึง ประมาณ 2 – 3 ปี นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อแมลงและเห็ดรา กาวชนิดนี้จะแยกส่วนผสมออกเป็น 2 ส่วน เมื่อยังไม่ผสมกันจะเหลว แต่ถ้าผสมกันแล้วจะแข็งตัวภายในเวลาอันสมควร ซึ่งระยะเวลาของการแข็งตัวจะขึ้นอยู่กับชนิดของฮาร์ดดินเนอร์ และส่วนผสมที่ใช้ กาวชนิดนี้สามารถปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นได้โดยผสมกับกาวเมลลามีนและกาวรีซอร์ซินอลในปริมาณที่เท่ากันหรือมากกว่า ก็จะทำให้ได้กาวที่มีคุณสมบัติดีขึ้น ใกล้เคียงกับกาวฟีนอล กาวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วนี้ถูกเรียกว่า กาวฟอร์ติฟายด์ยูเรีย (Fortified Urea) กาวชนิดนี้ใช้กับการผลิตไม้อัดชนิดภายในและใช้ในการประกอบเครื่องเรือนต่างๆ เป็นต้น

กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ใช้มากในอุตสาหกรรมไม้อัดและแผ่นชิ้นไม้อัดและข้อต่อไม้ต่างๆ ที่ใช้ภายใน กาวชนิดนี้มีราคาถูกกว่ากาวฟีนอล – ฟอร์มาลดีไฮด์ แต่ความคงทนของกาวแข็งตัวด้อยกว่า นอกจากอุตสาหกรรมไม้แล้ว กาวดังกล่าวยังใช้มากเป็นสารเคลือบผิวในอุตสาหกรรมกระดาษ และใช้เป็นสารหลักในอุตสาหกรรมทำแบบ

2.5.2.1 คุณสมบัติของกาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์

1. มีราคาถูก มีความเป็นพิษต่ำ ความแข็งแรงสูงสามารถใช้ได้กับวัสดุหลายชนิดของกาว ชนิดนี้คือ ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ภายนอกหรือที่ที่มีความชื้นสูง เพราะจะทำให้ฟอร์มาลดีไฮด์ระเหยออกมาได้ง่าย

2. ความแน่นดรรชนีหักเห การดูดซับน้ำและความร้อนจำเพาะของกาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าใกล้เคียงกับกาวฟีนอล – ฟอร์มาลดีไฮด์ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวโดยความร้อนและแรงดึงของกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าสูงกว่ากาวทั้งสอง แรงดัดค่ามอดุรัสยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และความแข็งแรงของกาว ยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ใกล้เคียงกับกาวเมลามีน แต่มีค่าสูงกว่ากาวฟีนอล ค่ามอดุรัสการแตกร้าวของกาวฟีนอลสูงกว่า กาวยูเรียและกาวเมลามีน

2.5.2.2 กาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์สำหรับอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด

อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดมีการใช้ กาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์มากที่สุด ปริมาณกาวที่ใช้ประมาณ 6 – 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักไม้อบแห้ง การสังเคราะห์กาวสำหรับอุตสาหกรรมนี้จะใช้สัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์เป็น 1 : 1.25 ถึง 1 : 1.45 ในกาวมีฟอร์มาลดีไฮด์ที่ยังไม่ทำปฏิกิริยาเหลืออยู่ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ความหนืดของกาวควรอยู่ระหว่าง 150 ถึง 450 เซนติปัวส์ ที่ 20 องศา ก่อนการใช้กาวควรตรวจสอบเวลาเป็นเจลที่อุณหภูมิ 100 องสาด้วย เพราะเวลาเป็นเจลนี้จะเป็นตัวบอกการไหลของกาวขณะอัดร้อนไม่ให้มีมากเกินไป ถ้าเวลาเป็นเจลต่ำจะทำให้ปริมาณกาวในแนวกาวไม่เพียงพอ เวลาเป็นเจลที่ผิวไม้ควรมีค่า 3 – 12 นาที

คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งของกาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์สำหรับอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด คือ ความเหนียวของกาวที่อุณหภูมิห้อง (Tack) เพราะจะทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดติดกันเป็นอย่างดีก่อนถูกอัดร้อน การควบคุมความเหนียวของกาวที่อุณหภูมิห้องขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ขนาดของโมเลกุล ความข้นของกาว และความชื้นของชิ้นไม้ ซึ่งในบางปัจจัยสามารถควบคุมขณะทำการสังเคราะห์กาว และบางปัจจัยต้องควบคุมในอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด
(ปรีชา เกียรติกระจาย. 2535 : 95 -110)

2.6 การยึดติดและระหว่างหน้า (Adhesion and Interface)

2.6.1 การยึดติด (Adhesion)

ความแข็งแรงของกาว หรือพอลิเมอร์ เกิดจากปัจจัยหลายประการ ปัจจัยแรกเป็นแรงที่เกิดจากพันธะภายในโมเลกุลซึ่งแบ่งออกตามชนิดของสารได้แก่ พันธะแบบไฟฟ้าสถิตย์ พันธะแบบโควาเลนท์ และพันธะแบบโลหะ สารแต่ละชนิดอาจมีพันธะเพียงชนิดเดียวล้วนๆ หรือเป็นพันธะแบบผสมก็ได้ แรงยึดที่เกิดจากพันธะภายในโมเลกุลนี้อาจเรียกว่าพันธะเคมี ซึ่งมีค่าสูงกว่าพันธะอื่นๆ ปัจจัยที่สองเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุล ค่าแรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุล ค่าแรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลนี้น้อยกว่าประการแรกตั้งแต่ 1.5 – 15 เท่าตัว แรงที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลที่สำคัญ คือ แรงแวนเดอร์วาลส์ และแรงที่เกิดจากพันธะไฮโดรเจน ปัจจัยสุดท้ายเป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างหน้าของสารต่างสถานะ ซึ่งเกิดขึ้นจากการเปียกของสารทั้งสองสถานะ
(ปรีชา เกียรติกระจาย. 2531 : 171)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 กลไกการยึดติดของกาวกับไม้มาจากสาเหตุ 3 ประการ คือ

1. การเกิดพันธะเคมีของกาวกับไม้ แรงที่เกิดขึ้นนี้มีค่าสูงสุดกว่าปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้เกิดการยึดติด กลไกนี้เป็นแรงที่เกิดจากพันธะโควาเลนท์เป็นส่วนใหญ่

2. การยึดติดแบบเมคานิกส์และการแทรกของกาวเข้าไปในช่องว่างของผนัง

3. เซลล์ กลไกนี้เกิดจากสายกาวหรือลำธารของกาวเข้าไปแทรกในรูเล็กๆ ในผนังเซลล์หรือโมเลกุลของกาวแทรกเข้าไปในส่วนอะสันฐานของเซลลูโลส แรงที่เกิดการยึดติดแบบนี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัว การซึมซาบ การเปียกและขนาดของโมเลกุลของกาวเอง การยึดตัวระหว่างโมเลกุลที่เกิดจากการดึงดูดและการดูดแนบ แรงที่ได้จากกลไกนี้เป็นแรงแวนเดอร์วาล

2.6.3 การดูดซับ การซึมซาบ และกลไกการติดกาว

การยึดติดและความเชื่อมแน่นเป็นการวัดแรงที่เกิดจากพันธะภายในโมเลกุลและระหว่างโมเลกุลการยึดติดใช้กับสารที่แตกต่างกัน ส่วนความเชื่อมแน่นใช้กับสารชนิดเดียวกัน ในการพิจารณาพฤติกรรมระหว่างกาวกับไม้จึงขึ้นอยู่กับทฤษฎีการยึดติดเป็นส่วนใหญ่ การพิจารณาทฤษฎีการยึดติดนั้นมาจากพฤติกรรม 3 อย่าง คือ

1. ทฤษฎีระหว่างหน้าโดยใช้หลักการของเคมีผิวหน้า
2. ทฤษฎีการฉีกขาดโดยใช้หลักของวิทยากระแส
3. ทฤษฎีกลศาสตร์วิศวกรรม โดยการจำลองแบบกลศาสตร์ของพฤติกรรมแรงยึดระหว่างกาวและไม้ส่วนหนึ่งมาจากการดูดซับและการซึมซาบของสารทั้งสองชนิด

ในการพิจารณาแรงยึดระหว่างกาวกับไม้ใช้หลักของความเค้นจากแรงอัดและความเค้นจากแรงดึงในระยะห่างกาวกับไม้เพียง 1 มม. ซึ่งความแข็งแรงของกาวกับไม้จริงๆ ที่อยู่ในระยะไม่เกิน 0.2 – 0.3 มม. เท่านั้น (ปรีชา เกียรติกระจาย. 2531 : 172-175)

2.6.4 การยึดติดระหว่างหน้า

ในการพิจารณาความแข็งแรงของข้อต่อ จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยสองประการ คือ ปัจจัยระหว่างหน้าและปัจจัยจากระบบ ปัจจัยระหว่างหน้าหรือการยึดติดระหว่างหน้าสามารถวัดโดยใช้หลักของการตึงผิวและการเปียกโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายและความเป็นขั้ว การเปียกของผิวไม้ การเปียกหรือการละลายร่วมระหว่างกาวกับไม้ ชั้นของการดูดซับที่ผิว ขอบเขตของชั้นที่ใช้แรงยึดต่ำ พันธะเคมีและผลจากไฟฟ้าสถิตย์ อื่นๆ

แรงที่เกิดระหว่างกาวกับไม้เกิดจากการยึดติดและความเชื่อมแน่น ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมทั้งสองนี้เกิดขึ้นจากพันธะภายในโมเลกุลและพันธะระหว่างโมเลกุล แรงที่เกิดจากการยึดติดแบบเมคานิกส์นี้ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับแรงระหว่างกาวกับไม้ (ปรีชา เกียรติกระจาย. 2531 : 176-180)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 มาตรฐานอุตสาหกรรม Japanese Industrial Standard

2.7.1 Japanese Industrial Standard Particleboard (JIS A 5908 : 1994) คือ มาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งได้รับการยอมรับของทั่วโลก สาเหตุหนึ่งมาจากญี่ปุ่นเป็นประเทศที่มีเทคโนโลยีและการพัฒนาด้านการสร้างวัสดุแผ่นทดแทนไม้อย่างกว้างขวาง ญี่ปุ่นจึงได้สร้างมาตรฐานของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด โดยกำหนดคุณสมบัติชั้นคุณภาพของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด, วิธีการทดสอบ, คุณสมบัติทางกายภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ โดยผู้วิจัยได้นำเอาเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยการศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2543 : 105)

2.7.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

การพัฒนาผลิตแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นตัวประสานต้องทำการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นประกอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด(JIS A 5908 : 1994) ดังนี้

1. ค่าความหนาแน่น (Density)	0.40 – 0.90	กรัม/ลบ.ซม
2.ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)	5 –13	เปอร์เซ็นต์
3. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)	18	นิวตัน/ตร.มม.
4. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)	0.3	นิวตัน/ตร.มม.
5. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)	500	นิวตัน
6. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)	-	เปอร์เซ็นต์
7. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)	12	เปอร์เซ็นต์

2.7.3 การเตรียมแผ่นทดสอบ

แผ่นประกอบที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามที่ใช้ในการทดสอบใช้แผ่นประกอบขนาด 300 × 300 ×10 มม. (โดยแบ่งประเภท 6 ประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วนๆ ละ 5 แผ่นรวมแผ่นประกอบที่ได้จากการพัฒนาเป็น 30 แผ่น นำมาตัดให้ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้เพื่อทำการทดสอบทั้ง 7 ด้านๆ ละ 2 ชิ้น ทดสอบแล้วนำผลที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนผลการทดสอบในแต่ละแผ่น (รวมจำนวนชิ้นทดสอบทั้งหมด 60 ชิ้นทดสอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงการเตรียมแผ่นทดสอบ

คุณสมบัติทางกายภาพ	ขนาดแผ่นทดสอบ (มม.)	จำนวนชิ้น
1. ความหนาแน่น (Density)	100 × 100	2
2. ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)	100 × 100	2
3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)	100 × 100	2
4. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)	100 × 100	2
5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)	50 × 150	2
6. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)	50 × 50	2
7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)	50 × 100	2

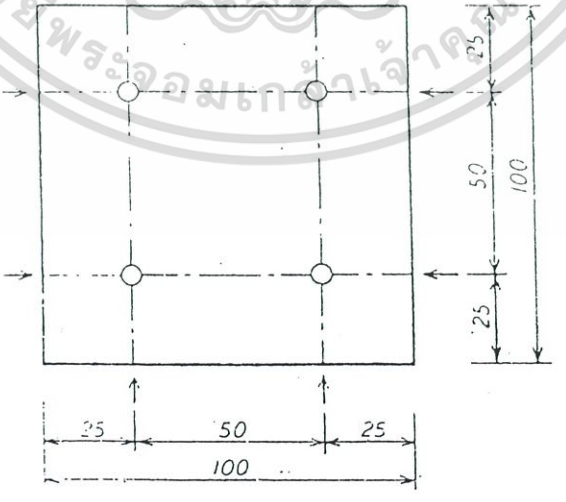
2.7.4 วิธีการทดสอบ

2.7.4.1 ความหนาแน่น (Density)

วัดขนาดความยาว และความกว้างในแต่ละจุดของชิ้นทดสอบเพื่อทำการวัดตามที่แสดงใน (ภาพที่ 2.9) หาค่าเฉลี่ยแต่ละจุดและจะวัดขนาดมวลเพื่อให้ได้ค่าใกล้ที่สุด 0.05 มม, 0.1 มม. และ 0.1 กรัม ของแต่ละชิ้นทดสอบ และความหนาแน่นจะนำมาคำนวณเพื่อหาค่าที่ใกล้ที่สุดเท่ากับ 0.01 กรัมต่อตารางเซนติเมตร

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

m_1 : มวล (กรัม) , V : ปริมาตร (ตารางเซนติเมตร)



ภาพที่ 2.9 แสดงตำแหน่งที่วัดความกว้าง, ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4.2 ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)

เมื่อวัดมวล (m_1) ของชิ้นทดสอบแล้วนำเข้าเตาอบอุณหภูมิ >100 องศาเซลเซียส นำชิ้นทดสอบมาวัดมวล (m_0) เมื่ออบแห้งแล้วหรือมวลมีค่าคงที่สามารถหาค่าปริมาณความชื้นของแผ่น

โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณความชื้นของแผ่น (\%)} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100$$

เมื่อ m_0 : มวล (กรัม) หลังจากทำแผ่นทดสอบให้แห้ง

m_1 : มวล (กรัม) ก่อนทำแผ่นทดสอบแห้ง

2.7.4.3 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบเป็นมวลก่อนแช่น้ำ นำไปแช่น้ำอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ให้ชิ้นทดสอบแช่ในน้ำประมาณ 30 มม. เมื่อแช่ครบ 24 ชั่วโมงแล้วนำชิ้นทดสอบมาชั่งน้ำหนัก โดยใช้สูตรหาอัตราการขยายตัว

โดยใช้สูตร

$$\text{การดูดซึมน้ำ (\%)} = \frac{\text{มวลหลังแช่น้ำ(กรัม)} - \text{มวลก่อนแช่น้ำ(กรัม)}}{\text{มวลก่อนแช่น้ำ(กรัม)}} \times 100$$

2.7.4.4 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)

วัดความหนาของแผ่นทดสอบจากจุดศูนย์กลางใกล้ที่สุด 0.05 มม.นำไปแช่น้ำอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ให้ชิ้นทดสอบแช่ในน้ำประมาณ 30 มม. เมื่อแช่ครบ 24 ชั่วโมงแล้วนำชิ้นทดสอบมาวัดความหนาโดยใช้สูตรหาอัตราการขยายตัว

โดยใช้สูตร

$$\text{การพองตัว (\%)} = \frac{\text{ความหนาหลังแช่น้ำ(มม.)} - \text{ความหนาก่อนแช่น้ำ(มม.)}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ(มม.)}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4.5 ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

ใช้วิธีการทดสอบบนแท่นรองรับ (ภาพที่ 2.10) ดูค่าโหลดของชิ้นทดสอบโดยการกดค่าประมาณ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ที่ความเร็วค่าเฉลี่ยต่ำสุดเพื่อดูผลการทดสอบจากผิวของชิ้นทดสอบและวัดค่าที่สูงที่สุดของโหลด นำไปคำนวณค่าแรงดัดจากผลชิ้นทดสอบ จากสูตร

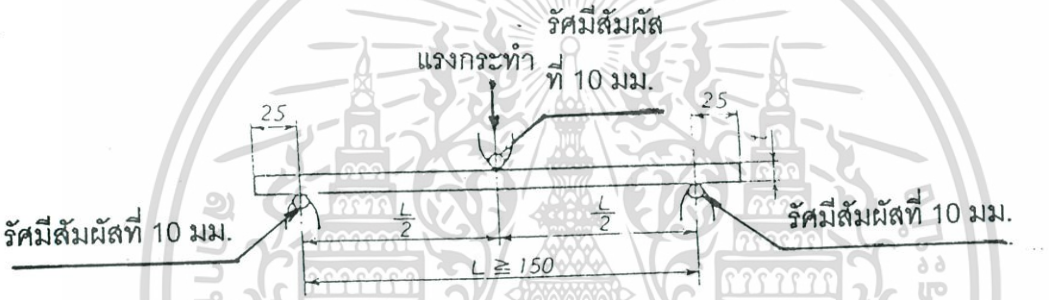
โดยใช้สูตร ความต้านแรงดัด (นิวตัน/ตร.มม.) $= \frac{3PA}{2bt^2}$

เมื่อ P : โหลดสูงสุด (นิวตัน)

A : ระยะห่างของชิ้นทดสอบ (มม.)

b : ความกว้าง (มม.)

t : ความหนา



ภาพที่ 2.10 แสดงการทดสอบแรงดัด

2.7.4.6 แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)

ใช้อุปกรณ์ยึดชิ้นทดสอบกับเหล็กหรือกล่องอลูมิเนียม (ภาพที่ 2.11) ตรวจสอบค่าความตึงเครียดโหลดซึ่งตั้งสู่หน้าแผ่นทดสอบ, วัดค่าสูงที่สุดของของโหลดชิ้นทดสอบที่เวลาของการยอมรับกำลังของแผ่น (การหยุดโหลดของค่าความเข้มแข็งสูงสุดของบอร์ด) สามารถคำนวณพันธะภายในโดยใช้สูตร (การทดสอบนี้ความเร็วที่โหลดจะยอมรับต่ำสุด โดยประมาณ 2 มม.)

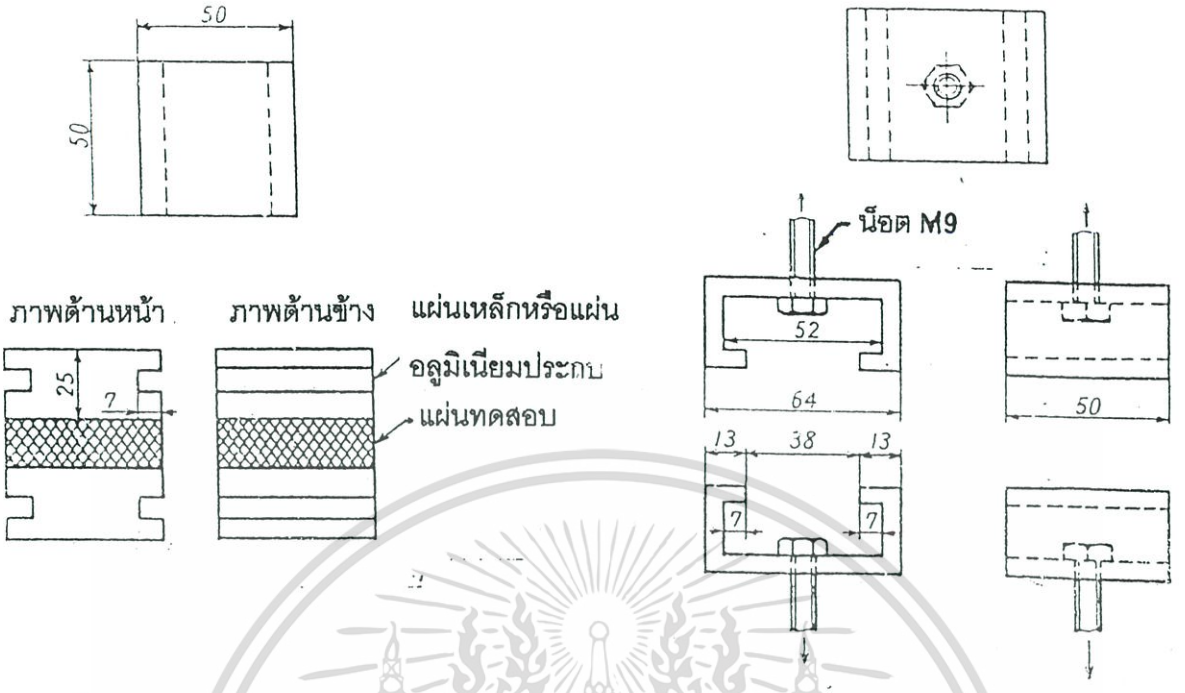
โดยใช้สูตร แรงยึดเหนี่ยวภายใน (นิวตัน/ตร.มม.) $= \frac{P}{b \times L}$

เมื่อ P : โหลดสูงสุด (นิวตัน) ณ.เวลาที่พบข้อบกพร่อง

b : ความกว้างของแผ่นทดสอบ (มม.)

L : ความยาวของแผ่นทดสอบ (มม.)

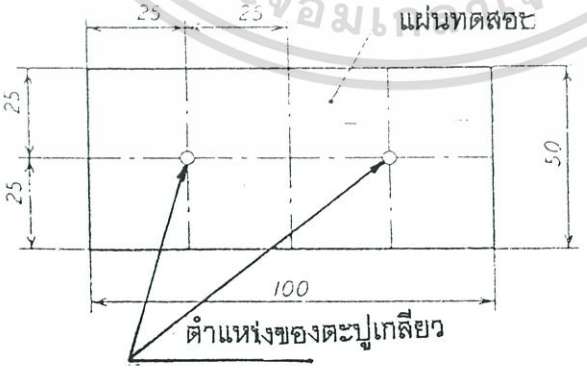
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 แสดงการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน

2.7.4.7 ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

ขันตะปูเกลียวในชิ้นทดสอบซึ่งเจาะรูนำขนาด 2.7 มม. และขันลงไปจนจมลึกลงไปถึงระดับ 16 มม. ขนาดความยาวที่เจาะจงในมาตรฐาน JIS 1112 B เข้าไปทั้ง 2 ตำแหน่งในชิ้นทดสอบตามตำแหน่งที่ระบุไว้ใน (ภาพที่ 2.12) และดึงออกตามแนวตั้งฉากของชิ้นทดสอบระหว่างการทดสอบวัดหาค่าที่สูงที่สุด และภายหลังการทดสอบหาค่าเฉลี่ยระหว่างสองค่าเวลาตั้งแต่เริ่มดึงกระทั้งตะปูเกลียวถอนออก



ภาพที่ 2.12 แสดงตำแหน่งการทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรธรรม อุ่นจิตติชัย (2543 : 87-105) ได้ทำการวิจัยเรื่อง แผ่นปาร์ติเคิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมไม้ต้นน้ำ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเคิล โดยใช้ กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์

ผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสม และคุณภาพเป็นที่พอใจ คือ แผ่นปาร์ติเกิลแบบอัดราบชั้นเดียว ขนาดความหนา 16 มม. คุณสมบัติทางกายภาพทางด้านแรงยึดเหนี่ยวภาย และความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว ของการใช้ปริมาณ กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ 4% คุณสมบัติด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำใช้ปริมาณกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ 7% และทางด้านสมบัติความต้านทานแรงดัดใช้ปริมาณ ของกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ 10%

วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ (2544 :370-377) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ฉลากเขียว วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี, ขนาดของเส้นใย และขนาดของชิ้นหญ้าแฝก ควบคู่กับการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ ปัจจัยความผันแปรของความชื้นของชิ้นหญ้าแฝกก่อนการผสมกาว ปัจจัยด้านความหนาแน่นของแผ่น และปัจจัยของการใช้ปริมาณกาวขนาดต่างๆกัน

ผลการศึกษาพบว่า การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ต้องใช้กาวไอโซไซยาเนต (pMDI) เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของหญ้าแฝกมีความแข็งแรงต่ำ และมีไขเคลือบที่ผิว สภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการพัฒนาแผ่นชิ้นหญ้าแฝก ได้แก่ ระดับปริมาณความชื้น 22 % ปริมาณกาว 7% ความหนาแน่นของแผ่นอยู่ระหว่าง 750-800 กก./ลบ.ม

พรพิมล อมรโชติ และคณะ (2545 :72-81) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาใช้ประโยชน์ไม้สักขนาดเล็กจากสวนป่ามาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดชิ้นไม้สัก ควบคู่กับการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ ปัจจัยชนิดของไม้สัก 2 ชนิด คือ ไม้สักที่มีเปลือกและไม้สักที่ไม่มีเปลือก และปัจจัยการใช้ชนิดของกาวที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) 13% กาฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (PF) 7% และกาวไอโซไซยาเนต (pMDI) 5%

ผลการศึกษาพบว่า ไม้สักที่ไม่มีเปลือกมีแนวโน้มจะให้สมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดดีกว่าไม้สักที่มีเปลือก และการผลิตแผ่นจากการใช้ไม้สักที่ไม่มีเปลือก โดยการใช้กาวไอโซไซยาเนต (pMDI) 5% เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษาผลการศึกษา ถึงแม้ว่าจะไม่มีสภาวะการผลิตใดเลยที่ผ่านค่ามาตรฐานของ JIS A 5908 (1994) ทุกค่าก็ตาม แต่สภาวะที่พบว่าเหมาะสมที่สุดคือการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดจากไม้สักที่ไม่มีเปลือกโดยใช้กาว pMDI 5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จรัส ช่วยนะ และคณะ (2545 :113-120) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การผลิตแผ่น ปาร์ติเกิลบอร์ดจากเศษไม้ไผ่ค้ำยันเหลือทิ้ง เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษากรรมวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด

ผลการศึกษาพบว่าสภาวะการผลิตที่เหาะสมที่สุดในการศึกษา คือ การอัดแผ่นที่ความหนาแน่น 900 กก./ลบ.ม. โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ 13 เปอร์เซ็น ซึ่งจะให้ผลการทดสอบสมบัติต่างๆ ผ่านค่ามาตรฐานตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5908 (1994) เกือบทุกค่า ยกเว้นค่าสมบัติการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ที่มีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าต้องไม้เกิน 12 เปอร์เซ็น ดังนั้นเศษไม้ไผ่ค้ำยันเหลือทิ้งจึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด แต่ต้องได้รับการปรับปรุงคุณภาพทางด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำต่อไป (เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดกับเกณฑ์มาตรฐานกำหนดมาตรฐาน JIS A 5908 :1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การศึกษาและพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามเป็นรูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง โดยกำหนดแนวทางวิธีดำเนินการวิจัยตามรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

3.1 แหล่งวัสดุที่นำมาใช้พัฒนา
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
3.3 สภาวะที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบ
3.4 กระบวนการพัฒนาแผ่นประกอบ
3.5 การเก็บและรวบรวมข้อมูล
3.6 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 แหล่งวัสดุที่นำมาใช้พัฒนา

วัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ซึ่งได้แก่ส่วนของเปลือก และรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่ได้จากการแกะในพื้นที่ หมู่ 10 และหมู่ 11 บ้านเมืองแบ่ง ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบ

1. กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์
2. เดซิกเคเตอร์
3. ปั๊มลม
4. หัวฉีดพ่นกาว
5. กล่องเตรียมแผ่นอัด
6. แผ่นโลหะรองอัดขนาด 350 x 350 มม.
7. แท่งโลหะวางแผ่นขนาด 10 มม.
8. นาฬิกาจับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบ

1 เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture Meter)

2. ตู้อบความร้อน >100 C˚

3. เครื่องตอกทุบ (Hammermills)

4. เครื่องตีสับ (Wing – beater Mills)

5. เครื่องร่อนคัดขนาด

6. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยมสองตำแหน่ง

7. เครื่องคลุกผสม

8. เครื่องอัดร้อนในแนวราบ โดยใช้ไฮดรอลิก

9. เครื่องตัดวัสดุแผ่นประกอบ

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)

1. บรรทัดวัดขนาด

2. ไมโครมิเตอร์

3. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยมสองตำแหน่ง

4. ตู้อบความร้อน >100 C˚

5. แท่งไม้สำหรับยึดกับแผ่นทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน

6. กาวยูเรียฮาร์ดีนเนอร์

7. ตะปูเกลียวหัวจมแบบผ่า

8. สว่านเจาะรูนำเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.8 มม.

9. เครื่องทดสอบวัสดุ UTM (Universal Testing Machine)

3.3 สภาวะที่ใช้ในการผลิตแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

1. ความหนาแน่นของแผ่นประกอบ	0.70	กก./ลบ.ซม.
2. ขนาดของแผ่น	350 x 350 x 10	มิลลิเมตร
3. โครงสร้างของแผ่น	ชั้นเดียวแบบราบ	
4. ระดับความชื้นก่อนผสมกาว	< 5	เปอร์เซ็นต์
5. แรงดันลมในการพ่นกาว	8 - 9	กก./ตร.ซม.
6. ขนาดความโตของหัวพ่น	0.8	มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. อุณหภูมิที่ใช้ในการอัด	140	องศาเซลเซียส
8. ระยะเวลาในการอัดร้อน	5	นาที
9. แรงดันในการอัดจำเพาะ	30	กก./ตร.ซม.
10. ปรับสภาวะแผ่นก่อนตัดโดยทิ้งไว้อุณหภูมิห้อง	7	วัน

3.4 กระบวนการพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

3.4.1 การเตรียมเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

1. คัดเลือกเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามโดยเป็นเปลือกที่ผ่านการแกะเอาส่วนของเนื้อ และเมล็ดออกแล้วคงเหลือเพียงเฉพาะส่วนเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

2. ทำการคัดแยกส่วนของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามออกจากกัน

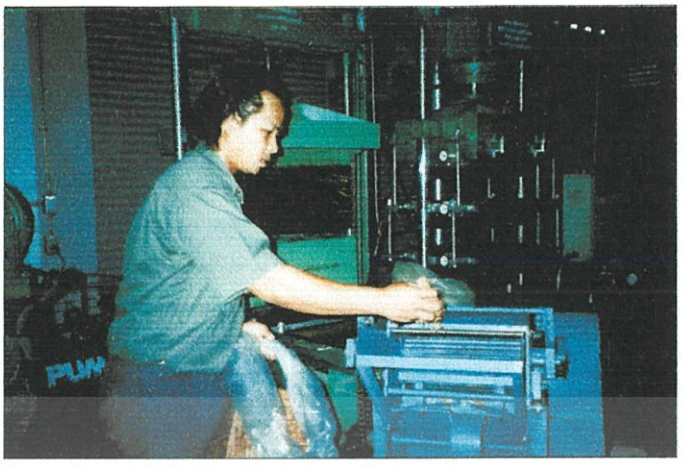
3. ตัดขั้วรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามออกแล้วนำไปต้มเพื่อให้เศษเนื้อมะขามที่ติดอยู่ออกจนหมด แล้วนำเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามไปตากแดดให้แห้ง

4. นำเปลือกของฝักมะขามเข้าเครื่องตอกทุบ (Hammermills) เพื่อให้ได้ขนาดของชิ้นเปลือกมะขามไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

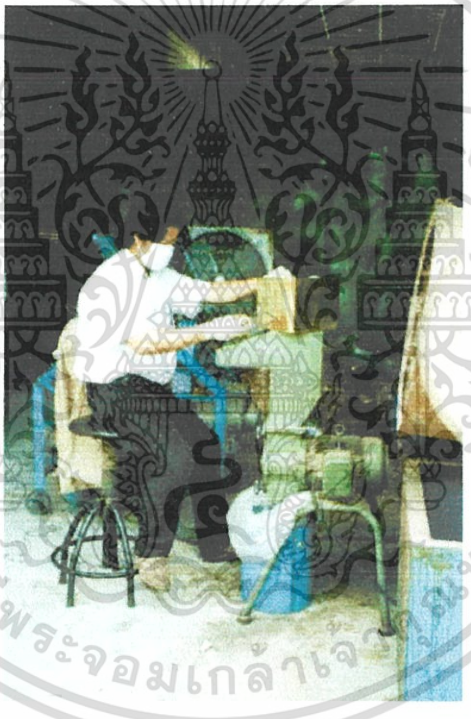
5. นำรกหุ้มเนื้อเข้าเครื่องตอกทุบ (Hammermills) และเครื่องตีสับ (Wing – beater Mills) ตามลำดับ เพื่อลดขนาดของชิ้นรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

ภาพที่ 3.1 การตอกทุบ (Hammermills) เปลือกของฝักมะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



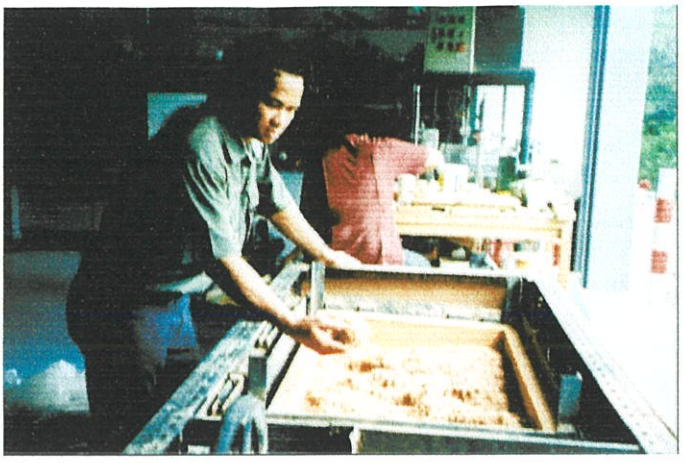
ภาพที่ 3.2 การตีสับ (Wing – beater Mills) รกหุ้มเนื้อ ของฝักมะขาม



ภาพที่ 3.3 การตีสับ (Wing – beater Mills) รกหุ้มเนื้อ ของฝักมะขาม

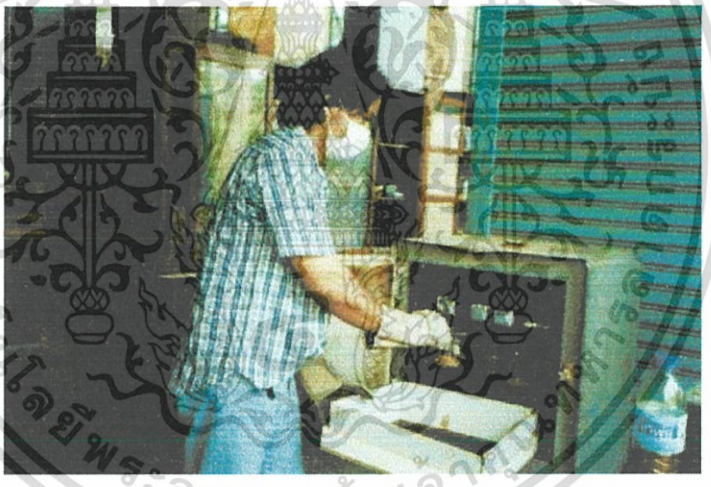
8.นำเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามเข้าเครื่องร่อนเพื่อคัดแยกขนาด
เพื่อให้ได้ขนาดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร สำหรับการอัดขึ้นรูปตามประเภทของแผ่นชิ้นไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 การร่อนเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามในเครื่องร่อนตะแกรงเบอร์ 3

9. นำเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามไปทดสอบหาค่าความชื้น หากเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามมีค่าความชื้นเกินร้อยละ 5 ต้องนำเข้าตู้อบร้อน ไล่น้ำออกเพื่อให้เปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามมีค่าความชื้นอยู่ไม่เกินร้อยละ 5 ก่อนนำไปผสมกาว



ภาพที่ 3.5 ทดสอบหาค่าความชื้นของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.6 การอบไล่ความชื้นของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

10. ชั่งน้ำหนักหาปริมาณของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามและกาวสำหรับนำไปใช้ในการคลุกผสมเพื่อทำการอัดต่อแผ่นในแต่ละครั้ง

ภาพที่ 3.7 การชั่งเปลือก,รกหุ้มเนื้อของฝักมะขามและกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์

11. นำเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่ชั่งหาปริมาณที่ต้องการแล้วเข้าเครื่องคลุกผสมส่วนกาวนำไปใส่หัวฉีดพ่นกาวแรงดันในการพ่นประมาณ 300 ปอนด์ต่อตารางฟุตและฉีดพ่นให้ละอองกาวเข้าไปคลุกผสมกับเปลือก,รกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.8 นำเปลือก,รกหุ้มเนื้อของฝักมะขามใส่ลงในเครื่องคลุกผสม

ภาพที่ 3.9 การฉีดพ่นกาวในเครื่องคลุกผสม

12. นำเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่ผ่านการคลุกผสมกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์แล้วโรยใส่ลงในกล่องเตรียมแผ่นอัดแล้วกดทับด้วยแผ่นโลหะรองอัดขนาด 350 X 350 มม.ซึ่งได้เคลือบแผ่นด้วยพาราฟินเหลวไว้แล้ว และวางขนาบทางด้านข้างของวัสดุด้วยแท่งโลหะขนาด 10 มม. แล้วจึงวางแผ่นโลหะประกบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

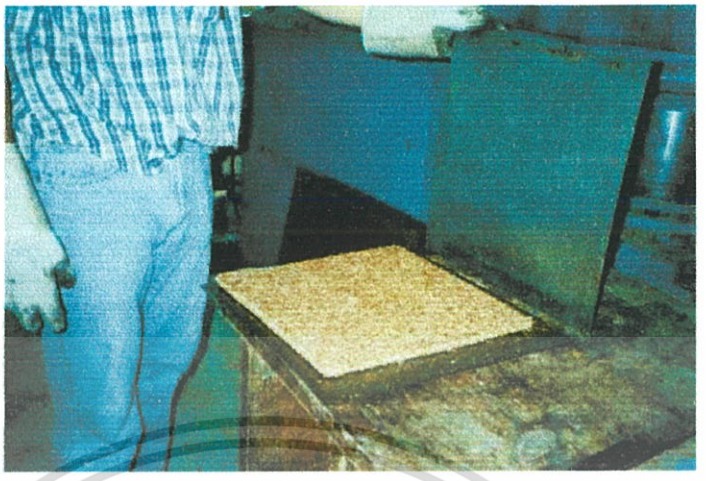
ภาพที่ 3.10 การโรยเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามลงกล่องเตรียมแผ่นอัด

13. นำแผ่นเตรียมอัดที่ได้เตรียมไว้แล้วนำเข้าเครื่องอัดร้อนด้วยไฮดรอลิคแรงดันขณะอัด 30 กก./ตร.ซม. อุณหภูมิในการอัด 140 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอัด 5 นาที

ภาพที่ 3.11 การอัดแผ่นประกอบด้วยเครื่องอัดร้อนด้วยไฮดรอลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. เมื่ออัดเสร็จแล้วนำแผ่นประกอบออกจากแผ่นโลหะเตรียมอัด



ภาพที่ 3.12 แผ่นประกอบที่ได้จากการอัดขนาดเท่ากับ 350 x 350 x 10 มิลลิเมตร

ภาพที่ 3.13 การเก็บพักแผ่นไว้และทิ้งปรับสภาพแผ่น 7 วัน

15. เก็บและพักแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามไว้เพื่อปรับสภาพในอุณหภูมิห้องใช้ระยะเวลา 7 วัน ก่อนนำไปตัดขอบของแผ่นประกอบให้ได้ขนาดของแผ่น 300 x 300 x 10 มิลลิเมตร แล้วจึงนำไปตัดเพื่อให้ได้ขนาดสำหรับชิ้นทดสอบด้านต่างๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ใช้หลักเกณฑ์การทดสอบของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (JIS A 5908 – 1994) ดังนี้

คุณสมบัติทางกายสมบัติประกอบด้วย

1. ค่าความหนาแน่น (Density)	0.40 – 0.90	กรัม/ลบ.ซม.
2. ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)	5 – 13	เปอร์เซ็นต์
3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)	-	เปอร์เซ็นต์
4. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)	12	เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติทางกลสมบัติประกอบด้วย

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)	18	นิวตัน/ตร.มม.
6. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)	0.3	นิวตัน/ตร.มม
7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)	500	นิวตัน

การทดสอบเป็นการรายงานผลที่ได้จากการทดสอบแผ่นประกอบ โดยการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) เพื่อนำค่าที่ได้ในแต่ละประเภทของแผ่นทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและผลทางสถิติเพื่อสรุปผลการพัฒนา

3.4.3 การตัดแผ่นทดสอบโดยใช้เครื่องตัดตัดตามขนาดที่กำหนด (มม.) ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ดังนี้

การทดสอบทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามใช้ชิ้นทดสอบประเภทของอัตราส่วน 5 แผ่นทดสอบจำนวนแผ่นประกอบ 30 แผ่น และทำการทดสอบซ้ำโดยใช้ทดสอบในแต่ละด้านๆละ 2 ชิ้นแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของแผ่น รวมชิ้นทดสอบทั้งสิ้น 60 ชิ้นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.14 แสดงตัวอย่างการตัดแผ่นชิ้นทดสอบ

3.4.3.1 การทดสอบทางกายสมบัติ

แผ่นที่ 1. ใช้ทดสอบความหนาแน่น (Density) ขนาด 100 × 100 ม.ม.

แผ่นที่ 2. ใช้ทดสอบปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบ (Water Content) ขนาด100 × 100 ม.ม.

แผ่นที่ 3. ใช้ทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ขนาด 50 × 50 ม.ม.

แผ่นที่ 4. ใช้ทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling) ขนาด 50 × 50 ม.ม.

3.4.3.2 การทดสอบทางกลสมบัติ

แผ่นที่ 5. ใช้ทดสอบความต้านแรงดัด (Bending Strength) ขนาด 50 × 150 ม.ม.

แผ่นที่ 6. ใช้ทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond) ขนาด 50 × 50 ม.ม.

แผ่นที่ 7. ใช้ทดสอบความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding - Power) ขนาด 50 × 100 ม.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดสอบความความหนาแน่น (Density) (กรัม./ลบ.ซม.)

ตัดแผ่นทดสอบขนาด 100 × 100 มิลลิเมตร วัดขนาดความยาว และความกว้างในแต่ละจุดของชิ้นทดสอบเพื่อทำการวัดหาค่าเฉลี่ยแต่ละจุด และชั่งน้ำหนัก ของแต่ละชิ้นทดสอบ และนำมาคำนวณเพื่อหาค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบในแต่ละอัตราส่วน

ภาพที่ 3.15 การวัดขนาดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบ

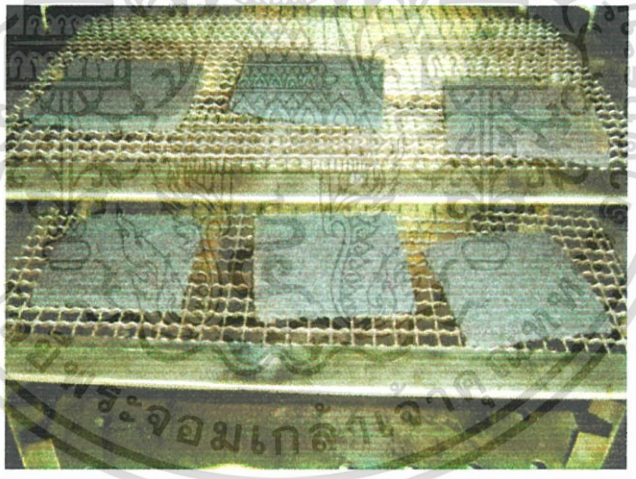
ภาพที่ 3.16 การชั่งน้ำหนักแผ่นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.17 การวัดขนาดความหนาของชิ้นทดสอบ

2. **ปริมาณความชื้นของแผ่น** (Water Content) (เปอร์เซ็นต์)

ตัดแผ่นทดสอบขนาด 100 × 100 มิลลิเมตร นำเข้าเตาอบอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นำชิ้นทดสอบมาชั่งน้ำหนักหามวลก่อนนำไปอบ และเมื่ออบแห้งแล้วหรือมวลมีค่าคงที่ จึงนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าปริมาณความชื้นของแผ่นทดสอบ



ภาพที่ 3.18 แสดงการทดสอบหาปริมาณความชื้นโดยนำชิ้นทดสอบเข้าเตาอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **การดูดซึมน้ำ** (Water Absorption) (**เปอร์เซ็นต์**)

4. **การพองตัวเมื่อแช่น้ำ** (Thickness Swelling) (**เปอร์เซ็นต์**)

ตัดแผ่นทดสอบขนาด 50 ×50 มิลลิเมตรชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบเป็นมวลก่อนแช่น้ำ วัดความหนาของแผ่นทดสอบจากจุดศูนย์กลางใกล้ที่สุด 0.05 มม.นำไปแช่น้ำอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ให้ชิ้นทดสอบแช่ในน้ำประมาณ 30 มม. เมื่อแช่ครบ 24 ชั่วโมงแล้วนำชิ้นทดสอบมาชั่งน้ำหนักและวัดความหนา

ภาพที่ 3.19 แสดงการทดสอบการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

ภาพที่ 3.20 ชิ้นทดสอบที่แช่ในน้ำความสูงของระดับน้ำ 30 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.21 ชิ้นทดสอบภายหลังการแช่น้ำ

5. **ความต้านแรงดัด** (Bending Strength) (นิวตัน/ตร.มม.)

ตัดแผ่นทดสอบขนาด 50 × 150 มิลลิเมตร นำเข้าเครื่องทดสอบโดยวางบนแท่นรองรับ ดูค่าโหลดของชิ้นทดสอบโดยการกดค่าประมาณ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ที่ความเร็วค่าเฉลี่ยต่ำสุด เพื่อดูผลการทดสอบจากผิวของชิ้นทดสอบและวัดค่าที่สูงที่สุดของโหลด นำไปคำนวณค่าแรงดัด จากผลชิ้นทดสอบ

ภาพที่ 3.22 แสดงการทดสอบแรงดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

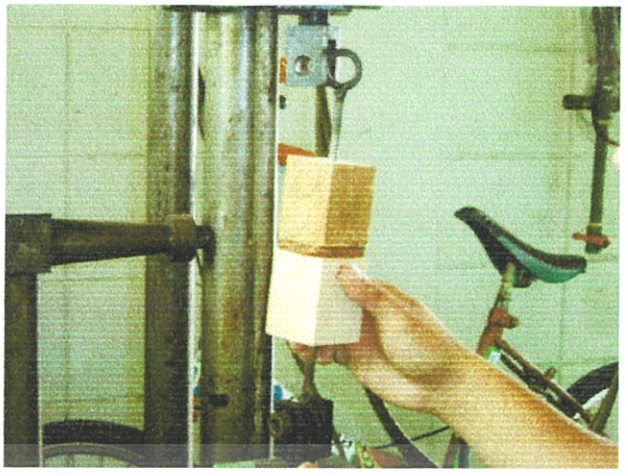
ภาพที่ 3.23 ชิ้นทดสอบภายหลังการทดสอบแรงดัด

6. **แรงยึดเหนี่ยวภายใน** (Internal Bond) (นิวตัน/ตร.มม.)

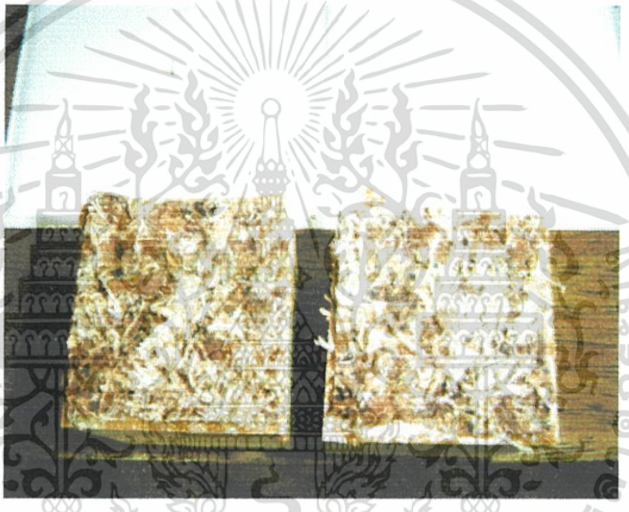
ตัดแผ่นทดสอบขนาด 50 × 50 มิลลิเมตรใช้กาวยูเรียยึดชิ้นทดสอบกับแท่งไม้กดทับด้วยถุงทรายพักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วนำเข้าเครื่องทดสอบ ตรวจสอบค่าความตึงเครียดโหลดซึ่งตั้งสู่หน้าแผ่นทดสอบ, วัดค่าสูงที่สุดของของโหลดชิ้นทดสอบที่เวลาของการยอมรับกำลังของแผ่น

ภาพที่ 3.24 การยึดแผ่นทดสอบกับแท่งไม้ด้วยกาวยูเรียฮาร์ดดินเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.25 แสดงการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน



ภาพที่ 3.26 ตัวอย่างแสดงการแยกตัวออกจากกันของชิ้นทดสอบ

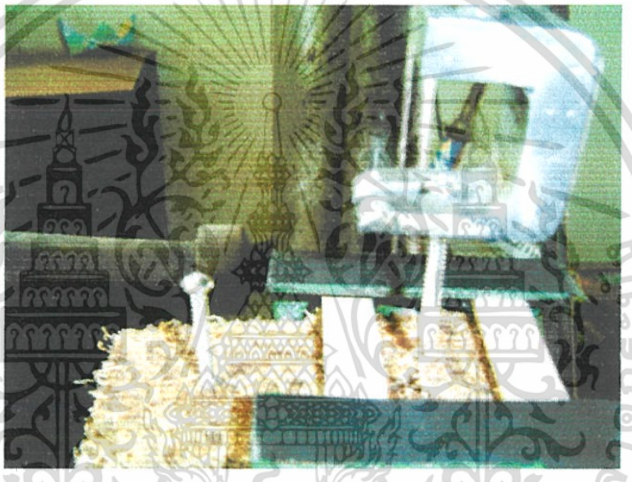
7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power) (นิวตัน)

ตัดแผ่นทดสอบขนาด 50 × 100 มิลลิเมตรขันตะปูเกลียวในชิ้นทดสอบซึ่งเจาะรูนำขนาด 2.7 มม. และขันลงไปจนจมลึกลงไปถึงระดับ 16 มม. ขนาดความยาวที่เจาะจงในมาตรฐาน JIS 1112 B เข้าไปทั้ง 2 ตำแหน่งในชิ้นทดสอบตามตำแหน่งที่ระบุไว้ และดึงออกตามแนวตั้งฉากของชิ้นทดสอบระหว่างการทดสอบวัดหาค่าที่สูงที่สุด และภายหลังการทดสอบหาค่าเฉลี่ยระหว่างสองค่าเวลาตั้งแต่เริ่มดึงกระทั่งตะปูเกลียวถอนออก

ในการทดสอบโหลดของความเร็วประมาณ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.27 ชิ้นทดสอบความยืดเหนียวของตะปูเกลียว



ภาพที่ 3.28 แสดงการทดสอบความยืดเหนียวของตะปูเกลียว

3.4.3 การดำเนินการพัฒนา

3.4.3.1 สถานที่ดำเนินการพัฒนา

1. ภาควิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์ ใช้จัดเตรียมวัตถุดิบเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

2. กลุ่มอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นสถานที่สำหรับจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับใช้ในการพัฒนา และดำเนินการพัฒนาแผ่นประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและคอมโพสิท สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม เป็นสถานที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายสมบัติและกลสมบัติของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด (JIS A 5908 – 1994)

3.4.3.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนา

การพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการดำเนินการพัฒนาช่วง เดือนมีนาคม - ตุลาคม พ.ศ. 2546

3.5 การเก็บและรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. ทำหนังสือจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมขอความอนุเคราะห์เพื่อขอข้อมูลเบื้องต้นของการพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม จากสำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์, สำนักวิจัยพันธุ์มะขามจังหวัดเพชรบูรณ์, บริษัท ไม้อัดไทยบางนา จำกัด, กรมวิชาการเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรมป่าไม้ เพื่อให้ทราบแนวทางของการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2. ทำหนังสือจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมขอความอนุเคราะห์ถึงอธิบดีกรมป่าไม้ เพื่อขอใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินงานพัฒนา

3. วางแผนการทดลอง และดำเนินการพัฒนาวัสดุแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยกระบวนการอัดร้อนขึ้นรูปด้วยไฮดรอลิค เช่นเดียวกันกับการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด โดยขั้นตอนการพัฒนาทั้งหมดดำเนินการที่ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

4. ทำหนังสือจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมขอความอนุเคราะห์ถึงส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและคอมโพสิท สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อขอใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุแผ่นประกอบ โดยใช้เกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดของ (JIS A 5908 – 1994) และการดำเนินการทดสอบ

5. วิเคราะห์และหาค่าเฉลี่ยจากผลที่ได้จากการทดสอบแผ่นประกอบทั้ง 6 ประเภท ประเภทละ 5 แผ่น รวมทั้งสิ้น 30 แผ่น สำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพในด้านต่างๆ เพื่อสรุปผลการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการทดสอบแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม เพื่อหาค่าทางสถิติ ดังนี้

3.6.1.การหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้าน ของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม (ล้วน และอังคณา สายยศ. 2540 : 240-248)

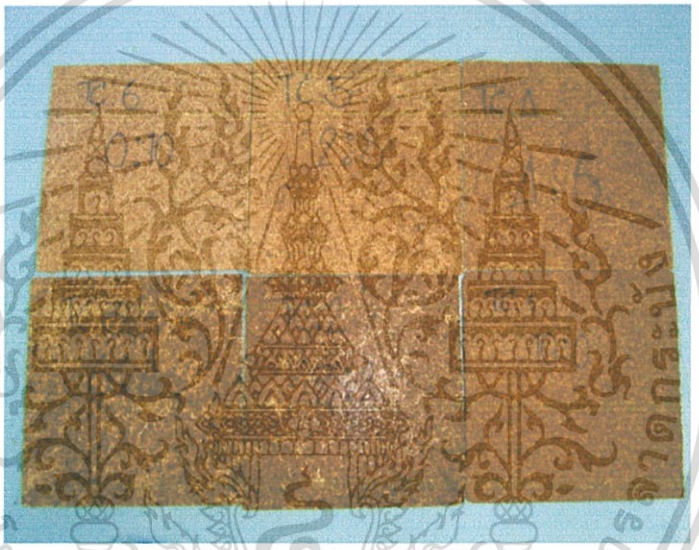
3.6.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้าน ของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One-Way Analysis of Variance Test (ระวีวรรณ พันธ์พานิช. 2541 : 337-339)

3.6.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ของคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้าน ของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้สถิติการเปรียบเทียบแบบพหุคูณ (ระวีวรรณ พันธ์พานิช. 2541 : 339-340)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาแผ่นประกอบที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ใช้กรรมวิธีการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยไฮดรอลิค ขึ้นรูปเป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดชั้นเดียวแบบราบ โดยใช้กาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นตัวประสาน ในอัตราส่วน 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของกาวเหลวที่มีความเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับน้ำหนักแห้งของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่นำมาพัฒนาผลิตเป็นแผ่นประกอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ขนาดของแผ่นประกอบ 350 x 350 x 10 มิลลิเมตร



ภาพที่ 4.1 แสดงแผ่นประกอบที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ทั้ง 6 ชนิด แบ่งตามอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม ดังนี้ 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 / 4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10

โดยแผ่นประกอบที่ได้จากการพัฒนาทั้งหมดนำมาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ใช้ชิ้นงานทดสอบแยกตามอัตราส่วนๆละ 5 แผ่น ใช้แผ่นทดสอบประเภทละ 2 ชิ้นทดสอบเป็นการทดสอบซ้ำแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ รวมชิ้นทดสอบทั้งสิ้น 60 ชิ้นทดสอบ นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ยของแผ่นประกอบแต่ละอัตราส่วนเป็นตัวแทนของแต่ละประเภทตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้านของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

4.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้านของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One-Way Analysis of Variance Test

4.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ของคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้านของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้สถิติการเปรียบเทียบแบบพหุคูณ

4.1 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.ความหนาแน่น (Density) (กรัม./ลบ.ซม.)

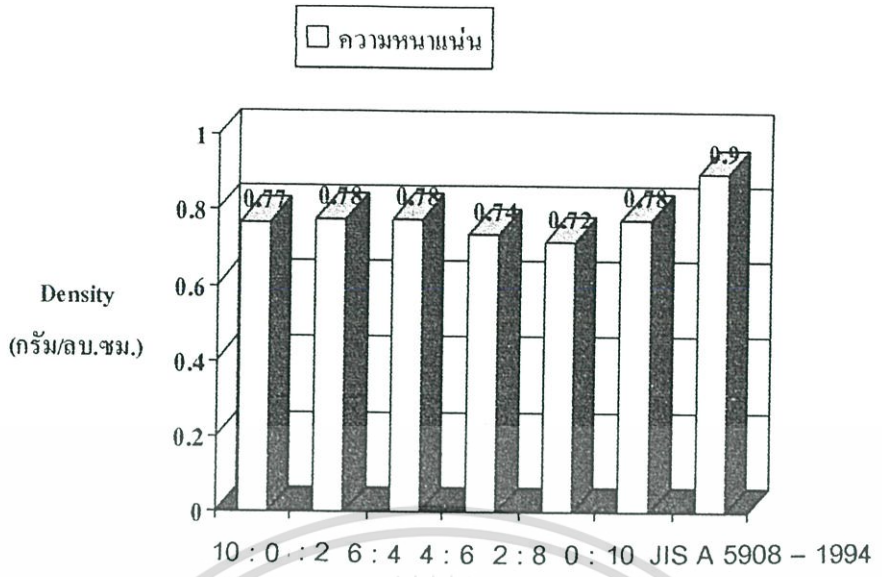
จากการทดสอบแผ่นประกอบจำนวน 30 แผ่น โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วนเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความหนาแน่นของแผ่นประกอบ

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวนแผ่นทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น (กรัม./ลบ.ซม.)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)
10 : 0	5	0.74	0.01	0. 40 – 0.90 กรัม./ลบ.ซม.
8 : 2	5	0.78	0.04	
6 : 4	5	0.76	0.05	
4 : 6	5	0.74	0.03	
2 : 8	5	0.72	0.05	
0 : 10	5	0.78	0.06	

จากตารางที่ 4.1 พบว่าแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ทั้ง 6 อัตราส่วนโดยพิจารณาตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 / 4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 ทุกอัตราส่วนอยู่ในเกณฑ์ค่าความหนาแน่นของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่ 0.40-0.90 กรัม./ลบ.ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าเฉลี่ยความหนาแน่นแผ่นประกอบ ทั้ง 6 อัตราส่วน

จากแผนภูมิที่ 4.2 แสดงสัดส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามด้านความหนาแน่นของค่าเฉลี่ยแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน โดยพบว่าค่าความหนาแน่นที่ได้มีค่าสูงกว่าที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนของการวางแผนการทดลองที่ได้กำหนดค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบไว้ที่ 0.70 กรัม./ลบ.ซม.ซึ่งค่าความหนาแน่นที่ได้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 0. 40 – 0.90 กรัม.

ซึ่งค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่ได้สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ในขั้นตอนของการวางแผนการพัฒนาที่กำหนดค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่ต้องการไว้ที่ 0.70 กรัม./ลบ.ซม. ฉะนั้นเมื่อค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่ได้มีค่าสูงกว่าที่กำหนดไว้ทุกอัตราส่วนจึงเป็นผลดีต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **ปริมาณความชื้นของแผ่น** (Water Content) (เปอร์เซ็นต์)

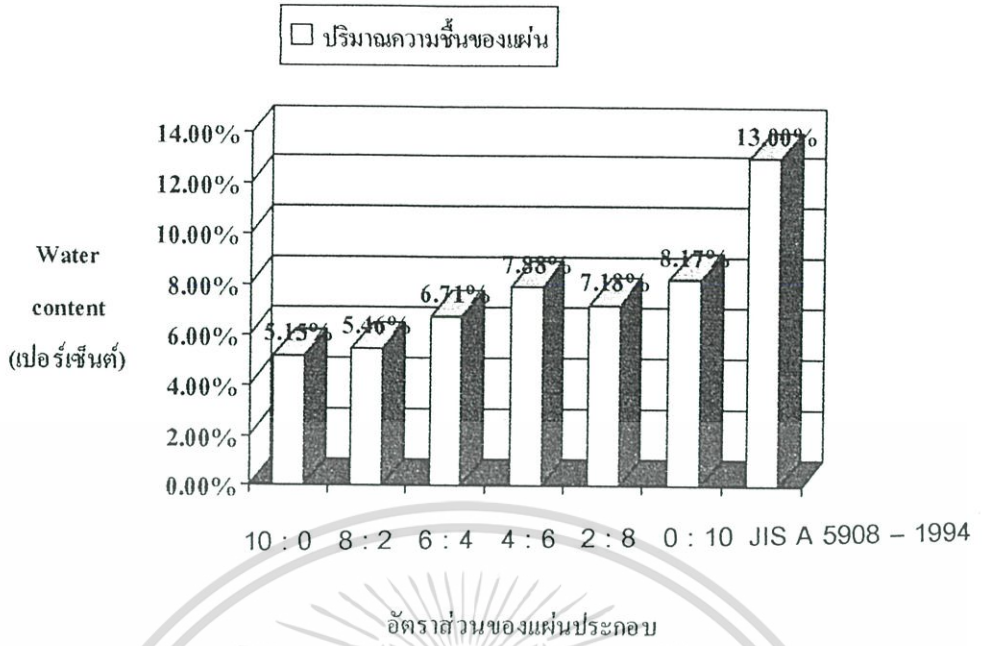
จากการทดสอบแผ่นประกอบจำนวน 30 แผ่น โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วนเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบ

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวนแผ่นทดสอบ	ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)
10 : 0	5	5.15	0.99	5 – 13 เปอร์เซ็นต์
8 : 2	5	5.46	0.89	
6 : 4	5	6.71	0.44	
4 : 6	5	7.88	0.62	
2 : 8	5	7.18	0.31	
0 : 10	5	8.17	0.22	

จากตารางที่ 4.2 พบว่าแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ทั้ง 6 อัตราส่วนโดยพิจารณาตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 / 4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 ทุกอัตราส่วนอยู่ในเกณฑ์ปริมาณความชื้นของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่ 5 - 13 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบ ทั้ง 6 อัตราส่วน

จากแผนภูมิที่ 4.3 แสดงสัดส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามด้านปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบของค่าเฉลี่ยแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน โดยพบว่า ปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบที่ได้มีค่าอยู่ระหว่างเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ที่ 5 - 13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณความชื้นที่ได้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)

โดยแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามที่มีอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 มีปริมาณความชื้นต่ำสุดที่ 5.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 0 : 10 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดที่8.17 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบที่ได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ถือว่าเป็นผลดีต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) (เปอร์เซ็นต์)

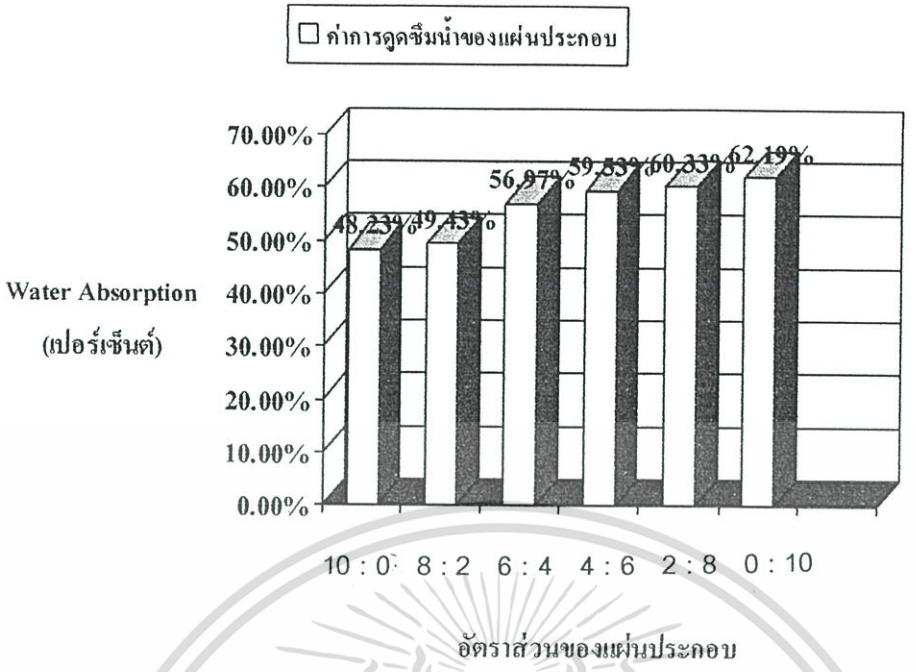
จากการทดสอบแผ่นประกอบจำนวน 30 แผ่น โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วนเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบ

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวนแผ่นทดสอบ	ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)
10 : 0	5	48.23	2.57	-
8 : 2	5	49.34	2.56	
6 : 4	5	56.97	4.19	
4 : 6	5	59.53	6.34	
2 : 8	5	60.33	6.56	
0 : 10	5	62.19	4.24	

จากตารางที่ 4.3 พบว่าแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ทั้ง 6 อัตราส่วนโดยพิจารณาตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 /4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 พบว่าแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วนมีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำในเปอร์เซ็นต์ที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบ ทั้ง 6 อัตราส่วน

จากแผนภูมิที่ 4.4 แสดงสัดส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบของค่าเฉลี่ยแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน โดยพบว่า การดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบที่ได้มีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำที่สูง

โดยแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามที่มีอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 มีปริมาณการดูดซึมน้ำที่ต่ำสุดที่ 48.23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 0 : 10 มีปริมาณการดูดซึมน้ำสูงที่สุดที่ 62.19 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งถือได้ว่าการพัฒนาสร้างแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้กาวยูเรีย- ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานไม่เหมาะสมต่อคุณสมบัติทางกายภาพด้านการดูดซึมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness- Swelling) (เปอร์เซ็นต์)

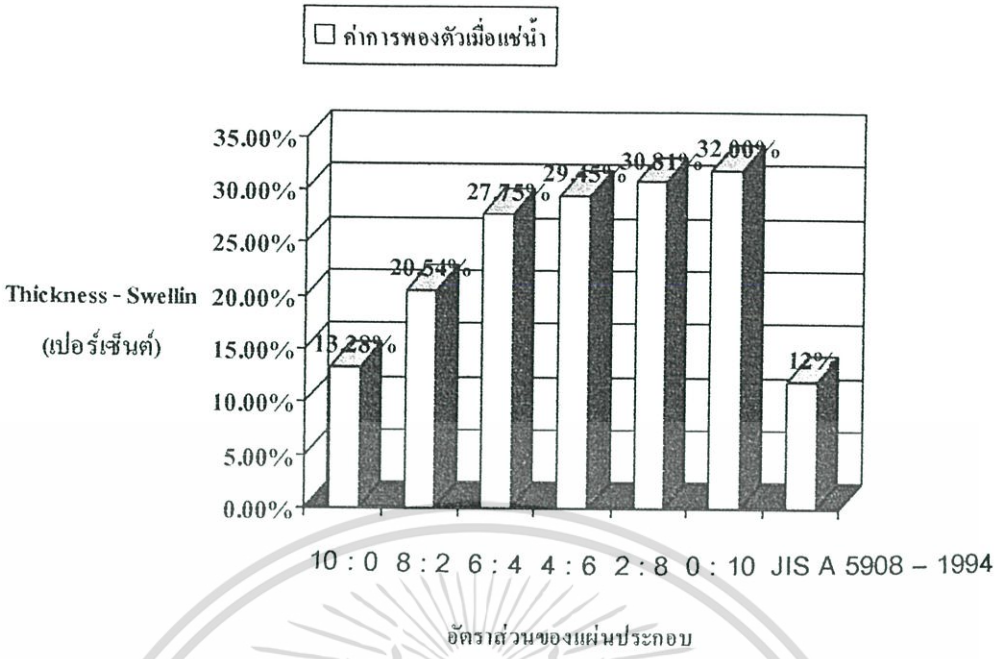
จากการทดสอบแผ่นประกอบจำนวน 30 แผ่น โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วนเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบ

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวนแผ่นทดสอบ	ค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)
0 : 10	5	13.28	0.70	12 เปอร์เซ็นต์
2 : 8	5	20.54	0.62	
4 : 6	5	27.75	1.15	
6 : 4	5	29.45	0.55	
8 : 2	5	30.81	2.12	
10 : 0	5	32.00	1.25	

จากตารางที่ 4.4 พบว่าแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน โดยพิจารณาตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 / 4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 พบว่าแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วนไม่อยู่ในเกณฑ์การพองตัวเมื่อแช่น้ำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่ 12 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 แผนภูมิแสดงลัดส่วนค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบ ทั้ง 6 อัตราส่วน

จากแผนภูมิที่ 4.5 แสดงลัดส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบของค่าเฉลี่ยแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน โดยพบว่า การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบที่ได้มีค่าคุณสมบัติทางกายภาพที่สูงกว่าเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 12 เปอร์เซ็นต์

โดยแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามที่อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 0 : 10 มีปริมาณการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ต่ำสุดที่ 13.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแผ่นประกอบที่อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 มีปริมาณการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่สูงสุดที่ 32.00 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งถือได้ว่าการพัฒนาสร้างแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้กาวยูเรีย- ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสานไม่เหมาะสมต่อคุณสมบัติทางกายภาพด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength) (นิวตัน./ตร.มม.)

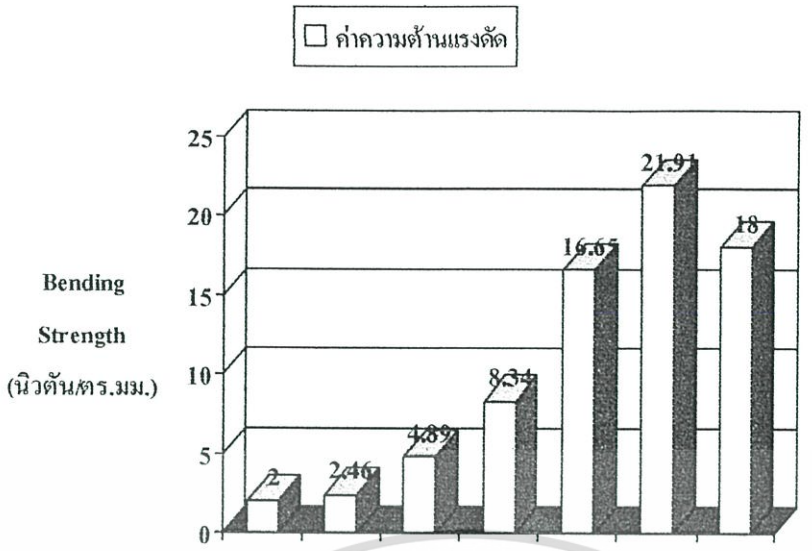
จากการทดสอบแผ่นประกอบจำนวน 30 แผ่น โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วนเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบ

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวนแผ่นทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัด (นิวตัน./ตร.มม.)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)
10 : 0	5	2.00	0.20	18 นิวตัน./ตร.มม.
8 : 2	5	2.46	0.28	
6 : 4	5	4.89	0.46	
4 : 6	5	8.34	0.41	
2 : 8	5	16.65	1.28	
0 : 10	5	21.91	3.58	

จากตารางที่ 4.5 พบว่าแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วนโดยพิจารณาตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 /4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 มีเพียงอัตราส่วนเดียวที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้แก่ อัตราส่วน 0 : 10 มีค่าความต้านแรงดัดที่ 21.91 นิวตัน./ตร.มม. โดยค่าที่ได้สูงกว่าเกณฑ์ความต้านแรงดัดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด(JIS A 5908 – 1994) ที่ 18 นิวตัน./ตร.มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบ ทั้ง 6 อัตราส่วน

จากแผนภูมิที่ 4.6 แสดงสัดส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบของค่าเฉลี่ยแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน โดยพบว่า ความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบที่ได้ถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด(JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 18 นิวตัน./ตร.มม.

โดยแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามที่อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 มีค่าความต้านแรงดัดต่ำสุดที่ 2.00 นิวตัน./ ตร.มม. ส่วนแผ่นประกอบที่อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 0 : 10 มีค่าความต้านแรงดัดสูงสุดที่ 21.91 นิวตัน./ตร.มม.

ซึ่งค่าความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบที่ได้มีเพียงอัตราส่วนเดียวที่มีค่ามากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คืออัตราส่วนที่ 6 อัตราส่วน 0 : 10 มีค่าความต้านแรงดัด 21.91 นิวตัน./ตร.มม. ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามกับกาวเท่านั้นไม่มีเปลือกของฝักมะขามเป็นส่วนผสม เลยถือว่าการใช้เปลือกมะขามเป็นส่วนผสมในการพัฒนาสร้างแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามนั้นไม่เหมาะสมต่อคุณสมบัติทางกายภาพด้านความต้านแรงดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal - Bond) (นิวตัน./ตร.มม.)

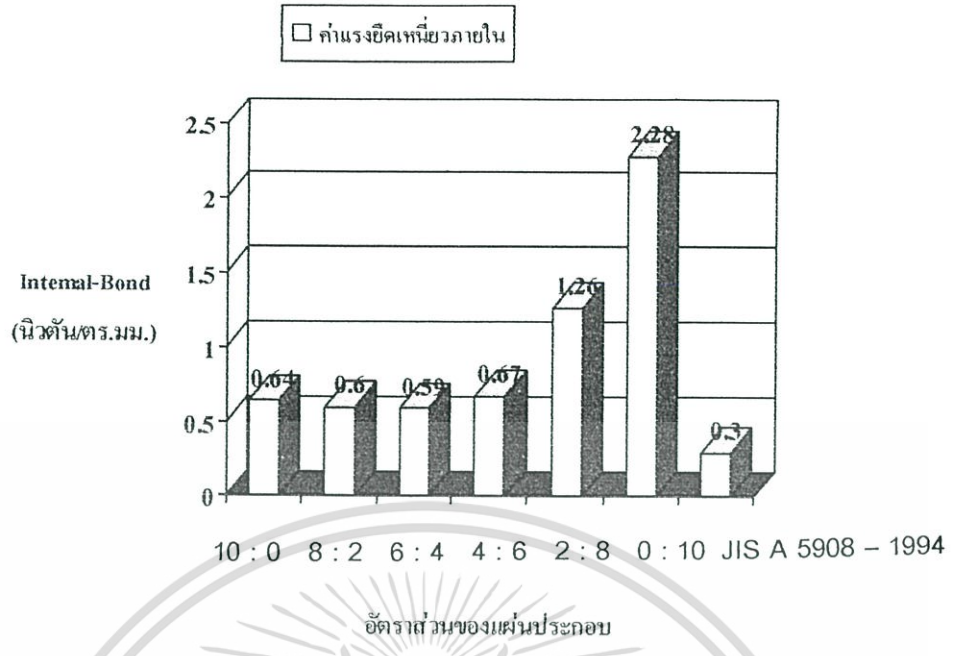
จากการทดสอบแผ่นประกอบจำนวน 30 แผ่น โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วนเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบ

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวนแผ่นทดสอบ	ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวภายใน (นิวตัน./ตร.มม.)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)
10 : 0	5	0.64	0.09	0.30 นิวตัน./ตร.มม.
8 : 2	5	0.60	0.03	
6 : 4	5	0.59	0.03	
4 : 6	5	0.67	0.05	
2 : 8	5	1.26	0.00	
0 : 10	5	2.28	0.00	

จากตารางที่ 4.6 พบว่าแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วนโดยพิจารณาตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 /4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 ทุกอัตราส่วนมีค่าสูงกว่าเกณฑ์แรงยึดเหนี่ยวภายในของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่ 0.30 นิวตัน./ตร.มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 แผนภูมิแสดงสัดส่วนค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบ ทั้ง 6 อัตราส่วน

จากแผนภูมิที่ 4.7 แสดงสัดส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบของค่าเฉลี่ยแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน โดยพบว่า แรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบที่ได้มีค่าคุณสมบัติทางกายภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 0.3 นิวตัน./ตร.มม. ทุกอัตราส่วน

โดยแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามที่อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 : 4 มีค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวภายในต่ำสุดที่ 0.59 นิวตัน./ตร.มม. และอัตราส่วนที่มีปริมาณแรงยึดเหนี่ยวภายในสูงที่สุดคืออัตราส่วน 0 : 10 มีค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวภายใน 2.28 นิวตัน./ตร.มม.

ซึ่งค่าแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบที่ได้มีค่าที่มากกว่าที่เกณฑ์กำหนดไว้ถือว่าเป็นผลดีต่อค่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. **ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว** (Wood Screw Holding Power) (นิวตัน)

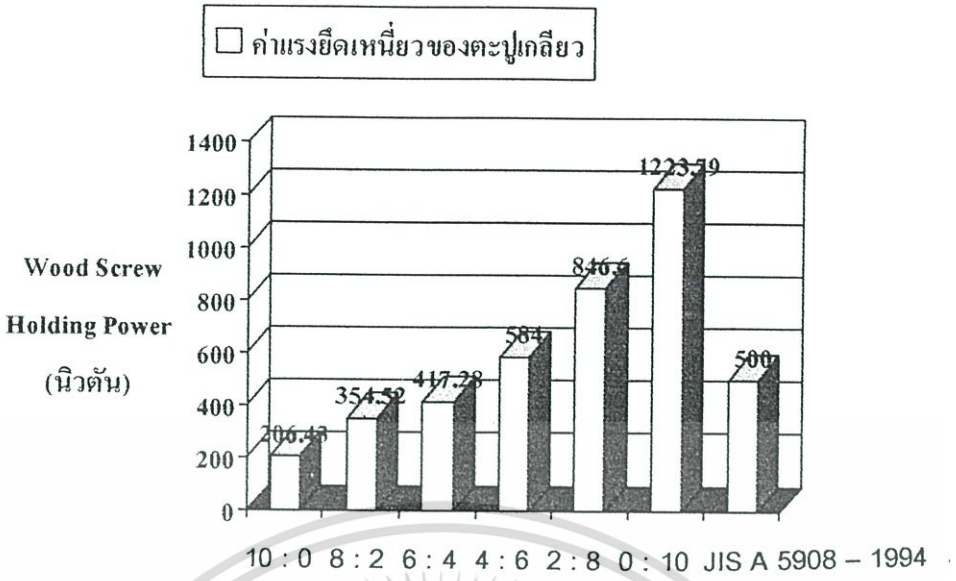
จากการทดสอบแผ่นประกอบจำนวน 30 แผ่น โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วนเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบ

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวนแผ่นทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (นิวตัน)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)
10 : 0	5	206.43	27.58	500 นิวตัน
8 : 2	5	354.52	49.46	
6 : 4	5	417.28	58.13	
4 : 6	5	584.00	40.35	
2 : 8	5	846.60	25.49	
0 : 10	5	1,223.79	128.15	

จากตารางที่ 4.7 พบว่าแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน โดยพิจารณาตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 / 4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 มีแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามจำนวน 3 อัตราส่วนที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่ 500 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 แผนภูมิแสดงสัดส่วนของค่าเฉลี่ยความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวทั้ง 6 อัตราส่วน

จากแผนภูมิที่ 4.8 แสดงสัดส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบของค่าเฉลี่ยแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน โดยพบว่า ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบที่ได้ถือว่ามีค่าคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด(JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 500 นิวตัน อยู่ 3 อัตราส่วนได้แก่

อัตราส่วนที่ 1 อัตราส่วน 10 : 0 มีค่าเฉลี่ยความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว 206.43 นิวตัน

อัตราส่วนที่ 2 อัตราส่วน 8 : 2 มีค่าเฉลี่ยความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว 354.52 นิวตัน

อัตราส่วนที่ 3 อัตราส่วน 6 : 4 มีค่าเฉลี่ยความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว 417.28 นิวตัน

และมีค่าคุณสมบัติทางกายภาพที่สูงกว่าเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดJIS A 5908 – 1994 ที่กำหนดไว้ที่ 500 นิวตัน อยู่ 3 อัตราส่วนได้แก่

อัตราส่วนที่ 4 อัตราส่วน 6 : 4 มีค่าเฉลี่ยความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว 584.00 นิวตัน

อัตราส่วนที่ 5 อัตราส่วน 2 : 8 มีค่าเฉลี่ยความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว 846.60 นิวตัน

อัตราส่วนที่ 6 อัตราส่วน 0 : 10 มีค่าเฉลี่ยความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว 1,223.79 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้านของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One-Way Analysis of Variance Test

1. ความหนาแน่น (Density)

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบโดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของลำดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
0 : 10	5	11.80	6.35	5	0.27
2 : 8	5	20.40			
4 : 6	5	17.00			
6 : 4	5	13.20			
8 : 2	5	10.10			
10 : 0	5	20.40			

จากตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า มีคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. **ปริมาณความชื้นของแผ่น** (Water Content)

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบโดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของลำดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
0 : 10	5	5.60	25.37	5	0.00
2 : 8	5	6.40			
4 : 6	5	12.40			
6 : 4	5	23.80			
8 : 2	5	18.00			
10 : 0	5	26.80			

จากตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพด้านปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบโดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของลำดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
0 : 10	5	13.80	20.99	5	0.001
2 : 8	5	6.80			
4 : 6	5	10.20			
6 : 4	5	11.20			
8 : 2	5	25.20			
10 : 0	5	25.80			

จากตารางที่ 4.10 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness- Swelling)

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบโดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของลำดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
0 : 10	5	9.00	24.95	5	0.000
2 : 8	5	3.60			
4 : 6	5	14.80			
6 : 4	5	14.60			
8 : 2	5	24.60			
10 : 0	5	26.40			

จากตารางที่ 4.11 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. **ความต้านแรงดัด** (Bending Strength)

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบโดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของลำดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
0 : 10	5	3.60	27.89	5	0.00
2 : 8	5	7.40			
4 : 6	5	13.00			
6 : 4	5	18.00			
8 : 2	5	23.00			
10 : 0	5	28.00			

จากตารางที่ 4.12 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal - Bond)

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบโดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของลำดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
0 : 10	5	11.60	24.07	5	0.00
2 : 8	5	5.20			
4 : 6	5	9.30			
6 : 4	5	15.90			
8 : 2	5	23.00			
10 : 0	5	28.00			

จากตารางที่ 4.13 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบโดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	จำนวน (n)	ค่าเฉลี่ยของลำดับ (Mean Rank)	Chi-square	df	Sig.
0 : 10	5	3.00	27.64	5	0.00
2 : 8	5	9.20			
4 : 6	5	11.80			
6 : 4	5	18.00			
8 : 2	5	23.00			
10 : 0	5	28.00			

จากตารางที่ 4.14 จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ของคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้าน ของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้สถิติการเปรียบเทียบแบบพหุคูณ

1. ความหนาแน่น (Density)

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า มีคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 จึงไม่ต้องทำการทดสอบแบบรายคู่

2. ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ด้านปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	ผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับ(Mean Rank)					
	10 : 0	8 : 2	6 : 4	4 : 6	2 : 8	0 : 10
10 : 0	-	0.80	6.80*	18.20*	12.40*	21.20*
8 : 2	-	-	6.00*	17.40*	11.60*	20.40*
6 : 4	-	-	-	11.40*	5.60*	14.40*
4 : 6	-	-	-	-	- 5.80	3.00
2 : 8	-	-	-	-	-	8.80*
0 : 10	-	-	-	-	-	-

- ค่าวิกฤตเท่ากับ 4.66

* ค่าเฉลี่ยของอันดับที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤต

จากตารางที่ 4.15 ผลของการเปรียบเทียบแบบรายคู่ของแผ่นประกอบตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า ส่วนใหญ่แตกต่างกันยกเว้น อัตราส่วนที่ 10 : 0 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 8 : 2 และอัตราส่วนที่ 4 : 6 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 2 : 8 และ อัตราส่วนที่ 0 : 10 นอกนั้นพบว่าแตกต่างกันหมดทุกอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	ผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับ(Mean Rank)					
	10 : 0	8 : 2	6 : 4	4 : 6	2 : 8	0 : 10
10 : 0	-	- 7.00	- 3.60	- 2.60	11.40*	12.00*
8 : 2	-	-	3.40	4.40	18.40*	19.00*
6 : 4	-	-	-	1.00	15.00*	14.60*
4 : 6	-	-	-	-	14.00*	14.46*
2 : 8	-	-	-	-	-	0.60
0 : 10	-	-	-	-	-	-

- ค่าวิกฤตเท่ากับ 10.25

* ค่าเฉลี่ยของอันดับที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤต

จากตารางที่ 4.16 ผลของการเปรียบเทียบรายคู่ของแผ่นประกอบตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 ประเภท พบว่าส่วนใหญ่แตกต่างกันยกเว้น

อัตราส่วนที่ 10 : 0 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 8 : 2 อัตราส่วนที่ 6 : 4 และ อัตราส่วนที่ 4 : 6

อัตราส่วนที่ 8 : 2 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 6 : 4 และ อัตราส่วนที่ 4 : 6

อัตราส่วนที่ 6 : 4 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 4 : 6

อัตราส่วนที่ 2 : 8 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 0 : 10

นอกนั้นผลของการเปรียบเทียบพบว่าแตกต่างกันหมดทุกอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness- Swelling)

ตารางที่ 4.17 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	ผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับ(Mean Rank					
	10 : 0	8 : 2	6 : 4	4 : 6	2 : 8	0 : 10
10 : 0	-	- 5.40	5.80*	5.60*	15.60*	17.40*
8 : 2	-	-	11.20*	11.00*	21.00*	22.80*
6 : 4	-	-	-	- 0.20	9.80*	11.80*
4 : 6	-	-	-	-	10.00*	11.80*
2 : 8	-	-	-	-	-	1.80
0 : 10	-	-	-	-	-	-

- ค่าวิกฤตเท่ากับ 5.23

* ค่าเฉลี่ยของอันดับที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤต

จากตารางที่ 4.17 ผลของการเปรียบเทียบรายคู่ของแผ่นประกอบตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า ส่วนใหญ่แตกต่างกันยกเว้น

อัตราส่วนที่ 10 : 0 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 8 : 2

อัตราส่วนที่ 6 : 4 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 4 : 6

อัตราส่วนที่ 2 : 8 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 0 : 10

นอกนั้นผลของการเปรียบเทียบพบว่าแตกต่างกันหมดทุกอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. **ความต้านแรงดัด** (Bending Strength)

ตารางที่ 4.18 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	ผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับ(Mean Rank)					
	10 : 0	8 : 2	6 : 4	4 : 6	2 : 8	0 : 10
10 : 0	-	3.80*	9.40*	14.40*	19.40*	24.40*
8 : 2	-	-	5.60*	10.60*	15.60*	20.60*
6 : 4	-	-	-	5.00*	10.00*	15.00*
4 : 6	-	-	-	-	5.00*	10.00*
2 : 8	-	-	-	-	-	5.00*
0 : 10	-	-	-	-	-	-

- ค่าวิกฤตเท่ากับ 1.43

* ค่าเฉลี่ยของอันดับที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤต

จากตารางที่ 4.18 ผลของการเปรียบเทียบรายคู่ของแผ่นประกอบตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า มีความแตกต่างกันทุกอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. **แรงยึดเหนี่ยวภายใน** (Internal - Bond)

ตารางที่ 4.19 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	ผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับ(Mean Rank)					
	10 : 0	8 : 2	6 : 4	4 : 6	2 : 8	0 : 10
10 : 0	-	- 6.40	-2.30	4.30	11.40*	16.40*
8 : 2	-	-	4.10	10.70*	17.80*	22.80*
6 : 4	-	-	-	6.60*	13.70*	18.70*
4 : 6	-	-	-	-	7.10*	12.10*
2 : 8	-	-	-	-	-	5.00
0 : 10	-	-	-	-	-	-

- ค่าวิกฤตเท่ากับ 6.36

* ค่าเฉลี่ยของอันดับที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤต

จากตารางที่ 4.19 ผลของการเปรียบเทียบรายคู่ของแผ่นประกอบตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า ส่วนใหญ่แตกต่างกันยกเว้น
อัตราส่วนที่ 10 : 0 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 8 : 2 อัตราส่วนที่ 6 : 4 และอัตราส่วนที่ 4 : 6
อัตราส่วนที่ 8 : 2 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 6 : 4
อัตราส่วนที่ 2 : 8 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 0 : 10
นอกนั้นผลของการเปรียบเทียบพบว่าแตกต่างกันหมดทุกอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

ตารางที่ 4.20 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม	ผลต่างค่าเฉลี่ยของอันดับ(Mean Rank)					
	10 : 0	8 : 2	6 : 4	4 : 6	2 : 8	0 : 10
10 : 0	-	6.20*	8.80*	15.00*	20.00*	25.00*
8 : 2	-	-	2.60*	8.80*	13.80*	18.00*
6 : 4	-	-	-	6.20*	11.20*	16.20*
4 : 6	-	-	-	-	5.00*	10.00*
2 : 8	-	-	-	-	-	5.00*
0 : 10	-	-	-	-	-	-

- ค่าวิกฤตเท่ากับ 1.76

* ค่าเฉลี่ยของอันดับที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤต

จากตารางที่ 4.20 ผลของการเปรียบเทียบรายคู่ของแผ่นประกอบตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า มีความแตกต่างกันทุกอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาจากวัสดุเหลือทิ้งภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งได้แก่ส่วนของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม โดยศึกษากระบวนการคิดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ในการนำเอาวัสดุเหลือใช้มาก่อให้เกิดประโยชน์และคุณค่า และพบว่าเทคโนโลยีการใช้วัสดุทดแทนไม้ของสำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการศึกษาพัฒนาขบวนการและขั้นตอนการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด และการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบที่ได้ทำการพัฒนาตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) โดยมีผลสรุปดังนี้

สรุปขั้นตอนการพัฒนา

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้อัตราส่วนของเปลือกมะขามต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 6 อัตราส่วนในการทดลองผลิตเป็นแผ่นประกอบ
2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม
3. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

5.2 สมมติฐานการวิจัย

แผ่นประกอบที่พัฒนาจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้อัตราส่วนเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่แตกต่างกัน จะมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ขอบเขตของการวิจัย

5.3.1 แหล่งวัสดุที่มาใช้พัฒนา

วัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ซึ่งได้แก่ส่วนของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่ได้จากการแกะในพื้นที่ หมู่ 10 และหมู่11 บ้านเมืองแบ่ง ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

5.3.2 ตัวแปรต้น

อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามในการผลิตแผ่นประกอบ โดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม ดังนี้ 10 : 0/ 8 : 2 /6 : 4 / 4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 ตามลำดับ

5.3.3 ตัวแปรตาม

คุณสมบัติทางกายภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ประกอบด้วย

คุณสมบัติทางกายสมบัติของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ได้แก่

1. ค่าความหนาแน่น (Density)
2. ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)
3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)
4. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling)

คุณสมบัติทางกลสมบัติของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ได้แก่

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)
6. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)
7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์

1. การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไว้ให้ออกมาในลักษณะเป็นแผ่น ขนาด 350 x 350 x 10 มิลลิเมตร โดยกรรมวิธีการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยไฮดรอลิค ขึ้นรูปเป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ชั้นเดียวแบบราบ โดยใช้ กาวยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นตัวประสานในอัตราส่วน 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของกาวเหลวที่มีความเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักแห้งของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่ใช้พัฒนาผลิตแผ่นประกอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่ 0.7 กรัม/ลบ.ซม

2. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) 7 ด้านได้แก่ ด้านกายสมบัติประกอบด้วย 1.ความหนาแน่น (Density), 2.ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content), 3.การดูดซึมน้ำ (Water Absorption), 4.การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness- Swelling),ด้านกลสมบัติประกอบด้วย 5.ความต้านแรงดัด (Bending Strength), 6.แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal - Bond), 7.ความยึดเหนี่ยวของตะปู-เกลียว(Wood Screw Holding -Power)

สถานที่ทำการทดสอบที่ส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและคอมโพสิท สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้านของแผนประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

5.6.1 การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้านของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม (ล้วน และอังคณา สายยศ. 2540 : 240-248)

5.6.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้านของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้สถิติ Kruskal Wallis One-Way Analysis of Variance Test (ระวีวรรณ พันธ์พานิช. 2541 : 337-339)

5.6.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ของคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 7 ด้านของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้สถิติการเปรียบเทียบแบบพหุคูณ (ระวีวรรณ พันธ์พานิช. 2541 : 339-340)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 สรุปผลการวิจัย

ผลจากการพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ขึ้นรูปเป็นแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ชั้นเดียวแบบราบลักษณะเป็นแผ่นขนาด 350 x 350 x 10 มิลลิเมตร โดยแยกประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามในการผลิตแผ่นประกอบ โดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 / 4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 ตามลำดับ แยกประเภทได้ 6 ประเภทๆละ 5 แผ่น รวมจำนวนของแผ่นประกอบที่ได้ทั้งหมด 30 แผ่น ในแต่ละแผ่นนำมาตัดตามขนาดที่กำหนดไว้เพื่อนำไปทำการทดสอบโดยใช้เกณฑ์การทดสอบของมาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดของ (JIS A 5908 – 1994) และนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยแยกการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.6.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

1. ความหนาแน่น (Density)

พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของแผ่นประกอบที่ได้มีค่าสูงกว่าที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนของการวางแผนการทดลองที่ได้กำหนดค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบไว้ที่ 0.70 กรัม./ลบ.ซม.ซึ่งค่าความหนาแน่นที่ได้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 0.40 – 0.90 กรัม./ลบ.ซม. ทุกอัตราส่วน โดยค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน อยู่ระหว่าง 0.72 - 0.78 กรัม./ลบ.ซม.

2. ปริมาณความชื้นของแผ่น (Water Content)

พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบที่ได้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 5 - 13 เปอร์เซ็นต์ ทุกอัตราส่วน โดยค่าค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน อยู่ระหว่าง 5.15 - 8.17 เปอร์เซ็นต์

3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

พบว่า ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบที่ได้ถือว่ามีค่าคุณสมบัติทางกายภาพที่สูงมากเมื่อเทียบกับปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบ โดยค่าค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน อยู่ระหว่าง 48.23 – 62.19 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness- Swelling)

พบว่า ค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบที่ได้ถือว่ามีค่าคุณสมบัติทางกายภาพที่สูงกว่าเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 12 เปอร์เซ็นต์ ทุกอัตราส่วน โดยมีค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน อยู่ระหว่าง 13.28 – 32.00 เปอร์เซ็นต์

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

พบว่า ค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบที่ได้ถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 18 นิวตัน./ตร.มม.แผ่นประกอบอัตราส่วนเดียวที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) คืออัตราส่วน 0 : 10 โดยมีค่าความต้านแรงดัด 21.91 นิวตัน./ตร.มม. นอกนั้นไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) โดยมีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบทั้ง 5 อัตราส่วน ซึ่งได้แก่ อัตราส่วน 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 / 4 : 6 / 2 : 8 มีค่าเฉลี่ยความต้านแรงดัดอยู่ระหว่าง 2.00 – 16.65 นิวตัน./ตร.มม.

6. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)

พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบที่ได้มีค่าคุณสมบัติทางกายภาพที่สูงกว่าเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 0.30 นิวตัน./ตร.มม. ทุกอัตราส่วน โดยมีค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน อยู่ระหว่าง 0.59 – 2.28 นิวตัน/ตร.มม

7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

พบว่า ค่าเฉลี่ยความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบที่ได้ถือว่ามีค่าคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 500 นิวตัน อยู่ 3 อัตราส่วนได้แก่ อัตราส่วน 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 โดยมีค่าเฉลี่ยความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบทั้ง 3 อัตราส่วน อยู่ระหว่าง 206.43 – 417.28 นิวตัน

และมี 3 อัตราส่วนที่ค่าคุณสมบัติทางกายภาพสูงกว่าเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ได้แก่ อัตราส่วน 4 : 6 / 2 : 8 / 0 : 10 โดยมีค่าเฉลี่ยความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบ ทั้ง 3 อัตราส่วน อยู่ระหว่าง 584.00 – 1,223.79 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6.2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้ง 6 อัตราส่วน

1. **ความหนาแน่น** (Density)

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน พบว่าไม่แตกต่างกันทุกอัตราส่วน

2. **ปริมาณความชื้นของแผ่น** (Water Content)

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน พบว่าส่วนใหญ่แตกต่างกันยกเว้น
อัตราส่วนที่ 10 : 0 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 8 : 2
อัตราส่วนที่ 4 : 6 ไม่แตกต่างกันกับอัตราส่วนที่ 2 : 8 และอัตราส่วนที่ 0 : 10
นอกนั้นผลของการเปรียบเทียบพบว่าแตกต่างกันหมดทุกอัตราส่วน

3. **การดูดซึมน้ำ** (Water Absorption)

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านการดูดซึมน้ำ ของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามโดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน พบว่าส่วนใหญ่แตกต่างกันยกเว้น
อัตราส่วนที่ 10 : 0 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 8 : 2 อัตราส่วนที่ 6 : 4 และอัตราส่วนที่ 4 : 6
อัตราส่วนที่ 8 : 2 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 6 : 4 และอัตราส่วนที่ 4 : 6
อัตราส่วนที่ 6 : 4 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 4 : 6
นอกนั้นผลของการเปรียบเทียบพบว่าแตกต่างกันหมดทุกอัตราส่วน

4. **การพองตัวเมื่อแช่น้ำ** (Thickness Swelling)

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน พบว่าส่วนใหญ่แตกต่างกันยกเว้น
อัตราส่วนที่ 10 : 0 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 8 : 2
อัตราส่วนที่ 6 : 4 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 4 : 6
อัตราส่วนที่ 2 : 8 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 0 : 10
นอกนั้นผลของการเปรียบเทียบพบว่าแตกต่างกันหมดทุกอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามโดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน พบว่ามีความแตกต่างกันทุกอัตราส่วน

6. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน พบว่าส่วนใหญ่แตกต่างกันยกเว้น
อัตราส่วนที่ 10 : 0 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 8 : 2 อัตราส่วนที่ 6 : 4 และอัตราส่วนที่ 4 : 6
อัตราส่วนที่ 8 : 2 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 6 : 4
อัตราส่วนที่ 2 : 8 ไม่แตกต่างกับ อัตราส่วนที่ 0 : 10
นอกนั้นผลของการเปรียบเทียบพบว่าแตกต่างกันหมดทุกอัตราส่วน

7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power)

การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยแบ่งประเภทตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน พบว่ามีความแตกต่างกันทุกอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน มีค่าความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 0.40 – 0.90 กรัม./ลบ.ซม. และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วนพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน หมายความว่าคุณสมบัติทางกายภาพทางด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบมีความสามารถในด้านของการนำไปใช้งานได้ตามคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ทั้ง 6 อัตราส่วน โดยไม่มีความแตกต่างกัน โดยคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบในด้านความหนาแน่นจะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างมากเพราะโดยทั่วไปแล้วแผ่นประกอบที่มีความหนาแน่นที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ชิ้นไม้ที่ผสมกาวแล้วจับตัวหรือใกล้ชิดแน่นกันยิ่งขึ้นในระหว่างการอัดแผ่น และกรณีที่แผ่นประกอบที่มีความหนาแน่นที่ต่ำกว่าจะเกิดช่องว่าง (Voids) มากระหว่างชิ้นไม้ที่ประสานกันทำให้กาวที่อยู่บนชิ้นไม้ขาดประสิทธิภาพในการเกาะยึดไป และจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลกระทบไปถึงคุณสมบัติทางกายภาพด้านกลสมบัติของแผ่นประกอบ (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541. 164)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามในขั้นของการวางแผนการทดลองที่กำหนดค่าความหนาแน่นที่ 0.70 กรัม./ลบ.ซม. แต่ค่าความหนาแน่นที่ได้มีค่ามากกว่าทุกอัตราส่วนอาจเป็นเพราะการกระจายวัตถุดิบเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามไม่ดีในระหว่างขั้นตอนของการโรยวัตถุดิบเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามลงในกล่องเตรียมแผ่นอัดเพราะในขั้นตอนนี้ใช้แรงงานคนในการโรยไม่ได้ใช้เครื่องจักรจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การกระจายตัวของวัตถุดิบเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามของแผ่นประกอบไม่ทั่วทั้งแผ่นจึงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามสูงกว่าที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งอาจไม่เป็นผลดีต่อคุณสมบัติทางกายภาพด้านกลสมบัติของแผ่นประกอบอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ด้านปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามผลทั้ง 6 อัตราส่วน มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 5 - 13 เปอร์เซ็นต์ทุกอัตราส่วน และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วนพบว่ามีความแตกต่างกันหมายความว่าคุณสมบัติทางกายภาพทางด้านปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบมีความสามารถในด้านของการนำไปใช้งานได้ตามคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ทุกอัตราส่วน แต่จะมีค่าคุณสมบัติด้านปริมาณความชื้นของแผ่นที่มากน้อยแตกต่างกันออกไปตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่ต่างกันแต่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติด้านปริมาณความชื้นของแผ่นที่น้อย

อย่างไรก็ดีเมื่อดูที่ผลของการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นในด้านปริมาณความชื้นของแผ่นแล้วจะพบว่าค่าความชื้นของแผ่นประกอบที่พัฒนาโดยใช้อัตราส่วนของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่สูงขึ้นจะมีแนวโน้มของค่าปริมาณความชื้นที่สูงตามขึ้นด้วยสาเหตุเพราะรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามมีองค์ประกอบทางเคมีวัสดุที่มีส่วนประกอบของ ลิกนิน – เซลลูโลส ที่สูงส่งผลให้แผ่นประกอบที่มีส่วนผสมของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่สูงขึ้นมีแนวโน้มของปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบที่สูงขึ้นด้วย

3. ด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน มีค่าการดูดซึมน้ำที่สูงมาก หมายความว่าคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบทางด้านการดูดซึมน้ำมีเปอร์เซ็นต์ของการดูดซึมน้ำที่สูงมากสาเหตุมาจากคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการพัฒนาซึ่งได้แก่ส่วนของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามภายหลังจากการอบไล่ความชื้นแล้วด้วยลักษณะขององค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่มีส่วนประกอบของ ลิกนิน – เซลลูโลส ที่สูงส่งผลให้มีค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบที่สูง

โดยแนวโน้มค่าการดูดซึมน้ำที่สูงขึ้นอยู่กับการเพิ่มปริมาณของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามด้วยโดยเห็นภาพที่ชัดเจนจากการเปรียบเทียบแบบรายคู่ที่พบความแตกต่างถึง 7 คู่ โดยกลุ่มที่พบว่าแตกต่างอยู่ในกลุ่มของอัตราส่วนของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่เพิ่มปริมาณสูงขึ้นเป็นส่วนมาก และอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม คือด้านลักษณะของวัสดุทั้งขนาดความหนาและความกว้างของชิ้นวัสดุที่ส่งผลโดยตรงของคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำของแผ่นประกอบคือตัววัสดุเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่มีความหนาและความกว้างจะส่งผลต่อคุณสมบัติการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำโดยตรง

(วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541. 145)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน มีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 12 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกอัตราส่วน สาเหตุมาจากคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการพัฒนาซึ่งได้แก่ส่วนของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามภายหลังจากการอบไล่ความชื้นแล้วด้วยลักษณะขององค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่มีส่วนประกอบของ ลิกโน – เซลลูโลส ที่สูงส่งผลให้การพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบสูง

โดยแนวโน้มค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่สูงขึ้นอยู่กับการเพิ่มปริมาณของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามด้วยและผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ไม่แตกต่างกันอยู่เพียง 3 อัตราส่วน เท่านั้น แยกได้ชัดเจนจากผลการใช้อัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่แยกห่างกันมาก ที่ 10 : 0 / 6 :4 / 0 :10 ส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบที่แตกต่างกัน

อีกสาเหตุที่เกี่ยวข้องโดยตรงของคุณสมบัติด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นประกอบคือการเรียงตัวของวัสดุที่ใช้ในการพัฒนาผลิตแผ่นประกอบโดยลักษณะสัณฐานของวัสดุที่แตกต่างกันเมื่อเกิดการเรียงตัวเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกาะยึดโดยใช้กาวในการประสานหากลักษณะของวัสดุนั้นแตกต่างกันมากจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างแผ่นเมื่อนำไปแช่น้ำจะเกิดการขยายตัวของวัสดุ (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541. 161) โดยลักษณะของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามเมื่อเข้าสู่ขบวนการย่อยให้ได้ขนาดของตัววัสดุเป็นชิ้นไม้แล้วจะพบว่ามีความแตกต่างกันมากโดยส่วนของเปลือกมะขามจะมีขนาดความกว้าง ส่วนรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามจะมีลักษณะของความยาวของชิ้นไม้เมื่อนำมาเรียงตัวกันโดยการฟอร์มแผ่นด้วยวิธีการกระจายลงในกล่องเตรียมแผ่นอัดจึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามด้านการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีค่าที่สูง

5. ด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน มีค่าความต้านแรงดัดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่18 นิวตัน./ตร.มม. เพียงอัตราส่วนเดียวคืออัตราส่วน 0 : 10 มีค่าความต้านแรงดัดอยู่ที่ 21.91 นิวตัน./ ตร.มม.ส่วนที่เหลืออีก 5 อัตราส่วน มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของแผ่นประกอบ ทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่ามีความแตกต่างกันทุกอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายความว่าคุณสมบัติทางกายภาพทางด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบมีความสามารถในด้านของการนำไปใช้งานตามคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดทางด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่ไม่เท่ากันทุกอัตราส่วนโดยเฉพาะเมื่อมองที่ระดับของค่าที่ได้จากการทดสอบจะพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านความต้านแรงดัดจะสูงขึ้นตามปริมาณของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่สูงขึ้น

สาเหตุที่เกี่ยวข้องโดยตรงของคุณสมบัติด้านความต้านแรงดัดของแผ่นประกอบคือการเรียงตัวของวัสดุที่ใช้ในการพัฒนาผลิตแผ่นประกอบโดยลักษณะสัณฐานของวัสดุที่แตกต่างกันเมื่อเกิดการเรียงตัวเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกาะยึดโดยใช้กาวในการประสานหากลักษณะของวัสดุนั้นแตกต่างกันมากจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างแผ่นกาวที่ใช้ในการประสานวัสดุทั้งส่วนของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามจะไม่เกิดการซึมซาบที่ดีของกาว (วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541. 163) และในส่วนของอัตราส่วนเดียวของแผนประกอบที่มีผลของการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานด้านความต้านแรงดัดคืออัตราส่วนของแผ่นประกอบ 0 : 10 ซึ่งได้จากการพัฒนาโดยใช้เฉพาะส่วนของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามเท่านั้นไม่มีส่วนประกอบจากเปลือกของฝักมะขามเลย จึงสามารถอภิปรายผลได้ว่าแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามไม่มีความเหมาะสมต่อคุณสมบัติทางกายภาพทางด้านความต้านแรงดัดในด้านของการนำไปใช้งานที่ต้องรับภาระแรงกระทำมากนักที่สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่จะใช้ได้คือแผ่นประกอบในอัตราส่วน 0 : 10 เท่านั้น

6. แรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน มีค่าแรงยึดเหนี่ยวภายในอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 0.3 นิวตัน./ตร.มม. ทุกอัตราส่วน หมายความว่าคุณสมบัติทางกายภาพทางด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบมีความสามารถในด้านของการนำไปใช้งานได้ตามคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ทุกอัตราส่วนแต่จะมีค่าคุณสมบัติด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นที่มากน้อยแตกต่างกันออกไปตามอัตราส่วนของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่ต่างกัน โดยแนวโน้มแรงยึดเหนี่ยวภายในที่สูงขึ้นอยู่กับการเพิ่มปริมาณของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วนพบว่ามีความแตกต่างกัน โดยเห็นภาพที่ชัดเจนจากการเปรียบเทียบแบบรายคู่ที่พบความแตกต่างถึง 6 คู่ โดยกลุ่มที่พบว่าแตกต่างอยู่ในกลุ่มของอัตราส่วนของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่เพิ่มปริมาณสูงขึ้นเป็นส่วนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่เกี่ยวข้องโดยตรงของคุณสมบัติด้านแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบคือลักษณะสัณฐานของวัสดุที่แตกต่างกันเมื่อเกิดการเรียงตัวเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกาะยึดโดยใช้กาวในการประสาน โดยอัตราส่วนของแผ่นประกอบที่มีส่วนผสมของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามซึ่งสัณฐานของตัววัสดุเองมีลักษณะยาวจึงก่อให้เกิดการเกาะซึ่งกันที่ดีในกรณีที่มีอัตราส่วนของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่สูงขึ้นจะ พบว่า ค่าแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบจะสูงขึ้นตามลำดับ

7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามทั้ง 6 อัตราส่วน มีค่าแรงยึดเหนี่ยวภายในอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ที่กำหนดไว้ที่ 500 นิวตัน อยู่ 3 อัตราส่วน ประกอบด้วยอัตราส่วนที่ 10 : 0 / 8 : 2 / 6 :4 และมีค่าความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อยู่ 3 อัตราส่วน ประกอบด้วยอัตราส่วนที่ 4 : 6 / 2 : 8 / 0 :10

หมายความว่าแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามที่มีความสามารถในด้านของการนำไปใช้งานได้ตามคุณสมบัติของแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ทางด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิล - บอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ประกอบด้วยอัตราส่วนที่ 10 : 0 / 8 : 2 / 6 : 4 และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วนพบว่ามีความแตกต่างกันทุกอัตราส่วน โดยเฉพาะเมื่อมองที่ระดับของค่าที่ได้จากการทดสอบจะพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวจะลดลงตามปริมาณของเปลือกของฝักมะขามที่สูงขึ้น

สาเหตุที่เกี่ยวข้องโดยตรงของคุณสมบัติด้านความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียวของแผ่นประกอบคือลักษณะสัณฐานของวัสดุที่แตกต่างกันเมื่อเกิดการเรียงตัวเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกาะยึดโดยใช้กาวในการประสาน โดยอัตราส่วนของแผ่นประกอบที่มีส่วนผสมของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามซึ่งสัณฐานของตัววัสดุเองมีลักษณะยาวจึงก่อให้เกิดการเกาะซึ่งกันที่ดีในกรณีที่มีอัตราส่วนของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่สูงขึ้นจะพบว่า ค่าแรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่นประกอบจะสูงขึ้นตามลำดับ

สรุป แผ่นประกอบที่พัฒนาจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม โดยใช้อัตราส่วนเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่แตกต่างกันมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันทุกด้านของการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ยกเว้นคุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนาแน่นที่ไม่แตกต่างกัน โดยแนวโน้มของคุณสมบัติทางกายภาพที่เพิ่มขึ้นมีความสำพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มปริมาณอัตราส่วนของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม ด้วยลักษณะเฉพาะของรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามทั้งทางด้านสัณฐานของตัววัสดุเองและองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.10 ข้อเสนอแนะ

1. การนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 แผ่นประกอบที่ได้จากการพัฒนาจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะใช้ในการสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องใช้แรงกระทำทางด้านแรงดัดมากนักเพราะแผ่นประกอบที่มีส่วนประกอบของเปลือกของฝักมะขามทุกอัตราส่วนไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) แต่สามารถผ่านตามเกณฑ์ของการทดสอบในด้านอื่นๆดังที่กล่าวในรายงานการทดสอบโดยความโดดเด่นของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม คือพื้นผิวของแผ่นประกอบโดยเฉพาะสีของเปลือกของฝักมะขามที่มีความโดดเด่นและสวยงามมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวเหมาะสมสำหรับนำแผ่นประกอบไปสร้างผลิตภัณฑ์ที่ต้องการโชว์พื้นผิวภายนอก เช่น กรอบรูป, วอล์เปเปอร์, หรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องได้รับภาระแรงกระทำมากนัก

1.2 ผลจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามในด้านการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำทำให้ทราบว่าแผ่นประกอบที่ได้ไม่เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาสร้างผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีการสัมผัสกับน้ำเพราะแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามมีเปอร์เซ็นต์ของการการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่สูงมากจึงต้องใช้การพิจารณาให้ดีในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่ต้องการใช้งานให้เหมาะสม หรือควรที่จะมีการปรับปรุงคุณสมบัติของแผ่นก่อนการนำไปใช้งานจริง เช่น การใช้สารเคลือบผิวชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแผ่นประกอบเพื่อให้สามารถที่จะใช้ป้องกันการสัมผัสกับน้ำอีกด้านหนึ่งด้วย

2. การวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามในครั้งนี้ผลที่ได้จากการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994) ถือว่าอยู่ในขั้นที่น่าพอใจแต่ควรที่จะหากรรมวิธีที่สามารถสร้างแผ่นประกอบที่มีคุณสมบัติทางด้านความต้านแรงดัดโดยมีส่วนผสมของเปลือกของฝักมะขามในการพัฒนาแผ่นประกอบ เช่น อัตราส่วนของปริมาณของกาวต่อแผ่นที่อาจต้องเพิ่มมากขึ้น หรือ การใช้อัตราส่วนปริมาณของเปลือกต่อรกที่ยังไม่ได้ใช้พัฒนาสร้างแผ่นประกอบ เช่น อัตราส่วนของเปลือกต่อรก 5 : 5 / 3 : 7 / 1 : 9 ในการพัฒนาสร้างแผ่นประกอบ

2.2 การพัฒนาปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของคุณสมบัติทางกายภาพสำหรับแผ่นประกอบผู้วิจัยมีความเห็นในด้านการทดลองเปลี่ยนประเภทของกาวที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามโดยเปลี่ยนจากการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กาวยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์ ในการเป็นตัวประสานเป็นการใช้กาวฟีนอล– ฟอร์มัลดีไฮด์ หรือกาว pMDI เพราะคุณสมบัติของกาวทั้ง 2 ประเภทนี้มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตแผ่นประกอบโดยใช้กรรมวิธีการอัดขึ้นรูปร้อนโดยใช้ไฮโดรอลิคเห็นได้จากผลงานทางวิชาการของกลุ่มวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่นการพัฒนาแผ่นประกอบจากหญ้าแฝกซึ่งใช้ กาวฟีนอล– ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ซึ่งผลของการพัฒนาประสบผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ

2.3 การพัฒนาสร้างแผ่นประกอบครั้งต่อไปผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุที่จะนำมาใช้พัฒนาโดยควรพิจารนาถึงองค์ประกอบในหลายๆ ด้านของตัววัสดุ เช่น คุณลักษณะทางกายภาพของตัววัสดุเอง หรือองค์ประกอบทางเคมีที่มีส่วนผสมของปริมาณลิกโน – เซลลูโลส ที่เหมาะสมในการพัฒนาสร้างแผ่นประกอบ เป็นต้น เพื่อให้การพัฒนาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และนอกจากตัววัสดุแล้วควรคำนึงถึงกระบวนการพัฒนาสร้างแผ่นประกอบให้มีวิธีการที่เหมาะสมในการดำเนินงานเริ่มตั้งแต่การย่อยวัสดุโดยใช้เครื่องจักรเพราะเครื่องจักรที่ใช้มีหลายประเภทจึงควรพิจารณาเลือกใช้ให้ถูกต้องเพื่อให้ได้ขนาดของวัสดุที่จะนำไปใช้ให้เหมาะสมสำหรับการสร้างแผ่นประกอบต่อไป

ภาพที่ 5.1 ผลิตภัณฑ์จากแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

ภาพที่ 5.1 แสดงผลของการพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามในการนำไปสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ตามความเหมาะสมทางลักษณะทางกายภาพของแผ่นประกอบที่สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องรับภาระแรงกระทำมากนัก และหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับน้ำ และต้องการโชว์ความส่วยงามของพื้นผิวของแผ่นประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า. 2534. **เทคนิคเกษตร**. ชุติมาการพิมพ์. กรุงเทพฯ

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2540. **วารสารผลผลิตไม้ผลทางการเกษตร**. กรุงเทพฯ

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

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

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ. 2532. **วัสดุก่อสร้าง**. หจก. เอช-เอน การพิมพ์. กรุงเทพฯ : 380 หน้า

พรพิมล อมรโชติ และคณะ. 2545. **การพัฒนาใช้ประโยชน์ไม้ลักขนาดเล็กจากสวนป่ามาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้**. อ้างในการประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2545 ด้านวัสดุทดแทนไม้. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2543. **วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. กรุงเทพฯ

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

ล้วน และอังคณา สายยศ. 2540. **สถิติวิทยาทางการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2541. **อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดและกรรมวิธีการผลิต**. เอกสารการวิจัย เลขที่ ร. 514 กรุงเทพฯ : กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมป่าไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 202 หน้า

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2543. **แผ่นปาร์ติเคิลจากเศษไม้คละชนิดเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม** อ้างในการประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2545 ด้านวัสดุทดแทนไม้. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ. 2544. **การใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ฉลากเขียว**. อ้างในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

วรธรรม อุ่นจิตติชัย และคณะ. 2545. **การประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ในทางการเกษตร**. อ้างในการประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2545 ด้านวัสดุทดแทนไม้. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายชล คุ้มแวง ให้สัมภาษณ์, เมื่อวันที่ 10 มกราคม 2546. เศกสิทธิ์ บุญเสริม ผู้สัมภาษณ์. เรื่องปริมาณของผลผลิตมะขามแปรรูปในปี 2545 ของร้านมะขามสารัช. ร้านมะขามสารัช อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. 2536. อ้างในสัมมนาวิชาการเรื่อง **"ทิศทางเกษตรกรผู้ปลูกมะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์"** ครั้งที่ 1 พ.ศ.2536. 53 หน้า

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์. 2544. **รายงานสถิติผลผลิตมะขามในจังหวัดปี 2544.**

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม.[Online]. Available : http://www.oie.go.th

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2537. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด. JIS A 5908 – 1994.**

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. [Online]. Available : http://www.tistr.or.th/home

ศูนย์ข้อมูลกลาง. 2543. **สถิติการป่าไม้ของประเทศไทย**. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ : 154 หน้า

Xian, X.J. et.al. 1993. "Mechanical Behavior and Microstructure of Nature Plant Fiber Reinforced Composite Material." Froc Int Conf. Compos.Master. 2 : 16

George,J. et. Al.1994. "Mechanical and Viscoelastic Properties of Short Pineapple Fiber Reinforces Low-Density Polyethylene Composite." Polymer Science Recent Advances. 2 : 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก. ผลการทดสอบทางเคมีของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0513.12101 - 1566

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผล
ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

18 กันยายน 2546

เรื่อง ขอใช้บริการภายใต้โครงการวิชาการ ของฝ่ายเทคโนโลยีเส้นใยธรรมชาติ

เรียน นายเศกสิทธิ์ บุญเสริม

อ้างถึง หนังสือแบบขอใช้บริการภายใต้โครงการพัฒนาวิชาการ ลงวันที่ 31 กรกฎาคม 2546

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายงานผลองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ จำนวน 1 ชุด

ตามหนังสือที่อ้างถึงนายเศกสิทธิ์ บุญเสริม นิสิต ภาควิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขอให้สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีจากเปลือกมะขาม และรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม รวม 2 รายการ ความละเอียดแจ้งแล้วนั้น

บัดนี้สถาบันฯ ได้ดำเนินการแล้วเสร็จ รายละเอียดปรากฏตามสิ่งที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิชัย หฤทัยธนาสันติ์)
ผู้อำนวยการ
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผล
ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันผลิตผลเกษตรฯ
โทร (02) 942-8600 – 3 , (02) 942-8606 โทรสาร (02) 562-0338

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รายงานผลองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

ฝ่าย เทคโนโลยีเส้นใยธรรมชาติ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

ชื่อ/ตัวอย่าง เปลือกมะขาม, รกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม วันที่ 18 กันยายน 2546

มี 2 สิ่งทดลอง 1. เปลือกมะขาม 2. รกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม

องค์ประกอบทางเคมี Chemical Composition	ผล Result		มาตรฐาน Standard	หน่วย Unit
	1	2		
1. การละลายในแอลกอฮอลล์ – เบนซิน (Alcohol-benzene Solubility)	1.02	3.45	TAPPI-T204-cm-97	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
2. การละลายในแอลกอฮอลล์ (Alcohol Solubility)	1.53	1.06	TAPPI-T264-cm-97	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
3. การละลายในน้ำร้อน (Hot Water Solubility)	12.67	2.35	TAPPI-T207-om-93	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
4. การละลายในสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1 (1% NaOH Solubility)	31.41	40.48	TAPPI-T212-om-98	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
5. ปริมาณขี้เถ้า (Ash)	1.23	0.44	TAPPI-T211-om-93	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
6. ปริมาณโฮโลเซลลูโลส (Holocellulose)	63.26	64.93	Acid chlorite Method of Browing	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
7. ปริมาณลิกนิน (Lignin)	36.74	35.07	TAPPI-T222-om-98	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
8. ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส (α Cellulose)	30.82	35.47	TAPPI-T203-om-93	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)
9. ปริมาณแพนโตแซน (Pentosan)	7.99	19.00	TAPPI-T223-cm-84	% โดยน้ำหนักอบแห้ง (% by oven dry weight)

ทดสอบและควบคุมโดย.....นายวิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์และคณะ

อนุมัติโดย.....รศ. วิชัย หฤทัยธนาสันติ์

เอกสารส่ง ภายนอก

ปลายทาง นายเศกสิทธิ์ บุญเสริม นิสิต ภาควิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หมายเหตุ รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทำการทดสอบเท่านั้น

โทร. 0-2942-8600-3 ต่อ 602 โทรสาร 942-8452

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ข. วิธีการคำนวณหาปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณปริมาณของวัตถุดิบเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปวัสดุแผ่นประกอบในแต่ละแผ่น

1. ความหนาแน่นของแผ่นประกอบ

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

m : มวล (กรัม)

V : ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ความหนาแน่นของแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามที่กำหนดไว้เท่ากับ 0.70 กรัม./ลูกบาศก์เซนติเมตรขนาดของแผ่น 350 x 350 x 10 มม.

จะได้ $0.70 = \frac{m}{35 \times 35 \times 1}$

มวล (m) = $0.70 \times 35 \times 35 \times 1$

มวล (m) = 857.5 กรัม

เมื่อต้องใช้ปริมาณของกาว 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของวัสดุกาว ยูเรีย – ฟอร์มาลดีไฮด์ 15 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง ปริมาณของกาวที่ใช้เมื่อเทียบกับปริมาณของกาวน้ำที่มีความเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับวัสดุเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามแห้งที่นำมาพัฒนาผลิตเป็นแผ่นประกอบโดยเป็นปริมาณของเนื้อกาวแห้ง 9.74 เปอร์เซ็นต์

$X \times 0.15X = 857.5$

$(0.15)X = 857.5$

$\frac{857.5}{1.15} = 745.65$ กรัม

การหามวลของวัสดุเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิตแผ่นประกอบโดยกรรมวิธีการอัดขึ้นรูปร้อนด้วยไฮดรอลิคจำเป็นที่จะต้องทำการเผื่อปริมาณของวัสดุไว้ในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เพราะในระหว่างของการทำงานทุกขั้นตอนจะมีส่วนที่เกิดการสูญหายของวัสดุบ้าง เช่น ส่วนที่ติดอยู่ในเครื่องคลุกผสมขณะที่ทำการคลุกผสมกาว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีการคำนวณหาอัตราส่วนเผื่อ 10 เปอร์เซ็นต์

$$\frac{745.65 \times 10}{100} = 74.565 \text{ กรัม}$$

ปริมาณที่ต้องใช้ต่อแผ่น 745.65 + 74.565 = 820.215 กรัม

3. วิธีการคำนวณหาปริมาณของกาว 15 เปอร์เซ็นต์

$$\frac{745.65 \times 15}{100} = 11.85 \text{ กรัม}$$

การหาอัตราส่วนกาวเผื่อ 10 เปอร์เซ็นต์

$$\frac{11.85 \times 10}{100} = 123.03 \text{ กรัม}$$

4. อัตราส่วนของวัสดุที่จะต้องใช้ในการผลิตแผ่นประกอบต่อแผ่น

จะได้ $\frac{745.65 \times 0.75}{100} = 5.59$ กรัม

ดังนั้น 745.65 + 5.59 = 751.24 กรัม

ปริมาณของวัสดุส่วนของเปลือกและรกหุ้มเนื้อของฝักมะขามที่จะต้องใช้ในการผลิตแผ่นประกอบต่อแผ่นจะได้

751.24 + 111.85 = 863.09 กรัม

4.1 การคิดอัตราส่วนของวัสดุ 20 เปอร์เซ็นต์ (อัตราส่วนของแผ่น 2 : 8)

$$\frac{863.09 \times 20}{100} = 172.618 \text{ กรัม}$$

4.2 การคิดอัตราส่วนของวัสดุ 40 เปอร์เซ็นต์ (อัตราส่วนของแผ่น 4 : 6)

$$\frac{863.09 \times 40}{100} = 345.236 \text{ กรัม}$$

4.3 การคิดอัตราส่วนของวัสดุ 60 เปอร์เซ็นต์ (อัตราส่วนของแผ่น 6 : 4)

$$\frac{863.09 \times 60}{100} = 517.854 \text{ กรัม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การคิดอัตราส่วนของวัสดุ 80 เปอร์เซ็นต์ (อัตราส่วนของแผ่น 8 : 2)

$$\frac{863.09 \times 80}{100} = 690.472 \text{ กรัม}$$

4.5 การคิดอัตราส่วนของวัสดุ 100 เปอร์เซ็นต์ (อัตราส่วนของแผ่น 0 : 10,10 : 0)

$$\frac{863.09 \times 100}{100} = 863.09 \text{ กรัม}$$

5. ปริมาณของกาวที่จะต้องใช้ในการผลิตแผ่นประกอบต่อแผ่นจะได้

5.1 การคิดอัตราส่วนของกาว 15 เปอร์เซ็นต์สำหรับนำไปฉีดพ่นคลุกผสมในการใช้ส่วนผสมของวัสดุ 20 เปอร์เซ็นต์

$$\frac{123.03 \times 20}{100} = 24.606 \text{ กรัม}$$

5.2 การคิดอัตราส่วนของกาว 15 เปอร์เซ็นต์สำหรับนำไปฉีดพ่นคลุกผสมในการใช้ส่วนผสมของวัสดุ 40 เปอร์เซ็นต์

$$\frac{123.03 \times 40}{100} = 49.212 \text{ กรัม}$$

5.3 การคิดอัตราส่วนของกาว 15 เปอร์เซ็นต์สำหรับนำไปฉีดพ่นคลุกผสมในการใช้ส่วนผสมของวัสดุ 60 เปอร์เซ็นต์

$$\frac{123.03 \times 60}{100} = 73.818 \text{ กรัม}$$

5.4 การคิดอัตราส่วนของกาว 15 เปอร์เซ็นต์สำหรับนำไปฉีดพ่นคลุกผสมในการใช้ส่วนผสมของวัสดุ 20 เปอร์เซ็นต์

$$\frac{123.03 \times 80}{100} = 98.424 \text{ กรัม}$$

5.5 การคิดอัตราส่วนของกาว 15 เปอร์เซ็นต์สำหรับนำไปฉีดพ่นคลุกผสมในการใช้ส่วนผสมของวัสดุ 100 เปอร์เซ็นต์

$$\frac{123.03 \times 100}{100} = 123.03 \text{ กรัม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ง. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อก 0415/ ศรส ๑๙

สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา
กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
ซอยตรีมิตร ถนนพระรามที่ 4
เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110

รับรองผลการทดสอบ

ตามที่ นายเศกสิทธิ์ บุญเสริม นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม เพื่อประกอบการจัดเตรียมวิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ณ ส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและคอมโพสิท สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา นั้น ขอรับรองว่าผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เป็นความจริง

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ให้ไว้ ณ วันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2547

(นายทวี แก้วมณี)
ผู้อำนวยการส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและคอมโพสิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ค.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด

(JIS A 5908 – 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด (JIS A 5908 – 1994)

1. <u>ขอบเขต</u> มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมญี่ปุ่นนี้มีรายละเอียดเกี่ยวกับแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปจากไม้ปาร์ติเกิล ([1]) โดยการอัดด้วยความร้อนกับกาว (ต่อจากนี้ไปจะแทนด้วยคำว่า "แผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด")

อ้างอิง ([1]) แผ่นปาร์ติเกิล ประกอบด้วยแบบ chip , flake , wafer , strand ฯลฯ

หมายเหตุ 1. มาตรฐานที่ใช้อ้างในมาตรฐานนี้ได้แสดงรวมอยู่ใน ตารางที่ 1

2. หน่วยและเลขจำนวนจะกำหนดไว้ในเครื่องหมาย { } ซึ่งในมาตรฐานนี้จะใช้ตามแบบมาตรฐานทั่วไปและจะแนบไว้ในส่วนอ้างอิง

2. <u>การแบ่งตามประเภทและสัญลักษณ์</u> แผ่นปาร์ติเกิลจะถูกแบ่งออกตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้คือ ผิวหน้าและหลัง,การรับแรงดัด, กาว, การระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์, และการทนทานต่อการติดไฟ

(1) <u>การแบ่งตามเงื่อนไขผิวหน้าและหลัง</u> สามารถแบ่งได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งตามเงื่อนไขผิวหน้าและหลัง

การแบ่ง		สัญลักษณ์	เงื่อนไขของผิวหน้าและหลัง
แผ่นปาร์ติเกิลผิวปกติ	ไม่ผ่านการขัดผิว	RN	ทั้งสองด้านเป็นผิวของเนื้อวัสดุและไม่ผ่านการขัด
	ผ่านการขัดผิว	RS	ทั้งสองด้านเป็นผิวของเนื้อวัสดุและผ่านการขัด
แผ่นปาร์ติเกิลปิดด้วยแผ่นไม้บาง	ไม่ผ่านการขัดผิว	VN	ปิดแผ่นไม้บางทั้งสองข้างและไม่ผ่านการขัด
	ผ่านการขัดผิว	VS	ปิดแผ่นไม้บางทั้งสองข้างและผ่านการขัด
แผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ในงานตกแต่ง	เคลือบปิดแผ่นไม้บาง	DV	ปิดด้วยแผ่นไม้บางที่ใช้ในงานตกแต่งทั้งสองข้างหรือข้างใดข้างหนึ่งของแผ่นปาร์ติเกิล
	ปิดผิวอื่น	DO	ปิดด้วยแผ่นบางหรือฟิล์มของสารประกอบเรซิน,กระดาษที่เคลือบด้วยสารประกอบเรซิน, กระดาษที่ทาสี หรืออะไรที่เหมือนกันนี้ทั้งสองข้างหรือข้างใดข้างหนึ่งของแผ่นปาร์ติเกิล รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีลวดลายซึ่งถูกตกแต่งทำสีเป็นสีเดียว และผลิตภัณฑ์ที่เป็นลายไม้และลวดลายที่ไม่ตายตัว
	เคลือบผิว	DC	ทาด้วยสารประกอบเรซินที่ได้รับความร้อนและแข็งตัว หรือฉาบลงไปทั้งสองข้างหรือข้างใดข้างหนึ่งของแผ่นปาร์ติเกิล รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีลวดลายซึ่งถูกตกแต่งทำสีเป็นสีเดียว และผลิตภัณฑ์ที่เป็นลายไม้และลวดลายที่ไม่ตายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) <u>การแบ่งตามการรับแรงดัด</u> สามารถแบ่งได้ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การแบ่งตามการรับแรงดัด

การแบ่ง		สัญลักษณ์	เงื่อนไขในการรับแรงดัด
แผ่นปาร์ติเกิลผิวปกติ และแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ในงานตกแต่ง	ชนิด 18	18	การรับแรงดึงจะมีค่า 18.0 N/mm^2 {184 kgf/cm^2 } หรือตลอดตามความยาวและตามความกว้าง
	ชนิด 13	13	การรับแรงดึงจะมีค่า 13.0 N/mm^2 {133 kgf/cm^2 } หรือตลอดตามความยาวและตามความกว้าง
	ชนิด 8	8	การรับแรงดึงจะมีค่า 8.0 N/mm^2 {82 kgf/cm^2 } หรือตลอดตามความยาวและตามความกว้าง
แผ่นปาร์ติเกิลผิวปกติ ชนิด 05B และ Water board	ชนิด 24-10	24-10	การรับแรงดึงจะมีค่า 24.0 N/mm^2 {245 kgf/cm^2 } หรือตลอดตามความยาว และ10.0 N/mm^2 {102 kgf/cm^2 } ตลอดตามความกว้าง
	ชนิด17.5-10.5	17.5-10.5	การรับแรงดึงจะมีค่า 17.5 N/mm^2 {178 kgf/cm^2 } หรือตลอดตามความยาว และ10.5 N/mm^2 {107 kgf/cm^2 } ตลอดตามความกว้าง
แผ่นปาร์ติเกิลปิดด้วยแผ่นไม้บาง	ชนิด 30-15	30-15	การรับแรงดึงจะมีค่า 30.0 N/mm^2 {306 kgf/cm^2 } หรือตลอดตามความยาว และ15.0 N/mm^2 {153 kgf/cm^2 } ตลอดตามความกว้าง

หมายเหตุ ชนิด 24-10 หมายถึงผลิตโดยใช้ปาร์ติเกิลชนิด orientation strand (OSB) **และ 17.5-10.5 หมายถึงผลิตโดยใช้ปาร์ติเกิลชนิด** wafer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) <u>การแบ่งตามชนิดของกาว</u> สามารถแบ่งได้ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การแบ่งตามชนิดของกาว

การแบ่ง	สัญลักษณ์	กาว	การใช้งาน
ชนิด U	U	ชนิด ยูเรียเรซิน หรือชนิดที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน	เหมาะสำหรับงานผลิตเครื่องเรือน
ชนิด M	M	ชนิด ยูเรียเมลามีนเรซิน หรือชนิดที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน	เหมาะสำหรับทำพื้น,หลังคา,ผนังภายใน หรืออะไรที่เหมือนแบบนี้
ชนิด P	P	ชนิด ฟีนอลเรซิน หรือชนิดที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน	

(4) <u>การแบ่งตามปริมาณการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์</u> สามารถแบ่งได้ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การแบ่งตามปริมาณการละเหยตัวของฟอร์มัลดีไฮด์

การแบ่ง	สัญลักษณ์	ปริมาณการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์
ชนิด E_0	E_0	0.5 mg/l หรือน้อยกว่า
ชนิด E_1	E_1	1.5 mg/l หรือน้อยกว่า
ชนิด E_2	E_2	5.0 mg/l หรือน้อยกว่า

(5) <u>การแบ่งตามความทนทานต่อการติดไฟ</u> สามารถแบ่งได้ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การแบ่งตามความทนทานต่อการติดไฟ

การแบ่ง	สัญลักษณ์
ความทนทานต่อการติดไฟ ระดับ 2	Flame resistance 2
ความทนทานต่อการติดไฟ ระดับ 3	Flame resistance 3
ตามปกติ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. <u>รูปทรง,ขนาด และหน้ากว้าง</u> สามารถแบ่งได้ตามข้างล่างนี้ แต่อย่างไรก็ตาม ขนาดที่ทำตามใบสั่งผลิตเฉพาะจะถูกบังคับตามข้อตกลงระหว่างผู้เกี่ยวข้อง และลักษณะกว้างและลักษณะฉากจะถูกกำหนดตามตารางที่ 7

(1) <u>ความหนา</u> สามารถแบ่งได้ตามตารางที่ 6

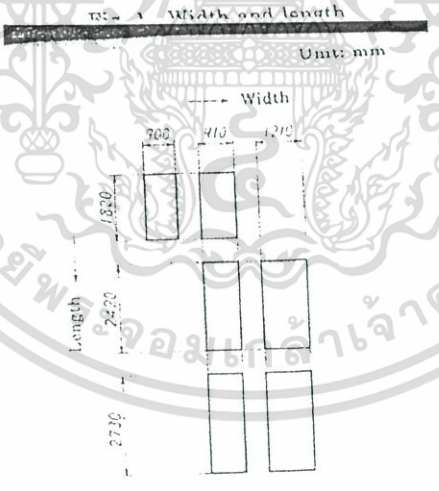
ตารางที่6ความหนา

หน่วยวัด : มิลลิเมตร

ความหนา	10	12	15	18	20	25	30	35	40

หมายเหตุ ความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลผิวปกติ ชนิด 24-10 และชนิด 17.5-10.5 อาจจะเป็น 9.5 มม.,11 มม., 12.7 มม.,16 มม.,19มม. และ 28.5 มม.

(2) <u>ความกว้างและความยาว</u> สามารถแบ่งได้ตามรูปภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความกว้างและความยาว

หน่วยวัด : มิลลิเมตร

หมายเหตุ ความกว้างและความยาวของแผ่นปาร์ติเกิลผิวปกติ ชนิด 24-10 และชนิด 17.5-10.5 อาจจะเป็น 1220 มม. และ 2440 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ลักษณะกว้างและลักษณะฉาก สามารถแบ่งได้ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ลักษณะกว้างและลักษณะฉาก

หน่วยวัด : มิลลิเมตร

การแบ่ง	ความหนา	ลักษณะกว้างบนความหนา			ลักษณะกว้างบนความกว้างและความยาว	ลักษณะฉาก
		แผ่นที่ไม่ผ่านการขัดผิว	แผ่นที่ผ่านการขัดผิว	แผ่นที่ใช้ตกแต่ง		
แผ่นปาร์ติเกิลผิวปกติและแผ่นปาร์ติเกิลปิดด้วยแผ่นไม้บาง	ต่ำกว่า 15	±1.0	±0.3	-	±1.0	2 max.
	15 ถึง 20	±1.2				
	20 หรือมากกว่า	±1.5				
แผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ในงานตกแต่ง	ต่ำกว่า 18	-	-	±0.5		
	18 หรือมากกว่า	-	-	±0.6		

หมายเหตุ ความหนาของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ในงานตกแต่งหมายถึง ความหนาของพื้นผิวที่ถูกเพิ่มเข้าไปขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นตกแต่ง

4. รูปร่างและคุณภาพ

4.1 รูปร่าง สามารถแบ่งตามด้านล่างนี้

(1) พื้นผิวของแผ่นปาร์ติเกิลจะสังเกตว่ามีลักษณะรูปทรงอิสระ, ไม่เรียบ , รอยด่าง ฯลฯ และการบิด การงอ ความอันตรายต่อการใช้ จะต้องไม่สังเกตเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ในงานตกแต่งจะแสดงข้อบกพร่องตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 รูปร่างของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ในงานตกแต่ง

การแบ่งตามข้อบกพร่อง	มาตรฐาน
รอยถาก([2]),รอยแตก หรือรอยกะเทาะ	จะต้องไม่พบข้อบกพร่อง
การบิดและการโค้งงอ	จะต้องไม่พบข้อบกพร่องที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อการใช้งาน
รอยขรุขระ ยกเว้นใช้ในงานตกแต่งนั้น รอยเว้า ,รอยด่าง,ตำหนิ หรือสิ่งแปลกปลอม	ข้อบกพร่องจะต้องไม่สังเกตเห็นเด่นชัดเมื่อตรวจสอบด้วยสายตาเปล่าในแต่ละช่วง 60 ซม.
ลวดลายที่ไม่สม่ำเสมอ,ความเงา และโทนสี ยกเว้นที่ใช้ในงานตกแต่ง	ข้อบกพร่องจะต้องไม่สังเกตเห็นเด่นชัดเมื่อตรวจสอบด้วยสายตาเปล่าในแต่ละช่วง 2 เมตร ([3])

อ้างอิง ([2]) หมายถึงรอยถากของพื้นผิวและชั้นการตกแต่ง

([3]) จะถูกตรวจสอบอย่างละเอียดพร้อมกับชิ้นทดสอบ

(2) ส่วนต่าง ๆของแผ่นปาร์ติเกิลจะต้องถูกต้อง และด้านข้างจะมีผิวที่เป็นเหลี่ยมเรียบ เว้นแต่ด้านข้างซึ่งถูกตัดเพื่อเหตุผลพิเศษ

4.2 <u>คุณภาพ</u> แผ่นปาร์ติเกิลต้องทดสอบในรายการคุณภาพดังแสดงในตารางที่ 9 ให้เหมาะสมตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 5 โดยเทียบกับค่ามาตรฐานในตารางที่ 10 และตารางที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 รายการคุณภาพ

รายการคุณภาพ		แผ่นปาร์ติเกิลผิวปกติและแผ่นปาร์ติเกิลปิดด้วยแผ่นไม้บาง			แผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ในงานตกแต่ง			หัวข้อที่พูดถึง
		ชนิด U	ชนิด M	ชนิด P	ชนิด U	ชนิด M	ชนิด P	
ขนาดและลักษณะฉาก		x	x	x	x	x	X	5.3
ความหนาแน่น		x	x	x	x	x	x	5.4
ความชื้น		x	x	x	x	x	x	5.5
การรับแรงดัด		x	x	x	x	x	x	5.6
การรับแรงดัดภายใต้สภาวะเปียก ([4])	ทดสอบA	-	x	-	-	x	-	5.7
	ทดสอบB	-	-	x	-	-	x	
อัตราส่วนการขยายตัวด้านความหนาขณะเปียก([4])		-	x	x	-	x	x	5.8
การยึดติดภายใน		x	x	x	x	x	x	5.9
การยึดเหนี่ยวตะปูเกลียว([5])		x	x	x	x	x	x	5.10
การระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์		x	x	x	x	x	x	5.11
การรับแรงดึงด้านผิวหน้า		-	-	-	x	x	x	5.12
ความทนทานต่อการตกกระแทก		-	-	-	x	x	x	5.13
ความทนทานต่อกรด([6])		-	-	-	x	x	x	5.14
ความทนทานต่อด่าง([6])		-	-	-	x	x	x	5.15
ความทนทานต่อรอยด่าง([6])		-	-	-	x	x	x	5.16
ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสี([6])		-	-	-	x	x	x	5.17
ความทนทานต่อการขีดข่วน([6])		-	-	-	x	x	x	5.18
การป้องกันความร้อน		จะถูกบังคับตามข้อตกลงระหว่างผู้เกี่ยวข้อง						5.19
ความทนทานต่อการติดไฟ([7])		x	x	x	x	x	x	5.20

อ้างอิง ([4]) ไม่ทดสอบกับชนิด 8

([5]) การยึดเหนี่ยวตะปูเกลียวจะถูกทดสอบกับความหนาที่ 15 มม. หรือสูงกว่า

([6]) ไม่ทดสอบกับพื้นผิวแบบเคลือบปิดแผ่นไม้บาง

([7])ทดสอบกับแผ่นปาร์ติเกิลที่ทนทานต่อการติดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 คุณภาพ

การแบ่ง			ความหนาแน่น g/cm^3	ความชื้น %	การรับแรงดัด N/mm^2 (kgf/cm^2)		การรับแรงดัดภายใต้สภาวะเปียก (*1) N/mm^2 (kgf/cm^2)		อัตราส่วนการขยายตัวด้านความหนาขณะเปียก(*1) %	การยึดติดภายใน N/mm^2 (kgf/cm^2)	การยึดเหนี่ยวตะปูเกลียว(*3) N (kgf)	การระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์ mg/l	Bending Young's modulus N/mm^2 (10kgf/cm^2)
					ตามแนวยาว	ตามแนวกว้าง	ตามแนวยาว	ตามแนวกว้าง					
แผ่นปาร์ติเกิลผิวปกติ แผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ในงานตกแต่ง	ชนิด 18	ชนิด E0	0.40 หรือมากกว่าและไม่เกิน 0.90	5 หรือมากกว่าและไม่เกิน 13	18.0 (184) min.		9.0 (92) min.		12 max.	0.3 (3.1) min.	500 (51) min.	0.5max.	3000(3.06) min. ตามความกว้าง
		ชนิด E1										1.5max.	
		ชนิด E2										5.0max.	
	ชนิด 13	ชนิด E0			13.0 (133) min.		6.5 (66) min.			0.2 (2.0) min.	400 (41) min.	0.5max.	2500(2.55) min. ตามความกว้าง
		ชนิด E1										1.5max.	
		ชนิด E2										5.0max.	
	ชนิด 8	ชนิด E0			8.0 (82) min.		-			0.15(1.5) min.	300 (31) min.	0.5max.	2000(2.04) min. ตามความกว้าง
		ชนิด E1										1.5max.	
		ชนิด E2										5.0max.	
แผ่นปาร์ติเกิลผิวปกติ	ชนิด 24-10	ชนิด E0			24.0 (245) min.	10.0 (102) min.	12.0 (122) min.	5.0 (51) min.	เมื่อความหนาเป็น 12.7 มม. หรือต่ำกว่าค่าที่กำหนดจะเป็น 25 หรือต่ำกว่า เมื่อความหนาสูงกว่า 12.7 มม. ค่าที่กำหนดจะเป็น 20 หรือต่ำกว่า	0.3 (3.1) min.	500 (51) min.	0.5max.	4000 (4.08) min. ตามความยาว 1300 (1.33) min. ตามความกว้าง
		ชนิด E1										1.5max	
		ชนิด E2										5.0max	
	ชนิด 17.5-10.5	ชนิด E0			17.5 (178) min.	10.5 (107) min.	8.8 (90) min.	5.3 (54) min.				0.5max.	3000 (3.06) min. ตามความยาว 2000 (2.04) min. ตามความกว้าง
		ชนิด E1										1.5max.	
		ชนิด E2										5.0max.	
แผ่นปาร์ติเกิลปิดด้วยแผ่นไม้บาง	ชนิด 30-15	ชนิด E0			30.0 (306) min.	15.0 (153) min.	15.0 (153) min.	7.5 (77) min.	12 max.			0.5max.	4500 (4.59) min. ตามความยาว 2800 (2.86) min. ตามความกว้าง
		ชนิด E1										1.5max.	
		ชนิด E2										5.0max.	

หมายเหตุ ตามความยาวหมายถึง ทิศทางตามความยาว ส่วนตามความกว้างหมายถึง ทิศทางตามแนวขวางของสิ่งนั้น ในที่นี้แผ่นปาร์ติเกิลปิดด้วยแผ่นไม้บาง ตามความยาวหมายถึง ทิศทางของเส้นใยของแผ่นไม้บาง และตามความกว้างหมายถึง ทิศทางตามแนวขวาง

ตารางที่ 11 คุณภาพของแผ่นปาร์ติเกิลที่ใช้ในงานตกแต่ง

ความชื้น %	การรับแรงดึงด้านผิวหน้า N/mm^2 {kgf/cm^2}	ความทนทานต่อการตกกระแทก	ความทนทานต่อกรด	ความทนทานต่อด่าง	ความทนทานต่อรอยด่าง	ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสี		ความทนทานต่อการขีดข่วน
					ความทนทานต่อรอยด่างโดยทาด้วยดินสอเทียน (สีแดง)	รูปร่าง	สีที่แตกต่าง	
5 หรือมากกว่า แต่ไม่เกิน 13	0.4 {4.1} min.	มีรูปร่างที่เป็นอิสระของรัศมีการแตก รอยแตก และการกะเทาะของพื้นผิวในชั้นตกแต่ง และมีเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยบุ๋ม 20 มม. หรือต่ำกว่า	ไม่เกิดรอยด่างให้เห็น	ไม่เกิดรอยด่างให้เห็น	จะได้ค่า Gray scale 3 หรือมากกว่า	มีรูปร่างอิสระของข้อบกพร่องเช่น การสลับสี และการโป่งของพื้นผิว	จะได้ค่า Gray scale 4 หรือมากกว่าหรือปริมาณเม็ดสี 3.0 หรือต่ำกว่า	ไม่เกิดรอยขีดข่วนให้เห็น

หมายเหตุ ความทนทานต่อกรด,ความทนทานต่อด่าง,ความทนทานต่อรอยด่าง,ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสี และความทนทานต่อการขีดข่วน จะไม่ถูกทดสอบกับพื้นผิวแบบเคลือบปิดแผ่นไม้บาง

ตารางที่ 12 การป้องกันความร้อน

ความหนา มม.	การป้องกันความร้อน m^2*K/W {m^2* h* ° C/kcal}	ความหนา มม.	การป้องกันความร้อน m^2*K/W {m^2* h* ° C/kcal}
10	0.060 {0.07} หรือมากกว่า	25	0.155 {0.18} หรือมากกว่า
12	0.077 {0.09} หรือมากกว่า	30	0.181 {0.21} หรือมากกว่า
15	0.095 {0.11} หรือมากกว่า	35	0.215 {0.25} หรือมากกว่า
18	0.112 {0.13} หรือมากกว่า	40	0.241 {0.28} หรือมากกว่า
20	0.120 {0.14} หรือมากกว่า		

ตารางที่ 13 ความทนทานต่อการติดไฟ

การแบ่ง	ความทนทานต่อการติดไฟ
ความทนทานต่อการติดไฟ ระดับ 2	ความทนทานต่อการติดไฟ ระดับ 2
ความทนทานต่อการติดไฟ ระดับ 3	ความทนทานต่อการติดไฟ ระดับ 3
ตามปกติ	-

5. วิธีการทดลอง

5.1 การเปลี่ยนแปลงของค่าตัวเลข เมื่อมีการทดสอบเกิดขึ้นโดยใช้เครื่องทดสอบ หรือเครื่องมือวัดหาค่าของหน่วยวัดมาตรฐาน ค่าตัวเลขที่ได้จะกำหนดโดย ระบบของหน่วยวัดนานาชาติจะถูกนำมาใช้แปรค่าโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

1 kgf = 9.80 N

5.2 ชิ้นทดสอบ ขนาดและจำนวนของชิ้นทดสอบถูกแสดงอยู่ในตารางที่ 14 จะมาใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการทดสอบทุกหัวข้อ ถูกนำมาจากส่วนที่ใกล้กับส่วนกลางของแผ่นผลิตภัณฑ์ ยกเว้นการทดสอบที่เกี่ยวกับส่วนขอบของแผ่นผลิตภัณฑ์ ชิ้นทดสอบจะต้องถูกเก็บไว้ภายใต้ข้อแม้เรื่องการผึ่งให้แห้ง([8]) หรือทำให้น้ำหนักคงที่([9])ที่อุณหภูมิ 20±2 ° C และความชื้นสัมพัทธ์ (65±5)%

อ้างอิง ([8]) ข้อแม้เรื่องการผึ่งให้แห้งในที่นี้หมายถึง ข้อแม้ของชิ้นทดสอบที่จะถูกนำไปไว้ในห้องที่มีอากาศถ่ายเทได้ดีอย่างน้อย 7 วัน

([9]) น้ำหนักคงที่หมายถึง ค่าของมวลของชิ้นทดสอบที่ถูกวัดตลอด 24 ชั่วโมง และมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 ขนาดและจำนวนของชิ้นทดสอบ

วิธีการทดลอง	ขนาดของชิ้นทดลอง (มม.)	จำนวนของชิ้นทดลองที่นำมาจากแผ่นผลิตภัณฑ์แผ่นเดียกัน
ความหนาแน่น	100 x 100	1
ความชื้น	100 x 100	1
การรับแรงดัด	กว้าง 50 x ยาว [ช่วงต่อ ([10]) +50]	ตามยาว 1,ตามกว้าง 1
การรับแรงดัดภายใต้สภาวะเปียก	กว้าง 50 x ยาว [ช่วงต่อ ([10]) +50]	ตามยาว 1,ตามกว้าง 1
อัตราส่วนการขยายตัวด้านความหนาขณะเปียก	50 x 50	1
การยึดติดภายใน	50 x 50	1
การยึดเหนี่ยวตะปูเกลียว	50 x 100	1
การระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์	50 x 150	จำนวนขึ้นอยู่กับการวางเรียงเป็นรูปวงกลมตามแนวตั้งภายในพื้นที่ 1800มม.^{2} ว่าได้จำนวนเท่าใด
การรับแรงดึงด้านผิวหน้า	50 x 50	1
ความทนทานต่อการกระแทก	300 x 300	1
ความทนทานต่อกรด	100 x 100	1
ความทนทานต่อด่าง	100 x 100	1
ความทนทานต่อรอยด่าง	100 x 100	1
ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสี	150 x 150	1([11])
ความทนทานต่อการขีดข่วน	50 x 50	1
การป้องกันความร้อน	900 x 900	1
ความทนทานต่อการติดไฟ	220 x 220	1

อ้างอิง ([10]) ระยะระหว่างที่รองรับ (span)จะมีขนาด 15เท่าของความหนา และ 150 มม.หรือมากกว่า

([11]) จะต้องเตรียมชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้นสำหรับแผ่นผลิตภัณฑ์ที่มีลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

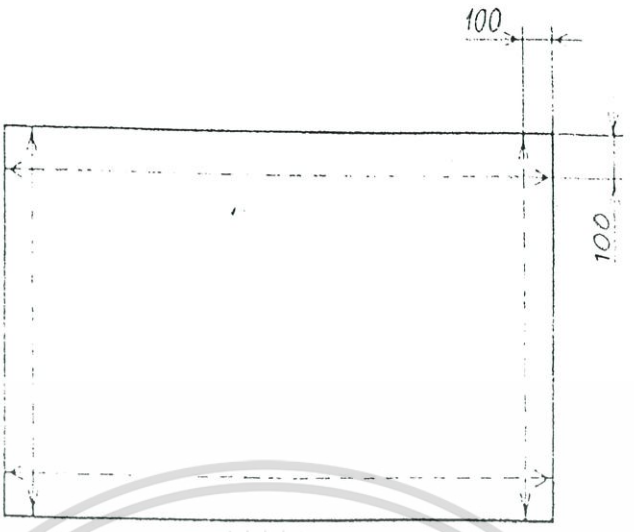
ตารางที่ 14 ขนาดและจำนวนของชิ้นทดสอบ

วิธีการทดลอง	ขนาดของชิ้นทดลอง (มม.)	จำนวนของชิ้นทดลองที่นำมาจากแผ่นผลิตภัณฑ์แผ่นเดียวกัน
ความหนาแน่น	100 x 100	1
ความชื้น	100 x 100	1
การรับแรงดัด	กว้าง 50 x ยาว [ช่วงต่อ ([10]) +50]	ตามยาว 1,ตามกว้าง 1
การรับแรงดัดภายใต้สภาวะเปียก	กว้าง 50 x ยาว [ช่วงต่อ ([10]) +50]	ตามยาว 1,ตามกว้าง 1
อัตราส่วนการขยายตัวด้านความหนาขณะเปียก	50 x 50	1
การยึดติดภายใน	50 x 50	1
การยึดเหนี่ยวตะปูเกลียว	50 x 100	1
การระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์	50 x 150	จำนวนขึ้นอยู่กับการวางเรียงเป็นรูปวงกลมตามแนวตั้งภายในพื้นที่ 1800มม.^{2} ว่าได้จำนวนเท่าใด
การรับแรงดึงด้านผิวหน้า	50 x 50	1
ความทนทานต่อการกระแทก	300 x 300	1
ความทนทานต่อกรด	100 x 100	1
ความทนทานต่อด่าง	100 x 100	1
ความทนทานต่อรอยด่าง	100 x 100	1
ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสี	150 x 150	1([11])
ความทนทานต่อการขีดข่วน	50 x 50	1
การป้องกันความร้อน	900 x 900	1
ความทนทานต่อการติดไฟ	220 x 220	1

อ้างอิง ([10]) ระยะระหว่างที่รองรับ (span)จะมีขนาด 15เท่าของความหนา และ 150 มม.หรือมากกว่า

([11]) จะต้องเตรียมชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้นสำหรับแผ่นผลิตภัณฑ์ที่มีลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 การวัดความกว้างและความยาวของแผ่นผลิตภัณฑ์

5.3.3 <u>ลักษณะฉาก</u> การวัดลักษณะฉากของชิ้นทดสอบจะทำโดยวางชิ้นทดสอบให้ชิดกับฉากที่มีขนาดหน้ากว้าง 1000 มม. Grade 1 ที่แสดงใน JIS B 7526 ดังภาพที่ 4 และช่องว่าง (δ) จะคำนวณจากช่องว่างระหว่างฉากกับชิ้นทดสอบในส่วนที่อยู่ที่ความกว้างของหน้ากว้าง 1000 มม. เมื่อความยาวด้านข้าง (l) ของชิ้นทดสอบน้อยกว่า 1000 มม. หรือน้อยกว่าหน้ากว้างของฉาก ช่องว่าง (δ) จะถูกวัดจากจุดปลายของความยาวด้านข้าง และค่าที่ได้จะต้องถูกนำมาเปลี่ยนค่าด้วยสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าช่องว่างที่ถูกเปลี่ยน (มม.)} = \frac{1000\delta}{l}$$

เมื่อ l คือ ความยาวด้านข้าง (มม.) ของชิ้นทดสอบ

δ คือ ช่องว่าง (มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ การทดสอบการทดลองก่อนใช้ชิ้นทดสอบที่ใช้ทดลองจะต้องนำมาวัดขนาดและลักษณะเหลี่ยมก่อน

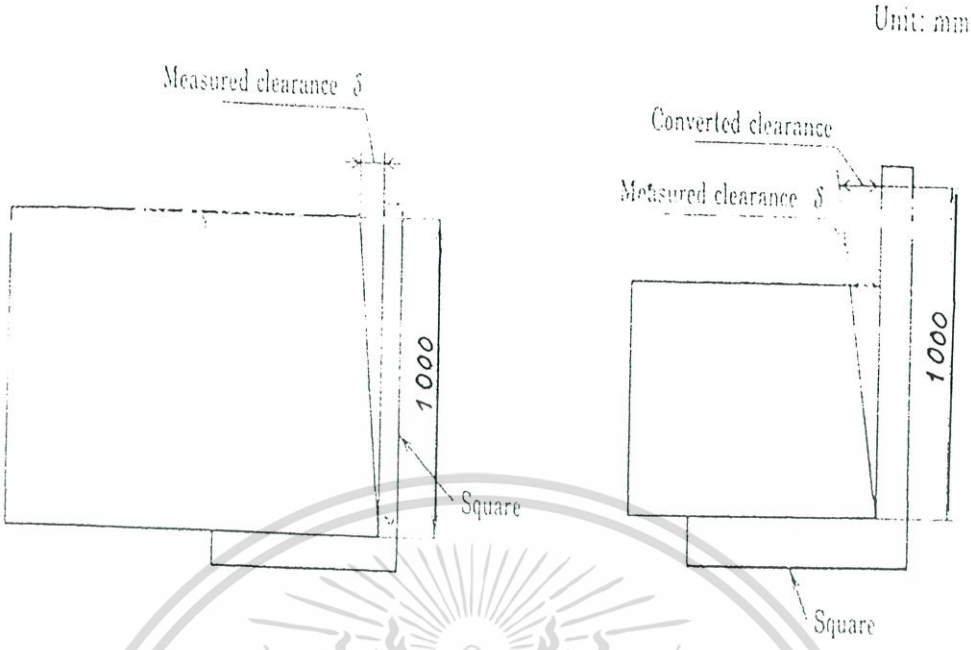
5.3 <u>การขนาดและลักษณะเหลี่ยม</u> สามารถแบ่งได้ตามด้านล่างนี้

<u>ความหนา</u> จะถูกวัดจากมุมทั้ง 4 เข้ามาจากขอบ 20 มม. ตามรูปที่ 2 หมายความว่าเครื่องมือวัดจะต้องมีความแม่นยำถึง 1/20 มม. หรือดีกว่านี้ ส่วนที่พื้นผิวของชิ้นทดสอบที่เครื่องมือวัดวัดได้จะถูกทำเครื่องหมายด้วยวงกลมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. หรือมากกว่า ส่วนที่มีส่วนนูนออกมาจะต้องวัดโดยเกณฑ์ที่ว่าความไม่เรียบถูกกำหนดเพื่อจุดมุ่งหมายของการตกแต่ง

ภาพที่ 2 การวัดความหนาของแผ่นผลิตภัณฑ์

5.3.1 <u>ความกว้างและความยาว</u> จะถูกวัดด้วยเครื่องมือวัดจะต้องมีความแม่นยำถึง 1 มม. หรือดีกว่านี้ จุดที่ทำการวัดความกว้างและความยาวจะใช้ประมาณ 100 มม.วัดเข้ามาจากขอบของมุมทั้ง 4 ด้าน ดังภาพที่ 3 และจะต้องถูกวัดทั้งสองด้านเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำและเชื่อถือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 การวัดลักษณะฉาก

5.4 <u>การทดสอบความหนาแน่น</u> วัดขนาดความกว้าง ยาว และหนา ของจุดที่ต้องทำการวัดดังภาพที่ 5 และวัดค่าภายในใช้แทนความกว้าง ยาว และหนา ของชิ้นทดสอบที่ใช้คำนวณหาปริมาตร (V) แล้ววัดมวล (m_1) และคำนวณหาค่าความหนาแน่นตามสูตรด้านล่าง ในที่นี้ค่า ความหนา กว้าง ยาว และมวล จะถูกวัดเผื่อไว้ 0.05 มม.,0.1มม.,0.1มม. และ 0.1g ตามลำดับ และค่าความหนาแน่นที่คำนวณได้จะเผื่อไว้ 0.01 g/cm^3

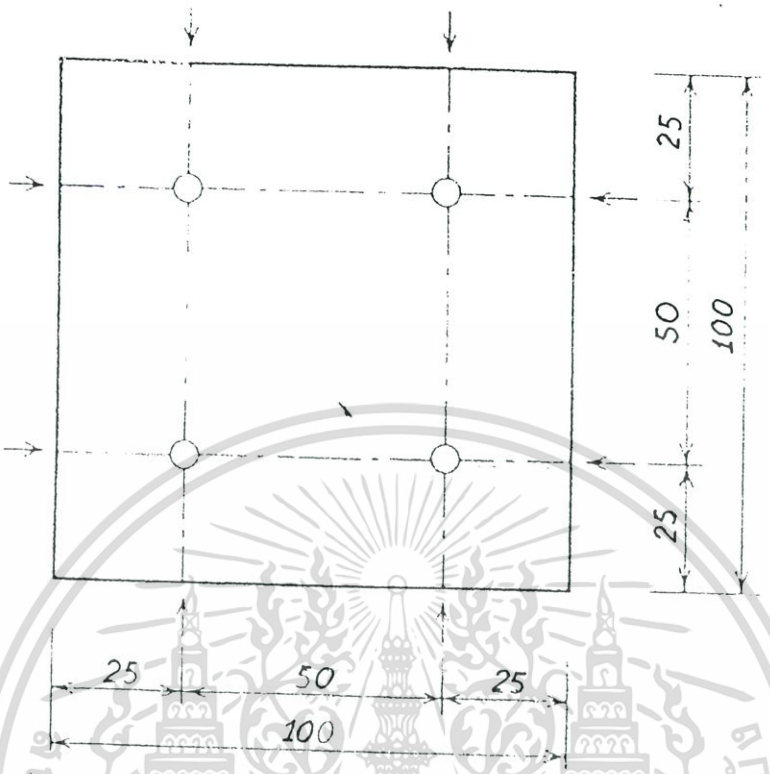
$$\text{ความหนาแน่น } (g/cm^3) = \frac{m_1}{V}$$

เมื่อ m_1 คือ มวล (g)

V คือ ปริมาตร (cm^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unit: mm



ภาพที่ 5 จุดที่ใช้ในการวัดความกว้าง ยาว และหนา

5.5 <u>การทดสอบความชื้น</u> หาค่ามวล (m_1) ของชิ้นทดสอบ แล้วเก็บไว้ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 103±2 °C แล้วหาค่ามวลอีกครั้ง (m_0) เมื่อค่ามวลคงที่ และทำการคำนวณหาความชื้นตามสูตรด้านล่าง

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100$$

เมื่อ m_0 คือ มวล (g) หลังอบ

m_1 คือ มวล (g) ก่อนอบ

5.6 <u>การทดสอบการรับแรงดัด</u> ใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบตามภาพที่ 6 ปรับค่าแรงกดประมาณ 10 mm/min หมายถึงค่าความเร็วของหัวกดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของชิ้นทดสอบ และบันทึกค่าสูงสุดที่ได้ (P) คำนวณการรับแรงดัดของชิ้นทดสอบตามสูตรด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในแผ่นปาร์ติเกิลชนิด 18,13 และ 8 ค่าการรับแรงดัดจะได้น้อยจะนำค่าตามแนวยาวหรือค่าตามแนวกว้างมาใช้เป็นค่าการรับแรงดัดของชิ้นทดสอบ ขณะที่ชนิด 24-10,17.5-10.5 และ 30-15 จะนำค่าการรับแรงดัดของทำสองทิศทางมาใช้เป็นค่าการรับแรงดัดของชิ้นทดสอบ

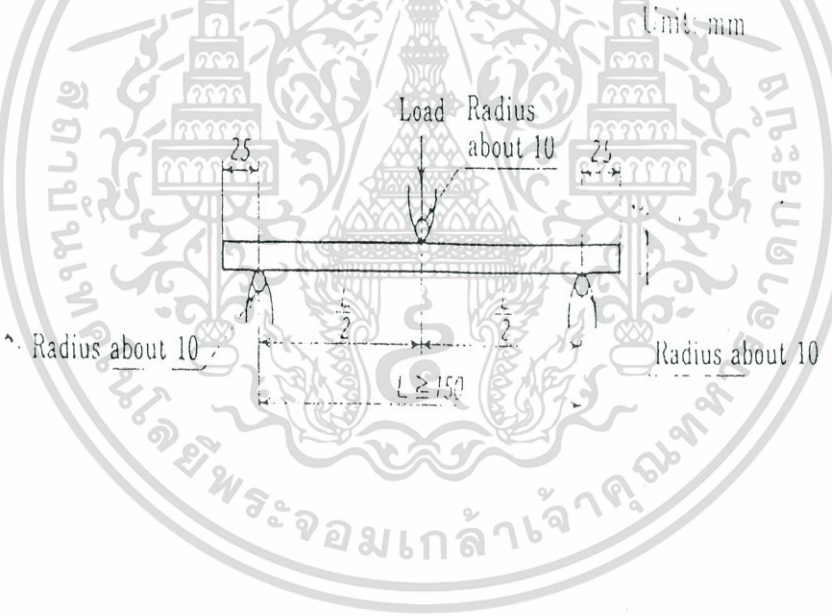
ค่าการรับแรงดัด $N/mm^2\{kgf/cm^2\} = \frac{3PL}{2bt^2}$

เมื่อ P คือ ค่าสูงสุดที่รับได้ (N) {kgf}

L คือ ระยะระหว่างที่รองรับ(span) (mm) {cm}

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ (mm) {cm}

t คือ ความหนาของชิ้นทดสอบ (mm) {cm}



ภาพที่ 6 เครื่องมือทดสอบการรับแรงดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 การรับแรงดัดภายใต้สภาวะเปียก สามารถแบ่งได้ตามด้านล่าง

(1) การรับแรงดัดภายใต้สภาวะเปียก แบบ A แช่ชิ้นทดสอบลงในน้ำอุ่น 70±3 ° C ไว้ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาแช่ลงในน้ำที่มีอุณหภูมิปกติอีก 1 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นทดสอบที่ยังเปียกอยู่มาทำการทดสอบตามหัวข้อ 5.6 คำนวณหาค่าการรับแรงดัดภายใต้สภาวะเปียกของชิ้นทดสอบ

ส่วนในแผ่นปาร์ติเกิลชนิด 18 และชนิด 13 ค่าการรับแรงดัดจะได้น้อยจะนำค่าตามแนวยาวหรือค่าตามแนวกว้างมาใช้เป็นค่าการรับแรงดัดของชิ้นทดสอบ ขณะที่ชนิด 24-10,17.5-10.5 และ 30-15 จะนำค่าการรับแรงดัดของทำสองทิศทางมาใช้เป็นค่าการรับแรงดัดของชิ้นทดสอบ ในการคำนวณหาค่าการรับแรงดัดภายใต้สภาวะเปียก จะนำค่าขนาดของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำมาเป็นตัวคำนวณ

(2) การรับแรงดัดภายใต้สภาวะเปียก แบบ B แช่ชิ้นทดสอบลงในน้ำต้มเดือดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาแช่ลงในน้ำที่มีอุณหภูมิปกติอีก 1 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นทดสอบที่ยังเปียกอยู่มาทำการทดสอบตามหัวข้อ 5.6 คำนวณหาค่าการรับแรงดัดภายใต้สภาวะเปียกของชิ้นทดสอบ

ส่วนในแผ่นปาร์ติเกิลชนิด 18 และชนิด 13 ค่าการรับแรงดัดจะได้น้อยจะนำค่าตามแนวยาวหรือค่าตามแนวกว้างมาใช้เป็นค่าการรับแรงดัดของชิ้นทดสอบ ขณะที่ชนิด 24-10,17.5-10.5 และ 30-15 จะนำค่าการรับแรงดัดของทำสองทิศทางมาใช้เป็นค่าการรับแรงดัดของชิ้นทดสอบ ในการคำนวณหาค่าการรับแรงดัดภายใต้สภาวะเปียก จะนำค่าขนาดของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำมาเป็นตัวคำนวณ

5.8 การทดสอบอัตราส่วนการขยายตัวด้านความหนาขณะเปียก ขั้นแรกให้วัดความหนาตรงส่วนกลางของชิ้นไม้เผื่อไว้0.05 มม. ด้วยเครื่องวัดแบบมีตัวเลขบอกหรือ เครื่องไมโครมิเตอร์ แช่ชิ้นทดสอบตามแนวราบลงในน้ำที่อุณหภูมิ20±1 ° C และอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ 3 ซม. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นมาเช็ดน้ำให้แห้งและวัดความหนาตามเดิม คำนวณอัตราส่วนการขยายตัวด้านความหนาขณะอิ่มน้ำตามสูตรด้านล่าง

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

เมื่อ t_1 คือ ความหนาก่อนอิ่มตัวด้วยน้ำ (mm)

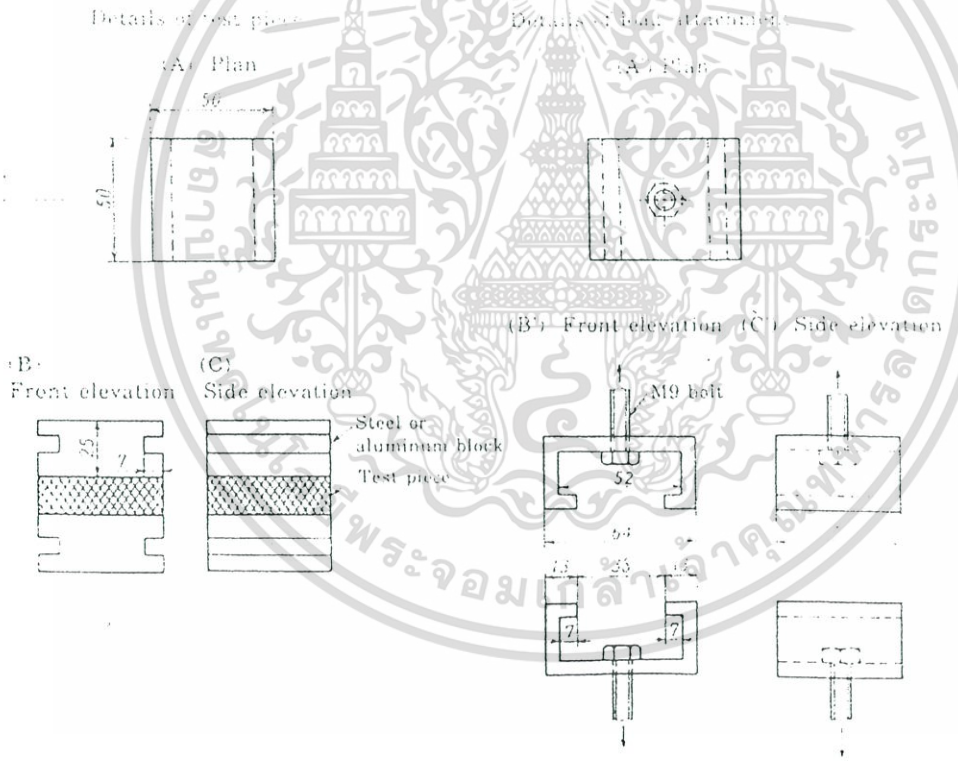
t_2 คือ ความหนาเมื่ออิ่มตัวด้วยน้ำ (mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.9 แรงยึดเหนี่ยวภายใน ใช้อุปกรณ์ยึดชิ้นทดสอบกับเหล็กหรือกล่องอลูมิเนียม (ภาพที่ 7) ตรวจสอบค่าความตึงเครียดโหลดซึ่งตั้งสู่หน้าแผ่นทดสอบ, วัดค่าสูงที่สุดของของโหลดชิ้นทดสอบที่เวลาของการยอมรับกำลังของแผ่น (การหยุดโหลดของค่าความเข้มแข็งสูงสุดของบอร์ด) สามารถคำนวณพันธะภายในโดยใช้สูตร
(การทดสอบนี้ความเร็วที่โหลดจะยอมรับต่ำสุด โดยประมาณ 2 มม.)

โดยใช้สูตร แรงยึดเหนี่ยวภายใน (นิวตัน/ตร.มม.) $= \frac{P'}{b \times L}$

เมื่อ P' : โหลดสูงสุด (นิวตัน) ณ.เวลาที่พบข้อบกพร่อง
b : ความกว้างของแผ่นทดสอบ (มม.)
L : ความยาวของแผ่นทดสอบ (มม.)



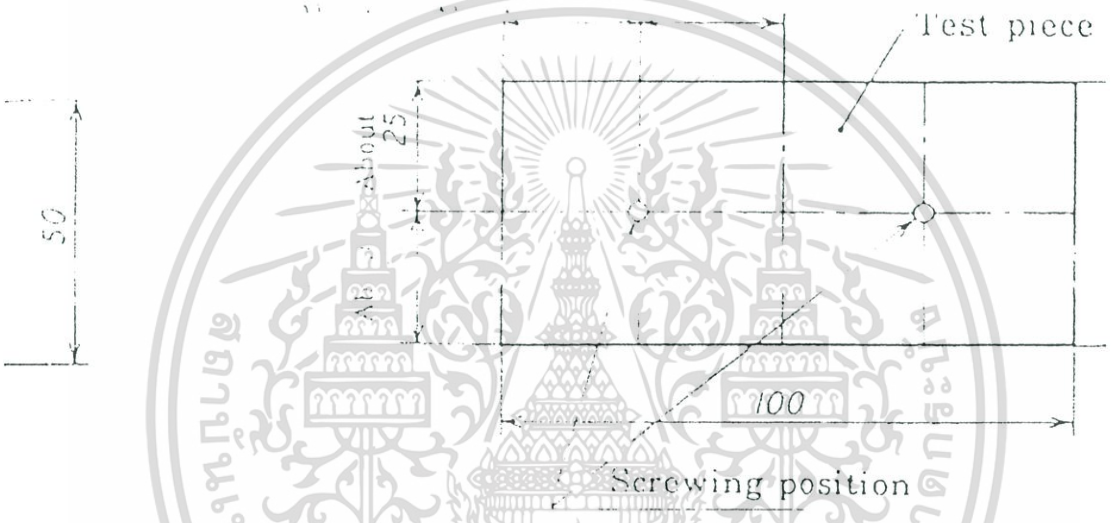
ภาพที่ 7 เครื่องมือทดสอบการยึดติดภายใน

ข้อมูลอ้างอิง การติดชิ้นทดสอบเข้ากับหัวเหล็กหรืออลูมิเนียม จะยึดติดได้ดีเมื่อใช้ อีพ็อกซี่เรซิน หรือกาวร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.10 <u>การทดสอบการยึดเหนี่ยวตะปูเกลียว</u> ขัน ([12]) ตะปูเกลียวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.7 มม. และยาว 16 มม. ตามมาตรฐาน JIS B 1112 ลงไปในตำแหน่งทั้ง 2 บนชิ้นทดสอบตามแนวตั้ง (ลึกประมาณ 11 มม.) ตามภาพที่ 8 ดึงตะปูให้หลุดตามแนวตั้งของชิ้นทดสอบ และบันทึกค่าแรงสูงสุดที่รับได้ก่อนตะปูจะหลุด พิจารณาแรงทั้งสองจุดในการยึดเหนี่ยวตะปูเกลียวในที่นี้

อ้างอิง ([12]) ขั้นตอนที่แนะนำในการขันคือ ควรเจาะด้วยดอกสว่านที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มม. นำร่องเข้าไปประมาณ 3 มม.



ภาพที่ 8 ชิ้นทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการยึดเหนี่ยวตะปูเกลียว

5.11 <u>การทดสอบการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์</u>

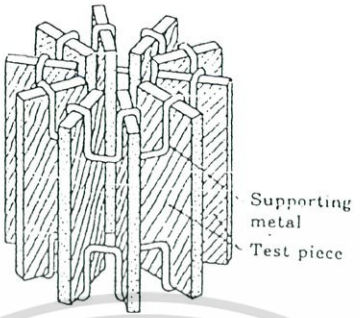
5.11.1 <u>การรวมตัวของฟอร์มัลดีไฮด์</u> นำถาดตกผลึกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 ซม. และสูง 6 ซม. ที่บรรจุด้วยน้ำกลั่น 300 มล. ที่ข้างใต้มีตัวดูดความชื้นขนาด 240 มม. ตามมาตรฐาน JIS R 3503 แล้วนำชิ้นทดสอบที่กำหนดตามตารางที่ 14 มาใส่ในเหล็กรองที่อยู่บนถาดตามภาพที่ 9 ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 20 ประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการระเหยตัวของฟอร์มัลดีไฮด์ไปรวมตัวกับน้ำกลั่น และใช้การละลายนี้เป็นตัวทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 เหล็กรองรับที่ใช้ในการทดสอบการระเหยตัวของฟอร์มัลดีไฮด์

Fig. 9. Supporting metal for test of released quantity of formaldehyde

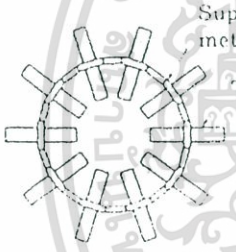
(1) Sketch drawing



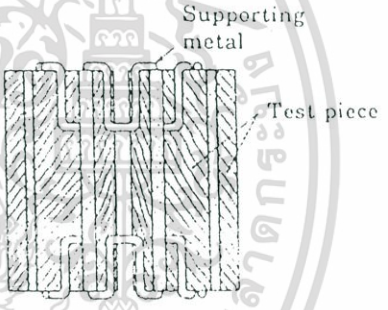
ภาพที่ 9 (ต่อ)

Fig. 9. (continued)

(2) Plan



(3) Side elevation



5.11.2 <u>วิธีการกำหนดความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์</u> ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ในน้ำที่มีฟอร์มัลดีไฮด์ละลายอยู่ สามารถกำหนดได้โดยใช้ Acetylacetone-ammonium acetate solution ดังหัวข้อที่ (1) ตามด้านล่าง และโดยวิธีการใช้แอะเซททีลีนโทนในขบวนการกำหนดตามที่จะกล่าวในหัวข้อที่ (2) ตามด้านล่าง โดยการใช้เครื่อง photoelectric spectrophotometer หรือเครื่อง photoelectric colorimeter ที่สามารถให้ความละเอียดในการวัดที่ความยาวคลื่น 415 nm.

(1) <u>Acetylacetone-ammonium acetate solution</u> Acetylacetone-ammonium acetate solution ปริมาณ 150 กรัม ลงในน้ำกลั่น 800 มล. และเติมกรดน้ำส้มก้อน 3 มล. กับ Acetylacetone 2มล. หลังจากเขย่าให้เข้ากันแล้วให้เติมน้ำกลั่นลงไป 1 ลิตร และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสารละลายนี้ใส่ลงไปในขวดสีชา ซึ่งสารเคมีที่ได้จะนำไปบอกระดับความเข้มข้นได้ต่อไป

(2) Determining procedure ใส่สารละลาย 25 ml. ลงไปในขวดทดลองขนาด 100 ml. ใส่ Acetylacetone-ammonium acetate solution (ซึ่งถูกเก็บมาเป็นเวลาหนึ่งวัน) และเขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำหลอดทดลองไปอุ่นในน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ 60 °C ถึง 65 °C เป็นเวลา 10 นาที และสังเกตน้ำที่มีฟอร์มัลดีไฮด์ละลายอยู่

ในการเปรียบเทียบกันนี้ โดยการทำสารละลายที่แตกต่างโดยการเตรียมขั้นตอนทุกอย่างที่เหมือนกันเพียงแต่เปลี่ยนจากน้ำที่มีฟอร์มัลดีไฮด์ละลายอยู่ ไปเป็นน้ำกลั่นแทน

หลังจากทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้ว นำสารละลายทดสอบและสารละลายที่แตกต่างมาเทลงในแผ่นดูดซึมแต่ละแผ่น สารละลายที่แตกต่างจะถูกใช้เพื่อปรับค่าการดูดซึมเท่ากับศูนย์ที่ความยาวคลื่นที่มากที่สุด 415 nm และทำการวัดการดูดซึมของสารละลายทดสอบ ความเข้มข้น (mg/l) ของฟอร์มัลดีไฮด์หาได้ด้วยการใช้เส้นโค้งการทำงาน ([13]) ที่นำมาอ้างอิง

อ้างอิง ([13]) เส้นโค้งการทำงานจะถูกเตรียมตามด้านล่านนี้

1. การเตรียมสารเคมี

0.005 mol/l สารละลายไอโอดีน : เจือ สารละลายไอโอดีน 0.05 mol/l เตรียมการตามหัวข้อที่ 4.5 (24) ใน JIS K 8001 กับน้ำกลั่น 10 เท่าเมื่อต้องการใช้งาน

5 mol/l potassium hydroxide solution: ละลาย potassium hydroxide solution 350 กรัม กับน้ำให้ได้ปริมาณ 1 ลิตร

2.5 mol/l sulfuric acid solution : เติมสารละลาย 140 มล. ลงในน้ำให้ได้ปริมาณ 1 ลิตร

0.01 mol/l sodium thiosulfate solution : เจือ sodium thiosulfate solution 0.1 mol เตรียมการตามมาตรฐาน ในหัวข้อที่ 4.5 (21.2) ของ JIS K 8001 กับน้ำกลั่นที่ไม่มีกรดด่านผสมอยู่ (ต้มให้ร้อน 10 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น) จำนวน 10 เท่าเมื่อต้องการใช้ ตัวประกอบของสารละลายจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เพราะฉนั้นควรใช้สารละลายทันทีที่ผสมเสร็จ

2. สารละลายมาตรฐานเริ่มต้นของฟอร์มัลดีไฮด์และการพิสูจน์ เจือสารละลายฟอมาลีน (37% ฟอร์มัลดีไฮด์) 1 มล. กับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาณ 1 ลิตร เพื่อทำเป็นสารละลายมาตรฐานเริ่มต้น และทำการพิสูจน์ตามวิธีการด้านล่าง

นำสารละลายมาตรฐานเริ่มต้น 5 มล. มาใส่ในในหลอดทดลองท้องกว้างขนาด 50 มล. ถึง 100 มล. เติมสารละลายไอโอดีน 0.005 mol/l จำนวน 50 มล. และสารละลาย potassium hydroxide 5 mol/l จำนวน 1 มล. ปิดปากหลอดและทิ้งไว้ในอุณหภูมิปกติ 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเปรียบเทียบกันนี้ ให้ทำสารละลายว่างเปล่าโดยทำตามวิธีการข้างต้นแต่ใช้น้ำกลั่น 5 มล. แทน เติม sulfuric acid solution 2.5 mol/l จำนวน 2 มล. ลงไปอย่างช้า ๆ ปิดปากหลอดและทิ้งไว้ในอุณหภูมิปกติ 5 นาที แล้วนำมาทำการวิเคราะห์ด้วย sodium thiosulfate solution 0.01 mol/l กับเครื่อง microburet คำนวณปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ใน 1 มล. ของสารละลายมาตรฐานเริ่มต้น ตามสูตรด้านล่าง

ปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ (mg/ml) = $\frac{0.1501 \times (B - S) \times F}{5}$

เมื่อ B คือ ปริมาณการวิเคราะห์ของสารละลายว่างเปล่า (ml)

S คือ ปริมาณการวิเคราะห์ของสารละลายมาตรฐานเริ่มต้นของฟอร์มัลดีไฮด์ (ml)

F คือ ตัวประกอบของ sodium thiosulfate solution 0.01 mol/l สารละลายโซเดียมทีโอซัลเฟส จะถูกเตรียมโดยการเจือกับน้ำกลั่น 10 เท่า sodium thiosulfate solution เตรียมการตามมาตรฐาน ในหัวข้อที่ 4.5 (21.2) ของ JIS K 8001

3. การเตรียมสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์มาตรฐาน เมื่อทำการคำนวณหาปริมาณ ของสารละลายมาตรฐานเริ่มต้น ที่พิสูจน์ไว้แล้วในหัวข้อที่ 2 มาใส่ในหลอดทดลองห้องกว้าง และเจือด้วยน้ำกลั่น ดังนั้นจะมี ฟอร์มัลดีไฮด์ 0.1 มก. อยู่ในน้ำ 1 มล.

ข้อมูลอ้างอิง ถ้าใช้หลอดทดลองห้องกว้างขนาด 100 มล. มาเป็นตัวอย่าง ปริมาณที่นำมาจากสารละลายมาตรฐานเริ่มต้นเป็น [(0.1 x 100) / ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเริ่มต้น] มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำสารละลายมาตรฐานเริ่มต้น จำนวน 0.5 มล. , 1.0 มล. และ 1.5 มล. มาเจือด้วยน้ำกลั่น 25 มล. จะได้ค่าความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์เป็น 2 มก./ลิตร , 4 มก./ลิตร และ 6 มก./ลิตร ตามลำดับ และเติมด้วย Acetylacetone-ammonium acetate solution จำนวน 25 มล. ในทุกตัว และทำการทดสอบการดูดซึมตามขั้นตอนในหัวข้อที่ 5.11.2 (2)

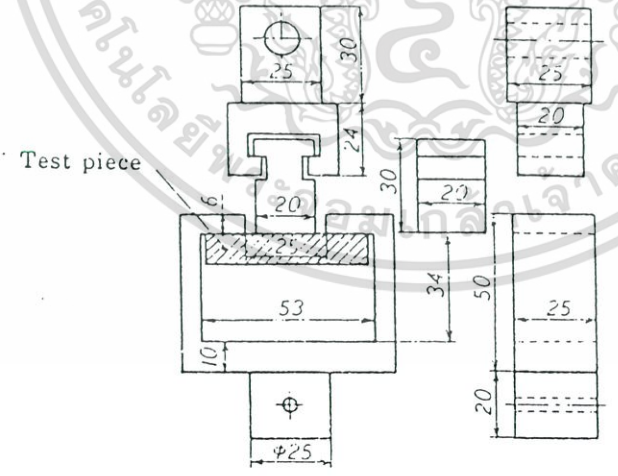
5. จุดความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมของทั้ง 4 ตัวข้างบน และความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ลงในแผนผังเพื่อใช้ทำเส้นโค้งการทำงาน

5.12 การทดสอบการรับแรงดึงด้านผิวหน้า ติดชิ้นยึดติดที่มีขนาด 20 มม. ทุกด้าน หรือพื้นผิวที่เป็นวงกลม มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 400 มม.^{2} ด้วยกาวเข้ากับตรงกลางของพื้นผิวของชิ้นทดสอบ เมื่อกาวแข็งตัวทำการบากลงไปบนพื้นผิวรอบชิ้นยึดติด นำตัวทดสอบไปใส่ในเครื่องทดสอบ ตามภาพที่ 10 ดึงด้วยความเร็วของแรงดึงที่ 2 mm/min วัดค่าแรงสูงสุดที่รับได้ (P') เมื่อค่าของแรงตกลง และคำนวณการรับแรงดึงด้านผิวหน้าด้วยสูตรด้านล่างนี้

การรับแรงดึงด้านผิวหน้า $N/mm^2\{kgf/cm^2\} = \frac{P'}{400}$

เมื่อ P' คือ ค่าแรงที่รับได้มากที่สุดก่อนที่แรงจะตก (N) {kgf}

400 คือ พื้นที่หน้าตัดในการยึดติด (mm^2)



ภาพที่ 10 การทดสอบการรับแรงดึงด้านผิวหน้าและชิ้นยึดติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.13 การทดสอบความทนทานต่อการกระแทก ทำการขัดผิวหน้าด้านบนของชิ้นทดสอบความทนทานต่อการกระแทกด้วยกระดาษทรายตามวิธีการใน S_1 ของหัวข้อ 3.1 ใน JIS A 1421 และทิ้งลูกน้ำหนักที่ทำจากเหล็กหรือเหล็กกล้าซึ่งกำหนดในตารางที่ 15 ลงบนพื้นผิวตรงกลางจากความสูงที่กำหนด สังเกตรอยแตกและถากบนพื้นผิว และวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยปุ่ม

ตารางที่ 15 น้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบความทนทานต่อการกระแทก

ความหนาของชิ้นทดสอบ มม.	น้ำหนักที่ใช้				ความสูงของการตก ซม.
	สัญลักษณ์	มวล กรัม	ขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง มม.	
ต่ำกว่า 15	W_2 –300	ประมาณ 286	1 5/8	ประมาณ 41	50
15 หรือมากกว่า	W_2 -500	ประมาณ 530	2	ประมาณ 51	100

5.14 การทดสอบความทนทานต่อกรด วางชิ้นทดสอบตามแนวนอนแล้วหยดกรดน้ำส้ม([14]) 5% ลงบนผิวหน้าและปิดทับด้วยกระจกใสทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง แล้วยกกระจกออกและล้างชิ้นทดสอบด้วยน้ำทันที ทิ้งไว้ในห้อง 24 ชั่วโมง และสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามข้อกำหนดเรื่องพื้นผิว

อ้างอิง ([14]) สารละลายกรดสารส้ม กรดน้ำส้มตามมาตรฐาน JIS K 8355 หรือ acetic anhydride ตามมาตรฐาน JIS K 8886

5.15 การทดสอบความทนทานต่อด่าง วางชิ้นทดสอบตามแนวนอนแล้วหยดสารประกอบ sodium carbonate solution ([15]) 1% ลงบนผิวหน้าและปิดทับด้วยกระจกใสทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง แล้วยกกระจกออกและล้างชิ้นทดสอบด้วยน้ำทันที ทิ้งไว้ในห้อง 24 ชั่วโมง และสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามข้อกำหนดเรื่องพื้นผิว

อ้างอิง ([15]) sodium carbonate solution จะถูกเตรียมจากสารประกอบ sodium carbonate (10 hydrate) ตามมาตรฐาน JIS K 8355 หรือสารประกอบ sodium carbonate ตามมาตรฐาน JIS K 8625

5.16 การทดสอบความทนทานต่อรอยด่าง วางชิ้นทดสอบตามแนวนอน และวางแผ่นโลหะขนาด 2 x 4 ซม. ที่มีเครื่องเจาะติดอยู่แทงลงในพื้นผิวที่แผ่นโลหะสัมผัส และทาผิวของชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบทั้งหมดจนมองไม่เห็นชั้นผิวตกแต่งด้วยดินสอเทียนสีแดง ที่แสดงใน JIS S 6026 หลังจากทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง และเช็ดดินสอเทียนออกด้วยผ้าชุบน้ำมันเบนซิน ที่แสดงใน JIS K 8594 และวัดโดยใช้ grey scale ที่แสดงใน JIS L 0805

5.17 การทดสอบความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสี หลังจากฉายแสงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตามวิธี B-1 ในหัวข้อที่ 2. (2.1) JIS K 7102 โดยใช้เครื่องจักรทดสอบ ที่แสดงในหัวข้อที่ 3.1 (1) JIS K 7102 สังเกตด้วยตาเปล่าในรอยถากและรอยโป่งแล้วทิ้งไว้ในห้องมืดชิ้นทดสอบที่ซึ่งไม่ได้ผ่านการฉายแสงจะต้องทิ้งไว้ในที่เดิมในตอนแรก

หลังจากฉายแสง 2 ชั่วโมงหรือมากกว่า นำชิ้นทดสอบออกจากห้องมืด และวัดการเปลี่ยนแปลงของสีโดยใช้ grey scale ที่แสดงใน JIS L 0804 หรือวัดการเปลี่ยนแปลงของสีตามวิธีของระบบสี L*a*b* ที่แสดงใน JIS Z 8730 โดยใช้เครื่อง calorimeter ที่แสดงใน JIS K 7102 อย่างไรก็ตาม ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสีจะถูกตัดสินโดยค่าของค่าความแตกต่าง 3 สี สำหรับชิ้นทดสอบที่เป็นลายไม้หรือลวดลายอื่น ๆ

5.18 การทดสอบความทนทานต่อการขีดข่วน ขีดร่องบนผิวด้านบนของชิ้นทดสอบในเป็นระยะ 30 มม. ทั้งด้านยาวและด้านกว้างโดยใช้เครื่องขีดข่วนชนิด Martens ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลม 3 มม. และแรงในการขีด 0.5 N {500 g } ทำการทดสอบขีด 3 เส้นทั้งด้านยาวและด้านกว้าง แล้วสังเกตชิ้นงานด้วยตาเปล่า

5.19 การทดสอบการป้องกันความร้อน จะทำตามมาตรฐาน JIS A 1420 การป้องกันความร้อนจะถูกวัดเมื่อตอนที่อุณหภูมิของผิวหน้า สูงขึ้นถึง $30\pm3\,^{\circ}C$ ตามข้อกำหนดในเรื่องความร้อนที่พุ่งสูงขึ้น

5.20 การทดสอบความทนทานต่อการติดไฟ จะทำตามมาตรฐาน JIS A 1321

6. การตรวจตรา ตามข้อกำหนดดังนี้

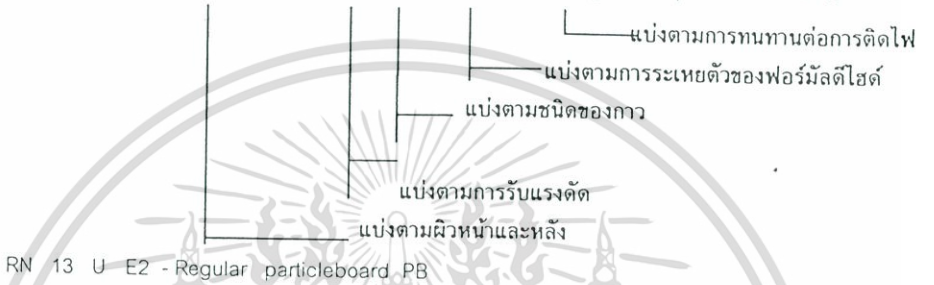
(1) รูปทรง , ขนาด , รูปร่าง และคุณภาพ จะถูกตรวจโดยวิธีการตรวจสอบอย่างสมเหตุสมผล
(2) การระเหยตัวของฟอร์มัลดีไฮด์ , การป้องกันความร้อน , ความทนทานต่อกรด , ความทนทานต่อด่าง , ความทนทานต่อรอยด่าง , ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสี , ความทนทานต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขีดข่วน และความทนทานต่อการติดไฟ จะถูกตรวจตามชนิดของการตรวจสอบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบใหม่หรือมีการต่อเติม , หรือเมื่อข้อตกลงด้านการผลิตถูกเปลี่ยนแปลง

7. <u>การระบุ</u> การระบุประเภทของแผ่นปาร์ติเกิลจะแสดงตามตัวอย่างด้านล่างนี้ อย่างไรก็ตาม รายการที่ไม่สำคัญอย่างเช่น การแบ่งตามผิวหน้าและหลัง , การรับแรงดัดของแผ่นปาร์ติเกิลที่ปิดแผ่นไม้บาง และการทนทานต่อการติดไฟอาจจะไม่ถูกละไว้

ตัวอย่างที่ 1 <u>Base – unpolished</u> <u>13</u> <u>U</u> <u>E_2 type</u> <u>Regular</u> particleboard



RN 13 U E2 - Regular particleboard PB

13 U E2 - PB

ตัวอย่างที่ 2 Base – polished 18 PE_0 type Flame resistande grade 2 Particleboard

RS 18 PE_0 Flame resistande grade 2 PB

18 PE_0 Flame resistande grade 2-PB

ตัวอย่างที่ 3 Veneered – unpolished 35-15 ME_1 type Regular particleboard

VN ME_1 – PB

8. <u>เครื่องหมาย</u> แผ่นปาร์ติเกิลจะถูกทำเครื่องหมายระบุรายการตามด้านล่างนี้ บนหีบห่อหรือบนตัวผลิตภัณฑ์

(1) การแบ่งชนิด หรือสัญลักษณ์
(2) ขนาด (กว้าง x ยาว x หนา)
(3) เดือนและปีที่ผลิต หรือระบุเป็นตัวย่อ
(4) ชื่อโรงงานที่ผลิต หรือระบุเป็นตัวย่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ง. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อก 0415/ [illegible]

สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา
กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
ซอยตรีมิตร ถนนพระรามที่ 4
เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110

รับรองผลการทดสอบ

ตามที่ นายเศกสิทธิ์ บุญเสริม นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นประกอบที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม เพื่อประกอบการจัดเตรียมวิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาและพัฒนาแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม ณ ส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและคอมโพสิท สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา นั้น ขอรับรองว่าผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเป็นความจริง

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ให้ไว้ ณ วันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2547

(นายทวี แก้วมณี)
ผู้อำนวยการส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือนและคอมโพสิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขามตามอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเปลือกต่อรกหุ้มเนื้อของฝักมะขาม 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	1. ความหนาแน่น ($g./cm^3$)	2. ปริมาณความชื้น (%)	3. ความต้านแรงดัด (N/mm^2)	4. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (N/mm^2)	5. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (N)	6. การดูดซึมน้ำ (%)	7. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (%)
1. 10:0	1	0.76	6.18	1.80*	0.48	171.68*	48.93*	14.11*
	2	0.74	4.57	2.01*	0.69	198.65*	51.91*	13.75*
	3	0.75	5.05	2.26*	0.70	223.18*	48.15*	13.33*
	4	0.72	3.80	2.15*	0.59	203.56*	47.79*	12.35*
	5	0.74	5.96	1.81*	0.61	245.25*	44.75*	12.88*
2. 8 : 2	1	0.83	6.83	2.12*	0.59	404.66*	45.71*	20.61*
	2	0.80	4.98	2.70*	0.51	382.59*	51.35*	20.81*
	3	0.78	4.49	2.63*	0.54	294.30*	51.24*	20.00*
	4	0.75	5.70	2.64*	0.54	309.02*	50.87*	21.47*
	5	0.74	5.27	2.18*	0.58	382.59*	47.60*	20.00*
3. 6 : 4	1	0.70	6.99	4.96*	0.58	358.07*	63.70*	27.44*
	2	0.84	7.02	4.24*	0.56	353.16*	54.46*	28.22*
	3	0.76	6.78	4.63*	0.56	439.00*	55.59*	26.99*
	4	0.76	6.80	5.30*	0.62	458.62*	53.02*	29.45*
	5	0.74	5.94	5.31*	0.63	478.24*	58.08*	26.54*
4. 4 : 6	1	0.71	8.96	8.71*	0.69	645.01	68.47*	29.36*
	2	0.73	7.56	8.05*	0.62	583.70	57.23*	29.19*
	3	0.77	7.39	8.29*	0.74	593.51	58.88*	30.41*
	4	0.77	7.99	8.97*	0.62	537.10	61.90*	29.23*
	5	0.74	7.72	8.97*	0.65	561.62	51.18*	29.05*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	1. ความหนาแน่น ($g./cm^3$)	2. ปริมาณความชื้น (%)	3. ความต้านแรงดัด (N/mm^2)	4. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (N/mm^2)	5. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (N)	6. การดูดซึมน้ำ (%)	7. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (%)
5. 2 : 8	1	0.74	7.67	18.49	1.43	814.23	50.46*	29.09*
	2	0.70	6.85	17.39*	1.68	833.85	56.75*	32.92*
	3	0.64	7.20	16.25*	1.49	880.45	65.31*	29.27*
	4	0.77	7.03	15.45*	1.47	851.00	63.82*	33.33*
	5	0.75	7.16	15.63*	1.66	827.72	65.32*	29.45*
6. 0 :10	1	0.76	7.80	19.50	2.10	1,115.89	59.32*	33.74*
	2	0.81	8.27	18.97	2.18	1,130.60	57.69*	30.54*
	3	0.83	8.36	19.61	2.12	1,432.26	61.42*	32.12*
	4	0.82	8.28	26.41	2.32	1,250.78	68.46*	32.52**
	5	0.69	8.09	25.27	2.44	1,189.46	64.06*	31.10*

* ค่าคุณสมบัติทางกายภาพที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอล์ด JIS A 5908 – 1994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยผลทดสอบแผ่นประกอบทั้ง 6 อัตราส่วน

อัตราส่วนที่	1. ความหนาแน่น ($g./cm^3$)	2. ปริมาณความชื้น (%)	3. ความต้านแรงดัด (N/mm^2)	4. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (N/mm^2)	5. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (N)	6. การดูดซึมน้ำ (%)	7. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (%)
10:0	0.74	5.65	2.00*	0.30	206.43*	48.23*	13.28*
8 : 2	0.76	5.72	2.46*	0.31	354.52*	49.34*	20.54*
6 : 4	0.76	6.98	4.89*	0.34	417.28*	56.97*	27.75*
4 : 6	0.76	7.16	8.34*	0.59	584.00	59.53*	29.45*
2 : 8	0.76	7.96	16.65*	0.74	846.60	60.33*	30.81*
0 :10	0.80	7.99	21.91	1.09	1,223.79	62.19*	32.00*

* ค่าคุณสมบัติทางกายภาพที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมแผ่นปาร์ติเคิลบอล์ด JIS A 5908 – 1994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

จ. รายละเอียดผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพแผ่นประกอบจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์มะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความหนาแน่น (Density)

1.1 ขนาดความหนา (มม.)

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1(มม.)				$\bar{X}$ (มม.)	X_r (มม.)	P2(มม.)				$\bar{X}$ (มม.)	X_r (มม.)	X_{rr} (มม.)
		1	2	3	4			1	2	3	4			
1	1	8.34	8.28	8.31	8.27	8.30	8.35	8.56	8.41	8.32	8.34	8.41	8.34	8.35
	2	8.37	8.36	8.22	8.16	8.28		8.37	8.52	8.48	8.47	8.46		
	3	8.22	8.13	8.16	8.23	8.19		8.09	8.28	8.48	8.20	8.26		
10:0	4	8.39	8.36	8.47	8.53	8.44		8.36	8.35	8.16	8.25	8.28		
	5	8.48	8.40	8.36	8.43	8.42		8.19	8.29	8.46	8.18	8.28		
2	1	8.29	8.45	8.39	8.25	8.35	8.36	8.30	8.27	8.45	8.42	8.36	8.36	8.36
	2	8.31	8.41	8.42	8.32	8.37		8.29	8.32	8.24	8.17	8.26		
	3	8.29	8.33	8.12	8.17	8.23		8.36	8.50	8.51	8.44	8.45		
8 : 2	4	8.55	8.48	8.47	8.50	8.50		8.48	8.46	8.39	8.39	8.43		
	5	8.30	8.34	8.41	8.34	8.35		8.31	8.30	8.34	8.28	8.31		
3	1	8.56	8.73	8.74	8.66	8.67	8.66	8.59	8.67	8.58	8.78	8.66	8.67	8.67
	2	8.47	8.55	8.59	8.73	8.59		8.65	8.73	8.68	8.71	8.69		
	3	8.55	8.67	8.63	8.75	8.65		8.84	8.57	8.77	8.71	8.72		
6 : 4	4	8.71	8.72	8.64	8.59	8.67		8.65	8.58	8.57	8.63	8.61		
	5	8.66	8.73	8.74	8.82	8.74		8.62	8.67	8.74	8.59	8.66		

ต่อ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1(มม,)				$\overline{X}$ (มม,)	X_r (มม,)	P2(มม,)				$\overline{X}$ (มม,)	X_r (มม,)	X_{rr} (มม,)
		1	2	3	4			1	2	3	4			
4 : 6	1	8.64	8.81	8.75	8.67	8.72	8.62	8.60	8.61	8.58	8.59	8.73	8.62	8.62
	2	8.59	8.55	8.55	8.57	8.57		8.65	8.77	8.77	8.74	8.57		
	3	8.56	8.60	8.55	8.68	8.60		8.46	8.50	8.58	8.55	8.52		
	4	8.71	8.68	8.69	8.63	8.68		8.75	8.63	8.64	8.56	8.65		
	5	8.59	8.48	8.43	8.59	8.52		8.61	8.76	8.69	8.65	8.65		
2 : 8	1	8.28	8.47	8.57	8.42	8.44	8.59	8.54	8.57	8.50	8.52	8.53	8.55	8.57
	2	8.68	8.55	8.45	8.65	8.58		8.59	8.60	8.57	8.45	8.55		
	3	8.73	8.72	8.65	8.65	8.69		8.62	8.59	8.63	8.57	8.60		
	4	8.66	8.67	8.67	8.69	8.67		8.64	8.55	8.45	8.47	8.53		
	5	8.56	8.52	8.57	8.58	8.56		8.59	8.49	8.58	8.57	8.56		
0 :10	1	8.55	8.84	8.66	8.60	8.66	8.56	8.57	8.64	8.69	8.61	8.63	8.52	8.54
	2	8.47	8.39	8.33	8.39	8.40		8.48	8.47	8.36	8.39	8.42		
	3	8.47	8.55	8.63	8.68	8.58		8.42	8.25	8.42	8.47	8.39		
	4	8.51	8.72	8.50	8.47	8.55		8.49	8.35	8.52	8.47	8.46		
	5	8.62	8.64	8.61	8.60	8.62		8.61	8.51	8.36	8.57	8.51		

1.2 ขนาดความ กว้าง,ยาว,หนา และ ค่าเฉลี่ยปริมาตรของแผ่นประกอบ (ตร.มม.)

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1(มม,)			X	P2(มม,)			X	Xr
		1 กว้าง	2 ยาว	3 หนา	(ตร.มม.)	1 กว้าง	2 ยาว	3 หนา	(ตร.มม.)	(ตร.มม.)
1 10:0	1	96	95	8.30	75,696	97	99	8.41	80,761.23	78.23
	2	97	97	8.28	77,906.52	96	98	8.46	79,591.68	78.75
	3	97	97	8.19	77,059.71	96	99	8.26	78,503.04	77.78
	4	97	97	8.44	79,411.96	97	98	8.28	78,709.68	79.06
	5	97	97	8.42	79,223.78	97	98	8.28	78,709.68	78.97
2 8:2	1	98	100	8.35	81,830	98	98	8.36	80,289.44	81.06
	2	98	105	8.37	82,026	98	98	8.26	79,329.04	80.68
	3	99	100	8.23	81,477	97	100	8.45	81,965	81.72
	4	97	100	8.50	82, 450	99	99	8.43	83,308.50	82.88
	5	97	100	8.35	80,995	97	98	8.31	78,994.86	80.00
3 6:4	1	96	97	8.42	78,407.04	97	97	8.57	80,635.13	79.52
	2	97	97	8.52	65,288.76	98	99	8.49	82,369.98	73.83
	3	98	99	8.46	82,078.92	97	99	8.58	82,393.74	82.24
	4	99	99	8.34	81,740.34	98	99	8.61	83,534.22	82.64
	5	96	98	8.68	81,661.44	98	99	8.38	81,302.76	81.48

ต่อ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1(มม,)			X (ตร.มม.)	P2(มม,)			X (ตร.มม.)	X r (ตร.มม.)
		1 กว้าง	2 ยาว	3 หนา		1 กว้าง	2 ยาว	3 หนา		
4	1	96	98	8.72	82,874.88	97	100	8.60	83,420	83.15
	2	96	98	8.57	80,626.56	98	100	8.73	85,554	83.09
4:6	3	97	98	8.60	81,751.60	98	100	8.52	83,496	82.62
	4	98	98	8.67	83,266.68	98	100	8.65	84,770	84.02
	5	96	98	8.52	80,156.16	98	99	8.68	84,213.36	82.18
5	1	99	100	8.44	83,556	101	100	8.53	86,153	84.85
	2	100	110	8.58	85,800	95	102	8.55	82,849.50	84.32
2:8	3	100	120	8.69	104,280	97	110	8.60	91,752	98.02
	4	99	100	8.67	85,833	100	100	8.53	85,300	85.57
	5	94	100	8.56	80,464	92	98	8.56	77,176.96	78.82
6	1	92	100	8.66	79,672	100	100	8.63	86,300	82.99
	2	92	104	8.40	80,371.20	99	103	8.42	85,858.74	83.11
0:10	3	102	102	8.58	89,266.32	98	102	8.39	83,866.44	86.57
	4	95	102	8.55	82,849.50	99	100	8.46	83,754	83.30
	5	100	102	8.62	87,942	98	100	8.51	83,398	85.67

1.3 น้ำหนักของแผ่นประกอบ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	น้ำหนัก (m)		$\overline{X}$ (กรัม)	m1 (กรัม)
		P1	P2		
1 10:0	1	57.80	61.10	59.45	60.15
	2	55.00	61.60	58.30	
	3	60.40	56.00	58.20	
	4	56.00	58.70	57.30	
	5	57.80	57.70	58.25	
2 8:2	1	62.80	71.80	67.30	63.31
	2	66.10	62.40	64.25	
	3	63.50	64.50	64.00	
	4	60.90	63.30	62.10	
	5	59.80	58.00	58.90	
3 6:4	1	54.10	57.80	55.95	62.60
	2	61.20	62.60	61.91	
	3	68.20	77.30	62.75	
	4	62.30	62.50	62.40	
	5	54.50	65.50	60.00	

ต่อ

อัตรา ส่วนที่	แผ่นที่	น้ำหนัก (m) P1	น้ำหนัก (m) P2	$\overline{X}$ (กรัม)	m1 (กรัม)
4	1	60.40	57.40	58.90	61.73
	2	57.50	64.50	61.00	
4:6	3	62.40	65.10	63.75	
	4	65.50	63.20	64.35	
	5	61.50	59.80	60.65	
5	1	65.00	60.00	62.50	61.88
	2	59.20	59.30	59.25	
2:8	3	71.90	66.60	62.25	
	4	64.00	68.50	66.25	
	5	67.70	50.60	59.15	
6	1	62.20	63.50	62.85	66.01
	2	65.80	69.10	67.45	
0:10	3	75.10	68.80	71.95	
	4	69.80	67.50	68.65	
	5	67.90	60.40	59.15	

m_1 = มวล (กรัม)

ผลทดสอบความหนาแน่น (Density)

อัตราส่วนที่	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (ตร.มม.)	ปริมาตร (ตร.ซม.)	ความหนาแน่น (Density) (กรัม./ตร.ซม.)
1.	60.15	78,557.33	78.56	0.77
2.	63.31	81,266.48	81.27	0.78
3.	62.60	79,941.23	79.94	0.78
4.	61.73	83,012.92	83.01	0.74
5.	61.88	86,317.45	86.32	0.72
6.	66.01	84,327.82	84.33	0.78

สูตรการหา

$$\text{ความหนาแน่น} \left(/cm^3 \right) = \frac{m1}{v}$$

m_1 : มวล (กรัม) , v : ปริมาตร (ตารางเซนติเมตร)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. ปริมาณความชื้นของแผ่นประกอบ (Water Content) (เปอร์เซ็นต์)

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1 (กรัม)				W (%)	$\bar{X}$ (%)	P2 (กรัม)				W (%)	$\bar{X}$ (%)	Xr
		m_1	3 ชม.	6 ชม.	m_0			m_1	3 ชม.	6 ชม.	m_0			
1	1	65.80	62.20	61.50	61.50	6.99	4.93	71.60	68.20	67.90	67.90	6.87	5.60	m_1 60.06 m_0 57.12
	2	55.00	53.00	52.70	52.70	4.36		61.60	59.10	58.80	58.80	4.76		
	3	60.40	58.6	57.80	57.80	4.50		56.00	55.50	53.00	53.00	5.66		
10:0	4	56.00	34.20	54.00	54.00	3.70		58.70	56.80	56.50	56.50	3.89		
	5	57.80	55.10	55.00	55.00	5.09		57.70	54.20	54.00	54.00	6.85		
2	1	62.80	60.20	59.00	59.00	6.44	5.89	71.80	68.70	67.00	67.00	7.16	5.03	m_1 63.31 m_0 60.03
	2	66.10	63.70	62.90	62.90	5.09		62.40	60.00	59.50	59.50	4.87		
	3	63.50	61.10	61.00	61.00	4.10		64.50	61.70	61.50	61.50	4.88		
8:2	4	60.90	57.00	56.70	56.70	7.41		63.30	61.30	60.80	60.80	4.11		
	5	59.80	56.30	56.20	56.20	6.41		58.00	56.00	55.70	55.70	4.13		
3	1	60.40	57.10	56.50	56.50	6.90	7.24	57.40	53.90	53.60	53.60	7.09	6.83	m_1 61.55 m_0 57.68
	2	57.50	53.70	53.50	53.50	7.48		64.50	60.60	60.50	60.50	6.61		
	3	62.40	58.50	58.20	58.20	7.22		65.10	61.70	61.20	61.20	6.37		
6:4	4	65.50	61.80	61.60	61.60	6.33		63.20	59.50	58.90	58.90	7.30		
	5	61.50	57.40	56.80	56.80	8.27		58.00	56.40	56.00	56.00	6.79		

ต่อ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1 (กรัม)				W (%)	$\bar{X}$ (%)	P2 (กรัม)				W (%)	$\bar{X}$ (%)	Xr
		m_1	3 ชม.	6 ชม.	m_0			m_1	3 ชม.	6 ชม.	m_0			
4	1	54.10	49.80	49.50	49.50	9.29	7.99	57.80	53.50	53.20	53.20	8.65	7.92	m1
	2	61.20	57.10	57.00	57.00	7.37		62.60	58.30	58.10	58.10	7.75		62.60
	3	78.20	73.10	73.00	73.00	7.12		77.30	72.00	71.80	71.80	7.66		
4:6	4	62.30	58.10	58.00	58.00	7.41		52.50	48.50	48.30	48.30	8.70		m0
	5	54.50	50.20	50.10	50.10	8.78		65.50	61.40	61.30	61.30	6.85		58.03
5	1	65.00	61.00	59.90	59.90	6.56	6.75	60.00	56.30	56.20	56.20	6.76	7.21	m1
	2	59.20	55.90	55.70	55.70	6.28		59.30	55.40	55.20	55.20	7.43		63.28
	3	71.90	67.00	66.90	66.90	7.47		66.60	62.40	62.30	62.30	6.90		
2:8	4	64.00	60.20	60.10	60.10	6.49		68.50	63.80	63.70	63.70	7.54		m0
	5	67.70	63.50	63.30	63.30	6.95		50.60	47.30	47.10	47.10	7.43		59.04
6	1	62.20	58.30	58.10	58.10	7.06	7.53	63.50	58.70	58.50	58.50	8.55	8.84	m1
	2	65.80	61.20	61.00	61.00	7.87		69.10	63.80	63.60	63.60	8.65		67.01
	3	75.10	71.60	69.50	69.50	8.06		68.80	63.40	63.30	63.30	8.69		
0:10	4	69.80	65.00	64.80	64.80	7.72		67.50	62.20	62.00	62.00	8.87		m0
	5	67.90	63.60	63.50	63.50	6.93		60.40	55.30	55.20	55.20	9.42		61.95

3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) (เปอร์เซ็นต์)

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	น้ำหนัก P1 (ก่อนแช่น้ำ) (กรัม)		$\overline{X}_1$ (กรัม)	X_r (กรัม)	น้ำหนักP2 (หลังแช่น้ำ) (กรัม)		$\overline{X}_2$ (กรัม)	X_r (กรัม)	WA. การดูดซึมน้ำ (%)
		P1.1	P1.2			P2.1	P2.2			
1	1	13.70	14.30	14.00	13.83	20.70	21.00	20.85	20.50	48.23
	2	12.20	14.00	13.10		18.90	20.90	19.90		
	3	14.00	15.70	14.85		20.60	23.40	22.00		
10:0	4	12.90	12.00	12.45		19.20	17.60	18.40		
	5	16.40	13.10	14.75		23.20	19.50	21.35		
2	1	15.20	16.30	15.75	15.14	23.60	22.30	22.95	22.61	49.34
	2	15.70	13.90	14.80		24.10	20.70	22.40		
	3	16.20	16.00	16.10		25.50	23.20	24.35		
8:2	4	15.20	13.70	14.45		23.20	20.40	21.80		
	5	14.90	14.30	14.60		21.80	21.30	21.55		
3	1	13.90	14.20	14.05	14.66	23.00	23.00	23.00	23.15	57.91
	2	15.90	14.40	15.15		25.40	21.40	23.40		
	3	14.10	13.50	13.80		23.10	21.40	22.25		
6:4	4	16.00	15.50	15.75		24.50	23.70	24.10		
	5	15.50	13.60	14.55		24.30	21.70	23.00		

ต่อ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	น้ำหนัก P1 (ก่อนแช่น้ำ) (กรัม)		$\overline{X}$ 1 (กรัม)	Xr (กรัม)	น้ำหนักP2 (หลังแช่น้ำ) (กรัม)		$\overline{X}$ 2 (กรัม)	Xr (กรัม)	WA. การดูดซึมน้ำ (%)
		P1.1	P1.2			P2.1	P2.2			
4:6	1	14.50	13.00	13.75	15.62	24.40	25.30	24.85	25.37	63.06
	2	14.10	13.20	13.65		23.00	21.50	22.25		
	3	16.80	17.00	16.90		26.80	26.90	26.85		
	4	16.20	17.40	16.80		26.60	27.80	27.20		
	5	16.50	17.50	17.00		25.20	26.20	25.70		
2:8	1	16.40	16.10	16.25	14.81	24.30	24.60	24.45	24.28	63.94
	2	14.00	13.60	13.80		22.20	24.20	23.20		
	3	15.00	14.40	14.70		23.50	25.10	24.30		
	4	14.70	14.20	14.45		23.70	26.10	24.90		
	5	15.70	14.00	14.85		23.60	25.50	24.55		
0:10	1	16.60	13.30	14.95	15.06	26.70	21.00	23.85	24.78	64.54
	2	17.70	14.50	16.10		27.50	21.70	24.60		
	3	17.50	14.90	16.20		27.00	25.30	26.15		
	4	13.30	14.50	13.90		25.50	24.70	25.10		
	5	15.30	13.00	14.15		25.10	23.30	24.20		

4. การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness Swelling) (เปอร์เซ็นต์)

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	ความหนาก่อนแช่น้ำ (มม.)		$\overline{X}_1$ (มม.)	X_r (มม.)	ความหนาหลังแช่น้ำ (มม.)		$\overline{X}_2$ (มม.)	X_r (มม.)	WA. การดูดซึมน้ำ (%)
		P1.1	P1.2			P2.1	P2.2			
1	1	8.20	8.10	8.15	8.13	9.50	9.40	9.45	9.27	14.02
	2	8.00	8.00	8.00		9.00	9.20	9.10		
	3	8.10	8.40	8.25		9.20	9.80	9.50		
10:0	4	8.10	8.10	8.10		9.20	9.00	9.10		
	5	8.10	8.20	8.15		9.10	9.30	9.20		
2	1	8.30	8.20	8.25	8.22	9.90	10.00	9.95	9.91	20.56
	2	8.30	8.20	8.25		9.80	10.10	9.95		
	3	8.10	8.30	8.20		9.80	9.90	9.85		
8:2	4	8.00	8.30	8.15		9.80	10.00	9.90		
	5	8.20	8.30	8.25		9.60	10.20	9.90		
3	1	8.20	8.20	8.20	8.15	10.40	11.00	10.70	10.51	28.64
	2	8.20	8.10	8.15		10.70	10.20	10.45		
	3	8.20	8.10	8.15		10.50	10.00	10.25		
6:4	4	8.30	8.20	8.15		10.40	10.70	10.55		
	5	8.20	8.00	8.10		11.00	10.20	10.60		

ต่อ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	ความหนาก่อนแช่น้ำ (มม. P1.1	ความหนาก่อนแช่น้ำ (มม. P1.2	$\overline{X}1$ (มม.)	X_r (มม.)	ความหนาหลังแช่น้ำ (มม.) P2.1	ความหนาหลังแช่น้ำ (มม.) P2.2	$\overline{X}2$ (มม.)	X_r (มม.)	WA. การดูดซึมน้ำ (%)
4:6	1	8.24	8.37	8.31	8.32	9.90	10.50	10.20	10.72	28.84
	2	8.32	8.39	8.36		10.60	11.00	10.80		
	3	8.36	8.28	8.32		10.40	11.30	10.85		
	4	8.34	8.21	8.28		10.20	11.20	10.70		
	5	8.38	8.28	8.33		11.30	10.80	11.05		
2:8	1	8.40	8.10	8.25	8.15	10.50	10.20	10.35	10.59	29.94
	2	8.10	8.00	8.05		10.90	10.50	10.70		
	3	8.20	8.20	8.20		10.80	10.30	10.55		
	4	8.00	8.20	8.10		10.90	10.70	10.80		
	5	8.00	8.30	8.15		10.60	10.50	10.55		
0:10	1	8.10	8.20	8.15	8.22	11.00	10.80	10.90	10.74	30.66
	2	8.30	8.40	8.35		10.90	10.30	10.60		
	3	8.20	8.30	8.25		11.10	10.70	10.90		
	4	8.20	8.10	8.15		10.60	11.00	10.80		
	5	8.10	8.30	8.20		10.80	10.20	10.50		

5. ความต้านแรงดัด (Bending Strength)

5.1 แรงดัด (P) นิวตัน/ตร.มม.

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1. (กก./ตร.มม.)	P2. (กก./ตร.มม.)	$\overline{X}$ (กก./ตร.มม.)	X_r (กก./ตร.มม.)	P (นิวตัน./ตร.มม.)
1	1	2.50	3.00	2.75	26.98	29.43
	2	3.00	3.00	3.00	29.43	
	3	3.00	3.50	3.25	31.88	
10:0	4	3.50	3.00	3.25	31.88	
	5	3.00	2.50	2.75	26.98	
2	1	3.50	3.00	3.25	31.88	36.30
	2	4.50	3.50	4.00	39.24	
	3	3.50	4.50	4.00	39.24	
8:2	4	3.50	4.50	4.00	39.24	
	5	3.00	3.50	3.25	31.88	
3	1	8.00	7.50	7.75	76.03	75.54
	2	6.50	7.00	6.75	66.22	
	3	8.00	6.50	7.25	71.12	
6:4	4	8.00	8.50	8.25	80.93	
	5	8.00	9.00	8.50	83.39	

ต่อ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1. (กก./ตร.มม.)	P2. (กก./ตร.มม.)	$\overline{X}$ (กก./ตร.มม.)	X_r (กก./ตร.มม.)	P (นิวตัน./ตร.มม.)
4	1	15.00	13.50	14.25	139.79	132.93
	2	12.50	13.00	12.75	125.08	
4:6	3	13.00	14.00	13.50	132.44	
	4	13.00	13.00	13.00	127.53	
	5	13.50	15.00	14.25	139.79	
5	1	30.00	29.00	29.50	289.40	261.35
	2	29.50	26.50	28.00	274.68	
2:8	3	26.50	26.00	26.25	257.51	
	4	25.00	24.50	24.75	242.80	
	5	24.50	25.00	24.75	242.80	
6	1	31.50	34.00	32.75	321.28	346.63
	2	29	31.00	30.00	294.30	
0:10	3	31.00	31.50	31.25	306.56	
	4	37.50	45.50	41.50	407.12	
	5	42.50	40.00	41.25	404.66	

5.2 ขนาดความกว้าง,ความหนา และ ค่าเฉลี่ย

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	b ความกว้าง (มม.)		$\bar{X}$ (มม.)	$\bar{X}$ r (มม.)	t ความหนา (มม.)		$\bar{X}$ (มม.)	$\bar{X}$ r (มม.)
		P1	P2.			P1.	P2.		
1 10:0	1	49.00	47.30	48.15	47.58	8.3	8.41	8.36	8.33
	2	47.10	47.00	47.05		8.28	8.46	8.37	
	3	46.30	47.30	46.80		8.19	8.26	8.23	
	4	48.70	46.80	47.75		8.44	8.28	8.36	
	5	49.10	47.20	48.15		8.42	8.28	8.35	
2 8:2	1	49.40	47.40	48.40	47.59	8.35	8.36	8.36	8.36
	2	48.70	45.70	47.20		8.37	8.26	8.32	
	3	49.30	47.40	48.35		8.23	8.45	8.34	
	4	46.20	47.10	46.65		8.50	8.43	8.47	
	5	47.40	47.30	47.35		8.35	8.31	8.33	
3 6:4	1	47.80	47.70	47.75	48.04	8.42	8.57	8.50	8.51
	2	48.50	48.60	48.55		8.52	8.49	8.51	
	3	47.50	47.70	47.60		8.46	8.58	8.52	
	4	46.80	48.70	47.75		8.34	8.61	8.48	
	5	48.70	48.40	48.55		8.68	8.38	8.53	

ต่อ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	b ความกว้าง (มม.,)		$\bar{X}$ (มม.,)	$\bar{X}r$ (มม.,)	t ความหนา (มม.,)		$\bar{X}$ (มม.,)	$\bar{X}r$ (มม.,)
		P1	P2.			P1.	P2.		
4	1	46.30	48.70	47.50	48.27	8.72	8.72	8.72	8.62
	2	47.10	48.10	47.60		8.57	8.57	8.57	
	3	48.60	48.60	48.60		8.60	8.60	8.60	
4:6	4	49.40	47.80	48.60		8.67	8.67	8.67	
	5	48.20	49.90	49.05		8.52	8.52	8.52	
5	1	49.00	48.70	48.85	48.08	8.44	8.53	8.49	8.57
	2	47.20	49.60	48.40		8.58	8.55	8.57	
	3	46.60	48.70	47.65		8.69	8.60	8.65	
2:8	4	46.90	48.70	47.80		8.67	8.53	8.60	
	5	47.20	48.20	47.70		8.56	8.56	8.56	
6	1	50.00	49.10	49.55	48.93	8.66	8.63	8.65	8.53
	2	49.50	49.20	49.35		8.40	8.42	8.41	
	3	49.00	48.60	48.80		8.58	8.39	8.49	
0:10	4	47.90	47.90	47.90		8.55	8.46	8.51	
	5	49.20	48.90	49.05		8.62	8.51	8.57	

อัตราส่วนที่	(P) แรงดัด (นิวตัน)	L ระยะห่าง (มม.)	b ความกว้าง (มม.)	T ความหนา (มม.)	ความต้านแรงดัด (นิวตัน/ตร.มม.)
1.	29.43	150	47.58	8.33	16.71
2.	36.30	150	47.59	8.36	20.53
3.	75.54	150	48.04	8.51	41.57
4.	132.93	150	48.27	8.62	71.87
5.	261.35	150	48.08	8.57	142.71
6.	346.63	150	48.93	8.53	139.94

สูตรการหา ความต้านแรงดัด (นิวตัน/ตร.มม.) $= \frac{3P\Lambda}{2bt^2}$

เมื่อ P : โหลดสูงสุด (นิวตัน)

Λ : ระยะห่างของชิ้นทดสอบ (มม.)

b: ความกว้าง (มม.)

t^2 : ความหนา (มม.)

6. แรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond) (นิวตัน / ตร.มม.)

6.1 แรงดึง (กก./ตร.มม)

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1. (กก./ตร.มม)	P2. (กก./ตร.มม)	$\overline{X}$ (กก./ตร.มม)	X_r (กก./ตร.มม)	P (นิวตัน/ตร.มม)
1 10:0	1	120.00	174.50	147.25	1,144.52	1,480.44
	2	135.00	158.00	160.00	1,569.60	
	3	153.00	175.00	164 .00	1,608.84	
	4	126.50	150.50	138.50	1,358.69	
	5	153.00	137.00	145.00	1,422.45	
2 8:2	1	131.50	150.50	144.00	1,412.64	1,404.33
	2	116.00	120.50	118.25	1,160.03	
	3	125.50	136.00	130.75	1,282.66	
	4	132.00	128.00	135.00		
	5	136.00	140.00	198.00	1,353.78	
3 6:4	1	135.00	136.50	135.75	1,331.71	1,374.42
	2	141.00	126.00	133.50	1,309.64	
	3	143.00	122.50	132.75	1,302.28	
	4	157.50	138.00	147.75	1,449.43	
	5	133.00	169.00	151.00	1,481.31	

ต่อ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1. (กก./ตร.มม)	P2. (กก./ตร.มม)	$\overline{X}$ (กก./ตร.มม)	Xr (กก./ตร.มม)	P (นิวตัน/ตร.มม)
4	1	170.50	147.00	158.75	1,557.34	1,539.18
	2	155.00	130.50	142.75	1,400.38	
4:6	3	164.50	188.00	176.25	1,729.01	
	4	156.50	142.00	149.25	1,464.14	
	5	160.00	155.50	157.75	1,547.53	
5	1	342.00	350.00	346.00	3,394.26	2,925.86
	2	337.00	480.00	408.50	4,007.39	
2:8	3	348.50	351.00	349.75	3,431.05	
	4	350.00	337.00	343.50	3,369.74	
	5	387.00	393.00	390.00	3,825.90	
6	1	522.00	480.00	501.00	4,914.81	5,199.57
	2	556.00	492.00	524.00	5,140.44	
0:10	3	549.00	465.00	507.00	4,973.67	
	4	559.00	520.00	539.50	5,292.50	
	5	548.00	611.00	579.50	5,684.90	

6.2 ขนาดความกว้างและความยาวของแผ่นทดสอบ (มม.)

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	b ความกว้าง (มม.)		$\bar{X}$ (มม.)	$\bar{X}r$ (มม.)	L ความยาว (มม.)		$\bar{X}$ (มม.)	$\bar{X}r$ (มม.)
		TP1.	TP2.			TP1.	TP2.		
1 10:0	1	49.00	47.30	48.15	47.58	47.50	51.00	49.25	48.58
	2	47.10	47.00	47.05		47.20	49.20	48.20	
	3	46.30	47.30	46.80		48.00	50.00	49.00	
	4	48.70	46.80	47.75		48.80	48.00	48.40	
	5	49.10	47.20	48.15		49.40	46.70	48.05	
2 8:2	1	49.40	47.40	48.40	47.59	51.60	48.00	49.80	49.04
	2	48.70	45.70	47.20		51.20	45.30	48.25	
	3	49.30	47.40	48.35		50.00	48.40	49.20	
	4	46.20	47.10	46.65		50.00	48.10	49.05	
	5	47.40	47.30	47.35		49.40	48.40	48.90	
3 6:4	1	47.80	47.70	47.75	48.04	48.10	48.60	48.35	48.64
	2	48.50	48.60	48.55		48.10	48.80	48.45	
	3	47.50	47.70	47.60		48.50	49.90	49.20	
	4	46.80	48.70	47.75		49.00	49.20	49.10	
	5	48.70	48.40	48.55		47.80	48.50	48.15	

ต่อ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	b ความกว้าง (มม.)		$\bar{X}$ (มม.)	$\bar{X}r$ (มม.)	L ความยาว (มม.)		$\bar{X}$ (มม.)	$\bar{X}r$ (มม.)
		TP1.	TP2.			TP1.	TP2.		
4	1	46.50	48.90	47.70	47.94	46.30	48.70	47.50	48.27
	2	46.20	49.00	47.60		47.10	48.10	47.60	
	3	47.00	48.60	47.80		48.60	48.60	48.60	
4:6	4	47.40	49.20	48.30		49.40	47.80	48.60	
	5	47.50	49.10	48.30		48.20	49.90	49.05	
5	1	49.00	48.70	48.85	47.90	48.30	48.90	48.60	48.48
	2	47.20	49.60	48.40		49.60	48.80	49.20	
	3	46.60	48.70	47.65		47.60	49.00	48.30	
2:8	4	46.90	48.70	47.80		47.00	48.80	47.90	
	5	47.20	48.20	47.7		48.70	48.10	48.40	
6	1	48.80	45.50	47.15	47.59	50.00	49.10	49.55	48.00
	2	47.20	48.20	47.70		49.50	49.20	49.35	
	3	48.00	48.00	48.00		49.00	48.60	48.80	
0:10	4	47.70	47.50	47.60		47.90	47.90	47.90	
	5	45.70	49.30	47.50		49.20	48.90	49.05	

ผลทดสอบแรงยึดเหนี่ยวภายใน (Internal Bond)

อัตราส่วนที่	P (นิวตัน)	b ความกว้าง (มม.)	L ความยาว (มม.)	b × L (มม.)	แรงยึดเหนี่ยวภายใน (นิวตัน/ตร.มม.)
1.	1,480.44	47.58	48.58	2,311.44	0.64
2.	1,404.33	47.59	49.04	2,333.81	0.60
3.	1,374.42	48.04	48.64	2,336.67	0.59
4.	1,539.18	47.94	48.27	2,314.41	0.67
5.	2,925.86	47.90	48.48	2,322.19	1.26
6.	5,199.57	47.59	48.00	2,284.32	2.28

สูตรการหา

$$\text{แรงยึดเหนี่ยวภายใน (นิวตัน/ตร.มม.)} = \frac{P}{b \times L}$$

เมื่อ P : โหลดสูงสุด (นิวตัน) ณ.เวลาที่พบข้อบกพร่อง

b : ความกว้างของแผ่นทดสอบ (มม.)

L : ความยาวของแผ่นทดสอบ (มม.)

7. ความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว (Wood Screw Holding Power) (นิวตัน/ตร.มม.)

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1 (กก./ตร.มม.)		$\overline{X}_1$ (กก./ตร.มม.)	P2 (กก./ตร.มม.)		$\overline{X}_2$ (กก./ตร.มม.)	X_r (กก./ตร.มม.)	X_{rr} (กก./ตร.มม.)	X_{rr} (นิวตัน/ตร.มม.)
		P1.1	P1.2		P2.1	P2.2				
1 10:0	1	20.00	17.00	18.50	17.00	16.00	16.50	17.50	21.05	206.43
	2	21.00	18.00	19.50	23.00	19.00	21.00	20.25		
	3	24.00	17.00	20.50	19.00	27.00	23.00	22.75		
	4	19.00	25.00	22.00	18.00	21.00	19.50	20.75		
	5	17.00	20.00	18.50	28.00	35.00	31.50	25.00		
2 8:2	1	35.00	24.00	29.50	50.00	56.00	53.00	41.25	36.15	354.52
	2	30.00	32.00	31.00	47.00	47.00	47.00	39.00		
	3	30.00	28.00	29.00	30.00	32.00	31.00	30.00		
	4	30.00	32.00	31.00	30.00	34.00	32.00	31.50		
	5	33.00	44.00	37.00	51.00	31.00	41.00	39.00		
3 6:4	1	32.00	47.00	39.50	35.00	32.00	33.50	36.50	42.55	417.28
	2	41.00	33.00	37.00	35.00	35.00	35.00	36.00		
	3	44.00	35.00	39.50	52.00	48.00	50.00	44.75		
	4	42.00	45.00	43.50	50.00	50.00	50.00	46.75		
	5	43.00	40.00	41.50	52.00	60.00	56.00	48.75		

ต่อ

อัตราส่วนที่	แผ่นที่	P1 (กก./ตร.มม.)		$\overline{X}_1$ (กก./ตร.มม.)	P2 (กก./ตร.มม.)		$\overline{X}_2$ (กก./ตร.มม.)	X_r (กก./ตร.มม.)	X_{rr} (กก./ตร.มม.)	X_{rr} (นิวตัน/ตร.มม.)
		P1.1	P1.2		P2.1	P2.2				
4	1	57.00	61.00	59.00	70.00	75.00	72.50	65.75	59.55	584.00
	2	62.00	58.00	60.00	60.00	58.00	59.00	59.50		
	3	61.00	68.00	64.50	57.00	56.00	56.50	60.50		
4:6	4	52.00	48.00	50.00	62.00	57.00	59.50	54.75		
	5	53.00	53.00	53.00	58.00	65.00	61.50	57.25		
5	1	100.00	115.00	107.50	122.00	118.00	120.00	113.75	124.75	1,223.79
	2	92.00	88.00	90.00	114.00	167.00	140.50	115.25		
	3	132.00	135.00	133.50	157.00	160.00	158.50	146.00		
2:8	4	157.00	133.00	145.00	117.00	103.00	110.00	127.50		
	5	122.00	147.00	134.50	104.00	112.00	108.00	121.25		
6	1	117.00	114.00	115.50	170.00	177.00	173.50	144.50	164.15	1,610.31
	2	127.00	149.00	138.00	172.00	207.00	189.5	163.75		
	3	147.00	154.00	150.50	167.00	173.00	170.00	160.25		
0:10	4	217.00	165.00	191.00	155.00	142.00	148.50	169.75		
	5	172.00	200.00	186.00	153.00	205.00	179.00	182.50		

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายเศกสิทธิ์ บุญเสริม
วัน เดือน ปีเกิด	28 ธันวาคม 2517
สถานที่เกิด	อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	108 หมู่ที่ 4 ต.หล่มเก่า อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2540 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี
	ครุศาสตร์บัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมศิลป์
	สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์
	ปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษาครุศาสตรอุตสาหกรรมหาบัณฑิต
	สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้