สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แผ่นกากส้มอัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง

นางสาวขวัญชนก เจริญสุข
นางสาวจุฑารัตน์ เม็ดดี
นางสาวทิพย์วาณี ติ๊ตาวงศ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107731
วัน,เดือน,ปี 10 พ.ค. 2553

b 12210833
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Medium-density Boards from Orange Peels

Miss Kwanchanok Charoensuk

Miss Jutharat Meddee

Miss Tipwanee Titawong

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for

the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	แผ่นกากส้มอัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง	
นักศึกษา	นางสาวขวัญชนก เจริญสุข	รหัสนักศึกษา 45050078
	นางสาวจุฑารัตน์ เม็ดดี	รหัสนักศึกษา 45050083
	นางสาวทิพย์วาณี ติ๊ตาวงศ์	รหัสนักศึกษา 45050102
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์	
สาขา	เคมีอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2548	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วันฉัตร ชื่นชม	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	คุณวรธรรม อุ่นจิตติชัย	

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ.ดร. อิทธิพล แจ้งชัด	.....
กรรมการ	ผศ.ดร. สุภารัตน์ รักชลธี	.....
กรรมการ	ผศ.ดร. วันฉัตร ชื่นชม	.....
กรรมการ	คุณวรธรรม อุ่นจิตติชัย	.....

.....

(ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	แผ่นกากส้มอัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง	
นักศึกษา	นางสาวขวัญชนก เจริญสุข	รหัสนักศึกษา 45050078
	นางสาวจุฑารัตน์ เม็ดดี	รหัสนักศึกษา 45050083
	นางสาวทิพย์วาณี ติ๊ดาวงศ์	รหัสนักศึกษา 45050102
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์	
สาขา	เคมีอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2548	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วันฉัตร ชื่นชม	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	คุณวรธรรม อุ่นจิตติชัย	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการทำแผ่นกากส้มอัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง ซึ่งเป็นการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำส้มคั้นมาเพิ่มมูลค่า อีกทั้งยังลดปริมาณขยะและมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมให้กับวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ ซึ่งกากส้มแห้งที่นำมาใช้มีปริมาณลิกนิน 7.59% และปริมาณแอลฟาเซลลูโลส 67.14% โดยน้ำหนักอบแห้ง ทำการเตรียมแผ่นกากส้มอัดที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาด 25×25×1 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยการนำกากส้มที่ตากแห้งแล้วมาเข้าเครื่องบดละเอียดและทำการร่อนแยกขนาด เลือกใช้กากส้มที่มีขนาด 5-60 เมช มาใช้ในการผลิต จากนั้นทำการขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีการอัดร้อนโดยใช้ความดันเท่ากับ 170 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที โดยใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde, UF) ปริมาณ 11% 13% และ 15% โดยน้ำหนักเทียบกับกากส้ม และกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง อัตราส่วน 90:10 และ 80:20 ปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก ทั้งที่มีและไม่มีกลูตารัลดีไฮด์ปริมาณ 2.5% และ 5.0% โดยน้ำหนักของกาวแป้งเป็นสารเชื่อมโยง นำแผ่นกากส้มอัดที่ได้มาทดสอบสมบัติต่างๆ คือ ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความต้านทานแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น การดูดซึมน้ำ และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ จากการทดลองพบว่า แผ่นกากส้มอัดผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% โดยน้ำหนักมีการยึดติดที่ดีและมีสมบัติดีที่สุด การใช้กาวผสมยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง ในอัตราส่วน 90:10 และ 80:20 นั้นให้แผ่นกากส้มอัดที่มีสมบัติใกล้เคียงกัน และการใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง ในอัตราส่วน 90:10 และ 80:20 ที่ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ ทำให้ได้แผ่นกากส้มอัดที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจากการใช้กาวผสมที่ไม่มีการผสมกลูตารัลดีไฮด์ลงไป ซึ่งปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ 5% โดยน้ำหนักของกาวแป้ง จะให้ค่าความแข็งแรงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Medium-density Boards from Orange Peels	
Student Name	Miss Kwanchanok Charoensuk	Code 45050078
	Miss Jutharat Meddee	Code 45050083
	Miss Tipwanee Titawong	Code 45050102
Department	Chemistry	
Program	Industrial Chemistry	
Academic Year	2005	
Special Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Vanchat Chuenchom	
Special Project Co-advisor	Mr.Woratham Oonjittichai	

Abtract

This research involved a study to manufacture medium-density boards from orange peels obtained from beverage industry in order to reduce organic waste and pollution. To prepare the boards, dried orange peels, which have 7.59% dry weight of lignin and 63.76% dry weight of α-cellulose, were first ground into small pieces using the hammer mill. Their particle sizes were selected by a sieve machine and the sizes of 5-60 mesh were used. They were compressed into boards with a density of 750 kg/m^3 and a dimensional size of 25 cm×25 cm×1 cm. Pressing conditions were the pressure at 170 kg/cm^2, temperature at 150 °C and time for 20 minutes. Urea formaldehyde (UF) was used as adhesive at 11% 13% and 15% by weight of dried orange peel. UF-starch adhesive with 90:10 and 80:20 ratios of UF to starch at 15% by weight were also used both with and without glutaraldehyde as crosslinking agent at 2.5% and 5.0% by weight of starch. The boards were tested for their properties including internal bonding (IB), modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), water absorption and thickness swelling. The results showed that orange peels boards using 15% of UF had the best adhesion and properties. The boards using UF-starch adhesive with 90:10 and 80:20 UF:starch ratios had the similar properties. The boards using UF-starch adhesive at UF:starch ratios of 90:10 and 80:20 with glutaraldehyde had better properties than those without glutaraldehyde. The most appropriate amount of glutaraldehyde used in this work was found to be 5% by weight of starch which gave the boards with the best properties.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี อันเนื่องมาจากได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำจากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่ายที่ทำให้โครงงานพิเศษนี้มีความสมบรูณ์ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษจึงขอกราบขอบพระคุณผู้ให้ความสนับสนุนดังรายนามต่อไปนี้

ผศ.ดร.วันฉัตร ชื่นชม ให้คำปรึกษา และเสียสละเวลาในการตรวจสอบแก้ไขเนื้อหารูปเล่ม อีกทั้งยังให้ความเชื่อมั่นในคณะผู้จัดทำ ซึ่งเป็นกำลังใจอันล้ำค่าอย่างยิ่ง

คุณวรธรรม อุ่นจิตติชัย นักวิชาการกรมป่าไม้ 8 งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในโครงงานพิเศษนี้ ที่ให้ทั้งความรู้และคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยที่กรมป่าไม้ รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ เครื่องมือและสารเคมี ซึ่งทำให้คณะผู้จัดทำระลึกถึงอยู่เสมอ

ผศ.ดร.สุภารัตน์ รักชลธี และรศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด ที่สละเวลาเพื่อเป็นคณะกรรมการในการสอบ ให้ความเอาใจใส่ในการตรวจแก้ไข และให้คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด

คณาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และความภาคภูมิใจ

เจ้าหน้าที่งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ โดยเฉพาะการทำงานกับเครื่องจักรที่มีความเสี่ยงต่ออันตราย และคำพูดที่ดูเหมือนเป็นคำธรรมดาแต่มีค่ามาโดยตลอด

เจ้าหน้าที่ ภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์และสารเคมี

คุณบุปผา อินทร์ประเสริฐ เจ้าของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำส้มเกล็ดหิมะโชกุน จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่อนุเคราะห์กากส้มซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในงานวิจัยนี้

บิดาและมารดา ผู้เป็นแรงบันดาลใจและให้กำลังใจอยู่เบื้องหลังเสมอ ไม่ว่าสิ่งนั้นจะประสบความสำเร็จหรือไม่ก็ตาม

เพื่อนๆ และพี่ๆ ที่คอยให้กำลังใจ รับฟังปัญหาต่างๆ มากมาย และเป็นพจนานุกรมที่แปลความหมายของคำว่าเพื่อนและมิตรภาพได้อย่างชัดเจน

นางสาวขวัญชนก เจริญสุข
นางสาวจุฑารัตน์ เม็ดดี
นางสาวทิพย์วาณี ติ๊ตาวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แผ่นชิ้นไม้อัด	3
2.2 ส้มแก้ว	5
2.3 แป้ง	6
2.4 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	9
2.5 กลูตารัลดีไฮด์	10
2.6 กรรมวิธีและขั้นตอนในการผลิตแผ่นกากส้มอัด	11
2.6.1 การเตรียมชิ้นไม้	12
2.6.2 การอบชิ้นไม้	13
2.6.3 การคัดแยกชิ้นไม้	13
2.6.4 การผสม	14
2.6.5 การเตรียมแผ่นก่อนอัด	16
2.6.6 กรรมวิธีการอัด	16
2.6.7 การตัดริม การปรับความชื้น และการตกแต่ง	18
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงและความคงขนาดของแผ่นกากส้มอัด	18
2.8 มาตรฐานอุตสาหกรรมและการกำหนดคุณภาพ	20
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี 25

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ 25

3.3 วิธีการทดลอง 26

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ 27

3.3.2 การเตรียมกาว 28

3.3.3 การผลิตแผ่นกากส้มอัด 29

3.3.4 การผสมและการพ่นกาว 31

3.3.5 การเตรียมแผ่นและการอัด 31

3.3.6 การตัดริม 32

3.3.7 การทดสอบ 32

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากส้มแห้งที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด 38

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณและขนาดอนุภาคกากส้มที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด 40

4.3 ผลของปริมาณสารยึดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อสมบัติของแผ่นกากส้มอัด 41

4.3.1 การศึกษาความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้ 42

4.3.2 การศึกษาความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้ 43

4.3.3 การศึกษาการดูดซึมน้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้ 44

4.3.4 การศึกษาการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้ 45

4.4 ผลของปริมาณแป้งในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด 46

4.4.1 การศึกษาความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้ 46

4.4.2 การศึกษาความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้ 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.3 การศึกษาการดูดซึมน้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้	48
4.4.4 การศึกษาการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้	49
4.5 ผลของปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด	50
4.5.1 การศึกษาความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้	51
4.5.2 การศึกษาความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้	52
4.5.3 การศึกษาการดูดซึมน้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้	53
4.5.4 การศึกษาการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้	55
4.6 การวิเคราะห์ต้นทุน	56
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	60
เอกสารอ้างอิง	61
ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้ชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 876-2532)	64
ภาคผนวก ข ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะทางกายภาพของส้มแก้ว 6

รูปที่ 2.2 โครงสร้างอไมโลส 7

รูปที่ 2.3 โครงสร้างอไมโลเพคติน 8

รูปที่ 2.4 โครงสร้างยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10

รูปที่ 2.5 โครงสร้างของกลูตารัลดีไฮด์และปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของกลูตารัลดีไฮด์ 11

รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตแผ่นกากส้มอัด 26

รูปที่ 3.2 เครื่องร่อนแยกขนาด 4 ระดับ 27

รูปที่ 3.3 เครื่องร่อนแยกขนาด 6 ระดับ 27

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความชื้น SARTORIUS 28

รูปที่ 3.5 อุปกรณ์สำหรับการผสมและพ่นกาว 31

รูปที่ 3.6 การผสมสารยึดกับกากส้มโดยการพ่น 31

รูปที่ 3.7 บล็อกแม่พิมพ์สำหรับโรยแผ่น 32

รูปที่ 3.8 เครื่องอัดร้อน 32

รูปที่ 3.9 เครื่องเลื่อยวงเดือน 32

รูปที่ 3.10 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 33

รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว 35

รูปที่ 3.12 การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น 35

รูปที่ 3.13 การทดสอบการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำ 37

รูปที่ 4.1 การวิเคราะห์การกระจายตัวของอนุภาคกากส้ม 41

รูปที่ 4.2 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัด
เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึด 42

รูปที่ 4.3 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์
เป็นสารยึด 43

รูปที่ 4.4 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์
เป็นสารยึด 43

รูปที่ 4.5 ร้อยละการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของแผ่นกากส้มอัด
เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึด 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.6 ร้อยละการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัด
เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึด 45
รูปที่ 4.7 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัด
เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก 46
รูปที่ 4.8 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นกากส้มอัดเมื่อใช้กาวผสม
ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก 47
รูปที่ 4.9 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสม
ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก 47
รูปที่ 4.10 ร้อยละการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของแผ่นกากส้มอัด
เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก 48
รูปที่ 4.11 ร้อยละการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสม
ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก 49
รูปที่ 4.12 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัด
เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก
ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 51
รูปที่ 4.13 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสม
ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 52
รูปที่ 4.14 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง
เป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 52
รูปที่ 4.15ร้อยละการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของแผ่นกากส้มอัด
เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก
อัตราส่วน 90:10 ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 53
รูปที่ 4.16 ร้อยละการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของแผ่นกากส้มอัด
เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก
อัตราส่วน 80:20 ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 54
รูปที่ 4.17 ร้อยละการพองตัวเมื่อแช่น้ำของ แผ่นกากส้มอัด
เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก
ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ลักษณะความหนาแน่นใช้จำแนกชนิดของชิ้นไม้อัด 3

ตารางที่ 2.2 แป้งชนิดต่างๆ 7

ตารางที่ 2.3 สมบัติต่างๆ ของกลูตารัลดีไฮด์ 11

ตารางที่ 2.4 สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นชิ้นไม้อัดแบบอัดแนวราบ 21

ตารางที่ 3.1 ชนิด ปริมาณและอัตราส่วนกาวสำหรับการเตรียมชิ้นงาน 29

ตารางที่ 3.2 สมบัติของแผ่นไม้และสภาวะที่กำหนดในการผลิตแผ่นกากส้มอัด 29

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากส้มแห้ง 39

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคกากส้มที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด 40

ตารางที่ 4.3 สมบัติต่างๆ ของแผ่นกากส้มอัดในการวิเคราะห์ต้นทุน 56

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแผ่นกากส้มอัด
เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึด 15% โดยน้ำหนัก 57

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง
อัตราส่วน 90:10 ที่ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 5% โดยน้ำหนัก
ของกาวแป้งในปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก เป็นสารยึด 57

ตารางที่4.6 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง
อัตราส่วน 80:20 ที่ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 5% โดยน้ำหนัก
ของกาวแป้ง ในปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก เป็นสารยึด 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ปัจจุบันนี้มีการนำเข้าแผ่นชิ้นไม้อัด (Particleboard) ที่ผลิตจากเศษไม้มาใช้งานต่างๆ เช่น ใช้ทำเป็นไส้ไม้ในการผลิตไม้อัด การผลิตประตูพื้นเรียบ ใช้ทำไม้พื้นประตู การทำเฟอร์นิเจอร์ ใช้ทำตู้เครื่องเสียงต่างๆ ที่ใช้ในอาคารบ้านเรือน หรือสำนักงาน บุฝาทำผนังกั้น หรือฉากกั้นห้อง กรรมวิธีแผ่นชิ้นไม้อัดได้วิวัฒนาการไปไกลมาก มีระบบต่างๆ มากมาย แต่ละระบบต่างมีกรรมวิธีที่ใช้ในการผลิตที่แตก ต่างกันออกไป แต่อย่างไรก็ตามกรรมวิธีต่างๆ นั้นมีขั้นตอนที่สำคัญๆ คล้ายคลึงกัน ไม่ว่าจะเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากไม้ หรือกากของผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ [1-2]

กากส้ม จัดว่าเป็นของทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำส้มคั้น ซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลภาวะด้านกลิ่นถ้าไม่มีการกำจัดอย่างถูกวิธี จากการสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับการกำจัดกากส้มของโรงงานอุตสาหรรม พบว่า มีเกษตรกรมาขอซื้อเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับการทำปุ๋ยชีวภาพและธูปหอม แต่วันที่ไม่มีการมารับซื้อ กากส้มเหล่านี้ประมาณร้อยละ 50 จะกลายเป็นขยะ ซึ่งส่งกลิ่นเหม็นเป็นปัญหามลภาวะดังที่กล่าวไว้ข้างต้น [3]

เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ลดปริมาณขยะและมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม โครงงานพิเศษนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาการนำกากส้มมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำแผ่นชิ้นไม้อัด โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde, UF) ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงและมีการยึดติดที่ดี โดยจะศึกษาผลของปริมาณกาวที่มีต่อสมบัติต่างๆ ของแผ่นไม้อัด นอกจากนี้ แม้ว่ากาว UF นั้นจะมีราคาถูก แต่เมื่อใช้ไปนานๆ จะเกิดการออกซิเดชันและปล่อยสารที่เป็นพิษออกมา ในงานวิจัยนี้จึงจะศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้กาวแป้ง (Starch adhesive) เพื่อลดปริมาณการใช้กาว UF ซึ่งจากงานวิจัยของ Syed H. Imam และคณะเป็นการศึกษาการทำกาวจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ [4] พบว่าเมื่อนำแป้งมาเชื่อมโยงด้วยเฮกซะเมทอกซีเมทิลเมลามีน (Hexamethoxymethylmelamine, Cymel® 323) แล้วสามารถใช้เป็นกาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจาก Cymel® 323 มีราคาแพง จึงเลือกใช้กลูตารัลดีไฮด์ (Glutaraldehyde) เป็นสารเชื่อมโยงสำหรับงานวิจัยนี้แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นกากส้มอัดโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

2. เพื่อศึกษาผลของปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ที่มีต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของแผ่นกากส้มอัด

3. เพื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งที่มีต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของแผ่นกากส้มอัด

4. เพื่อศึกษาผลของปริมาณสารเชื่อมโยงในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของแผ่นกากส้มอัด

1.3 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

1. นำวัตถุดิบกากส้มที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำส้มเกล็ดหิมะโชกุนมาอบแห้ง และบดละเอียดและทำการร่อนแยกขนาดอย่างหยาบผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ 4 ชั้น โดยเลือกอนุภาคกากส้มในชั้นที่ 2 และ 3 ซึ่งมีขนาดอยู่ในช่วง 5-60 เมช มาใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด

2. วิเคราะห์หาปริมาณและขนาดกากส้มที่ได้จากการร่อนในชั้นที่ 2 และ 3 โดยใช้ตะแกรงขนาดต่างๆ 6 ระดับ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากส้มแห้งที่ได้จากการร่อนในชั้นที่ 4

3. เตรียมแผ่นกากส้มอัดด้วยกรรมวิธีการอัดร้อน โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณ 11% 13% และ 15% น้ำหนักแห้งของกาวโดยน้ำหนักแห้งของกากส้ม

4. เตรียมแผ่นกากส้มอัดโดยใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง อัตราส่วนกาวยูเรียฟอร์มัล-ดีไฮด์ต่อกาวแป้งเท่ากับ 90:10 และ 80:20

5. เตรียมแผ่นกากส้มอัดโดยใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง อัตราส่วน 90:10 และ 80:20 และใช้กลูตารัลดีไฮด์เป็นสารเชื่อมโยงในแป้งปริมาณ 2.5% และ 5% โดยน้ำหนักของกาวแป้ง

6. ทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความต้านทานแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น การดูดซึมน้ำ และการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถผลิตแผ่นกากส้มอัด

2. สามารถลดต้นทุนในการผลิตแผ่นกากส้มอัด จากการลดปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

3. ลดปริมาณขยะและลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผ่นชิ้นไม้อัด

แผ่นชิ้นไม้อัด (Particleboard) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นทำจากชิ้นไม้ หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (lignocellosic materials) อื่น ๆ อัดในเครื่องอัดร้อนให้ยึดติดกันด้วยกาว ให้ทิศทางของแรงอัด ตั้งฉากกับระนาบของแผ่น การทำอาจทำเป็นแผ่น ๆ หรือทำต่อเนื่อง ชิ้นไม้ส่วนใหญ่นอนตัวขนานกับระนาบของแผ่น แผ่นไม้อัดอาจทำให้มีลักษณะโครงสร้างเป็นชั้นเดียว สามชั้น หลายชั้น หรือโครงสร้างที่มีชิ้นไม้ขนาดลดหลั่นกันก็ได้ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 500 ถึง 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [5]

จากการศึกษาพบว่า การทำแผ่นชิ้นไม้อัดมีการใช้ไม้หรือเศษวัสดุที่ให้เส้นใย ซึ่งประกอบด้วยไม้ประมาณ 90% กาว และสารเคลือบกันซึม แผ่นชิ้นไม้อัดคุณภาพดีนอกจากจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ทำเป็นไม้หรือวัสดุเส้นใยที่ทำเป็นไม้แล้วยังจะต้องมีการปรับปรุงให้เหมาะสม ในขั้นตอนการผลิตต้องใช้กาวและสารเคลือบกันซึมที่มีคุณภาพดีก็เป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการทำแผ่นชิ้นไม้อัด [6]

ชนิดของแผ่นใยไม้อัด [7]

การแบ่งแผ่นชิ้นไม้อัด แบ่งออกได้หลายชนิด แต่ละชนิดถูกเรียกชื่อแตกต่างกันไป สามารถสรุปหลักเกณฑ์ชนิดของแผ่นชิ้นไม้อัดได้ดังนี้

1. *ลักษณะความหนาแน่น* ใช้จำแนกชนิดของแผ่นชิ้นไม้อัดโดยดูจากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะความหนาแน่นใช้จำแนกชนิดของแผ่นชิ้นไม้อัด [7]

Type of Particleboard	Density (kg/m^3)		
	FAQ 1957	CS 236-66	มอก.876-2532
Low-density (insulating type)	250-400	590	-
Medium-density	400-800	590-800	500-800
High-density (Hardboard type)	810-1200	800	-

ที่มา : อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด หน้า 18 : 2541

2. *ลักษณะของชิ้นไม้ที่ผลิต* ชิ้นไม้ที่นำมาผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดมีลักษณะที่แตกต่างกัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรต่างกัน เช่น ชิปหรือชิ้นไม้สับ (chips) เกล็ด (flake) เกล็ดใหญ่ (wafer) แกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(strand) ขี้กบ (planer shaving) แท่ง (splinter silver) ฝอยไม้ (wood wool or exeelsior) เป็นต้น แผ่นชิ้นไม้อัดจะถูกเรียกชื่อตามชิ้นไม้นั้น ๆ เช่น Chipboard, Flake board และ Shaving board เป็นต้น

3. กรรมวิธีการผลิต ต้องนำชิ้นไม้ไปผสมตัวผสานและสารเติมแต่งอื่นๆ ก่อน แล้วนำไปทำเป็นแผ่นเตรียมอัด (form mat) เพื่อทำการอัดร้อน เราจะใช้แรงอัดในการอัดร้อน 2 ทิศทาง ในกรณีใช้แรงอัดทิศทางตั้งฉากกับระนาบของแผ่นเรียกแผ่นชิ้นไม้อัดนี้ว่า Flat-planet Pressed Particleboard หากใช้แรงอัดขนานกับระนาบความยาวของแผ่นเรียกแผ่นชิ้นไม้อัดนี้ว่า Extruded Particleboard เช่น แผ่น Kreibaum Process ซึ่งผลิตโดยประเทศเยอรมัน แผ่นนี้อัดออกมาตามแบบใช้ท่อล้อมกลางแผ่น ช่วยให้กาวแข็งตัวเร็ว มีรูปกลมยาวกลางแผ่นชิ้นไม้อัด

4. ลักษณะโครงสร้างของแผ่น แบ่งตามการกระจายตัวของขนาดชิ้นไม้ทางด้านความหนา มี 3 ชนิด คือ

(1) แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียว (Single layer or Homogeneous Particleboard) เป็นแผ่นชิ้นไม้อัด ที่มีขนาดและลักษณะเหมือนกัน มีส่วนผสมอย่างเดียวกัน

(2) แผ่นชิ้นไม้อัด 3 ชั้น (Three layer Particleboard) เป็นแผ่นชิ้นไม้ซึ่งในแต่ละชั้นประกอบด้วยขนาดของไม้และลักษณะของไม้ ตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกัน โดยปกติผิวหน้าและผิวหลังใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบาง ส่วนชั้นไส้ใช้ไม้ที่หยาบและใหญ่กว่า กาวที่ใช้ผสมในชั้นผิวหน้าและหลังมักมีมากกว่าในชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน

(3) แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่นกัน (Graduated Particleboard) เป็นแผ่นไม้อัดทำจากชิ้นไม้ขนาดแตกต่างกัน โครงสร้างโดยรวมของแผ่นไม้ ประกอบด้วยชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่และหยาบ อยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนาจากแนวกลางแผ่น ชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นเล็กไปหาผิวทั้งสองด้าน โดยไม่มีการแบ่งชั้น

5. ลักษณะการใช้ประโยชน์ จะถูกเรียกชื่อตามลักษณะการใช้ประโยชน์ ได้แก่

(1) แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้งานภายในอาคาร (Interior Particleboard) เป็นแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีการผลิตมาก ใช้กาวยูเรีย เมลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นตัวประสานชิ้นไม้ ใช้ในงานที่มีความคงทนปานกลาง อาทิ ผนังห้อง ฝ้าเพดาน และชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์

(2) แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้งานภายนอกอาคาร (Exterior Particleboard) มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมสูงใช้กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ กาวเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวไอโซไซยาเนต เป็นตัวประสานชิ้นไม้

(3) แผ่นชิ้นไม้อัดสำหรับปูรองพื้น (Particleboard floor Underlayment) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมจะต้องมีการขัดกระดาษทราย เพื่อให้มีความหนาแน่นสม่ำเสมอสามารถใช้วัสดุอื่นปูพื้นได้ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) แผ่นชิ้นไม้สำหรับเก็บเสียง (Acoustical Particleboard) เป็นแผ่นชิ้นไม้อัดที่กรุผนังหรือเพดาน เพื่อลดการสะท้อนเสียงในห้องลง โดยทำการประหรือเซาะร่องเป็นแบบต่างๆ เช่น Acoustical board เป็นต้น

6. แบ่งตามชื่อทางการค้า ตั้งขึ้นเพื่อการจัดจำหน่ายไม่ซ้ำกันป้องกันไม่ให้เกิดความสับสน

7. แบ่งตามลักษณะที่ปรากฏ ของแผ่นชิ้นไม้อัด เช่น แผ่นชิ้นไม้อัดเปลือยผิว แผ่นชิ้นไม้อัดปิดผิว แผ่นชิ้นไม้อัดเคลือบผิว เป็นต้น

รูปร่างชิ้นไม้อัดโดยทั่วไป ให้ค่าสมบัติของแผ่นแตกต่างกันไป การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดต้องคำนึงถึงสมบัติทางกายสมบัติ และกลสมบัติ โดยใช้ขนาดหรือรูปร่างของชิ้นไม้ต่างๆ ในการผลิตชั้นไส้ และชั้นผิว เช่น การใช้ชิ้นไม้ที่ยาวบนชั้นผิวของแผ่นชิ้นไม้อัด สามารถเพิ่มความแข็งแรงทางแรงดัดมากขึ้น แต่ผิวชิ้นแผ่นไม้อัดจะหยาบเป็นอุปสรรคต่อการตกแต่งผิว ทำนองเดียวกันหากต้องการคุณลักษณะของการตกแต่งผิวมากกว่าความแข็งแรงในการดัดแล้ว เราก็ใช้ชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กในชั้นผิวหน้า เพื่อให้ผิวเรียบขึ้น สรุปแล้ว ขนาดของชั้นไม้ และรูปร่างของชั้นไม้ตลอดจนการกระจายตัวของชิ้นไม้ ในแต่ละขนาดของความหนาแน่นมีอิทธิพลในการปรับปรุงสมบัติต่างๆ ของแผ่นชิ้นไม้อัดตามต้องการ

2.2 ส้มแก้ว [8]

ชื่อทางราชการ : ส้มแก้ว
ชื่ออื่นๆ : ส้มแก้วกลาย ส้มมะแง King orange
ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Citrus nobilis* Lour.
วงศ์ : RUTACEAE

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็ก สูง 2-8 เมตร ใบประกอบมีใบย่อยใบเดียว เรียงสลับ ใบย่อยรูปขอบขนานแกมวงรีหรือรูปไข่แกมใบหอก กว้าง 1.5-4 ซม. ยาว 3.5-8 ซม. โคนใบรูปลิ่มหรือมน ปลายใบมนหรือเว้าตื้น ก้านใบยาว 0.5-1.5 ซม. แผ่นเป็นครีมแคบ ๆ ดอกเดี่ยวหรือออกเป็นช่อกระจะดอก 2-4 ดอก ที่ซอกใบ กลีบเลี้ยง 5 กลีบ เชื่อมติดกันปลายแยกเป็นแฉกลึก รูปไข่ ผิวเกลี้ยง กลีบดอก 5 กลีบ รูปไข่แกมขอบขนาน กว้าง 2-3 มม. ยาว 7-10 มม. สีขาว เกสรตัวผู้ 18-23 อัน บางอันเชื่อมติดกันที่โคนเป็นมัด ส่วนใหญ่ไม่เชื่อมติดกัน อับเรณูรูปขอบขนานแกมวงรี ผลสดรูปกลมแป้น เส้นผ่านศูนย์กลาง 5-8 ซม. เปลือกบางและเหนียว ผิวมีต่อมน้ำมัน สีเขียวถึงเหลืองส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรรพคุณ

ผล บำรุงเสมหะ กัดฟอกเสมหะ แก้ไอ น้ำลายเหนียว บำรุงโลหิต แก้ฟันผุ เป็นยาระบายอ่อนๆ

เปลือกผล แก้ลมวิงเวียน หน้ามืด ตาลาย ใจสั่น แก้ลมท้องขึ้น อืดเฟ้อ รักษาโรคผมร่วง

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

ยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน ต้านแบคทีเรีย

รูปที่ 2.1 ลักษณะทางกายภาพของส้มแก้ว a) ลำต้น [9] และ b) ผลส้มที่ใช้ในงานวิจัย [3]

2.3 แป้ง [10]

แป้ง (Starch) เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติเป็นพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) มีปริมาณมาก คุณค่าและราคาไม่เปลี่ยนแปลง แป้งซึ่งเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซีหลายหมู่ (polymeric polyhydroxy compound) ใช้ผลิตกาว (adhesive)ได้ดีเยี่ยม เป็นสารตั้งต้น (substrates) ที่มีสมบัติเป็นสารที่มีขั้ว (polar) เช่น เซลลูโลส (cellulose) เหตุผลนี้โครงสร้างของแป้งจึงมีลักษณะเป็นไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) แป้งจึงว่องไวกับน้ำ (water-sensitive) และถูกรบกวนด้วยจุลินทรีย์ (microbial) อุปสรรคเหล่านี้สามารถควบคุมด้วยการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (chemical modification) หรือด้วยสารเติมแต่ง (additive) แป้งที่ใช้เป็นกาวในแต่ละประเทศจะแตกต่างกัน ในออสเตรเลียใช้แป้งสาลี (wheat starch) ในยุโรปใช้แป้งมันฝรั่ง (potato starch) ในลาตินอเมริกาใช้แป้งมันสำปะหลัง (tapioca starch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบ (composition)

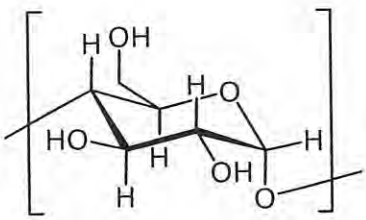
แป้งเกิดในราก (roots) และเมล็ด (seed) ของพืชตระกูลสูง โดยทั่วไปแป้งละลายในน้ำจะมีสีขาวเป็นเม็ดเล็ก ๆ มีความหนาแน่น 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิด คืออไมเลส (amylase) ที่เป็นสายโซ่ตรง และอไมโลเพคติน (amylopectin) ที่เป็นสายโซ่กิ่ง (branch chain) จะเกาะกันมีลักษณะเป็นเม็ด ซึ่งมีการจัดเรียงเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex) แป้งที่เป็นเม็ดจะไม่มีสมบัติเป็นกาว จึงต้องทำให้แห้งเกิดการกระจายเพิ่มขึ้น โดยให้ความร้อนที่เพียงพอโดยใช้ไอน้ำหรือเครื่องให้ความร้อน ถึงจุดหนึ่งจะเกิดการแตกหรือเป็นวุ้น และเป็นระดับการกระจายที่ยอมรับ ดังแสดงตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แป้งชนิดต่างๆ [10]

Starch	Corn	Wheat	Rice	Tapioca	Potato	Sago
Source	Seed	Seed	Seed	Root	Root	Root
Granule size in diameter microns	5-26	3-35	3-8	5-35	15-100	10-70
Gelatinization						
Temp. (°C)	62-72	58-64	68-78	49-70	59-68	60-67
Amylose (%)	28	25	19	20	25	26
Amylose (DP)	480	-	-	1050	850	-
Amylopectin (DP)	1450	-	-	1300	2000	-

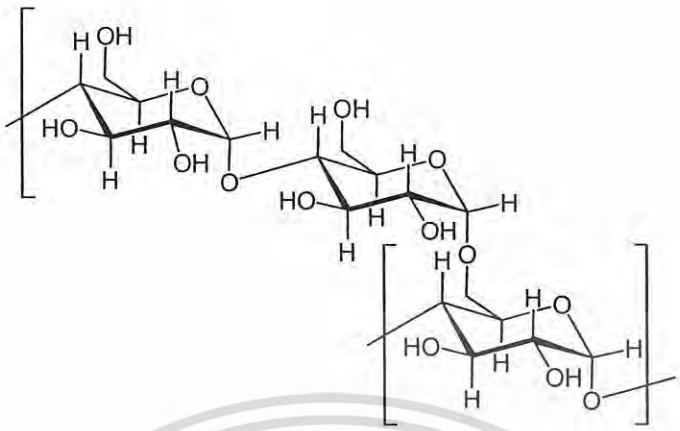
การเลือกแป้งมาใช้เป็นกาวจะต้องเลือกแป้งที่มีการไหล (flow) ที่ดี เช่น แป้งข้าวโพด, แป้งสาลี เป็นแป้งที่มาจากเมล็ด ส่วนแป้งที่มาจากราก เช่น แป้งมันฝรั่ง, แป้งมันสำปะหลัง และสาคู (sago) โดยทั่วไปแป้งประกอบด้วยอไมโลส 20-30% และอไมโลเพคติน 70-80%

ในสายที่มีสาขาของอไมโลเพคติน จะเชื่อมต่อกันด้วย (1-6)-alpha-D glucosidic linkage ส่วนโมเลกุลของอไมโลสจะเป็นสายที่ไม่มีสาขา



รูปที่ 2.2 โครงสร้างอไมโลส [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างอไมโลเพคติน [11]

สมบัติของแป้ง [12]

1. การดูดซับ การพองตัว และการละลาย

เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำจากบรรยากาศเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แป้งส่วนใหญ่เมื่อเกิดสมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้น 10-17 % จากการทดลองของ Leach (1965) [12] พบว่าแป้งมันสำปะหลังสามารถดูดซึมน้ำได้ในปริมาณ 42.9 กรัมต่อน้ำหนักแป้งแห้ง 100 กรัม

น้ำที่อยู่ในเม็ดแป้งมี 3 รูปแบบ คือ น้ำในผลึก น้ำในรูปของ Bound water และน้ำในรูปอิสระ (Free water) โดยมีการจับกับแป้งได้แน่นจากมากไปหาน้อยตามลำดับ และแป้งที่มีความชื้น 8-10% สามารถจับกับน้ำได้แน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นสูงกว่านี้ เนื่องจากเป็นการจับของน้ำกับหมู่ไฮดรอกซีที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของกลูโคสแต่ละหน่วยของแป้ง

เมื่อมีการให้ความร้อนแก่สารละลายแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัว และบางส่วนของแป้งจะละลายออกมา กำลังการพองตัวของแป้งจะแสดงเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ สำหรับความสามารถในการละลายนั้นแสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายได้ ซึ่งสมบัติทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้ง ได้แก่

1. ชนิดของแป้ง

แป้งจากส่วนรากหรือ Pitch เช่น แป้งมันสำปะหลัง มีการพองตัวเพียงชั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า แป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งธัญพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง

3. สิ่งเจือปนในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต

4. ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสภาวะที่เกิดการพองตัว

2. ความหนืด

เนื่องจากโมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซีอยู่จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีสมบัติชอบน้ำ (Hydrophillic) เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำและพองตัว ส่วนผสมน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของน้ำที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลงเม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้นทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเกิดเจล

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนพองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะมิโลสจะกระจัดกระจายออกมาให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัว โมเลกุลอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลเกิดเป็นร่างแห 3 มิติ เกิดโครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียวคล้ายฟิล์มหรือผลึกเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) หรือการคืนตัว (Setback)

2.4 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ [13]

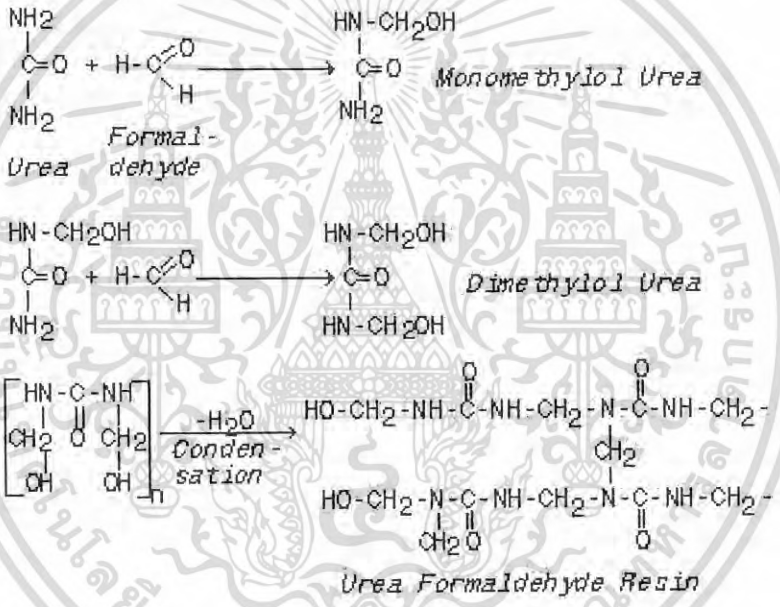
กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde) เป็นผลิตผลที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างก๊าซ 2 ชนิด คือ ก๊าซแอมโมเนีย กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สารที่ได้เมื่อทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์จะเกิดการรวมตัวทางเคมี condensation กับ Polymerization กลายเป็นกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งกาวนี้จะแข็งตัวในสภาพที่เป็นกรดและโดยการใช้ความร้อน สารที่ใช้เป็นตัวเร่ง (catalyst) ให้กาวแข็งตัวเร็วเป็นพวกเกลือของแอมโมเนียชนิดต่างๆ ซึ่งเกลือดังกล่าวจะทำปฏิกิริยาอย่างช้าๆ กับสารพวกฟอร์มัลดีไฮด์ และจะปลดปล่อยโมเลกุลของกรดชนิดต่างๆ เช่น กรดฟอร์มิคและกรดแอซิติกออกมาเป็นผลพลอยได้

กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ปรากฏอยู่ในแบบต่างๆ หลายแบบด้วยกันทั้งชนิดผง และเหลวที่มีลักษณะใส เมื่อแห้งจะไม่มีสีสามารถแข็งตัวได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้ได้ในการอัดร้อนและอัดเย็น นิยมใช้ผลิตไม้อัดต่อมามีการพัฒนาส่งผลให้สามารถระยะเวลาในการอัด โดยไม่ส่งผลเสียในการเคลื่อนย้ายและระยะเวลาในการเก็บกาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นกาวต้านทานความชื้น แต่มีความต้านทานที่ต่ำหากนำไปทิ้งไว้ในสภาพที่ต้องถูกแดดถูกฝนอยู่ตลอดเวลา หรือทิ้งไว้ในที่ที่มีความชื้นมาก มีความต้านทานต่อการนำไปแช่ในน้ำเย็นเป็นระยะเวลานาน ทนต่อการนำไปต้มในน้ำอุ่นในระยะเวลาจำกัด และมีความต้านทานต่อการทำลายโดยแมลงและเห็ดรา อายุของกาวสามารถเก็บไว้ได้นาน 3-6 เดือนในสภาพของเหลว 1-2 ปี สำหรับในสภาพผง กาวที่ผสมแล้วอายุนานถึง 48 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของฮาร์ดเด็นเนอร์ และส่วนผสมที่ใช้ เมื่อนำกาวมาผสมกับวัสดุแล้ว ต้องนำมาอัดภายใน 20 นาที กาวจะแข็งตัวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้เวลาหลายนาที (ขึ้นกับความหนา) สำหรับการอัดร้อน



รูปที่ 2.4 โครงสร้างยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ [14]

2.5 กลูตารัลดีไฮด์

กลูตารัลดีไฮด์ (Glutaraldehyde) เป็นสารโมเลกุลเล็กที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde) 2 หมู่ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของหมู่เมทิลีน (methylene) ในสายโซ่ กลูตารัลดีไฮด์เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องและผสมกันได้กับน้ำ แอลกอฮอล์ และเบนซีน กลูตารัลดีไฮด์มีศักยภาพในการเชื่อมโยงที่ดีกว่าฟอร์มัล-ดีไฮด์ เพราะว่าสามารถเกิดปฏิกิริยาผ่านหมู่แอลดีไฮด์ (-CHO) ทั้งสองด้าน และกลูตารัลดีไฮด์เป็นพอลิเมอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่า และศักยภาพในการเชื่อมโยงของกลูตารัลดีไฮด์จะมีมาก เมื่อเกิดการผสมกับหมู่อะมิโน [15]

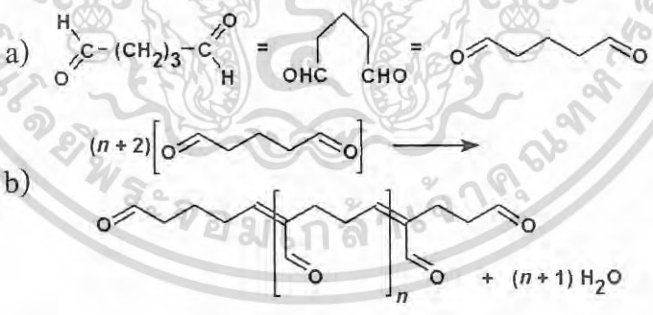
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สมบัติต่างๆ ของกลูตารัลดีไฮด์ [16]

สูตรทางเคมี	$C_5H_8O_2$
น้ำหนักโมเลกุล	100.117 amu
จุดหลอมเหลว	267 K (-6 °C)
จุดเดือด	374 K (101 °C)
ความสามารถในการละลาย	ผสมกันได้กับน้ำ แอลกอฮอล์ และเบนซีน
ความหนาแน่น	1.06×10^3 kg/m^3
ชื่อทางการค้า	Cidex and Cidex 7

สมบัติของกลูตารัลดีไฮด์ [17]

กลูตารัลดีไฮด์ เป็นของเหลวใสไม่มีสีและมีกลิ่นเหม็น และถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ทำให้อุปกรณ์ทางการแพทย์ปลอดเชื้อ ใช้ในการรักษาคุณภาพน้ำ ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษและการฟอกหนังให้นิ่ม โรงงานผลิตกาวและซีแลนท์ (sealants) หอหล่อเย็นทางชีวภาพ ใช้เป็นสารเชื่อมโยง และเป็นสารเคมีกันบูด แต่กลูตารัลดีไฮด์มีความเป็นพิษ หากสูดดมเข้าปอดหรือกลืนจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา จมูก คอ และเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ รวมทั้งอาจเป็นสาเหตุของโรคภูมิแพ้ทางผิวหนัง และปวดศีรษะ ดังนั้นจึงควรระมัดระวังในการนำไปใช้งาน



รูปที่ 2.5 a) โครงสร้างของกลูตารัลดีไฮด์ b) ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของกลูตารัลดีไฮด์ [15]

2.6 กรรมวิธีและขั้นตอนในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด [7]

การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดมีการผลิตอยู่ 2 ระบบ คือ การอัดแบนราบ (flat-planet) และระบบการอัดแบบกระทุ้ง (extrusion) ซึ่งในการอัดแบบกระทุ้งมีข้อจำกัดมากมาย เช่น ต้องเลือกวัสดุไม้ที่มีสมบัติง่ายต่อการลื่นไหลของแผ่นงาน ในขณะที่อัดทะลักออกมาจากดาย (die) นอกจากนี้ยังไม่สามารถผลิตแผ่นในลักษณะ 3 ชั้น ที่มีผิวหน้าละเอียดเหมือนแผ่นชิ้นไม้อัดแบบอัดราบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้หันมาพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ทางด้านการอัดแนวราบ

ขั้นตอนหลัก ๆ ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดราบ ประกอบด้วย

1) การเตรียมชิ้นไม้ (Particle Preparation)
2) การอบชิ้นไม้ (Particle Drying)
3) การคัดแยกชิ้นไม้ (Particle Classification)
4) การผสม (Blending)
5) การเตรียมแผ่นก่อนอัด (Mat Formation)
6) กรรมวิธีการอัด (Pressing Operation)
7) การตัดริม การปรับความชื้น และการตกแต่งผิว (Trimming, Conditioning and Finishing)

2.6.1 การเตรียมชิ้นไม้

ขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด คือ การตัดขนาดของไม้วัตถุดิบให้มีขนาดที่เหมาะสม ซึ่งจำเป็นจะต้องดูแลและศึกษาว่าเราต้องการแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีสมบัติอย่างไร ประเภทใด ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตนั้น มีมาจากแหล่งต่างๆ และมีรูปร่างต่างๆ กัน เช่น เศษไม้จากการไสกบ ชิป ไม้ท่อนกลม ไม้อัดที่เหลือจากการตัดริม เศษเปลือกไม้ และขี้เลื่อย เป็นต้น ซึ่งแต่ละโรงงานก็จะเลือกใช้ไม้เหล่านี้ไม่เกิน 2-3 แหล่ง เพื่อทำการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด ซึ่งจากการที่วัตถุดิบต่างๆ มีขนาดแตกต่างกัน จึงจำเป็นที่จะต้องมีขั้นตอนการผลิตชิ้นไม้ที่มีคุณภาพแตกต่างกันออกไปด้วย

วิธีหรือกระบวนการเตรียมชิ้นไม้มีด้วยกันหลายวิธี ซึ่งแบ่งออกตามลักษณะเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้การตัดทอน เช่น แบบตัดเฉือนด้วยใบมีด (knife) แบบตอกทุบ (hammer) แบบขัดสี (attrition units) การจะเลือกใช้การเตรียมชิ้นไม้แบบใดขึ้นกับวัตถุดิบที่ใช้ และชนิดของแผ่นชิ้นไม้อัด คุณภาพของชิ้นไม้ที่ได้จากแต่ละวิธี ประกอบด้วยความชื้นของวัตถุดิบ รูปร่างของวัตถุดิบ และคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้

หากต้องการให้ได้แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีความแข็งแรงสูง ผิวหน้าเรียบ และมีการพองตัวที่สม่ำเสมอ การผลิตชิ้นไม้ต้องได้ชิ้นไม้ที่เหมือนกัน (homogeneous material) มีสัดส่วนของความเหนียวสูง (ชิ้นไม้ที่ยาว บาง) ไม่มีชิ้นที่เกินขนาด ไม่มีฝุ่น หากพิจารณาในแง่ของกระบวนการผลิต ข้อกำหนดของชิ้นไม้ในอุดมคติก็จะแตกต่างกัน ในส่วนของแผ่นชิ้นไม้อัดแบบ 3 ชั้น ชิ้นไม้ชั้นไส้ควรจะยาวกว่าชิ้นไม้ที่ผิวที่สั้นกว่า บางกว่า และเล็กกว่า สำหรับแผ่นชิ้นไม้อัดแบบ 5 ชั้น หรือหลายชั้น ชิ้นไม้ที่อยู่ระหว่างชั้นผิวและไส้ ควรเป็นชิ้นไม้ที่ยาวและบาง เพื่อให้การโรยผิวหน้าด้วยชิ้นไม้ที่ละเอียดสามารถทำได้ง่าย และทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีแรงตัดและความเหนียวสูง สิ่งนี้มีความสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างยิ่งสำหรับชิ้นไม้ที่โรยผิวหน้าละเอียดไว้ทางด้านบน เพราะสามารถหล่นลงสู่แกน กลางก่อนจะทำการอัดได้ จะทำให้ได้แผ่นผิวที่หยาบแทนที่จะได้ผิวที่ราบเรียบ

2.6.2 การอบชิ้นไม้

ชิ้นไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด จะถูกอบแห้งให้ได้ความชื้นต่ำๆ อย่างสม่ำเสมอก่อนจะผสมกับกาว เครื่องอบที่ใช้ในอุตสาหกรรมนี้มีหลายประเภท ปัจจุบันนิยมใช้ เครื่องอบที่สามารถผ่านชิ้นไม้เข้าไปอย่างรวดเร็วในกระแสอากาศร้อนมากๆ และมีการหมุนเวียนอากาศอย่างรวดเร็วเพื่อลดระยะเวลาในการอบให้สั้นที่สุด การที่ความชื้นออกจากชิ้นไม้อย่างรวดเร็วยังสามารถป้องกันการลุกติดไฟของชิ้นไม้ที่อบนานๆ ชิ้นไม้จะแห้งเร็วจนมีความชื้น 3-5% (เทียบกับน้ำหนักอบแห้งของไม้) ตามต้องการด้วยเครื่องอบเชิงพาณิชย์ ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. แบบห้องอบหมุนได้ตามแนวราบ (horizontal rotating type)
2. แบบห้องอบอยู่กับที่ตามแนวราบ (horizontal fixed type)

ในการเปลี่ยนแปลงความชื้นของไม้ที่จะได้ออกมา สามารถทำได้โดยการกำหนดระยะเวลาของชิ้นไม้ที่อยู่ในเครื่องอบ และการปรับปริมาณเชื้อเพลิง แต่ควรหลีกเลี่ยงการใช้ชิ้นไม้เปียกก่อนอบที่มีความชื้นไม่สม่ำเสมอ หรือขึ้นลงอย่างรวดเร็ว

ส่วนการเลือกหาขนาดเครื่องอบใหญ่หรือเล็กเพียงใดขึ้นอยู่กับ

- ปริมาณของน้ำในชิ้นไม้ที่ต้องการระเหยออกไป
- ปริมาณของชิ้นไม้ที่ต้องการอบให้เพียงพอต่อการผลิต
- ลักษณะของขนาดและรูปร่างของชิ้นไม้ที่มีผลต่อความยาวของเครื่องอบในระหว่างอบ

2.6.3 การคัดแยกชิ้นไม้

ไม้ที่ได้จากการตัดทอนแปรรูปลดขนาดในตอนแรก จะมีทั้งขนาดเล็กและใหญ่ปนกันอยู่หลายๆ ขนาด จึงจำเป็นต้องทำการคัดแยกชิ้นไม้ออกให้มีความสม่ำเสมอ เพื่อให้แผ่นที่ได้มีโครงสร้างทางวิศวกรรม (Engineering Structure) ที่ดี โดยทั่วไปการคัดเลือกชิ้นไม้นิยมทำหลังการอบ เนื่องจากการอบและการเก็บในยุ้งเก็บมักจะมีชิ้นไม้แตกหักเสมอ แต่หากมีเครื่องอบ 2 เครื่องอบ สามารถแยกสายการผลิตชิ้นไม้หยาบและละเอียดได้ สามารถใช้ในการคัดขนาดชิ้นไม้ก่อนการอบได้และเป็นผลดีต่อการอบที่สามารถใช้พลังงานความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังทำให้ชิ้นไม้ที่อบได้มีความชื้นสม่ำเสมอ ซึ่งจะช่วยในขั้นตอนการผสมกาวและการอัดมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

การคัดแยกชิ้นไม้มีด้วยกัน 3 วิธี คือ

- การร่อน (screening) เป็นการคัดแยกตามขนาดของชิ้นไม้ (size)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การคัดแยกโดยอากาศ (air classification) เป็นการคัดแยกตามน้ำหนักพื้นผิว (surface-to-weight) ของชิ้นไม้
- การร่อนผสมด้วยการคัดแยกด้วยอากาศ

การร่อน หมายถึง การนำเอาชิ้นไม้ไปผ่านบนตะแกรงที่มีขนาดช่องตะแกรงตามกำหนด โดยชิ้นไม้ที่มีขนาดไม่ได้ตามความต้องการจะหลุดตะแกรงไป การร่อนมีลักษณะของการร่อนมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ แบบสั่น (vibration) และแบบเขย่า (shaking) หลักการในการพิจารณาในการเลือกใช้งานแต่ละแบบ ต้องพิจารณาจากความต้องการในการคัดแยกชิ้นไม้ 2 กรณี คือ ประสิทธิภาพ (efficiency) และกำลังความสามารถในการร่อน (capacity) ว่าต้องการร่อนชิ้นไม้ที่ป้อนเข้าไปในเครื่องเป็นปริมาณมากๆ หรือต้องการได้ปริมาณของชิ้นไม้ที่มีขนาดต้องการในสายการผลิตมากที่สุดเมื่อเทียบกับจำนวนชิ้นไม้ที่ป้อนเข้าไปในเครื่องร่อน โดยมีปัจจัยหลายๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการร่อน ได้แก่ ความหนาของชิ้นไม้ทั้งกอง (bulk density) รูปร่างชิ้นไม้ (particle sharp) ความชื้นของชิ้นไม้ (moisture content) อัตราการป้อนชิ้นไม้เข้าเครื่องร่อน (feed rate) ระยะเวลาในการร่อน (retention time) ลักษณะพื้นผิวของตะแกรงร่อน (screening surface) และความถี่รวมทั้งช่องว่างของการร่อน (frequency and amplitude of screening)

2.6.4 การผสม

เป็นการรวมกาว ขี้ผึ้ง และสารผสมชนิดอื่นๆ กับชิ้นไม้แห้ง เรียกว่า การผสมคลุกเคล้า (blending) ทำโดยการสเปรย์กาว น้ำ และขี้ผึ้งอิมัลชันลงไปบนชิ้นไม้ ขณะที่เคลื่อนผ่านอยู่ใน เครื่องคลุกเคล้า ซึ่งจะพบว่าชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวมากกว่าชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่เมื่อเทียบเป็นสัดส่วนน้ำหนักกับชิ้นไม้ที่ใหญ่กว่า ทำให้ชิ้นไม้ที่เล็กกว่ามีปริมาณกาวที่มากกว่า จึงจำเป็นต้องได้รับกาวในระดับปริมาณที่มากกว่าเมื่อใช้กาวที่คำนวณเป็นน้ำหนักต่อชิ้นไม้ และในการโรยแผ่นเตรียมอัด (mat forming) จะใช้ชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กเป็นผิวหน้าของแผ่นชิ้นไม้อัด เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของผิวหน้าและความเรียบของแผ่น ดังนั้นชิ้นไม้ซึ่งมีขนาดเล็กจึงต้องใช้ปริมาณกาวมากกว่าชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีพื้นที่ผิวมากกว่า

การพ่นกาวหรือการผสมกาวคลุกกับชิ้นไม้เป็นขั้นตอนที่สำคัญ และเป็นขั้นตอนที่สามารถจะกำหนดได้ว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จะมีคุณภาพเป็นอย่างไร เช่น การกระจายกาวที่ไม่สม่ำเสมออาจส่งผลให้บางจุดมีการยึดติดที่ต่ำ ได้ไม้ที่มีคุณภาพไม่แข็งแรง เป็นต้น ดังนั้นหากเป็นไปได้จึงควรมีการกระจายกาวที่เป็นระบบที่ดี หรือมีการใช้เครื่องวัดที่ดีสำหรับหาปริมาณของกาวและการไหลของชิ้นไม้ที่จะส่งผ่านไปยังเครื่องคลุกเคล้าต่อไปนั้น ได้การผสมที่มีความเหมาะสมที่สุด

ปัจจัยต่างๆ ที่ควรพิจารณาในระหว่างการใช้กาวทั้งก่อนผสมและหลังผสมกับชิ้นไม้ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปัจจัยที่ควรพิจารณาก่อนการผสมกาวกับชิ้นไม้

1.1 ความหนาของชิ้นไม้ที่สม่ำเสมอ จำเป็นต่อการหาปริมาณกาวในแผ่นชิ้นไม้อัด

1.2 ลดความแปรผันของขนาดรูปร่างชิ้นไม้ให้เป็นรูปแบบเดียว

1.3 พื้นผิวของชิ้นไม้ ควรมีคุณภาพดี เพื่อให้กาวเกาะติดอยู่บนผิว และแพร่กระจายได้ดี

1.4 ควบคุมปริมาณความชื้นให้แปรผันให้น้อยที่สุด ลดการไหลของกาว และหลีกเลี่ยงการระเบิดหรือการโป่งพองในแผ่นที่อัดแล้ว

1.5 เลือกกาวเรซินให้เหมาะสมและปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการ

1.6 การเคลือบผิวด้วยขี้ผึ้ง (wax sizing) ควรมุ่งไปที่หน้าที่หลักของการเคลือบหรือฉาบนี้ว่าเพื่อช่วยให้กาวกระจายทั่วชิ้นไม้ (resin distribution) และแพร่ไปบนพื้นผิวได้ดี (resin dispersion) โดยเฉพาะการผสมกาวโดยใช้กาวในรูปผง

1.7 ป้องกันกาวเรซินให้อยู่สภาพที่ดี หลีกเลี่ยงสภาวะต่างๆ ที่มีผลเสียต่อกาวในระหว่างการเก็บและการเคลื่อนย้าย

1.8 คอยระมัดระวังการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกาวและขี้ผึ้ง

2. ปัจจัยที่ควรพิจารณาระหว่างการผสมกาวกับชิ้นไม้

2.1 ศึกษาการแพร่กระจายกาวให้ทั่วชิ้นไม้ทั้งกอง โดยพิจารณาจากชนิดของเครื่อง (type of blender), อัตราความเร็วในการหมุน (rotation speed), ระยะเวลาที่เหมาะสมในการคลุกเคล้า (optimum dwell time) และอัตราการป้อนชิ้นไม้ลงไปผสม (feed rate of furnish)

2.2 ระบบการชั่งตวงวัด (metering system) สำหรับไม้ กาว และสารเติมแต่งควรมีความเที่ยงตรงและไว้ใจได้ เพื่อจะได้ป้อนหรือไหลเข้าสู่ ขบวนการผลิตได้อย่างพร้อมเพรียง

2.3 ระหว่างการผสมในขบวนการผลิต กำจัดการเกิดช่องว่าง และความไม่แน่นอน (มากบ้างน้อยบ้าง) ในระหว่างการไหลหรือการป้อนไม้ กาว และขี้ผึ้ง

3. ปัจจัยที่ควรพิจารณาหลังการผสมกาว

3.1 หลีกเลี่ยงปัจจัยต่างๆ ที่อาจเป็นสาเหตุทำให้กาวบนชิ้นไม้ที่ผสมแล้วได้รับการสั่นสะเทือนหลุดออกน้อยลงไป หรือเกิดการเกาะรวมกันเป็นก้อนระหว่างการส่งสายพานหรือการโรยแผ่น

3.2 ปกป้องกาวจากการเกิดการแข็งตัวก่อน (pre-cure) ระหว่างการป้อนเข้าอัดหรือในระหว่างการอัด

ในหลักการของการพัฒนาคุณภาพของแผ่นชิ้นไม้อัด การแยกสารเติมแต่งอื่น เช่น สารกันน้ำ และสารป้องกันและรักษาเนื้อไม้กับชิ้นไม้โดยตรงไม่รวมกับกาวเป็นสิ่งที่ดี เนื่องจากทำให้สารเติมแต่งและกาวแสดงสมบัติทางเคมีของแต่ละชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่ใน ทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิบัติผู้ประกอบการอุตสาหกรรมกลับพบว่า การรวมกาวกับสารเติมแต่ง แล้วกวนให้เข้ากันดีก่อนแล้วจึงผสมกับชิ้นไม้ มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ การลงทุนทางเครื่องมือที่ต่ำกว่า ความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานของบุคคลมีน้อยลง และการบำรุงรักษาจะมีค่าน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดปริมาณของส่วนผสมของสารเติมแต่งแต่ละชนิดเข้าด้วยกัน ต้องระมัดระวังให้เกิดความถูกต้องเช่นเดียวกันการตรวจวัดที่หัวพ่น หากเทียบถึงการคล่องตัว (Flexibility) ในการปรับหรือลดปริมาณสารเคมีที่จะใช้ในการปรับเปลี่ยนสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดในแต่ละครั้งของการผลิตนั้น การแยกผสมมีความคล่องตัวมากกว่าการรวมผสม ดังนั้นผู้ควบคุมการผสมกาวกับสารเติมแต่งจึงต้องมีการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องด้วยความรอบคอบ

2.6.5 การเตรียมแผ่นก่อนอัด

เป็นขั้นตอนการโรยชิ้นไม้ที่ผ่านการผสมกาว และสารผสมอื่นๆ ลงบนแม่พิมพ์ก่อนนำไปอัดต้องให้มีความสม่ำเสมอ (uniformity) ตลอดทั่วทั้งแผ่น เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับกระบวนการผลิต หากแผ่นที่มีการโรยชิ้นไม้มีการกระจายที่ไม่สม่ำเสมอของชิ้นไม้ จะมีผลต่อสมบัติให้เกิดความผันผวนขึ้นได้ ความหนาแน่นภายในแผ่นก็จะไม่เท่ากัน ผันผวนเป็นวงกว้าง และจะเกิดการคืนตัวทางความหนา (thickness spring back) ที่มากเกินไปในบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงกว่า นอกจากนี้การโรยแผ่นที่ไม่สม่ำเสมอกัน ก็ยังก่อให้เกิดการโค้งงอหรือบิดตัวของแผ่นได้และอาจทำให้เกิดความเสียหายในขณะที่ทำการอัดร้อนด้วย

2.6.6 กรรมวิธีการอัด

วิธีให้ความร้อนแก่แผ่นวัสดุที่นิยมกันมากก็คือ กดให้แผ่นความร้อนไปสัมผัสกับผิวหน้าของแผ่น ความร้อนจะไหลจากแผ่นไปยังผิวของแผ่นวัสดุ และไหลเข้าไปภายใน โดยทั่วไปอัตราการกดของแผ่นความร้อน จะขึ้นอยู่กับความดันตอนแรก ถ้าความดันตอนแรกสูงจะต้องให้แท่นกดไปยัง stop หรือความหนาที่ต้องการเร็วกว่าแผ่นที่มีความดันตอนแรกต่ำกว่า ความเร็วในการกดนิยมบอกเป็นเวลาที่กดลงจนถึง stop ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้น้อยที่สุด ก่อนที่จะเกิดการอัดอย่างสมบูรณ์ เวลาที่ใช้นี้จะไม่ใช่เวลาที่ใช้กด เป็นขั้นตอนที่พิจารณาถึงระยะเวลาในการอัด สภาวะในการอัดที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพและใช้ระยะเวลาในการอัดให้สั้นที่สุด เร็วที่สุด

กาวแต่ละชนิดจะมีการแข็งตัวแตกต่างกัน เช่น กาวยูเรีย ใช้อุณหภูมิในการอัดรา 143 องศาเซลเซียส เป็นต้น ชนิดของไม้ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทำให้แผ่นเกิดความแข็งตัวชนิดไม้ที่ง่ายต่อการอัด (easy to compress) ใช้แรงอัดในการทำให้แข็งตัวต่ำกว่าชนิดยากต่อการอัด

ปริมาณความชื้นของแผ่นก่อนเตรียมการอัดก็เป็นสิ่งสำคัญต่อการอัดเป็นอย่างมาก ความชื้นที่มากเกินไปจะไปขัดขวางการยึดติดของไม้ 2 ชิ้น อัตราส่วนใหญ่จะเชื่อมยึดติดที่ความชื้นประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2-18% ที่ความชื้นสูงๆ ก็ต้องใช้เวลาในการอัดนาน และที่ปริมาณความชื้นต่ำๆ ก็มีปัญหาที่ยากต่อการอัดให้ได้ความหนาแน่นตามที่ต้องการ หากเป็นแผ่นชิ้นขนาดใหญ่ปริมาณความชื้นของแผ่นเตรียมอัดควรอยู่ระหว่าง 7-10% และโดยทั่วไปปริมาณความชื้นจะอยู่ที่ 7-10%

ลักษณะการกระจายความหนาแน่น ลดหลั่นทางด้านหน้าตัด (density profile) เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด ลักษณะการกระจายความหนาแน่นทางด้านหน้าตัด แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตส่วนใหญ่มีลักษณะที่ความหนาแน่นของผิวสูงกว่าความหนาแน่นในชั้นไส้ ดังนั้นสมบัติของแผ่นในลักษณะนี้จะให้สมบัติทางด้านแรงตัดและความแข็งตึงที่สูงขึ้น แต่แรงยึดเหนี่ยวภายใน (internal bond) จะลดลง แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีสมบัติข้างต้นนี้ เกิดจากการใช้ระยะเวลาในการปิดแท่นอัด (press closing time) ที่เร็วเกินไปเป็นสาเหตุ การอัดที่สูงขึ้นก็จะช่วยเพิ่มความหนาแน่นของชั้นไส้ให้สูงขึ้นได้ แต่ก็ทำให้ความหนาแน่นชั้นผิวลดลงได้ เนื่องจากคลื่นความร้อนจะเคลื่อนที่เข้าสู่ชั้นไส้ได้เร็วขึ้น

ผิวหน้าของแผ่นเตรียมอัด จะได้รับความร้อนอย่างรวดเร็วให้มีอุณหภูมิเท่ากับแท่นอัดขณะร้อน น้ำที่อยู่ในชั้นไม้ที่ผิวหน้าของแผ่นจะกลายเป็นไอ และเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณที่เย็นกว่าของแผ่น ซึ่งก็คือชิ้นไม้บริเวณชั้นไส้ของแผ่น ทำให้อุณหภูมิของแผ่นเพิ่มขึ้นเร็วกว่าการรับความร้อนจากแท่นอัดผ่านมายังไม้ธรรมดา อย่างไรก็ตามการอัดก็มักจะอัดแผ่นจนได้รับความหนาที่กำหนดก่อนที่แผ่นจะได้รับความร้อนสมบูรณ์ อีกทั้งความแข็งแรงในการต้านแรงอัดของไม้ที่ได้จากการผลิต (compressive strength) ก็จะต่ำลงอย่างมาก เมื่ออุณหภูมิของไม้ที่สูงขึ้น ดังนั้นแผ่นไม้ถูกกดอัดเสียรูปได้ ในลักษณะเช่นนี้แผ่นจะถูกกดอัดจนได้ความหนาตามที่ต้องการก่อนที่ความร้อนจะถึงชั้นไส้ของแผ่น จึงทำให้เกิดความลดหลั่นของความหนาแน่น ทางด้านแนวตั้งของแผ่นชิ้นไม้อัด (vertical density gradient or density profile) ในทิศทางด้านความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดที่เกิดในแนวราบนี้ ความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตได้ จึงเป็นค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นที่สูงในบริเวณชั้นผิว และความหนาแน่นที่ต่ำในบริเวณของชั้นไส้ของแผ่น จากความแตกต่างของความหนาแน่นนี้เป็นผลให้ความต้านทานแรงเฉือน และความแข็งแรงทางด้านแรงดึงในบริเวณชั้นไส้ลดต่ำลง ความลดหลั่นของความหนาแน่นทางแนวตั้ง (vertical density gradient or density) ของแผ่นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการปรับอัตราเร็วในการเคลื่อนปิดแท่นอัด แต่อย่างไรก็ตามการใช้ระยะเวลาในการปิดแท่นอัดที่นานเกินไป อาจทำให้เกิดผลเสียทำให้กาวบนชิ้นไม้บริเวณชั้นผิวหน้าของแผ่นแข็งตัวก่อนจะเกิดการติดกันระหว่างชิ้นไม้ (interparticle contact) อย่างพอเพียง ลักษณะเช่นนี้มักจะเรียกว่า ชั้นผิวหน้าเกิดการแข็งตัวก่อน (procure)

อย่างไรก็ตามในท้ายสุดอุณหภูมิของชั้นไส้ก็จะเพิ่มขึ้นกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งก็จะเปลี่ยนให้น้ำกลายเป็นไอ ซึ่งไอน้ำนี้ก็ต้องพยายามหนีออกจากแผ่นไม้ระหว่างการอัด หากระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

107731

เวลาในการอัดไม่เพียงพอให้น้ำหนีออกไป แผ่นก็จะเกิดการแยกชั้น เนื่องจากการอัดร้อนจะถูกเปิดและไอน้ำเหล่านี้ก็จะพุ่งออกมาอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้น้ำยังขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น (condensation polymerization) ของกาว จำกัดอัตราความเร็วในการแข็งตัว และทำให้ระยะเวลาในการอัดยาวนานขึ้น เพราะฉะนั้นนอกจากความชื้นในแผ่นเตรียมอัดจะช่วยให้ความร้อนถ่ายเทไปชั้นไส้ได้ แต่ก็เป็นผลให้เกิดการจำกัดการแข็งตัวของกาว และยังเป็นแหล่งที่มีศักยภาพทำให้เกิดการแยกชั้น (delamination) บริเวณตรงกลางของแผ่นได้ด้วย การปรับให้ความชื้นของชั้นผิวหน้าของแผ่นสูงๆ เพื่อช่วยพาความร้อนไปยังชิ้นไม้ แต่ก็ต้องลดความร้อนของชั้นไส้ของแผ่นก่อนอัดให้ต่ำๆ ไว้ เพื่อลดระยะเวลาในการอัดลง

2.6.7 การตัดริม การปรับความชื้น และการตกแต่งผิว

เมื่อแผ่นชิ้นไม้อัดค่อยๆ เย็นตัวลงหลังจากการอัดร้อนแล้ว เป็นการปรับสภาพความชื้นในอุณหภูมิของห้องปกติ ทำการตัดขอบด้วยเครื่องตัดริม แล้วกองเรียงแผ่นชิ้นไม้อัดไว้ในที่ที่มีอากาศถ่ายเทสะดวกและป้องกันมิให้เกิดการบิดงอ การขัดผิว (sanding) ไม่นิยมกระทำในขณะที่แผ่นยังร้อนควรให้แผ่นเย็นได้เท่ากับอุณหภูมิห้องเช่นเดียวกัน และไม่ควรเก็บไว้ในที่ที่มีอากาศร้อนเกินไปเป็นเวลานานๆ จะทำให้สมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดเสื่อมคุณภาพได้

การตกแต่งผิวแผ่นชิ้นไม้อัด (Board Finishing) เราสามารถกระทำได้ 3 วิธี คือ

1) การปฏิบัติทางกล (Mechanical operations of treatments) การตกแต่งวิธีนี้ได้แก่ การตัดขนาดต่างๆ การเซาะร่อง การเจาะรูต่างๆ เป็นต้น

2) การทาสีและการใช้กระดาษอาบน้ำยาเคมีปะหน้า (Application of finishing or overlays) เช่น การลงพื้น ทาสี ลงชักเงา ใช้กระดาษพลาสติกปะหน้า ไม้บางปะหน้า หรือใช้แผ่นโลหะปะหน้า เป็นต้น

3) ใช้อาบสารเคมีและอบความร้อน (Chemical and heat treatment) เช่น ใช้อาบน้ำมัน (oil treatment) ใช้อบอุณหภูมิ นาน 2-3 ชั่วโมง เป็นต้น

2.7 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงและความคงขนาดของแผ่นชิ้นไม้อัด [7]

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด ได้แก่

1. ชนิดของไม้ (species of wood) ว่าเป็นชนิดใด เช่น ไม้ใบแคบ ไม้ใบกว้าง หรือไม้ที่นิยมกันในเชิงพาณิชย์ ไม้เนื้ออ่อนหรือไม้เนื้อแข็ง ไม้พื้นเมืองหรือไม้นำเข้า การผสมกันระหว่าง 2 หรือมากกว่า 2 ชนิดไม้ โครงสร้างไฟเบอร์ (fiber structure) ความหนาของไม้ (density of woods) ความแข็ง (hardness) ความสามารถในการบีบอัด (compressibility)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รูปทรงและขนาดของไม้วัตถุดิบ (form and size of raw wood) ว่าเป็นลักษณะไหน เช่น ไม้ท่อน (logs) ปีกไม้ (slabs) เศษไม้ ไม้ขอบ ไม้ตัดริม ขี้กบ (planer shaving) เศษเหลือไม้บาง (veneer wastes or scraps) และไส้ไม้ที่เหลือจากการปอกไม้บาง (peeler cores) ผลกระทบของขนาดของชิ้นไม้ และรูปร่างต่อการพองตัวความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด พบว่าเสถียรภาพความหนาดีขึ้น เมื่อใช้ชิ้นไม้ที่บางไปลดช่องว่างภายใน ผลคือการพองความหนาจะน้อยลง

3. ไม้ติดเปลือก หรือลอกเปลือกออก (wood with bark or debarked wood)

4. วัสดุที่ไม่ใช้ไม้ แต่เป็นวัสดุที่ให้เส้นใยลิกโนเซลลูโลส เช่น ปอ (flax shives) ชานอ้อย (baggasse) และพืชผลทางการเกษตรอื่นๆ

5. ชนิดและขนาดของชิ้นไม้ (type and size of particle) เช่น ชิ้นไม้ที่ได้จากการตัดชิ้นไม้ที่ได้จากการทำแตกเป็นส่วนๆ (disintegrated) ชิ้นไม้ที่ได้จากการบดหรือฝน (ground particle) และผง (dust) ของชิ้นไม้และพื้นที่ผิวของเฟลค

6. วิธีการอบชิ้นไม้ (method of particles drying) เช่น ความชื้นต่ำสุดที่เหลืออยู่ในชิ้นไม้ อุณหภูมิ ระยะเวลาในการอบ ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญในการควบคุมปฏิกิริยาของกาว เนื่องจากความร้อนจะถ่ายเทจากแผ่นความร้อนไปยังแกนกลางของแผ่นยิ่งเวลากดมากขึ้น อุณหภูมิที่แกนกลางก็มากขึ้นด้วย และยิ่งทำให้การบ่มตัวมากขึ้น และความชื้นที่ไหลไปยังแกนกลางก็นำความร้อนไปด้วย

7. การร่อนและการแยกไม้ (particles screening and separating) ควรแสดงการกระจายขนาดในรูปเส้นโค้งความถี่

8. ชนิดและปริมาณของตัวประสาน (type and amount of binding agent) เช่น กาวยูเรียฟอร์-มัลดีไฮด์ หรือกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ส่วนปริมาณมักแสดงเป็นสัดส่วนน้ำหนักเนื้อกาวต่อน้ำหนักชิ้นไม้อบแห้ง นอกจากตัวประสานก็ยังต้องคำนึงถึงการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) สารเพิ่ม (extenders) สารอุดรู (filler) และสารเติมแต่งอื่นๆ เช่น สารกันน้ำ (water repellent) สารกันเชื้อรา แมลง (fungicides, insecticides) สารหน่วงไฟ (fire retardants)

9. วิธีการฟอร์มแผ่นหรือการกระจายชิ้นไม้ (particles spreading) และโครงสร้างของแผ่นชิ้นไม้อัด (structure of particleboard) เช่น ชั้นเดียว (uni-layer) หลายชั้น (multilayer) แผ่นชั้นลดหลั่น (graded board) การเรียงตัวของชิ้นไม้ (particle orientation)

10. การเพิ่มความชื้นของชิ้นไม้ก่อนการอัดเพื่อให้เกิด steam shock (moisture of particle prior to pressing) ความชื้นของแผ่นขั้นสุดท้ายหลังการอัด (final moisture content of board) ซึ่งได้แก่ ความชื้นเฉลี่ยและการลดหลั่นความชื้นภายในแผ่น (average and moisture gradient) และการปรับสภาวะของแผ่น (conditioning)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. สภาวะการแข็งตัวของกาวและขั้นตอนการอัด ได้แก่ อุณหภูมิ แรงอัด ระยะเวลาในการอัดร้อน หน้าที่ของแผ่นกดความร้อนในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด คือการอัดให้เป็นแผ่นตามความหนาที่ต้องการ และทำให้กาวเกิดการยึดตัว (polymerization) ระหว่างเนื้อวัสดุเป็น Cross-linked solid polymer ซึ่งจะยึดให้แผ่นคงรูปนี้ได้หลังจากเอาแรงกดออก เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาง่ายขึ้น และใช้เวลาที่เหมาะสมในการผลิต

12. ความหนาแน่นของแผ่น ผลกระทบของความหนาแน่นของแผ่น ต่อการพองความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมของการคืนตัว ความหนาแน่นของแผ่นวัสดุที่สูงจะมีแรงอัดตัวมากกว่าแผ่นวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า เมื่อทำจากไม้ชนิดเดียวกัน ดังนั้นการพองความหนาจะเพิ่มขึ้น แต่ก็มีนักวิจัยบางท่านพบว่าไม่มีการเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงในการพองความหนา เมื่อความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดเพิ่มขึ้น

13. ปริมาณทรายในแผ่นชิ้นไม้อัด (sand content of particleboard) ซึ่งเป็นผลเสียในการลดประสิทธิภาพการแปรรูปด้วยเครื่องจักรต่างๆ

14. คุณภาพของผิวหน้า (surface quality) เช่น ความละเอียด ความหยาบ การเป็นคลื่น และสมบัติในการขัดกระดาษทราย

15. การรองพื้น (priming) การเคลือบวานิชหรือแลคเกอร์

16. การทำประสาน (Lamination) การปะหน้าด้วยไม้บาง (veneering) การปะหรือตกแต่งผิวหน้า (overlaying)

2.8 มาตรฐานอุตสาหกรรมและการกำหนดคุณภาพ [5]

มาตรฐานอุตสาหกรรมและการกำหนดคุณภาพ (Standard Requirements) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Industrial Standard) สำหรับในแต่ละประเทศนั้นมีการกำหนดที่คล้ายกันจะต่างกันที่เพียงค่าสูงสุด-ต่ำสุดที่แต่ละประเทศได้กำหนดไว้ โดยอาจดูจาก สมบัติของไม้ และแผ่นปาร์ติเกิลของแต่ละประเทศ สมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของแผ่นชิ้นไม้อัดแนวราบ ที่ได้ตรวจสอบเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 876-2532 และสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นชิ้นไม้อัดแบบอัดแนวราบ [5]

ลำดับที่	สมบัติ	เกณฑ์ที่กำหนด		
		ความหนามิลลิเมตร		
		3-6	เกิน 6 ถึง 19	เกิน 19 ถึง 50
1	การดูดซึม ร้อยละไม่เกิน			
	- 2 ชั่วโมง	40	40	40
	- 24 ชั่วโมง	80	80	80
2	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ร้อยละ ไม่เกิน	8.0	12.0	12.0
3	ความต้านทานแรงดัด (เมกะพาสคาล) ไม่น้อยกว่า	18.0	13.8	12.5
4	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคาล) ไม่น้อยกว่า	2,000	2,000	1,850
5	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคาล) ไม่น้อยกว่า	0.80	0.34	0.20

ที่มา : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด มอก. 876-2532

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประมวล ดีประดวง และคณะ [18] การวิจัยการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดความหนาแน่นต่ำจากขุยมะพร้าวนี้ มีจุดประสงค์เพื่อที่จะนำวัสดุเหลือใช้มาทำประโยชน์ โดยทำเป็นแผ่นฝ้ากันความร้อน (Insulating Board) ในการวิจัยจะเริ่มจากการศึกษาสมบัติเบื้องต้นของขุยมะพร้าว เพื่อทำการพิจารณาหาลักษณะที่เหมาะสมในการผลิตเป็นแผ่น โดยเลือกใช้สารเคมีหรือกาวสังเคราะห์เป็นตัวยึดประสาน กรรมวิธีการผลิตใช้วิธีอัดร้อนเพราะลงทุนน้อยและง่ายต่อการวิจัยภายใต้ระยะเวลาที่จำกัดนี้ หลังจากนั้นจะทำการวิเคราะห์ ทดลอง และทดสอบสมบัติต่างๆ เพื่อหาอัตราส่วนของกาวต่อน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ที่เหมาะสมที่สุด โดยมีขอบข่ายที่อ้างอิงคือ มาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับผลิตภัณฑ์แผ่นฝ้ากับความร้อน ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า อัตราส่วนกาวต่อน้ำหนักวัตถุดิบ (ขุยมะพร้าว) ที่จะให้สมบัติดีที่สุด จะมีค่าเท่ากับ 12% โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (urea-formaldehyde) ทำการอัดในแนวราบเป็นแบบ 3 ชั้น (3 Layer) โดยชั้นกลางจะใช้เส้นใยซึ่งมีขนาดโตกว่า 5 mm. ส่วนที่ผิวด้านนอนทั้ง 2 ด้าน จะใช้ขุยขนาดอยู่ในช่วง 1-5 mm. เพื่อช่วยให้เกิดความแข็งแรงและได้ชิ้นงานที่มีความเรียบ และใช้อัตราส่วนเส้นใยต่อขุยที่จะอัดเป็นชั้นดังกล่าวเท่ากับ 1:1 อุณหภูมิที่ใช้อัดประมาณ 130°C ความดัน 20-50 kgf/cm^3 และใช้เวลาในการอัดประมาณ 8 นาทีต่อแผ่น ได้แผ่นชิ้นงานที่มีความหนาแน่นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 371 kg/ cm^3 ค่าการนำความร้อนโดยเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 0.0829 w/m°K ความชื้นโดยเฉลี่ยประมาณ 11-13% โดยน้ำหนัก และอัตราการดูดน้ำต่อ 2 ชั่วโมง เท่ากับ 5.889% โดยปริมาตร ค่าการนำความร้อนที่ได้นี้ จะเกินค่าที่มาตรฐานระบุไว้เท่ากับ 42.93% ผลการวิจัยส่วนใหญ่จะได้สมบัติตามที่มาตรฐานกำหนด

วิริยะ แสงสว่าง และคณะ [19] การวิจัยการเตรียมและการศึกษาสมบัติทางด้านวิศวกรรมของแผ่นไม้ที่ทำจากเส้นใยผักตบชวา ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากผักตบชวาและเพื่อศึกษาสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากผักตบชวา ทั้งสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล โดยทำการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีความหนาแน่นปานกลาง ซึ่งใช้ความหนาแน่น 3 ค่า คือ แผ่นชิ้นไม้อัดที่ความหนาแน่น 600 กก./ลบ.ม., 700 กก./ลบ.ม., 800 กก./ลบ.ม. ใช้กาวไดไอโซไซยาเนต 8%, 10% และ 12% ตามลำดับ และใช้สารกันซึม คือ สารพาราฟินอิมัลชันปริมาณ 1% ได้เป็นแผ่นไม้ทั้งหมด 9 ตัวแปร จำนวนตัวแปร 3 ตัวอย่าง รวมผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดทั้งสิ้น 27 ตัวอย่าง นำแผ่นชิ้นไม้ที่ผลิตได้มาตากทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาทั้งสิ้น 7 วัน แล้วจึงนำแผ่นชิ้นไม้อัดมาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 876-2532 ผลการวิจัยพบว่า ผักตบชวาสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดได้ ซึ่งมีสมบัติใกล้เคียงกับสมบัติเชิงกลที่ทางมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 876-2532 ได้กำหนดไว้ ซึ่งจากค่าของการทดสอบพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากผักตบชวาที่มีความหนาแน่น 800 กก./ลบ.ม. ใช้สารยึดติดคือ กาวไดไอโซยาเนต 12% และสารพาราฟินอิมัลชัน 1% เป็นแผ่นชิ้นไม้อัดจากผักตบชวาที่มีคุณภาพดีที่สุด

พิพัฒน์ ตรีกิตตินุรักษ์ [20] การวิจัยการเตรียมกาวเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมไม้อัดด้วยการนำปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันของเมลามีน ยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ โดยใช้เฮกซามีนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วนำเรซินเมลามีน ยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ที่ได้มาเติมแป้งมันสำปะหลังและแอมโมเนียมคลอไรด์ โดยที่แอมโมเนียมคลอไรด์จะทำหน้าที่เป็นสารทำให้เหนียว (hardener) หรือตัวเร่งปฏิกิริยาอัตรา ส่วนของเมลามีน ยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ แบ่งออกเป็น 2 อย่าง 1. ผสมเมลามีน ยูเรีย และฟอร์มัลดีไฮด์ ในอัตราส่วนจำนวนโมลเท่ากับ ¾ : 2 : 6 การศึกษาของการเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้งมันสำปะหลัง พบว่าถ้าเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังมากขึ้นจะทำให้ failing load เพิ่มขึ้น จนกระทั่งใส่แป้งมันสำปะหลังได้ 15% แต่ถ้าเพิ่มแป้งมันสำปะหลังมากกว่า 15% (w/w) จะทำให้ failing load ลดลงเรื่อยๆ นั่นคือปริมาณแป้ง 15% จะทำให้กาวมี failing load มากที่สุดคือ เท่ากับ 263.83 lb_f/in^2 การศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียมคลอไรด์ พบว่าถ้าปริมาณแอมโมเนียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นจะทำให้อายุก่อนการใช้งาน (pot life) ลดลงและ failing load มีแนวโน้มสูงขึ้น 2. ผสมเมลามีน ยูเรีย และฟอร์มัลดีไฮด์ในอัตราส่วนจำนวนโมลเท่ากับ 1:2:6 ซึ่งผลการเพิ่มปริมาณเมลามีนทำให้สามารถใช้แป้งมันสำปะหลังในปริมาณมากกว่ากรณีใช้อัตราส่วนจำกัดจำนวนโมลเท่ากับ ¾:2:6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่าปริมาณแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 30% (w/w) และแอมโมเนียมคลอไรด์เท่ากับ 2.0 กรัม จะได้กาวที่มีคุณภาพดีที่สุดตามมาตรฐานโรงงานไม้อัดคือให้ failing load 243.41 lb_f/in^2 และอายุก่อนการใช้งานคือ 2 ชั่วโมง 5 นาที

Sarocha Charoenvai [21] วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อพัฒนาต้นแบบแผ่นชิ้นไม้อัดจากเปลือกทุเรียนและมะพร้าวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำมาเป็นส่วนประกอบในอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร โดยใช้เปลือกทุเรียนและใยมะพร้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด โดยทำการศึกษาปัจจัย 2 ประการ ได้แก่ ชนิดของกาว (ยูเรีย ฟอร์มัลดีไฮด์ 12% ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 6% และไอโซไซยาเนต 3%) และความหนาแน่นชิ้นไม้อัดที่ผลิต จากการทดลองพบว่าชนิดของกาวไม่มีผลแตกต่างกันมากนักต่อสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด ในขณะที่ความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดส่งผลอย่างมากต่อสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด ผลการทดลองพบว่า เมื่อความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น สมบัติทางกลเพิ่ม เช่น มอดูลัสแตกร้าว และมอดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น แต่ค่าที่ได้ไม่สูงมากนัก ความคงสภาพทางมิติดีขึ้น โดยแสดงในเทอมของการพองตัวเมื่อแช่น้ำ รวมทั้งเมื่อความหนาแน่นสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนก็สูงขึ้นด้วย วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำมาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ดังนั้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการกำจัดของเสียทางการเกษตร และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานประเภทต่างๆ ได้ เทคนิคการปรับปรุงทางเคมี เช่น การพรีทรีตเมนต์ด้วยแอลคาไลน์ ปฏิกิริยาอะซิทีเลชั่น และการทรีตเมนต์ทางไฮโกรสกรอปิคจะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของแผ่นไม้อัดต้นแบบจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ดีขึ้น

ฉัตรชัย ลิ่มอุไร และพัชรา ศรีธีระทรัพย์ [22] งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพอลิเมอร์ผสมชนิดรับประทานได้ระหว่างไคโตซาน (Chitosan, CHI) พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVOH) และแป้งชนิดปรับปรุงด้วยเอสเทอร์ (Ester Modified starch, MST) เพื่อปรับปรุงสมบัติของฟิล์มพอลิเมอร์ โดยทำการศึกษาฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมแต่ละคู่ โดยขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบจากสารละลาย (Solution Casting) เสนอที่จะศึกษาปัจจัยต่างๆ ของพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมได้ เช่น อัตราส่วนผสม ชนิดของพอลิเมอร์ผสม ฯลฯ โดยทำการศึกษาสมบัติต่างๆ ของพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมได้ เช่น สมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางความร้อน เพื่อให้ฟิล์มพอลิเมอร์ผสมมีสมบัติที่ดี สามารถประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้ เช่น ฟิล์มเคลือบผลิตผลทางการเกษตรเพื่อยืดอายุการเก็บ หรือฟิล์มห่อหุ้มชนิดรับประทานได้ (Edibile film) พบว่าในพอลิเมอร์ผสม PVOH/MST ฟิล์มที่เตรียมได้มีความไม่เข้ากัน (Immiscible) โดยสมบัติเชิงกลจะลดลงเมื่อปริมาณแป้งชนิดปรับปรุงด้วยเอสเทอร์เพิ่มขึ้น ส่วนในพอลิเมอร์ผสม CHI/MST พบว่าเป็นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมแบบเข้ากันได้ (Miscible)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอัตราส่วนที่ให้สมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด คือ CHI/MST 50/50 และนอกจากนี้ ยังพบว่า อัตราส่วนของพอลิเมอร์ผสม PVOH/MST ที่ 95/5 จะมีสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนดีที่สุด

Syed H. Imam และคณะ [4] งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเตรียมกาวไม้จากแป้งและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์โดยมีเฮกซะเมทอกซีเมทิลเมลามีน (Hexamethoxymethylmelamine, Cymel® 323) เป็นสารเชื่อมโยง ซึ่งเกิดปฏิกิริยาทรานอีเทอริฟิเคชันระหว่างหมู่เมทอกซีของ Cymel® 323 และหมู่ไฮดรอกซีของแป้ง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และไม้ หมู่ไฮดรอกซีถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทอกซีเกิดเป็นพันธะอีเทอร์ เมื่อเติมกาวลาเท็กซ์ลงในสูตรทำให้ความต้านทานความชื้นเพิ่มขึ้น แผ่นชิ้นไม้ตัวอย่างที่มีสภาวะเหมาะสมที่สุด คือที่อุณหภูมิการบ่ม 175° C เป็นเวลา 15 นาที ความชื้นสัมพัทธ์ 93% เป็นเวลาสองเดือน ค่าเปอร์เซ็นต์ vaneer failure เพิ่มขึ้น แต่มีกาวที่รอยต่อเพียงเล็กน้อย จากการศึกษากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าไม่เห็นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกาวของแผ่นชิ้นไม้ตัวอย่างที่ความชื้นสัมพัทธ์ 97% หลังจากสองเดือน ติดตามผลหนึ่งปีที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

1. กากส้ม จากโรงงานผลิตน้ำส้มเกล็ดหิมะโชกุน จังหวัดฉะเชิงเทรา
2. แป้งมันสำปะหลัง ยี่ห้อ แฟนซีคาร์ฟ® หจก. เจริญวรกิจ
3. น้ำ (Water)
4. ผงกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde) 50% โดยน้ำหนัก บริษัท Casco Adhesive (Asia) Pte Ltd, No.14 Sungel kadut way ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมป่าไม้
5. กลูตารัลดีไฮด์(Glutaraldehyde) หมายเลขสาร 820603 บริษัท Merck Ltd., Thailand สมบัติบางประการของกลูตารัลดีไฮด์

- สูตรทางเคมี	$C_5H_8O_2$
- น้ำหนักโมเลกุล	100.12 g/mol
- จุดหลอมเหลว	-7 °C
- จุดเดือด	71-72 °C
- ความหนาแน่น	1.125 g/cm^3
- ความดันไอ	22 hPa, 20 °C

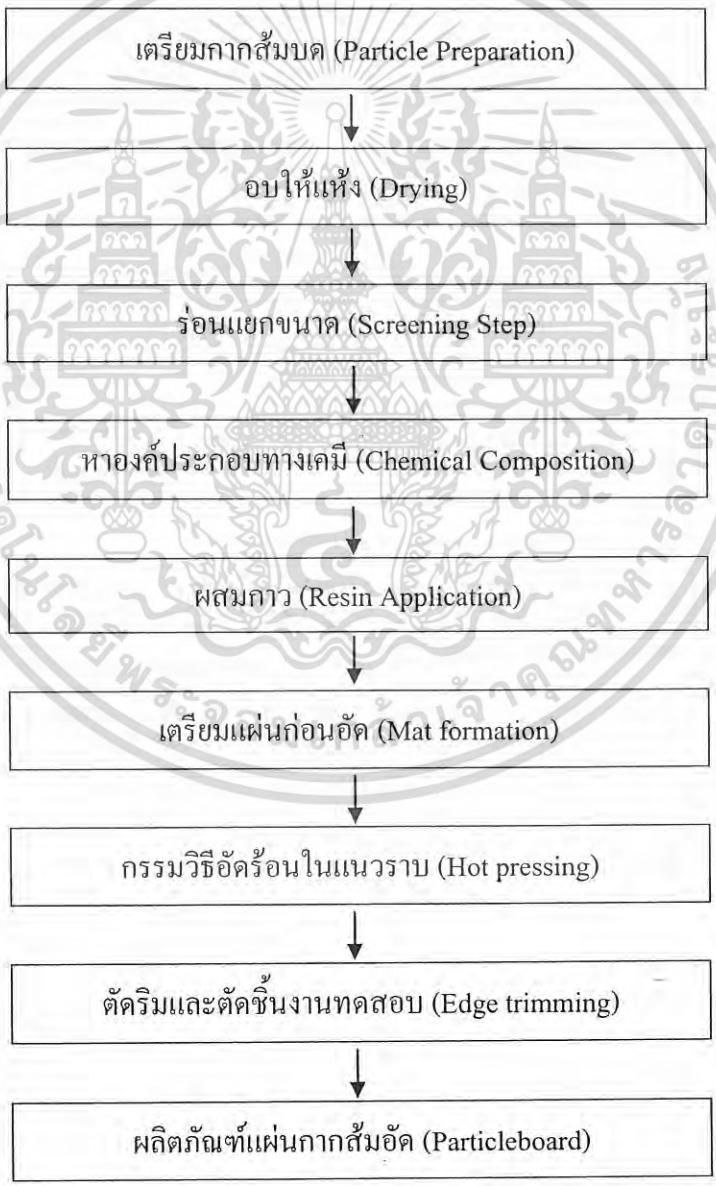
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. บีกเกอร์ขนาด 500 ml.
2. แท่งแก้วคนสาร
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. แท่นปั่นกวนให้ความร้อน รุ่น Fabar-Nr 15582 และ magnetic bar
5. เครื่องชั่งสาร รุ่น TS4000D บริษัท OHAUS
6. เครื่องวัดความชื้น SARTORIUS บริษัท Scienpisfic Paomot Co.Ltd
7. เครื่องบดชิ้นไม้
8. เครื่องร่อนแยกขนาด (sieve analysis) 4 ระดับ และ 6 ระดับ
9. เครื่องผสมกาวและหัวฉีดสำหรับพ่นกาว (กรมป่าไม้)
10. บล็อกแม่พิมพ์สำหรับโรยแผ่น ขนาด 25×25 ตารางเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. แผ่นโลหะ และแผ่นเทฟลอนสำหรับการอัดร้อน
12. แท่งเหล็กกำหนดความหนาชิ้นงานความสูง 1 เซนติเมตร
13. เครื่องอัดความร้อน (Hot pressing machine) (กรมป่าไม้)
14. เครื่องเลื่อยวงเดือน
15. เวอร์เนียร์ และไมโครมิเตอร์
16. เครื่องทดสอบแรงเชิงกล (Type; BBMTGL-500 kg, The Testometric Co.,Ltd)

3.3 วิธีการทดลอง



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการผลิตแผ่นกากส้มอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

1. นำกากส้มสดที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมมาทำการอบที่อุณหภูมิประมาณหกสิบองศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จะได้กากส้มแห้ง

2. นำกากส้มที่ได้มาทำการบดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด

3. ทำการร่อนแยกขนาดอย่างหยาบผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ 4 ชั้น โดยชั้นที่ 1 อนุภาคจะมีขนาดใหญ่ที่สุด ชั้นที่ 2 และ 3 มีขนาดรองลงมา และชั้นที่ 4 อนุภาคขนาดเล็กที่สุด

รูปที่ 3.2 เครื่องร่อนแยกขนาด 4 ระดับ (กรมป่าไม้)

4. นำอนุภาคกากส้มในชั้นที่ 2 และ 3 ซึ่งมีขนาดอยู่ในช่วง 5-60 เมช มาใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด

5. นำอนุภาคกากส้มในชั้นที่ 2 และ 3 มาทำการร่อนแยกขนาดผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ 6 ระดับ ซึ่งมีขนาดรูตะแกรงเฉลี่ย ดังนี้ ชั้นที่ 1 ขนาด 4.000 มิลลิเมตร, ชั้นที่ 2 ขนาด 2.840 มิลลิเมตร, ชั้นที่ 3 ขนาด 1.275 มิลลิเมตร, ชั้นที่ 4 ขนาด 0.638 มิลลิเมตร, ชั้นที่ 5 ขนาด 0.337 มิลลิเมตร และชั้นที่ 6 ขนาด 0.250 มิลลิเมตร

รูปที่ 3.3 เครื่องร่อนแยกขนาด 6 ระดับ (กรมป่าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำอนุภาคกากส้มที่ผ่านการร่อนแยกขนาดแบบหยาบในชั้นที่ 4 ไปทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ที่หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีเยื่อกระดาษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. นำกากส้มที่ผ่านการร่อนแยกขนาดอย่างหยาบในชั้นที่ 2 และ 3 ผสมกัน และนำไปวัดค่าความชื้น (Moisture content, MC) ที่มีอยู่ในกากส้มโดยใช้เครื่องวัดความชื้น

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความชื้น SARTORIUS (กรมป่าไม้)

3.3.2 การเตรียมกาว

3.3.2.1 กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้นร้อยละ 50

นำผงกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มาละลายน้ำ โดยใช้ปริมาณผงกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อน้ำเป็นสัดส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก เช่น ใช้ผงกาว 20 กรัม จะต้องใช้น้ำ 20 กรัม เช่นกัน

3.3.2.2 กาวแป้งเข้มข้นร้อยละ 50

1) เตรียมกาวแป้งโดยใช้ปริมาณผงแป้งต่อน้ำเป็นสัดส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก เช่นเดียวกับการเตรียมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

2) เทผงแป้งลงในน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และทำการปั่นกวนเป็นเวลา 5-10 นาที

3) ทำการกรองกาวด้วยตะแกรงร่อนแป้ง จะได้กาวแป้งที่มีลักษณะเป็นสารละลาย

4) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นก่อนจะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

3.3.2.3 กาวผสมระหว่างกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และกาวแป้ง

1) ทำการผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ที่ได้จากข้อ 3.3.2.1 กับกาวแป้งที่ได้จากข้อ 3.3.2.2 ในอัตราส่วนกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวแป้งเท่ากับ 100:0 90:10 และ 80:20 โดยใช้กาวผสมปริมาณ 15% ของน้ำหนักกากส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เติมกลูตารัลดีไฮด์ลงในกาวแป้งปริมาณ 2.5% และ 5.0% โดยน้ำหนักของกาวแป้งก่อนนำไปทำการผสมในอัตราส่วน 90:10 และ 80:20

3.3.3 การผลิตแผ่นกากส้มอัด

3.3.3.1 ปัจจัยที่ศึกษาในการผลิตแผ่นกากส้มอัด

ปัจจัยที่ศึกษาทั้งหมดแสดงในตารางที่ 3.1 โดยทำการเตรียมแผ่นกากส้มอัด 3 ชิ้นต่อสูตรกาวแต่ละปริมาณที่ใช้ สำหรับการทดสอบสมบัติเชิงกลในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3.1 ชนิด ปริมาณและอัตราส่วนกาวสำหรับการเตรียมชิ้นงาน

ชนิดกาว	ปริมาณกาวแห้งที่ใช้ (%wt. ของกากส้ม)	อัตราส่วนกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวแป้ง	ปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ (%wt. ของกาวแป้ง)
กาว UF	11 13 15	100:0	-
กาวผสม	15	90:10	- 2.5 5.0
		80:20	- 2.5 5.0

3.3.3.2 สภาวะในการผลิตแผ่นกากส้มอัด

ตารางที่ 3.2 สมบัติของแผ่นไม้และสภาวะที่กำหนดในการผลิตแผ่นกากส้มอัด

สมบัติ/สภาวะ	ค่าที่กำหนด
1. ความหนาแน่นของแผ่น	750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
2. ขนาดของแผ่น	25x25 ตารางเซนติเมตร
3. ความหนาของแผ่น	1 เซนติเมตร
4. ความชื้นของกากส้มก่อนผสมกาว	น้อยกว่า 15%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

หากต้องการแผ่นกากส้มอัดขนาด 25x25 ตารางเซนติเมตร ความสูง 1 เซนติเมตร ความหนาแน่น 750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ถ้าใช้กาว UF 15% โดยน้ำหนัก และกากส้มบดละเอียดก่อนทำการผสมกาวมีความชื้น เท่ากับ 10%

จาก ความหนาแน่น = $\frac{\text{น้ำหนัก(กรัม)}}{\text{ปริมาตร(ลูกบาศก์เซนติเมตร)}}$

$D = m/v \quad (kg/m^3)$

$m = Dv$

จะได้ น้ำหนักกากส้ม+น้ำหนักกาว = $750 \times 0.25 \times 0.25 \times 0.01$ = 0.469 กิโลกรัม

ในการคำนวณให้น้ำหนักกากส้มเป็นตัวแปร X และน้ำหนักกาวแห้งเป็นตัวแปร Y

(ปริมาณกาวแห้ง 15% = 0.15X)

จากสมการ $X + Y = 469$ กรัม

$X + 0.15X = 469$ กรัม

$X = 407.83$ กรัม

จะได้ $Y = 469\text{-}407.83$ กรัม

$Y = 61.17$ กรัม

น้ำหนักกาว 50% ที่ต้องใช้ = $\frac{61.17 \times 100}{50}$ = 122.34 กรัม

วัดความชื้นในกากส้มมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 10%

แสดงว่า กากส้ม = 100 กรัม

เป็นกากส้มที่มีความชื้น = 110 กรัม

ปริมาณกากส้มที่ใช้ที่ความชื้น 10% = 407.83×1.10 = 448.613 กรัม

ปริมาณกากส้ม+ปริมาณกาวที่ใช้โรยแผ่น = 448.613 +122.34 ~ 570.95 กรัม

ปริมาณเผื่อไว้ 15% เพื่อป้องกันการติดของกากส้มที่เครื่องมือผสมกาว

ปริมาณกากส้มที่ใช้ที่ความชื้น 10% = 448.613×1.15 = 515.90 กรัม

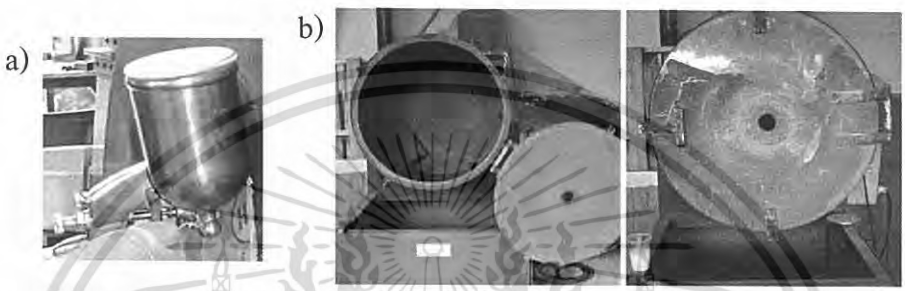
ปริมาณกาวที่ใช้ = 122.34×1.15 = 140.69 กรัม

ดังนั้น ปริมาณกากส้ม+ปริมาณกาวที่ใช้โรยแผ่น เท่ากับ 570.95 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การผสมและการพ่นกาว

นำกากส้มเข้าเครื่องผสมกาวและปิดฝาให้สนิท เมื่อเปิดมอเตอร์เครื่องจะหมุน จากนั้นนำกาวใส่ในช่องใส่กาวแล้วพ่นกาวออกมาทางหัวฉีด เพื่อให้กาวได้คลุกเคล้ากับกากส้มกระจายไปทั่วๆ เมื่อกาวหมดให้หยุดมอเตอร์ เปิดฝา แล้วนำกากส้มที่ผสมกาวแล้วออกมานำไปชั่งให้ได้น้ำหนักในการผลิตเพื่อนำไปอัดแผ่นในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.5 อุปกรณ์สำหรับการผสมและพ่นกาว a) หัวฉีดสำหรับพ่นกาว b) ถังผสมกาว (กรมป่าไม้)

รูปที่ 3.6 การผสมสารยึดกับกากส้มโดยการพ่น (กรมป่าไม้)

3.3.5 การเตรียมแผ่นและการอัด

นำกากส้มที่ผสมกาวแล้วมาโรยลงในบล็อกแม่พิมพ์สำหรับโรยแผ่นที่ปูด้วยเทฟลอน ดังรูปที่ 3.7 จากนั้น เกลี่ยให้ผิวสม่ำเสมอ ปูเทฟลอนทับและแผ่นโลหะมาประกบ แล้วเข้าเครื่องอัดร้อน นำแท่งเหล็กกำหนดความหนามากั้นระหว่างแผ่นโลหะ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความหนา 1 เซนติเมตร

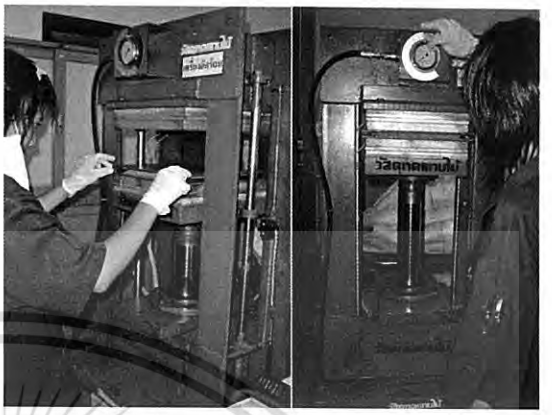
สภาวะของเครื่องอัดร้อน

- อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส
- ความดัน 170 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- เวลา 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำเอาแผ่นออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 3.7 บล็อกแม่พิมพ์สำหรับโรยแผ่น (กรมป่าไม้)



รูปที่ 3.8 เครื่องอัดร้อน (กรมป่าไม้)

3.3.6 การตัดริม

แผ่นกากส้มอัดที่ออกจากเครื่องอัดร้อนควรนำพักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 1 วันก่อน จึงค่อยนำชิ้นงานไปทำการตัดและทดสอบ และแผ่นกากส้มอัดที่ได้ขอบอาจไม่เรียบ จึงทำการตัดทิ้งและตกแต่งเพื่อให้ดูสวยงาม

รูปที่ 3.9 เครื่องเลื่อยวงเดือน (กรมป่าไม้)

3.3.7 การทดสอบ [5]

ทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นกากส้มอัด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัด (มอก.876-2532) งานวิจัยนี้ทำการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความต้านทานแรงดัดและมอดูลัสยืดหยุ่น การดูดซึมน้ำ การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7.1 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond:IB)

1. เครื่องมือ

1) เครื่องดึงซึ่งสามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกให้ได้เวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและไม่เกิน 120 วินาที

2) แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 ×50 ตารางมิลลิเมตรความหนาตามความเหมาะสม

2. วิธีทดสอบ

1) ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบขนาด 50×50 ตารางเซนติเมตร กับแผ่นดึงโดยใช้กาวร้อนซึ่งเป็นกาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

2) นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้นำไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันใช้อัตราเร็วเท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อนาที โดยอัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึง จนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

3. วิธีการคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะปาสคัล)} = \frac{\text{แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)}}{\text{ความกว้าง (มม.)} \times \text{ความยาว (มม.)}}$$

การรายงานผล รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

รูปที่ 3.10 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (กรมป่าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7.2 ความต้านทานแรงดัด (Modulus of Rupture:MOR) และมอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity:MOE)

1. เครื่องมือ

1) เครื่องกด ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตัน หรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ หัวกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลม มีรัศมี 10 ถึง 13 มิลลิเมตร และมีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

2) แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปครึ่งวงกลม หรือรูปวงกลม มีรัศมี 10 ถึง 13 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

3) มาตรวัดการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

2. วิธีการทดสอบ

1) วางชิ้นทดสอบขนาด 200×50 ตารางเซนติเมตรลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 16 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ตัวเลขที่ให้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มของ 10 มิลลิเมตรที่ใกล้เคียง) ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตรเท่าๆ กัน

2) ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอเท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อนาที เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

3) คำนวณและรายงานค่าเฉลี่ยของความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

3. วิธีการคำนวณ

1) ความต้านแรงดัด หาค่าความต้านแรงดัดจากสูตร

$$F = \frac{3Wl}{2bd^2}$$

เมื่อ F คือ ความต้านทานแรงดัด (MPa)

W คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (นิวตัน)

l คือ ระยะห่างของแท่นรอบรับ (มิลลิเมตร)

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

2) มอดูลัสยืดหยุ่น หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่น จากสูตร

$$E = \frac{\Delta W l^3}{4bd^2 \Delta S}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ E คือ มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)

l คือ ระยะห่างของแท่นรอบรับ (มิลลิเมตร)

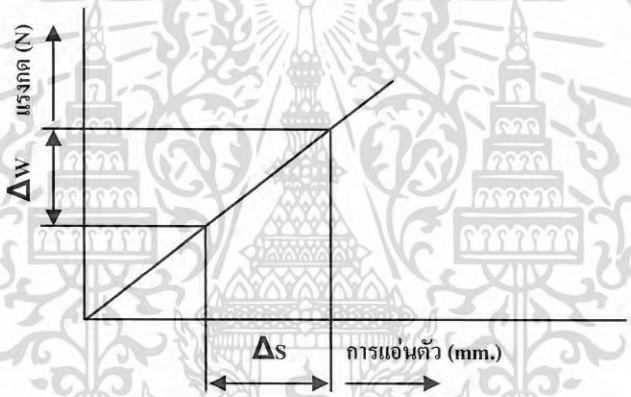
ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง (นิวตัน) ตามรูปที่ 3.11

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

ΔS คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง (มิลลิเมตร) ตามรูปที่ 3.11

การรายงานผล รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว [5]

รูปที่ 3.12 การทดสอบความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น (กรมป่าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7.3 การดูดซึมน้ำ (water absorption)

1. เครื่องมือ

- เครื่องชั่ง ที่ชั่งละเอียดถึง 0.1 กรัม

2. วิธีทดสอบ

1) ชั่งชิ้นทดสอบขนาด 50×50 ตารางเซนติเมตร ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนแช่น้ำ

2) แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้องโดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวหน้า ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร และแต่ละชิ้นต้องไม่ติดกัน

3) เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 2 ชั่วโมงแล้ว รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมด แล้วชั่งทันทีเป็นน้ำหนักหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง ต่อจากนั้นนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำอีก 22 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นมาชั่งตามวิธีเดิม น้ำหนักที่ชั่งได้ในครั้งนี้ เป็นน้ำหนักแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

3. วิธีการคำนวณ

หาค่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และที่ 24 ชั่วโมง จากสูตร

$$\text{การดูดซึมน้ำ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)} - \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)}} \times 100$$

การรายงานผล รายงานค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบเป็นร้อยละ

3.3.7.4 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (thickness swelling)

1. เครื่องมือ

- ไมโครมิเตอร์ที่วัดละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

2. วิธีทดสอบ

1) นำชิ้นทดสอบขนาด 50×50 ตารางเซนติเมตร ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

2) แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ตั้งฉากกับระดับผิวน้ำ ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างผนังและก้นภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

3) เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 ชั่วโมง แล้วรีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

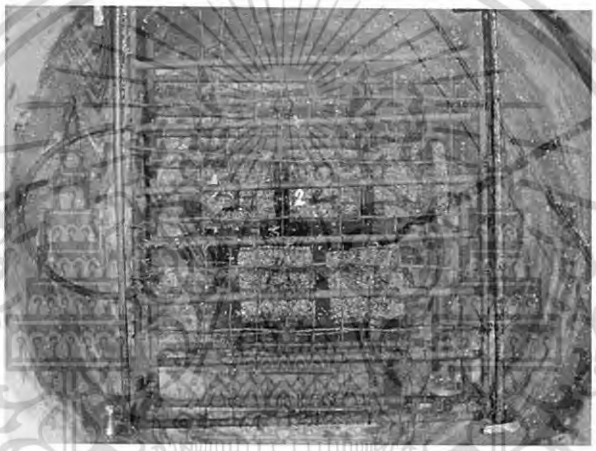
4) เมื่อปล่อยชิ้นทดสอบไว้ครบ 2 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม แล้วหาค่าเฉลี่ย เป็นความหนาหลังแช่น้ำ

3. วิธีการคำนวณ

หาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำจากสูตร

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

การรายงานผล รายงานค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำเป็นร้อยละ



รูปที่ 3.13 การทดสอบการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (กรมป่าไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทดลองผลิตแผ่นกากส้มอัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากส้มแห้ง ศึกษาปริมาณและขนาดอนุภาคกากส้มที่ได้จากการร่อนแยกขนาดอย่างหยาบในชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัดความหนาแน่นเท่ากับ 750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาด 25×25×1 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และกาวแป้งเป็นสารยึด และทำการทดสอบแผ่นกากส้มอัดที่ได้ โดยศึกษาถึงผลของปริมาณของสารยึดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นกากส้มอัด ผลของปริมาณแป้งในกาวยูเรียฟอร์มัล-ดีไฮด์ และผลของปริมาณสารเชื่อมโยง (กลูตารัลดีไฮด์) ในกาวแป้งที่ใช้ผลิตแผ่นกากส้มอัด ที่มีต่อสมบัติความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal Bond: IB) ความต้านทานแรงดัด (Modulus of Rupture: MOR) มอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity: MOE) การดูดซึมน้ำ (water absorption) และการพองตัวเมื่อแช่น้ำ (thickness swelling)

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากส้มแห้งที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากส้ม ได้แก่ ปริมาณโฮโลเซลลูโลส ลิกนิน แอลฟาเซลลูโลส และแพนโตแซน โดยส่งตัวอย่างอนุภาคกากส้มที่ได้จากการร่อนแยกขนาดอย่างหยาบในชั้นที่ 4 ปริมาณ 1 กิโลกรัม นำไปวิเคราะห์ที่หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีเยื่อกระดาษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากส้มแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากส้มแห้ง

องค์ประกอบทางเคมี	ผลการวิเคราะห์ (% โดยน้ำหนักอบแห้ง)	มาตรฐาน
1. การละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน (Alcohol-Benzene Solubility)	20.80	TAPPI-T204-cm-97
2. การละลายในแอลกอฮอล์ (Alcohol Solubility)	5.21	TAPPI-T264-cm-97
3. การละลายในน้ำร้อน (Hot Water Solubility)	30.05	TAPPI-T207-om-93
4. การละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1 (1% NaOH Solubility)	59.43	TAPPI-T212-om-98
5. ปริมาณเถ้า (Ash)	7.41	TAPPI-T211-om-93
6. ปริมาณโฮโลเซลลูโลส (Holocellulose)	67.14	Acid chlorite Method of Browing
7. ปริมาณลิกนิน (Lignin)	7.59	TAPPI-T222-om-98
8. ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส (α-cellulose)	63.76	TAPPI-T203-om-93
9. ปริมาณแพนโตแซน (Pentosan)	15.06	TAPPI-T223-cm-84

จากตารางที่ 4.1 พบว่า กากส้มมีปริมาณโฮโลเซลลูโลสเท่ากับ 67.14 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักอบแห้ง และปริมาณลิกนินเท่ากับ 7.59 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักอบแห้ง โดยโฮโลเซลลูโลสประกอบด้วยแอลฟาเซลลูโลส 63.76 เปอร์เซ็นต์ และแพนโตแซน 15.06 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของการละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน และแอลกอฮอล์ ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Extraction System (รุ่น B-811 บริษัท BUCHI) แอลกอฮอล์ที่ใช้คือ เอทานอลบริสุทธิ์ โดยสารที่ละลายออกมากับแอลกอฮอล์-เบนซีน ได้แก่ ไขมัน ขี้ผึ้ง และสารที่ละลายออกมากับแอลกอฮอล์และน้ำร้อน ได้แก่ แทนนิน กัม แป้ง น้ำตาล และสารมีสี ส่วนสารที่ออกมากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประเภทเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสที่ถูกทำลายโดยการไฮโดรไลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเป็นค่าสำหรับวัดปริมาณการผุของไม้อันเนื่องมาจากการทำลายของธรรมชาติ และสุดท้ายปริมาณขี้เถ้า ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยสารอนินทรีย์จากเยื่อ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เป็นต้น [23]

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณและขนาดอนุภาคกากส้มที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด

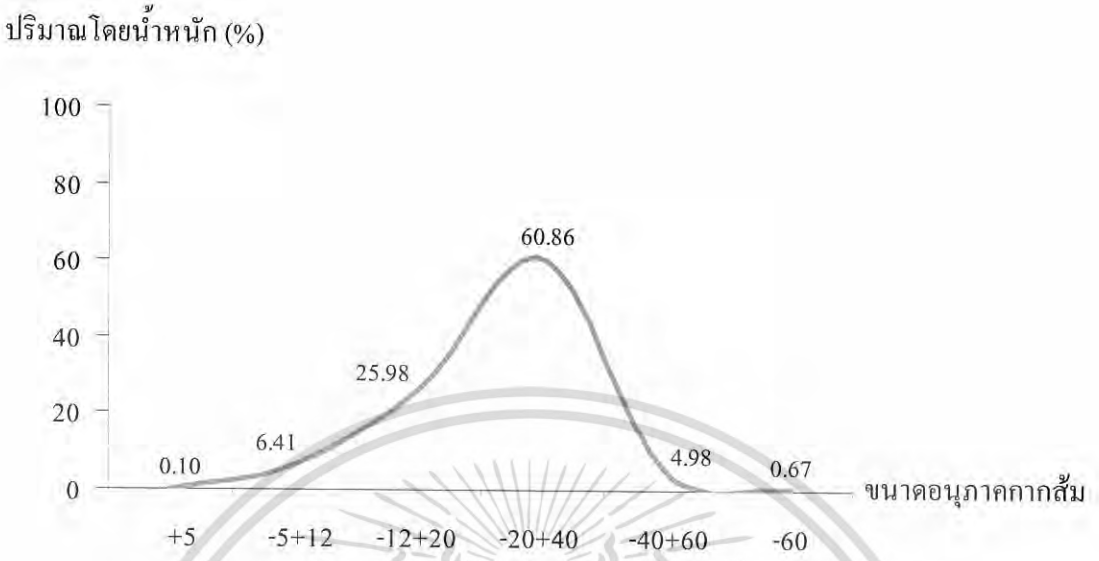
ในการวิเคราะห์หาปริมาณและขนาดอนุภาคกากส้มที่ได้จากการร่อนแยกขนาดอย่างหยาบในชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 โดยเตรียมกากส้มปริมาณ 30 กรัม ไปทำการร่อนผ่านตะแกรง 6 ระดับ ซึ่งมีขนาด 4.000 มิลลิเมตร, ชั้นที่ 2 ขนาด 2.840 มิลลิเมตร, ชั้นที่ 3 ขนาด 1.275 มิลลิเมตร, ชั้นที่ 4 ขนาด 0.638 มิลลิเมตร, ชั้นที่ 5 ขนาด 0.337 มิลลิเมตร และชั้นที่ 6 ขนาด 0.250 มิลลิเมตร ซึ่งผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคกากส้มที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด

ตะแกรง*	ขนาดรูตะแกรงเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ปริมาณโดยน้ำหนัก (%)
+5	4.000	0.10
-5+12	2.840	6.41
-12+20	1.275	25.98
-20+40	0.638	60.86
-40+60	0.337	4.98
-60	0.250	0.67

*การวัดขนาดอนุภาคกากส้มแต่ละเมชเป็นค่าเฉลี่ยจากกากส้มปริมาณ 30 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การวิเคราะห์การกระจายตัวของอนุภาคกากส้ม

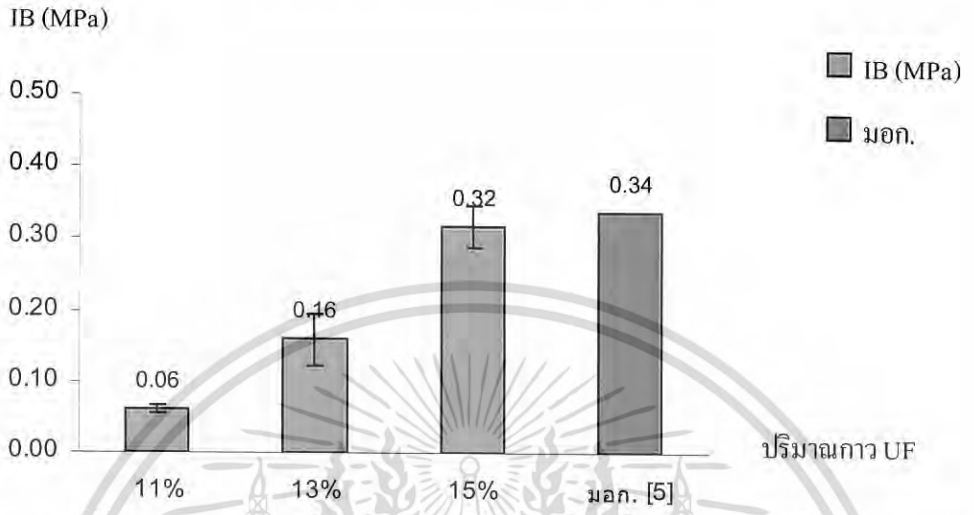
จากตารางที่ 4.2 พบว่าอนุภาคกากส้มที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด มีขนาดอยู่ในช่วง 5-60 เมช โดยกากส้มส่วนใหญ่มีขนาด 20-40 เมช ซึ่งมีปริมาณ 60.86 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และขนาดรองลงมาคือ 12-20 เมช ซึ่งมีปริมาณ 25.98 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และจากรูปที่ 4.1 จะเห็นการกระจายตัวของอนุภาคกากส้มที่ชัดเจนขึ้น แสดงว่าแผ่นชิ้นไม้อัด 1 แผ่น ขนาด 25×25×1 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีอนุภาคกากส้มขนาด 12-40 เมช อยู่ปริมาณ 86.84 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

4.3 ผลของปริมาณสารยึดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อสมบัติของแผ่นกากส้มอัด

ในการศึกษาปริมาณสารยึดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ได้ทำการเตรียมส่วนผสมของแผ่นกากส้มอัดและสารยึดที่มีความเข้มข้น 50% โดยน้ำหนัก ผสมกัน โดยเตรียมสารยึด 11% 13% และ 15% น้ำหนักแห้งของกาวโดยน้ำหนักแห้งของกากส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 การศึกษาความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้

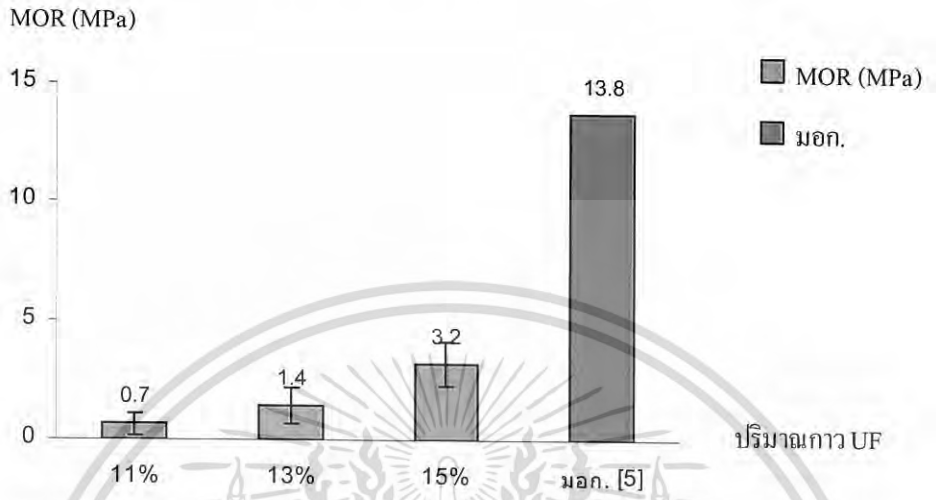


รูปที่ 4.2 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึด

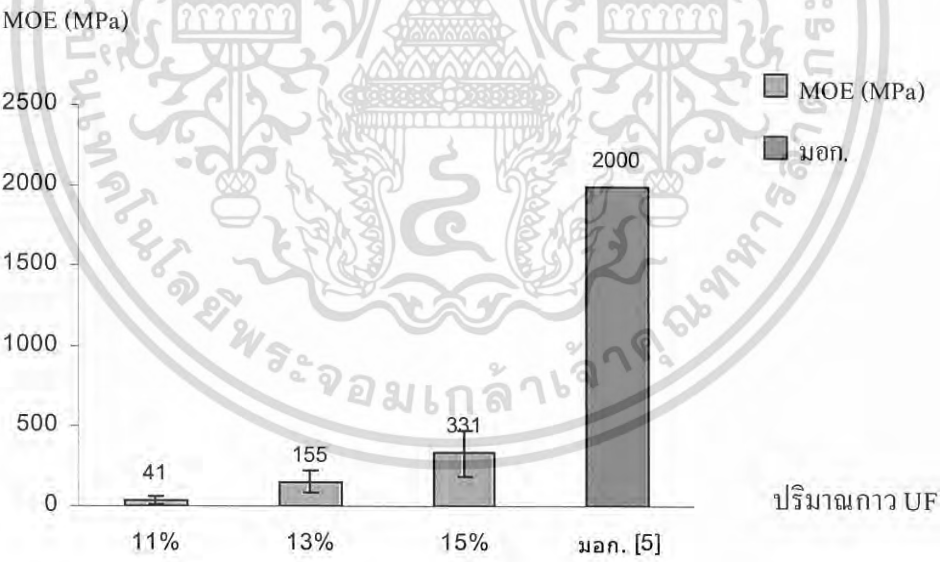
จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณกาวเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณกาวที่สูงขึ้นทำให้เกิดการยึดติดกันระหว่างสารยึดกับอนุภาคของกากส้มอย่างทั่วถึง เมื่อผ่านกรรมวิธีการอัดร้อน กาว UF จะเกิดการเชื่อมโยง (crosslink) ทำให้แผ่นกากส้มอัดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และถ้าใช้กาว UF ในปริมาณที่มากขึ้นการยึดติดก็จะดีขึ้นเช่นกัน แต่ในอุตสาหกรรมจะใช้ประมาณ 13-15% น้ำหนักแห้งของกาวโดยน้ำหนักแห้งของวัสดุ จากรูปที่ 4.2 ค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัดยังต่ำกว่ามาตรฐานอยู่ อาจเนื่องมาจากปริมาณลิกนินซึ่งเป็นกาวธรรมชาติในไม้มีปริมาณน้อย (7.59 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักอบแห้ง) จึงต้องใส่สารยึดในปริมาณที่เพิ่มขึ้น เพื่อทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และกากส้มมีปริมาณขี้ผึ้งและไขมันอยู่มาก (20.80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักอบแห้ง) ทำให้เกิดการละลายขณะทำการอัดร้อน ซึ่งเป็นตัวขัดขวางการเกี่ยวพันระหว่างสารยึดและกากส้ม ดังนั้นในงานวิจัยนี้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% โดยน้ำหนัก ทำให้แผ่นกากส้มอัดสามารถต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าได้มากกว่า 13% และ 11% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การศึกษาความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้



รูปที่ 4.3 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึด



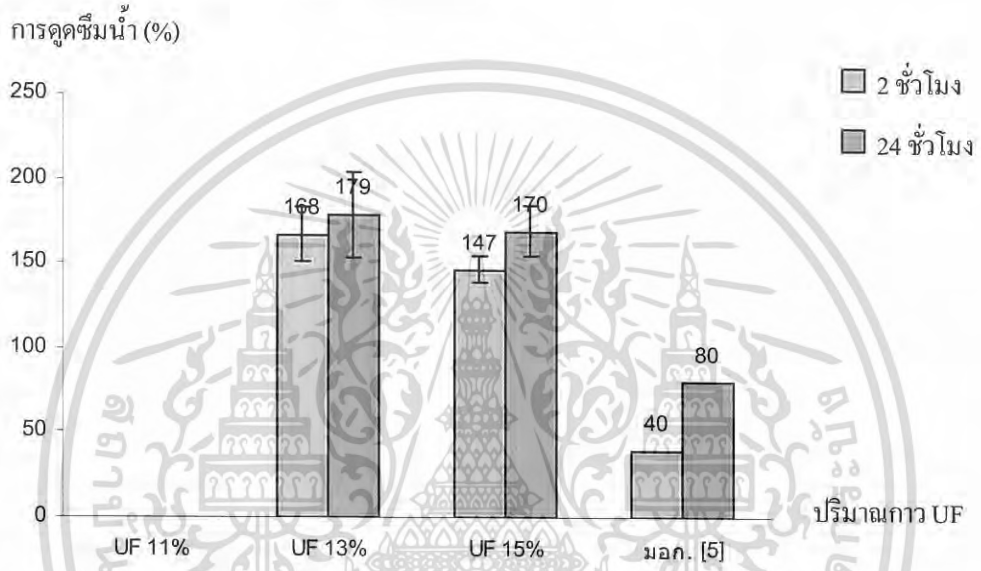
รูปที่ 4.4 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึด

จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 จะเห็นว่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกาวเพิ่มขึ้น เกิดขึ้นจากอนุภาคกากส้มที่มีขนาดเล็กจะต้องใช้สารยึดปริมาณมากเพื่อให้อนุภาคเกิดการยึดติดดีขึ้น มีความแข็งแรง และความต้านทานแรงดัดมากขึ้น แต่ยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานมาก เนื่องจากอนุภาคกากส้มมีขนาดเล็ก และไม่มีส่วนของเส้นใยเป็นตัวเสริมแรงทำให้ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการกระจายและส่งต่อแรงเพื่อลดแรงกระทำ ทำให้แผ่นกากส้มอัดมีความแข็งแต่เปราะ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% โดยน้ำหนัก ทำให้แผ่นกากส้มอัดสามารถต้านทานแรงดัดและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่า 13% และ 11% ตามลำดับ

4.3.3 การศึกษาการดูดซึมน้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้

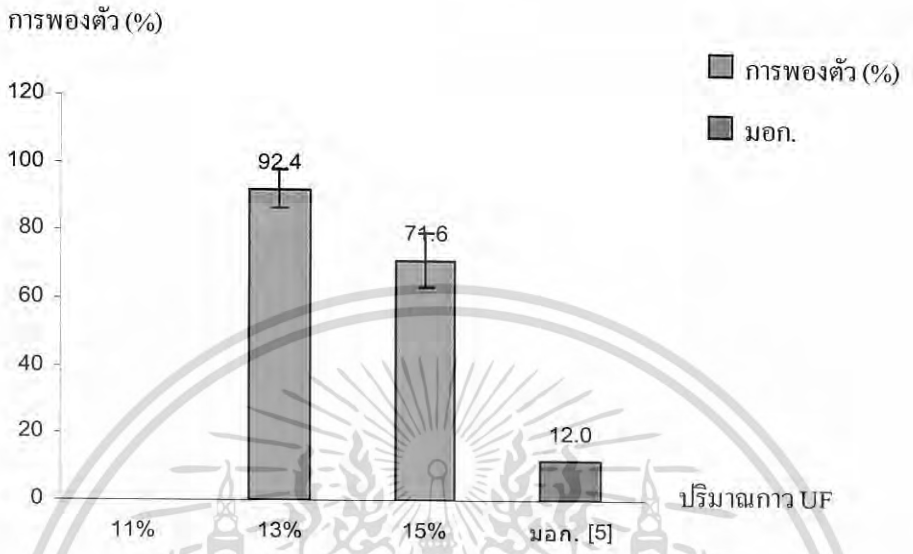


รูปที่ 4.5 ร้อยละการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัล-ดีไฮด์เป็นสารยึด

จากรูปที่ 4.5 พบว่าเมื่อใช้สารยึด ปริมาณน้อย (11% โดยน้ำหนัก) ไม่สามารถวัดค่าการดูดซึมน้ำได้ เพราะกากส้มเกิดการกระจายตัวออกจากกัน ไม่ยึดติดเป็นรูปทรง แต่เมื่อใช้สารยึดในปริมาณสูงขึ้น จะเห็นว่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงลดลง เนื่องจากอนุภาคของกากส้มที่มีขนาดเล็ก ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสซึ่งไม่มีกาวเคลือบอยู่มีมาก จากความที่มีขั้วสูงเนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซีที่ผิวของอนุภาคเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก จึงเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้มาก ทำให้ชิ้นงานสามารถดูดซับน้ำได้ดีเมื่อปริมาณกาวเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณกาวที่สูงขึ้น ทำให้เกิดการยึดกันระหว่างสารยึดกับอนุภาคของกากส้มอย่างทั่วถึงมากขึ้น และในงานวิจัยนี้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% โดยน้ำหนัก ทำให้แผ่นกากส้มอัดมีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม ค่าที่วัดได้จากการใช้กาวในปริมาณ 13% และ 15% โดยน้ำหนัก ยังมีค่าสูงกว่ามาตรฐานมาก เนื่องจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นกาวที่บวมน้ำได้ และไม่เหมาะต่อการนำมาผลิตแผ่นกากส้มอัดต้านทานน้ำ [18] และกากส้มมีปริมาณแพนโตแซนที่มีสมบัติเป็นน้ำตาลอยู่มากทำให้ละลายน้ำได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 การศึกษาการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้



รูปที่ 4.6 ร้อยละการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึด

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำลดลงเมื่อปริมาณกาวเพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่ได้จะออกมาในลักษณะเช่นเดียวกับการทดสอบการดูดซึมน้ำ โดยการดูดซึมน้ำคำนวณจากน้ำหนักของชิ้นทดสอบ และการพองตัวจะคำนวณจากความหนาของชิ้นทดสอบดังแสดงไว้ในบทที่ 3 และสามารถอธิบายผลได้ในลักษณะเดียวกัน คือเมื่อปริมาณกาวเพิ่มขึ้น การยึดเกาะกันระหว่างสายโซ่ (Interlocking) จะเพิ่มขึ้น แรงยึดสูงขึ้น การเกี่ยวพันระหว่างสายโซ่ของกาวกับกากส้มจึงมากขึ้น การพองตัวของชิ้นงานจึงลดลง แต่เนื่องจากกาว UF บวมน้ำได้ กากส้มมีปริมาณแพนโตแซนมาก และมีอนุภาคขนาดเล็ก พื้นที่ผิวสัมผัสมาก ความมีขั้วมาก จึงดูดซับน้ำไว้มาก ทำให้ค่าการพองตัวสูงกว่ามาตรฐานมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% โดยน้ำหนัก ทำให้แผ่นกากส้มอัดมีการพองตัวต่ำที่สุด

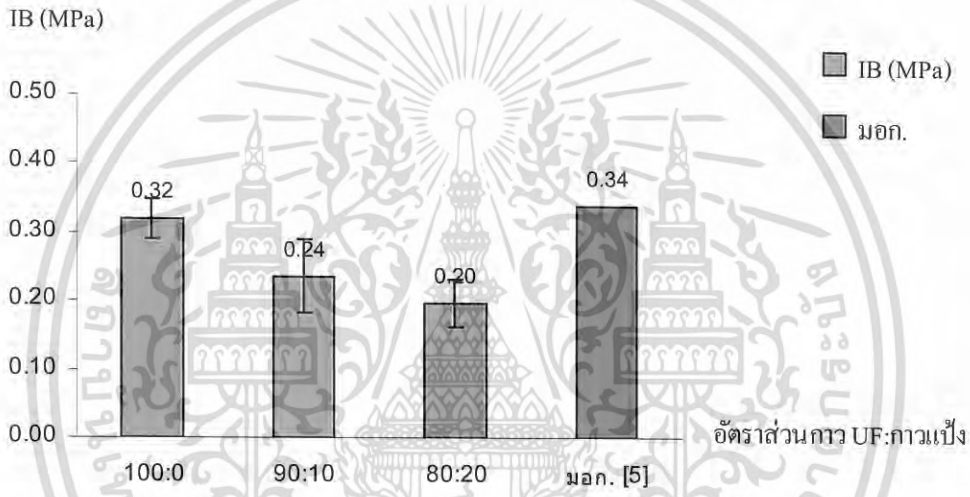
จากผลการทดลองใช้สารยึดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ พบว่า แผ่นกากส้มอัดที่ได้จะมีความแข็งแรงมากขึ้น เมื่อใช้ปริมาณสารยึดมากขึ้น ปริมาณสารยึดที่จะทำให้สามารถขึ้นรูปแผ่นกากส้มอัดได้และมีการยึดติดที่ดี คือ แผ่นกากส้มอัดที่มีปริมาณสารยึดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% โดยน้ำหนัก ดังนั้นจึงเลือกปริมาณสารยึดยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% โดยน้ำหนัก เป็นปริมาณสารยึดที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาผลของปริมาณแป้งในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลของปริมาณแป้งในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด

ในการศึกษาปริมาณแป้งในกาว ได้ทำการเตรียมส่วนผสมของแผ่นกากส้มอัดและสารยึดที่มีความเข้มข้น 50% โดยน้ำหนัก ผสมกันโดยเตรียมสารยึดในอัตราส่วนของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวแป้งเท่ากับ 100:0 90:10 และ 80:20 และใช้สารยึด 15% น้ำหนักแห้งของกาวโดยน้ำหนักแห้งของกากส้ม

4.4.1 การศึกษาความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้



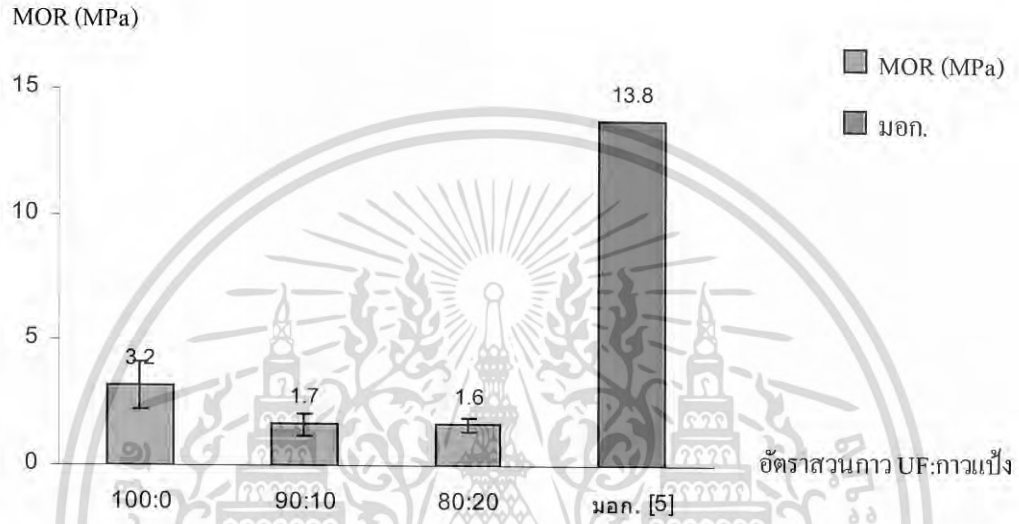
รูปที่ 4.7 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัล-ดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก

จากรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าลดลงเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากความสามารถในของกาวแป้งต่ำกว่ากาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และอนุภาคของแป้งยังไม่เกิดการแตกตัวเป็นเจล จึงทำให้การยึดติดของกาวแป้งไม่ดี และอาจเกิดจากการผสมไม่เข้ากันของกาวแป้งกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เมื่อผ่านกรรมวิธีการอัดร้อนกาว UF จะเกิดการเชื่อมโยงทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ในขณะที่แป้งส่วนที่ไม่แตกตัวจะขัดขวางการยึดติดระหว่างกาว UF กับพื้นที่ผิวของอนุภาคของกากส้ม ทำให้บริเวณนั้นไม่เกิดการยึดติดที่ดีและเป็นจุดที่ทำให้ชิ้นงานไม่แข็งแรง เช่นเดียวกับปริมาณแว็กและไขมันที่มีอยู่ในกากส้ม จะเกิดการละลายและขัดขวางการยึดติดระหว่างกาวกับพื้นผิวของอนุภาคของกากส้มขณะทำการอัดร้อน และเนื่องจากกากส้มมีปริมาณลิกนินน้อย จึงต้องเพิ่มปริมาณสารยึดให้มากขึ้น แผ่นกากส้มอัดจึงจะมีการยึดติดดีและมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

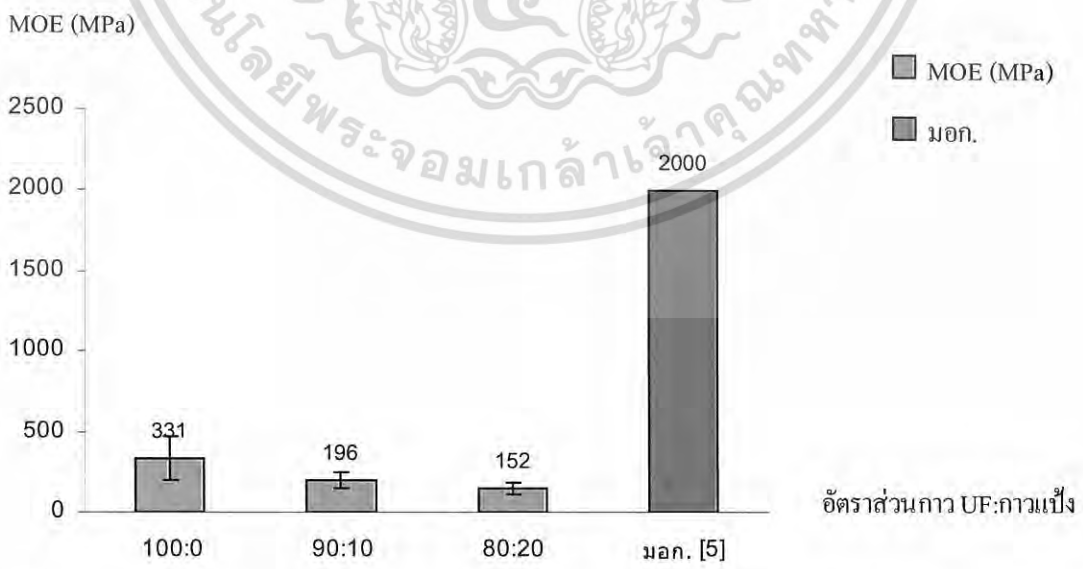
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ปริมาณสารยึดผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งในอัตราส่วน 100:0 ทำให้แผ่นกากส้มอัดมีความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากกว่าอัตราส่วน 90:10 และ 80:20 ตามลำดับ

4.4.2 การศึกษาความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้



รูปที่ 4.8 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก

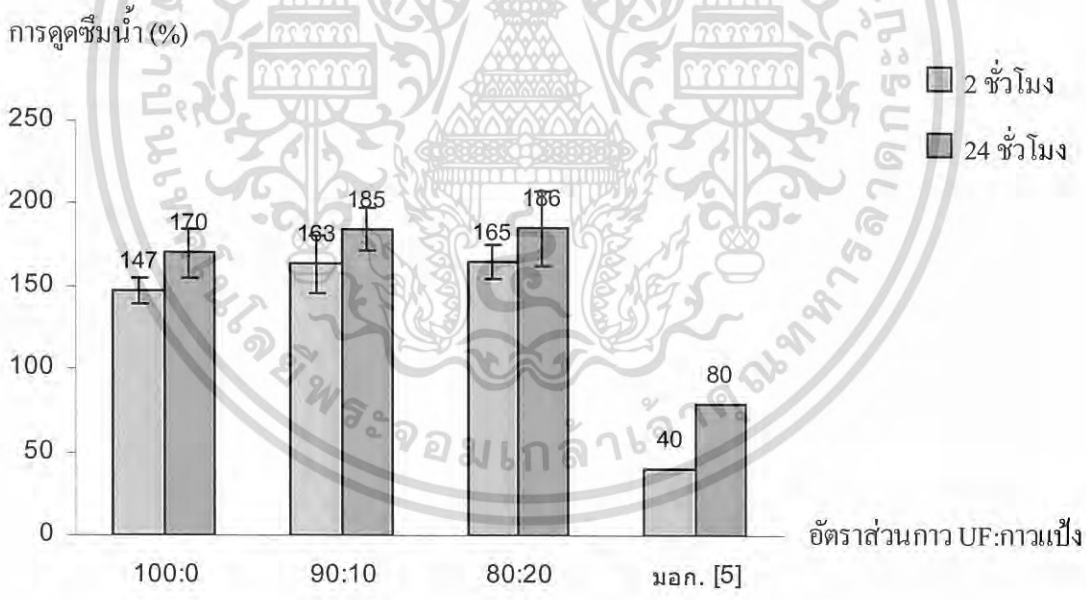


รูปที่ 4.9 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.8 และ 4.9 จะเห็นว่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นมีค่าลดลงเมื่อมีปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น เกิดขึ้นจากอนุภาคของกากส้มที่มีขนาดเล็กและไม่มีส่วนของเส้นใยเป็นตัวเสริมแรงจึงต้องใช้สารยึดปริมาณมากเพื่อให้ชิ้นงานเกิดการยึดติดดีขึ้น มีความแข็งแรงและความต้านทานแรงดัดมากขึ้น ในขณะที่การเติมแป้งลงในกาว UF จะทำให้ความสามารถในการยึดติดของกาว UF กับอนุภาคของกากส้มลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับการลดลงของความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น ในงานวิจัยนี้ปริมาณสารยึดผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งในอัตราส่วน 100:0 ทำให้แผ่นกากส้มอัดสามารถต้านทานแรงดัดได้มากกว่า 90:10 และ 80:20 ตามลำดับ อย่างไรก็ดี จากการทดสอบพบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งจาก 0% เป็น 10% โดยน้ำหนักนั้นให้ค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นที่ลดลงอย่างชัดเจน แต่การเพิ่มปริมาณแป้งจาก 10% เป็น 20% โดยน้ำหนักนั้นให้ผลลดลงของค่าดังกล่าวไม่มากนัก

4.4.3 การศึกษาการดูดซึมน้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้



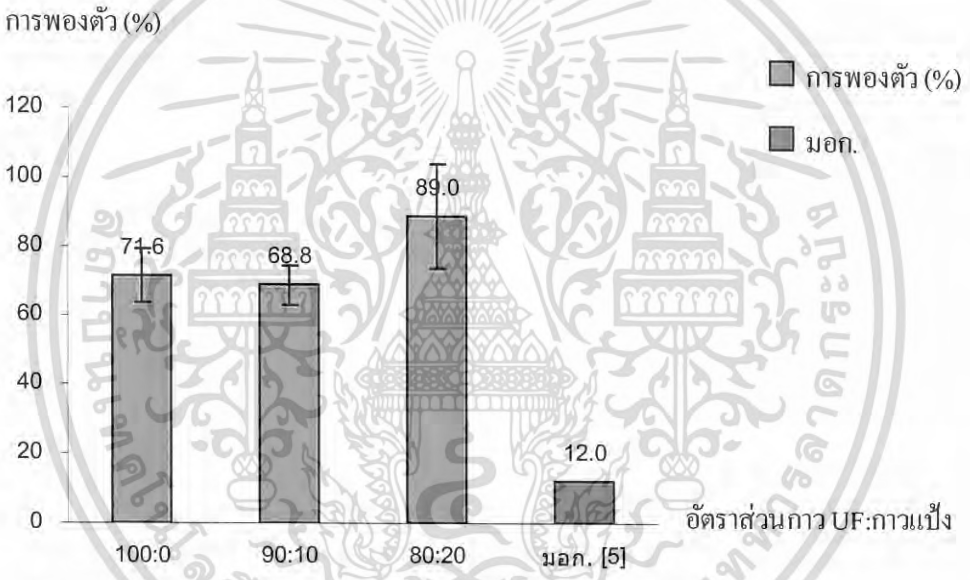
รูปที่ 4.10 ร้อยละการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของแผ่นกากส้มอัดเมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นจากปริมาณกาว UF ที่ลดลงทำให้เกิดการยึดเกาะกันระหว่างสารยึดกับอนุภาคของกากส้มน้อยลง และเนื่องจากกาวแป้งมีหมู่ไฮดรอกซีอยู่เป็นจำนวนมากจึงทำให้มีการดูดซึมน้ำได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นนั่นเอง นอกจากนี้ค่าที่ได้ยังมีค่าสูงกว่ามาตรฐานมาก เนื่องจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์บวมน้ำได้และอนุภาคของกากส้มมีขนาดเล็กจึงสามารถดูดซับน้ำได้มาก และมีปริมาณแพนโตแซนมากจึงละลายน้ำดี ดังที่กล่าวไว้ อย่างไรก็ดีการใส่แป้งลงในกาว UF ในอัตราส่วน 90:10 และ 80:20 จะมีค่าการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากแป้งมีการละลายน้ำต่ำที่อุณหภูมิห้องจึงทำให้น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนและหลังแช่น้ำมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ปริมาณสารยึดผสมยูเรียฟอร์มัล-ดีไฮด์-แป้งอัตราส่วน 100:0 ทำให้แผ่นกากส้มอัดมีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าอัตราส่วน 90:10 และ80:20

4.4.4 การศึกษาการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้



รูปที่ 4.11 ร้อยละการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก

จากรูปที่ 4.11 จะเห็นว่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นจากปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ลดลง เมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นทำให้การยึดติดลดลง นอกจากนี้ปริมาณหมู่ไฮดรอกซีของแป้งที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณของแป้ง มีผลให้โมเลกุลของน้ำแทรกตัวเข้าไปภายในชิ้นงานได้ง่ายขึ้นจึงทำให้เปอร์เซ็นต์การพองตัวสูงขึ้น และค่าการพองตัวที่สูงกว่ามาตรฐานมากนั้นอาจเนื่องมาจากอนุภาคของกากส้มมีขนาดเล็ก และแพนโตแซนในกากส้มสามารถละลายน้ำได้ เช่นเดียวกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่บวมน้ำ จากกราฟ พบว่าการพองตัวในอัตราส่วน 90:10 มีค่าต่ำกว่า 100:0 อยู่เล็กน้อย อาจเกิดขึ้นจากการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอของกาวผสม ซึ่งสามารถอธิบายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สองกรณีดังนี้ กรณีแรก คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เกิดการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอทำให้ชิ้นงานมีความหนาไม่เท่ากัน เนื่องจากบริเวณที่มีกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์อยู่มาก การยึดติดจะดีกว่าบริเวณที่มีกาวน้อย ทำให้ชิ้นงานบริเวณที่ไม่เกิดการยึดติดดูดซึมน้ำไว้มากกว่า การพองตัวจึงมีค่ามาก กรณีที่สองคือ ปริมาณแป้งที่ใช้มีเพียง 10% โดยน้ำหนัก ทำให้เกิดการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ บริเวณที่มีกาวแป้งมากเกิดการพองตัวมาก เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซีอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้ปริมาณสารยึดผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งอัตราส่วน 100:0 น่าจะให้แผ่นกากส้มอัดที่มีการพองตัวต่ำกว่า 90:10 และ 80:20 ตามลำดับ ในลักษณะเช่นเดียวกับการทดสอบการดูดซึมน้ำ

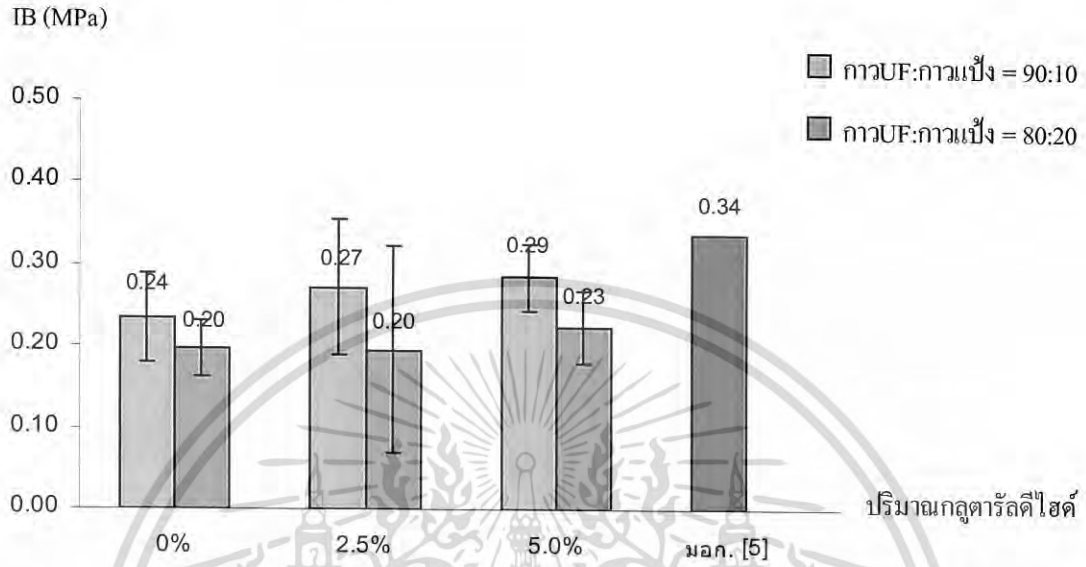
จากผลการทดลองโดยใช้สารยึดกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง พบว่า แผ่นกากส้มอัดที่ได้จะมีความแข็งแรงลดลงเมื่อใช้ปริมาณแป้งมากขึ้น สารยึดในอัตราส่วนกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวแป้ง 100:0 จะทำให้สามารถขึ้นรูปแผ่นกากส้มอัดที่มีการยึดติดที่ดีกว่าสารยึดในอัตราส่วน 90:10 และ 80:20 อย่างไรก็ดี จากการที่ค่าความแข็งแรงของชิ้นงานในอัตราส่วน 80:20 มีค่าลดลงจาก 90:10 ไม่มากนัก อีกทั้งยังให้ผลการดูดซึมน้ำซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนทั้ง 90:10 และ 80:20 สำหรับการศึกษาผลของปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ในกาวแป้งต่อไป

4.5 ผลของปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด

ในการศึกษาปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง ได้ทำการเตรียมส่วนผสมของแผ่นกากส้มอัด โดยเตรียมกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งอัตราส่วน 100:0 90:10 และ 80:20 โดยใช้สารยึด 15% น้ำหนักแห้งของกาวโดยน้ำหนักแห้งของกากส้ม และเติมกลูตารัลดีไฮด์ปริมาณ 0% 2.5% และ 5% โดยน้ำหนักในกาวแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 การศึกษาความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้

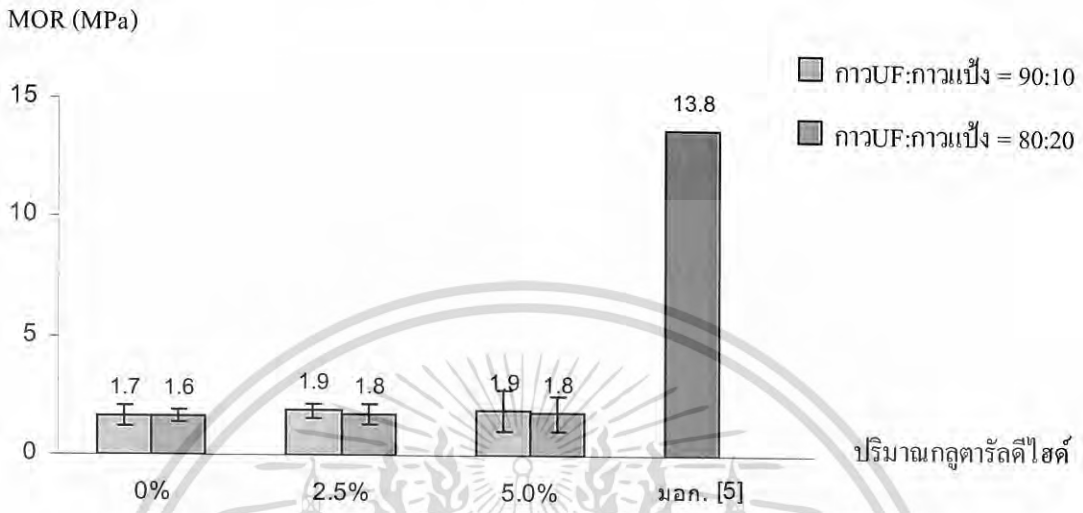


รูปที่ 4.12 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัล-ดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์

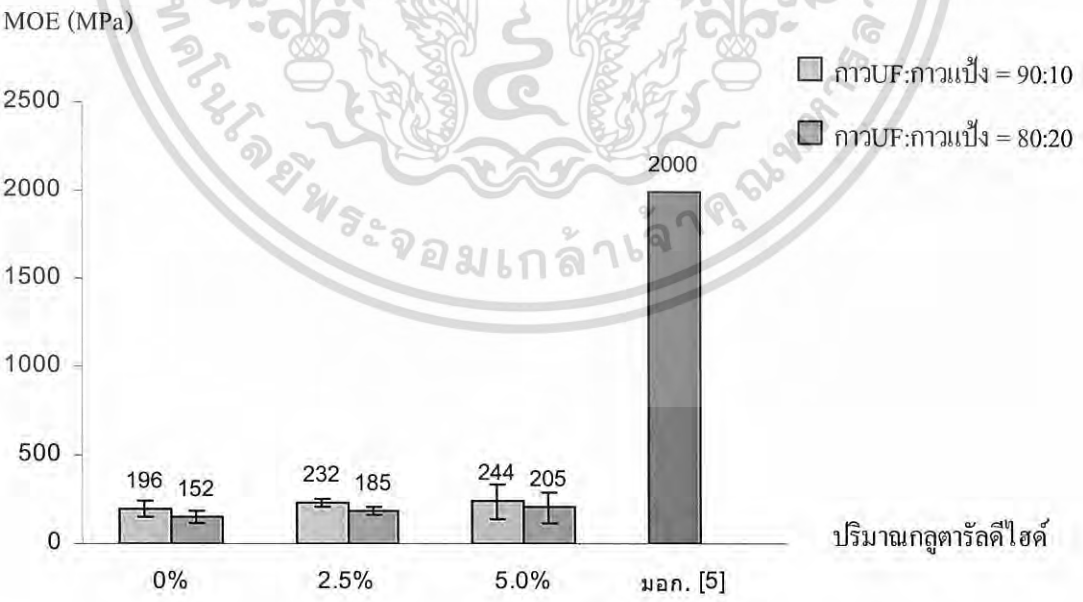
จากรูปที่ 4.12 พบว่าการใส่กลูตารัลดีไฮด์ลงในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งปริมาณ 5% โดยน้ำหนัก จะทำให้แผ่นกากส้มอัดมีความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากกว่า 2.5% และ 0% โดยน้ำหนัก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงของแผ่นกากส้มอัด และความสามารถในการยึดติดของกาวกับอนุภาคของกากส้มที่เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากเมื่อผ่านกรรมวิธีการอัดร้อนกาวผสมจะเกิดการเชื่อมโยงกับกลูตารัลดีไฮด์ โดยเป็นการเชื่อมโยงระหว่างกลูตารัลดีไฮด์กับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ กาวแป้ง และกากส้ม เนื่องจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีหมู่เอมีนซึ่งเกิดการเชื่อมโยงกับกลูตารัลดีไฮด์ได้ดี ในขณะที่การเชื่อมโยงระหว่างกลูตารัลดีไฮด์กับหมู่ไฮดรอกซีของแป้งและเซลลูโลสในกากส้มอาจจะเกิดน้อยหรือเกิดช้า เนื่องจากหมู่เอมีนมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าหมู่ไฮดรอกซี อย่างไรก็ตาม ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อปริมาณกลูตารัล-ดีไฮด์เพิ่มขึ้น และผลที่ได้ยังไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน เนื่องจากใส่ปริมาณ กลูตารัลดีไฮด์น้อย ถ้าต้องการให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นควรใส่ปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ให้มากขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณการเชื่อมโยงให้สูงขึ้น นอกจากนี้การใช้ปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้นในกาวผสมจาก 10% เป็น 20% ก็ทำให้ความแข็งแรงของแผ่นกากส้มอัดลดลงเช่นกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับกาวผสมที่ไม่มีการใส่สารเชื่อมโยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การศึกษาความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้



รูปที่ 4.13 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์

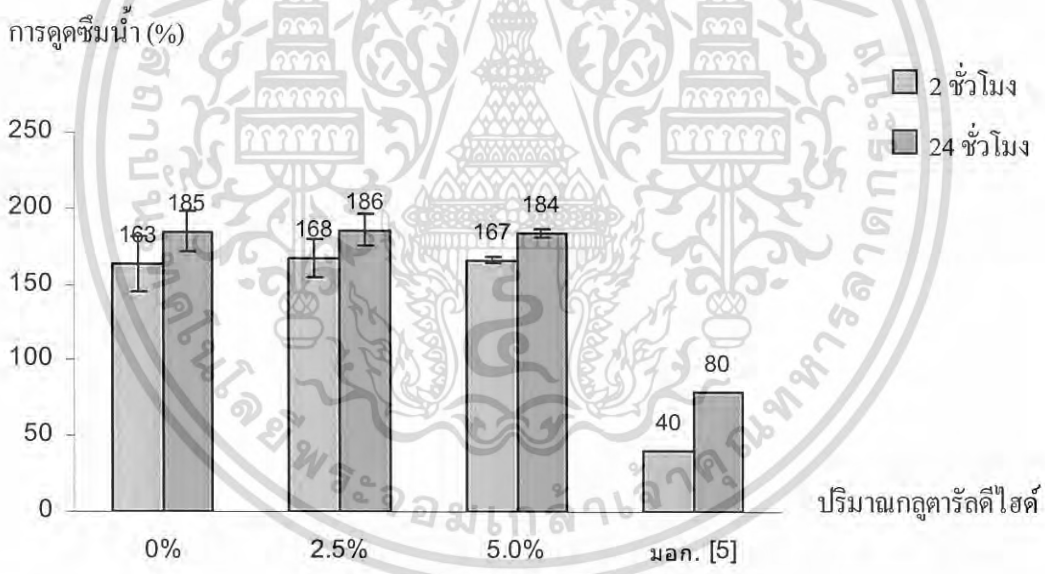


รูปที่ 4.14 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

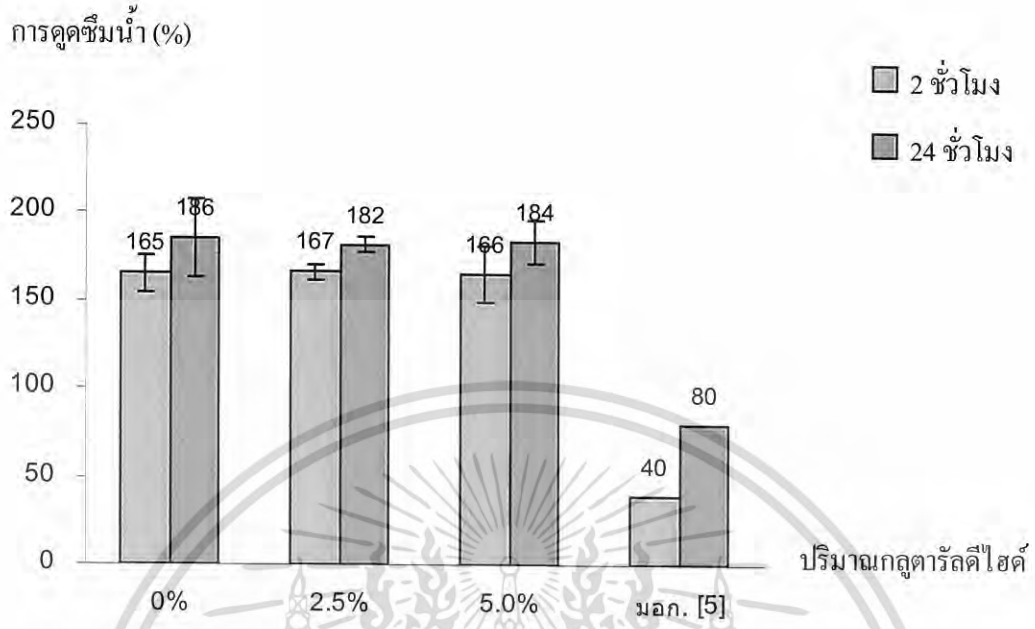
จากรูปที่ 4.13 และ 4.14 พบว่าการใส่กลูตารัลดีไฮด์ลงในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งปริมาณ 5% โดยน้ำหนัก จะทำให้แผ่นกากส้มอัดมีความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นมากกว่า 2.5% และ 0% ตามลำดับ อย่างไรก็ดี จะเห็นว่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยยังไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน เนื่องจากอนุภาคของกากส้มที่มีขนาดเล็กและไม่มีส่วนของเส้นใยเป็นตัวเสริมแรง และถ้าต้องการให้แผ่นกากส้มอัดมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นควรใส่กลูตารัลดีไฮด์ให้มากขึ้น เพราะกาวผสมจะเกิดการเชื่อมโยงกับกลูตารัลดีไฮด์ได้มากขึ้นที่อุณหภูมิสูงขณะทำการอัดร้อน นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณแป้งในกาวผสมก็ทำให้ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นลดลงเช่นกัน ซึ่งผลที่ได้ทั้งหมดสอดคล้องกับผลการศึกษาความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของชิ้นงาน ตามเหตุผลที่ได้อธิบายไปแล้วนั่นเอง

4.5.3 การศึกษาการดูดซึมน้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้



รูปที่ 4.15 ร้อยละการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก อัตราส่วน 90:10 ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

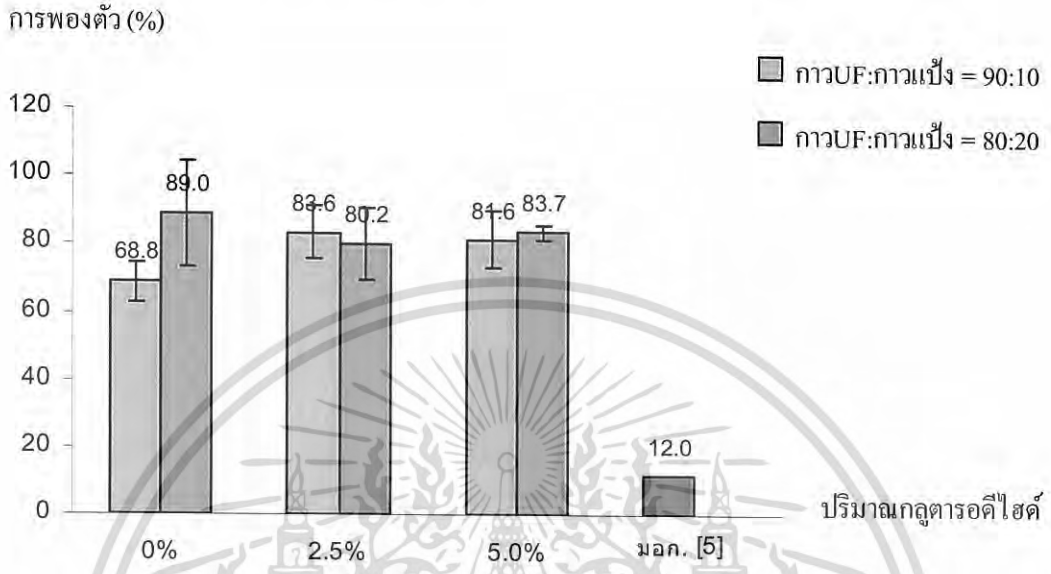


รูปที่ 4.16 ร้อยละการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก อัตราส่วน 80:20 ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.15 และ 4.16 จะเห็นว่าปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ในกาวผสมไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของชิ้นงาน อาจเนื่องมาจากกลูตารัลดีไฮด์ที่เกิดการเชื่อมโยงกับกาวผสมเป็นโครงสร้างที่แข็งทำให้ไม่เกิดการละลายน้ำได้ และส่วนที่ไม่เกิดการเชื่อมโยงเป็นส่วนที่ดูดซึมเอาไว้ หรืออีกสาเหตุหนึ่งคือปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ที่ใส่น้อยเกินไป จึงไม่สามารถเห็นผลที่ชัดเจนได้ แต่กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เกิดการบวมตัวได้ ขนาดของอนุภาคกากส้มและองค์ประกอบทางเคมีของกากส้มมีส่วนที่ละลายน้ำได้ดังที่เคยกล่าวไว้ ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้การใส่กลูตารัล-ดีไฮด์ในปริมาณ 2.5-5.0% โดยน้ำหนักของกาวแป้งลงในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำของแผ่นชิ้นไม้อัด แต่ถ้าใส่กลูตารัลดีไฮด์ในปริมาณที่มากขึ้นอาจเห็นผลที่ชัดเจนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 การศึกษาการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้



รูปที่ 4.17 ร้อยละการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง เป็นสารยึดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นว่าปริมาณกลูตารัลดีไฮด์ในกาวผสมไม่มีผลต่อการพองตัวเมื่อแช่น้ำของชิ้นงาน อาจเนื่องมาจากการเชื่อมโยงไม่สม่ำเสมอและปริมาณกลูตารัลดีไฮด์น้อยเกินไป ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในผลของการดูดซึมน้ำ จึงไม่สามารถเห็นผลที่ชัดเจนได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้การใส่กลูตารัลดีไฮด์ลงในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งไม่มีผลต่อการพองตัวเมื่อแช่น้ำของแผ่นกากส้มอัด แต่อาจเห็นผลที่ชัดเจนขึ้นถ้าใส่กลูตารัลดีไฮด์ในปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้ออกมาในลักษณะเช่นเดียวกับการทดสอบการดูดซึมน้ำ

จากผลการทดลองพบว่า แผ่นกากส้มอัดที่ได้จะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อใส่กลูตารัลดีไฮด์เพิ่มขึ้น และความแข็งแรงลดลงเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น แต่จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่าการเตรียมแผ่นกากส้มอัดโดยใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดอัตราส่วน 90:10 และ 80:20 มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลที่ใกล้เคียงกัน เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตแผ่นกากส้มอัดจากลดปริมาณการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เนื่องจากแป้งมีราคาถูกและปลอดภัยกว่ากาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ และยังเป็นการลดปริมาณสารพิษจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์อีกด้วย ดังนั้นจึงเลือกกาวผสมอัตราส่วน 90:10 และ 80:20 ไปวิเคราะห์ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัดขนาด 25×25×1 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การวิเคราะห์ต้นทุน

ในการวิเคราะห์ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัดนั้น ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัดขนาด 25×25×1 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดในปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับการใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งอัตราส่วน 80:20 ที่ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 5.0% โดยน้ำหนักของแป้ง เป็นสารยึดในปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก และกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดี-ไฮด์-แป้งอัตราส่วน 90:10 ที่ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 5.0% โดยน้ำหนักของแป้ง เป็นสารยึดในปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมโดยใช้กาวข้างต้นแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สมบัติต่างๆ ของแผ่นกากส้มอัดในการวิเคราะห์ต้นทุน

สมบัติ	กาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด ปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก		
	กาว UF	กาวผสม อัตราส่วน 90:10 + กลูตารัลดีไฮด์ 5.0%	กาวผสม อัตราส่วน 80:20 + กลูตารัลดีไฮด์ 5.0%
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคาล)	0.32	0.29	0.23
ความต้านทานแรงดัด (เมกะพาสคาล)	3.2	1.9	1.8
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคาล)	331	244	205
การดูดซึมน้ำ (เปอร์เซ็นต์)			
- 2 ชั่วโมง	147	167	166
- 24 ชั่วโมง	170	184	184
การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (เปอร์เซ็นต์)	71.6	81.6	83.7

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์-มัลดีไฮด์-แป้งอัตราส่วน 90:10 ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ เป็นสารยึดแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 และผลการวิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งอัตราส่วน 80:20 ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์เป็นสารยึดแสดงไว้ในตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึด 15% โดยน้ำหนัก

รายการ	ปริมาณที่ใช้	ราคาต่อหน่วย	คิดเป็นเงิน (บาท)
1. กากส้มแห้ง	500 กรัม	5 บาท/กก.	2.50
2. กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	61.17 กรัม	90 บาท/กก.	5.51
รวมต้นทุนการผลิตแผ่นกากส้มอัด 1 แผ่น (ขนาด 25×25×1 ลบ.ซม.)			8.01 บาท

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง อัตราส่วน 90:10 ที่ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 5% โดยน้ำหนักของกาวแป้ง ในปริมาณ 15% โดยน้ำหนักเป็นสารยึด

รายการ	ปริมาณที่ใช้	ราคาต่อหน่วย	คิดเป็นเงิน (บาท)
1. กากส้มแห้ง	500	5 บาท/กก.	2.50
2. กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	55.05 กรัม	90 บาท/กก.	4.95
3. กาวแป้ง	6.117 กรัม	21 บาท/กก.	0.13
4. กลูตารัลดีไฮด์	0.31 มล.	0.097 บาท/มล.	0.03
รวมต้นทุนการผลิตแผ่นกากส้มอัด 1 แผ่น (ขนาด 25×25×1 ลบ.ซม.)			7.61 บาท

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแผ่นกากส้มอัด เมื่อใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง อัตราส่วน 80:20 ที่ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 5% โดยน้ำหนักของกาวแป้ง ในปริมาณ 15% โดยน้ำหนักเป็นสารยึด

รายการ	ปริมาณที่ใช้	ราคาต่อหน่วย	คิดเป็นเงิน (บาท)
1. กากส้มแห้ง	500	5 บาท/กก.	2.50
2. กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	48.94 กรัม	90 บาท/กก.	4.40
3. กาวแป้ง	12.23 กรัม	21 บาท/กก.	0.26
4. กลูตารัลดีไฮด์	0.54 มล.	0.097 บาท/มล.	0.05
รวมต้นทุนการผลิตแผ่นกากส้มอัด 1 แผ่น (ขนาด 25×25×1 ลบ.ซม.)			7.21 บาท

จากการวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้ พบว่าแผ่นกากส้มอัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลดีที่สุด และเมื่อที่ใช้กาวแป้งผสมกับกาวยูเรียฟอร์ดีไฮด์ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด เพื่อลดปริมาณกาวยูเรีย-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอร์มัลดีไฮด์และลดต้นทุน พบว่าแผ่นกากส้มอัดที่ใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง ที่ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 5% โดยน้ำหนักของกาวแป้ง มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลดีที่สุด จึงนำแผ่นกากส้มอัดที่เตรียมได้จากการใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง อัตราส่วน 90:10 และ 80:20 ที่ผสมกับกลูตารัลดีไฮด์ 5% โดยน้ำหนักของกาวแป้ง ในปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก มาเปรียบเทียบสมบัติต่างๆ และวิเคราะห์ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัดขนาด 25×25×1 ลูกบาศก์เซนติเมตร พบว่าสมบัติต่างๆ ของแผ่นกากส้มอัดที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อใช้กาวผสมอัตราส่วน 90:10 และ 80:20 แต่ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัดโดยใช้กาวผสมอัตราส่วน 80:20 มีราคาถูกกว่าการใช้กาวผสมอัตราส่วน 90:10 อยู่ 0.4 บาท และถูกกว่าการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ 0.8 บาท ต่อหนึ่งแผ่น ดังนั้นจึงเลือกผลิตแผ่นกากส้มอัดโดยใช้กาวผสมอัตราส่วน 80:20 เพื่อลดต้นทุนและลดปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการทำแผ่นกากส้มอัด ซึ่งเป็นการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำส้มคั้นมาเพิ่มมูลค่า อีกทั้งยังลดปริมาณขยะและมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมให้กับวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ โดยศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกากส้มแห้ง และทำการเตรียมแผ่นกากส้มอัดที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาด 25×25×1 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยการนำกากส้มที่ตากแห้งแล้วมาเข้าเครื่องบดละเอียดและทำการร่อนแยกขนาด และเลือกใช้กากส้มที่มีขนาดอยู่ในช่วง 5-60 เมช มาใช้ในการผลิต จากนั้นทำการขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีการอัดร้อนโดยใช้ความดันเท่ากับ 170 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นกากส้มอัด ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

กากส้มแห้งมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ ปริมาณโฮโลเซลลูโลส 67.14% ปริมาณลิกนิน 7.59% ปริมาณแอลฟาเซลลูโลส 63.76% และปริมาณแพนโตแซน 15.06% โดยน้ำหนักอบแห้ง

กากส้มที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัดมีขนาดอนุภาคกากส้มอยู่ในช่วง 5-60 เมช โดยแผ่นกากส้มอัด 1 แผ่นขนาด 25×25×1 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีอนุภาคกากส้มขนาด 12-40 เมช กระจายอยู่ปริมาณ 86.84 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% น้ำหนักแห้งของกาวโดยน้ำหนักแห้งของกากส้ม เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นกากส้มอัด เนื่องจากสามารถขึ้นรูปแผ่นกากส้มอัดที่มีการยึดติดที่ดีและมีสมบัติดีที่สุดในงานวิจัยนี้ กล่าวคือความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นมีค่าสูง การดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีค่าต่ำ เนื่องจากปริมาณกาวที่สูงขึ้น ทำให้การผสมกันระหว่างสารยึดกับอนุภาคของกากส้มเป็นไปอย่างทั่วถึง ทำให้การยึดติดและความแข็งแรงดีขึ้น

ปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้นในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง 15% โดยน้ำหนัก ทำให้แผ่นกากส้มอัดที่ได้มีความแข็งแรงลดลงจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% โดยน้ำหนัก ที่ไม่มีการผสมแป้งลงไป กล่าวคือความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นมีค่าต่ำลง การดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากความสามารถในการยึดติดของกาวแป้งต่ำกว่ากาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และอนุภาคของแป้งบางส่วนที่ไม่รวมกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์จะขัดขวางการยึดติดระหว่างกาวกับพื้นที่ผิวของอนุภาคของกากส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารเชื่อมโยง (กลูตารัลดีไฮด์) ที่เพิ่มขึ้นในกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง 15% โดยน้ำหนัก ทำให้แผ่นกากส้มอัดที่ได้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจากกาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้ง 15% โดยน้ำหนัก ที่ไม่มีการผสมสารเชื่อมโยงลงไป กล่าวคือความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นมีค่าสูงขึ้น แต่ปริมาณสารเชื่อมโยงไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำ เนื่องจากเมื่อผ่านกรรมวิธีอัดร้อน กาวแป้งจะเกิดการเชื่อมโยงกับกลูตารัล-ดีไฮด์ ทำให้ความแข็งแรงและความสามารถในการยึดติดของกาวแป้งกับอนุภาคของกากส้มเพิ่มขึ้น

แม้ว่าในงานวิจัยนี้ จะพบว่าการเติมกาวแป้งลงในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์สามารถเตรียมแผ่นกากส้มอัดได้เช่นเดียวกัน แต่แผ่นกากส้มอัดมีสมบัติที่ด้อยกว่า อย่างไรก็ดี ถ้าพิจารณาปัจจัยต้นทุนที่ใช้ในการผลิต และปริมาณสารพิษจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ก็ยังคงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ ทั้งนี้ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาและปรับปรุงสมบัติต่างๆ ของแผ่นกากส้มอัดที่ใช้กาวผสมยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์-แป้งเป็นสารยึดต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตแผ่นกากส้มอัด ซึ่งจะนำกากส้มที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำส้มคั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยนำกากส้มอบแห้งและบดละเอียดมาผสมกับสารยึด เพื่อนำไปทำเป็นไส้ไม้ในการผลิตไม้อัด หรือทำเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ที่ใช้ในอาคารบ้านเรือนและสำนักงาน

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว อาจทำการศึกษางานวิจัยอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อพัฒนาและปรับปรุงสมบัติต่างๆ ของแผ่นกากส้มอัดนี้ต่อไป ดังนี้

- ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติของแผ่นกากส้มอัด เช่น ความดัน อุณหภูมิ เวลา ที่ใช้ในการอัดแผ่นกากส้ม
- พัฒนาและปรับปรุงวัสดุ เช่น เพิ่มเส้นใยเสริมแรง เพื่อทำให้ความแข็งแรงของแผ่นกากส้มอัดเพิ่มขึ้น และช่วยลดการดูดซึมน้ำ
- เพิ่มปริมาณกาวเพื่อเพิ่มสมบัติในการยึดติดของแผ่นกากส้มอัด
- ศึกษาชนิดของสารเชื่อมโยง หรือเพิ่มปริมาณสารเชื่อมโยงเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของแผ่นกากส้มอัด
- ศึกษาชนิดของกาวที่ใช้ในการอัดแผ่นเพื่อเพิ่มความแข็งแรง เช่น กาวไดฟีนิลมีเทนไดไอโซไซยาเนต (MDI)
- กำจัดปริมาณน้ำตาล แว็ก และไขมันในกากส้มโดยการต้ม เพื่อเพิ่มความสามารถในการยึดติดระหว่างกากส้มกับสารยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้ชนิดอัดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 876-2532)

1. ขอบเขต

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด แบบ ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ส่วนประกอบและการทำ คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึง แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ ซึ่งมีไม้บางหรือวัสดุอื่นปิดทับหน้า

2. บทนิยาม

2.1 แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดราบ : ความหนาแน่นปานกลาง (Flat pressed, FP) particleboard : medium density) ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า แผ่นชิ้นไม้อัด (Particleboard) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นทำจากชิ้นไม้ หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (lignocellosic materials) อื่น ๆ อัดในเครื่องอัดร้อนให้ยึดติดกันด้วยกาว ให้ทิศทางของแรงอัด ตั้งฉากกับระนาบของแผ่น การทำอาจทำเป็นแผ่น ๆ หรือทำต่อเนื่อง ชิ้นไม้ส่วนใหญ่นอนตัวขนานกับระนาบของแผ่น แผ่นไม้อัดอาจทำให้มีลักษณะโครงสร้างเป็นชั้นเดียว สามชั้น หลายชั้น หรือโครงสร้างที่มีชิ้นไม้ขนาดลดหลั่นกันก็ได้ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 500 ถึง 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.2 แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียว หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดเดียวกัน มีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่งอย่างเดียวกัน ตลอดความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด

2.3 แผ่นชิ้นไม้อัดสามชั้น หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่แบ่งตามลักษณะของชิ้นไม้ออกเป็นสามชั้นตลอดความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดในแต่ละชั้นประกอบด้วยชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกัน ปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบางเป็นชั้นผิวหน้าและหลังส่วนชั้นไส้ใช้ชิ้นไม่หยาบและใหญ่กว่า ไม้ที่ใช้ทำชั้นไส้อาจเป็นชนิดที่ต่างกับที่ใช้ทำชั้นผิวหน้าและหลังก็ได้ปริมาณกาวที่ใช้ผสมในชั้นผิวทั้ง 2 หน้า มักมีมากกว่าในชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกันมีผิวแข็งและแน่นขึ้น

2.4 แผ่นชิ้นไม้อัดหลายชั้น หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีลักษณะตามข้อ 2.3 แต่มีจำนวนชั้นมากกว่า 3 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น (graduated particleboard) หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่นประกอบด้วยชิ้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่าอยู่ตรงแนวกลางแผ่นตลอดความหนา จากแนวกลางแผ่น ชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นเล็กไปหาผิวทั้งสองด้านโดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

2.6 ชิ้นไม้ หมายถึง ชิ้นหรือส่วนของเนื้อไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส อื่น ๆ ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักร ชิ้นไม้อาจมีลักษณะต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- เกล็ด (fake) หมายถึง ชิ้นไม้บาง ๆ มีทิศทางของเสี้ยนไม้ขนานกับผิว ได้จากการใช้ใบมีดขนานกับแนวของเสี้ยนไม้ แต่จะทำมุมกับแนวแกนของเส้นใย

- เกล็ดใหญ่ (wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความกว้างและความหนามากกว่า

- แถบ (strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ดแต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

- ขี้กบ (planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็กมีความหนาไม่เท่ากัน คือหนาที่ปลายด้านหนึ่งส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะบางและมีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน

- แท่ง (splinter or sliver) หมายถึงชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมเมื่อมองทางหน้าตัดและมีความยาวตามแนวเสี้ยนไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนา

- เม็ด (granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อยซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

- ลักษณะอื่น ๆ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ทำแผ่นชิ้นไม้อัด

2.7 ไม้บาง (vaneer) หมายถึง แผ่นชิ้นไม้บาง ๆ ที่ได้จากการปอกหรือฝาน

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

2.9 กาว หมายถึง สารอินทรีย์ที่ใช้ยึดชิ้นไม้ให้ติดเข้ากันในแผ่นชิ้นไม้อัด โดยปกติเป็นกาวเรซินสังเคราะห์สำหรับไม้

2.10 สารเติมแต่ง หมายถึง สารที่ใช้เติมในการทำแผ่นชิ้นไม้อัด เพื่อให้มีสมบัติพิเศษขึ้น ซึ่งรวมทั้งสารรักษาเนื้อไม้ด้วย

2.11 ความยึดแน่นของผิวหน้า (surface soundness) หมายถึง สมบัติการยึดของชิ้นไม้ส่วนผิวหน้ากับส่วนถัดไปของแผ่นชิ้นไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบ

แผ่นชิ้นไม้อัดแบ่งเป็น 4 แบบ คือ แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียว แผ่นชิ้นไม้อัดสามชั้น แผ่นชิ้นไม้อัดหลายชั้น แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

แผ่นชิ้นไม้อัดต้องมีความหนา ความแน่น และความเรียบสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแผ่น ขอบต้องตั้งได้ฉากกับระนาบผิว การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.2 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 500 ถึง 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดแต่ละแผ่นจะคลาดเคลื่อนจากความหนาแน่นเฉลี่ยได้ไม่เกินร้อยละ 10

4.3 ความชื้น

ความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15 และความชื้นของแผ่นชิ้นไม้อัดแต่ละแผ่นละ คลาดเคลื่อนจากความชื้นเฉลี่ยได้ไม่เกินร้อยละ 3

4.4 คุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ ให้เป็นไปตามตาราง

ตารางแสดงคุณลักษณะที่ต้องการอื่น ๆ

ลำดับที่	คุณสมบัติ	เกณฑ์ที่กำหนด		
		ความหนามิลลิเมตร		
		3-6	เกิน 6 ถึง 19	เกิน 19 ถึง 50
1	การดูดซึม ร้อยละไม่เกิน - 2 ชั่วโมง - 24 ชั่วโมง	 40 80	 40 80	 40 80
2	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ร้อยละ ไม่เกิน	8.0	12.0	12.0
3	ความต้านทานแรงดัด (เมกะพาสคาล) ไม่น้อยกว่า	18.0	13.8	12.5
4	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคาล) ไม่น้อยกว่า	2,000	2,000	1,850
5	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะพาสคาล) ไม่น้อยกว่า	0.80	0.34	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การทดสอบ

5.1 การปรับสภาวะชิ้นทดสอบ

ให้นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้ทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความต้านแรงดัด มอดุลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความยึดแน่นของผิวหน้า และความยึดเหนี่ยวของตะปูเกลียว ไปปรับสภาวะที่อุณหภูมิ 20±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 65±5 จนน้ำหนักคงที่ คือ น้ำหนักของชิ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้งห่างกัน 24 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.1 แล้วทำการทดสอบทันทีที่จะพ้นจากการปรับสภาวะ ส่วนชิ้นทดสอบที่ใช้ทดสอบความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำ ไม่ต้องปรับภาวะ

5.2 ขนาด

1. ความกว้างและความยาว

ใช้สายวัดโลหะที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร วัดที่จุดลึกเข้าไปจากขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดประมาณ 100 มิลลิเมตร

2. ความหนา

ใช้ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบและขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16±1 มิลลิเมตร (พื้นที่สัมผัสประมาณ 200 ตารางมิลลิเมตร) ให้วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นชิ้นไม้อัดทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากประมาณ 25 ถึง 200 มิลลิเมตร

3. ความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

ใช้สายวัดตามข้อ 1 วัดหาความแตกต่างของเส้นทแยงมุม

4. ความตรงของขอบ

ขึงเส้นด้ายให้ตึงระหว่างมุมที่ขอบเดียวกัน ของแผ่นชิ้นไม้อัดแล้ววัดระยะที่คลาดเคลื่อนจากแนวเส้นด้ายมากที่สุดของขอบทั้ง 4 ด้าน

ตารางแสดงเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

ความหนาระบุ (มิลลิเมตร)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (มิลลิเมตร)	
	ความกว้างและความยาว	ความหนา
3 ถึง 6	±5	± 0.3
เกิน 6 ถึง 19		± 0.4
เกิน 19 ถึง 50		± 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ความหนาแน่น

1. เครื่องมือ

- เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม
- ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

2. วิธีทดสอบ

- ชั่งชิ้นทดสอบให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม
- วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนานกับขอบให้ละเอียด 0.5 มิลลิเมตร แล้วหาค่าเฉลี่ย
- วัดความหนา 4 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

3. การรายงานผล

รายงานค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

5.4 ความชื้น

1. เครื่องมือ

- เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม
- เตาอบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 103±2 องศาเซลเซียส
- เดซิกเคเตอร์

2. วิธีทดสอบ

- ชั่งชิ้นทดสอบซึ่งผ่านการทดสอบตามข้อ 5.3 แล้วให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.01 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนอบ
- อบชิ้นทดสอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่
- นำมาใส่ในเดซิกเคเตอร์ ปล่อยไว้ให้เย็น
- ชั่งชิ้นทดสอบ เป็นน้ำหนักอบแห้ง

3. การรายงานผล

รายงานค่าความชื้นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

5.5 การดูดซึมน้ำ

1. เครื่องมือ

- เครื่องชั่ง ที่ชั่งละเอียดถึง 0.1 กรัม

2. วิธีทดสอบ

1. ชั่งชิ้นทดสอบให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม เป็นน้ำหนักก่อนแช่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้องโดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ฉากกับระดับผิวหน้า ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร และแต่ละชิ้นต้องไม่ติดกัน

3. เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 2 ชั่วโมงแล้ว รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมด แล้วชั่งทันทีเป็นน้ำหนักหลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง ต่อจากนั้นนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำอีก 22 ชั่วโมง แล้วนำขึ้นมาชั่งตามวิธีเดิม น้ำหนักที่ชั่งได้ในครั้งนี้ เป็นน้ำหนักแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

วิธีการคำนวณ

หาค่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง และที่ 24 ชั่วโมง จากสูตร

$$\text{การดูดซึมน้ำ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ(กรัม)} - \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)}} \times 100$$

การรายงานผล รายงานค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบ

5.6 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ

1. เครื่องมือ

- ไมโครมิเตอร์ที่วัดละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

2. วิธีทดสอบ

4) ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ

5) แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้องโดยตั้งชิ้นทดสอบให้ได้ตั้งฉากกับระดับผิวน้ำ ให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร แต่ละชิ้นต้องห่างจากกัน และต้องห่างผนังและก้นภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

6) เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 1 ชั่วโมงแล้ว รีบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด แล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ เช่น พลาสติก กระจก

4) เมื่อปล่อยชิ้นทดสอบไว้ครบ 2 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม แล้วหาค่าเฉลี่ย เป็นความหนาหลังแช่น้ำ

3. วิธีการคำนวณ

หาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำจากสูตร

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

การรายงานผล รายงานค่าเฉลี่ยการพองตัวเมื่อแช่น้ำของชิ้นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

1. เครื่องมือ

1) เครื่องกด ซึ่งวัดแรงกดได้ละเอียดถึง 5 นิวตัน หรือร้อยละ 5 ของแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ หัวกดต้องมีปลายส่วนที่ใช้กดเป็นรูปครึ่งวงกลม มีรัศมี 10 ถึง 13 มิลลิเมตร และมีความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

2) แท่นรองรับ ต้องมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปครึ่งวงกลม หรือรูปวงกลม มีรัศมี 10 ถึง 13 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

3) มาตรวัดการแอ่นตัว ซึ่งอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

2. วิธีการทดสอบ

1) วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 16 เท่าของความหนาระบุของชิ้นทดสอบ (ตัวเลขที่ให้ให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มของ 10 มิลลิเมตรที่ใกล้เคียง) ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากจุดที่รองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตรเท่าๆ กัน

7) ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

3) คำนวณและรายงานค่าเฉลี่ยของความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

3. วิธีการคำนวณ

1) ความต้านแรงดัด หาค่าความต้านแรงดัดจากสูตร

$$F = \frac{3Wl}{2bd^2}$$

เมื่อ F คือ ความต้านทานแรงดัด (MPa)

W คือ แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ (นิวตัน)

l คือ ระยะห่างของแท่นรอบรับ (มิลลิเมตร)

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

2) มอดูลัสยืดหยุ่น หาค่ามอดุลัสยืดหยุ่น จากสูตร

$$E = \frac{\Delta W l^3}{4bd^2 \Delta S}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E คือ มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)

l คือ ระยะห่างของแท่นรอบรับ (มิลลิเมตร)

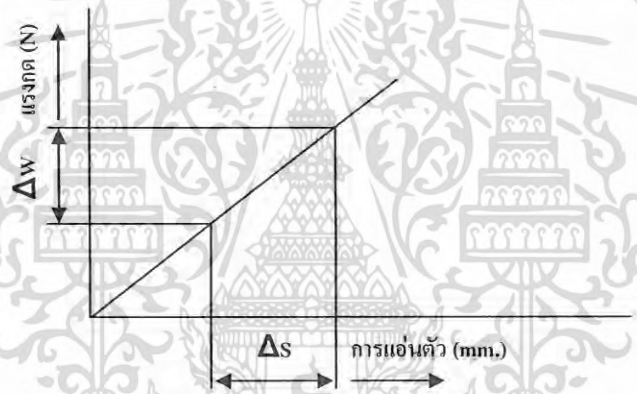
ΔW คือ แรงกดที่เพิ่มขึ้น ในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 1 (นิวตัน)

b คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

d คือ ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

ΔS คือ ระยะแอ่นตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง ตามรูปที่ 1 (มิลลิเมตร)

รายงานผล รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นของชิ้นทดสอบ



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว

5.8 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

เครื่องมือ

1. เครื่องดึง ซึ่งสามารถให้แรงดึงเพื่อแยกชิ้นทดสอบออกให้เวลาไม่น้อยกว่า 30 วินาทีและไม่เกิน 120 วินาที

2. แผ่นดึงซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะที่เหมาะสม ขนาดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร ×50 มิลลิเมตร ความหนาตามความเหมาะสม

วิธีทดสอบ

1. ติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดึง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่มีแรงยึดมากกว่าแรงยึดในตัวชิ้นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้แล้วนี้ไปเข้าเครื่องดึง ดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน ซึ่งปกติจะแยกในชั้นไส้อัตราการเพิ่มแรงดึงต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที

วิธีการคำนวณ

หาค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจากสูตร

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะปาสคัล)} = \frac{\text{แรงดึงสูงสุด (นิวตัน)}}{\text{ความกว้าง (มม.)} \times \text{ความยาว (มม.)}}$$

การรายงานผล รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

- การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคกากส้มที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัดโดยทำการร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ กัน 6 ระดับ

ตาราง ข-1 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคกากส้มที่ใช้ในการผลิตแผ่นกากส้มอัด

ตะแกรง*	ขนาดรูตะแกรงเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)			ปริมาณโดยน้ำหนัก (%)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
+5	4.000	0.03	0.03	0.03	0.10
-5+12	2.840	2.16	1.72	1.89	6.411
-12+20	1.275	8.21	8.25	6.92	25.98
-20+40	0.638	17.70	18.30	18.77	60.86
-40+60	0.337	1.41	1.24	1.83	4.98
-60	0.250	0.14	0.35	0.11	0.67

*การวัดขนาดอนุภาคกากส้มแต่ละเมชเป็นค่าเฉลี่ยจากกากส้มปริมาณ 30 กรัม

- แผ่นกากส้มอัดผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 11% โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักแห้งของกากส้ม

ตาราง ข-2 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.46	50.43	50.45	50.46	50.46	50.45
ความยาว (มม.)	50.47	50.44	50.44	50.41	50.47	50.44
ความหนา (มม.)	9.73	9.67	9.73	9.72	9.76	9.72
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (เมกะปาสคัล)	139.60	157.60	173.80	161.70	149.30	156.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-3 ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.14	50.14	50.12	50.15	50.14	50.14
ความยาว (มม.)	200.18	200.16	200.11	200.15	200.17	200.15
ความหนา (มม.)	9.57	9.62	9.65	9.59	9.60	9.60
ความต้านทานแรงดัด (เมกะปาสคัล)	1.30	0.96	0.44	0.30	0.29	0.66
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสคัล)	72.06	59.27	32.96	22.87	16.81	40.79

- แผ่นกากส้มอัดผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 13% โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักแห้งของกากส้ม

ตารางแสดงค่าการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

ตาราง ข-4 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.40	50.32	50.21	-	-	50.31
ความยาว (มม.)	50.33	50.27	50.34	-	-	50.31
ความหนา (มม.)	9.49	9.52	9.53	-	-	9.51

ตาราง ข-5 หลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความหนา (มม.)	18.70	17.66	18.51	-	-	18.29
% การพองตัว	97.05	85.50	94.23	-	-	92.36

ตารางแสดงค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตาราง ข-6 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.33	50.29	50.17	-	-	50.26
ความยาว (มม.)	50.19	50.24	50.31	-	-	50.25
น้ำหนัก (กรัม)	20.41	22.20	23.56	-	-	22.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-7 หลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	58.16	58.76	59.69	-	-	58.87
% การดูดซึมน้ำ	184.96	164.68	153.35	-	-	167.66

ตาราง ข-8 หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	62.77	59.84	61.34	-	-	61.32
% การดูดซึมน้ำ	207.54	169.55	160.36	-	-	179.15

ตาราง ข-9 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.25	51.20	51.29	51.21	51.24	51.24
ความยาว (มม.)	50.94	51.36	51.32	51.35	51.25	51.24
ความหนา (มม.)	9.45	9.48	9.55	9.48	9.47	9.48
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	379.10	495.80	542.40	363.80	312.90	418.80

ตาราง ข-10 ต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.15	50.18	50.15	50.18	50.15	50.16
ความยาว (มม.)	200.16	200.15	200.16	200.16	200.16	200.16
ความหนา (มม.)	9.44	9.31	9.32	9.34	9.31	9.34
ความต้านทานแรงดัด (เมกะปาสคัล)	1.69	0.50	2.51	1.39	1.04	1.43
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสคัล)	120.89	73.78	260.73	128.19	191.84	155.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-แผ่นกากส้มอัดผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15% โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักแห้งของกากส้ม

ตารางแสดงค่าการทดสอบการพองตัว

ตาราง ข-11 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.50	51.54	51.58	51.56	51.66	51.57
ความยาว (มม.)	51.60	51.50	51.56	51.58	51.58	51.56
ความหนา (มม.)	9.39	9.37	9.40	9.40	9.41	9.39

ตาราง ข-12 หลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความหนา (มม.)	16.01	14.99	16.13	17.06	16.49	16.14
% การพองตัว	70.50	59.99	71.59	81.49	75.24	71.56

ตารางแสดงค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตาราง ข-13 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.45	50.32	50.22	50.43	50.46	50.38
ความยาว (มม.)	50.31	50.40	50.43	50.38	50.36	50.38
น้ำหนัก (กรัม)	20.94	16.24	18.55	21.77	20.83	19.66

ตาราง ข-14 หลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	49.55	41.20	47.68	54.84	51.80	49.01
% การดูดซึมน้ำ	136.63	153.69	157.04	151.91	148.68	146.83

ตาราง ข-15 หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	57.82	44.96	53.34	54.32	54.33	52.95
% การดูดซึมน้ำ	174.42	176.85	187.55	149.52	160.82	169.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-16 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.75	50.70	50.79	50.71	50.74	50.74
ความยาว (มม.)	50.94	50.86	50.82	50.85	50.75	50.84
ความหนา (มม.)	9.43	9.33	9.21	9.33	9.31	9.32
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	838.00	734.29	756.90	900.90	882.20	822.46

ตาราง ข-17 ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.12	50.15	51.35	51.25	51.14	50.81
ความยาว (มม.)	50.94	50.86	50.82	50.85	50.75	50.84
ความหนา (มม.)	9.43	9.33	9.21	9.33	9.31	9.32
ความต้านทานแรงดัด (เมกะปาสคัล)	1.94	3.07	3.32	3.02	4.57	3.19
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสคัล)	164.25	302.36	351.99	289.85	544.83	330.66

-แผ่นกากส้มอัดผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวแป้งในอัตราส่วน 90:10

ตารางแสดงค่าการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

ตาราง ข-18 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.12	51.09	51.23	51.07	-	51.13
ความยาว (มม.)	51.16	51.00	51.19	51.04	-	51.10
ความหนา (มม.)	9.22	9.07	9.03	9.30	-	9.15

ตาราง ข-19 หลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความหนา (มม.)	15.61	15.74	14.49	16.00	-	15.46
% การพองตัว	69.31	73.53	60.47	72.04	-	68.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตาราง ข-20 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.10	51.21	51.18	51.08	-	51.14
ความยาว (มม.)	51.06	51.09	51.11	51.08		51.09
น้ำหนัก (กรัม)	18.98	18.80	17.60	19.26	-	18.66

ตาราง ข-21 หลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	47.75	47.30	50.82	49.67	-	48.88
% การดูดซึมน้ำ	151.58	151.54	188.75	157.89	-	163.44

ตาราง ข-22 หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	52.39	53.63	52.82	51.61	-	52.61
% การดูดซึมน้ำ	177.03	185.27	200.11	169.96	-	184.94

ตาราง ข-23 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.15	51.00	51.25	51.00	51.10	50.90
ความยาว (มม.)	50.98	51.03	51.40	51.16	51.00	51.11
ความหนา (มม.)	9.18	9.09	8.92	9.03	9.12	9.07
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	531.20	737.00	803.80	512.20	489.40	614.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-24 ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.11	51.15	51.11	51.12	51.11	51.12
ความยาว (มม.)	200.65	200.75	200.60	200.00	200.65	200.53
ความหนา (มม.)	9.02	9.05	9.09	9.03	9.06	9.05
ความต้านทานแรงดัด (เมกะปาสคัล)	2.09	1.95	1.84	1.28	1.09	1.65
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสคัล)	255.78	233.00	182.02	126.06	183.99	196.17

- แผ่นกากส้มอัดผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวแป้งในอัตราส่วน 80:20

ตารางแสดงค่าการทดสอบการพองตัว

ตาราง ข-25 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.43	50.23	50.24	50.28	50.35	50.31
ความยาว (มม.)	50.32	50.26	50.27	50.34	50.36	50.31
ความหนา (มม.)	9.23	9.17	9.03	9.05	9.16	9.13

ตาราง ข-26 หลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความหนา (มม.)	18.79	16.54	16.02	15.92	19.01	17.26
% การพองตัว	103.57	80.37	77.41	75.91	107.53	88.96

ตารางแสดงค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตาราง ข-27 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.21	50.38	50.24	50.24	50.30	50.27
ความยาว (มม.)	50.33	50.27	50.31	50.24	50.29	50.29
น้ำหนัก (กรัม)	17.74	18.91	17.85	18.12	19.00	18.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-28 หลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	49.26	49.21	48.88	47.52	47.97	48.57
% การดูดซึมน้ำ	177.67	160.23	173.84	162.25	152.47	165.29

ตาราง ข-29 หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	57.61	52.11	49.92	48.67	53.18	52.21
% การดูดซึมน้ำ	224.75	175.57	179.66	168.60	179.90	185.70

ตาราง ข-30 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.76	50.98	50.87	51.25	51.28	51.03
ความยาว (มม.)	51.08	51.00	51.30	51.24	51.08	51.14
ความหนา (มม.)	9.01	8.92	8.93	9.12	9.01	9.00
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	596.90	415.30	415.30	544.20	590.40	512.42

ตาราง ข-31 ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.17	51.21	50.09	50.70	50.89	50.81
ความยาว (มม.)	199.13	199.26	199.15	199.20	199.63	199.27
ความหนา (มม.)	9.16	9.39	9.27	9.24	9.31	9.27
ความต้านทานแรงดัด (เมกะปาสคัล)	1.85	1.94	1.68	1.25	1.50	1.64
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสคัล)	175.60	199.96	154.94	104.63	123.25	151.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผ่นกากส้มอัดผสมกาวแป้ง+ กลูตารัลดีไฮด์ 50%

ตาราง ข-32 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.32	51.25	51.27	51.18	51.27	51.26
ความยาว (มม.)	51.27	51.31	51.28	51.26	51.22	51.27
ความหนา (มม.)	9.75	9.64	9.72	9.67	9.54	9.66
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	0.135	0.131	0.132	0.119	0.143	0.132

-แผ่นกากส้มอัดผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวแป้งในอัตราส่วน 90:10 + กลูตารัลดีไฮด์ 2.5%

ตารางแสดงค่าการทดสอบการพองตัว

ตาราง ข-33 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.14	51.13	51.06	51.10	51.14	51.11
ความยาว (มม.)	51.25	51.26	51.14	51.15	51.19	51.20
ความหนา (มม.)	9.58	9.21	8.89	9.07	9.44	9.24

ตาราง ข-34 หลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความหนา (มม.)	18.22	17.38	16.01	16.95	16.23	16.96
% การพองตัว	90.18	88.70	80.09	86.88	71.93	83.56

ตารางแสดงค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตาราง ข-35 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.50	50.45	50.34	50.41	50.38	50.41
ความยาว (มม.)	50.43	50.29	50.32	50.40	50.31	50.35
น้ำหนัก (กรัม)	19.98	20.21	16.60	16.72	17.17	18.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-36 หลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	51.46	51.03	46.51	46.28	47.44	48.54
% การดูดซึมน้ำ	157.56	152.49	180.18	176.79	176.29	167.65

ตาราง ข-37 หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	55.42	55.17	48.90	48.92	50.91	51.86
% การดูดซึมน้ำ	177.37	172.16	192.46	192.58	196.50	186.21

ตาราง ข-38 ทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.99	50.29	50.74	50.76	50.79	50.71
ความยาว (มม.)	50.76	50.82	50.71	50.94	50.67	50.78
ความหนา (มม.)	9.00	9.04	8.96	8.92	8.99	8.98
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	636.60	844.50	992.50	532.70	504.50	702.16

ตาราง ข-39 ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.82	51.87	51.54	51.74	51.61	51.72
ความยาว (มม.)	200.17	200.24	200.13	200.21	200.11	200.17
ความหนา (มม.)	9.01	8.92	8.93	9.12	9.01	9.00
ความต้านทานแรงดัด (เมกะปาสคัล)	1.47	1.83	2.17	2.18	1.75	1.88
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสคัล)	212.56	245.95	262.29	242.82	195.53	231.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผ่นกากส้มอัดผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวแป้งในอัตราส่วน 90:10 + กลูตารัลดีไฮด์ 5.0%

ตารางแสดงค่าการทดสอบการพองตัว

ตาราง ข-40 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.34	51.28	51.21	51.21	51.16	51.24
ความยาว (มม.)	51.24	51.15	51.36	51.32	51.19	51.25
ความหนา (มม.)	9.52	9.22	8.99	9.28	9.43	9.29

ตาราง ข-41 หลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความหนา (มม.)	18.50	16.91	15.54	16.83	16.60	16.88
% การพองตัว	94.32	83.41	72.86	81.36	76.03	81.60

ตารางแสดงค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตาราง ข-42 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.35	51.12	51.25	51.19	51.31	51.12
ความยาว (มม.)	51.26	51.34	51.28	51.31	51.26	51.29
น้ำหนัก (กรัม)	17.86	17.90	20.42	20.25	19.11	19.11

ตาราง ข-43 หลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	48.16	47.77	54.63	54.21	50.19	50.99
% การดูดซึมน้ำ	169.65	166.87	167.53	167.70	162.64	166.88

ตาราง ข-44 หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	51.41	51.03	57.54	57.01	54.22	54.24
% การดูดซึมน้ำ	187.85	185.08	181.78	181.53	183.73	183.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-45 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.21	51.48	51.64	51.41	51.43	51.43
ความยาว (มม.)	51.43	51.51	51.65	51.64	51.54	51.55
ความหนา (มม.)	9.87	9.84	9.72	9.75	9.54	9.74
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	967.10	903.70	721.10	804.90	747.40	828.84

ตาราง ข-46 ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.49	51.44	51.54	51.31	51.55	51.46
ความยาว (มม.)	200.13	200.24	200.18	200.16	200.30	200.20
ความหนา (มม.)	9.26	9.33	9.30	9.27	9.27	9.29
ความต้านทานแรงดัด (เมกะปาสคัล)	1.93	1.46	1.71	1.13	3.43	1.93
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสคัล)	257.84	194.98	233.94	131.69	399.49	243.59

- แผ่นกากส้มอัดผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวแป้งในอัตราส่วน 80:20 + กลูตารัลดีไฮด์ 2.5%

ตารางแสดค่าการทดสอบการพองตัว

ตาราง ข-47 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.33	50.21	50.18	50.30	50.24	50.25
ความยาว (มม.)	50.19	50.22	50.28	50.16	50.21	50.21
ความหนา (มม.)	9.42	9.35	9.51	9.11	9.48	9.37

ตาราง ข-48 หลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความหนา (มม.)	18.24	16.13	16.75	15.50	17.97	16.92
% การพองตัว	92.81	72.51	76.13	70.14	89.56	80.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตาราง ข-49 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.08	50.20	50.12	50.17	50.23	50.16
ความยาว (มม.)	50.31	50.22	50.18	50.15	50.22	50.22
น้ำหนัก (กรัม)	20.12	18.16	17.34	20.00	20.59	19.24

ตาราง ข-50 หลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	54.12	47.31	47.28	53.44	54.18	51.27
% การดูดซึมน้ำ	166.98	160.52	172.66	167.20	163.17	166.50

ตาราง ข-51 หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	57.09	50.11	49.98	56.32	58.10	54.32
% การดูดซึมน้ำ	183.75	175.99	188.23	181.60	182.18	182.34

ตาราง ข-52 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.10	51.05	50.80	51.00	50.60	50.91
ความยาว (มม.)	50.95	50.05	50.95	50.95	50.75	50.73
ความหนา (มม.)	8.99	9.01	9.15	9.21	9.10	9.09
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	108.10	917.80	622.80	251.90	624.80	505.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-53 ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.06	51.05	51.10	50.88	51.36	51.09
ความยาว (มม.)	199.72	199.45	199.36	199.34	199.64	199.50
ความหนา (มม.)	9.05	8.84	8.87	9.01	9.09	8.97
ความต้านทานแรงดัด (เมกะปาสคัล)	2.16	1.04	1.77	1.84	2.03	1.77
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสคัล)	212.76	158.00	181.15	187.93	185.34	185.04

- แผ่นกากส้มอัดผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ต่อกาวแป้งในอัตราส่วน 80:20 + กลูตารัลดีไฮด์ 5.0%

ตารางแสดงค่าการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

ตาราง ข-54 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	50.27	50.19	50.11	50.18	50.25	50.20
ความยาว (มม.)	50.23	50.27	50.32	50.21	50.19	50.24
ความหนา (มม.)	9.11	8.76	9.36	9.10	8.95	9.06

ตาราง ข-55 หลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความหนา (มม.)	16.92	15.77	17.26	16.90	16.33	16.64
% การพองตัว	85.73	80.02	84.40	85.71	82.45	83.66

ตารางแสดงค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ตาราง ข-56 ก่อนแช่น้ำ

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.13	51.34	51.26	51.28	51.31	51.26
ความยาว (มม.)	51.14	51.20	51.19	51.24	51.22	51.20
น้ำหนัก (กรัม)	16.61	16.82	19.01	18.42	17.38	17.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-57 หลังแช่น้ำ 2 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	47.78	46.21	48.82	45.19	46.37	46.87
% การดูดซึมน้ำ	187.66	174.73	156.81	145.33	166.80	166.26

ตาราง ข-58 หลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก (กรัม)	50.11	49.06	53.13	48.95	49.60	50.17
% การดูดซึมน้ำ	201.68	191.68	179.48	169.74	185.39	184.79

ตาราง ข-59 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.31	51.15	51.18	51.19	51.16	51.20
ความยาว (มม.)	51.45	51.20	51.26	51.00	51.20	51.22
ความหนา (มม.)	9.05	9.23	9.11	9.23	9.17	9.16
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	773.20	625.90	577.40	481.10	494.30	590.38

ตาราง ข-60 ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น

ชิ้นทดสอบที่	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ความกว้าง (มม.)	51.10	51.05	51.06	51.09	51.07	51.07
ความยาว (มม.)	200.00	201.00	200.00	196.55	200.00	199.51
ความหนา (มม.)	9.10	9.18	9.19	9.11	9.06	9.13
ความต้านทานแรงดัด (เมกะปาสคัล)	2.47	1.92	1.65	2.34	0.66	1.80
มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะปาสคัล)	337.31	172.74	183.63	238.31	92.02	204.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กิจกรรมรณรงค์กำจัดผักตบชวาในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา, โครงการรณรงค์และประชาสัมพันธ์เพื่อแก้ปัญหาแม่น้ำเจ้าพระยาเน่าเสีย, เล่มที่ 1/3, 2540.
2. Maloney, T. M., Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing, 1 st Ed., Sanfrancisco: Miller Freeman Publication, 1977.
3. ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมน้ำส้มเกล็ดหิมะโชกุน จังหวัดฉะเชิงเทรา, 2548.
4. Imam S.H., Gosdon S. H., Mao L. and Chen L., Environmentally friendly wood adhesive from a renewable plant polymer: characteristic and optimization, Plant Polymer Reseach Unit, Nation Center for Agricultural Utilization Reseach, The United States, Department of Agriculture, University Street, USA, 2001.
5. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นชิ้นไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (มอก. 876-2532), เล่มที่ 106 ตอนที่ 146, 2532.
6. นิศากร เจริญดี, การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากผักตบชวา, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2544.
7. วรธรรม อุ่นจิตติชัย, เทคโนโลยีไม้เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นพาร์ติเคิล (แผ่นชิ้นไม้อัด) และกรรมวิธีการผลิต, กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ, 2541.
8. ศูนย์พันธุวิศวกรรมละเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, สมุนไพร.. ไม้พื้นบ้าน(4), พิมพ์ที่บริษัทประชาชน จำกัด, 445-446.
9. การค้นหาภาพ *Citrus nobilis* Lour., 1999. [Online] Available: http://www.apsnet.org/online/Archive/1999/IW00006.htm.
10. Skeist I., Handbook of Adhesive, 2 nd Ed. New York: van Nustrand Reinhold Co, 1977.
11. Malcolm, P. S., Polymer chemistry: an introduction, 1 st Ed. Canada: Addision-Wesley Publishing Company, Inc, 1977.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. กล้าณรงค์ ศรีรอด, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2543.

13. ณรงค์ เพ็งปรีชา, กาวติดไม้, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมฯ: โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การขายและการซื้อแห่งประเทศไทย จำกัด, 2517.

14. Delmonte J., Tecnology of Adhesive, 1 st ed. New York: Hsrner Pub Co. 1965.

15. John A. Kiernan, Department of Anatomy & CellBiology, The University of Western Ontario, London, Canada N6A 5C1, Formaldehyde, formalin, paraformaldehyde and glutaraldehyde, 2000. [Online] Available:

http:// publish.uwo.ca/~jkiernan/formglut.htm.

16. GNU Free Documentation License, Glutaraldehyde, 2006. [Online] Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Glutaraldehyde.htm.

17. Canadian Centre for Occupational Health & Safety, Basic Information on Glutaraldehyde, 2004. [Online] Available:

http://www.ccohs.ca/oshanswer/chemicals/chem_profiles/glutaraldehyde.html.

18. ประมวล ดีประดวง, วันชัย อัศวภูษิตกุล และอนุรักษ์ ประสิทธิ์สุทธิพร, การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดความหนาแน่นต่ำจากขุยมะพร้าว, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2529.

19. วิริยะ แสงสว่าง, สรศักดิ์ ไชยเลิศ และเดชชนะ เกิดชูชื่น, คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของแผ่นไม้ทำจากเส้นใยผักตบชวา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545.

20. พิพัฒน์ ตรีกิตตินุรักษ์, การปรับปรุงคุณภาพกาวติดไม้ที่ได้จากปฏิกิริยาพอลีคอนเอนเซชันของเมลามีน ยูเรีย ฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยแป้งมันสำปะหลัง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2528.

21. Charoenvai S., Development of New Particleboard from Durian Peel and Coconut Coir with Low Thermal Conductivity, Master of Engineering Energy Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22. ฉัตรชัย ลิ่มอุไร และพัชรา ศรีธระทรัพย์, การศึกษาฟิล์มผสมชนิดย่อยสลายได้ระหว่างไคโตซาน พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และแป้งชนิดปรับปรุงด้วยเอสเทอร์, โครงงานพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541.

23. วิทยา ปั้นสุวรรณ และวิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์, คู่มือการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบและเยื่อกระดาษ, สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2545.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้