การศึกษาสมบัติการกั้นเสียงและการต้านทานการลามไฟของแผ่นชิ้นไม้อัด ที่ทำจากชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว และพอลิสไตรีนโฟม

STUDY ON SOUND BARRIER AND FLAME RETARDANT PROPERTIES OF PARTICLEBOARD MADE FROM BAGASSES/COCONUT COIR/ POLYSTYRENE FOAM

ประวิทย์ อรุณวัฒนโชค

PRAWIT ARUNWATTANACHOK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2816-7

การศึกษาสมบัติการกั้นเสียงและการต้านทานการลามไฟของแผ่นชิ้นไม้อัด ที่ทำจากชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว และพอลิสไตรีนโฟม

STUDY OF SOUND BARRIER AND FLAME RETARDANT PROPERTIES OF PARTICLEBOARD MADE FROM BAGASSES/COCONUT COIR/ POLYSTYRENE FOAM

ประวิทย์ อรุณวัฒนโชค

PRAWIT ARUNWATTANACHOK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2816-7

STUDY OF SOUND BARRIER AND FLAME RETARDANT PROPERTIES OF PARTICLEBOARD MADE FROM BAGASSES/COCONUT COIR/ POLYSTYRENE FOAM

PRAWIT ARUNWATTANACHOK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN POLYMER TECHNOLOGY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2006

ISBN 974-15-2816-7

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT`S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาสมบัติการกั้นเสียงและการต้านทานการลามไฟ ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว และพอลิสไตรีนโฟม
นักศึกษา	นายประวิทย์ อรุณวัฒนโชค
รหัสประจำตัว	46064303
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีพอลิเมอร์
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเอาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีอยู่ปริมาณมากในประเทศไทย และพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้แล้วมาแปรรูปให้เป็นแผ่นชิ้นไม้อัด โดยศึกษาการเตรียมแผ่นชิ้นไม้อัดชานอ้อยที่ปรับปรุงด้วยเส้นใยมะพร้าว ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ ขนาดเส้นใยมะพร้าว อัตราส่วนของชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ศึกษาชนิดและปริมาณของสารต้านทานการลามไฟ โดยทำการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. ด้วยเครื่องกดอัดร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติดที่ 10%และ15% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด แล้วจึงนำแผ่นชิ้นไม้อัดไปทดสอบ สมบัติการดูดซึมน้ำ สมบัติการพองตัวทางความหนา สมบัติเชิงกล และสมบัติการกั้นเสียง

จากการทดลองพบว่า เส้นใยมะพร้าวขนาด 21-50 เมช เหมาะสมในการผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียง โดยแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่มีปริมาณเส้นใยมะพร้าวเพิ่มขึ้นและมีการผสมพอลิสไตรีนโฟม ให้ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการพองตัวทางความหนา ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นและค่าการกั้นเสียงลดลง แต่มีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงขึ้น ขณะที่การหน่วงการติดไฟของแผ่นชิ้นไม้อัดขึ้นอยู่กับชนิดของสารต้านทานการลามไฟและกาวที่ใช้ ซึ่งภายใต้การทดลองนี้ H_3BO_3 มีประสิทธิภาพการหน่วงการติดไฟได้ดีกว่า $Mg(OH)_2$ โดยเฉพาะเมื่อใช้กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์กับกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่า กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ให้แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่มีสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียงดีกว่ากาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

Thesis Title	Study of Sound Barrier and Flame Retardant Properties of Particleboard made from Bagasses/Coconut Coir/ Polystyrene Foam
Student	Mr. Prawit Arunwattanachok
Student ID	46064303
Degree	Master of Science
Program	Polymer Technology
Year	2006
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr.Malinee Chaisupakitsin

ABSTRACT

The objective of this thesis aimed to produce sound barrier particleboard from agricultural waste in Thailand and polystyrene foam waste. Preparation of bagasse particleboards modified by mixing coconut coir was studied. Several parameters such as size of coconut coir, ratio of bagasses and coconut coir to polystyrene foam, type and amount of flame retardant were studied. Sound barrier particleboard which has density of 0.3 g/cm^3 was prepared by compression technique at 100 $^{\circ}C$ for 10 mins. Urea-formaldehyde and phenol-formaldehyde were used as binders at 10% and 15% wt/wt of total raw materials. Then, water absorption, thickness swell, mechanical and sound barrier properties of each particleboard were investigated.

The results indicated that 21-50 mesh coconut coir was suitable for preparation sound barrier particleboard. If the amount of coconut coir increased the water absorption, thickness swell, modulus of elasticity and sound barrier properties were decreased. However, the modulus of rupture trends to increase. The flame retardant property of particleboard depended on types of flame retardant and adhesive. The particleboard containing H_3BO_3 as flame retardant provided higher retarding efficiency than that with $Mg(OH)_2$, especially in urea-formaldehyde adhesive.

By comparison of urea-formaldehyde and phenol-formaldehyde, it was found that the particleboard prepared from phenol-formaldehyde showed better physical properties, mechanical properties and sound barrier than those of urea-formaldehyde.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ทางผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ ที่กรุณาแนะนำและให้คำปรึกษา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด ผศ.ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร และ รศ.อนุพงศ์ สรงประภา ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บริษัท ชลบุรี จำกัด ที่เอื้อเฟื้อชานอ้อยเพื่อใช้ในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัท อุตสาหกรรมใยมะพร้าวไทย จำกัด ที่เอื้อเฟื้อใยมะพร้าวเพื่อใช้ในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ชายของผู้วิจัย ที่คอยเป็นกำลังใจ เป็นกำลังสนับสนุนในทุกๆเรื่อง

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในการทำงานวิจัยนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ ซึ่งให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา กำลังใจและสร้างแรงจูงใจที่มีส่วนทำให้ผู้วิจัยสำเร็จการศึกษา

อนึ่งยังมีบุคคลอีกหลายท่านนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ผู้จัดทำงานวิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ประวิทย์ อรุณวัฒนโชค

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....IX

สารบัญรูป.....XI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 ความหมายของแผ่นชิ้นไม้อัด.....4

2.1.1 ชนิดของแผ่นชิ้นไม้อัด.....4

2.1.2 วัตถุดิบ.....6

2.2 กรรมวิธีการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด.....7

2.2.1 การเตรียมชิ้นไม้.....8

2.2.2 การอบชิ้นไม้.....10

2.2.3 การคัดแยกชิ้นไม้.....11

2.2.4 การผสม.....14

2.2.5 การเตรียมแผ่นก่อนอัด.....18

2.2.6 กรรมวิธีการอัด.....19

2.2.7 การตกแต่ง.....21

2.3 องค์ประกอบของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร.....23

2.3.1 เซลลูโลส.....23

2.3.2 เฮมิเซลลูโลส.....24

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.3 ลิกนิน....25
2.4 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ให้เส้นใย....26
2.4.1 ชานอ้อย....26
2.4.2 เส้นใยมะพร้าว....28
2.5 สารยึดติด....30
2.5.1 ฟอร์มาลดีไฮด์....30
2.5.2 กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์....33
2.5.3 กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์....39
2.6 สารยึดติดของไม้....41
2.7 โฟม....42
2.7.1 การผลิตโฟม....42
2.7.2 พอลิสไตรีนโฟม....42
2.8 สมบัติและปรากฏการณ์ของเสียง....45
2.8.1 ความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุกั้นเสียง....47
2.8.2 การลดระดับความดังเสียงของวัตถุ....48
2.8.3 ดัชนีระบุสมรรถนะในการลดระดับความดังเสียง....48
2.9 สารต้านทานการลามไฟ....50
2.9.1 ประเภทของสารต้านทานการลามไฟ....51
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....54

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย....58
3.1 วัตถุดิบ....58
3.2 ชุดเครื่องมือในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด....60
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบชิ้นงาน....60
3.4 กรรมวิธีการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด....61
3.5 วิธีดำเนินการทดสอบ....64
3.5.1 ศึกษาขนาดเส้นใยมะพร้าวที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด....64
3.5.2 ศึกษาแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมและไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม....64

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.5.3 ศึกษาปริมาณ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด.....65

3.5.4 ศึกษาแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟ.....66

3.6 วิธีการทดสอบสมบัติของชิ้นงาน.....68

3.6.1 วิธีการทดสอบสมบัติทางกายภาพ.....68

3.6.2 วิธีการทดสอบสมบัติเชิงกล.....70

3.6.3 วิธีการทดสอบสมบัติการกั้นเสียง.....71

3.6.4 วิธีการทดสอบการเผาไหม้.....72

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....74

4.1 ผลของขนาดเส้นใยมะพร้าวที่มีต่อสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด.....74

4.1.1 ผลของการดูดซึมน้ำ.....75

4.1.2 ผลของการพองตัวทางความหนา.....76

4.1.3 ผลของค่ามอดุลัสแตกร้าว.....77

4.1.4 ผลของค่ามอดุลัสยืดหยุ่น.....78

4.1.5 ผลของการกั้นเสียง.....79

4.2 ผลของการผสมพอลิสไตรีนโฟมและไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่มีต่อสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด.....82

4.2.1 ผลของการดูดซึมน้ำ.....83

4.2.2 ผลของการพองตัวทางความหนา.....84

4.2.3 ผลของค่ามอดุลัสแตกร้าว.....85

4.2.4 ผลของค่ามอดุลัสยืดหยุ่น.....86

4.2.5 ผลของการกั้นเสียง.....87

4.3 ผลของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมที่มีต่อสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด.....91

4.3.1 ผลของการดูดซึมน้ำ.....94

4.3.2 ผลของการพองตัวทางความหนา.....95

4.3.3 ผลของค่ามอดุลัสแตกร้าว.....96

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3.4 ผลของค่ามอดุลัสยืดหยุ่น....98

4.3.5 ผลของการกั้นเสียง....99

4.4 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อแผ่นชิ้นไม้อัด....102

4.4.1 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อการเผาไหม้ของแผ่นชิ้นไม้อัด....103

4.2.2 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อการดูดซึมน้ำของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์....106

4.4.3 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อการดูดซึมน้ำของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์....107

4.4.4 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อการพองตัวทางความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์....108

4.4.5 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อการพองตัวทางความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด ที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์....109

4.4.6 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่ามอดุลัสแตกร้าวของแผ่นชิ้นไม้อัด ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์....110

4.4.7 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่ามอดุลัสแตกร้าวของแผ่นชิ้นไม้อัด ที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์....112

4.4.8 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชิ้นไม้อัด ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์....113

4.4.9 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชิ้นไม้อัด ที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์....114

4.4.10 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่าการกั้นเสียงของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียง ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์....115

4.4.11 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่าการกั้นเสียงของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียง ที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์....119

4.5 เปรียบเทียบกับแผ่นชิ้นไม้อัดมาตรฐานสากลและแผ่นยิปซัม....122

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....129

5.1 สรุปผลการทดลอง.....129

5.2 ข้อเสนอแนะ.....133

5.3 การนำไปใช้ประโยชน์.....133

เอกสารอ้างอิง.....134

ภาคผนวก ก. สูตรการคำนวณปริมาณสารต่างๆที่ใช้ในการทำแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียง.....138

ภาคผนวก ข. ภาพถ่ายกล้องดิจิตอลแสดงพื้นที่ผิวภาคตัดขวางของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด (กำลังขยาย 4 เท่า).....141

ภาคผนวก ค. ภาพถ่ายกล้องดิจิตอลแสดงพื้นที่ผิวภาคตัดขวางของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด (กำลังขยาย 4 เท่า).....142

ภาคผนวก ง. ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของ ชานอ้อย และเส้นใยมะพร้าว (กำลังขยาย 400 เท่า).....143

ภาคผนวก จ. ลักษณะการกระจายของความยาวเส้นใย.....144

ประวัติผู้เขียน.....145

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ชนิดของแผ่นชิ้นไม้อัด แบ่งตามลักษณะความหนาแน่น..5
2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่างๆ..24
2.3 ส่วนประกอบโครงสร้างทางกายภาพของชานอ้อย..27
2.4 ส่วนประกอบทางเคมีของชานอ้อย..28
2.5 ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยมะพร้าว..28
2.6 สมบัติทางกายภาพของพอลิสไตรีนโฟม..45
3.1 อัตราส่วนการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าว..64
3.2 แสดงอัตราส่วนการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมและไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม..65
3.3 แสดงอัตราส่วนต่างๆ ของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว พอลิสไตรีนโฟม ในการผลิต
แผ่นชิ้นไม้อัด..66
3.4 แสดงอัตราส่วนการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟ..67
4.1 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าว..74
4.2 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมและไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม..............82
4.3 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากอัตราส่วนของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว
และพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์..91
4.4 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากอัตราส่วนของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว
และพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 15% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์..92
4.5 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากอัตราส่วนของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว
และพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์..92
4.6 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากอัตราส่วนของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว
และพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 15% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์..93
4.7 การทดสอบการเผาไหม้ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟ..102
4.8 การทดสอบการเผาไหม้ของแผ่นกั้นเสียงที่เตรียมได้จากแผ่นยิปซัมและแผ่นพอลิสไตรีนโฟม
ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด..103
4.9 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟที่ปริมาณกาว 10%
ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์..104

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.10 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์..105

4.11 เปรียบเทียบสมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นชิ้นไม้อัดมาตรฐานสากลและแผ่นยิปซัมยี่ห้อหนึ่งที่มีขายตามท้องตลาด........................123

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เครื่องร่อนชิ้นไม้สับชนิดลาดเอียงใช้ตะแกรงสี่เหลี่ยมและร่อนแบบหมุน....12

2.2 เครื่องร่อนวงกลมใช้การร่อนแบบหมุนเพื่อแยกชิ้นไม้ได้ 4 ขนาด....13

2.3 เครื่องร่อนไม้อีกแบบหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยม....13

2.4 ลักษณะการคัดแยกโดยกระแสอากาศ....13

2.5 ลักษณะการทำงานของเครื่องคัดแยกชิ้นไม้โดยอากาศรูปทรงกลม....14

2.6 โครงสร้างเซลลูโลส....23

2.7 ตัวอย่างของฉนวนแผ่นใยไม้อัด....24

2.8 การจัดเรียงตัวของ Cylane Unit ในเฮมิเซลลูโลส....25

2.9 ลักษณะของเส้นใยมะพร้าว....29

2.10 ลักษณะพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยมะพร้าว....29

2.11 การพอลิเมอร์ไรเซชันของฟอร์มาลดีไฮด์ภายใต้สภาวะกรด....31

2.12 การพอลิเมอร์ไรเซชันของฟอร์มาลดีไฮด์ภายใต้สภาวะเบส....31

2.13 ปฏิกิริยาระหว่างเมทิลีนไกลคอลกับเมทานอลเป็นเฮมิอะซีตัลและอะซีตัล....32

2.14 การพอลิเมอร์ไรเซชันของเฮกซาเมทีลีนเตตระมีน....33

2.15 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน....35

2.16 ผลกระทบของสัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ต่อสูตรโครงสร้างของกาว....36

2.17 ผลกระทบของสัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ต่อปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์....37

2.18 ผลกระทบของสัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ต่อความหนืดของกาวเหลวที่ระดับความข้นของเนื้อกาวต่างๆ....37

2.19 ผลกระทบของสัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ต่อเวลาเป็นเจลของกาว....38

2.20 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน....40

2.21 แสดงสูตรโครงสร้างของพอลิสไตรีน....42

2.22 ลักษณะภายในของพอลิสไตรีนโฟม....43

2.23 แสดงกลไกการดูดกลืนและส่งผ่านคลื่นเสียงในตัวกลางต่างชนิดกัน....46

2.24 ความร้อนจากการเผาไหม้....50

3.1 ชานอ้อย : ก) ชานอ้อยที่ยังไม่บดย่อย ข) ชานอ้อยที่บดย่อยแล้ว
เส้นใยมะพร้าว: ค) เส้นใยมะพร้าวที่ยังไม่บดย่อย ง) เส้นใยมะพร้าวที่บดย่อยแล้ว....59

3.2 พอลิสไตรีนโฟม : ก) พอลิสไตรีนโฟมที่ยังไม่บดย่อย ข)พอลิสไตรีนโฟมที่บดย่อยแล้ว....60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.3 เครื่องอัดร้อน (Compression Machine)....61

3.4 เครื่องผสมวัตถุดิบ (Paddle-type blender)....61

3.5 ขั้นตอนในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด....63

3.6 แสดงตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นทดสอบ....69

3.7 การทดสอบหามอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่น....70

3.8 แสดงการจัดวางเครื่องกำเนิดเสียง เครื่องวัดระดับความดันเสียงและแผ่นชิ้นไม้อัด....72

3.9 แสดงขนาดแท่งชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้ในการทดสอบการเผาไหม้....73

4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ (%) กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน....75

4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการการพองตัวทางความหนา (%) กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน....76

4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน....77

4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน....78

4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 250 เฮิร์ตซ กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน....79

4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 500 เฮิร์ตซ กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน....79

4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 1000 เฮิร์ตซ กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน....80

4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 2000 เฮิร์ตซ กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน....80

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 4000 เฮิร์ตซ กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน.....81

4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%.....83

4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัวทางความหนา (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%.....84

4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%.....85

4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%.....86

4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 250 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%.....87

4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 500 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%.....87

4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 1000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%.....88

4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 2000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%.....88

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 4000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%....................89

4.19 ก). ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของเส้นใยมะพร้าว (กำลังขยาย 100 เท่า)....90

ข). ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากเส้นใยมะพร้าว (กำลังขยาย 14 เท่า)....................90

4.20 ก). ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของชานอ้อย (กำลังขยาย 100 เท่า)..........90

ข). ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากชานอ้อย (กำลังขยาย 14 เท่า)....................90

4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ (%) กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน....................94

4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัวทางความหนา (%) กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน....................95

4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน....................96

4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน....................98

4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 250 เฮิร์ตซ กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน....................99

4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 500 เฮิร์ตซ กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน....................99

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 1000 เฮิร์ตซ กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน.............100

4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 2000 เฮิร์ตซ กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน.............100

4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 4000 เฮิร์ตซ กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน.............101

4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อยเส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์......................106

4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อยเส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์....................107

4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัวทางความหนา (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์......108

4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัวทางความหนา (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์....109

4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์........110

4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์.....112

4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์........113

4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์.....114

4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 250 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์..115

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 500 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์......116

4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 1000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์......116

4.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 2000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์......117

4.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 4000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์......117

4.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 250 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์......119

4.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 500 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์......119

4.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 1000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์......120

4.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 2000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์......120

4.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 4000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์......121

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.48 กราฟเปรียบเทียบค่าการดูดซึมน้ำ (%) ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว และพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม..124

4.49 กราฟเปรียบเทียบค่าการพองตัวทางความหนา (%) ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม….................124

4.50 กราฟเปรียบเทียบค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม.....................125

4.51 กราฟเปรียบเทียบค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม.....................125

4.52 กราฟเปรียบเทียบค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 250 เฮิร์ตซ ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม.....................126

4.53 กราฟเปรียบเทียบค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 500 เฮิร์ตซ ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม…………......126

4.54 กราฟเปรียบเทียบค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 1000 เฮิร์ตซ ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม.....................127

4.55 กราฟเปรียบเทียบค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 2000 เฮิร์ตซ ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม.....................127

4.56 กราฟเปรียบเทียบค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 4000 เฮิร์ตซ ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม.....................128

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย

ปัจจุบันความต้องการไม้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพิ่มมากขึ้น แต่พื้นที่ป่าในประเทศไทยกลับลดลงอย่างรวดเร็ว ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งมีพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด คือ อ้อย มะพร้าว ข้าว มันสำปะหลังและพืชอื่นๆ เป็นต้น ในปีหนึ่งๆ ประเทศไทยจะมีวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตอยู่เป็นจำนวนมากไม่ว่าจะเป็น ชานอ้อย ฟางข้าว ซังข้าว กาบและเส้นใยมะพร้าว เป็นต้น โดยเฉพาะชานอ้อยที่ได้จากกากเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายซึ่งมีอยู่ในปริมาณมาก ชานอ้อยส่วนหนึ่งได้มีการนำกลับมาทำปุ๋ยธรรมชาติในทางเกษตร ใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตน้ำตาลภายในโรงงานอุตสาหกรรม แต่ปริมาณเหล่านั้นก็ยังถือว่าเป็นส่วนน้อยและยังมีอีกเป็นจำนวนมากที่จัดเป็นวัสดุเหลือทิ้ง จึงได้มีความพยายามที่จะนำชานอ้อยมาแปรรูปให้เป็นแผ่นชิ้นไม้อัด ซึ่งเป็นการช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดได้อีกทางหนึ่งด้วย และเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่แผ่นชิ้นไม้อัดในด้านการกั้นเสียงจึงได้มีการผสมพอลิสไตรีนโฟมลงในแผ่นชิ้นไม้อัด

พอลิสไตรีนโฟมนั้นเป็นเทอร์โมพลาสติก ส่วนมากถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันในรูปของวัสดุกันกระแทก ฉนวนกันความร้อน ซึ่งมีอัตราการใช้งานของวัสดุดังกล่าวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆดังนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะสิ่งแวดล้อมอย่างมากต่อการกำจัดหลังจากวัสดุเหล่านี้ถูกนำไปใช้แล้ว จึงมีการศึกษาการนำพอลิสไตรีนโฟมกลับมาใช้ใหม่เนื่องจากสมบัติที่สามารถป้องกันความร้อน ความสามารถในการดูดซับเสียงและสามารถยืดหยุ่นได้ดี ซึ่งสมบัติเหล่านี้เกิดจากช่องว่างภายในโครงสร้างของพอลิสไตรีนโฟมนั่นเอง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากที่มีผู้ทำมาแล้ว โดยมีความสนใจที่จะปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชานอ้อยด้วยเส้นใยมะพร้าว เนื่องจาก เส้นใยมะพร้าวนั้นมีปริมาณเซลลูโลสต่ำและปริมาณสารแทรกกับปริมาณลิกนินที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับชานอ้อย ซึ่งจะช่วยเพิ่มสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลได้ โดยทำการผสมอัตราส่วนต่างๆกันของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม และนำอัตราส่วนที่เหมาะสมมาผสมสารต้านทานการลามไฟชนิด แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์และกรดบอริก ซึ่งคาดว่าจะช่วยให้แผ่นชิ้นไม้อัดมีสมบัติการหน่วงไฟ อันเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของวัสดุที่นำมาตกแต่งภายในอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อปรับปรุงสมบัติการดูดซึมน้ำ สมบัติการพองตัวทางความหนา และสมบัติเชิงกลของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชานอ้อยด้วยเส้นใยมะพร้าว

2. เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว และพอลิสไตรีนโฟมต่อสารช่วยยึดติดที่ให้สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการกั้นเสียงที่เหมาะสม

3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของสารช่วยยึดติด ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการกั้นเสียงระหว่าง กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

4. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการหน่วงการติดไฟของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์และกรดบอริก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว และพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้แล้วมาทำแผ่นชิ้นไม้อัดในอัตราส่วนต่างๆกันที่ความหนาแน่น0.3 กรัม/ลบ.ซม. มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการบดย่อยชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว พอลิสไตรีนโฟมแล้วนำไปร่อนคัดแยกตามขนาดที่ต้องการ

2. นำชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวไปอบ

3. ชั่งน้ำหนักของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมตามอัตราส่วนที่วางแผนศึกษาไว้ ดังนี้

3.1 ศึกษาหาขนาดเส้นใยมะพร้าวที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด 3.2 ศึกษาแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมและไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม 3.3 ศึกษาปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว และพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด 3.4 ศึกษาแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

4. เตรียมสารยึดติด 2 ชนิด คือ กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ตามปริมาณที่กำหนดไว้

5. ผสมสารยึดติดกับวัตถุดิบทั้งหมด โดยทำการปั่นกวนให้เข้ากัน

6. ทำการขึ้นรูปแผ่นชิ้นไม้อัดด้วยเครื่องอัดร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

7. ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล ตามมาตรฐานของ JIS A 5908-1944 และสมบัติการกั้นเสียง

8. ทดสอบการเผาไหม้ เฉพาะในกรณี 3.4

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปริมาณขยะและเพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้แล้ว โดยดัดแปรมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

2. ทราบความแตกต่างของ ชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวที่มีผลต่อแผ่นชิ้นไม้อัด

3. ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว และพอลิสไตรีนโฟมต่อ สารยึดติดที่ทำให้มี สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียงที่เหมาะสม

4. ทราบถึงความแตกต่างของสารยึดติดที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียง

5. ทราบถึงประสิทธิภาพของแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์และกรดบอริกที่มีต่อการหน่วงการติดไฟของแผ่นชิ้นไม้อัด

6. เป็นการพัฒนาการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีสมบัติกั้นเสียง

7. เพื่อเป็นแนวทางให้โรงงานอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของแผ่นชิ้นไม้อัด (Particle board) [1]

แผ่นชิ้นไม้อัด (Particleboard,PB) หมายถึง แผ่นไม้ประกอบ (Wood Composites) ชนิดหนึ่งซึ่งผลิตมาจากการนำเอาวัสดุที่ทำจากไม้หรือวัสดุที่มีเซลลูโลส และลิกนิน เป็นองค์ประกอบหลักมาตัดท่อนเป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำมารวมกันเป็นแผ่น โดยใช้ตัวประสานอินทรีย์ เช่น กาวสังเคราะห์เชื่อมให้ติดกันเกิดเป็นขบวนการเชื่อมยึดกันระหว่างชิ้นวัสดุภายใต้ความร้อนและแรงอัดและยังสามารถใช้สารเติมแต่งอื่นๆ ผสมลงในแผ่นเพื่อให้เกิดคุณสมบัติพิเศษอื่นๆด้วยความแตกต่างของแผ่นชิ้นไม้อัด และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard,MDF) ก็คือลักษณะของไม้ในแผ่นใยไม้อัด(Fiberboard,FB) จะเป็นเส้นใยไม้ ระหว่างเส้นใยไม้จะเชื่อมติดกันด้วยกาว สำหรับแผ่นชิ้นไม้อัดจะประกอบด้วยชิ้นไม้แล้วใช้กาวเชื่อมยึดติดระหว่างชิ้นไม้ให้เป็นแผ่นขึ้นมา ชิ้นไม้ที่สามารถใช้ทำแผ่นชิ้นไม้อัดได้ คือ ขี้เลื่อยจนถึงเกล็ดไม้(Flake) ที่มีความยาวถึง 3 นิ้ว

2.1.1 ชนิดของแผ่นชิ้นไม้อัด [1]

2.1.1.1 จำแนกชนิดตามวิธีการอัด

ชิ้นไม้ที่ผสมตัวประสานและสารเติมแต่งอื่นแล้ว จะถูกนำไปทำแผ่นเตรียมอัด (Form mat) เพื่อทำการอัดร้อนต่อไป แรงอัดที่ใช้ในการอัดร้อน มีใช้กันอยู่ 2 ทิศทาง หากใช้แรงอัดให้มีทิศทางตั้งฉากกับระนาบของแผ่นซึ่งอาจทำเป็นแผ่นๆ หรือทำต่อเนื่อง เรียกแผ่นชิ้นไม้อัดแบบนี้ว่า (Flat-Platen Pressed PB หรือ Mat-Formed PB) เป็นแผ่นชิ้นไม้อัดที่นิยมผลิตกันอยู่ในปัจจุบัน หากให้ทิศทางแรงอัดขนานกับระนาบของแผ่นไปตามความยาวของแผ่น เรียกแผ่นชิ้นไม้อัด แบบนี้ว่า (Extruded PB) แผ่นชนิดนี้จะอัดออกมาตามแบบ แผ่นที่หนามักจะต้องใช้ท่อร้อนกลางแผ่นช่วยให้กาวแข็งตัวเร็วขึ้น จึงมีรูกลมยาวกลางแผ่นชิ้นไม้อัด และมีการผลิตกันน้อย

2.1.1.2 จำแนกตามการใช้งาน

PB Core Stock เป็นไม้อัดที่ต้องเอาวัสดุมาปิดทับหน้า เพราะมีผิวหยาบมาก และมี Strength ต่ำ

PB Panel เป็นแผ่นชิ้นไม้อัด ไม่จำเป็นปิดทับหน้า ตัวของมันเองมีความแข็งแรงสวยงาม เช่น Flakeboard เซฟวิงบอร์ด

PB Floor Underlayment เป็นวัสดุที่รองพื้นชั้นล่างแล้วมีพวกปาเก้ปิดทับอีกทีทำให้พื้นมีระดับสม่ำเสมอ

Prefinished PB เป็น PB แบบแต่งสำเร็จมาจากโรงงาน เช่น เคลือบสีสำเร็จ หรือเคลือบสีลายไม้ เพื่อความสวยงาม

Acoustical PB เป็นแผ่น PB ผลิตในด้านเก็บเสียง โดยเฉพาะพวกนี้ทำมาจากแผ่นไม้อัดเจาะรู หรือ เซาะร่องเป็นร่องลวดลายต่างๆ เพื่อให้มีพื้นที่ดูดซับเสียงได้มากขึ้น

2.1.1.3 จำแนกตามการผลิตและชื่อทางการค้า

Okal Board ในต่างประเทศใช้เรียกชื่อ PB ที่ผลิตด้วย Okal Process (Kreibaum Process) เป็นชื่อคนเยอรมัน

Novo Board ของอังกฤษ

Novopan ของอเมริกา

Tenex เป็นชื่อการค้าของ Flakeboard ที่ผลิต USA

Lanewood เป็นชื่อทางการค้าผลิตโดย USA

2.1.1.4 จำแนกตามความหนาแน่นของแผ่นPB ออกเป็น 3 พวก

ในการประชุมวิชาการกรุงเจนีวา จะจำแนกโดยถือความหนาแน่นเป็นหลักเราสามารถแบ่ง ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดของแผ่นชิ้นไม้อัด แบ่งตามลักษณะความหนาแน่น [1]

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

2.1.1.5 จำแนกตามลักษณะโครงสร้างของแผ่น

แผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียว (Single Layer or Homogenous Particle) หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำมาจากชิ้นไม้ที่มีลักษณะ และขนาดเหมือนกันมีส่วนผสมของกาวและสารเติมแต่งอย่างเดียวกันตลอดความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด

แผ่นชิ้นไม้อัด 3 ชั้น (Three Layer Particleboard) หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่แบ่งตามลักษณะของชิ้นไม้ออกเป็น 3 ชั้น ตลอดความหนาของแผ่นในแต่ละชั้นประกอบด้วยชิ้นไม้ที่มีลักษณะและขนาดตลอดจนส่วนผสมของกาวเหมือนกัน ปกติใช้ชิ้นไม้ขนาดเล็กและบาง เป็นชั้นผิวหน้าทั้ง

3 ด้าน ส่วนชั้นไส้ใช้ชิ้นไม้หยาบและใหญ่กว่า ไม้ที่ใช้ทำชั้นไส้อาจเป็นชนิดที่ใช้ทำผิวหน้าก็ได้ ปริมาณกาวที่ใช้ผสมผิวหน้าทั้งสองมากกว่าชั้นไส้ เพื่อให้เกิดโครงสร้างที่สมดุลกัน มีผิวแข็งและแน่นขึ้น

แผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น (Graduated Particleboard) หมายถึง แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชิ้นไม้ที่มีขนาดและลักษณะที่แตกต่างกัน โดยโครงสร้างของแผ่นประกอบด้วยชิ้นไม้ขนาดใหญ่และหยาบกว่าอยู่ตรงแนวกลางแผ่น ตลอดความหนาจากแนวกลางแผ่นชิ้นไม้จะมีขนาดลดหลั่นจากใหญ่ไปหาเล็กถึงผิวหน้าทั้ง 2 ข้าง โดยไม่มีการแบ่งชั้นแน่นอน

2.1.2 วัตถุดิบ [1]

วัตถุดิบของแผ่นชิ้นไม้อัด คือ ไม้หรือเศษวัสดุเหลือใช้ที่ให้เส้นใย กาวและสารเคลือบกันซึม แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีคุณภาพดีจะต้องขึ้นอยู่กับ วัตถุดิบและขนาดขบวนการผลิตที่ปรับปรุงให้เหมาะสมอีกด้วยกาวและสารเคลือบก็มีอิทธิพลกับคุณภาพของแผ่นชิ้นไม้อัดเช่นกัน

2.1.2.1 ไม้ (Wood) วัสดุไม้ที่ใช้สำหรับการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

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

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

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

ง) ชิปไม้ หรือ ชิ้นไม้สับ (Wood ships) จากการตัดไม้ด้วยเครื่องตัดไม้

จ) เศษเหลือ เช่น แผ่นไม้ ขอบไม้ หรือเศษไม้ระแนงและส่วนอื่นๆ ที่ถูกตัดทิ้งจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และอุตสาหกรรมอบไม้

2.1.2.2 ลักษณะชิ้นไม้ ที่นำมาใช้ในการผลิตนั้นมีลักษณะที่แตกต่างกัน และถูกย่อยด้วยเครื่องจักรที่แตกต่างกันด้วย พอสรุปได้ดังนี้

ชิป (Chips) หรือชิ้นไม้สับ หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีขนาดสม่ำเสมอกันซึ่งได้จากการตัด หรือคล้ายสับด้วยขวานในเครื่องตัดชิ้นไม้ที่เรียกว่า ชิปเปอร์ (Chipper) คล้ายกับของอุตสาหกรรมกระดาษ หรือผลิตโดยเครื่องย่อยชิ้นไม้อย่างหยาบที่เรียกว่า Hog หรือผลิตโดยเครื่อง Hammermills เป็นต้น

เกล็ด (Flake) หมายถึง ชิ้นไม้ที่ผลิตขึ้นเป็นพิเศษมีลักษณะบางเรียบมีทิศทางของเสี้ยนไม้ขนานกับผิวได้จากการใช้มีดตัดในทิศทางขวางเสี้ยนซึ่งอาจเป็นด้านรัศมีด้านสัมผัสหรือทำมุมกันระหว่างด้านทั้งสอง (Radially, Tangentially) การตัดลักษณะนี้จะได้ชิ้นไม้ที่มีความหนาสม่ำเสมอกัน

เกล็ดใหญ่ (Wafer) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับ เกล็ด แต่มีความกว้าง และ ความหนามากกว่า

แถบ (Strand) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเกล็ด แต่มีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง และมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวของแถบ

ขี้กบ (Planer shaving) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นขนาดเล็ก มีความหนาไม่เท่ากัน คือ หนาที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งบาง และมีลักษณะเป็นแฉกขนนก และมักจะโค้งงอด้วย ซึ่งได้จากการไสไม้ด้วยเครื่องไสไม้ชนิดหัวตัดหมุน (rotary cutterhead)

แท่ง (Splinter or sliver) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือ สี่เหลี่ยมผืนผ้า เมื่อมองทางหน้าตัด และมีความยาวตามแนวเสี้ยนไม่น้อยกว่า 4 เท่าของหนา

เม็ด (Granule) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะขี้เลื่อย ซึ่งมีความกว้าง ความยาว และความหนาเกือบเท่ากัน

ฝอยไม้ (Wood wool or excelsior) หมายถึง ชิ้นไม้ที่มีลักษณะเป็นแถบ แต่มีความยาวกว่า และโค้งงอ ต้องใช้เครื่องขูดเป็นพิเศษ ใช้สำหรับเป็นองค์ประกอบรวมสำหรับแผ่นชิ้นไม้อัดบางประเภท

2.2 กรรมวิธีการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด [1]

การผลิตแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด หรือ แผ่นชิ้นไม้อัด (Particleboard) นั้น นอกจากวัตถุดิบอันได้แก่ ไม้ กาว และ สารเติมแต่ง แล้วจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการผลิตเพื่อผสมวัตถุดิบทั้งหมดเข้าด้วยกันและก่อเป็นรูปร่างลักษณะแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีความแข็งแรงคงสภาพเป็นแผ่นให้ใช้งานได้เป็นระยะเวลานานๆ กระบวนการผลิตจึงเป็นหัวใจหลักที่สำคัญที่สุดในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด

การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดมี 2 ระบบ คือ ระบบการอัดแบบกระทุ้ง (Extrusion) และการอัดแบบอัดราบ (Flat-platen) การอัดแบบกระทุ้งมีข้อจำกัดมากมาย เช่น ต้องเลือกวัตถุดิบที่มีสมบัติง่ายต่อการลื่นไหลของแผ่นงาน ในขณะอัดทะลักออกมาจากแบบอัด และให้คุณสมบัติของแผ่นที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้งานที่ต้องรับแรงทางผิวหน้าของแผ่น นอกจากนี้ยังไม่สามารถผลิตแผ่นในลักษณะ 3 ชั้นที่มีผิวหน้าละเอียดเหมือนของแผ่นชิ้นไม้อัดแบบอัดราบได้ ดั้งนั้นปัจจุบันจึงหันมาพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ทางด้านการอัดแบบแนวราบทั้งสิ้น เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและเนื้อที่ จึงขอกล่าวเฉพาะกรรมวิธีการอัดแผ่นชิ้นไม้อัดแบบราบเท่านั้น ขั้นตอนหลักๆ ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดประกอบด้วย

2.2.1 การเตรียมชิ้นไม้ (Particle Preparation)
2.2.2 การอบชิ้นไม้ (Particle Drying)
2.2.3 การคัดแยกชิ้นไม้ (Particle Classification)
2.2.4 การผสม (Blending)

2.2.5 การเตรียมแผ่นก่อนอัด (Mat Formation)

2.2.6 กรรมวิธีการอัด (Pressing Operation)

2.2.7 การตกแต่ง (Finishing)

2.2.1 การเตรียมชิ้นไม้ (Particle Preparation) [1]

ขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด คือ การตัดทอนหรือลดขนาดของไม้วัตถุดิบให้ได้รูปร่างและขนาดที่เหมาะสม สำหรับแผ่นชิ้นไม้อัดที่จะทำการผลิตว่าต้องการแผ่นชิ้นไม้อัดประเภทใด วัตถุดิบไม้นั้นอาจได้มาจากแหล่งต่างๆ กัน เช่น ไม้ท่อนกลม ชิป เศษไม้จากการไสกบ ไม้อัดที่เหลือจากการตัดริม และขี้เลื่อย เป็นต้น ไม้จากแหล่งเหล่านี้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดทั่วไป แต่ละโรงงานก็จะใช้ไม้จากแหล่งเหล่านี้ไม่เกิน 2 หรือ 3 แหล่งในหนึ่งโรงงาน เนื่องจากแหล่งวัตถุดิบข้างต้นแต่ละแหล่งรูปร่างของวัตถุดิบต่างๆ กันไป จำเป็นต้องใช้ขั้นตอนการผลิตชิ้นไม้ที่มีคุณภาพที่แตกต่างกันออกไปด้วย ทำให้แต่ละโรงงานต้องจำกัดการใช้แหล่งไม้ที่เหมาะสมและเข้ากันได้กับระบบการทอนไม้นั้นๆ ระบบการตัดทอนต่างๆ สามารถแบ่งออกเป็นประเภทตามลักษณะเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดทอนออกได้เป็น 3 ประเภท คือ แบบตัดเฉือนด้วยมีด (Knife) แบบตอกทุบ (Hammer) และแบบขัดสี (Attrition units) แต่ละแบบนั้นผลิตชิ้นไม้ที่มีคุณสมบัติต่างกันการเตรียมชิ้นไม้ที่ดีที่สุด คือ การตัดทอนให้ได้ชิ้นไม้ที่มีโครงสร้างของเนื้อไม้ไม่ถูกทำให้เสียหายไป เพราะการฉีกขาดของเนื้อไม้ในชิ้นไม้นั้นจะเป็นผลให้ความแข็งแรงของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตได้ลดต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากชิ้นไม้ที่สมบูรณ์กว่า

เครื่องทำชิป หรือชิ้นไม้สับ (Chippers) และเครื่องทำเฟลคหรือชิ้นเกล็ดไม้ (Flakers) เป็นเครื่องที่ใช้ใบมีดในการตัดทอนลดขนาดไม้ เครื่องทำชิปใช้ทำชิ้นไม้อย่างหยาบเป็นขั้นแรกในการเตรียมชิ้นไม้เพื่อนำไปร่อนคัดขนาด ซึ่งเป็นการคัดเอาชิปที่มีขนาดเล็กหรือใหญ่เกินไปออก ชิปที่มีขนาดใหญ่เกินจะถูกนำไปเข้าเครื่องชิปอีกครั้งหนึ่ง ส่วนชิปที่มีขนาดเล็กเกินไปจะถูกส่งไปทำเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องทำไอน้ำ

เครื่องทำเฟลคใช้ทำชิ้นไม้ที่เริ่มจากไม้ท่อนกลม และทำชิ้นไม้ต่อจากชิปเครื่องทำเฟลคที่ออกแบบมาเพื่อทำชิ้นไม้จากไม้ท่อนกลมจะใช้ใบมีดตั้งยื่นออกมาจากถังกระบอกหมุนได้หรือจานหมุนที่แกนการหมุนขนานกับท่อนไม้ ความยาวและความหนาของเฟลคที่ได้ ควบคุมด้วยใบมีดเกล็ดเป็นร่องหรือการตั้งใบบนแถวเหลื่อมกันและการวางใบมีดยื่นออกจากฐาน ตามลำดับ โดยปกติไม้ท่อนกลมจะต้องปอกเปลือกออกก่อนทำเฟลค หรือให้มีได้ไม่ควรเกิน 20% แต่ไม้บางชนิดอาจไม่จำเป็นต้องลอกเปลือกออกก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เลย

เครื่องทำเฟลคที่ใช้ในการลดตัดทอนชิปจะมีการออกแบบที่แตกต่างกับเครื่องทำเฟลคข้างต้นอย่างสิ้นเชิง ใบมีดในเครื่องทำเฟลคเหล่านี้จะตั้งวางอยู่บนวงล้อหมุนซึ่งจะหมุนสวนทางกับวงล้อพัดชิป (Impellering) ชิปจะถูกป้อนเข้าไปตรงกลางเครื่องแล้วถูกหวี่ยงออกไปยังเส้นรอบวง ผ่าน

ข้ามใบมีดด้วยแรงเหวี่ยงเซนตริฟิวส์และวงล้อพัดชิป จนกลายเป็นเฟลคออกมาโดยการตัดทอนด้วยใบมีด

แผ่นชิ้นไม้อัดไม่ได้ผลิตจากชิ้นไม้ที่ทำมาจากใบมีดอย่างเดียวเท่านั้น เฟลคส่วนใหญ่จะถูกตัดทอนต่อไปด้วยเครื่องตอกทุบ (Hammermill) หรือ เครื่องบดสี (Attrition mill) เครื่องตอกทุบใช้ลดขนาดของขี้กบที่ได้จากเครื่องไส ชิป เศษเหลือไม้อัดและเศษตัดริม โดยทำให้ไม้แตก หรือ ฉีกออกทางกล (Mechanical) หัวทุบ (Hammers) จะหมุนตีวัสดุไม้โดยมีแผ่นเหล็กขวางกั้นหรือแผ่นรองตี (Anvils) ต้านไว้จนกระทั่งได้ขนาดเพียงพอแล้วชิ้นไม้ก็จะออกจากเครื่องผ่านตระแกรงด้านล่าง เครื่องตอกทุบนั้นจะใช้เป็นการลดขนาดเฟลค และขี้กบอีกครั้งด้วย เนื่องจากไม้จะถูกฉีกแยกตามเสี้ยนไม้ (Grain) ดังนั้นเครื่องตอกทุบจึงถูกใช้ในการลดความกว้างของเฟลค โดยปราศจากการลดความยาว และความหนา

เครื่องขัดสีโดยทั่วไป พบในโรงงานผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ต้องการความเรียบของผิวหน้า เฟลคขี้กบ และขี้เลื่อย จะถูกลดขนาดลงในเครื่องขัดสีนี้ให้เป็นชิ้นไม้เล็กๆ ซึ่งเตรียมแผ่นได้ดี และเกิดเป็นผิวหน้าเรียบ

หากต้องการได้แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีความแข็งแรงสูง ผิวหน้าเรียบ และมีการพองตัวที่สม่ำเสมอ การผลิตชิ้นไม้ต้องได้ชิ้นไม้ที่เหมือนกัน (Homogeneous material) มีสัดส่วนของความเพรียวสูง (ชิ้นไม้ที่ยาว บาง) ไม่มีชิ้นไม้ที่เกินขนาด ไม่มีผงหรือฝุ่น หากพิจารณาในแง่ของกระบวนการผลิต ข้อกำหนดของขนาดของชิ้นไม้ในอุดมคติก็จะแตกต่างกัน ในกรณีของแผ่นแบบลดหลั่น (Graduated board) ยอมรับความแตกต่างได้กว้างกว่ากรณีของแผ่นบอร์ดแบบ 3 ชั้น ชิ้นไม้ไส้ควรจะยาวกว่าชิ้นไม้ผิวซึ่งสั้นกว่า บางกว่า และเล็กกว่า สำหรับบอร์ดแบบ 5 ชั้น หรือหลายชั้นชิ้นไม้ที่อยู่ระหว่างชั้นผิวและชั้นไส้ ควรเป็นชิ้นไม้ที่ยาวและบางเพื่อให้โรยผิวหน้าด้วยชิ้นไม้ละเอียดสามารถกระทำได้ง่าย และให้แผ่นบอร์ดที่มีความต้านทานแรงดัดและความเหนียวสูง สิ่งนี้มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับชิ้นไม้ที่โรยผิวหน้าละเอียดไว้ด้านบน เพราะสามารถหล่นลงสู่แกนกลางก่อนที่จะทำการอัดได้ จะทำให้ได้แผ่นที่มีผิวหยาบแทนที่จะได้ผิวหน้าที่เรียบ

เมื่อพิจารณาถึงเครื่องจักรแบบต่างๆ ที่มีจำหน่ายต้องคัดเลือกด้วยความรอบคอบหรือเป็นเครื่องที่ผลิตชิ้นไม้ได้อย่างประหยัด สิ่งที่ควรพิจารณาได้แก่ ความต้องการพลังงาน การบำรุง ความทนทาน ความยืดหยุ่น ปริมาณการผลิต ค่าการลงทุน รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง ดังนั้นเครื่องจักรที่เลือกใช้ต้องมีความยืดหยุ่นในการผลิตสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ หรือสามารถเปลี่ยนไปทำแผ่นบอร์ดแบบอื่นได้

ส่วนในเรื่องของกำลังการผลิต (Capacity) จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ป้อน ปริมาณความชื้นของชิ้นไม้และรูปแบบของชิ้นไม้ที่ต้องการ ความสม่ำเสมอและระบบควบคุมการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่เครื่องผลิตชิ้นไม้ที่ดีมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ส่วนใหญ่มักจะมองข้ามความสำคัญของความสม่ำเสมอ

ของการป้อนที่สัมพันธ์กับคุณภาพของชิ้นไม้ที่ผลิตได้ การป้อนที่สม่ำเสมอสามารถทำได้โดยใช้เครื่องสั่น เครื่องป้อนแบบสกรูเดี่ยวความเร็วสูง หรือแบบสกรูคู่

2.2.2 การอบชิ้นไม้ (Particle Drying) [1]

ชิ้นไม้ที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจะถูกอบแห้งให้ได้ความชื้นที่ต่ำๆอย่างสม่ำเสมอก่อนจะผสมกับกาว เครื่องอบที่ใช้ในอุตสาหกรรมนี้มีหลายประเภท ปัจจุบันนิยมใช้เครื่องอบที่สามารถผ่านชิ้นไม้เข้าไปอย่างรวดเร็วในกระแสอากาศร้อนมากๆและมีการหมุนเวียนอากาศอย่างรวดเร็ว เพื่อลดระยะเวลาในการอบให้สั้นที่สุด ทั้งยังสามารถป้องกันการลุกติดไฟของชิ้นไม้ที่อบนานๆ ชิ้นไม้จะแห้งเร็วจนมีความชื้น 3-6 % (เทียบกับน้ำหนักอบแห้งของไม้) ตามต้องการด้วยเครื่องอบเชิงพาณิชย์ ชิ้นไม้จะถูกส่งผ่านเข้าไปอย่างรวดเร็วในช่องปิดรูปทรงกระบอกหรือถังที่มีอุณหภูมิสูงจากการเผาไหม้น้ำมัน แก๊ส ถ่านหิน หรือเศษไม้ การระเหยของน้ำและระยะเวลาที่อยู่ในช่วงความร้อนสูงที่สั้นจะทำให้โอกาสจะเกิดเพลิงไหม้มีน้อยที่สุด การใช้เครื่องมือตรวจวัดความชื้นของชิ้นไม้ที่ได้ออกมาอย่างต่อเนื่องจะช่วยทำให้สามารถกำหนดระยะเวลาที่อยู่ในช่องความร้อนได้ถูกต้อง เพื่อป้องกันการอบแห้งที่น้อยไปหรือมากไป ระยะเวลาของชิ้นไม้ที่อยู่ในช่องร้อน (Chamber) และการปรับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเป็นวิธีที่นิยมในการเปลี่ยนแปลงความชื้นของชิ้นไม้ที่จะได้ออกมา

ปัญหาของชิ้นไม้ที่เกิดจากการอบ นอกจากเรื่องความชื้นที่อยู่ในชิ้นไม้ซึ่งจะต้องมีปริมาณความชื้นที่เหมาะสมตามกำหนดและมีความชื้นสม่ำเสมอแล้ว คุณสมบัติของไม้ที่ได้จากการอบเป็นอีกผลกระทบที่ไม่ควรมองผ่าน การอบชิ้นไม้ด้วยอุณหภูมิสูงๆ เป็นเวลานานๆ จะพบปัญหาที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในการอบแผ่นไม้แปรรูป (Lumber) และไม้บาง (Veneer) ทั่วๆไป คือการเกิดสภาพแข็งตัวภายนอกของไม้ (Case-Hardening) และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ผิวของชิ้นไม้ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการยึดติดระหว่างกาวกับผิวหน้าชิ้นไม้ ในขณะทำเป็นแผ่นจนทำให้แผ่นบอร์ดที่ได้มีคุณภาพลดลงเครื่องอบชิ้นไม้ในเชิงพาณิชย์มีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แบบห้องอบหมุนได้ตามแนวราบ (Horizontal rotating type) และแบบห้องอบอยู่กับที่ตามแนวราบ (Horizontal fixed type) เครื่องอบแบบแรกมีการใช้มาก่อนไม่ต่ำกว่า 44 ปี และมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมการเกษตรทั่วไป เช่น พวกพืชผลทางการเกษตรต่างๆ ส่วนเครื่องอบแบบหลัง เพิ่งมีการนำมาใช้ในยุโรปเมื่อ 24ปีหลัง การเลือกใช้เครื่องอบชนิดใดขึ้นอยู่กับการออกแบบโรงงานและมูลค่าการลงทุนแต่ละแบบของเครื่องอบก็มีแบ่งแยกออกไปอีกหลายชนิด ส่วนการเลือกหาขนาดของเครื่องอบใหญ่เล็กเพียงใดขึ้นอยู่กับข้อพิจารณาดังต่อไปนี้

ก). ปริมาณของน้ำในชิ้นไม้ที่ต้องการระเหยออกไป

ข). ปริมาณของชิ้นไม้ที่ต้องการอบให้เพียงพอต่อสายการผลิต

ค). ลักษณะของขนาดและรูปร่างของชิ้นไม้ที่มีผลต่อความยาวของเครื่องอบในระหว่างเวลาอบ

การคำนวณเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายในการอบต้องพิจารณาจากตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก). ราคาเชื้อเพลิง (Fuel cost)

ข). อุณหภูมิของเครื่องอบในช่วงต้น เพื่อหาปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Inlet temperature)

ค). ปริมาณความชื้นของชิ้นไม้ก่อนอบ (Initial moisture content)

ง). ปริมาณความชื้นสุดท้ายที่ต้องการจากการอบ (Final moisture content)

จ). ขนาดและรูปร่างของชิ้นไม้ (Size and shape of furnish)

ฉ). ประสิทธิภาพตัวพาความร้อน (Heating medium)

ช). ความชำนาญของผู้ควบคุมและปฏิบัติการอบที่จะใช้เชื้อเพลิงที่มีอยู่ให้เกิดพลังงานและความร้อนที่มากที่สุด [1]

ตัวอย่างเครื่องอบชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ด

ก). เครื่องอบแบบหมุน (The Horizontal Rotating Type)

ข). เครื่องอบแบบอยู่กับที่ (The Horizontal Fixed Type)

ในระยะหลังโรงงานขนาดใหญ่ที่ต้องการคุณภาพในการผลิตสูงขึ้น มักนิยมใช้การอบแบบอบหลายชั้น (Multiple stage drying) คือ การใช้เครื่องอบเป็นชุด ชุดหนึ่งอาจมีเครื่องอบ 2 เครื่องหรือมากกว่า หลักการนี้เพื่อจะช่วยให้โรงงานสามารถใช้แหล่งวัตถุดิบได้จากหลายๆ แหล่งที่มีความชื้นเบื้องต้นก่อนอบที่แตกต่างกันอย่างมากได้ โดยการอบชิ้นไม้ที่มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดก่อนในเครื่องอบเครื่องแรกแล้วนำมารวมกับชิ้นไม้อีกชุดหนึ่งที่มีความชื้นต่ำกว่าเพื่อเข้าอบในเครื่องอบที่สองเพื่อไล่ความชื้นที่มากออกไปจนได้ปริมาณความชื้นของชิ้นทั้งหมดตามต้องการ นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดอัคคีภัยได้จากการอบชิ้นไม้ที่มีความสูงและต่ำไปพร้อมๆกัน อีกทั้งยังทำให้สามารถผลิตชิ้นไม้ที่มีความชื้นสม่ำเสมอด้วย

ขนาดและรูปร่างของชิ้นไม้ ที่ใหญ่กว่าและมีพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้อยกว่า ย่อมต้องการความร้อนในการอบที่มากกว่าเพื่อไล่ความชื้นที่มากเกินไปออก การอบที่มีขนาดรูปร่างของชิ้นไม้ที่แตกต่างกันมากรวมกันอบพร้อมกันจึงลำบากต่อการควบคุมการอบให้ได้ความชื้นที่สม่ำเสมอได้

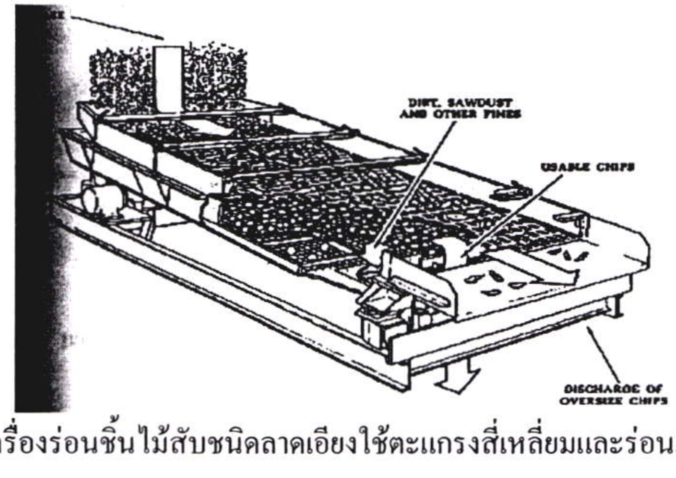
2.2.3 การคัดแยกชิ้นไม้ (Particle Classification) [1]

ชิ้นไม้ที่ได้จากการแปรรูปเพื่อลดขนาดในขั้นตอนแรกมีขนาดใหญ่เล็กคละปนกันอยู่หลายๆ ขนาด จึงจำเป็นต้องทำการคัดแยกชิ้นไม้ออกให้มีความสม่ำเสมอเพื่อให้แผ่นที่ได้มีโครงสร้างทางวิศวกรรมที่ดี โดยทั่วไปการคัดขนาดชิ้นไม้นิยมทำหลังจากการอบ เนื่องจากการอบและการเก็บในยุ้งเก็บมักจะมีชิ้นไม้แตกหักเสมอแต่หากมีเครื่องอบ 2 เครื่องที่สามารถแยกสายการผลิตชิ้นไม้หยาบและละเอียดได้ (ซึ่งก็หมายถึงการลงทุนที่สูงกว่า) สามารถใช้การคัดขนาดชิ้นไม้ก่อนการอบได้และเป็นผลดีต่อขั้นตอนการอบที่สามารถใช้พลังงานความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังทำ

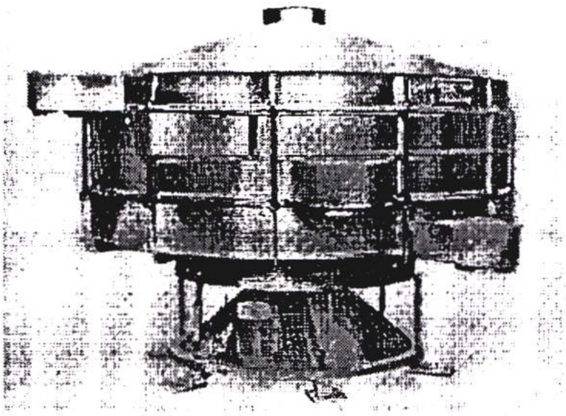
ให้ชิ้นไม้ที่อบได้มีความชื้นแน่นนอนสม่ำเสมอซึ่งจะช่วยให้ขั้นตอนการผสมกาวและการอัดมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น การคัดแยกชิ้นไม้ มีอยู่ 3 วิธี คือ

1. การร่อน (Screening) เป็นการคัดแยกตามขนาดของชิ้นไม้ (size)
2. การคัดแยกโดยอากาศ (Air classification) เป็นการแยกตามน้ำหนักผิว (Surface-to-weight) ของชิ้นไม้
3. การร่อนผสมกับการคัดแยกด้วยอากาศ

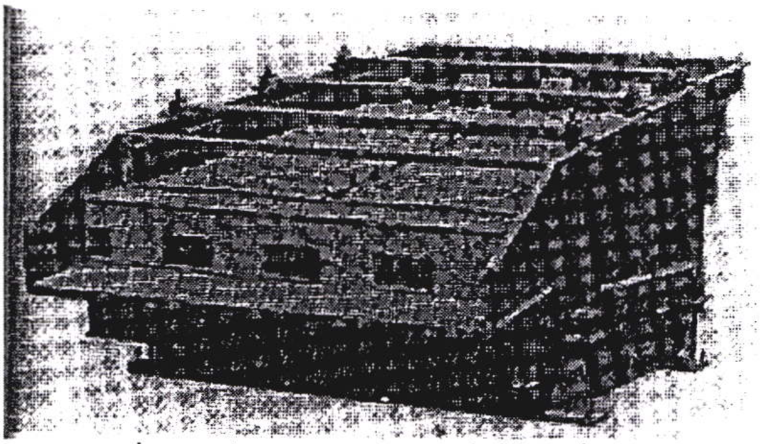
การร่อน หมายถึง การนำเอาชิ้นไม้ผ่านบนตะแกรงที่มีขนาดช่องตะแกรงตามกำหนด โดยให้ชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กต่ำกว่าความต้องการผ่านรอดตะแกรงออกไป การร่อนมีลักษณะของการร่อนอยู่ 2 ลักษณะ คือ แบบสั่น (Vibrating) และแบบเขย่า (Shaking) หรือ หมุน (Gyratory) ดังตัวอย่างเครื่องร่อนในรูปที่ 2.1-2.3 หลักการพิจารณาการเลือกใช้งานแต่ละแบบต้องพิจารณาจากความต้องการในการคัดแยกชิ้นไม้ 2 กรณี คือ กำลังในความสามารถการร่อนและประสิทธิภาพของการร่อนว่าต้องการร่อนชิ้นไม้ที่ป้อนเข้าไปในเครื่องเป็นปริมาณมากๆหรือต้องการได้ปริมาณของชิ้นไม้ที่มีขนาดต้องการ โดยมีปัจจัยหลายๆปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการร่อน ได้แก่ ความหนาแน่นของชิ้นไม้ทั้งกอง (Bulk density) รูปร่างของชิ้นไม้ (Particle shape) ความชื้นของชิ้นไม้ (Moisture content) อัตราการป้อนชิ้นไม้เข้าเครื่องร่อน (Feed rate) ระยะเวลาในการร่อน (Retention time) ลักษณะพื้นผิวของตะแกรงร่อน (Screening surface) และความถี่รวมทั้งช่วงกว้างของการร่อน (Frequency and amplitude of screening) ดังนั้นเป็นการลำบากที่จะเจาะจงเลือกชนิดของเครื่องร่อนให้ดีที่สุดสำหรับใช้ในโรงงานใดโรงงานหนึ่ง จำเป็นต้องหาแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมก่อนในห้องปฏิบัติการเพื่อเลือกชนิดการร่อนและสภาวะที่ดีของปัจจัยกระทบข้างต้น ในอุตสาหกรรมมักนิยมเครื่องร่อนแบบการเขย่า (Shaking) หรือการหมุน (Gyrating) โดยใช้ความเร็วในการร่อนที่ช้า (Low speed) แต่มีช่วงการเขย่าที่กว้าง (Large amplitude)



รูปที่ 2.1 เครื่องร่อนชิ้นไม้สับชนิดลาดเอียงใช้ตะแกรงสี่เหลี่ยมและร่อนแบบหมุน [1]

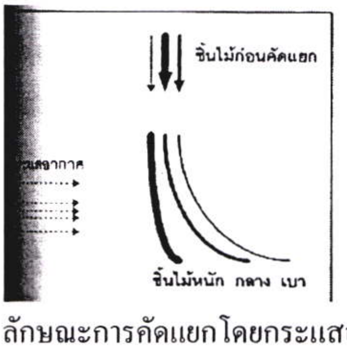


รูปที่ 2.2 เครื่องร่อนวงกลมใช้การร่อนแบบหมุนเพื่อแยกชิ้นไม้ได้ 4 ขนาด [1]



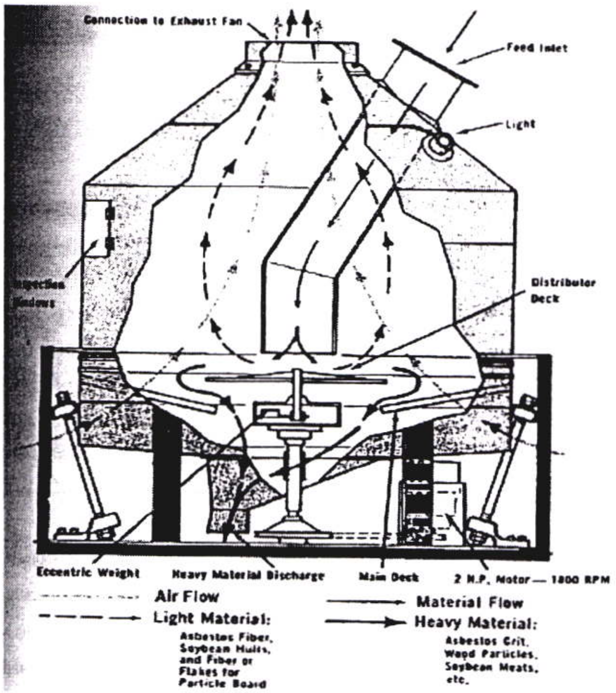
รูปที่ 2.3 เครื่องร่อนไม้อีกแบบหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยม [1]

สำหรับการคัดแยกโดยอากาศ เป็นการผ่านชิ้นไม้เข้าไปยังกระแสอากาศที่หมุนพัดอยู่ให้สามารถแยกชิ้นไม้เป็นขนาดต่างๆได้จากความแตกต่างของน้ำหนักไม้และพื้นผิวของชิ้นไม้แต่ละขนาด (รูปที่ 2.4) การคัดแยกโดยอากาศนี้จะมีการใช้เมื่อการคัดแยกโดยอาศัยขนาด(การร่อน)ไม่ได้ผลเป็นที่พอใจ หรืออาจใช้ผสมกัน



รูปที่ 2.4 ลักษณะการคัดแยกโดยกระแสอากาศ [1]

ตามรูปที่ 2.5 เป็นเครื่องคัดชิ้นไม้โดยอากาศลักษณะทรงกลมแบบหนึ่งที่นิยมใช้กัน มีหลักการที่ง่าย ซึ่งอาศัยการลอยตัว (suspension) ของชิ้นไม้ การทำงานโดยให้ชิ้นป้อนทางด้านบนของเครื่อง ตกลงมาตามแรงโน้มถ่วงลงสู่จานหมุนซึ่งอยู่ด้านล่างเพื่อให้เหวี่ยงชิ้นไม้กระจายออกไปปะทะผนังของเครื่อง พร้อมกับส่งกระแสอากาศเข้าไปในเครื่องจากด้านล่างข้างๆ พุ่งขึ้นสู่ด้านบน ส่วนที่เป็นชิ้นไม้เบากว่าซึ่งมีสัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักสูง ก็จะถูกพาออกไปด้านตามกระแสอากาศ ส่วนชิ้นไม้ที่หนักกว่าซึ่งมีสัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักต่ำ ก็จะตกลงด้านล่าง เครื่องนี้จะแยกชิ้นไม้ออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนชิ้นไม้ขนาดที่ต้องการและส่วนชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่เกินไป



รูปที่ 2.5 ลักษณะการทำงานของเครื่องคัดแยกชิ้นไม้โดยอากาศรูปทรงกลม [1]

จะเห็นได้ว่า โรงงานผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดแต่ละโรงจะมีการคัดแยกชิ้นไม้ที่ไม่เหมือนกันและความต้องการในการแยกชิ้นไม้ต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งวัตถุดิบที่นำมาใช้ของแต่ละโรงงานที่ต่างกัน และแผ่นบอร์ดที่ต้องการผลิตออกมาแตกต่างกัน การตัดสินใจเลือกการคัดแยกชิ้นไม้วิธีใดแบบใด ต้องพิจารณามาจากสายการผลิตว่าใช้วิธีการแปรรูปขนาดชิ้นไม้จากวิธีใด ต้องการกำลังหรือการป้อนชิ้นไม้เข้าสู่เครื่องคัดแยกที่รวดเร็ว หรือต้องการชิ้นไม้ที่ขนาดแน่นอนสม่ำเสมอมากกว่าแต่ความสามารถในการร่อนต่ำ

2.2.4 การผสม (Blending) [1]

การรวม กาว ขี้ผึ้ง สารผสมชนิดอื่นๆ กับชิ้นไม้ที่แห้งเรียกว่า การผสมคลุกเคล้า (Blending) ซึ่งโดยทั่วไปกระทำโดยการสเปรย์ กาว น้ำ และขี้ผึ้งอีมัลชั่นไปบนชิ้นไม้ในขณะที่อยู่ในเครื่อง

คลุกเคล้า โดยปกตินิยมคำนวณคิดเทียบจากน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้ ยังไม่มีความพยายามใช้เทียบกับพื้นที่ผิวทั้งหมดของชิ้นไม้ ฉะนั้นชิ้นไม้ขนาดเล็กกว่าซึ่งมีพื้นผิวที่มากกว่าเมื่อเทียบเป็นสัดส่วนน้ำหนักกับชิ้นไม้ที่ใหญ่กว่าจะทำให้ได้รับปริมาณกาวเป็นน้ำหนักได้มากกว่า หากพื้นที่ผิวทั้งสองชิ้นไม้ได้รับปริมาณกาวต่อพื้นที่เท่ากัน ความแข็งแรงของแผ่นชิ้นไม้อัดขึ้นอยู่กับการจับยึดติดกันระหว่างชิ้นไม้ (Inter particle bonding) เมื่อชิ้นไม้มีขนาดเล็กลงย่อมต้องการการจับยึดกันระหว่างชิ้นไม้ต่อหน่วยน้ำหนักมากขึ้นเพื่อผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดให้มีความหนาแน่นเดียวกัน ดังนั้นชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กกว่าจำเป็นต้องได้รับปริมาณกาวที่มากกว่าเมื่อใช้กาวที่คำนวณเป็นน้ำหนักต่อชิ้นไม้ ด้วยเหตุผลข้างต้นจึงนับเป็นจุดสำคัญของการผสมที่จะต้องนำไปใช้ในการโรยแผ่นเตรียมอัด (Mat forming) ต่อไป เนื่องจากว่าโดยปกติชิ้นไม้ขนาดเล็กมักนำไปใช้เป็นผิวหน้าของแผ่นชิ้นไม้อัดเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผิวหน้าและความเรียบของแผ่น ดังนั้นชิ้นไม้ชั้นผิวหน้าซึ่งมีขนาดเล็กจึงต้องใช้ปริมาณกาวมากกว่าชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีพื้นที่ผิวน้อยกว่า

การใช้กาวในแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันไป การปรับแต่งคุณสมบัติของกาวให้เหมาะสมกับชิ้นไม้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้ได้แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีคุณภาพ คุณสมบัติของกาวที่ควรพิจารณาในการปรับแต่ง ได้แก่ ความหนืด ความเหนียว การไหล ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา ความเป็นกรดด่าง การผ่อนความเป็นกรดด่าง และการเข้ากันได้กับการผสมสารกันซึม เป็นต้น

วิธีการผสม เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะได้แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีคุณภาพที่ดี การกระจายของกาวและสารผสมอื่นๆ ที่ไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้บริเวณนั้นมีการจับยึดกันระหว่างชิ้นไม้ต่ำ และทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดไม่แข็งแรง การใช้เครื่องวัดที่ดีสำหรับหาปริมาณของกาวและการไหลของชิ้นไม้ที่จะส่งผ่านไปยังเครื่องคลุกเคล้านั้นทำให้การผสมมีความเหมาะสมดีที่สุด

<u>ปัจจัยต่างๆ ที่ควรพิจารณาในระหว่างการใช้กาวทั้งก่อนผสมและหลังผสมกับชิ้นไม้ มีดังนี้</u>

<u>ปัจจัยที่ควรพิจารณาก่อนการผสมกาวกับชิ้นไม้ มีดังต่อไปนี้</u>

ก). ความหนาชิ้นไม้ที่สม่ำเสมอ มีความจำเป็นต่อการหาปริมาณกาวที่อยู่ในแผ่นชิ้นไม้อัด

ข). การลดความผันแปรในขนาดรูปร่างของชิ้นไม้ให้ได้รูปแบบเดียวกันมากที่สุดก็จะเป็นผลดีต่อการใช้กาว

ค). พื้นผิวของชิ้นไม้ ควรมีคุณภาพดี เพื่อให้กาวเกาะติดอยู่บนผิว และแพร่กระจายได้ดี

ง). ควรควบคุม ปริมาณความชื้น ให้มีความผันแปรน้อยที่สุด เพราะจะช่วยลดผลในทางลบเกี่ยวกับคุณลักษณะการไหลของกาว (Flow of resin) และหลีกเลี่ยงการเกิดระเบิดหรือโป่งพอง (blows) ในแผ่นที่อัดแล้ว

จ). คัดเลือกกาวเรซินให้เหมาะสมและปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการเป็นพิเศษ

ฉ). การเคลือบผิวด้วยขี้ผึ้ง (Wax sizing) ควรมุ่งเข้าไปที่หน้าที่หลักของการเคลือบหรือฉาบนี้ว่าเพื่อช่วยให้กาวกระจายไปให้ทั่วชิ้นไม้ (Resin distribution) และแพร่ไปบนพื้นผิวได้ (Resin dispersion) โดยเฉพาะในกรณีการผสมกาวโดยใช้กาวในรูปผง

ช). ป้องกันกาวเรซินให้อยู่ในสภาพที่ดี หลีกเลี่ยงสภาวะต่างๆ ที่มีผลเสียต่อกาวในระหว่างการเก็บและเคลื่อนย้าย

ซ). คอยระมัดระวังการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกาวและขี้ผึ้ง

ปัจจัยที่ควรพิจารณาระหว่างการผสมกาวกับชิ้นไม้

ก). ศึกษาการกระจายกาวให้ทั่วชิ้นไม้ทั้งกอง โดยพิจารณาจาก ชนิดเครื่องผสม (Type of blender) อัตราความเร็วในการหมุน (Rotation speed) ระยะเวลาที่เหมาะสมในการคลุกเคล้า (Optimum dwell time) และอัตราการป้อนชิ้นไม้ลงไปผสม (Feed rate furnish)

ข). ระบบการชั่งตวงวัด (Metering system) สำหรับไม้ กาว และสารเติมแต่ง ควรมีความเที่ยงตรงและไว้ใจได้ เพื่อจะได้ป้อนหรือไหลเข้าสู่ขบวนการผลิตได้อย่างพร้อมเพรียงกัน

ค). ระหว่างการผสมในขบวนการผลิตกำจัดการเกิดช่องว่างและความไม่แน่นนอน ในระหว่างการไหล หรือป้อน ไม้ กาว และขี้ผึ้ง

ปัจจัยที่ควรพิจารณาหลังการผสมกาว

ก.) หลีกเลี่ยงปัจจัยต่างๆ ที่อาจเป็นสาเหตุทำให้กาวบนชิ้นไม้ที่ผสมแล้วได้รับการสั่นสะเทือนหลุดออกน้อยลงไปหรือเกิดการเกาะรวมกันเป็นก้อนระหว่างการส่งสายพานหรือการโรยแผ่น

ข). ปกป้องกาวจากการเกิด การแข็งตัวก่อน (Pre-cure) ระหว่างการป้อนเข้าอัดหรือในระหว่างการอัด

ในหลักการของการพัฒนาคุณภาพของแผ่นชิ้นไม้อัด การแยกผสมสารเติมแต่งอื่น เช่น สารกันน้ำ และสารป้องกันรักษาเนื้อไม้กับชิ้นไม้โดยตรงไม่รวมกับกาวเป็นสิ่งที่ดี เนื่องจากทำให้สารเติมแต่งและกาวแสดงคุณสมบัติทางเคมีของสารแต่ละชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่ในทางปฏิบัติผู้ประกอบการกลับพบว่าการรวมสารเติมแต่งกับกาวแล้วกวนให้เข้ากันดีก่อนแล้วผสมชิ้นไม้ มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ การลงทุนเครื่องมือขั้นต้นต่ำกว่า ความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานของคนน้อยกว่าและการบำรุงรักษาต่ำกว่าหากเทียบถึงการคล่องตัว ในการปรับเพิ่มหรือลดปริมาณของสารเคมีที่จะใช้กับการเปลี่ยนคุณสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดแต่ละครั้ง การแยกผสมมีความคล่องตัวมากกว่าการรวมผสม ดังนั้นผู้ควบคุมการผสมกาวกับสารเติมแต่งจึงต้องปฏิบัติงานอย่างถูกต้องด้วยความรอบคอบที่สุด

ปัญหาอีกประการหนึ่งที่มักจะพบเสมอในการผสมกาวกับสารเร่งแข็งและสารเติมแต่งก่อนการพ่นไปบนชิ้นไม้ คือ เกิดการตกตะกอนหรือการจับรวมเป็นก้อนหรือการแยกชั้นของส่วนผสม การตรวจสอบความสามารถในการเข้ากันได้ (Compatibility) ของสารแต่ละชนิดก่อนการผสมรวมกันเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ตัวอย่างคำแนะนำในการผสมสารต่างๆกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ควรกระทำตามลำดับขั้นตอนอย่างเคร่งครัดดังต่อไปนี้

1. กาว
2. น้ำ

3. พาราฟิน-แว๊ก อิมัลชั่น

4. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (เป็นบัฟเฟอร์เพื่อควบคุม pH)

5. สารเร่งแข็ง มักใช้เป็นแอมโมเนียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นสารที่ไม่เข้ากัน (Incompatible) กับแว๊กอิมัลชั่น

6. สารเติมแต่งอื่น เช่น สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ต่างๆ

การพิจารณาการใช้สารเร่งแข็งกับกาว จำเป็นต้องทราบถึง 1). ความเป็นกรดของไม้ (pH of furnishes) 2). ความสามารถในการผ่อนความเป็นกรดเป็นด่างไม้ (Buffering capacity) และ 3). ปริมาณการเกิดสารระเหยได้ที่มีฤทธิ์เป็นกรดของไม้ (Free volatile acid content) ขณะอัดร้อน หากความเป็นกรดของไม้ที่ใช้ในการผลิตแต่ละครั้ง (Batch) ผันแปรต่างกันมาก รวมทั้งการใช้ไม้หลายชนิดผสมกัน การใช้กาวและปริมาณสารเร่งแข็งจะมีความยุ่งยากซับซ้อนขึ้น

วิธีการผสมกาวหรือสารเติมแต่งอื่นกับชิ้นไม้ มีอยู่ 3 ระบบ คือ

1. ใช้การสัมผัสและการเสียดทานในระหว่างชิ้นไม้ (The Contact and Friction System)

ในช่วงแรกๆ ของอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดส่วนใหญ่ใช้ระบบผสมแบบสัมผัสและเสียดสี ระบบนี้เป็นการนำเอาส่วนผสมกาวที่ต้องการค่อยๆเทผสมกับชิ้นไม้ในถังผสมขณะคอยกลิ้งชิ้นไม้ตลอดเวลาเพื่อกระจายกาวให้ทั่วชิ้นไม้ ประสิทธิภาพของระบบนี้ขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาในการกลิ้งชิ้นไม้ให้คลุกเคล้ากันไปมาในถังเพื่อให้ชิ้นไม้ที่มีกาวอยู่ถูสัมผัสสีกันกับชิ้นไม้ที่ยังไม่มีกาวเกาะอยู่ ระบบนี้ใช้กับโรงงานผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีกำลังผลิตไม่มากนักและลงทุนต่ำ

2. ระบบการกระจายกาวด้วยลูกกลิ้ง (Spreader Rolls System)

ระบบการกระจายกาวด้วยลูกกลิ้งเป็นอีกระบบหนึ่งที่มีการใช้ในระยะแรกๆเพื่อให้การกระจายกาวดีขึ้น โดยเฉพาะกาวที่มีความหนืดสูง และส่วนผสมที่มีความเข้มข้นสูงหลักการทำงานของเครื่องชนิดนี้ เริ่มจากป้อนชิ้นไม้สู่ช่องทางเข้าในระหว่างทางก่อนถึงลูกกลิ้งมีการแบ่งแยกชิ้นไม้ออกเป็นชิ้นไม้หยาบและชิ้นไม้ละเอียด ชิ้นไม้ละเอียดจะแยกไปผสมกาวกับลูกกลิ้งตัวล่างเพื่อป้องกันการเปรอะเปื้อนของกาวจากชิ้นไม้ละเอียด ชิ้นไม้จะลูบถูกับลูกกลิ้งใหญ่ที่มีกาวอยู่โดยมีลูกกลิ้งใบพายเป็นตัวควบคุม

แต่อย่างไรก็ตาม ทั้งสองระบบข้างต้นนี้ ผู้ผลิตรายใหม่ๆ ในปัจจุบันยกเลิกการผลิตไปแล้ว เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านความเที่ยงตรงและประสิทธิภาพ

3. ระบบการทำให้เป็นละอองกาว (Atomization System)

ระบบการผสมด้วยละอองกาวจากการพ่น (Spraying) เป็นระบบที่มีการใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากให้การผสมกาวที่กระจายได้ทั่วถึงอย่างรวดเร็วกว่าและสม่ำเสมอมากที่สุด สามารถใช้ได้ทั้งการผสมเป็นครั้งๆ (Batch) หรือต่อเนื่อง (Continuous) แต่ส่วนผสมกาวต้องมีความหนืดต่ำ วิธีนี้มี 2 วิธี คือ การใช้อากาศพ่น (Air spraying) และ การใช้ไฮโดรลิคพ่น (Airless or hydranlic spraying)

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในระบบการพ่นกาวมีอยู่ 2 ปัจจัยแก่ ความละเอียดของละอองกาว การเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการพ่นกาว การใช้วิธีการพ่นกาวต้องออกแบบให้เหมาะสม สัมพันธ์กับเครื่องผสมจึงทำให้การกระจายกาวไปบนชิ้นไม้ได้สม่ำเสมอ หัวพ่นกาวของแต่ละวิธี ในแต่ละเครื่องผสมต้องจัดเตรียมให้มีจำนวนเพียงพอเพื่อสามารถกระจายไปได้ทั่วชิ้นไม้ และจะต้องสะดวกง่ายต่อการเปลี่ยนหัวใหม่ในกรณีที่เกิดการอุดตัน

2.2.5 การเตรียมแผ่นก่อนอัด (Mat Formation) [1]

เป็นกรรมวิธีการโรยชิ้นไม้ที่ผ่านการผสมกาว และสารผสมอื่นๆแล้วลงบนสายพานที่เคลื่อนที่ไปอย่างต่อเนื่อง เครื่องโรยชิ้นไม้ที่มีอุปกรณ์ที่ทันสมัยและความเที่ยงตรงมากขึ้นส่งผลให้การโรยแผ่นเกิดความสม่ำเสมอและมีความผันผวนของความหนาแน่นภายในแผ่นน้อยกว่าเครื่องรุ่นก่อนๆ วิธีการโรยไม้เป็นแผ่นส่วนใหญ่จะเป็นการปฏิบัติงานอย่างอัตโนมัติทั้งระบบ โดยชิ้นไม้จะตกลงมาจากที่โรยเป็นม่านชิ้นไม้อยู่บนสายพานยาวที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปการใช้เครื่องโรยชิ้นไม้จะมีมากกว่า 1 เครื่องเพื่อทำแผ่นเตรียมอัด (Form mat) ให้ได้ความหนาตามต้องการ เนื่องจากเครื่องโรยชิ้นไม้หลายเครื่องจะทำให้แผ่นเตรียมอัดมีความสม่ำเสมอมากกว่า นอกจากนี้ยังสามารถทำแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดชั้นได้ด้วยความเที่ยงตรงและสม่ำเสมอในการโรยชิ้นไม้เป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมากในการผลิต หากการทำแผ่นเตรียมอัดแล้วเกิดความผันผวนของความหนาแน่นในแผ่นจะไม่สามารถแก้ไขได้เลยและส่งผลเสียให้แผ่นที่อัดเสร็จแล้ว

แผ่นเตรียมอัดประเภทชั้นเดียว เป็นการโรยชิ้นไม้ที่คละขนาดให้ตกลงบนสายพานที่เคลื่อนที่อยู่ โดยไม่มีการแยกขนาดชิ้นไม้เครื่องโรยชิ้นไม้แต่ละเครื่องก็จะถูกใช้ในการโรยชิ้นไม้ให้มีความหนาแน่นเท่ากับแผ่นเตรียมอัดได้เลย แต่ในกรณีของการผลิตแผ่นเตรียมอัดแบบชั้นเดียวจะใช้เครื่องโรยชิ้นไม้ขนาดเล็กและเครื่องโรยชิ้นไม้ขนาดใหญ่แยกกัน ระบบการผสมชิ้นไม้กับกาวและการเคลื่อนย้ายชิ้นไม้ก็ต้องมี 2 ระบบแยกกันสำหรับชิ้นไม้ขนาดเล็กและชิ้นไม้ขนาดใหญ่ เพื่อใช้ในการควบคุมระดับปริมาณกาวในแต่ละชั้น

แผ่นเตรียมอัดประเภทลดหลั่น เช่นเดียวกับแผ่นเตรียมอัดประเภทชั้นเดียว คือ ชิ้นไม้ขนาดใหญ่อยู่ในไส้และชิ้นไม้ขนาดเล็กอยู่ชั้นผิวแต่ต่างกันที่การแยกชิ้นไม้ตามขนาดลดหลั่นนั้น ทำในขั้นตอนการโรยแผ่น จึงไม่จำเป็นต้องใช้ระบบการลำเลียงและการผสม 2 ระบบ ระบบเดียวก็เพียงพอแต่เครื่องโรยชิ้นไม้จำเป็นต้องมีอย่างน้อย 2 เครื่อง แต่ละเครื่องจะโรยชิ้นไม้ครึ่งหนึ่งของความหนาของแผ่นเตรียมอัด การแยกชิ้นไม้กระทำโดยการตกลงของม่านชิ้นไม้ไปยังอากาศ หรือโดยการเหวี่ยงชิ้นไม้ออกไปด้วยเครื่องจักร

การเตรียมแผ่นก่อนอัดให้มีความสม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่นเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในขบวนการผลิต หากแผ่นที่โรยชิ้นไม้มีการกระจายของชิ้นไม้ไม่สม่ำเสมอจะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติเกิดความผันผวนขึ้นได้ ความหนาแน่นภายในแผ่นก็จะไม่เท่ากัน ผันผวนเป็นทางกว้าง

และเกิดการคืนตัวทางด้านความหนาที่มากเกินไปในบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงกว่า นอกจากนี้การโรยแผ่นที่ไม่สม่ำเสมอกันก็ยังก่อให้เกิดการโค้งงอหรือบิดตัวของแผ่นได้และอาจทำให้สภาพทั่วไปทางภายนอกของแผ่น เช่น ผิวหน้าไม่สวย ลักษณะของขอบแผ่นไม่เรียบ และการโรยชิ้นไม้ที่ไม่สม่ำเสมอนั้นยังเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเสียหายในขณะอัดร้อน ปัญหาที่สำคัญที่สุดในการโรยแผ่นเตรียมอัดเกิดจากปริมาตรของชิ้นไม้ที่มีความหนาแน่นหรือความฟูของกองชิ้นไม้แตกต่างกันที่ป้อนให้กับเครื่องโรยชิ้นไม้ ความหนาแน่นของกองชิ้นไม้ที่เตรียมได้ยังแปรตามสภาวะต่างๆที่ใช้ในการเตรียมชิ้นไม้ ชิ้นไม้ที่ได้มาจากต่างแหล่งต่างฤดูก็ให้คุณสมบัติที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอีกมากมาย เช่น ขึ้นอยู่กับว่าต้องผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดแบบใด ผลกระทบที่เกิดขึ้นจนส่งผลให้คุณภาพของแผ่นชิ้นไม้อัดแปรผันไป ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าส่วนใหญ่เกิดจากสาเหตุสำคัญดังนี้

ก). การตกเรียงตัวทำมุมกับแนวราบของชิ้นไม้ขณะโรยแผ่น (Angle of orientation)

ข). การเรียงตัวของชิ้นไม้ตามทิศทางของเครื่องโรย (Orient in the machine direction)

ค). ความไม่สมดุลของโครงสร้างแผ่นจากการโรยชิ้นไม้ที่ไม่เท่ากันในแต่ละชั้น (Imbalance of mat structure)

ง). การเกิดลักษณะรอยแตกแยกในแนวตั้งฉากกับแผ่น และรอยแยกในแนวขนานของแผ่นเตรียมอัด (Peel-off) ซึ่งเป็นผลมาจากความชื้นของชิ้นไม้และคุณลักษณะการเหนียวตัวของกาว

2.2.6 กรรมวิธีการอัด (Pressing operation) [1]

การทำให้แผ่นเตรียมอัดแข็งตัวขึ้นและเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของกาว เพื่อผลิตเป็นแผ่นจะอยู่กับขั้นตอนการอัดร้อน แผ่นเตรียมอัดจะถูกบีบอัดจนได้ความหนาแน่นตามที่ต้องการ ในขณะเดียวกันกาวที่อยู่บริเวณบนผิวของชิ้นไม้ก็จะเกิดการพอลิเมอร์ไรเซชันและเชื่อมยึดชิ้นไม้กับชิ้นไม้ไว้จนดีแล้ว แผ่นที่ได้ก็จะถูกนำออกจากการอัด ทำให้เย็นและส่งต่อไปยังขั้นตอนตกแต่งต่อไป

กรรมวิธีการอัด เป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมากหากแผ่นเตรียมอัดที่ทำขึ้นคุณภาพไม่ดี เมื่อนำไปอัดก็จะได้แผ่นชิ้นไม้อัดสุดท้ายที่มีคุณภาพไม่ดีเช่นกัน ในทำนองเดียวกันหากชิ้นไม้ที่ทำการผสมกับกาวแต่ได้รับกาวในปริมาณน้อยไม่เพียงพอต่อการเชื่อมยึดเหนี่ยวกับชิ้นไม้ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการผสมไม่ดีหรือในขั้นตอนการอบที่ไม่ดีพอ ชิ้นไม้มีความชื้นมากเกินไป แผ่นเตรียมอัดซึ่งเตรียมขึ้นจากชิ้นไม้ที่มีปัญหาเหล่านี้ หากนำเข้าขั้นตอนการอัดต่อไปย่อมได้แผ่นชิ้นไม้อัดสุดท้ายที่มีคุณภาพต่ำ การอัดที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพและใช้ระยะเวลาในการอัดที่สั้นที่สุด เร็วที่สุดย่อมส่งผลดีต่อโรงงานเป็นการเพิ่มกำลังผลิตให้แก่โรงงานได้

ปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด ลักษณะการกระจายความหนาแน่นทางด้านหน้าตัดของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตส่วนใหญ่มีลักษณะที่ความหนาแน่นของผิว

มีสูงกว่าความหนาแน่นชั้นไส้ ดังนั้นคุณสมบัติของแผ่นในลักษณะนี้จะให้คุณสมบัติทางด้านแรงดัดและความแข็งตึงที่สูงขึ้นแต่แรงยึดเหนี่ยวภายในจะลดลง แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีคุณสมบัติข้างต้นเกิดจากการใช้ระยะเวลาในการปิดแท่นอัดที่เร็วเกินไป การปรับปรุงอาจทำได้โดยการยืดระยะเวลาในการอัด นอกจากนั้นการใช้อุณหภูมิการอัดที่สูงก็ช่วยเพิ่มความหนาแน่นชั้นไส้ขึ้นได้ แต่ก็ทำให้ความหนาแน่นชั้นผิวลดลงได้ เนื่องจากความร้อนเคลื่อนเข้าสู่ชั้นไส้รวดเร็วขึ้น

ข้อพิจารณาที่สำคัญและข้อควรระมัดระวังสำหรับใช้ขั้นตอนการอัดร้อน รายละเอียดของปัจจัยที่สำคัญที่เกี่ยวข้อง มีดังนี้

ก). ปริมาณความชื้นและการกระจายความชื้นในแผ่นเตรียมอัด ปริมาณความชื้นของแผ่นเตรียมอัดในขณะอัดร้อนมาจาก 3 แหล่งด้วยกัน คือ

1. ความชื้นที่มีอยู่ในชิ้นไม้ภายหลังการอบแห้ง โดยปกติจะอยู่ที่ประมาณ 2-5%

2. น้ำที่ใช้ในการละลายกาวเรซินซึมเข้าสู่ชิ้นไม้ โดยทั่วไปกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์จะใช้ที่ปริมาณของแข็งประมาณ 65% ซึ่งในการผลิตจริงอาจใช้ระดับนี้ หรือเพื่อให้สามารถสเปรย์ได้ง่ายขึ้นอาจเจือจางต่ำลงเหลือเพียง 55-60% ส่วนกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์สามารถใช้งานได้ที่หลายระดับปริมาณของแข็ง เช่น ที่ระดับปริมาณของแข็ง 20-25% ใช้ในการผลิตฮาร์ดบอร์ดแบบผลิตแบบแห้งทั้งนี้เพื่อให้กาวเรซินสามารถกระจายตัวได้ดีเนื่องจากปกติการใช้กาวฟีนอลจะผสมในช่วงการบดจึงทำให้ความชื้นที่มากเกินไประเหยออกไปในขณะอบแห้งได้ ดังนั้นในหลายๆกรณี น้ำส่วนเกินนี้จึงทำให้ความชื้นของแผ่นเตรียมอัดที่ได้เพิ่มขึ้นมากกว่า 10-11%

3. ความชื้นที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาการควบแน่น เมื่อกาวเรซินเกิดการแข็งตัว กล่าวคือ เรซิน 2โมเลกุล ทำปฏิกิริยากันให้น้ำออกมา 1 โมเลกุล มีรายงานกล่าวว่า 6% ของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์สามารถทำให้ความชื้นของแผ่นเพิ่มขึ้น 0.9%

ข). แรงดันไอที่เกิดขึ้นภายในแผ่นขณะอัดร้อน

แรงยึดเหนี่ยวภายในของแผ่น ในสภาวะที่ร้อนขณะที่แท่นอัดเปิดออกต้องแข็งแรงมากพอเพียงที่จะเอาชนะแรงดันไอที่มีอยู่ในแผ่นชิ้นไม้อัดจึงจะทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดไม่เกิดการเสียหายขึ้นได้ เพราะไม่เช่นนั้นแรงดันไอที่ถูกปลดปล่อยผ่านรูพรุนของแผ่นออกมาอย่างรวดเร็วก็จะทำให้แผ่นเกิดการระเบิดพุ่งออกมา ดังนั้นการเพิ่มเวลาอัดจึงมีความจำเป็นเพื่อให้แรงดันไอถูกระบายออกไปก่อนที่แผ่นจะถูกนำออกไปจากแท่นอัดโดยไม่เกิดการบวม

ค). ระยะเวลาปิดอัด ความดันและความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา (Press Closing Time,Pressure, and Density Profile)

การปิดอัดมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นเช่นเดียวกับปัจจัยอื่นๆ ระยะเวลาปิดอัด คือระยะเวลาที่ใช้ในการอัดแผ่นจนกระทั่งได้ความหนาตามต้องการ ส่วนความหนาแน่นลดหลั่นทางความหนา คือ ลักษณะของความหนาแน่นที่แตกต่างกันภายในแผ่นทางด้านความหนาจากผิวหน้าหนึ่งผ่านแกนกลางถึงผิวหน้าอีกด้าน การอัดแผ่นโดยทั่วไปที่ใช้แท่งโลหะกำหนดความหนาของ

แผ่นบอร์ดวางข้างแผ่นเตรียมอัดบนแท่นอัดซึ่งเรียกว่าตัวหยุด (Stopper) ถ้าแรงดันที่ใช้อัดยังคงรักษาไว้ในระดับเดียวกับที่ใช้ปิดอัด จะพบว่าความดันมหาศาลจะเกิดขึ้นที่ตัวหยุดซึ่งอาจทำความเสียหายให้กับระบบหยุดได้และอาจรวมถึงระบบอัด ดังนั้นหากมีระบบหยุดความดันควรต้องถูกลดระดับลงในช่วงหลังของการอัด

ง). ความแข็งตัวก่อนและการแข็งตัวหลังของกาวเรซิน (Precure and Postcure of Resin)

ลักษณะที่พบในแผ่นบอร์ดหลายแผ่นซึ่งมีผิวหน้าส่วนนอกที่มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกาวเรซินเกิดการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ก่อนที่จะอัดแผ่น ผิวหน้าส่วนนี้จะอ่อนนิ่มกว่า ความหนาแน่นน้อยกว่า ผิวหน้าที่อ่อนนี้มีความสัมพันธ์กับการเกิดการแข็งตัวก่อน หรือการแห้งของเรซินซึ่งเป็นผลมาจากแท่นอัดที่ร้อนสัมผัสกับแผ่นเหล็กครั้งแรก ปกติที่อุณหภูมิ 163-191 องศาเซลเซียส กาวเรซินที่ผิวหน้าแทบจะเกิดการแข็งตัวในทันที การแข็งตัวของกาวภายหลังมักใช้วิธีการกองสุมร้อนเพื่อให้กาวแข็งตัวได้สมบูรณ์ขึ้นแต่เป็นผลดีต่อแผ่นบอร์ดที่ใช้กาวฟีนอลลิค ส่วนแผ่นบอร์ดที่ใช้กาวยูเรียนั้นการกองสุมร้อนกลับเป็นผลร้าย เพราะทำให้เกิดการสลายตัวของแนวการยึดของกาวซึ่งจะทำให้แผ่นบอร์ดสูญเสียความแข็งแรง

2.2.7 การตกแต่ง (Finishing) [2]

ชนิดและขอบเขตของกรรมวิธีการตกแต่งสำหรับแผ่นชิ้นไม้อัด จะถูกกำหนดขึ้นจากเกณฑ์คุณภาพที่จะนำไปใช้ประโยชน์ เช่น กรณีการนำแผ่นชิ้นไม้อัดไปใช้เป็นแผ่นปูรองพื้น (floor underlayment) และชั้นดาดฟ้าของบ้านที่โยกย้ายได้ (moboile home decking) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ง่ายเพียงผลิตเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมแล้วขัดด้วยกระดาษทรายให้ได้ความสม่ำเสมอตามต้องการ การทาสีหรือการพ่นสีและการประดิษฐ์ลายเสี้ยนปลอมบนผิวหน้า สามารถทำได้โดยตรงไปบนผิวหน้าของแผ่นชิ้นไม้อัด ขณะที่ไม้บางวัสดุไวนิลและวัสดุปิดผิวหน้าอื่นๆ จะต้องถูกยึดติดกับแผ่นชิ้นไม้อัด การใช้กาวประสานในการตกแต่งนั้นเป้าหมาย คือ ต้องการผลิตผิวหน้าที่ดึงดูดตา สวยงามและมีความทนทาน โดยใช้ค่าใช้จ่ายต้นทุนต่ำที่สุดซึ่งมีกรรมวิธีการตกแต่งสำหรับแผ่นชิ้นไม้อัดเชิงอุตสาหกรรม (industrial grade PB) การตกแต่งสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

2.2.7.1 การตกแต่งขอบ (Edge Finishing) [2]

แผ่นชิ้นไม้อัดในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ผลิตโดยใช้ชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่อยู่ในชั้นไส้ และใช้ชิ้นไม้ที่มีขนาดเล็กกว่าชั้นผิวหน้าเพื่อให้ผิวราบเรียบขึ้น การทำแผ่นชิ้นไม้อัดประเภทลดหลั่นหรือแบบชั้นแล้วอัดด้วยวิธีแท่นอัดในแนวราบนี้จะทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดที่ชั้นไส้มีความหนาแน่นต่ำและเป็นรูพรุน และชั้นผิวมีความหนาแน่นสูงกว่าเป็นผลให้ขอบแผ่นไม่ราบเรียบ หรือไม่เป็นแบบเดียวกันจึงไม่มีเครื่องมือหรือตกแต่งและลงสีที่จะทำให้ขอบด้านข้างเป็นแบบเดียวกันได้ แต่มีเทคนิคหลายๆอย่างที่สามารถใช้ปิดขอบเหล่านี้ได้จนสามารถนำไปใช้เป็นเฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ หรือชั้นวางของได้อย่างสมบูรณ์ วิธีการที่เป็นนิยมในการตกแต่งขอบ คือ การติดเทป (Tapes) ติดแถบ

ไม้จริง (Lumber stripes) การขึ้นรูปเป็นแบบตัวที (T-molding) หรือการเซาะร่องรูปตัววี (V-grooving)

2.2.7.2 การตกแต่งผิวหน้า (Surface Finishing) [2]

ผิวหน้าของแผ่นชิ้นไม้อัดทั้งหมดจะหยาบไม่สม่ำเสมอ ความมากน้อยของความหยาบและความสม่ำเสมอของแผ่น ขึ้นอยู่กับขนาดชิ้นไม้ที่ใช้ทำผิวหน้า เมื่อใช้ขนาดของชิ้นไม้ลดลงทำให้ความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดเพิ่มขึ้นผิวก็จะเรียบกว่า ขั้นตอนการตกแต่งก็จะลดลง ความมากน้อยของความเรียบของผิวที่ต้องการจะเป็นตัวบ่งบอกวิธีการตกแต่ง เช่น การพิมพ์ลวดลายบนผิวหน้าจะต้องการผิวหน้าที่เรียบกว่า การตกแต่งผิวหน้าโดยการติดไม้บางวีเนียร์ อีกทั้งการเตรียมผิวรองพื้นก่อนพิมพ์หรือพ่นก็จะมีความจำเป็นมากกว่าการใช้วีเนียร์

การทำแผ่นชิ้นไม้อัด ปิดด้วยไม้บางวีเนียร์อย่างง่าย คือ การนำไม้บางวีเนียร์ที่ทากาวแล้วปิดผิวหน้าและหลังของแผ่นชิ้นไม้อัด สิ่งจำเป็นที่ต้องใช้พิจารณา คือ การใช้ความหนาของแผ่นไม้บางวีเนียร์ที่เท่ากันมีแนวเสี้ยนและความคงขนาดดีจะทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดเกิดความสมดุลย์ แผ่นที่มีความสมดุลจะลดศักยภาพแนวโน้มการห่อตัวและบิดตัวของแผ่นขึ้น ขณะนำไปใช้งานซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ขึ้น

แผ่นชิ้นไม้อัดที่ติดแถบไม้จริง (Lumber) และได้ทำการปรับสภาวะแล้ว จะถูกนำไปขัดกระดาษทราย เพื่อให้ได้แน่ใจว่าได้ความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด และขอบที่คงที่แน่นอนสม่ำเสมอ การปรับสภาวะ (Conditioning) หลังจากติดขอบเป็นสิ่งจำเป็นที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เพื่อให้น้ำจากกาวที่ใช้ติดแถบไม้ทุกชั้นแนวที่ติดประกบกันเกิดความสมดุลกัน การขัดผิว (Sanding) ก่อน และปะผิวหน้าด้วยแผ่นวีเนียร์ก่อน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดตามมา ซึ่งจะทำให้แผ่นเกิดเป็นแนวขอบ (Border) อย่างเห็นได้ชัดแถบไม้ (Lumber band) และเกิดเป็นรอย (Telegraphing) บนแผ่นหน้าของแผ่นวีเนียร์ต่อไป แนวขอบ (Border) นี้ไม่สามารถลบเลือนหรือกำจัดออกไปได้คงจะติดอยู่กับแผ่นตลอดไป การขัดผิวหลังจากปรับสภาวะจึงเป็นการทำให้แน่ใจว่าได้ความหนาที่เท่ากันทั้งขอบแผ่นชิ้นไม้อัดและขอบของแถบไม้จริง

กาวที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย (Water-base adhesives) โดยปกติเป็นกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ จะถูกใช้ในการปะหน้าด้วยแผ่นวีเนียร์ น้ำในกาวเหล่านี้จะมีผลให้ชิ้นไม้ที่อยู่บนผิวหน้าเกิดการพองตัว ซึ่งทำให้เกิดแนวลาย (Telegraphing) ขึ้นไปบนแผ่นวีเนียร์ได้และจะเด่นขึ้นเมื่อทำการตกแต่งให้ขึ้นเงา (High-gloss finishes) การเพิ่มแผ่นวีเนียร์วางรองขวางอีกชั้น (Cross band veneer) ระหว่างแผ่นชิ้นไม้อัดและแผ่นวีเนียร์ปะหน้า จะช่วยป้องกันปัญหาของการเกิดแนวรอยลายได้ แผ่นไม้บางชั้นรอง (Cross band veneer) โดยปกติจะมีความหนากว่าและมีคุณภาพต่ำกว่าไม้บางชั้นผิว และจะวางให้แนวเสี้ยนตั้งฉากกับแนวเสี้ยนของไม้บางชั้นผิว แต่การใช้ไม้บางชั้นรองก็ต้องใช้อีกด้านของแผ่นชิ้นไม้อัดให้มีลักษณะเช่นเดียวกันทั้ง 2 หน้า เพื่อให้โครงสร้างของแผ่นชิ้นไม้อัด

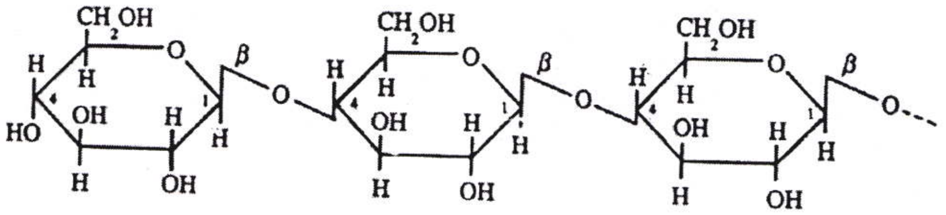
เกิดความสมดุลย์ โครงสร้างของแผ่นแบบ 5 ชั้น จะให้ผลด้านความมั่นคงหรือเสถียรภาพดีกว่าแผ่นแบบ 3 ชั้นในการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ของห้องรอบตัว

2.3 องค์ประกอบของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร [3]

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรส่วนใหญ่มีองค์ประกอบหลักทางเคมี 3 ชนิด คือ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemi-cellulose) และลิกนิน (Lignin) ในอัตราส่วน 4:3:2 โดยประมาณ

2.3.1 เซลลูโลส (Cellulose)

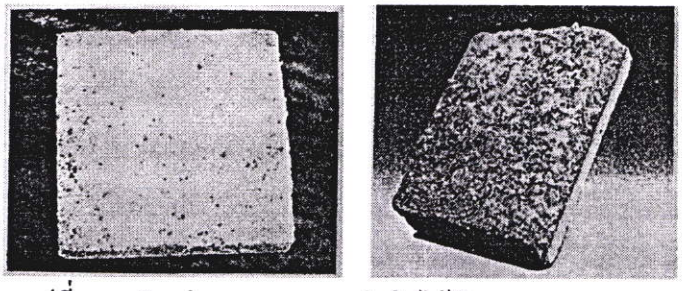
เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ของกูลโคสที่ต่อกันเป็นสายยาว โดยคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของคาร์บอนโมเลกุลหนึ่งเชื่อมต่อกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคสอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ถัดไปด้วยพันธะไกลโคซิดิก (1,4 β-linked glcopyranosyl unit) ไม่มีกิ่งก้านสาขามีสมบัติไม่ละลายน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์หรือตัวทำละลายด่างอ่อน แต่ละลายในสารละลายกรด หรือด่างแก่ ในพืชที่มีเซลลูโลสประมาณร้อยละ 30-50 ของน้ำหนักแห้ง เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์พืช และเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการผลิตกระดาษและสิ่งทอ โครงสร้างของเซลลูโลส คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างเซลลูโลส [2]

เซลลูโลสมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 20,000-750,000 ดาลตัน ซึ่งเท่ากับ 100-4,000 หน่วยกลูโคส (น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคส เท่ากับ 180.16 ดาลตัน) โมเลกุลของเซลลูโลสจะเรียงเป็นมัด หรือเรียกว่า Fibril ในแต่ละมัดของโมเลกุลเซลลูโลส มีการจัดเรียงตัวกัน 2 แบบ แบบเป็นกระจุกอัดตัวกันแน่น (Crystalloid) และแบบที่อยู่รวมกันแบบหลวม (Amorphous) ใยเซลลูโลส (Cellulose) [3] เป็นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตขึ้นจากไม้หรือกระดาษที่ผ่านการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) โดยการย่อยจนละเอียดประสานเข้าด้วยบอแรกซ์ ซึ่งช่วยให้มีสภาพต้านทานการลุกไหม้ไฟ และปริมาณความชื้น การใช้งานอาจใช้การเทบรรจุ (Loose Fill) ในช่องผนังหรือเพดานของอาคาร ในลักษณะฉนวนแบบแผ่น (Bat) แบบคลุมห่ม (Blanket) หรือเป็นฉนวนแบบโฟมฉีดสำหรับฉนวนกันความร้อนใต้ดาดฟ้าหรือหลังคา โดยทั่วไปฉนวนใยเซลลูโลสที่ผลิตขึ้นเพื่อจำหน่ายใน

ท้องตลาดมักทำขึ้นจากเยื่อกระดาษที่ใส่สารกันไม่ให้ไฟลาม ทำให้สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ระดับหนึ่ง เมื่อโดนไฟไหม้ก็จะเกิดควันและสามารถดับไฟได้เองในที่สุด ถ้าเยื่อกระดาษมีสารเคมีผสมอย่างถูกต้องสามารถใช้เป็นวัสดุป้องกันไฟได้ ฉนวนเซลลูโลสแสดงได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างของฉนวนแผ่นใยไม้อัด [3]

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่างๆ [3-4, 10]

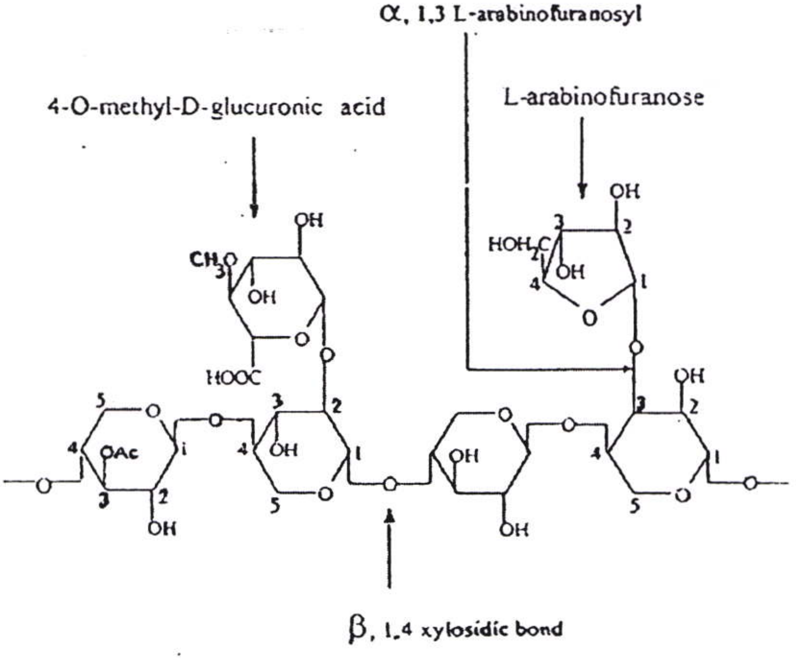
Type	**Cellulose**	**Hemi-Cellulose**	**Lignin**	**Ash**
Coconut coir	43.44	0.25	45.84	2.22
Bagasse	47	25.1	19.5	1.4
Saw dust	55	14	21	5
Corn hull	43.8	19.6	14.3	1.6
Corn cops	42	39	14	2
Pine	41	10	27	8
Oat straw	41	16	11	12
Birth	40	33	21	4
Barley straw	40	20	15	11
Rice straw	32	24	13	12
Wheat straw	30	24	18	10
Rice bran	13	11	N.D.	20

N.D. = ไม่มีข้อมูล

2.3.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemi-cellulose)

เฮมิเซลลูโลสเป็นสารประกอบพวก Amorphous polymeric carbohydrate มีลักษณะเป็นสารประเภท Heterogeneous โดยมีพอลิเมอร์น้ำตาลหลายชนิดที่รวมตัวกัน พบมากในพวกไม้เนื้อแข็ง

ไม้เนื้ออ่อนและพืชตระกูลหญ้า โดยทั่วไปไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ในด่างถูกย่อยสลายด้วยกรดได้ง่ายกว่าเซลลูโลส มักพบว่าอยู่รวมกับเซลลูโลสและลิกนินในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยทั่วไปมีโครงสร้างหลักเป็นพอลิเมอร์น้ำตาลดีไซโลส ที่เชื่อมต่อด้วยพันธะ 1,4-β-linked โดยมี branch chain เป็นน้ำตาลชนิดอื่น เช่น แอล-อะราบิโนฟูราโนส (L-arabinifuranose) เชื่อมต่อกับดีไซโลสที่ตำแหน่งคาร์บอนที่ 3 ดี-กลูคิวโนลิคแอซิด (D-glucunoli acid) หรือ 4-โอแมทิลกลูคิวโนลิคแอซิด (4-O-methyl-D-glucoronic acid) ซึ่งเชื่อมต่อกับคาร์บอนตำแน่งที่ 2 ของดีไซโลส ด้วยพันธะแอลฟา เป็นต้น พืชต่างชนิดกันเป็นโครงสร้างเป็นไซเลนเหมือนกันแตกต่างกันเฉพาะชนิด จำนวนตำแหน่งของหน่วยข้างเคียง (Side chain unit) ตัวอย่าง เช่น หญ้าแอสปาโต และเปลือกเมล็ดฝ้าย โครงสร้างหลักประกอบด้วยไซโลสเพียงอย่างเดียวเท่านั้นในไม้เนื้อแข็ง นอกจากมีองค์ประกอบของกรดยูโรนิค แล้วไซเลนยังประกอบด้วยหมู่อะเซทิล (Acetyl group) ที่จับอยู่กับออกซิเจนของคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 และ 3 ของไซโลสแบบสุ่ม ในไม้เนื้ออ่อนไซเลนประกอบด้วยไซโคส ที่ยึดเหนี่ยวกับกิ่งก้านสาขาซึ่งทั้ง 4 โอแมทิลกลูคิวโนลิคแอซิด และแอล-อะราบิโนฟูราโนส ด้วยพันธะแอลฟาแต่ไม่มีหมู่อะเซลทิลในโครงสร้างของไซเลน โครงสร้างไซเลนของพืชโดยทั่วไปแสดงได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การจัดเรียงตัวของ Cylane Unit ในเฮมิเซลลูโลส [3]

2.3.3 ลิกนิน (Lignin)

ลิกนินเป็นสารพอลิเมอร์อะโรมาติกที่สลับซับซ้อนแบบ 3 มิติ เกิดจากการรวมตัวของพาราไฮดรอกซีซินนามิล (p-hydroxycynnamyl alcohol) ซิลนาฟิลแอลกฮออล์ (Cinaphyl alcohol)

โครงสร้างภายในประกอบด้วยพันธะที่สำคัญ คือ พันธะเอสเทอร์และพันธะคาร์บอน-คาร์บอน ซึ่งทนต่อการย่อยสลาย ทำให้การย่อยสลายลิกนินเป็นไปได้ยาก โดยทั่วไปปริมาณของ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในพืชต่างๆ จะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์ อายุ ส่วนประกอบของพืช เช่น ใบ ลำต้น และราก และสภาวะของพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูก องค์ประกอบหลักของพืชทั้ง 3 จะจับตัวกันค่อนข้างแน่น โดยลักษณะการเรียงตัวกันของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส จะถูกห่อหุ้มด้วยลิกนิน ทำให้การย่อยสลายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเกิดขึ้นได้ช้าและเกิดขึ้นได้ในปริมาณต่ำ

2.4 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ให้เส้นใย (Fibrous Raw Materials)

2.4.1 ชานอ้อย (Bagasses)

อ้อยเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จำพวกหญ้าที่อยู่ในสกุล (Genus) Saccharum ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับข้าวฟาง ข้าวโพดและหญ้าจอห์นสัน (Saccharum officinarum) ชอบอากาศร้อน แสงแดดจัดและชุ่มชื้นนิยมปลูกพื้นที่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 25 องศาเหนือและใต้ในประเทศไทยสามารถปลูกได้ทุกภาคยกเว้นภาคใต้การปลูกขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์อ้อยที่ปลูกในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ อ้อยชนิดเปลือกแข็งใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลและเปลือกอ่อน (ใช้ขบเคี้ยวหรือทำเป็นน้ำอ้อย)[5]

จากการสำรวจปริมาณชานอ้อยทั้งหมด จากกรมวิชาการเกษตรสำรวจประเมินชานอ้อยของโรงงานผลิตน้ำตาล 46 โรงงาน พบว่า โรงงานทั้งหมดสามารถผลิตชานอ้อยโดยเฉลี่ย 338,544.85 ตัน มีเพียง 11 โรงงานมีการใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงทั้งหมด มี 2 โรงงานขายให้กับโรงงานผลิตแอลกฮอล์ในราคาเฉลี่ย 63.33 บาทต่อตัน และมี 3 โรงงานขายให้กับโรงงานน้ำตาลอื่นๆ ในราคาเฉลี่ย 6.33 บาทต่อตัน อีก 8 โรงงานขายให้กับโรงงานกระดาษและบอร์ดในราคาเฉลี่ย 187.5 บาทต่อตัน บางโรงงานนำชานอ้อยไปเพาะเห็ดฟาง นอกจากนำไปใช้ประโยชน์แล้วยังมีเหลือเฉลี่ย 30,865.29 ตัน ซึ่งจะเผาทิ้ง เมื่อมองถึงประโยชน์ของชานอ้อยให้มีคุณค่าสูงขึ้นจากสถิติปริมาณผลผลิตอ้อย[7]

2.4.1.1 ส่วนประกอบโครงสร้างทางกายภาพของชานอ้อย

ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดโดยการใช้วัตถุดิบจากชานอ้อย วัตถุดิบชานอ้อย ในส่วนของเส้นใยของลำต้นอ้อยหลังผ่านการบีบคั้น สกัดเอาน้ำตาลออกแล้วประกอบด้วยเส้นใยและของแข็งที่ละลายได้จำนวนเล็กน้อย ความเป็นเส้นใยของชานอ้อยมีสูงและละเอียดมีความแข็งแรงและอ่อนตัวได้ง่าย (Flexible) และมีไส้กลาง (Pith) หรือ Parenchy ปะปนอยู่ด้วยในปริมาณที่มากถึง 30% ทำให้มีผลเสียต่อการนำเส้นใยจากชานอ้อยไปทำไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบโครงสร้างทางกายภาพของชานอ้อย[4]

ชนิดของเนื้อเยื่อ	% น้ำหนัก	%การกระจายของเซลล์
เนื้อเยื่อไฟเบอร์ (True fiber)	55	35
ท่อเวลเซล (Vessel)	20	17
พิท (Pith)	20	35
ส่วนที่ไม่ใช่ Fiber	5	13

ลำต้นอ้อยประกอบด้วยเนื้อเยื่อไฟเบอร์ (True fiber) เป็นเซลรูปทรงกระบอกของเปลือกไม้และเนื้อเยื่อลำเลียงมีผนังหนาและเหนียว พิท (Pith) เป็น Parenchyma cell ของเนื้อเยื่อชั้นในของลำต้นมีรูปร่างไม่แน่นนอนผนังบางและนิ่ม เนื้อเยื่อไฟเบอร์และพิทมีองค์ประกอบทางเคมีเกือบจะเหมือนกัน แต่ด้านโครงสร้างแล้วแตกต่างกันมาก เนื้อเยื่อไฟเบอร์มีอัตราส่วนของความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางสูงประมาณ 70:1ในสภาพเปียก เมื่อนำมาทำให้แห้งพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ การยืดตัวและหดตัวจะมีค่าสูง เส้นใยแต่ละเส้นจะอยู่ใกล้กันมากและเชื่อมติดกัน ทำให้มีความแข็งแรงยึดตัวกันได้ดี ส่วนพิทจะมีขนาดรูปร่างไม่แน่นอน มีอัตราส่วนของความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5:1 แต่ละเซลล์จะไม่เชื่อมติดกัน ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์แต่มีคุณสมบัติในการดูดซึมที่ดีสามารถดูดซึมน้ำได้หลายเท่าของน้ำหนักของมันแต่การใช้ประโยชน์ไม่แพร่หลาย[4] ส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไฟเบอร์ มีลักษณะเหนียว ผนังหนา มีรูปร่างเป็นเซลล์ไฟเบอร์ยาว คล้ายทรงกระบอกเช่นเดียวกับ เยื่อไม้ มักอยู่รอบนอกต้นอ้อย มีเส้นใยที่ยาว ให้ค่าความเรียว (Slenderness) ซึ่งกำหนดโดยอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างของเส้นใย (Length/Width) ประมาณ 70 เท่า ส่วนพิทมีลักษณะที่อ่อนนุ่ม ผนังบางมีขนาดรูปทรงที่แตกต่างกันและมักอยู่ส่วนในของลำต้น มีขนาดเส้นใยสั้น ให้ค่าสัดส่วน (Ratio) ของ (Length/Width) เพียง 5 เท่า ส่วนประกอบทางเคมีคล้ายไฟเบอร์ ค่าสัดส่วนของความเรียว (Slenderness) ของเส้นใยเป็นตัวชี้ให้ทราบว่าวัสดุที่ให้เส้นใยชนิดไหนมีความเหมาะสมต่อการนำไปผลิตแผ่นใยไม้อัด วัสดุชนิดใดที่ให้ความเรียวของเส้นใยสูงมักเกิดการประสานตัวระหว่างเส้นใยได้ดีกว่าและส่งผลให้แผ่นเส้นใยไม้อัดที่ได้มีค่าความแข็งแรงสูง[8]

2.4.1.2 ส่วนประกอบทางเคมีของชานอ้อย [4]

<u>เซลลูโลส</u>

เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ของ β-glucose ต่อกันด้วยพันธะ β (1-4) ที่มีสูตร $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อพืชโดยจะพบอยู่ร่วมกับลิกนิน เพนโตแซน กัม แทนนิน ไขมัน และสารที่ทำให้เกิดสี เซลลูโลสจะมีโมเลกุลยาวและแข็ง การย่อยเซลลูโลสจะได้ Cellobiose และสุดท้ายจะได้กลูโคสโดยเอ็นไซม์ β-glucosidases จำนวนกลูโคสที่มาต่อกันหรือ degree of polymerization (Dp)จะมีค่าแตกต่างกันและสามารถมีค่า Dp สูงถึง 10,000 หน่วยและมีน้ำหนักโมเลกุล 1,620,000

สำหรับ Dp เซลลูโลสของกากอ้อยเท่ากับ 2,000-3,000 หน่วย

<u>เฮมิเซลลูโลสและเพนโตแซน</u>

เฮมิเซลลูโลสจะประกอบด้วยหน่วยน้ำตาลเพนโตสมากกว่ากลูโคสและมีค่า Dp ต่ำกว่าประมาณ 40 หน่วย ไม่ละลายน้ำ ส่วนเพนโตแซนเป็นรูปหนึ่งของเฮมิเซลลูโลส และสามารถละลายน้ำได้ เฮมิเซลลูโลสและเพนโตแซน ส่วนมากจะเป็น Heterpolysaccharides

<u>ลิกนิน</u>

ลิกนินเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมักพบอยู่ร่วมกับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส สูตรโมเลกุล $C_{49}H_{52}O_{14}$ โครงสร้างจะประกอบด้วยวงแหวนเบนซินที่มีหมู่ฟีนอลที่มีและไม่มีการเติมหมู่เมธิล

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบทางเคมีของชานอ้อย [4]

ส่วนประกอบของชานอ้อย	อัตราส่วน
Cellulose	47
Lignin	19.5
Hemi-cellulose	25.1
Ash	1.4
อื่นๆ	0.743

2.4.2 เส้นใยมะพร้าว (Coir Fiber) [9]

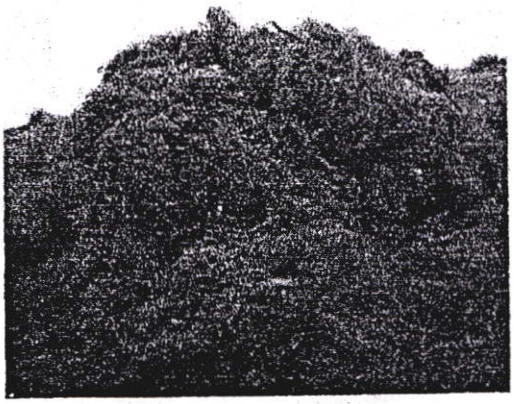
2.4.2.1 ลักษณะและองค์ประกอบของเส้นใยมะพร้าว

เส้นใยมะพร้าวมีลักษณะเป็นเส้นยาวประมาณ 10 นิ้ว มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.1875 มิลลิเมตรหรือน้อยกว่านั้น ตัวเส้นใยมะพร้าวจะเป็นสีน้ำตาล โดยส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยมะพร้าวแสดงดังตารางที่ 2.5

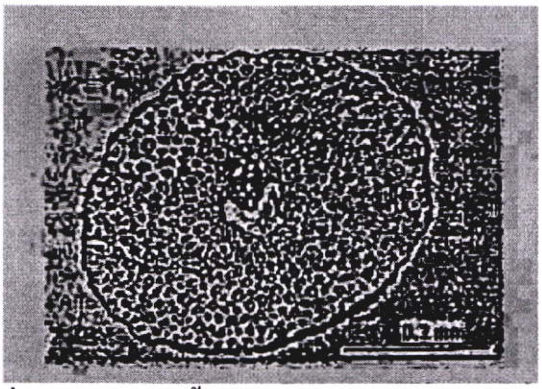
ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยมะพร้าว [10]

ส่วนประกอบของเส้นใยมะพร้าว	อัตราส่วน
Cellulose	43.44
Lignin	45.84
Hemi-cellulose	0.25
Ash	2.22
อื่นๆ	8.25

การผลิตเส้นใยมะพร้าวในทางอุตสาหกรรม เรียกว่า การทำ Retting โดยมีขั้นตอนการทำดังนี้ เริ่มจากการนำเอาส่วนของกาบมะพร้าวนำมาแช่น้ำเป็นเวลา 1 เดือน ถึง 1 ปี ในช่วงนี้ส่วนของผิวนอกที่แข็งของกาบมะพร้าวก็จะหลุดออกให้เส้นใยนุ่มขึ้น โดยกาบมะพร้าวจะถูกเก็บไว้ในน้ำไม่ให้ถูกอากาศด้วยการทำให้จมน้ำโดยใช้โคลนและใบไม้ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ Retting จะนำเอากาบมะพร้าวมาล้างทำความสะอาดเอาโคลนและสิ่งสกปรกออก จากนั้นนำมาคัดแยกเส้นใยโดยแรงงานคนหรือใช้เครื่องจักรในการแยกเส้นใยและเมื่อแยกเสร็จแล้วจะนำเส้นใยไปทำความสะอาดและทำให้แห้งเส้นใยที่มีคุณภาพนั้นจะมีความสะอาด เส้นใยไม่แตกหัก



รูปที่ 2.9 ลักษณะของเส้นใยมะพร้าว [9]



รูปที่ 2.10 ลักษณะพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยมะพร้าว [9]

2.4.2.2 ประโยชน์ของเส้นใยมะพร้าว

เส้นใยมะพร้าวสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรม ผลิตที่นอน เบาะรถยนต์ และ เบาะนั่งโซฟา พรมเช็ดเท้า แปลงแผ่นฉนวนป้องกันเสียงและความร้อน เชือก ของใช้เบ็ดเตล็ด และเครื่องตกแต่งต่างๆ

2.5 สารยึดติด (Adhesives) [11-14]

กาวหรือสารยึดติดที่มีปฏิกิริยาไวต่อตัวเร่งปฏิกิริยานั้นแบ่งได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

ก).ปฏิกิริยาการเตรียมสารพอลิเมอร์แบบลูกโซ่หรือแบบรวมตัว(Chain or addition polymerization) ปฏิกิริยาแบบลูกโซ่หรือแบบรวมตัวจะได้สารพอลิเมอร์แบบรวมตัวที่กาวประเภทนี้ไม่มีการเกิดของสารผลิตผลพลอยได้ติดตามมาด้วย กาวประเภทนี้มักเป็นกาวประเภทใหม่ เช่น พวก Polyester, Epoxy, Urethane, Cyanoacrylates หรือกาวที่แข็งตัวจากการฉายรังสี

ข).ปฏิกิริยาการเตรียมพอลิเมอร์แบบขั้นหรือแบบควบแน่ (step condensation polymerization) ปฏิกิริยาการเตรียมประเภทนี้จะได้สารพอลิเมอร์แบบขั้นหรือแบบควบแน่นซึ่งมักได้ผลิตผลพลอยได้ออกมาในรูปของน้ำ กาวประเภทนี้ ได้แก่ กาวจำพวกกาวฟีนอล (phenolic resin) หรือกาวจำพวกสารประกอบที่มีไนโตรเจนหรือแอมโมเนีย (amino resin) เช่น กาวยูเรีย หรือกาวเมลามีน (urea or melamine resin) อันเป็นกาวสังเคราะห์จำพวกที่เก่าแก่ที่สุด

2.5.1 ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)

ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) เป็นสารประกอบทางเคมีที่อยู่ในรูปก๊าซที่สภาวะปกติ มีปฏิกิริยาตอบสนองทางเคมีสูงและรวดเร็ว กลิ่นฉุนและเป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจ สามารถเตรียมได้ด้วยการผ่านอากาศและไอของเมทานอลผ่านตาข่ายทองแดงหรือแพลททินัมที่เผาให้ร้อนเพื่อให้เกิดออกซิเดชันของเมทานอลและนำฟอร์มาลดีไฮด์ที่ได้มาละลายน้ำ แต่เนื่องจากคุณสมบัติของการมีปฏิกิริยาทางเคมีที่รวดเร็วจึงทำให้สารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ในน้ำเปลี่ยนรูปเป็น methylene glycol

$$HCHO + H_2O \rightleftharpoons HO\text{-}CH_2\text{-}OH$$

$$HO\text{-}CH_2\text{-}OH + nHCHO \longrightarrow HO\text{-}CH_2\text{-}O(CH_2\text{-}O)_n\,H$$

ปฏิกิริยาสามารถดำเนินต่อไปทำให้เกิดกลุ่มลูกโซ่ของโมลกุล polyoxymethylene glycol ถ้าจะป้องกันมิให้เกิดการตกตะกอนของสารพอลิเมอร์ฟอร์มาลดีไฮด์ ในรูปของ paraformaldehyde ต้องทำให้สารละลายอยู่ในสภาวะคงที่ด้วยการเติม methyl alcohol สำหรับสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ 37% นั้น ต้องควบคุมให้อยู่ในห้องที่อุณหภูมิอย่างน้อย 32 °C เพื่อป้องกันการตกตะกอน ดังนั้นการเติมสารละลาย methanol ที่มีความเข้มข้น 5-10% สามารถทำให้สารละลายยังคงสภาพใสตามเดิมได้เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้เนื่องจากฟอร์มาลดีไฮด์ในแอลกอฮอล์จะแปรรูปเป็น hemiacetal จึงลดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ดังสมการ

$$CH_2O + CH_3OH \rightleftharpoons HOCH_2\text{-}OCH_3$$

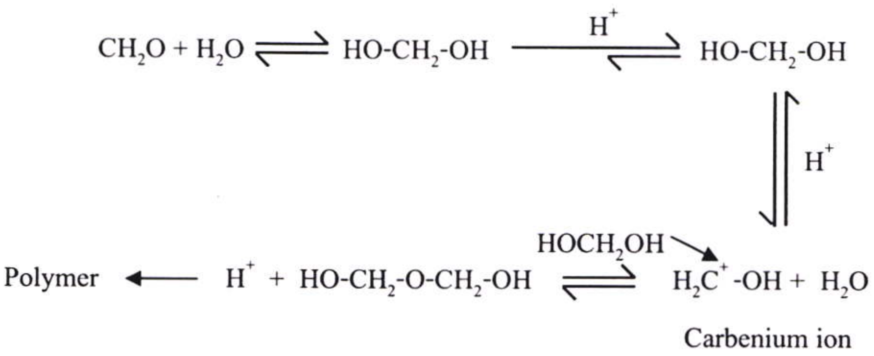
ทำให้ไม่นิยมนำฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีเมทานอลสูงมาสังเคราะห์กาวเพราะทำให้ปฏิกิริยาการสังเคราะห์กาวช้าลง

2.5.1.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ (Physical Properties)

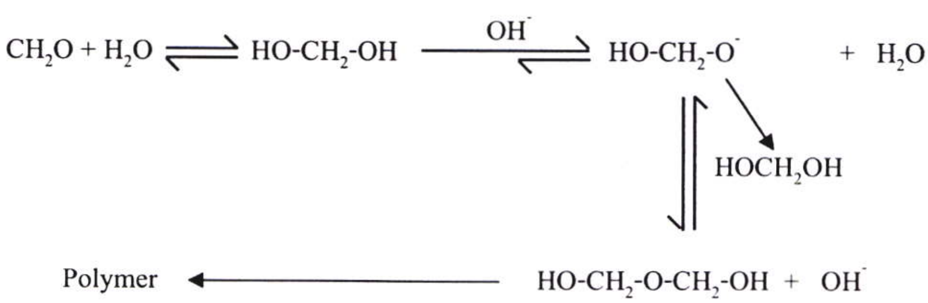
โครงสร้างทางเคมีของฟอร์มาลดีไฮด์ จัดอยู่ในสารประกอบจำพวก Aldehyde ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่สุด คือ 30 มีจุดหลอมเหลวที่ -92 °C และจุดเดือดที่ -21 °C สามารถเกิดปฏิกิริยา Polymerization ได้ตั้งแต่อุณหภูมิ –80 °C เกิดเป็นแผ่นฟิลม์สีขาวปนของเหลวหลังจากที่อุณหภูมิสูงกว่า 90 °C แล้ว ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมีการคายความร้อนและสามารถระเบิดได้

2.5.1.2 ปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Reaction)

ปฏิกิริยาทางเคมีของฟอร์มาลดีไฮด์ที่เกี่ยวข้องกับกาวสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมไม้มักเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาในน้ำและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสภาวะที่มีความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกันตลอดจนการทำให้การเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของกาวสังเคราะห์เร็วขึ้นหรือช้าลงนั้น เมื่อฟอร์มาลดีไฮด์ละลายน้ำการเปลี่ยนรูปเป็น methylene glycol ทำให้เกิดการสร้างพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิห้องในระดับที่มีความเป็นกรดอ่อนและปฏิกิริยาจะรวดเร็วขึ้นตามความเข้มข้นของกรดในสภาวะที่เป็นด่างและอุณหภูมิที่เหมาะสมก็สามารถทำให้เกิดการคงตัวของสารเพิ่มขึ้นช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยา Polymerization ได้เช่นเดียวกันดังสมการ



รูปที่ 2.11 การพอลิเมอร์ไรเซชันของฟอร์มาลดีไฮด์ภายใต้สภาวะกรด [11]

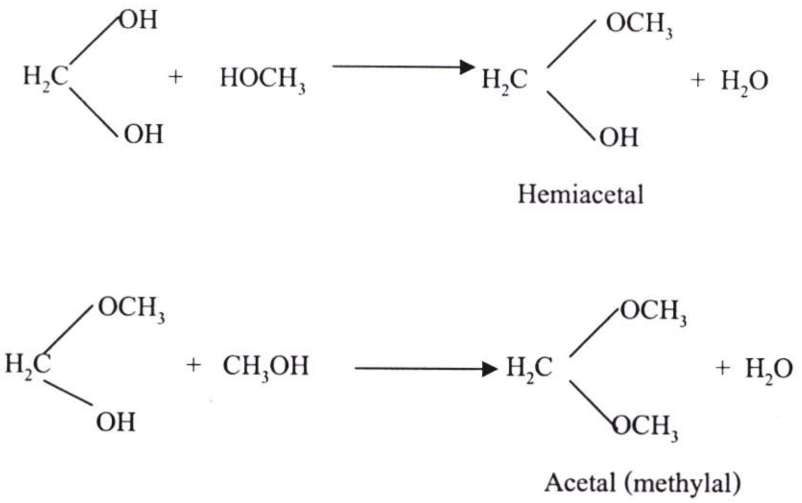


รูปที่ 2.12 การพอลิเมอร์ไรเซชันของฟอร์มาลดีไฮด์ภายใต้สภาวะเบส [11]

จากการทดลองพบว่าความเป็นกรดด่างของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ละลายอยู่ในน้ำนั้นค่า pH ของสารละลายที่ 2.5-5 จะทำให้เกิดปฏิกิริยาของการเกิดสารพอลิเมอร์น้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายที่สภาวะ pH ดังกล่าวจะมีสภาพคงตัวน้อยที่สุด

นอกจากนี้สารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ในด่างเข้มข้นที่ pH สูงกว่า 10 และมีอุณหภูมิระหว่าง 40-50 °C จะเกิดปฏิกิริยา Canizzaro ซึ่งมีผลทำให้เกิดเมทานอล (Methanol) และกรดฟอร์มิก (formic acid)

Methanol ที่เกิดขึ้นนี้สามารถทำปฏิกิริยา Methylene glycol ที่มีอยู่แล้วได้ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิด Hemiacetal และ Acetal ได้สารทั้งสองนี้เป็นต้นเหตุทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มาลดีไฮด์กับสารฟีนอลหรือยูเรียในขบวนการสังเคราะห์กาวช้าลง



รูปที่ 2.13 ปฏิกิริยาระหว่างเมทิลีนไกลคอลกับเมทานอลเป็นเฮมิอะซีตัลและอะซีตัล [11]

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับแอมโมเนียนั้น ฟอร์มาลดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียได้ผลึกของแข็งของสารสีขาวไม่มีกลิ่น ของ Hexamethlene tetramine $(CH_2)_6N_4$ ในกรณีที่มีความเป็นกรดน้อย แต่ถ้ามีความเป็นกรดมากจะเกิดแอมโมเนียมคลอไรด์มาทำปฏิกิริยากับฟอร์มาลดีไฮด์ได้ Trimethylamine hydrochloride ดังสมการ

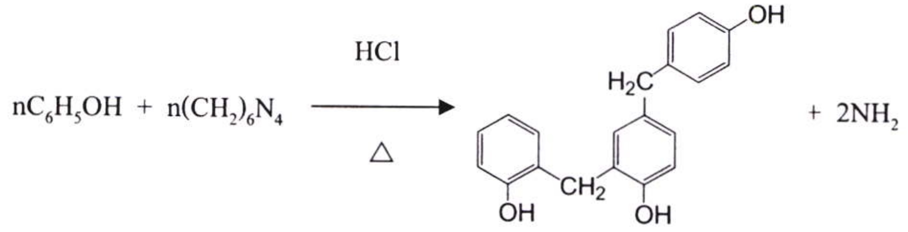
$$6CH_2O\ (aq.) + NH_4Cl \longrightarrow N(CH_3)_3HCl + 3HCO_2H$$

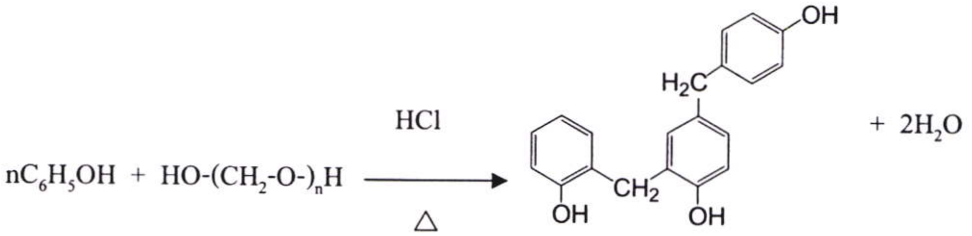
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกรณีที่มีความเป็นกรดน้อยนั้นมักพบในสารที่ทำให้กาวยูเรียแข็งตัวดังสมการ

$$\begin{array}{c} 4NH_4Cl \\ \Updownarrow \\ 6CH_2O + 4NH_3 + 4HCl \end{array} \underset{OH^-}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}} (CH_2)_6N_4 + 4HCl + 6H_2O$$

สาร Hexamethylene tetramine นี้ มักใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นสารสร้างพันธะระหว่างพอลิเมอร์แทนฟอร์มาลดีไฮด์เพื่อสังเคราะห์พอลิเมอร์แข็งกับยูเรียและฟีนอล สำหรับใช้ในการหล่อแบบ สารนี้ช่วยลดปัญหาการระเบิดจากไอน้ำ ของการหล่อแบบด้วยการระเหยตัวของแอมโมเนียแทนน้ำ

$$(CH_2)_6N_4 + 12ROH \xrightarrow{HCl} 6R\text{-}O\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}R + 4NH_4Cl$$





รูปที่ 2.14 การพอลิเมอร์ไรเซชันของเฮกซาเมทิลีนเตตระมีน [11]

2.5.2 กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea Formaldehyde Resin)

ยูเรียเป็นของแข็งที่ไม่มีสีและไม่มีกลิ่นมีจุดหลอมเหลว 133 °C โดยทั่วไปเชื่อกันว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทแรกที่สังเคราะห์จากสารวัตถุดิบอนินทรีย์ Wohler สังเคราะห์ได้เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1828 ด้วยการเผา ammonium cyanate ปัจจุบันมีการใช้ยูเรียเป็นจำนวนมากในอุตสาหกรรมปุ๋ยและอาหารสัตว์ สามารถเตรียมได้ด้วยการทำปฏิกิริยาของคาร์บอนไดออกไซด์ กับแอมโมเนียภายใต้ความดันสูง จะได้ ammonium carbomate ซึ่งปล่อยโมเลกุลของน้ำออกมาเพื่อให้ได้โมเลกุลในรูปของยูเรีย ดังสมการ

$$CO_2 + 2NH_3 \longrightarrow NH_2CONH_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2NCOONH_4$$

การนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาของ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) มาใช้ในเชิงการค้าเป็นครั้งแรกเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1908 ในรูปแบบของอุตสาหกรรมการหล่อเบบ โดย Edmod C. Rossiter (Updegraff, 1990) ในประเทศอังกฤษ หลังจากนั้นต่อมาอีก 10 ปี ในปี ค.ศ. 1918 มีการนำกาว

ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) มาใช้ในอุตสาหกรรมกาวซึ่งในระยะแรกยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายนัก จนกระทั่งต่อมาจึงสามารถแข่งขันได้ในเรื่องของราคาที่ถูกกว่า แต่ในปัจจุบันความต้องการของกาว UF กลายเป็นตลาดที่ใหญ่ที่สุด ทั้งในด้านของไม้อัดและไม้ประกอบหลากหลายประเภท แม้ว่าคุณสมบัติของกาวในด้านการขาดความทนทานต่อน้ำและการปลดปล่อยฟอร์มาลดีไฮด์ให้ระเหยออกมาอย่างเชื่องช้า และต่อเนื่องจะยังคงเป็นสิ่งที่คอยขัดขวางการใช้งานบ้างในบางส่วนก็ตาม

2.5.2.1 ปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reaction)

ในการสร้างแรงพันธะของแรงยึดทางเคมีระหว่างยูเรียและฟอร์มาลดีไฮด์เพื่อทำกาวนั้นเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาหลัก 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ ปฏิกิริยาการรวมตัวกันของฟอร์มาลดีไฮด์ (addition reaction) เข้ากับกลุ่มของยูเรียเพื่อให้ได้ hydroxyl methyl group ที่เรียกว่า Methylol group ดังสมการ

$$R\text{-}NH_2 + HCHO \longrightarrow R\text{-}NH\text{-}CH_2OH$$

ปฏิกิริยาขั้นตอนที่สองคือ ปฏิกิริยาควบแน่นในการรวมตัวกันของ methylol group เข้ากับ action hydrogen เพื่อปลดปล่อยโมเลกุลของน้ำและก่อตัวของจำพวก dimmer และลูกโซ่ของพอลิเมอร์ หรือเครือข่ายสามมิติของพอลิเมอร์ขนาดใหญ่ ปฏิกิริยานี้เรียกว่า การแข็งตัวอย่างง่าย (polymerization or methylene bridge formation) ดังสมการ

$$RNH\text{-}CH_2OH + H_2NR \longrightarrow RNH\text{-}CH_2\text{-}NHR + H_2O$$

การที่จะผลิตกาวและใช้ประโยชน์กาวให้ได้ผลสมบูรณ์นั้น ขึ้นอยู่กับขั้นตอนในการควบคุมปฏิกิริยาทั้งสองอย่างให้ถูกต้องแน่นอนปฏิกิริยาแรกนั้นเกี่ยวข้องเป็นหลักใหญ่ในการผลิตกาวในขณะที่ปฏิกิริยาที่สองมีความสำคัญมากที่สุดในการใช้กาว ปฏิกิริยาของฟอร์มาลดีไฮด์กับกลุ่ม amino group จะเกิดขึ้นได้ทั้งภายใต้สภาวะของความเป็นกรดและด่าง แต่ปฏิกิริยาที่สองนั้นต้องเร่งปฏิกิริยาด้วยกรด ถึงอย่างไรก็ตามโดยทั่วไปมักมีการเตรียมกาวกันภายใต้สภาวะที่ค่อนข้างเป็นกลาง ปฏิกิริยาทั้งสองสามารถเกิดขึ้นต่อเนื่องได้อย่างช้าๆ เพื่อก่อให้เกิด methylol derivative และเกิดปฏิกิริยา Polymerization จนถึงระดับที่ต้องการ ในบางครั้งจำเป็นต้องทำให้เกิดปฏิกิริยา Polymerization บางจำพวก เพื่อกันมิให้เกิดการตกผลึกของสารประกอบ momomeric methylol นอกจากนี้ยังอาจเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงของสารประกอบ Methylol สองกลุ่มที่จะรวมกันเพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อของ dimethylene ether และปล่อยโมเลกุลของน้ำได้สมการ

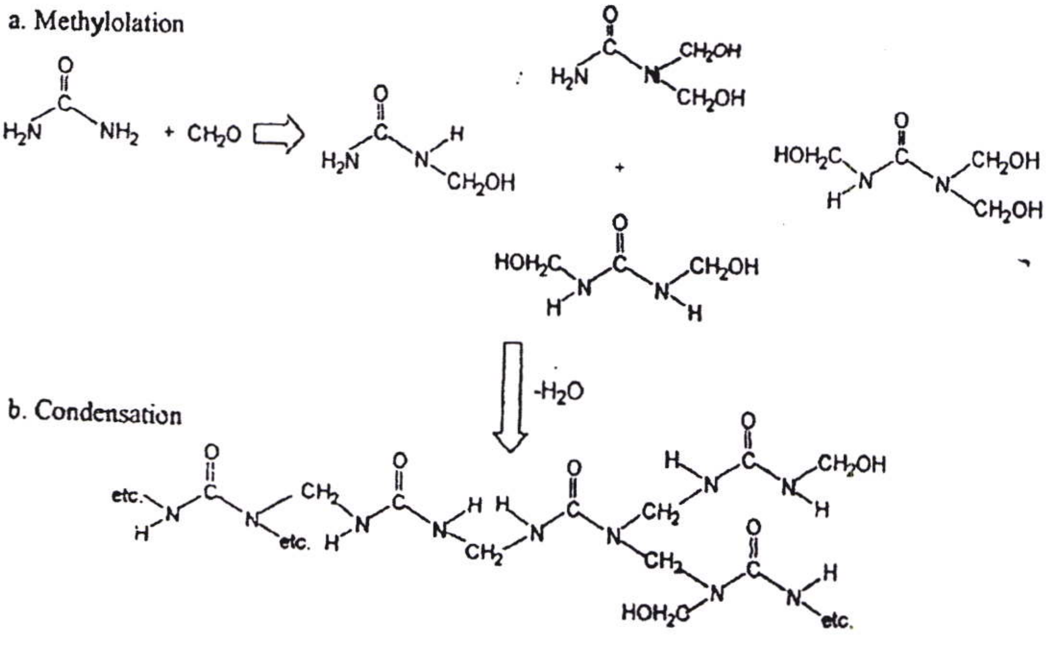
$$2RNH\text{-}CH_2OH \rightleftharpoons RNH\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}CH_2\text{-}HNR + H_2O$$

สาร dimethylene ether ที่เกิดขึ้นไม่คงตัวเช่นเดียวกับ diamino methylene bridge และอาจจัดเรียงตัวเองใหม่ เพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อของ Methylene ether และปลดปล่อยโมเลกุลของฟอร์มาลดีไฮด์

$$RNH\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}CH_2\text{-}HNR \longrightarrow RNH\text{-}CH_2\text{-}HNR + HCHO$$

กลุ่มของสาร methylol groups ของกาวยูเรียหรือกาวจำพวก amino เหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากับกลุ่มของ primary hydroxyl groups ของ cellulose ได้ ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้เป็นปฏิกิริยาที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการใช้กาวยูเรียในการปรับปรุงความแข็งแรงต้านทานความชื้น (wet strength) ของกระดาษ ปฏิกิริยาของ methyl groups อาจมีผลอย่างสำคัญต่อการใช้กาวยูเรียในการทำไม้อัดและแผ่นชิ้นไม้อัด ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยานี้ก่อให้เกิดการรวมตัวของพันธะทางเคมีโดยตรงระหว่างกาวและ primary hydroxyl groups ของ cellulose

โดยปกติสารเร่งปฏิกิริยาหรือสารเร่งแข็ง มักนิยมใช้เกลือแอมโมเนียม เช่น ammonium chloride ซึ่งผสมมากับผงไม้หรือผงเปลือกวอลนัทแล้วนำมาผสมกาวก่อนใช้งานส่วนสารละลาย buffer จะผสมมาในสารเร่งปฏิกิริยาแล้ว ได้แก่ calcium phosphate ซึ่งทำปฏิกิริยาช้าแต่จะรวมตัวกับกรดที่ปลดปล่อยมาโดย ammonium chloride และมีผลดีในการลดการทำลายของกรดที่จะเกิดขึ้นกับเนื้อไม้ สำหรับสารเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้สามารถใช้กับยูเรียเพื่อให้แข็งตัวเต็มที่ที่ระดับอุณหภูมิห้องได้ในอุตสาหกรรมการประกอบเครื่องเรือน แต่ตามปกติแล้วกาวที่ใช้ในอุตสาหกรรมไม้อัดและแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีการอัดร้อนจะไม่นิยมใช้สารเร่งปฏิกิริยาภายนอกแต่อย่างใด

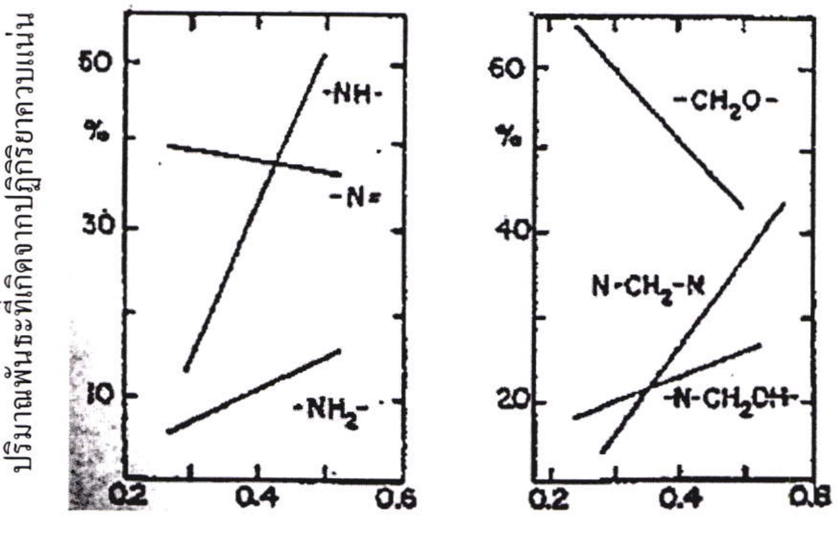


รูปที่ 2.15 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน [11]

2.5.2.2 สัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ (molar ratio of urea to for maldehyde)

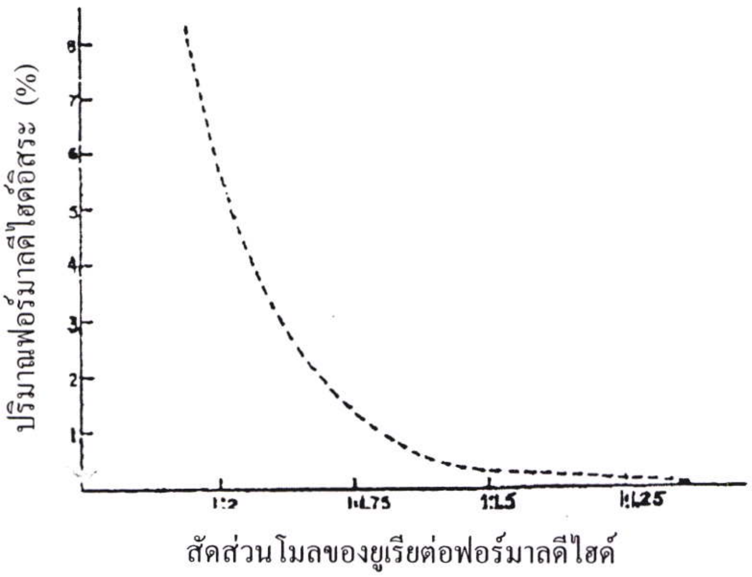
สัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์นี้ มีผลต่อคุณสมบัติของกาว UF ในการยึดติดและหลังจากการแข็งตัวแล้ว ในกรณีที่มีการใช้ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์สูงเกินไปจะทำให้ความทนทานของกาวต่อน้ำลดลง และทำให้กาวสังเคราะห์ดังกล่าวยังคงมีปริมาณของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ยังมิได้ทำปฏิกิริยาเหลือค้างอยู่ในรูปของฟอร์มาลดีไฮด์อิสระ ซึ่งอาจมีการระเหยปลดปล่อยออกมาในขณะที่มีกระบวนการผลิตไม้อัดหรือแผ่นไม้ประกอบ ทำให้เกิดอาการระคายเคืองรบกวนผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ยังมีผลตามมาต่อผู้บริโภคในระหว่างที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์โดยอาจได้รับปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่ระเหยออกมาอยู่ในอากาศ ซึ่งมีผลเสียต่อลำคอและระบบหายใจได้ แต่ถ้าสังเคราะห์กาวด้วยสัดส่วนโดยโมลของฟอร์มาลดีไฮด์มีน้อยเกินไป จะทำให้ความหนืดของกาวต่ำและเพิ่มเวลาในการเปลี่ยนรูปเป็นเจลซึ่งมีผลทำให้การแข็งตัวของกาวไม่สมบูรณ์

โดยทั่วไปสัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ระหว่าง 1:2.0 และ1:1.8 จะให้กาวที่มีความทนทานต่อน้ำสูงกว่าที่มีสัดส่วนโมลระหว่าง 1:1.6 และ1:1.4 อย่างไรก็ตามในการสังเคราะห์กาว UF มักนิยมใช้สัดส่วนโมลระหว่าง 1:1.4 ถึง 1:1.6 การเติมเปลือกวอลนัทป่นลงในกาวทำให้ได้กาวที่มีคุณภาพดีเมื่อกาวมีสัดส่วนโมลที่มีฟอร์มาลดีไฮด์สูงกว่า 1:1.6

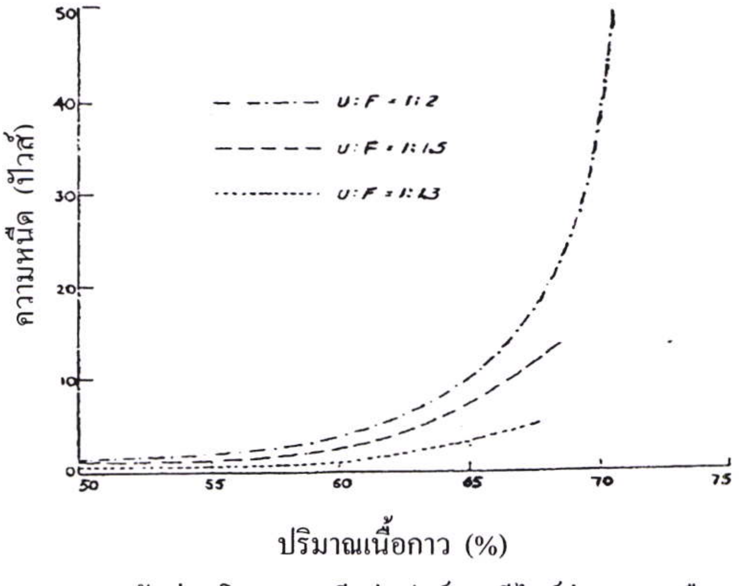


สัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์

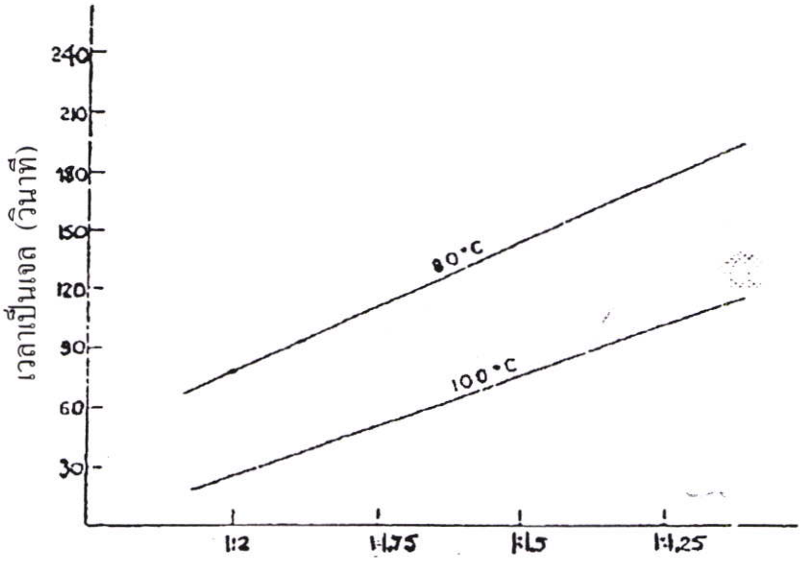
รูปที่ 2.16 ผลกระทบของสัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ต่อสูตรโครงสร้างของกาว [11]



รูปที่ 2.17 ผลกระทบของสัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ต่อปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ [11]



รูปที่ 2.18 ผลกระทบของสัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ต่อความหนืดของกาวเหลวที่ระดับความข้นของเนื้อกาวต่างๆ [11]



สัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์

รูปที่ 2.19 ผลกระทบของสัดส่วนโมลของยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ต่อเวลาเป็นเจลของกาว [11]

2.5.2.3 กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ในอุตสาหกรรมไม้อัด (urea formaldehyde resin in plywood Industry)

ในอุตสาหกรรมไม้อัดนิยมใช้กาว UF ที่มีสัดส่วนโมลยูเรียต่อฟอร์มาลดีไฮด์ต่ำกว่า 1:2.0 แต่มีค่าสูงกว่าสัดส่วนโมลที่ใช้ในอุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดซึ่งอยู่ระหว่าง 1:1.25 ถึง 1:1.45 แต่เนื้อกาว UF สำหรับไม้อัดอยู่ในระดับ 50-55% ซึ่งมีเนื้อกาวต่ำกว่ากาวที่ใช้สำหรับแผ่นชิ้นไม้อัดและมีความหนืดระหว่าง 200-500 centipoise

ในการใช้กาว UF ในอุตสาหกรรมไม้อัดนั้น จำเป็นต้องผสมสารเร่งแข็งและสารเพิ่มโดยทั่วไปมักผสมแอมโมเนียมคลอไรด์ประมาณ 5% เพื่อช่วยให้กาวแข็งตัวเร็วขึ้นและลดเวลาในการอัดร้อน แต่ถ้าผสมมากเกินไปจะทำให้อายุความคงทนของกาวลดลง ส่วนสารเพิ่มมักใช้แป้งหรือเปลือกวอลนัทป่นผสมลงไปเพื่อให้กาวมีกระจายตัวได้ดี มักนิยมใช้ประมาณ 25-50% ของเนื้อกาวที่ใช้สำหรับข้อต่อต่างๆ ในอุตสาหกรรมไม้อัดอาจใช้มากกว่านี้แต่ไม่เกิน 100% เพราะการใช้สารเพิ่มมากเกินไปจะทำให้ความคงทนและความแข็งแรงของกาวลดลง แต่ถ้าใช้น้อยเกินไปจะทำให้การกระจายตัวของกาวไม่สม่ำเสมอ

สำหรับสภาวะกระบวนการผลิตไม้อัดนั้น มักใช้แรงอัดประมาณ 12-14 kg/cm^2 ที่อุณหภูมิ 120-160 °C ขึ้นอยู่กับระดับความชื้นของไม้บาง โดยปกติความชื้นของไม้บางอยู่ในระดับ 5-8% ที่มีความชื้นของไม้บาง 8% มักใช้อุณหภูมิ 120-125 °C ถ้าความชื้นอยู่ในระดับ 5% มักใช้อุณหภูมิ 140 °C ถ้าความชื้นต่ำลงอีก 1% ควรใช้อุณหภูมิ 140-160 °C

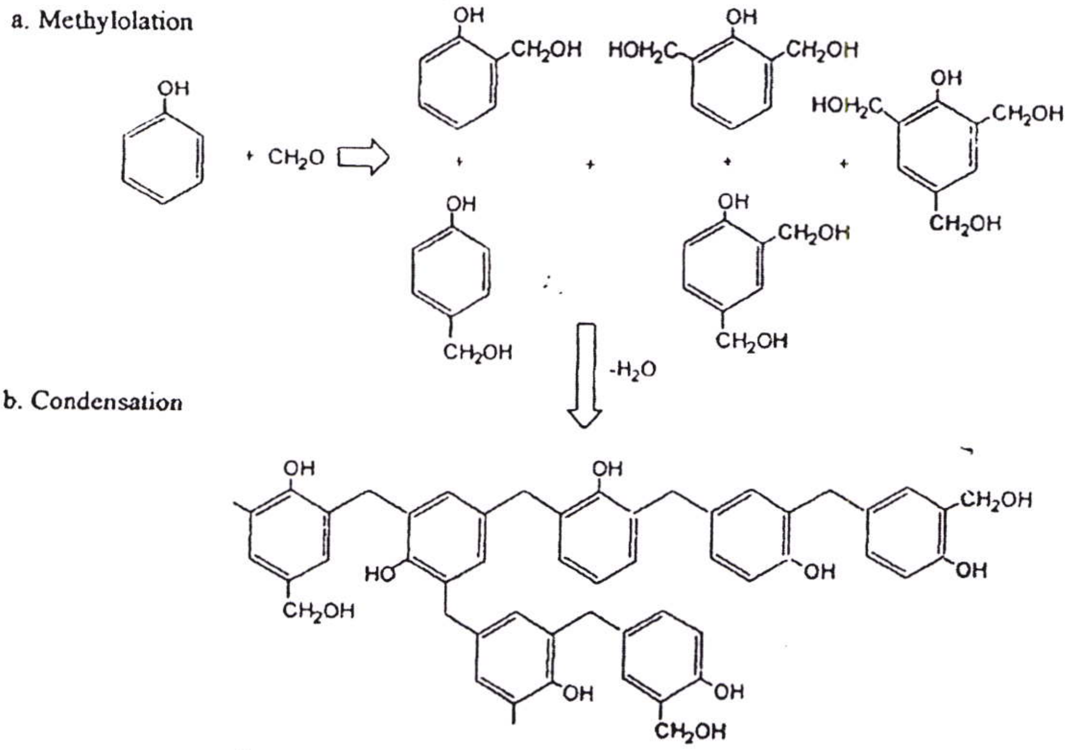
2.5.3 กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde Resin)

ฟีนอลเป็นสารที่ไม่มีสีทั้งในสภาวะของแข็งและของเหลว มีฤทธิ์กัดกร่อนสูงเป็นพิษต่อระบบประสาท สามารถทำลายเซลล์ได้ทุกชีวิต ถ้าซึมเข้าใต้ผิวหนังอาจมีผลถึงตายได้มีการนำกาว Phenol Formaldehyde (PF) มาใช้ในอุตสาหกรรมมากกว่า 90 ปีแล้ว ตั้งแต่ Backeland ก่อตั้งบริษัท Bakelite ขึ้นในปี ค.ศ. 1910 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา และกลายมาเป็นสาขาของบริษัท Union Carbide ในปี ค.ศ. 1939 (Tobiason, 1990) ความต้องการใช้กาว PF ส่วนใหญ่อยู่ในภาคอุตสาหกรรมไม้อัด ไม้ประกับ และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปลูกสร้างบ้าน ทั้งนี้เนื่องมาจากคุณสมบัติของกาวที่มีความต้านทานต่ออุณหภูมิและความชื้นได้ดี แต่สิ่งที่จำเป็นต้องคำนึงถึง คือ การที่สารทั้งสอง ได้แก่ ฟีนอลและฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กาวมีสภาวะที่เป็นพิษ หลังจากการแข็งตัวของกาวยังคงมีทั้งฟอร์มาลดีไฮด์และฟีนอลที่อยู่ในสภาพอิสระและสามารถสร้างความเป็นพิษให้แก่ผู้บริโภคได้ จึงต้องระมัดระวังในการควบคุมสภาวะของขบวนการผลิตกาวและการอัดไม้ตามขั้นตอนต่างๆ

2.5.3.1 ปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reactions)

ในการสร้างพันธะของแรงยึดทางเคมีระหว่างฟีนอลและฟอร์มาลดีไฮด์เพื่อสังเคราะห์กาวเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาหลัก 2 ขั้นตอน เช่นเดียวกับกาว UF ขั้นตอนแรก คือ ปฏิกิริยาการรวมตัว (addition or methylolation step) ฟอร์มาลดีไฮด์ทำปฏิกิริยากับตำแหน่งโปรตอนของสารฟีนอลที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาที่ตำแหน่ง ortho หรือ para เพื่อเปลี่ยนรูปเป็นผลผลิต โมเลกุลที่ได้จากการรวมตัวเรียกว่า Methylolated phenolic ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้เกิดที่ pH สูงและอุณหภูมิต่ำจะเกิดปฏิกิริยา dimethyol และ trimethylol phenol แต่ถ้ามี pH สูงกว่า 9 ฟอร์มาลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยา canizzaro ด้วยตัวเอง ยิ่งมีอุณหภูมิและความเป็นด่างสูงขึ้น ปฏิกิริยานี้จะเกิดรวดเร็วมากขึ้น

สำหรับขั้นตอนที่ 2 คือ ปฏิกิริยาควบแน่น (condensation step) คือ การสูญเสียน้ำเป็นผลพลอยได้ และจะได้ methylol hydroxyl และโปรตอนข้างเคียงที่ยังไวต่อปฏิกิริยา ผลจากการรวมปฏิกิริยาทั้งสองจะได้เครือข่ายของสารพอลิเมอร์ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของกาวที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นได้ช้าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 °C และมีสภาวะเป็นด่าง ถ้าทำให้ปฏิกิริยามีสภาวะเป็นกรดและเพิ่มอุณหภูมิจะสามารถเร่งปฏิกิริยาให้เร็วขึ้น



รูปที่ 2.20 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน [11]

2.5.3.2 สัดส่วนโมลของฟีนอลต่อฟอร์มาลดีไฮด์ (molar ratio of phenol and formaldehyde)

กาวสังเคราะห์ PF ที่มีสัดส่วนโมลของฟอร์มาลดีไฮด์ต่อฟีนอลมีค่าสูงกว่าหนึ่ง เรียกว่า resoles วิธีนี้ใช้ด่างเป็นสารเร่ง การที่จะให้กาวรีโซลแข็งตัวจำเป็นต้องใช้ความร้อนและใช้สารเร่งที่เป็นกรดเพิ่มเติม หรือเติมสารเร่งที่เป็นกรดเพียงอย่างเดียว โดยมีโครงสร้างภายในของฟีนอลเชื่อมต่อกับกลุ่ม hydroxymethyl groups ที่ไวต่อปฏิกิริยา (-CH_2OH) จำพวก methylol groups สัดส่วนโมลของฟอร์มาลดีไฮด์ต่อฟีนอลอยู่ในระดับ 1.2-2.5 แต่มักนิยมควบคุมให้อยู่ระดับ 1.2-1.5 ถ้าเพิ่มปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ จะทำให้หมู่ methylol groups มากขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาควบแน่นขึ้นระหว่างกลุ่มพอลิเมอร์ยังผลให้เกิดพันธะระหว่างพอลิเมอร์มีมากขึ้น แต่ถ้าสัดส่วนโมลของฟอร์มาลดีไฮด์ต่อฟีนอลมีค่าน้อยกว่า 1.0 โดยปกติประมาณ 0.8 เรียกว่า novolak วิธีนี้ใช้กรดเป็นสารเร่งการที่จะทำให้กาวแข็งตัวสมบูรณ์จำเป็นต้องใช้ความร้อนและฟอร์มาลดีไฮด์เพิ่มเติม โดยมีโครงสร้างสารพอลิเมอร์เป็นตัวฟีนอลเองที่เชื่อมต่อกับกลุ่มโมเลกุลอื่นๆ การเพิ่มปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์จะทำให้ขนาดโมเลกุลของสารพอลิเมอร์ใหญ่ขึ้นและเพิ่มความหนืดของกาวให้สูงขึ้น

2.5.3.3 กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ในอุตสาหกรรมไม้อัด (phenol formaldehyde resin in Plywood industry)

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

สำหรับสภาวะที่ควบคุมกระบวนการผลิตไม้อัดมักใช้ปริมาณกาวระหว่าง 150-250 g/m^2 ขึ้นอยู่กับความหนาและชนิดของไม้บาง มีช่วงระยะเวลารออัดระหว่าง 15-60 นาที ส่วนการอัดเย็นมักใช้ความดัน 5-7 kg/cm^2 ประมาณ 10 นาที ก่อนอัดความร้อนด้วยอุณหภูมิประมาณ 120-170 °C แปรผันตามชนิดของกาวและใช้แรงอัดระหว่าง 12-14 kg/cm^2 ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของไม้ด้วยเวลา 1-3 นาที แปรผันตามความหนาของไม้บาง แต่ถ้าอัดด้วยอุณหภูมิสูงกว่า 200 °C จะทำให้แรงยึดของกาวต่ำลง

2.6 สารยึดติดของไม้ (Wood Adhesion) [11]

สิ่งที่เกี่ยวข้องกับขบวนการสร้างพันธะแรงยึดติดนั้น ได้แก่ ปัจจัยที่รวมทั้งปัจจัยทางเทอร์โมไดนามิกซ์และจลน์ศาสตร์ (thermodynamics and kinetics) ที่มีความสัมพันธ์ทั้งความร้อนงานและพลังงาน ตลอดจนอัตราความเร็วของปฏิกิริยาอันเนื่องจากทั้งอุณหภูมิ ความเข้มข้นและตัวเร่งที่นำไปสู่การคาดการณ์ถึงผลและกลไกของปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ ถ้ามีการใช้กาวเหลวเพื่อใช้ยึดไม้ให้ติดกับพันธะการยึดติดที่แท้จริง ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างกาวและไม้ ซึ่งมีสภาวะ (Gollob และ Wellons, 1990) เป็นพอลิเมอร์เหมือนกันนั้น จำแนกให้เห็นถึงกลไกที่เกิดขึ้นรวมกันได้ 3 ประการ คือ

ก). การเชื่อมประสานทางกลซึ่งเกี่ยวข้อง เมื่อทากาวที่เปียกลงบนผิวหน้าไม้เพื่อซึมเข้าสู่โครงสร้างเนื้อไม้

ข). การดึงดูดทางกายภาพซึ่งเกิดขึ้นจากแรง van der Waals และพันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่ม hydroxy ที่มีขั้วบนผนังเซลล์และกาวเปรียบเสมือนชั้นแรกที่ทำให้เกิดสภาวะระหว่างหน้าของไม้และกาว

ค). พันธะทางเคมีที่เกิดจากพันธะ covalent ระหว่างเซลล์ของไม้และกาวที่แลกเปลี่ยนอิเล็คตรอนกันในระบบการเชื่อมโยงภายในกาว (Crosslinking adhesive system) แต่สภาวะดังกล่าวนี้อาจไม่จำเป็นเสมอไปสำหรับกาวที่ทนน้ำ การมีสภาวะดึงดูดทางกายภาพระหว่างโมเลกุลนั้นก็เพียงพอต่อพันธะการทนน้ำของกาวแล้ว

2.7 โฟม (Foams) [16-17]

โฟม คือ วัตถุที่มีน้ำหนักเบา ภายในเนื้อมีรูฟองอากาศเต็มไปหมด ลักษณะทั่วไปคล้ายกับฟองน้ำธรรมชาติ เมื่อพิจารณาตามคำแปล หมายถึง "ฟู" ดังนั้น โฟมจึงหมายถึงพลาสติกที่ฟูหรือขยายตัว ซึ่งพลาสติกก็มีอยู่มากมายหลายประเภท และในบรรดาพลาสติกหลายประเภทที่มีนั้น หากผ่านกระบวนการที่ใช้สารขยายตัว (Blowing Agent) ก็จะทำให้พลาสติกกลายเป็นโฟมได้ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่า Foam Plastic ตัวอย่างของโฟมพลาสติกที่รู้จักกันทั่วไปเช่น ฟองน้ำ กล่องโฟมใส่อาหาร โฟมแผ่น โฟมฉีดพ่นเพื่อเป็นฉนวน เป็นต้น ซึ่งโฟมพลาสติกเหล่านี้ ล้วนแต่ผลิตจากพลาสติกแตกต่างประเภทกันไป พลาสติกที่ใช้ทำโฟมมีทั้งเทอร์โมเซตติ้งและเทอร์โมพลาสติก เช่น พอลิสไตรีน โพลียูรีเทน ไวนิล อิพอกซี่ โพลิเอทิลีน ซิลิโคน เซลลูโลซิก เป็นต้น

2.7.1 การผลิตโฟม

การผลิตโฟม ทำได้ 2 วิธี คือ

2.7.1.1 ทางกายภาพ

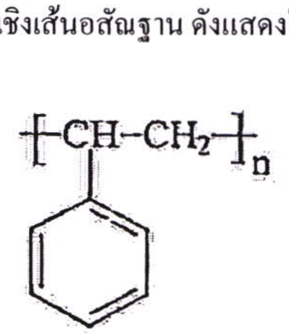
คือ ใช้แก๊สอัด หรือผสมสารเคมีให้เกิดแก๊ส (Volatile Liquid) เข้าไปในเนื้อวัตถุดิบพลาสติกขณะทำการผลิต เมื่อนำวัตถุดิบนี้ไปผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยใช้ความร้อนแก๊สซึ่งอยู่ภายในจะขยายตัวทำให้เนื้อพลาสติกฟูขึ้นเป็นโฟม เช่น พอลิสไตรีนโฟม

2.7.1.2 ทางเคมี

คือ ใช้ปฏิกิริยาของสารเคมีสองชนิดทำให้เกิดโฟม วัตถุดิบที่ใช้ประกอบด้วยของเหลวสองชนิดหรือมากกว่า ชนิดหนึ่งเป็นพลาสติกเหลว (Resin) อีกชนิดหนึ่งเป็นส่วนผสมของวัสดุตกผลึกหรือทำตัวให้แข็ง (Catalyst) และสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับพลาสติเหลวให้เกิดแก๊สขึ้น (Foaming Agent หรือ Blowing Agent) เมื่อของเหลวสองชนิดแยกกันอยู่จะไม่เกิดปฏิกิริยาใดๆ ทั้งสิ้น เช่น พลาสติกพวกพอลิยูรีเทนโฟม (Polyurethane Foam)

2.7.2 พอลิสไตรีนโฟม (Polystyrene Foam : PS-Foam)

พอลิสไตรีนมีโครงสร้างเป็นโซ่เชิงเส้นอสัณฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แสดงสูตรโครงสร้างของพอลิสไตรีน [15]

พอลิสไตรีนโฟม มี 2 ลักษณะ คือ

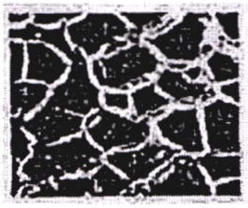
2.7.2.1 พอลิสไตรีนแบบอัดรีด (Extruded Polystyrene)

ผลิตโดยขบวนการอัดรีด ทำให้มีเซลล์ที่ละเอียดซึ่งมีอากาศผสมก๊าซฟลูออโรคาร์บอนปัจจุบันมีการใช้ก๊าซประเภทอื่นเพื่อหลีกเลี่ยงปรากฏการณ์เรือนกระจก อยู่ภายใน ทำให้มีสภาพในการนำความร้อนที่ต่ำกว่าพอลิสไตรีนแบบหล่อ มีโครงสร้างและรูปร่างที่แข็งแรงคงที่มากกว่า ทำให้สามารถทนต่อแรงกดทับได้ดี และต้านทานไอน้ำได้ดี แต่ข้อเสีย คือ ติดไฟได้ และหากสัมผัสกับรังสียูวีในบรรยากาศจะมีการเสื่อมสภาพได้ จึงควรมีวัสดุปิดผิวในการใช้งาน ปัจจุบันยังคงต้องนำเข้าจากต่างประเทศจึงมีราคาค่อนข้างสูง

2.7.2.2 พอลิสไตรีนแบบหล่อหรือขยายตัว (Molded or Expanded Polystyrene)

เป็นสไตรีนพอลิเมอร์เช่นกัน แต่ผลิตโดยขบวนการหล่อหรือขยายตัว ผลก็คือเซลล์จะหยาบกว่า และมีอากาศบรรจุอยู่ภายใน เมื่อเทียบกับแบบอัดรีดแล้วจะมีสภาพการนำความร้อนสูงกว่าความหนาแน่นต่ำกว่า ต้านไอน้ำได้พอใช้ ติดไฟและก่อให้เกิดคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) แต่มีราคาถูกกว่า มีการเสื่อมสภาพจากการสัมผัสรังสียูวี ในบรรยากาศได้เช่นกัน จึงควรเลือกใช้ในโครงร่างปิดหรือมีแผ่นปิดผิว โดยมีการขึ้นรูปประกอบเป็นผนังมีแผ่นปิด 2 ด้านเพื่อป้องกันยูวีและใช้งานได้สะดวก ปัจจุบันมีการผลิตจำหน่ายในประเทศไทยแล้ว

พอลิสไตรีนแบบหล่อ คือ โฟมพอลิสไตรีนที่ใช้ก๊าซเพนเทน (C_5H_{12}) ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับก๊าซหุงต้มหรือบิวเทน (C_4H_{10}) เป็นสารที่ทำให้ขยายตัว ใช้บรรจุสินค้า มีค่าต่างๆ เช่น โทรทัศน์เครื่องใช้ไฟฟ้า และหมวกกันน็อค โฟมกล่องน้ำแข็ง รวมถึงโฟมและโฟมก้อนที่ใช้ทำถนนเป็นต้น



รูปที่ 2.22 ลักษณะภายในของพอลิสไตรีนโฟม

ในระหว่างกระบวนการผลิตวัตถุดิบที่เรียกว่า พอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) เนื้อพลาสติกพอลิสไตรีนจะทำปฏิกิริยากักเก็บก๊าซเพนเทนเอาไว้ภายใน เมื่อนำมาผลิตโฟมพอลิสไตรีนแบบหล่อวัตถุดิบจะขยายตัวและเมื่อได้รับความร้อนจากไอน้ำ (Steam) ก็จะกลายเป็นเม็ดโฟมขาวๆ จากนั้นจึงนำไปขึ้นรูป (Molding) ซึ่งมี 2 ลักษณะคือ

ก). อัดขึ้นรูปเป็นรูปร่างต่างๆ ตามลักษณะแม่พิมพ์ที่ทำ (Shape Molding) เช่น เป็นกล่องน้ำแข็งและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

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

โฟมพอลิสไตรีนแบบหล่อ สามารถรองรับแรงกระแทกได้อย่างดีเหมาะสำหรับใช้ในการบรรจุสินค้า และยังรองรับถ่ายเทน้ำหนักในแนวดิ่งโดยไม่เสียรูปทรง จึงใช้เป็นวัสดุถมในการทำถนนเพื่อแก้ปัญหาถนนทรุดตัว และยังใช้เป็นฉนวนรักษาความร้อนและเย็น เนื่องจากอากาศที่มีอยู่ภายในถึง 98% ทำหน้าที่เป็นฉนวน นอกจากนำกลับไปผ่านกระบวนการรีไซเคิลแล้วโฟมพอลิสไตรีนแบบหล่อ ที่ใช้แล้วยังสามารถจัดการได้ดังต่อไปนี้

ก). ผสมดินเพื่อใช้ในการเพาะปลูก เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนแบบหล่อที่บดแล้วจะช่วยให้ดินร่วนซุยและอากาศที่อยู่ภายในจะเป็นประโยชน์ต่อรากของพืช

ข). ผสมคอนกรีตเพื่อใช้ในการก่อสร้าง เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนแบบหล่อ มีคุณสมบัติเป็นฉนวนและมีน้ำหนักเบา การใช้โฟมพอลิสไตรีนแบบหล่อ ที่บดแล้วผสมในคอนกรีตจะทำให้ลดน้ำหนักวัสดุนั้นและยังรักษาอุณหภูมิของสถานที่ก่อสร้างได้อย่างดี

ค). เผาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากโฟมพอลิสไตรีนแบบหล่อ มีอากาศอยู่ภายในเป็นส่วนใหญ่ หากถูกเผาโดยใช้ความร้อนสูง 1000 องศาเซลเซียส จะทำให้การเผาโฟมที่บดแล้วนั้นเป็นไปโดยปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อมโดยไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงใดๆ โดยโฟมพอลิสไตรีนแบบหล่อที่เผาด้วยกระบวนการดังกล่าว 1 กิโลกรัม สามารถให้พลังงานเท่ากับน้ำมัน 1.2-1.4 ลิตร

ตารางที่ 2.6 สมบัติทางกายภาพของพอลิสไตรีนโฟม [17]

Property	Polystyrene							
	ASTM	Extruded plank		Expanded plank			Extruded sheet	
Density, kg/m^3		35	53	16	32	80	96	160
Mechanical properties								
Compressive strength, KPa at 10%	D1621	310	862	90-124	207-276	586-896	290	469
Tensile strength, KPa	D1623	517		145-193	310-379	1020-1186	2070-3450	4137-6900
Flexural strength, KPa	D790	1138		193-241	379-517			
Shear strength, KPa	C273	241			241			
Thermal properties								
Thermal Conductivity, W/(m.K)	C177	0.03		0.037	0.035	0.035	0.035	0.035
Electrical properties								
Dielectric constant	D1673	<1.05	< 1.05	1.02	1.02	1.02	1.27	1.28
Dissipation factor								
Moisture resistant								
Water absorption, vol%	C272	0.02	0.05	1-4	1-4			
Moisture vapor transmission g/(m.s.GPa)	E96	35		< 120	35-120	23-25	86	56

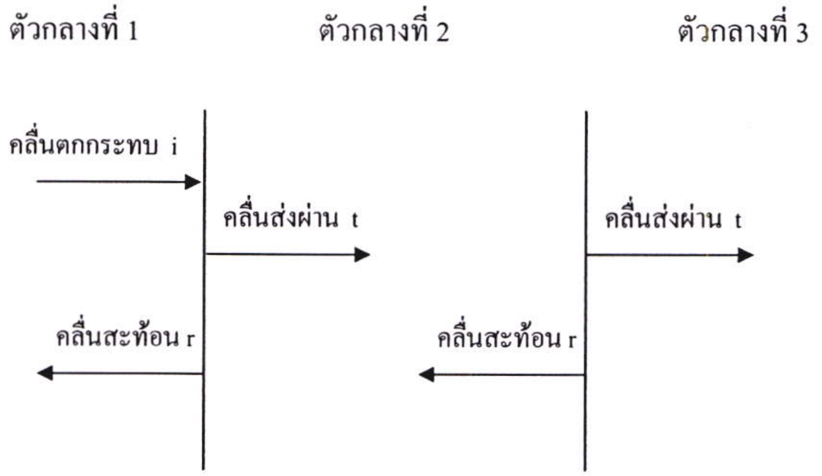
2.8 สมบัติและปรากฏการณ์ของเสียง [18-22]

จากความหมายของเสียงซึ่งกล่าวว่า เสียง คือ พลังงานรูปแบบหนึ่งที่ส่งออกจากแหล่งกำเนิดและเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางในรูปของคลื่นตามยาว ดังนั้นเสียงจึงสามารถแสดงสมบัติของคลื่นอันประกอบด้วยสมบัติการสะท้อนเสียง การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสมบัติของคลื่นเหล่านี้ยังก่อให้เกิดปรากฏการณ์ต่างๆ อีกมากมาย ดังนี้

ก). การสะท้อนของเสียง เมื่อคลื่นเสียงแผ่กระจายจากแหล่งกำเนิดมากระทบกับสิ่งกีดขวางหรือบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติอย่างรวดเร็วของตัวกลางนั้นจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการสะท้อนขึ้นที่ผิวของตัวกลางหรือสิ่งกีดขวางที่คลื่นเสียงตกกระทบ เหมือนลูกบอลที่ตกกระทบกำแพงแล้วสะท้อนกลับออกมา คลื่นเสียงนั้นมีคุณสมบัติในการสะท้อนได้

ข). การดูดกลืนและการส่งผ่านเสียง เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบกำแพงหรือวัตถุใดๆ จะเกิดการสะท้อนและส่งผ่านคลื่นขึ้นซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่อคลื่นเสียงตกกระทบวัตถุแล้ว นอกจากจะเกิดการสะท้อนของคลื่นแล้วยังเกิดการส่งผ่านของคลื่นเสียงทะลุวัตถุนั้นๆ ด้วยพลังงานที่ลดลง ซึ่งการ

ลดลงของพลังงานที่ส่งผ่านนี้เกิดขึ้นเนื่องจากคลื่นเสียงที่ตกกระทบได้ทำให้ผิวหน้าของวัตถุนั้นเกิดการสั่นตัวโดยพลังงานจากการสั่นตัวนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน เนื่องจากคุณสมบัติเกี่ยวกับแรงเสียดทานของวัตถุ ซึ่งปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นกับวัตถุที่มีรูพรุน ช่อง ซึ่งมีความสามารถเปลี่ยนเส้นทางเดินเสียงขณะที่อยู่ในตัวกลางนั้นได้ นอกจากนี้ยังอธิบายเพิ่มเติมได้ว่าในกรณีปกติถ้าหากมีคลื่นระนาบเคลื่อนผ่านตัวกลางแตกต่างกัน 3 ชนิด (รูปที่ 2.23) โดยสมมุติให้แหล่งกำเนิดเสียงมีลักษณะคงที่และตั้งอยู่ในตัวกลางที่ 1 เมื่อคลื่นระนาบแผ่กระจายจากแหล่งกำเนิดมาถึงขอบของรอยต่อของตัวกลางที่ 1 และ2 แล้วจะเกิดการสะท้อนของรังสีกลับไปยังตัวกลางที่ 1 และส่งผ่านรังสีของคลื่นบางส่วนไปยังตัวกลางที่ 2 และเมื่อเคลื่อนที่ผ่านมายังตัวกลางที่ 2 เคลื่อนที่ต่อไปจนถึงขอบของรอยต่อของตัวกลางที่ 2 และ3 แล้วจะเกิดคลื่นสะท้อนกลับมายังตัวกลางที่ 2 และส่งผ่านไปยังตัวกลางที่ 3 เช่นเดียวกัน ทั้งนี้ขบวนการสะท้อนและส่งผ่านที่เกิดขึ้น ณ รอยต่อของตัวกลางนี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องสำหรับแหล่งกำเนิดเสียงที่มีลักษณะคงที่ โดยความเข้มเสียงของคลื่นที่สะท้อนกลับมายังตัวกลางที่ 1 และส่วนที่ส่งผ่านไปยังตัวกลางที่ 3 ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของตัวกลาง ความเร็วในการแผ่กระจายของคลื่นในแต่ละตัวกลาง และความหนาของตัวกลางที่ 2



รูปที่ 2.23 แสดงกลไกการดูดกลืนและส่งผ่านคลื่นเสียงในตัวกลางต่างชนิดกัน [20]

การดูดกลืนเสียง หมายถึงการเปลี่ยนแปลงผลรวมของพลังงานเสียงที่ลดน้อยลงเมื่อผ่านตัวกลางใดๆ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการดูดกลืนเสียงคือความสามารถของวัตถุในการดูดกลืนพลังงานเสียงและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน โดยวัตถุที่สามารถดูดกลืนคลื่นเสียงได้ดีจะเป็นวัตถุจำพวกเส้นใยและวัตถุพรุน ซึ่งเมื่อเสียงกระทบวัตถุใดๆแล้วเสียงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและส่งผ่านเข้าไปในวัตถุนั้น ทั้งนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและคุณลักษณะของวัตถุนั้นเป็นสำคัญ คลื่นเสียงที่ผ่านเข้าไปในวัตถุที่เสียงนั้นตกกระทบจะมีพลังงานลดลงเนื่องจากพลังงานส่วนหนึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่น เช่น พลังงานความร้อน

การส่งผ่านเสียง อธิบายได้ว่าเมื่อคลื่นเสียงตกกระทบวัตถุกั้นเสียง เช่น กำแพงหรือผนังแล้ว วัตถุนั้นจะเกิดการสั่นตัวซึ่งการสั่นตัวในลักษณะนี้เป็นสาเหตุให้อากาศที่ อยู่ใกล้เคียงวัตถุ ดังกล่าว มีการสั่นตัวตามไปด้วยทั้งสองด้านของวัตถุส่งผลให้วัตถุที่คลื่นเสียงตกกระทบนั้นประพฤติตัว เหมือนเป็นแหล่งกำเนิดเสียงอันใหม่ ซึ่งสนามเสียงอันใหม่นี้เกิดจากวัตถุนี้จะมีพลังงานน้อยกว่า พลังงานเสียงตอนแรก ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานของคลื่นเสียงที่ตกกระทบวัตถุกั้นเสียงนี้ส่วนหนึ่ง ถูกใช้ไปสำหรับการทำวัตถุนั้นเกิดการสั่นตัว โดยลักษณะของวัตถุกั้นเสียงนั้นสามารถบอกได้ด้วย ค่าการสูญเสียขณะส่งผ่าน (Transmission Loss ; TL) ซึ่งค่านี้เป็นสมบัติเฉพาะของวัตถุ ซึ่งก็คือ อัตราส่วนของพลังงานที่ตกกระทบต่อพลังงานที่ส่งผ่านวัตถุกั้นเสียงนั้นเองซึ่งมีหน่วยเป็น เดซิเบล (dB)

ความถี่เสียงระหว่าง 20-20,000 เฮิร์ตซ เป็นคลื่นเสียงในช่วงที่หูของคนเรารับฟังได้ โดย มาตรฐานระดับความดังของเสียงที่ไม่เป็นอันตรายต่อประสาทหูของผู้รับฟังนั้นไม่ควรเกิน 85 เดซิเบล ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมใดที่มีระดับความดังเสียงเกินกว่า 90 เดซิเบล จัดว่าอันตราย ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันหูและทำงานในพื้นที่ดังกล่าว ไม่เกินวันละ 8 ชั่วโมง ตัวอย่างระดับความ ดังเสียงที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น เสียงจากเครื่องบิน 160 เดซิเบล เสียงมอเตอร์ไซด์ 90 เดซิเบล เสียงพูดปกติ 70 เดซิเบล และเสียงกระซิบ 30 เดซิเบล เป็นต้น

2.8.1 ความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุกั้นเสียง

เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบวัตถุกั้นเสียงใดๆ เช่น ผนังหรือกำแพงจะเกิดปรากฏการณ์ที่สำคัญ 3 ประการ โดยพลังงานของคลื่นเสียงบางส่วนถูกส่งทะลุผ่านวัตถุไปอีกด้านหนึ่ง พลังงานบางส่วน ถูกดูดกลืนโดยวัตถุนั้น และส่วนที่เหลือจะสะท้อนกลับเข้าสู่ตัวกลางดังเดิม จากกฎทรงพลังงาน สามารถแสดงปรากฏการณ์ข้างต้นด้วยสมการ

$$E_i = E_r + E_a + E_t$$

พลังงานของคลื่นเสียงที่ถูกดูดกลืน หรือ พลังงานของคลื่นเสียงที่ลดลงเมื่อผ่านไปยังอีกด้าน หนึ่งของวัตถุนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปอื่น ซึ่งส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนกลายเป็นพลังงาน ความร้อน และจากแนวคิดเกี่ยวกับการตกกระทบของคลื่นเสียงบนวัตถุใด ๆ ดังกล่าวข้างต้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมและป้องกันเสียงรบกวนได้ โดยการนำวัตถุที่มีคุณสมบัติ ในการดูดกลืนหรือสะท้อนคลื่นเสียงได้เป็นอย่างดีมาวางกั้นระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผู้ฟัง เสียงทั้งนี้การลดระดับความดังเสียงทำได้โดยใช้กำแพงกั้นเสียง ซึ่งสามารถติดตั้งได้หลายรูปแบบ คือ 1.ปิดล้อมแหล่งกำเนิดเสียง 2. ปิดล้อมผู้รับฟังเสียงและ 3. กั้นระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและ ผู้รับฟังเสียงทั้งนี้สำหรับระดับความดังเสียงที่ลดลงจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะการติดตั้ง กำแพงกั้นเสียง อย่างไรก็ตามคุณสมบัติเชิงกายภาพของวัตถุกั้นเสียงจะเป็นตัวกำหนดถึง ความสามารถในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุนั้นๆ ด้วย

2.8.2 การลดระดับความดังเสียงของวัตถุ

การลดระดับความดังเสียงโดยใช้หลักการเกี่ยวกับการดูดกลืนคลื่นเสียงของวัตถุนั้นอธิบายได้ว่าเมื่อเสียงกระทบวัตถุใดๆ เสียงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกลในรูปแบบอื่นโดยปกติเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและคุณลักษณะของวัตถุนั้น วัตถุที่มีรูพรุนหรือมีช่องอากาศภายในสามารถดูดกลืนเสียงได้ดี โดยเมื่อมีเสียงตกกระทบกับวัตถุ พลังงานส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไปโดยผิวของวัตถุหน่วยของการดูดกลืนเสียงมีหน่วยเป็นซาบินส์ (Sabins) มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างพื้นที่ผิวของวัตถุกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของวัตถุนั้น ซึ่งวัตถุดูดกลืนเสียงก็คือวัตถุที่มีความสามารถในการดูดกลืนคลื่นเสียงสำหรับการอธิบายถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับการดูดกลืนคลื่นเสียงของวัตถุสามารถอธิบายได้ด้วยสัมประสิทธิ์การดูดกลืน (Absorption Coefficients) ของวัตถุนั้นโดยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงคือ อัตราส่วนของพลังงานที่ถูกดูดกลืนต่อพลังงานที่ตกกระทบวัตถุนั้น อย่างไรก็ตามสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัตถุนั้นยังขึ้นกับความถี่เสียงและมุมที่คลื่นเสียงนั้นตกกระทบด้วย ซึ่งความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัตถุใดๆนั้นมิได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุชิ้นนั้นเพียงอย่างเดียวแต่ยังขึ้นกับวิธีในการติดตั้งวัตถุนั้นๆ ขนาดและรูปร่างของห้องที่จะนำวัตถุสำหรับดูดกลืนเสียงนั้นไปติดตั้งด้วย และนอกจากนี้ยังรวมถึงตำแหน่งที่ใช้ติดตั้งในห้องและพื้นที่รวมทั้งหมดที่ต้องการใช้

การลดระดับความดังเสียงโดยใช้หลักการเกี่ยวกับการส่งผ่านคลื่นเสียงของวัตถุนั้นอธิบายไว้ดังนี้คือ เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบกำแพง กำแพงจะเกิดการสั่นตัวขึ้น ซึ่งการสั่นตัวในลักษณะนี้เป็นสาเหตุให้อากาศที่อยู่ใกล้เคียงกำแพงทั้งสองด้านเกิดการสั่นตัวด้วย ส่งผลให้กำแพงนั้นประพฤติตัวเหมือนแหล่งกำเนิดเสียงใหม่ ซึ่งสนามเสียงใหม่ที่เกิดจากกำแพงนี้จะมีพลังงานน้อยกว่าพลังงานเสียงตอนแรกเนื่องจากพลังงานของเสียงที่ตกกระทบกำแพงส่วนหนึ่งถูกใช้สำหรับการทำให้กำแพงสั่นตัว ทำนองเดียวกับที่ได้อธิบายถึงการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมเสียงว่าสิ่งหนึ่งที่ต้องกระทำคือการหยุดคลื่นเสียง เพื่อไม่ให้มีการเคลื่อนที่จากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่งซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยนำกำแพงมากั้นเพื่อแยกแหล่งกำเนิดเสียงออกจากบริเวณที่ต้องการความสงบ ทั้งนี้การส่งผ่านคลื่นเสียงสามารถอธิบายได้ด้วยค่าการสูญเสียขณะส่งผ่าน (Transmission Loss) ค่านี้ขึ้นกับคุณสมบัติของกำแพงกั้นเสียงด้วย

2.8.3 ดัชนีระบุสมรรถนะในการลดระดับความดังเสียง

จากแนวคิดต่างๆ เกี่ยวกับการดูดกลืนและส่งผ่านคลื่นเสียงของวัตถุนั้น สามารถนำมาประยุกต์เพื่อควบคุมระดับความดังเสียงได้ดี โดยพบว่าถ้าหากต้องการลดระดับความรุนแรงของปัญหามลพิษทางเสียงในบริเวณใด สามารถทำได้โดยการนำวัตถุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียงได้ดี หรือวัตถุที่มีคุณสมบัติในการส่งผ่านเสียงได้ไม่ดี อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้ง 2 อย่างมาติดตั้ง

เพื่อทำเป็นวัตถุควบคุมเสียง โดยดัชนีที่ใช้สำหรับบ่งบอกถึงสมรรถนะในการลดระดับความดังเสียงของวัตถุมีด้วยกันหลายค่าดังนี้

2.8.3.1 สัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง (Transmission Coefficient ; T)

การส่งผ่านเสียงนั้นสามารถที่จะบอกได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเสียง ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนของกำลังเสียงที่ส่งผ่านวัตถุนั้น ดังสมการ

$$T = W_t/W_i$$

2.8.3.2 ค่าสูญเสียขณะส่งผ่านเสียง (Transmission Loss ; TL)

ในการควบคุมเสียงสิ่งหนึ่งที่ต้องกระทำ คือ การหยุดคลื่นเสียงเพื่อไม่ให้มีการเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังบริเวณอื่น ซึ่งสามารถทำได้โดยนำกำแพงมากั้นเพื่อแยกแหล่งกำเนิดเสียงออกจากบริเวณที่ต้องการความสงบ ทั้งนี้การลดระดับความดังเสียงเนื่องจากการส่งผ่านคลื่นเสียงสามารถอธิบายได้ด้วยค่าสูญเสียขณะส่งผ่าน (transmission loss) ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกำแพงกั้นเสียงนั้นๆด้วย โดยค่า TL นั้นสามารถหาได้จากสมการ

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

2.8.3.3 สัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง (Absorption Coefficient ; α)

การกล่าวถึงความสามารถในการดูดกลืนเสียงของวัตถุ สามารถอธิบายได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงซึ่งขึ้นอยู่กับพลังงานเสียงที่ตกกระทบกับพลังงานเสียงที่ดูดกลืนของวัตถุนั้น ทั้งนี้เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบผิวของวัตถุดูดกลืนเสียง จะมีพลังงานส่วนหนึ่งที่สะท้อนออกไปและอีกส่วนหนึ่งถูกดูดกลืนที่ผิวหน้าของวัตถุนั้น โดยสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียงของวัตถุหมายถึงอัตราส่วนของพลังงานเสียงที่ถูกดูดกลืนต่อพลังงานเสียงที่ตกกระทบของวัตถุนั้นๆ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$\alpha = W_a/W_i$$

2.8.3.4 สัมประสิทธิ์การลดระดับความดังเสียง (Noise Reduction Cefficient ; NRC)

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

$$NRC = (\alpha 250 + \alpha 500 + \alpha 1000 + \alpha 2000)/4$$

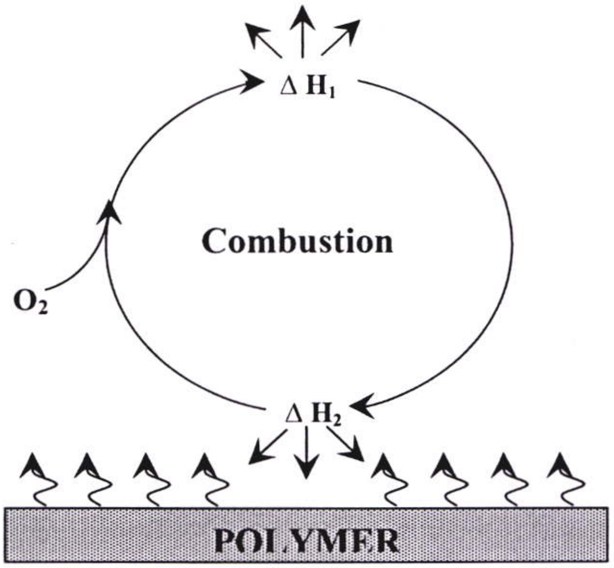
2.8.3.5 การลดระดับความดังเสียง (Noise Reduction ; NR)

การควบคุมปัญหามลพิษทางเสียง สิ่งหนึ่งซึ่งต้องดำเนินการ คือ การลดระดับความดังเสียงให้ลดลง ซึ่งได้ให้ความหมายของการลดระดับความดังเสียงของวัตถุกั้นเสียงดังนี้ คือ ความแตกต่างของระดับความดังเสียงก่อนผ่านวัตถุกั้นเสียงกับหลังผ่านวัตถุกั้นเสียง แสดงได้ดังสมการ

$$NR = SPL_1 - SPL_2$$

2.9 สารต้านทานการลามไฟ (Flame retardant) [23-24]

องค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการที่จะทำให้พอลิเมอร์เกิดการลุกไหม้ได้นั้น ได้แก่ ความร้อน เชื้อเพลิง และออกซิเจน ความร้อนก่อให้เกิดก๊าซที่สามารถลุกติดไฟได้จากปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยความร้อนของพอลิเมอร์ อัตราส่วนที่พอเหมาะระหว่างก๊าซเหล่านี้กับออกซิเจนนำไปสู่การลุกติดไฟของพอลิเมอร์ การเผาไหม้ก่อให้เกิดความร้อนซึ่งส่วนหนึ่งแผ่ออกไป ($\triangle H_1$) และอีกส่วน



รูปที่ 2.24 ความร้อนจากการเผาไหม้

หนึ่งย้อนกลับเข้ามา ($\triangle H_2$) ความร้อนส่วนที่ย้อนกลับเข้ามาจะทำให้พอลิเมอร์แตกตัวและเกิดการเผาไหม้ต่อไปอีก เพื่อที่จะกำจัดวัฏจักรการเผาไหม้ องค์ประกอบหนึ่งหรือหลายๆองค์ประกอบของวัฏจักรจึงต้องถูกขจัดออกไป สารต้านทานการลามไฟหรือสารหน่วงการติดไฟ (flame-retardant) จะทำหน้าที่ยับยั้งหรือขัดขวางกระบวนการเผาไหม้ ซึ่งอาจทำในขั้นตอนใดๆ หรือในหลายๆขั้นตอน เช่น การได้รับความร้อน การแตกตัว การลุกติดไฟ การแพร่ของเปลวไฟ การเกิดควัน ฯลฯ

โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ธรรมชาติหรือลิกโนเซลลูโลสที่มีประสิทธิภาพมาก คือ การใช้สารเติมแต่ง (additive) ประเภท อินทูเมสเซนส์ (intumescence) เป็นสารหน่วงการติดไฟเคลือบบนผิวพอลิเมอร์ โดยหลักการทำงานของสารเติมแต่งดังกล่าว สามารถทำให้เกิดเป็นชั้นป้องกันที่มีการนำความร้อนต่ำ ซึ่งจะช่วยลดการนำความร้อน ($\triangle H_2$) จากแหล่งความร้อนไปสู่วัสดุ ทำให้ลดอัตราการแตกตัวของพอลิเมอร์และยังป้องกันไม่ให้ก๊าซออกซิเจนแพร่เข้าไปบนผิวพอลิเมอร์ ทำให้เชื้อเพลิงของเปลวไฟลดลงด้วย สารเติมแต่งจำพวก บอเรต (borate) ก็ทำงานในลักษณะเดียวกันนี้ คือการแตกตัวด้วยความร้อนทำให้เกิดเป็นชั้นของสารประกอบ บอเรด เอสเทอร์ (borate ester) ซึ่งมีความเสถียรต่ออุณหภูมิ

ปฏิกิริยาการแตกตัวของสารเติมแต่งสามารถแตกตัวแบบดูดความร้อน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิลดลงต่ำกว่าที่จะสามารถเกิดกระบวนการเผาไหม้ต่อไปได้ สารเติมแต่งที่ทำงานโดยใช้หลักการดังกล่าว ได้แก่ สารประเภทเมทัลไฮดรอกไซด์ (metal hydroxide) ต่างๆซึ่งประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณที่ใช้ในพอลิเมอร์

การใช้สารประกอบบางประเภททำให้เกิดก๊าซเฉื่อย ซึ่งจะเป็นตัวเจือจางเชื้อเพลิงในวัฏภาคของแข็งและก๊าซ ดังนั้นการจุดติดไฟจึงถูกหน่วงให้ช้าลง

มีปฏิกิริยาอยู่ 3 ประเภทที่สามารถเกิดขึ้นได้ใน condensed phase ได้แก่

- สารหน่วงการติดไฟสามารถเร่งการแตกสลายของพอลิเมอร์ เกิดการไหลของพอลิเมอร์และถูกแยกออกไปจากเปลวไฟ
- สารหน่วงการติดไฟสามารถทำให้เกิดชั้นคาร์บอน (charring) บนผิวของพอลิเมอร์ ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาดีไฮเดรชันของสารหน่วงการติดไฟทำให้เกิดพันธะคู่ในพอลิเมอร์ ปฏิกิริยาเหล่านี้ทำให้เกิดชั้นคาร์บอนขึ้น
- อาจใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารเติมแต่งด้วยกันเอง แทนที่จะใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารหน่วงการติดไฟกับพอลิเมอร์เป็นตัวทำให้เกิดเป็นชั้นป้องกันขึ้น

การทำงานสารหน่วงการติดไฟหรือสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของสารเหล่านี้ในวัฏภาคก๊าซ ได้แก่ การขัดขวางกลไกแรดิคอลของกระบวนการเผาไหม้ซึ่งเกิดขึ้นในวัฏภาคก๊าซ กระบวนการคายความร้อนซึ่งเกิดขึ้นในเปลวไฟก็จะหยุดลง ระบบจะเย็นลง ก๊าซที่สามารถลุกติดไฟได้ก็จะลดลงและในที่สุดก็จะหมดไป $HO^{\cdot}$ และ $H^{\cdot}$ ซึ่งเป็นแรดิคอลที่มีความไวสูง (high reactive radical) สามารถทำปฏิกิริยากับแรดิคอลอื่นๆในวัฏภาคก๊าซ เช่น ฮาโลเจนแรดิคอล $X^{\cdot}$ ซึ่งได้จากการแตกตัวของสารหน่วงการติดไฟ เกิดเป็นแรดิคอลที่ไม่มีความไว (less reactive radical) ซึ่งเป็นการรบกวนจลนศาสตร์ของการเผาไหม้

$$R\text{-}X + P\text{-}H \longrightarrow H\text{-}X + R\text{-}P$$

$$H\text{-}X + H^{\cdot} \longrightarrow H_2 + X^{\cdot}$$

$$H\text{-}X + HO^{\cdot} \longrightarrow H_2O + X^{\cdot}$$

จากการศึกษาวิจัย พบว่า ประสิทธิภาพลดลงตามลำดับดังนี้ HI > HBr > HCl > HF ส่วนมากมักใช้โบรมีนและคลอรีน เนื่องจากไอโอดีนไม่เสถียรที่อุณหภูมิของกระบวนการเผาไหม้ และประสิทธิภาพของฟลูออรีนก็ต่ำเกินไป

2.9.1 ประเภทของสารต้านทานการลามไฟ

2.9.1.1 ประเภทเทอร์โมเซต (thermosets)

โดยทั่วไปการเตรียมเรซิน ประเภทเทอร์โมเซต แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ คือ ขั้นแรกเป็นขั้นริเริ่มซึ่งจะได้สาร oligomeric liquid ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำหรือของแข็งที่มีจุดหลอมเหลว

ต่ำ ขั้นที่สอง เป็นขั้นตอนพอลิเมอร์ไรเซชันซึ่งมีการเชื่อมโยง (cross-linked) เกิดขึ้นระหว่างการผลิตเรซิน ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้เป็นเรซินประเภทเทอร์โมเซตที่มีความหนาแน่นในการเชื่อมโยงสูง (high cross-link density) ซึ่งทำให้มีจุดหลอมเหลวสูงและมีความเสถียรทางความร้อนสูง เพราะฉะนั้น เทอร์โมเซตจึงเป็นสารต้านทานการลามไฟ (flame retardant) ที่ดี

อะมิโนเรซิน หรือ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Amino resin or urea-formaldehyde) : กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เริ่มติดไฟที่อุณหภูมิช่วง 593 °C และควันที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้มีน้อยมาก โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากการเผาไหม้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ประกอบด้วย คาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ น้ำและแอมโมเนีย และที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเริ่มต้นของการติดไฟจะมีการสลายให้ผลิตภัณฑ์เป็น แอมโมเนียและเมลามีน

โดยส่วนใหญ่ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ถูกนำไปใช้เป็นสารยึดติดในแผ่นชิ้นไม้อัดและกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ที่นำไปใช้นั้นมีคุณสมบัติสารต้านทานการลามไฟที่ดีมาก เนื่องจากกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์มีองค์ประกอบของธาตุไนโตรเจน เมื่อเกิดการเผาไหม้จะมีการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจน (N_2) ออกมาอีกด้วย ก๊าซไนโตรเจนที่เกิดขึ้นเป็นก๊าซเฉื่อย ซึ่งจะเป็นตัวเจือจางหรือลดปริมาณเชื้อเพลิงในวัฏภาคของแข็งและก๊าซ ดังนั้น การจุดติดไฟของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์จึงถูกหน่วงให้ช้าลง และยังพบอีกว่า กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เมื่อใช้ร่วมกับสารต้านทานการลามไฟประเภท บอริก แอซิด (boric acid) หรือ บอร์แร็กซ์ (borax) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหน่วงไฟของแผ่นชิ้นไม้อัดให้ดีขึ้น

ฟีนอลลิกเรซิน หรือ ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenolic resin or phenol-formaldehyde) : กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ทนความร้อนได้ที่อุณหภูมิช่วง 120 °C – 174 °C ซึ่งจะเกิดการสลายตัวทางความร้อนที่อุณหภูมิ 306 °C และกาวฟีนอลฟอร์มาดีไฮด์เริ่มติดไฟที่อุณหภูมิ 571 °C ควันและเขม่าที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้มีน้อย เพราะ ถูกเปลี่ยนเป็นผงถ่านคาร์บอน โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากการเผาไหม้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ประกอบด้วย คาร์บอน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และน้ำ และที่อุณหภมิต่ำกว่าจุดเริ่มต้นของการติดไฟจะมีการสลายให้ผลิตภัณฑ์เป็น อะซิโตน คาร์บอนมอนอกไซด์ ฟอร์มาลดีไฮด์ มีเทนและฟีนอล

สารต้านทานการลามไฟประเภทเทอร์โมเซต นอกจากมี ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน และฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน ดังที่กล่าวไปแล้ว ยังมีสารอื่นๆอีกเช่น อีพอกซี เรซิน (Epoxy resin) พอลิเอสเทอร์ไม่อิ่มตัว (Unsaturated polyesters) เมลามีน (Melamines) เป็นต้น

2.9.1.2 ประเภทสารอินทรีย์

บอริก แอซิด [Boric acid (H_3BO_3)] : บอริก แอซิด เป็นสารที่มีประสิทธิภาพมากในการหน่วงการติดไฟของพอลิเมอร์ธรรมชาติหรือลิกโนเซลลูโลส และพอลิเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl) โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ เกิดการรวมตัวของสารหน่วงไฟกับชั้นผิวของพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นหลักการของสารเติมแต่งอินทูเมสเซนส์ (intumescence) จากการเผาไหม้สารบอริก แอซิด

จะให้น้ำออกมา ซึ่งเป็นตัวช่วยในการระบายความร้อนและเจือจางเชื้อเพลิง รวมทั้งยังสามารถทำให้เกิดชั้นป้องกันที่มีการนำความร้อนต่ำ เช่น ทำให้เกิดชั้นคาร์บอนบนผิวพอลิเมอร์หรือชั้นของสารประกอบ บอเรด เอสเทอร์ (borate ester) ซึ่งจะยับยั้งการปลดปล่อยก๊าซที่สามารถลุกติดไฟได้ และยังช่วยไล่ก๊าซออกซิเจนออกจากบริเวณเปลวไฟ ทำให้เชื้อเพลิงของเปลวไฟลดลงด้วย

แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ [Magnesium hydroxide ($Mg(OH)_2$)] : จากสูตรโมเลกุลในส่วนของหมู่ไฮดรอกซิลของโลหะ เมื่อเกิดการสลายตัวจะให้น้ำออกมาเท่ากับ 1.356 KJg^{-1} ซึ่งเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ทำให้มีความสามารถในการหน่วงการติดไฟและยับยั้งการเกิดควัน เสถียรที่อุณหภูมิ 332 °C อัตราการเกิดควันจะต่ำกว่าสารประเภทที่มีฮาโลเจน มีการใช้งานแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กันอย่างแพร่หลาย ในยุโรปและอเมริกา อาจมีการใช้แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์แทนผลิตภัณฑ์จำพวกอลูมิเนียม ถ้าหากราคาอลูมิเนียมสูงขึ้น

อะลูมิเนียมไตรไฮเดรต (ATH) [$Al(OH)_3$] : รู้จักในนาม hydrated alumina มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง มีคุณสมบัติหน่วงการติดไฟได้ดี โดยสารเคมีนี้จะเริ่มแตกตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 180 °C ในเปลวไฟจะเกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (dehydration) แบบดูดความร้อน ซึ่งจะดำเนินการ 2 อย่างไปพร้อมๆกัน คือ จะดูดซับพลังงานความร้อน และให้ไอน้ำออกมา ซึ่งจะไปเจือจางการเผาไหม้และไอที่เป็นพิษ มีผลให้เกิดการลดลงของอัตราความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ เวลาในการลุกติดไฟ รวมทั้งการแผ่การกระจายเปลวไฟที่ผิวด้วยและเป็นตัวยับยั้งควันที่ดีมาก

แอนติโมนีไตรออกไซด์ (Sb_2O_3) : สารนี้สามารถใช้ร่วมกับสารหน่วงไฟประเภทฮาโลเจนส่วนใหญ่ไม่เหมาะที่จะใช้ในกรณีที่ต้องการคุณสมบัติความโปร่งแสง งานวิจัยพบว่า ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง

สารประกอบฟอสฟอรัส : สารประกอบที่มีฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบนั้นมีมากมาย มีทั้งประเภทที่มีฮาโลเจนเป็นส่วนประกอบ และประเภทที่ไม่มีฮาโลเจนเป็นส่วนประกอบโดยสารประกอบประเภทที่มีฮาโลเจนเป็นส่วนประกอบนั้น ส่วนใหญ่จะใช้เพื่อลดปริมาณฮาโลเจนโดยรวม สำหรับประเภทที่ไม่มีฮาโลเจนเป็นส่วนประกอบมักจะพบในรูปฟอสฟอรัสแดง (red phosphorus) ฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ (water soluble inorganic phosphate) แอมโมเนียมฟอสเฟสที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble ammonium phosphate) และพอลิฟอสเฟส ออแกนโนฟอสเฟต ฟอสฟอเนต และฟอสฟีนออกไซด์

สารประเภทนี้จะหน่วงการติดไฟโดยใช้หลักการอินทูเมสเซนส์ (intumescence principle) ยับยั้งการลุกไหม้ต่อไปของพอลิเมอร์ โดยการช่วยป้องกันความร้อนหรือเปลวไฟและเป็นฉนวนที่ดีให้แก่พอลิเมอร์

2.9.1.3 ประเภทสารประกอบฮาโลเจน

ส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบประเภทคลอรีนหรือโบรมีน มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ แต่เนื่องจากก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม การใช้สารประกอบประเภทคลอรีนเป็นสาร

หน่วงการติดไฟจึงลดลงอย่างรวดเร็ว และหันมาใช้สารประกอบประเภทโบรมีนซึ่งมีการใช้อย่างกว้างขวางกว่าคลอรีน เพราะมีประสิทธิภาพสูงกว่า ด้วยสาเหตุที่โบรมีนหนักกว่าและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวระเหยได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

ธนวรรณ อภิชาติโสภิต [25] ศึกษาการเตรียมแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชานอ้อยและวัสดุเหลือทิ้งโฟมพอลิสไตรีนที่อัตราส่วน 95/5, 90/10 และ 85/15 โดยใช้กาวสองชนิดเป็นตัวประสาน คือ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) และฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) แล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติเชิงกล (MORและMOE) และคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สมบัติการดูดซับเสียง ฉนวนทางความร้อน การดูดซับน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

ผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบกาวทั้ง 2 ชนิด พบว่า กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้ทำแผ่นชิ้นไม้อัดจะมีการต้านทานการดูดซึมน้ำ ต้านทานการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความแข็งแรงหักงอและสมบัติการดูดซับเสียงดีกว่ากาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ แต่กาวยูเรีฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจะเป็นฉนวนทางความร้อนดีกว่าการใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

ค่าการดูดซับน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำจะลดลงต่อเมื่อ เวลาในการอัดร้อน ปริมาณกาว ความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัด ขนาดชานอ้อยและปริมาณพอลิสไตรีนโฟมเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณชานอ้อยลดลง

ความแข็งแรงหักงอจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณพอลิสไตรีนโฟม เวลาในการอัดร้อน ปริมาณกาว ความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดเพิ่มขึ้น

สมบัติการดูดซับเสียงจะดีขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการอัดร้อน และการมีพอลิสไตรีนโฟมอยู่ในแผ่นชิ้นไม้อัด

จากการทดลองของธนวรรณ สรุปว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่เหมาะสมในการนำไปใช้ดูดซับเสียง คือ มีความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. ขนาดของชานอ้อย ที่ 21-35 เมช ขนาดพอลิสไตรีนโฟมผสม (mixed size) อัตราส่วน BG/EPS ที่ 85/15 wt/wt อุณหภูมิและเวลาในการอัดร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 15% โดยน้ำหนัก (เมื่อเทียบกับน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบทั้งหมด) แต่ถ้าใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 15% โดยน้ำหนักจะเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นฉนวนทางความร้อนมากกว่า

ปุรนันท์ อังคสุวรรณ และ คณะ [26] ศึกษาการเตรียมแผ่นกระดานอัดดูดซึมเสียงจากการผสมระหว่างชานอ้อยและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้พอลิไวนิลอะซิเตตหรือยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติดในปริมาณ 20 กรัม และ 30 กรัม สำหรับการใช้ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์อัตราส่วนการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำเท่ากับ 1.5:1 และ 1:1 โดยน้ำหนัก จากการทดสอบสมบัติต่างๆพบว่าเมื่อปริมาณชานอ้อยเพิ่มขึ้นมีผลให้สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และการดูดซึมเสียงสูงขึ้น

ส่วนปริมาณสารยึดติดและอัตราการผสมยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ต่อน้ำที่เพิ่มขึ้น จะมีผลให้ความหนาแน่น สมบัติเชิงกล และสมบัติการดูดซึมเสียงสูงขึ้น แต่ความชื้นลดลง การเพิ่มปริมาณพอลิสไตรีนโฟมจะทำให้การดูดซึมเสียงดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบสารยึดติดพอลิไวนิลอะซีเตตกับยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่า ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสมบัติเชิงกลที่สูงกว่าพอลิไวนิลอะซีเตต

สิรินันท์ วิริยะสุนทร และ คณะ [27] ศึกษาการเตรียมแผ่นกระดานอัดดูดซับเสียง โดยใช้ชานอ้อยมาผสมกับพอลิสไตรีนโฟม ขนาด 2-4 มิลลิเมตร และขนาด 4-6.48 มิลลิเมตร โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ พอลิไวนิลอะซิเตต และ กาวเดกซ์ตริน เป็นสารยึดติด อัตราส่วนผสมของ พอลิสไตรีนโฟม ชานอ้อย และสารยึดติด คือ 8:30:40 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบแผ่นกระดานอัดที่เตรียมได้จากชานอ้อยผสมกับพอลิสไตรีนโฟมขนาด 4-6.48 มิลลิเมตร ดูดซับเสียงดีกว่าฝ้าเสริมเส้นใยแก้วแต่สมบัติเชิงกลของฝ้าเสริมใยแก้วดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกาวทั้ง 3 ชนิด พบว่า ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสมบัติเชิงกลและการดูดซับเสียงดีที่สุดรองลงมา คือ พอลิไวนิลอะซิเตต และกาวเดกซ์ตริน ตามลำดับ โดยที่พอลิสไตรีนโฟมที่มีขนาด 4-6.48 มิลลิเมตร จะดูดซับเสียงดีกว่า ขนาด 2-4 มิลลิเมตร แต่มีสมบัติเชิงกลต่ำกว่าขนาด 2-4 มิลลิเมตร

สโรชา เจริญวัย และ คณะ [28] ศึกษาเพื่อพัฒนาต้นแบบแผ่นไม้อัดจากเปลือกผลไม้เขตร้อน ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำมาเป็นส่วนประกอบภายในอาคารเพื่ออนุรักษ์พลังงานในอาคาร โดยใช้เปลือกทุเรียน (Durio Zibethinus) และใยมะพร้าว (Cocos Nucifera) เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด โดยศึกษาพารามิเตอร์ 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ ชนิดของกาว (ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 12 % ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ 6% และไอโซไซยาเนต 3%) และ ความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัด จากการทดลองชี้ว่า สมบัติทางกลของแผ่นชิ้นไม้อัด เช่น มอดุลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture ; MOR) มอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity; MOE) และแรงต้านภายใน (Internal Bond) เพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ความคงสภาพ (Dimensional Stability) ก็ดีขึ้นในเทอมของความพองตัวเมื่อแช่น้ำและการดูดซับน้ำ รวมทั้งเมื่อความหนาแน่นสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนก็สูงขึ้นด้วย

นพนันท์ นานคงแนบ [29] ศึกษาเพื่อพัฒนาแผ่นชิ้นไม้อัดค่าการนำความร้อนต่ำ โดยมีอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง ใยมะพร้าวและเปลือกทุเรียน เพื่อมุ่งหวังนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาคารสำหรับการประหยัดพลังงาน การศึกษานี้ทำการศึกษา 2 ปัจจัยหลัก คือ 1. อัตราส่วนระหว่างใยมะพร้าวและเปลือกทุเรียน โดยทำที่ 10:90, 25:75, 50:50, 75:25 และ90:10 โดยน้ำหนัก 2. ความหนาแน่น โดยทำที่ 0.3, 0.6, 0.9 g/cm^3 โดยมี ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 12% เป็นสารยึดติด จากผลการทดลองพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วนที่ดีที่สุดของใยมะพร้าวและเปลือกทุเรียน คือ 90:10 (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ ที่ความหนาแน่น 0.856 g/cm^3 โดยมีคุณสมบัติดังนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.1342 W/m.K มอดุลัสแตกร้าว 440.460 kgf/cm^2 มอดุลัสยืดหยุ่น 21,867 kgf/cm^2 แรงยึดเหนี่ยวภายใน 37.25 kgf/cm^2 การพองตัวทางด้านความหนา

10.49 % และ ค่าความชื้น 6.22% แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากส่วนผสมระหว่างใยมะพร้าวและเปลือกทุเรียนมีคุณสมบัติดีกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากใยมะพร้าว หรือ เปลือกทุเรียน เพียงอย่างเดียว ยกเว้นแต่ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นซึ่งมีค่าลดลง แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดใหม่นี้มีค่าการนำความร้อนต่ำที่น่าสนใจ คือ การประหยัดพลังงานเมื่อนำมาใช้เป็นฉนวนของกำแพงและฝ้าเพดาน

Xiaoqun Mo และ คณะ [30] ศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะคุณสมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากฟางข้าวสาลีที่ไม่ได้ทำการฟอกขาวและทำการฟอกขาวแล้ว โดยใช้กาวต่างๆกัน ได้แก่ เมทาลีนไดฟีนิลไดไอโซไซยาเนต (MDI) ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) โปรตีนถั่วเหลือง(SPI) และแป้งถั่วเหลือง (SF) แผ่นชิ้นไม้อัดดังกล่าวทำการขึ้นรูปด้วยการอัดร้อน แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติการดูดซับน้ำ สมบัติการบวมตัวเมื่อแช่น้ำ และปริมาณความชื้น จากกาวทั้งหมดแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากกาว MDI จะให้ค่าสมบัติเชิงกลและสมบัติต้านทานน้ำดีกว่ากาวชนิดอื่นๆ แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากฟางข้าวสาลีที่ทำการฟอกขาวแล้วจะให้คุณสมบัติเชิงกลเพิ่มมากขึ้นกว่าฟางข้าวที่ยังไม่ฟอกขาว กาวจากถั่วเหลืองจะให้ความแข็งแรงเชิงกลดีกว่ากาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ในการทำแผ่นชิ้นไม้อัดจากฟางข้าวที่ฟอกขาวแล้ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากาวจากถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้แทนกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ สำหรับทำโครงสร้างภายในตัวอาคารและเฟอร์นิเจอร์เพื่อหลีกเลี่ยงความเป็นพิษที่มาจากกาว ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ถึงแม้ว่ากาวจากถั่วเหลืองจะมีคุณสมบัติเชิงกลด้อยกว่า กาว MDI แต่จะไม่สร้างมลพิษให้แก่สิ่งแวดล้อม

A. Sampathrajan และ คณะ [31] งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบการควบคุมเสียงของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 5 ชนิด ได้แก่ 1. เปลือกข้าวโพด 2. ซังข้าวโพด 3. เปลือกถั่วลิสง 4. กาบมะพร้าว 5. ฟางข้าว โดยผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดความหนาแน่นต่ำ ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 6% ด้วยการอัดร้อนภายใต้ความดัน 1.47 MPa ที่อุณหภูมิ 170 $^{\circ}$C เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปทดสอบสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเสียง แฟคเตอร์บ่งชี้ระดับเสียงที่ลดลง แฟคเตอร์บ่งชี้ระดับความชื้น และไดนามิคมอดูลัสของแผ่นชิ้นไม้อัด จากผลการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การลดระดับความดังเสียงของแผ่นชิ้นไม้อัดทั้ง 5 ชนิดอยู่ในช่วง 0.39 ถึง 0.54 โดยแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากฟางข้าวจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การลดระดับความดันเสียงสูงสุด ส่วนต่ำสุดคือ แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเปลือกถั่วลิสง กรณีค่าแฟคเตอร์บ่งชี้ระดับเสียงที่ลดลงนั้นค่าสูงสุด คือแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากข้าวโพด (2100-7600 db.m^{-1}) และ ต่ำที่สุด คือ แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจาก กาบมะพร้าว (100-1500 db.m^{-1}) ส่วนผลของค่าไดนามิคมอดุลัสและค่าการสูญเสียมอดุลัส แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากฟางข้าวมีค่าต่ำสุด และสูงสุดเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากข้าวโพด ดังนั้น จากผลการทดลองทั้งหมดนั้น แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเปลือกถั่วลิสงและกาบมะพร้าวเหมาะสมต่อการนำไปทำแผ่นกั้นเสียง

Henrich Lubke [32] ศึกษาการปรับปรุงสารหน่วงไฟในแผ่นไม้อัด โดยทำการผลิตแผ่นไม้อัด 3 ชั้น ที่มีการผสมสารหน่วงไฟ 3 แบบ ด้วยกัน คือ 1. ผสม $Mg(OH)_2$ที่ปริมาณ 8%, 15% และ

24% 2. ผสม $NH_4H_2PO_4$ ปริมาณ 17% กับ $Al(OH)_3$ 8% 3. ผสม $NH_4H_2PO_4$ ปริมาณ 20% กับ H_3BO_3 5% แล้วนำไปทดสอบการเผาไหม้โดยวัด 1. อัตราการคายความร้อน (RHR) 2. อัตราการสูญหายของมวล (MLR) 3. อัตราการเกิดควัน (SEA) 4. ปริมาณการเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์เทียบกับมวลที่เผาไหม้ไป (yield CO) 5. ปริมาณการเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ เทียบกับพื้นที่ของชิ้นงาน (production CO) จากผลการทดลองสรุปได้ว่า $Mg(OH)_2$ มีผลทำให้แผ่นไม้อัดมีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟ ซึ่งค่า RHR ค่า MLR และ ค่า SEA มีค่าลดลง เมื่อปริมาณ $Mg(OH)_2$ เพิ่มขึ้น จากการเปรียบเทียบสารหน่วงไฟชนิดต่าง ๆ พบว่า สาร [$NH_4H_2PO_4$ + H_3BO_3] มีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟได้ดีที่สุด โดยแผ่นไม้อัดที่มีการผสมสารหน่วงไฟไม่ว่าชนิดใดก็ตามมี อัตราการเกิดควันต่ำกว่า แผ่นไม้อัดที่ไม่ผสมสารหน่วงไฟ โดยเฉพาะสาร $Mg(OH)_2$ กับ $Al(OH)_3$ สามารถระงับควันได้ดีมาก ในขณะที่การผสมสารหน่วงไฟลงในแผ่นชิ้นไม้อัด ส่งผลให้มีปริมาณ yield CO สูงกว่า แผ่นไม้อัดที่ไม่ผสมสารหน่วงไฟ ยกเว้น $Mg(OH)_2$ ที่มีปริมาณ yield CO ต่ำกว่า แต่อย่างไรก็ตาม การใช้สารหน่วงไฟชนิด $Mg(OH)_2$ กับ [$NH_4H_2PO_4$ + H_3BO_3] ทำให้มีปริมาณ production CO ต่ำกว่า แผ่นไม้อัดที่ไม่ผสมสารหน่วงไฟ

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ (Raw Materials)

1. ชานอ้อย (Bagasses ; BG) จากบริษัท ชลบุรี จำกัด

- BG 21-35 เมช [25]

ขนาด	BG 21-35 เมช
ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	0.27
ค่าเฉลี่ยความยาว (mm)	9.93
สัดส่วนความเพรียว	37.18

2. เส้นใยมะพร้าว (Coconut Coir ; CC) จากบริษัท อุตสาหกรรมใยมะพร้าวไทย แยกออกเป็น 3 ขนาด

- เส้นใยมะพร้าว ขนาด 21-50 เมช
- เส้นใยมะพร้าว ขนาด 51-80 เมช
- เส้นใยมะพร้าว ขนาด <20 เมช

ขนาด	CC 21-50 เมช	CC 51-80 เมช	CC <20 เมช
ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	0.29	0.19	0.29
ค่าเฉลี่ยความยาว (mm)	12.74	7.45	27.66
สัดส่วนความเพรียว	44.09	38.59	94.73

3. พอลิสไตรีนโฟม (Expanded polystyrene foam ; EPS)

EPS mixed size [25] ซึ่งมีขนาดต่างๆ ดังนี้

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

4. กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (Urea-formaldehyde resin ; UF)

ลักษณะ	ผงสีน้ำตาลอ่อน
ชื่อทางการค้า	Weldwood
ผลิตโดย	DAP INCORPORATION ; USA

5. กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol-formaldehyde resin ; PF)

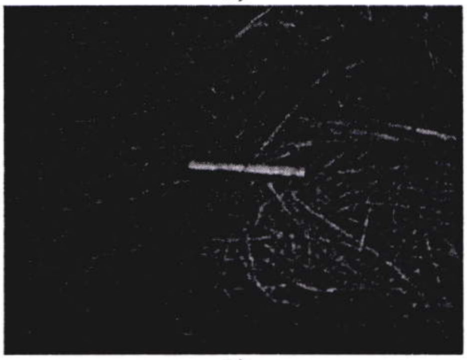
ลักษณะ	ของเหลวสีแดง
% ปริมาณของแข็ง(105 °C x3hrs.)	45.23
ความถ่วงจำเพาะ(25 °C)	1.024
pH	13.81
ความหนืด(25 °C ; Brookfield , cps)	97
ผลิตโดย	TOA-DOVECHEM INDUSTRIES CO.,LTD.

6. แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ [Magnesium hydroxide : $Mg(OH)_2$] จากบริษัท Fluka

7. บอริก แอซิด (Boric acid : H_3BO_3) จากบริษัท Fluka

ก)

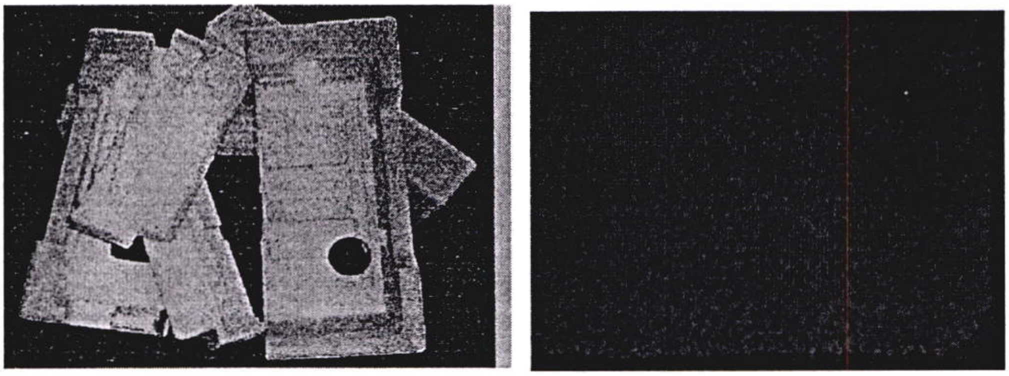
ข)



ค)

ง)

รูปที่ 3.1 ชานอ้อย : ก) ชานอ้อยที่ยังไม่บดย่อย ข) ชานอ้อยที่บดย่อยแล้ว
เส้นใยมะพร้าว: ค) เส้นใยมะพร้าวที่ยังไม่บดย่อย ง) เส้นใยมะพร้าวที่บดย่อยแล้ว



ก) ข)

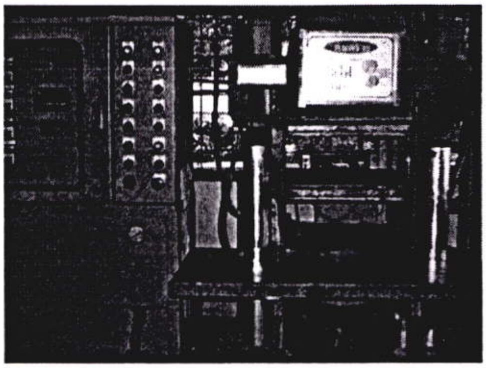
รูปที่ 3.2 พอลิสไตรีนโฟม : ก) พอลิสไตรีนโฟมที่ยังไม่บดย่อย ข) พอลิสไตรีนโฟมที่บดย่อยแล้ว

3.2 ชุดเครื่องมือในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด

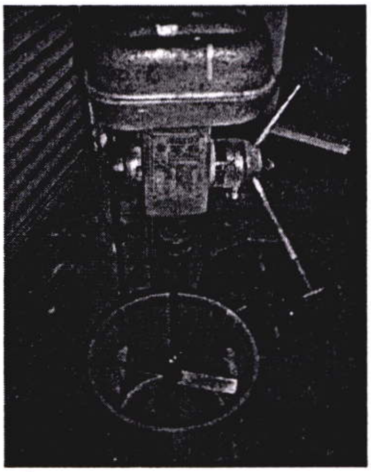
1. เครื่องบดชิ้นไม้ (Grinding machine) : Hammer mill type
2. ตะแกรงร่อน (Sieve machine) : Vivration type of RETSCH
3. เครื่องผสมวัตถุดิบ (Paddle-type blender): Heavy duty drill press,model SE-330 of REXON
4. เครื่องอัดร้อน (Compression machine) : Pressure 1200 psi (pressure unadjustable)
5. ถังผสม (Blending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

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบชิ้นงาน

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



รูปที่ 3.3 เครื่องอัดร้อน (Compression Machine)



รูปที่ 3.4 เครื่องผสมวัตถุดิบ (Paddle-type blender)

3.4 กรรมวิธีการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ [25]

ชานอ้อย (Bagasses ; BG)

นำชานอ้อยที่ได้จากโรงงานน้ำตาลไปตากแดดให้แห้งแล้วทำการบดย่อย โดยเครื่องบดชิ้นไม้ ชานอ้อยที่ได้รับการบดย่อยแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรง ขนาดมากกว่า 20 เมช ตามด้วยตะแกรงขนาด 21-35 เมช ตามลำดับ แล้วนำชานอ้อยที่มีขนาด 21-35 เมช ที่ได้ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งตามน้ำหนักที่ต้องการเพื่อทำการผสมกาวในขั้นตอนต่อไป

เส้นใยมะพร้าว (Coconut Coir ; CC)

นำเส้นใยมะพร้าวที่ได้ทำการบดย่อยโดยเครื่องบดชิ้นไม้ เส้นใยมะพร้าวที่ทำการบดย่อยแล้วนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 21-50 เมช และขนาด 51-80 เมช ตามลำดับ ก็จะได้เส้นใยมะพร้าวขนาดต่างๆ ส่วนเส้นใยมะพร้าวยาว < 20 เมช นั้น เตรียมโดยทำการตัดเส้นใยมะพร้าวด้วยกรรไกรให้มีขนาดยาวประมาณ 1 นิ้ว

จากนั้นนำเส้นใยมะพร้าวทั้ง 3 ขนาด คือ 21-50 เมช 51-80 เมช และเส้นใยมะพร้าวขนาด <20 เมช มาทำการคัดเลือกขนาดเส้นใยมะพร้าวที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นแผ่นชิ้นไม้อัด โดยนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งตามน้ำหนักที่ต้องการเพื่อทำการผสมกาวในขั้นตอนต่อไป

พอลิสไตรีนโฟม (Expanded polystyrene foam ; EPS)

นำพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้แล้วมาทำการบดย่อยให้มีขนาดเล็กลงด้วยเครื่องบด จากนั้นจึงนำพอลิสไตรีนโฟมที่บดแล้วไปชั่งตามน้ำหนักที่ต้องการเพื่อทำการผสมกาวในขั้นตอนต่อไป

3.4.2 การผสมกาว

นำอัตราส่วนต่างๆที่คำนวณได้ของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมที่ชั่งไว้แล้วมาผสมให้เข้ากันในถังผสมแล้วนำเข้าเครื่องผสม โดยค่อยๆ เทกาว ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) หรือฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) ที่ 10% และ 15% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด ทีละน้อยพร้อมกับปั่นกวนสารไปด้วยเพื่อให้กาวกระจายตัวไปบนชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมได้อย่างสม่ำเสมอ ทำการปั่นกวนอย่างต่อเนื่องจนกว่าเทกาวจนหมดจึงจะหยุดเครื่องผสม แล้วจึงนำไปทำการเตรียมอัดแผ่นในขั้นตอนต่อไป

3.4.3 การเตรียมอัดแผ่น

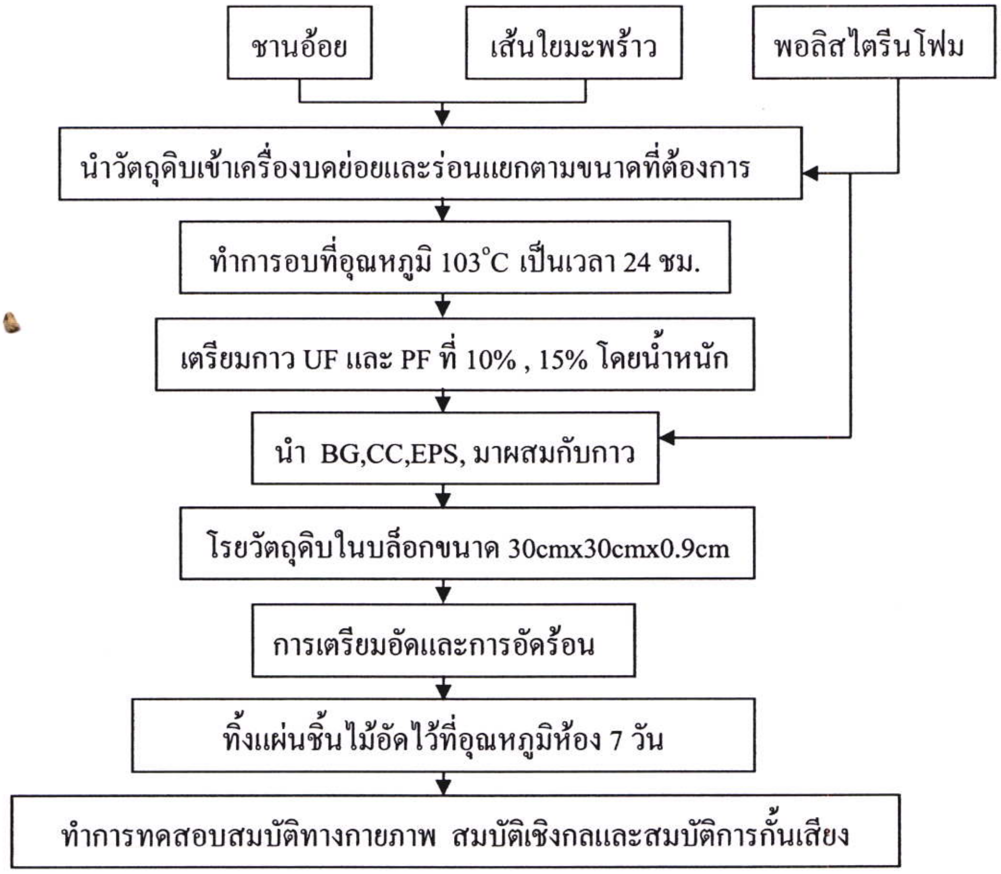
การเตรียมอัดแผ่นเป็นกรรมวิธีการโรยวัตถุดิบดังกล่าวข้างต้นที่ผสมกับสารยึดติด (กาว) แล้วมาโรยใส่ในบล็อก โดยนำแผ่นเหล็กขนาดตามที่จะทำการขึ้นรูปของแผ่นชิ้นไม้อัดวางที่ด้านล่างสุดแล้ววางแผ่น Insulation เพื่อที่จะกันกาวที่ผสมกับวัตถุดิบมาติดที่แผ่นเหล็กด้านล่างตามด้วยเหล็กบล็อกขนาด 30cm x 30cm x 0.9cm ต่อมาทำการโรยวัตถุดิบ การโรยวัตถุดิบนั้นควรโรยปริมาณทีละน้อยๆและกระจายกันทั่วบล็อก ทำการโรยวัตถุดิบจนหมดแล้ววางแผ่น Insulation บนวัตถุดิบอีกชั้นและวางแผ่นเหล็กตามอีกชั้นเป็นชั้นบนสุดแล้วทำการอัดแผ่นเหล็กลงมาเพื่อให้วัตถุดิบทั้งหมดอัดตัวกันที่ระดับหนึ่งเพื่อเป็นการไล่อากาศออกไป แล้วจึงนำไปอัดร้อนในขั้นตอนต่อไป

3.4.4 การอัดร้อน

กระบวนการอัดร้อนนี้เป็นกระบวนการที่สำคัญมากในกระบวนการผลิต จะเป็นการอัดร้อนแบบแท่นอัดร้อนในแนวราบ โดยที่เครื่องอัดร้อนนี้จะมีชุดเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ใช้เป็นเครื่องอัดเพื่อทำการขึ้นรูปแผ่นชิ้นไม้อัด เพื่อให้ได้ขนาดความหนาของแผ่นตามต้องการและในการอัดความร้อนนี้จะทำการควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอัดร้อน โดยที่การอัดร้อนนี้จะใช้อุณหภูมิในการอัดร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ที่ความดัน 84 กก./ตร.ซม. แล้วจึงเอาออกจากเครื่องอัดร้อน นำแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้ออกจากบล็อกเพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆ

3.4.5 การพักชิ้นไม้และการตกแต่ง

โดยแผ่นชิ้นไม้อัดที่นำออกจากเครื่องอัดร้อน ควรนำมาพักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 7 วัน ก่อนจึงค่อยนำไปทำการทดสอบและแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอกันของขอบและที่ขอบอาจจะมีการผสมกันไม่ดีระหว่างกาวและวัตถุดิบ จึงควรทำการตัดทิ้งและตกแต่งเพื่อให้ดูสวยงาม จากนั้นจึงนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการกั้นเสียง จากนั้นทำซ้ำตามข้อ 3.4.2-3.4.5 ตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.1-3.3



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด

3.4.6 การผสมสารต้านทานการลามไฟ

การเตรียมแผ่นชิ้นไม้อัดผสมสารต้านทานการลามไฟ โดยชั่งสารต้านทานการลามไฟตามปริมาณที่กำหนดผสมกับเส้นใยด้วยเครื่องผสม จากนั้นทำซ้ำตามข้อ 3.4.2-3.4.5 ตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.4

3.5 วิธีดำเนินการทดสอบ

การวางแผนในการศึกษาทดสอบ แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน

3.5.1 ศึกษาขนาดเส้นใยมะพร้าวที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด

ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าว (CC) ที่ความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. อุณหภูมิในการอัดร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้กาว 2 ชนิดเป็นสารยึดติด คือ

1. กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) ที่ปริมาณ 15% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด
2. กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) ที่ปริมาณ 15% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด

อัตราส่วนของ เส้นใยมะพร้าว พอลิสไตรีนโฟมและสารยึดติด แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าว [25]

สูตรที่	ขนาด เส้นใยมะพร้าว	อัตราส่วน (wt/wt) CC/EPS(mixed)	ชนิดและปริมาณสารยึดติด	
			%UF	%PF
1	51-80 เมช	85/15	15	-
2	21-50 เมช	85/15	15	-
3	< 20 เมช	85/15	15	-
4	51-80 เมช	85/15	-	15
5	21-50 เมช	85/15	-	15
6	< 20 เมช	85/15	-	15

จากนั้นนำแผ่นชิ้นไม้อัดมาทดสอบแล้วเลือกแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีขนาดเส้นใยมะพร้าวที่ให้สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียงที่เหมาะสมเพื่อทำการทดลองต่อในขั้นตอนที่ 3.5.2 ต่อไป

3.5.2 ศึกษาแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมและไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม

นำเส้นใยมะพร้าวขนาดเหมาะสมในขั้นตอนที่ 3.5.1 มาทำการทดลองในขั้นตอนที่ 3.5.2 โดยผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟม และไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม ที่ความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. อุณหภูมิในการอัดร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้กาว 2 ชนิดเป็นสารยึดติด คือ

1. กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) ที่ปริมาณ 15% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด
2. กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) ที่ปริมาณ 15% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด

จากนั้นนำแผ่นชิ้นไม้อัดมาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียง

อัตราส่วนของชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่อสารช่วยยึดติด แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมและไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม [25]

สูตรที่	อัตราส่วน (wt/wt) BG(21-35 เมช)/CC(21-50 เมช)/EPS(mixed)	ชนิดและปริมาณสารยึดติด	
		%UF	%PF
7	85/0/15	15	-
2	0/85/15	15	-
8	100/0/0	15	-
9	0/100/0	15	-
10	85/0/15	-	15
5	0/85/15	-	15
11	100/0/0	-	15
12	0/100/0	-	15

3.5.3 ศึกษาปริมาณ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด

จากขั้นตอนที่ 3.5.1 นำเส้นใยมะพร้าวขนาดที่เหมาะสมมาทำการทดลองในขั้นตอนที่ 3.5.3 โดยผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากอัตราส่วนต่างๆกันของชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. อุณหภูมิในการอัดร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้กาว 2 ชนิดเป็นสารยึดติด คือ

1. กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) ที่ปริมาณ 15% และ 10% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด
2. กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) ที่ปริมาณ 15% และ 10% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด

อัตราส่วนของชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่อสารช่วยยึดติด แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงอัตราส่วนต่างๆของชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว พอลิสไตรีนโฟม ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด [25]

สูตรที่	**อัตราส่วน (wt/wt)**	**ชนิดและปริมาณสารยึดติด**	
	BG(21-35 เมช)/CC(21-50 เมช)/EPS(mixed)	**%UF**	**%PF**
13	85/0/15	10	-
14	70/15/15	10	-
15	42.5/42.5/15	10	-
16	15/70/15	10	-
17	0/85/15	10	-
7	85/0/15	15	-
18	70/15/15	15	-
19	42.5/42.5/15	15	-
20	15/70/15	15	-
2	0/85/15	15	-
21	85/0/15	-	10
22	70/15/15	-	10
23	42.5/42.5/15	-	10
24	15/70/15	-	10
25	0/85/15	-	10
10	85/0/15	-	15
26	70/15/15	-	15
27	42.5/42.5/15	-	15
28	15/70/15	-	15
5	0/85/15	-	15

จากนั้นนำแผ่นชิ้นไม้อัดมาทำการทดสอบ แล้วเลือกแผ่นชิ้นไม้อัดที่ให้ สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียงที่เหมาะสมเพื่อทำการทดลองในขั้นตอนที่ 3.5.4 ต่อไป

3.5.4 ศึกษาแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

นำสูตรแผ่นชิ้นไม้อัดในขั้นตอนที่ 3.5.3 มาทำการทดลอง ผสมสารต้านทานการลามไฟ 2 ชนิด ได้แก่

1. บอริก แอซิด boric acid (H_3BO_3) ที่ปริมาณ 3%, 6% และ9% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด

2. แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ [Magnesium hydroxide {$Mg(OH)_2$}] ที่ปริมาณ 3%, 6% และ9% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด

และเปรียบเทียบกับแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจาก ชานอ้อย (100/0/0) และ เส้นใยมะพร้าว (0/100/0) ที่ความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. อุณหภูมิในการอัดร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) และ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) ที่ปริมาณ 10% โดยเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด เป็นสารยึดติด จากนั้นนำแผ่นชิ้นไม้อัดมาทำการทดสอบการเผาไหม้ สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียง ส่วนแผ่นกั้นเสียงที่เตรียมจากแผ่นยิปซัม (Gypsum board) และแผ่นพอลิสไตรีนโฟมที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ให้เปรียบเทียบผลเฉพาะการเผาไหม้

อัตราส่วนของชานอ้อย เส้นใยมะพร้าว พอลิสไตรีนโฟม สารต้านทานการลามไฟต่อสารช่วยยึดติด แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงอัตราส่วนการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

สูตรที่	อัตราส่วน BG/CC/EPS		ชนิดและปริมาณสารต้านทานการลามไฟ	
	UF 10%	PF 10%	H_3BO_3	$Mg(OH)_2$
29	100/0/0	-	-	-
30	0/100/0	-	-	-
14	70/15/15	-	-	-
31	70/15/15	-	3%	-
32	70/15/15	-	6%	-
33	70/15/15	-	9%	-
34	70/15/15	-	-	3%
35	70/15/15	-	-	6%
36	70/15/15	-	-	9%
37	-	100/0/0	-	-
38	-	0/100/0	-	-
22	-	70/15/15	-	-
39	-	70/15/15	3%	-
40	-	70/15/15	6%	-

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

สูตรที่	อัตราส่วน BG/CC/EPS		ชนิดและปริมาณสารต้านทานการลามไฟ	
	UF 10%	**PF 10%**	**H_3BO_3**	**$Mg(OH)_2$**
41	-	70/15/15	9%	-
42	-	70/15/15	-	3%
43	-	70/15/15	-	6%
44	-	70/15/15	-	9%

ส่วนแผ่นกั้นเสียงที่เตรียมจากแผ่นยิปซัม (Gypsum board) และแผ่นพอลิสไตรีนโฟมที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ให้เปรียบเทียบผลเฉพาะการเผาไหม้

3.6 วิธีการทดสอบสมบัติของชิ้นงาน

3.6.1 วิธีการทดสอบสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties Test)

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

<u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องชั่งละเอียดถึง 0.01 กรัม
2. ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร
3. เวอร์เนียร์

<u>วิธีการทดสอบ</u>

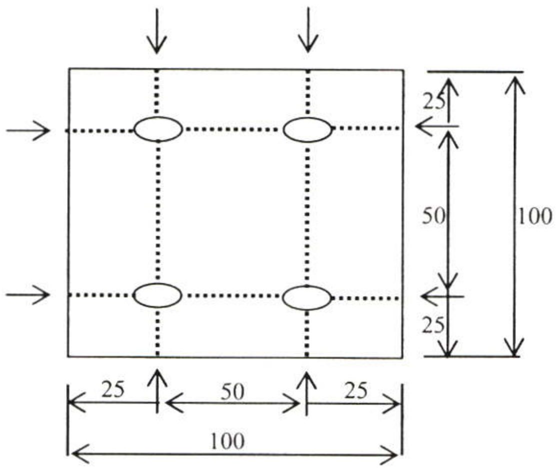
ทดสอบความหนาแน่น โดยตัดแผ่นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 ดังรูปที่ 3.5 วัดความหนาแน่นโดยนำชิ้นทดสอบไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบขนานกับขอบแล้วหาค่าเฉลี่ย วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง โดยใช้ไมโครมิเตอร์เป็นตัววัดแล้วหาค่าเฉลี่ยความหนา

<u>วิธีคำนวณหาค่าความหนาแน่น</u>

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

เมื่อ m_1 = มวล (g)

V = ปริมาตร (cm^3)



รูปที่ 3.6 แสดงตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาวและความหนาของชิ้นทดสอบ (หน่วยมิลลิเมตร)

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

เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งละเอียดถึง 0.01 กรัม

วิธีการทดสอบ

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

วิธีคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ

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

เมื่อ W_1 = น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (g)

W_2 = น้ำหนักหลังแช่น้ำ (g)

- **การพองตัวทางความหนา (Thickness Swelling)** (JIS A 5908-1994)

เครื่องมือ

1. ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

วิธีการทดสอบ

ทดสอบหาค่าการพองตัวทางความหนา ตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 วัดความหนาของชิ้นทดสอบทั้ง 4 มุมแล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำด้วยไมโครมิเตอร์แล้วจึงนำไปแช่น้ำในภาชนะที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยวางชิ้นทดสอบในระนาบ

เดียวกับระดับผิวน้ำและขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องวางห่างกันและต้องห่างผนังของภาชนะพอสมควร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้วจึงนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำและนำไปวัดความหนาตามตำแหน่งเดิมหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

วิธีคำนวณหาค่าการพองตัวทางความหนา

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

เมื่อ t_1 = ความหนาก่อนแช่น้ำ (mm)

t_2 = ความหนาหลังแช่น้ำ (mm)

3.6.2 วิธีการทดสอบสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties Test)

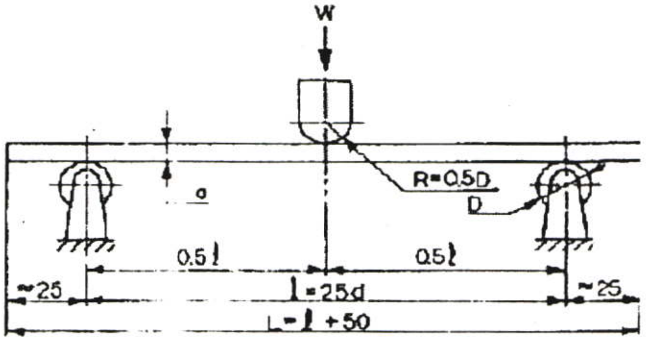
- **การหาค่ามอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Rupture, MOR and Modulus of Elastic, MOE)** (JIS A 5908-1994)

เครื่องมือ

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

วิธีการทดสอบ

ทดสอบหามอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่นดังรูปที่ 3.6 ตัดแผ่นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับ ซึ่งมีระยะห่าง 15 เท่าของความหนาของชิ้นทดสอบ ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากแท่นรองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร เท่าๆ กัน ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยให้กดแรงลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ โดยอัตราแรงกดอย่างสม่ำเสมอประมาณ 10 mm/min แรงที่ใช้กดสูงสุด = P



รูปที่ 3.7 การทดสอบหามอดุลัสแตกร้าวและมอดุลัสยืดหยุ่น

<u>วิธีคำนวณหาค่ามอดุลัสแตกร้าว</u>

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

เมื่อ MOR = มอดุลัสแตกร้าว เป็นเมกะพาสคัล

P = แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

L = ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b = ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

t = ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

<u>วิธีคำนวณหาค่ามอดุลัสยืดหยุ่น</u>

$$MOE = L^3 \triangle w / 4bt^3 \triangle S$$

เมื่อ MOE = มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

L = ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

$\triangle w$ = แรงกดที่กระทำเพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นนิวตัน

$\triangle S$ = ระยะแอ่นตัวของชิ้นไม้ที่เพิ่มขึ้นในช่วงเส้นกราฟเป็นเส้นตรง เป็นมิลลิเมตร

b = ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

t = ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

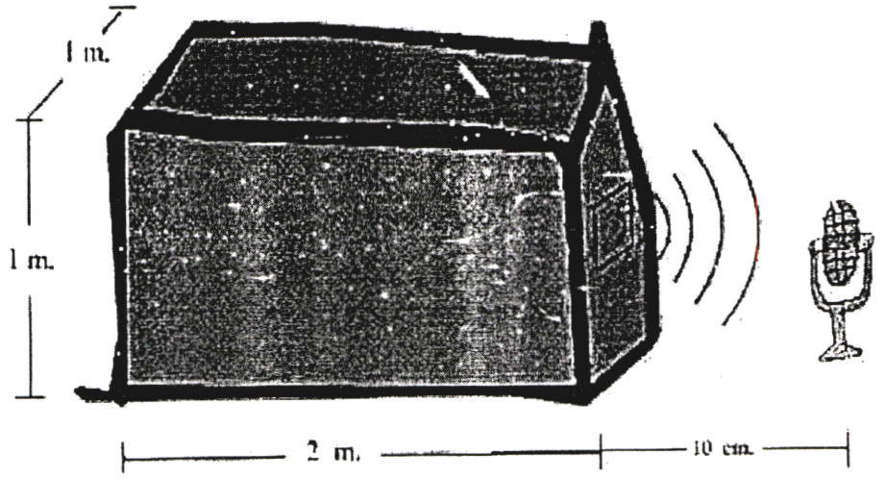
3.6.3 วิธีการทดสอบสมบัติการกั้นเสียง (Sound Barrier Properties Test)

<u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องมือวัดระดับความดันเสียง
2. เครื่องกำเนิดเสียงที่สามารถปรับความถี่ได้
3. กล่องเก็บเสียงขนาด 1x1x2 m^3

<u>วิธีการทดสอบ</u>

1. วางเครื่องกำเนิดเสียงภายในกล่องเก็บเสียงที่มีช่องเปิดเพียงทางเดียวให้เสียงผ่านออกมาได้
2. วางเครื่องวัดระดับความดันเสียงห่างจากช่องเปิดให้เสียงผ่านเป็นระยะ 10 เซนติเมตร
3. ทำการวัดระดับความดันเสียงที่ความถี่ 250 เฮิร์ตซ โดยไม่มีวัสดุใดปิดกั้นทางเดินเสียง จดบันทึก
4. นำแผ่นชิ้นไม้อัดวางกั้นทางเดินเสียงที่ช่องเปิดของกล่องเก็บเสียง
5. ทำการอ่านค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดระดับความดันเสียงที่ระยะ 10 เซนติเมตร จดบันทึก
6. ทำซ้ำจากข้อ 2-5 แต่เปลี่ยนความถี่ของเครื่องกำเนิดเสียงเป็น 250, 500, 1000, 2000 และ 4000 เฮิร์ตซ ตามลำดับ



รูปที่ 3.8 แสดงการจัดวางเครื่องกำเนิดเสียง เครื่องวัดระดับความดันเสียงและแผ่นชิ้นไม้อัด

วิธีคำนวณหาค่าการกั้นเสียง

$$\% \text{ การกั้นเสียง} = [(A_O - A_1)/A_O] \times 100$$

เมื่อ A_O = ระดับความดันเสียงที่ไม่มีแผ่นชิ้นไม้อัดกั้น

A_1 = ระดับความดันเสียงที่มีแผ่นชิ้นไม้อัดกั้น

3.6.4 วิธีการทดสอบการเผาไหม้ (Burning Test) (ASTM D 635)

เครื่องมือ

1. Enclosed laboratory hood
2. ถังแก๊ส
3. ตะเกียงบุนเสน
4. นาฬิกาจับเวลา

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมตัวอย่างมีขนาด 13X125X9 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้นทดสอบต่อ 1 ตัวอย่าง แล้ววัดความยาวจากส่วนปลายของชิ้นทดสอบด้านใดด้านหนึ่งให้ได้ความยาว 25 มิลลิเมตร ทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งที่ 1 จากนั้นวัดต่อไปอีกแสดงเครื่องหมาย 100 มิลลิเมตร เป็นตำแหน่งที่ 2 ตามรูปที่ 3.8

2. เปิดวาล์วที่ถังแก๊ส รอสักครู่ให้แก๊สไหลเข้าเครื่องแล้วจุดตะเกียงด้วยอุปกรณ์จุดไฟ

3. ปรับเปลวไฟให้มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ คือ ให้เปลวไฟเป็นสีน้ำเงิน

4. นำตัวจับ (clamp) จับแท่งชิ้นไม้อัดกั้นเสียงในแนวราบขนานกับพื้น

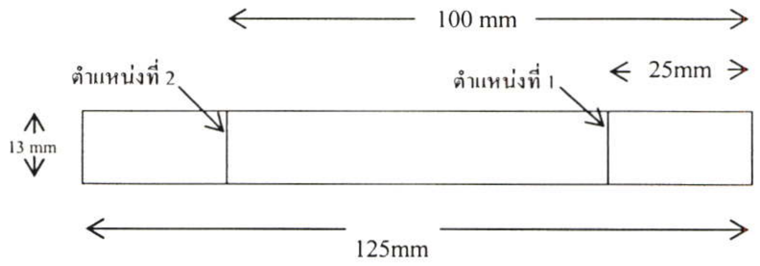
5. นำตะเกียงบุนเสนวางอยู่บริเวณด้านล่างของแท่งชิ้นไม้อัดกั้นเสียงอีกด้านหนึ่ง โดยให้ตะเกียงบุนเสนเอียงทำมุม 45° กับแนวราบ

6. ปรับตำแหน่งของตัวอย่างให้เหมาะสม แล้วเลื่อนตะเกียงเข้าหาตัวอย่างเป็นเวลา 30 วินาที แล้วดึงตะเกียงออก โดยขณะเผาไม่ต้องเปิด Exhaust Fan และต้องปิดบานกระจกทุกครั้ง

7. บันทึกเวลาหลังจากดึงเปลวไฟออกจากตัวอย่างจนกระทั่งไฟดับ หากดึงเปลวไฟออกมาแล้วดับทันทีให้บันทึกเวลาเป็น 0 วินาที หรือรายงานว่าอยู่ในระดับ " ไม่เกิดการเผาไหม้ "

8. หากขณะเผามีเปลวไฟลามเลยขีดตำแหน่งที่ 1 ก่อนเวลา 30 วินาที หรือหลังเวลา 30 วินาที ให้จับเวลาใหม่ที่ตำแหน่งที่ 1 จนกระทั่งเปลวไฟดับลง หรือถึงตำแหน่งที่ 2 ถ้าตัวอย่างติดไฟเพียงครึ่งทางแล้วหยุดให้รายงานว่าอยู่ในระดับ " สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง " แต่ถ้าตัวอย่างติดไฟต้องวัดอัตราของการเกิดเปลวไฟในหน่วย มิลลิเมตรต่อนาทีและรายงานผลเป็น " อัตราการเผาไหม้ "

<u>วิธีการคำนวณอัตราการเผาไหม้</u>



รูปที่ 3.9 แสดงขนาดแท่งชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้ในการทดสอบการเผาไหม้

อัตราการเผาไหม้ (Rate of Burning) = 60L/t (mm/min)

เมื่อ L = ระยะตัวอย่างที่ถูกเผาไหม้จากตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 2

t = เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ตัวอย่างจากตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 2

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

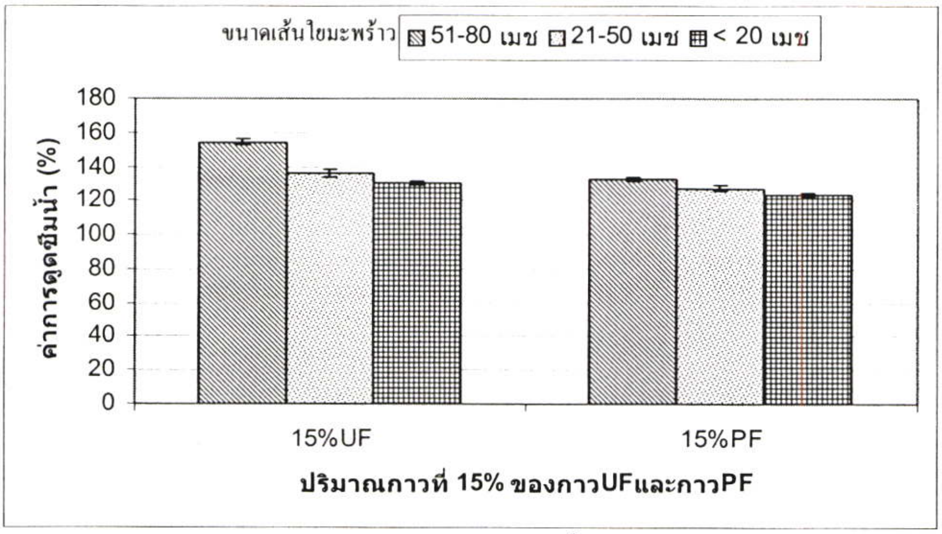
4.1 ผลของขนาดเส้นใยมะพร้าวที่มีต่อสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด

ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวที่ความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. โดยอัตราส่วนการผลิตเป็นไปตามตารางที่ 3.1 ซึ่งอุณหภูมิในการอัดร้อนที่ใช้ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ผลการทดลองสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียง แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าว

สมบัติ	1	2	3	4	5	6
	51-80 เมช	21-50 เมช	< 20 เมช	51-80 เมช	21-50 เมช	< 20 เมช
	15% UF	15% UF	15% UF	15% PF	15% PF	15% PF
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	0.31	0.30	0.31	0.31	0.30	0.31
มอดุลัสแตกร้าว MOR (MPa)	1.87	2.83	2.83	2.05	2.94	3.04
มอดุลัสยืดหยุ่น MOE (MPa)	103.39	148.61	150.63	136.08	157.46	157.53
การดูดซึมน้ำ 24ชม. (%)	154.40	136.21	130.51	132.91	127.62	123.63
การพองตัวทางความหนา 24ชม.(%)	4.31	2.82	2.47	3.08	2.34	2.01
การกั้นเสียง (%)						
250 Hz	1.78	1.74	1.79	1.87	2.10	1.96
500 Hz	2.92	3.54	3.00	3.95	5.34	4.94
1000 Hz	7.21	7.35	7.21	8.81	8.94	8.73
2000 Hz	9.99	10.12	9.86	12.61	12.72	12.63
4000 Hz	11.53	11.89	11.61	14.53	14.76	14.62

4.1.1 ผลของการดูดซึมน้ำ



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ (%) กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน

ผลของขนาดเส้นใยมะพร้าวที่มีต่อการดูดซึมน้ำของแผ่นชิ้นไม้อัด แสดงดังรูปที่ 4.1 เมื่อพิจารณาสารยึดติดชนิดเดียวกันแต่มีขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวขนาด 51-80 เมช มีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวขนาด 21-50 เมช และขนาด < 20 เมช ตามลำดับ เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวมีองค์ประกอบของเซลลูโลสที่มีหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งเป็นหมู่ที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่งผลให้เส้นใยมะพร้าวดูดซึมน้ำได้ ดังนั้น เส้นใยมะพร้าว 51-80 เมช ที่มีขนาดเล็กมีพื้นผิวสัมผัสของเส้นใยกับน้ำมากกว่า จึงทำให้ดูดซึมน้ำได้ดีกว่าเส้นใยมะพร้าวขนาด 21-50 เมช และขนาด < 20 เมช ตามลำดับ

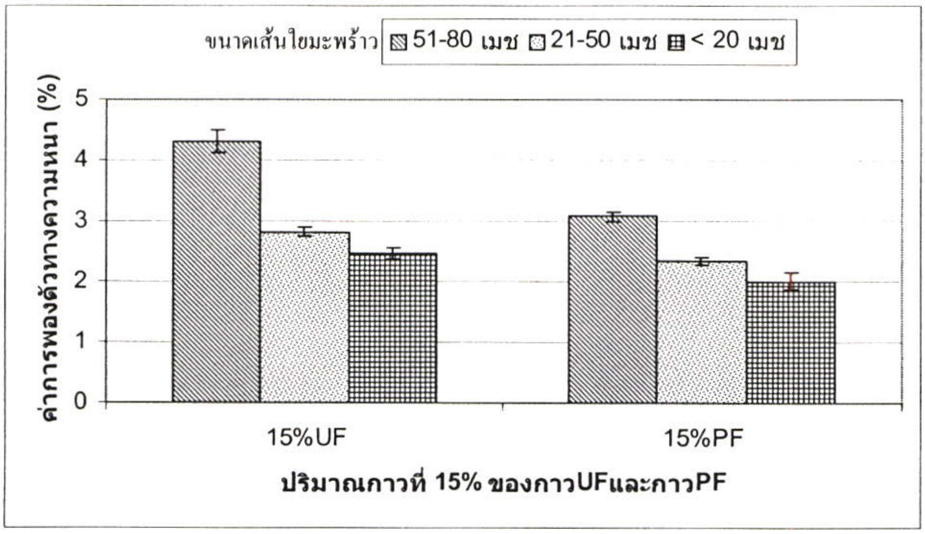
และเมื่อพิจารณาขนาดเส้นใยมะพร้าวขนาดเดียวกัน แต่สารยึดติดต่างชนิดกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติดมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เพราะว่า กาวทั้งสองชนิดนี้มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ แต่อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มักเกิดเรโซแนนซ์กับวงเบนซีนภายในตัวเองมากกว่าไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่วนกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของไนโตรเจนที่ชอบสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำมากกว่า จึงสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่า

นอกจากนี้ methylene bridge (-N-CH_2-) ที่เกิดจาก methylol groups (-N-CH_2OH) ของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์สามารถทำปฏิกิริยากับ primary hydroxyl groups (-CH_2-OH) ของเซลลูโลสในเส้นใย ซึ่งตำแหน่ง ไนโตรเจน-คาร์บอน (-N-C) ของหมู่อะมิโนใน methylene bridge ของกาว

ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์จะไฮโดรไลซิสด้วยน้ำได้ง่ายกว่า methylene bridge (-C-CH_2-) ของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตำแหน่ง คาร์บอน-คาร์บอน (-C-C-) ของหมู่ฟีนอล ซึ่งมีความแข็งแรงกว่า

ดังนั้นจากเหตุผลทั้งสอง ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าการใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ โดยไม่ขึ้นกับขนาดเส้นใยมะพร้าว

4.1.2 ผลของการพองตัวทางความหนา



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการการพองตัวทางความหนา (%) กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน

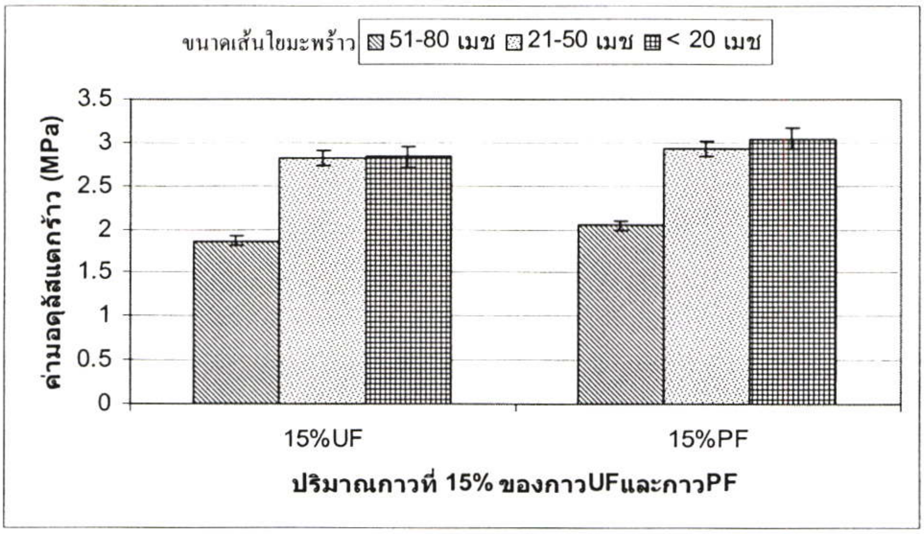
เมื่อนำแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวขนาดต่างๆมาแช่น้ำ ผลที่ได้จากรูปที่ 4.2 เมื่อพิจารณาสารยึดติดชนิดเดียวกันแต่มีขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวขนาด 51-80 เมช มีค่าการพองตัวทางความหนาสูงที่สุด รองลงมาเป็นเส้นใยมะพร้าวขนาด 21-50 เมช และเส้นใยมะพร้าวขนาด < 20 เมช มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำที่สุด เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวมีองค์ประกอบของเซลลูโลสที่มีหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งเป็นหมู่ที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ส่งผลให้เส้นใยมะพร้าวดูดซึมน้ำได้ ดังนั้นเส้นใยมะพร้าว 51-80 เมช ที่มีขนาดเล็กมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากจึงดูดซึมน้ำได้ดี ทำให้มีค่าการพองตัวทางความหนาสูงที่สุด หรือกล่าวได้ว่า เมื่อขนาดเส้นใยมะพร้าวที่มีขนาดเล็กลงมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้นค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นซึ่งทำให้ค่าการพองตัวทางความหนาเพิ่มขึ้นด้วย

และเมื่อพิจารณาเส้นใยมะพร้าวขนาดเดียวกัน แต่สารยึดติดต่างชนิดกัน พบว่า พันธะที่เกิดขึ้นระหว่างกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์กับเซลลูโลสของเส้นใยมะพร้าวมีความแข็งแรงมากกว่าพันธะของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ดังนั้นแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์จึงดูดซึมน้ำ

น้อยกว่าทำให้ค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ หรืออธิบายผลได้ในทำนองเดียวกับหัวข้อ 4.1.1

ดังนั้นสรุปได้ว่า ค่าการดูดซึมน้ำมีความสัมพันธ์กับค่าการพองตัวทางความหนา คือ แผ่นชิ้นไม้อัดที่ดูดซึมน้ำได้ดีจะมีค่าการพองตัวทางความหนาที่สูง

4.1.3 ผลของค่ามอดุลัสแตกร้าว



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน

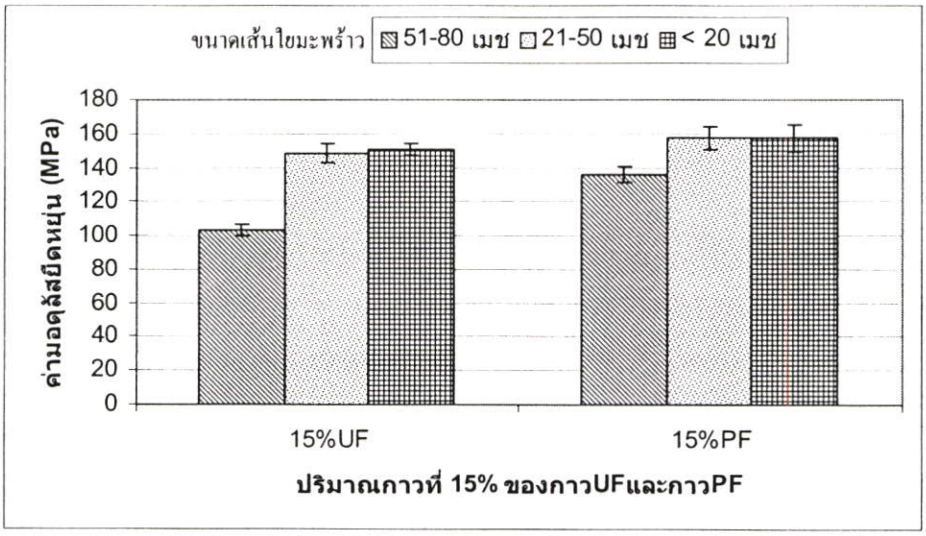
จากทฤษฎี เส้นใยที่มีสัดส่วนความเพรียว (aspect ratio) ที่สูงกว่า เมื่อนำมาผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดจะสามารถรับแรงกดอัดและกระจายแรงได้ดีกว่า นั่นคือ มีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าเส้นใยที่มีสัดส่วนความเพรียวต่ำ

จากรูปที่ 4.3 เมื่อพิจารณาสารยึดติดชนิดเดียวกัน แต่มีขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวขนาด < 20 เมช ให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากเส้นใยมะพร้าวขนาด 21-50 เมช เนื่องจาก เส้นใยมะพร้าวที่มีขนาด < 20 เมช เกิดการเกี่ยวพันกัน ทำให้การกระจายตัวของกาวในขั้นตอนผสมไม่ดี เส้นใยจับรวมกันเป็นก้อน ทำให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวใกล้เคียงกับแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวขนาด 21-50 เมช ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวขนาด 51-80 เมช มีค่ามอดุลัสต่ำที่สุด เพราะ มีสัดส่วนความเพรียวของเส้นใยต่ำสุด

และเมื่อพิจารณาเส้นใยมะพร้าวที่มีขนาดเดียวกัน แต่สารยึดติดต่างชนิดกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติดให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ แสดงว่า พันธะที่เกิดจากกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีความแข็งแรงกว่าพันธะ

ของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ดังนั้น แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์สามารถรับแรงกดอัดและกระจายแรงได้ดีกว่า ค่ามอดุลัสแตกร้าวจึงสูงกว่า

4.1.4 ผลของค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

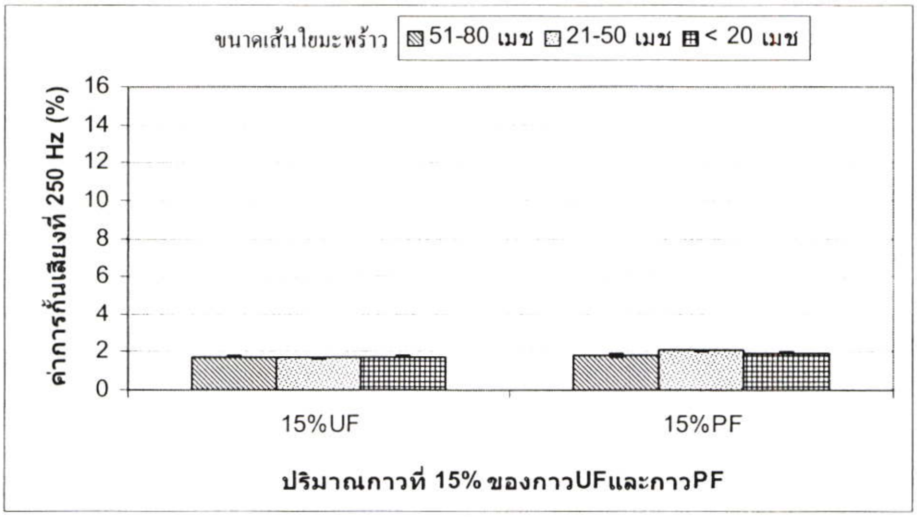


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน

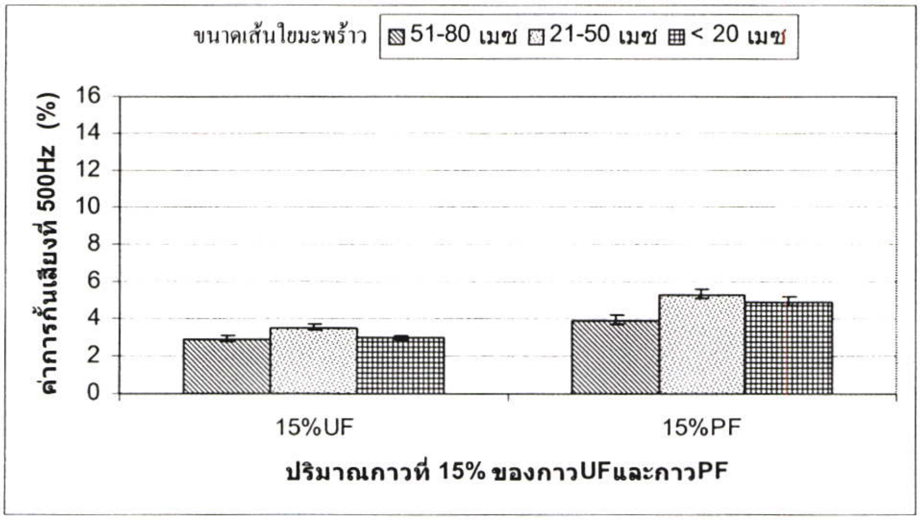
ผลของขนาดเส้นใยมะพร้าวที่มีต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชิ้นไม้อัด แสดงดังรูปที่ 4.4 พบว่า ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่ามอดุลัสแตกร้าว คือ แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวขนาด < 20 เมช มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเส้นใยมะพร้าวขนาด 21-50 เมช และแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวขนาด 51-80 เมช มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุด เหตุผลที่เป็นเช่นนี้อธิบายได้เช่นเดียวกับหัวข้อ 4.1.3

และเมื่อพิจารณาเส้นใยมะพร้าวที่มีขนาดเดียวกัน แต่สารยึดติดต่างชนิดกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติดให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เล็กน้อย

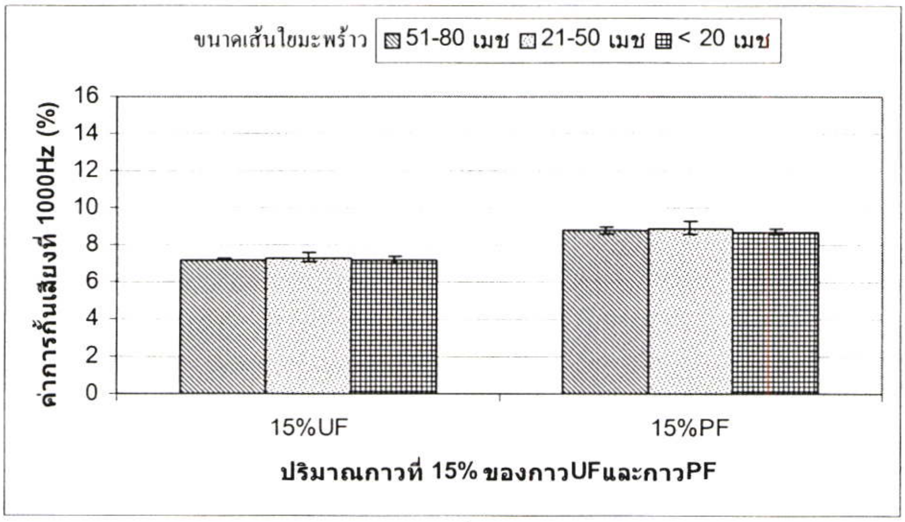
4.1.5 ผลของการกั้นเสียง



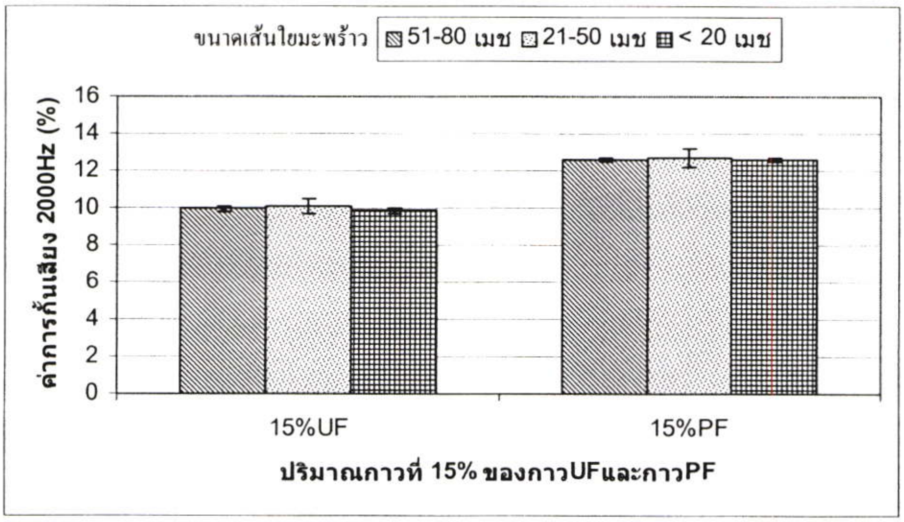
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 250 เฮิร์ตซ กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน



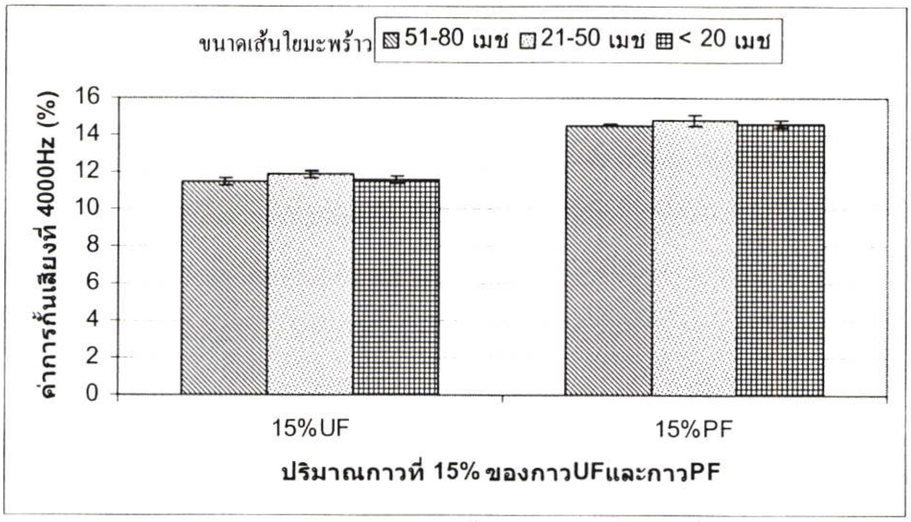
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 500 เฮิร์ตซ กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 1000 เฮิร์ตซ กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 2000 เฮิร์ตซ กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 4000 เฮิร์ตซ กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% โดยใช้ขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน

จากรูปที่ 4.5-4.9 เมื่อพิจารณาสารยึดติดชนิดเดียวกัน แต่มีขนาดเส้นใยมะพร้าวต่างกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวขนาด < 20 เมช 21-50 เมช และ51-80 เมช ที่ความหนาแน่น 0.3 g/cm^3 เท่ากัน ในอัตราส่วนของเส้นใยมะพร้าวต่อพอลิสไตรีนโฟมที่ 85/15 และที่ปริมาณกาว 15% เท่ากันด้วย พบว่า มีค่าการกั้นเสียงใกล้เคียงกัน ดังนั้นสรุปได้ว่า ค่าการกั้นเสียงไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นใยมะพร้าวที่ศึกษา

และเมื่อพิจารณาเส้นใยมะพร้าวที่มีขนาดเดียวกัน แต่สารยึดติดต่างชนิดกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าการกั้นเสียงสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่เป็นเช่นนี้เพราะ methylene bridge ของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีความแข็งแรงของพันธะสูงกว่า methylene bridge ของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ดังนั้น พลังงานคลื่นเสียงที่ตกกระทบบนแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ จะมีการสูญเสียพลังงานที่ใช้ทำให้ผิวหน้าของผนังรูพรุนและโมเลกุลของอากาศในรูพรุนเกิดการสั่นตัว[18-22] มากกว่า ทำให้พลังงานคลื่นเสียงที่ทะลุผ่านแผ่นออกมามีค่าน้อย แสดงว่า แผ่นมีสมบัติการกั้นเสียงที่ดี

โดยแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงมีค่าการกั้นเสียงเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองข้างต้น ในการทดลองนี้จึงเลือกใช้เส้นใยมะพร้าวขนาด 21-50 เมช เพราะเตรียมได้ง่ายกว่าการตัดเส้นใยมะพร้าวให้มีขนาด < 20 เมช และให้ผลของค่าสมบัติเชิงกลและค่าการกั้นเสียงใกล้เคียงกัน ส่วนเส้นใยมะพร้าวขนาด 51-80 เมช มีสมบัติต่างๆต่ำกว่าจึงไม่เลือกมาทำการศึกษาต่อ

4.2 ผลของการผสมพอลิสไตรีนโฟมและไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่มีต่อสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด

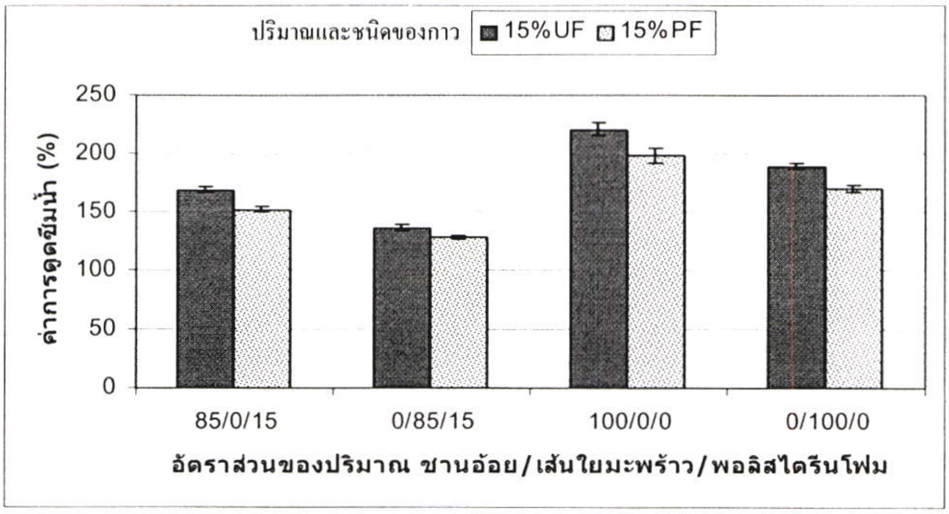
ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีพอลิสไตรีนโฟมและไม่มีพอลิสไตรีนโฟม ที่ความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. โดยอัตราส่วนการผลิตเป็นไปตามตารางที่ 3.2 ซึ่งอุณหภูมิในการอัดร้อนที่ใช้ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากผลการทดลองสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมและไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม

สมบัติ	7	2	8	9	10	5	11	12
	85/0/15	0/85/15	100/0/0	0/100/0	85/0/15	0/85/15	100/0/0	0/100/0
	15% UF	15% UF	15% UF	15% UF	15% PF	15% PF	15% PF	15% PF
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	0.30	0.30	0.31	0.31	0.32	0.30	0.31	0.31
มอดุลัสแตกร้าว MOR (MPa)	2.13	2.83	0.85	1.30	2.48	2.94	1.76	2.15
มอดุลัสยืดหยุ่น MOE (MPa)	187.38	148.61	95.38	65.95	201.35	157.46	151.35	120.21
การดูดซึมน้ำ 24 ชม. (%)	169.46	136.21	221.08	189.79	151.84	127.62	198.37	169.91
การพองตัวทางความหนา 24 ชม. (%)	5.65	2.82	10.94	8.48	5.40	2.34	7.93	5.76
การกั้นเสียง (%) 250 Hz	2.99	1.74	1.31	1.12	3.66	2.10	2.82	2.40
500 Hz	6.36	3.54	3.13	2.55	8.49	5.34	4.74	2.60
1000 Hz	11.54	7.35	6.55	3.56	12.89	8.94	7.84	3.71
2000 Hz	17.05	10.12	8.46	4.62	19.58	12.72	9.23	5.96
4000 Hz	19.23	11.89	10.74	6.56	21.28	14.76	12.58	7.75

หมายเหตุ 85/0/15 = ชานอ้อย/เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม

4.2.1 ผลของการดูดซึมน้ำ



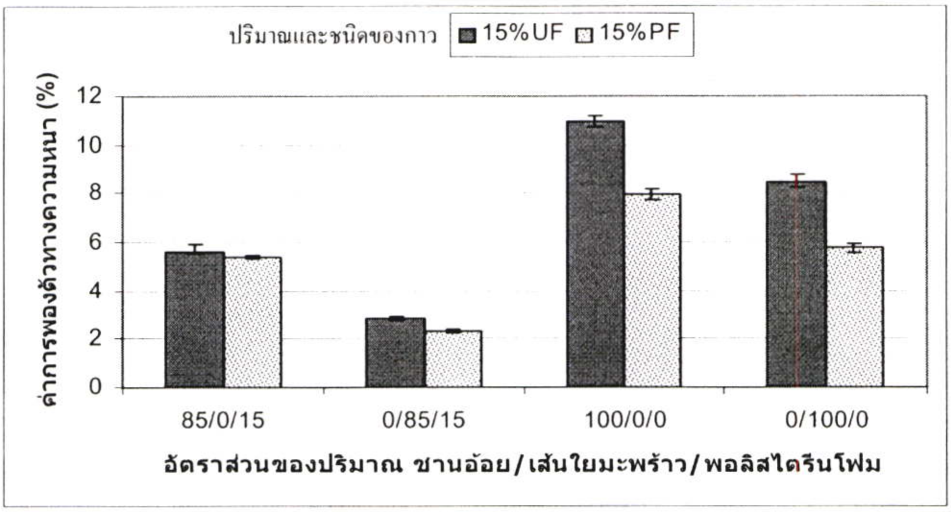
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%

จากรูปที่ 4.10 เมื่อพิจารณาสารยึดติดชนิดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่เตรียมจากชานอ้อยหรือเส้นใยมะพร้าวเมื่อไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟมมีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟม เนื่องจาก ชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวมีองค์ประกอบหลักเป็นเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่ที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ทำให้เส้นใยทั้งสองชนิดดูดซึมน้ำได้ดี ในทางตรงกันข้าม พอลิสไตรีนโฟมเป็นพอลิเมอร์ไฮโดรคาร์บอนซึ่งไม่ดูดซึมน้ำ ดังนั้น แผ่นชิ้นไม้อัดที่เตรียมจากชานอ้อยหรือเส้นใยมะพร้าวมากกว่าจะมีสมบัติการดูดซึมน้ำได้มากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบเส้นใยมะพร้าวกับชานอ้อย ที่สารยึดติดชนิดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากเส้นใยมะพร้าวมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากชานอ้อย เนื่องจาก เส้นใยมะพร้าวมีปริมาณรวมของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสต่ำกว่าชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวยังมีปริมาณลิกนินสูง จึงทำให้ดูดซึมน้ำได้น้อยกว่า [4,10] ส่วนกรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่เตรียมจากชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวโดยไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟมให้ผลทำนองเดียวกัน

และเมื่อพิจารณาสารยึดติดต่างชนิดกันในแต่ละอัตราส่วน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

4.2.2 ผลของการพองตัวทางความหนา



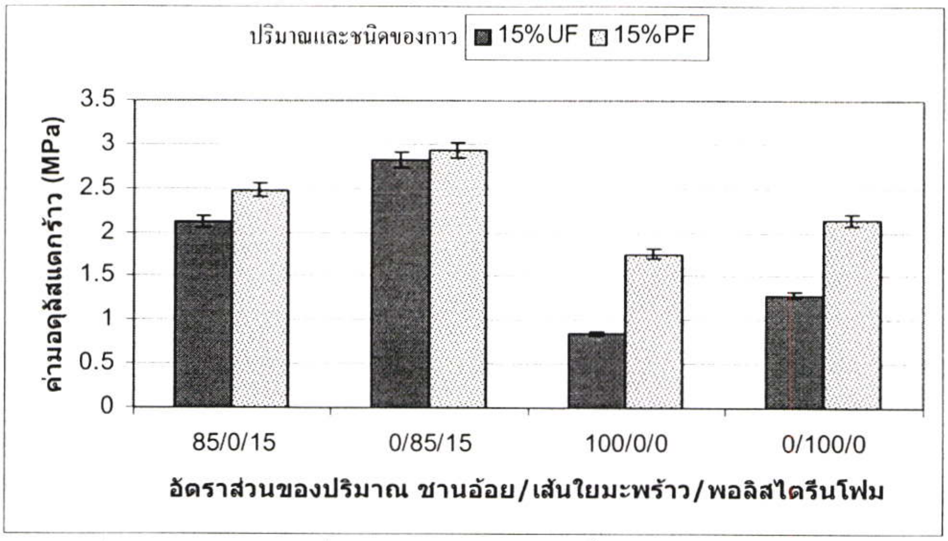
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัวทางความหนา (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%

จากรูปที่ 4.11 เมื่อพิจารณาสารยึดติดชนิดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่เตรียมจากชานอ้อยหรือเส้นใยมะพร้าวเมื่อไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟมมีค่าการพองตัวทางความหนาสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟม เนื่องจาก ชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวมีองค์ประกอบหลักเป็นเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่ที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ทำให้เส้นใยทั้งสองชนิดดูดซึมน้ำได้ดี ส่งผลให้ค่าการพองตัวทางความหนาสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม พอลิสไตรีนโฟมเป็นพอลิเมอร์ไฮโดรคาร์บอนซึ่งไม่ดูดซึมน้ำ ดังนั้น แผ่นชิ้นไม้อัดที่เตรียมจากชานอ้อยหรือเส้นใยมะพร้าวมากกว่าจึงมีค่าการพองตัวทางความหนามากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบเส้นใยมะพร้าวกับชานอ้อย ที่สารยึดติดชนิดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากเส้นใยมะพร้าว มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากชานอ้อย เนื่องจาก เส้นใยมะพร้าวมีปริมาณรวมของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสต่ำกว่าชานอ้อย และเส้นใยมะพร้าวยังมีปริมาณลิกนินสูงจึงทำให้ดูดซึมน้ำได้น้อยกว่า[4,10] ส่งผลให้ค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่า ส่วนกรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่เตรียมจากชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวโดยไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟมให้ผลทำนองเดียวกัน

และเมื่อพิจารณาสารยึดติดต่างชนิดกันในแต่ละอัตราส่วน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

4.2.3 ผลของค่ามอดุลัสแตกร้าว



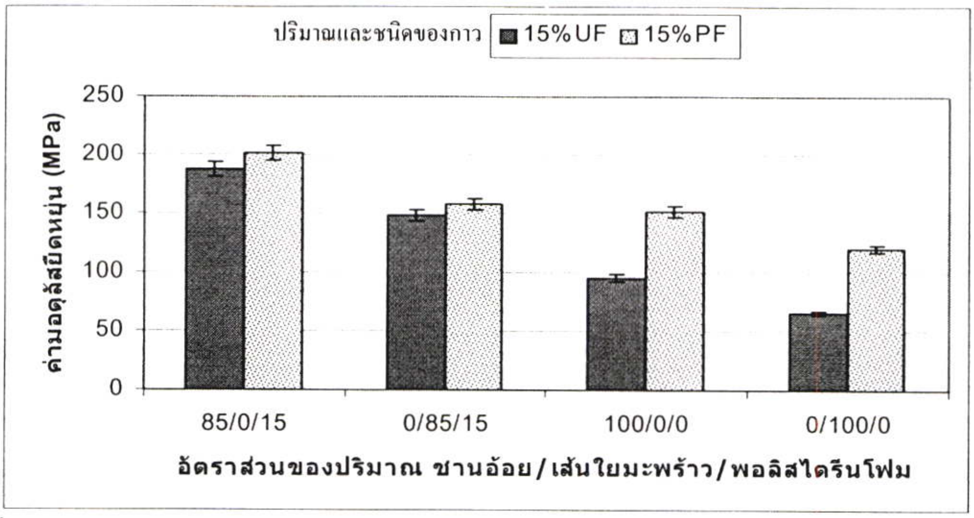
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%

จากรูปที่ 4.12 เมื่อพิจารณาสารยึดติดชนิดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่เตรียมจากชานอ้อยหรือเส้นใยมะพร้าวที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมมีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม เนื่องจาก พอลิสไตรีนโฟมทำให้เส้นใยไม่เกิดการเกี่ยวพันกันหรือจับตัวเป็นกลุ่มก้อนในขั้นตอนผสมกาว[25] พอลิสไตรีนโฟมที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยบางส่วนอาจเกิดการหลอมละลายขณะอัดร้อนซึ่งช่วยเพิ่มความแข็งแรงระหว่างเส้นใย นอกจากนี้การผสมพอลิสไตรีนโฟมเท่ากับเป็นการลดปริมาณเส้นใยในแผ่นชิ้นไม้อัดลง ทำให้กาวสัมผัสเส้นใยได้มากขึ้นเกิดพันธะเชื่อมโยงได้ดี ดังนั้น แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่จึงมีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่า

เมื่อเปรียบเทียบเส้นใยมะพร้าวกับชานอ้อยที่สารยึดติดชนิดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากเส้นใยมะพร้าวมีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากชานอ้อย เนื่องจาก เส้นใยมะพร้าวมีสัดส่วนความเพรียวมากกว่าชานอ้อยจึงสามารถรับแรงกดอัดและกระจายแรงได้ดี ทำให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่า ส่วนกรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่เตรียมจากชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวโดยไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟมให้ผลทำนองเดียวกัน

และเมื่อพิจารณาสารยึดติดต่างชนิดกันในแต่ละอัตราส่วน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ แสดงว่า พันธะที่เกิดจากกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีความแข็งแรง สามารถรับแรงกดอัดและกระจายแรงได้ดีกว่าพันธะที่เกิดจากกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

4.2.4 ผลของค่ามอดุลัสยืดหยุ่น



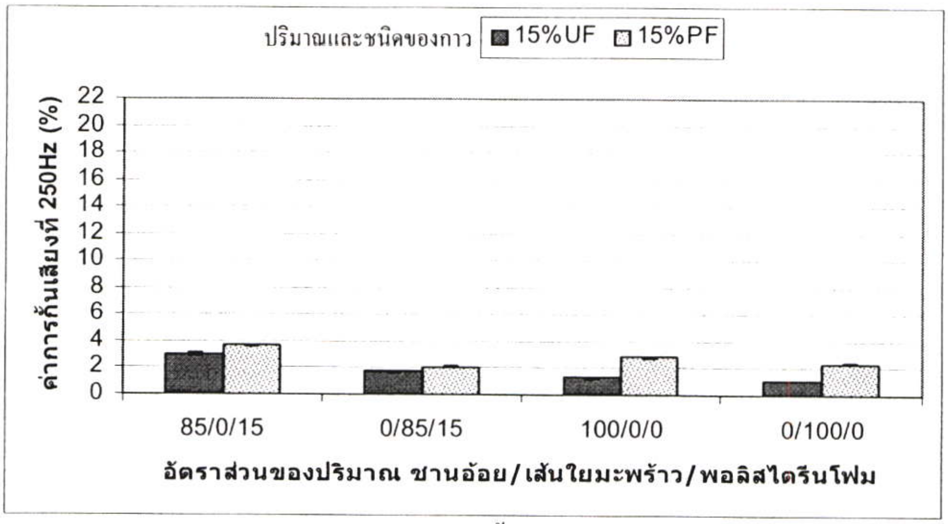
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%

จากรูปที่ 4.13 เมื่อพิจารณาสารยึดติดชนิดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่เตรียมจากชานอ้อยหรือเส้นใยมะพร้าวที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม เนื่องจาก พอลิสไตรีนโฟมแทรกอยู่ระหว่างเส้นใย ทำให้เส้นใยไม่เกิดการพันเกี่ยวกันหรือจับตัวเป็นกลุ่มก้อนในขั้นตอนผสมกาว นอกจากนี้พอลิสไตรีนโฟมมีความอ่อนตัวยืดหยุ่น ซึ่งช่วยรับแรงกดอัดและกระจายแรงได้ดีกว่า ดังนั้น แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่จึงมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่า

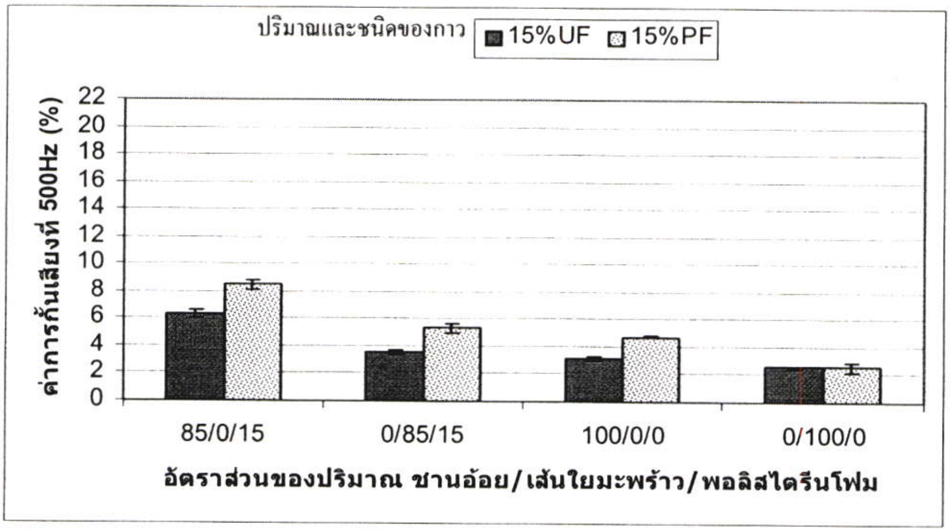
เมื่อเปรียบเทียบเส้นใยมะพร้าวกับชานอ้อยที่สารยึดติดชนิดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากเส้นใยมะพร้าวมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากชานอ้อย เนื่องจาก เส้นใยมะพร้าวมีปริมาณลิกนินสูงทำให้เส้นใยมีคุณสมบัติ แข็ง เปราะ ไม่มีความยืดหยุ่น ส่งผลให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดลง ส่วนกรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่เตรียมจากชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวโดยไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟมให้ผลทำนองเดียวกัน

และเมื่อพิจารณาสารยึดติดต่างชนิดกันในแต่ละอัตราส่วน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ แสดงว่า พันธะที่เกิดจากกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีความแข็งแรง สามารถรับแรงกดอัดและกระจายแรงได้ดีกว่าพันธะที่เกิดจากกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

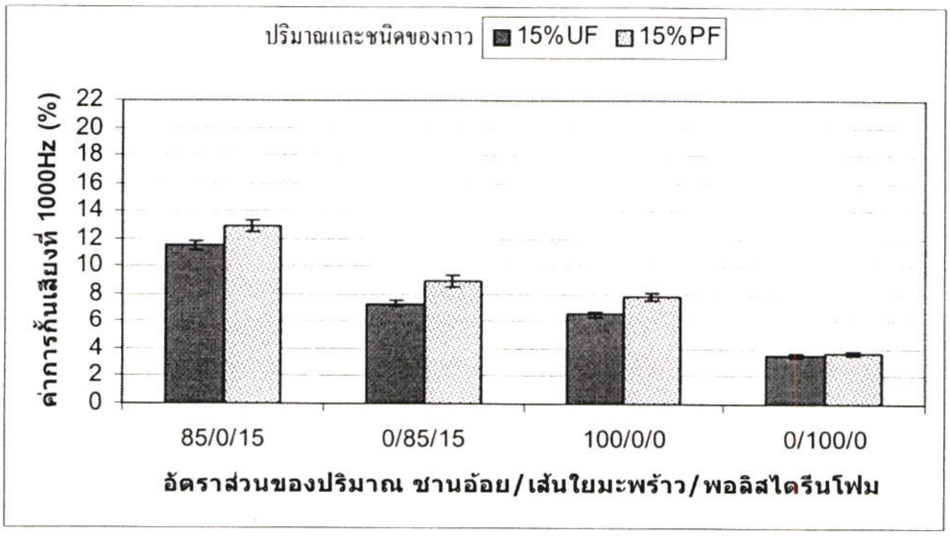
4.2.5 ผลของการกั้นเสียง



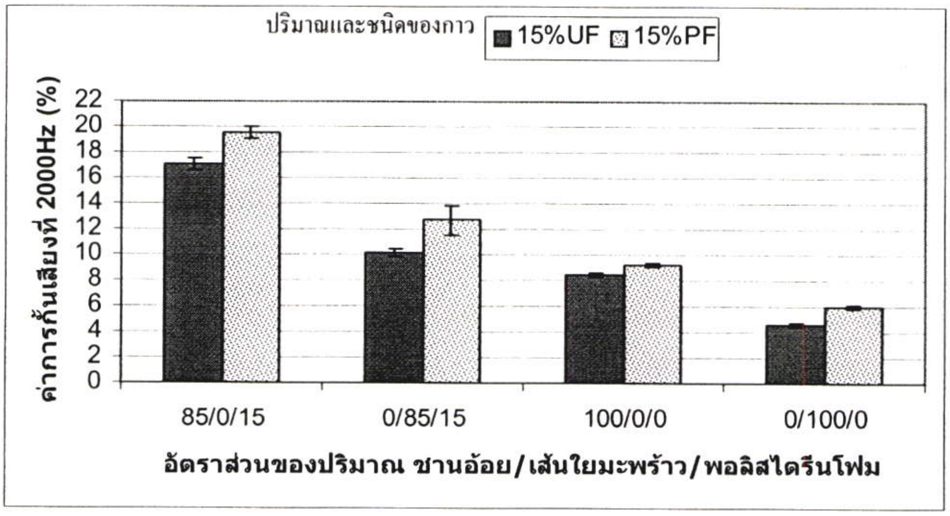
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 250 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%



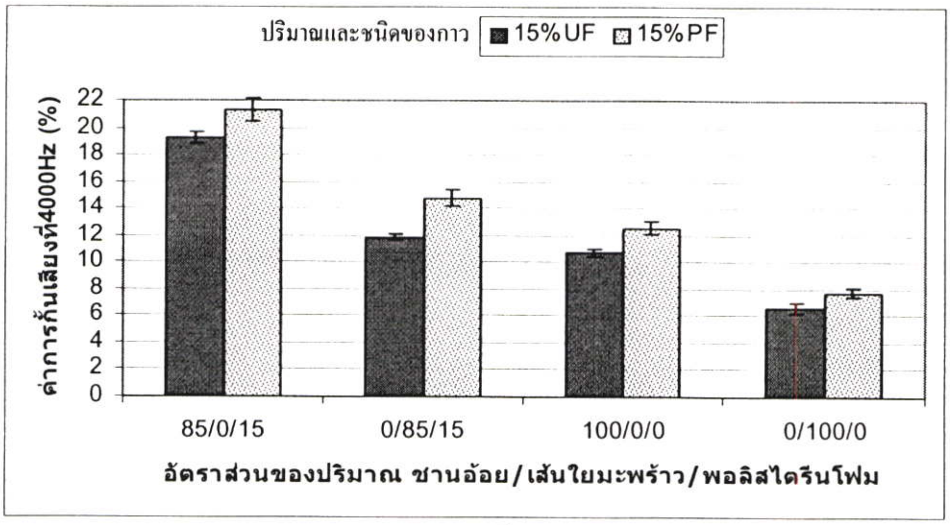
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 500 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่1000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่2000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%

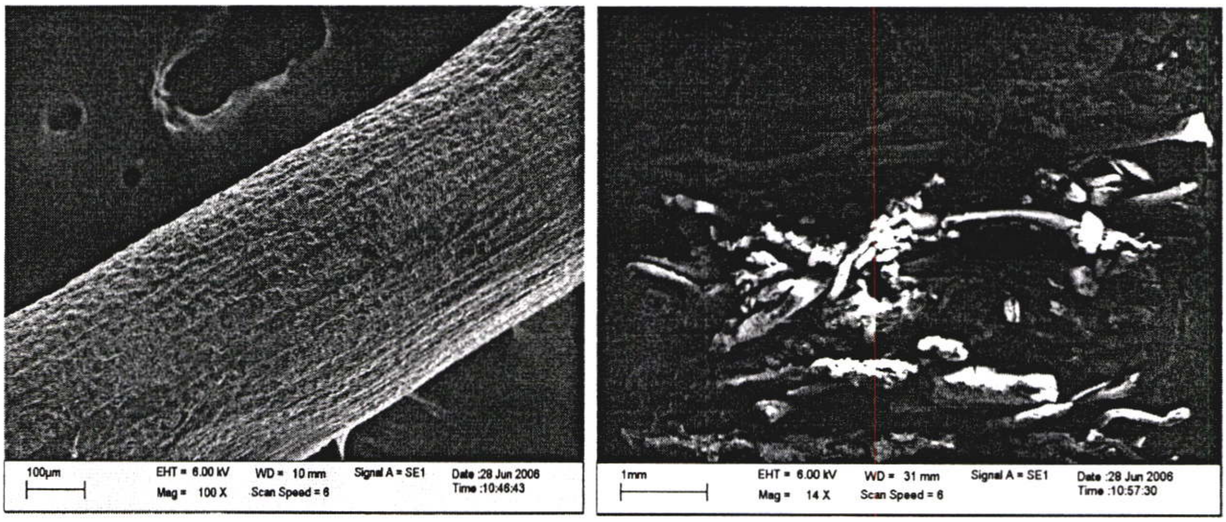


รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่4000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดี-ไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15%

จากรูปที่ 4.14-4.18 เมื่อพิจารณาสารยึดติดชนิดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่เตรียมจากชานอ้อยหรือเส้นใยมะพร้าวที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมมีค่าการกั้นเสียงสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม เนื่องจาก พอลิสไตรีนโฟมมีโครงสร้างเป็นรูพรุนสูงจึงมีสมบัติในการดูดซับเสียงที่ดี[18-22] ซึ่งโดยทั่วไปวัตถุที่มีรูพรุนมีความสามารถในการดูดซับเสียงเพราะขณะคลื่นเสียงตกกระทบวัตถุที่มีรูพรุน ส่งผลให้ผิวหน้าของผนังรูพรุนรวมถึงโมเลกุลของอากาศตามรูพรุนเกิดการสั่นตัว โดยพลังงานในการสั่นตัวนี้ทำให้เกิดแรงเสียดทานเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ดังนั้น เมื่อพลังงานคลื่นเสียงตกกระทบและทะลุผ่านวัตถุที่มีรูพรุนออกมาจะมีพลังงานคลื่นเสียงลดลง โดยมีการสูญเสียไปในรูปแบบของพลังงานความร้อน หรืออาจกล่าวได้ว่าเกิดการดูดซับเสียงขึ้น

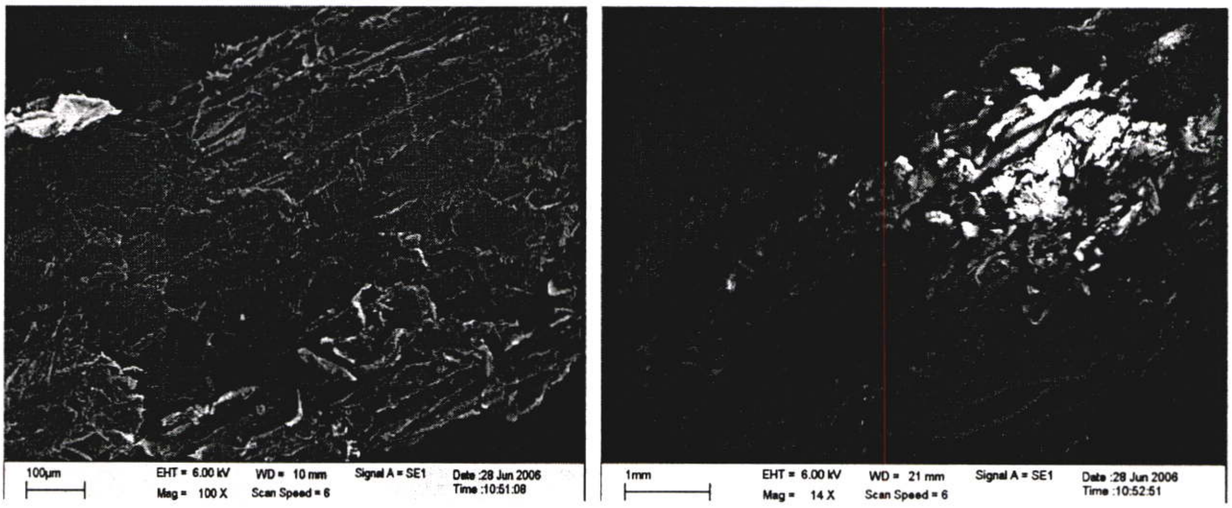
เมื่อเปรียบเทียบเส้นใยมะพร้าวกับชานอ้อยที่สารยึดติดชนิดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากชานอ้อยมีค่าการกั้นเสียงสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากเส้นใยมะพร้าว เนื่องจาก เส้นใยมะพร้าวมีลักษณะกลม [ดังรูปที่ 4.19 (ก)] ทำให้การเกาะเกี่ยวกันไม่ดี เมื่อนำไปทำแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงทำให้มีช่องว่างระหว่างเส้นใยมากกว่า [ดังรูปที่ 4.19 (ข)] แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากชานอ้อยซึ่งมีลักษณะแบน [ดังรูปที่ 4.20 (ก)] เมื่อนำไปทำแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงจะเกิดการเกาะเกี่ยวกันได้ดีทำให้มีช่องว่างระหว่างเส้นใยน้อย [ดังรูปที่ 4.20 (ข)] ดังนั้น เสียงจะถูกกั้นได้ดีกว่า ส่วนกรณีแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่เตรียมจากชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวโดยไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟมให้ผลทำนองเดียวกัน

และเมื่อพิจารณาสารยึดติดต่างชนิดกันในแต่ละอัตราส่วน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ค่าการกั้นเสียงสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เหตุผลเหมือนกับที่ได้อธิบายในหัวข้อ 4.1.5



ก). ข).

รูปที่ 4.19 ก). ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของเส้นใยมะพร้าว (กำลังขยาย 100 เท่า)
ข). ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากเส้นใยมะพร้าว (กำลังขยาย 14 เท่า)



ก). ข).

รูปที่ 4.20 ก). ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของชานอ้อย (กำลังขยาย 100 เท่า)
ข). ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมที่เตรียมจากชานอ้อย (กำลังขยาย 14 เท่า)

4.3 ผลของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมที่มีต่อสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัด

ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากอัตราส่วนต่างๆกันของชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. โดยอัตราส่วนการผลิตเป็นไปตามตารางที่3.3 ซึ่งอุณหภูมิในการอัดร้อนที่ใช้ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากผลการทดลอง สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียง ดังแสดงในตารางที่ 4.3-4.6

ตารางที่ 4.3 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากอัตราส่วนของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

สมบัติ	13	14	15	16	17
	85/0/15	70/15/15	42.5/42.5/15	15/70/15	0/85/15
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	0.29	0.30	0.29	0.30	0.30
มอดุลัสแตกร้าว MOR (MPa)	1.17	1.34	1.88	2.03	1.91
มอดุลัสยืดหยุ่น MOE (MPa)	110.78	124.58	131.38	123.90	119.47
การดูดซึมน้ำ 24ชม. (%)	207.42	194.94	184.42	170.91	160.36
การพองตัวทางความหนา 24ชม.(%)	10.18	8.38	6.33	5.30	4.31
การกั้นเสียง (%)					
250 Hz	3.60	3.15	2.76	2.12	1.86
500 Hz	6.94	6.36	6.22	4.53	3.31
1000 Hz	11.34	11.00	10.22	9.74	7.01
2000 Hz	17.65	15.08	13.30	11.99	10.99
4000 Hz	20.01	17.80	16.89	14.04	12.94

หมายเหตุ 85/0/15 = ชานอ้อย/เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม

ตารางที่ 4.4 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากอัตราส่วนของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 15% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

สมบัติ	7	18	19	20	2
	85/0/15	70/15/15	42.5/42.5/15	15/70/15	0/85/15
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	0.30	0.31	0.31	0.31	0.30
มอดุลัสแตกร้าว MOR (MPa)	2.13	2.45	2.56	2.71	2.83
มอดุลัสยืดหยุ่น MOE (MPa)	187.44	182.45	173.67	145.15	148.61
การดูดซึมน้ำ 24ชม. (%)	169.46	159.21	151.45	144.64	136.21
การพองตัวทางความหนา 24ชม.(%)	5.65	5.16	4.37	3.45	2.82
การกั้นเสียง (%)					
250 Hz	2.99	2.57	1.87	1.81	1.74
500 Hz	6.36	5.74	5.98	4.18	3.54
1000 Hz	11.54	11.20	10.46	9.53	7.35
2000 Hz	17.05	15.37	13.71	11.08	10.12
4000 Hz	19.23	18.10	16.47	13.35	11.89

หมายเหตุ 85/0/15 = ชานอ้อย/เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม

ตารางที่ 4.5 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากอัตราส่วนของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

สมบัติ	21	22	23	24	25
	85/0/15	70/15/15	42.5/42.5/15	15/70/15	0/85/15
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31
มอดุลัสแตกร้าว MOR (MPa)	2.17	2.22	2.37	2.55	2.73
มอดุลัสยืดหยุ่น MOE (MPa)	191.36	183.52	169.76	148.60	148.49
การดูดซึมน้ำ 24ชม. (%)	171.04	165.33	159.76	152.97	146.60
การพองตัวทางความหนา 24ชม.(%)	6.61	5.96	5.33	4.74	4.24

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

สมบัติ	21	22	23	24	25
	85/0/15	70/15/15	42.5/42.5/15	15/70/15	0/85/15
การกั้นเสียง (%)					
250 Hz	4.67	4.21	3.64	2.51	2.40
500 Hz	8.20	7.49	6.32	6.72	6.16
1000 Hz	13.04	12.97	12.19	10.60	8.98
2000 Hz	19.22	17.72	16.86	14.88	13.69
4000 Hz	21.09	19.79	18.91	15.84	14.49

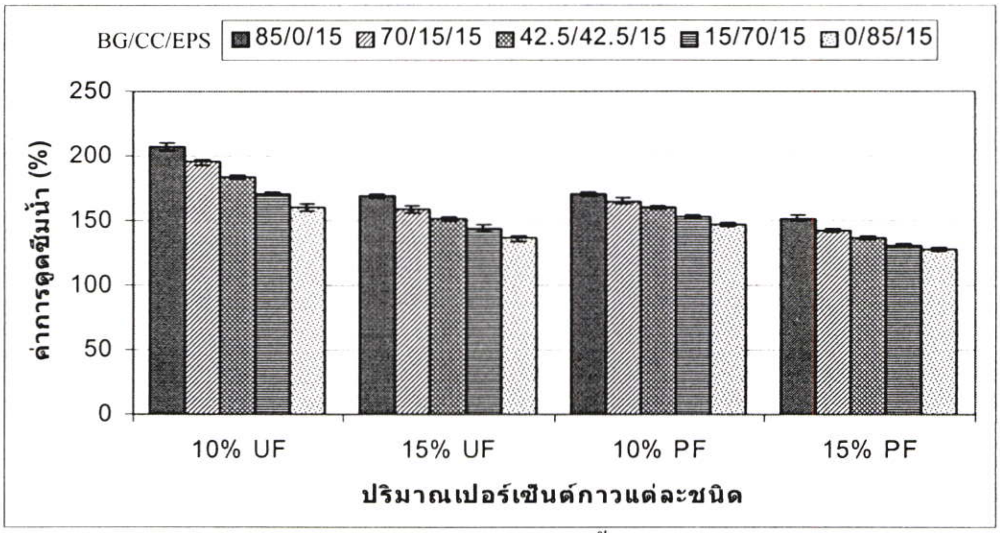
หมายเหตุ 85/0/15 = ชานอ้อย/เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม

ตารางที่ 4.6 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากอัตราส่วนของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 15% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

สมบัติ	10	26	27	28	5
	85/0/15	70/15/15	42.5/42.5/15	15/70/15	0/85/15
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	0.32	0.31	0.31	0.30	0.30
มอดุลัสแตกร้าว MOR (MPa)	2.48	2.78	2.78	2.89	2.94
มอดุลัสยืดหยุ่น MOE (MPa)	201.35	197.90	186.36	165.69	157.46
การดูดซึมน้ำ 24ชม. (%)	151.84	142.90	136.04	131.53	127.62
การพองตัวทางความหนา 24ชม.(%)	5.40	4.29	3.82	3.19	2.34
การกั้นเสียง (%)					
250 Hz	3.66	3.60	2.94	2.20	2.10
500 Hz	8.49	7.63	6.28	5.73	5.34
1000 Hz	12.89	12.10	12.00	10.92	8.94
2000 Hz	19.58	18.05	16.59	15.10	12.72
4000 Hz	21.28	20.01	18.50	16.26	14.76

หมายเหตุ 85/0/15 = ชานอ้อย/เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม

4.3.1 ผลของการดูดซึมน้ำ



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ (%) กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน

จากรูปที่ 4.21 เมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณของสารยึดติดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดมีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากชานอ้อยมีปริมาณรวมของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสสูง ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ทำให้ดูดซึมน้ำได้ดี [4,10] ในทางตรงกันข้าม แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีปริมาณเส้นใยมะพร้าวเพิ่มขึ้นจะมีค่าการดูดซึมน้ำลดลง เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวมีปริมาณรวมของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสต่ำกว่าชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวยังมีปริมาณลิกนินสูง จึงทำให้ดูดซึมน้ำได้น้อยกว่า

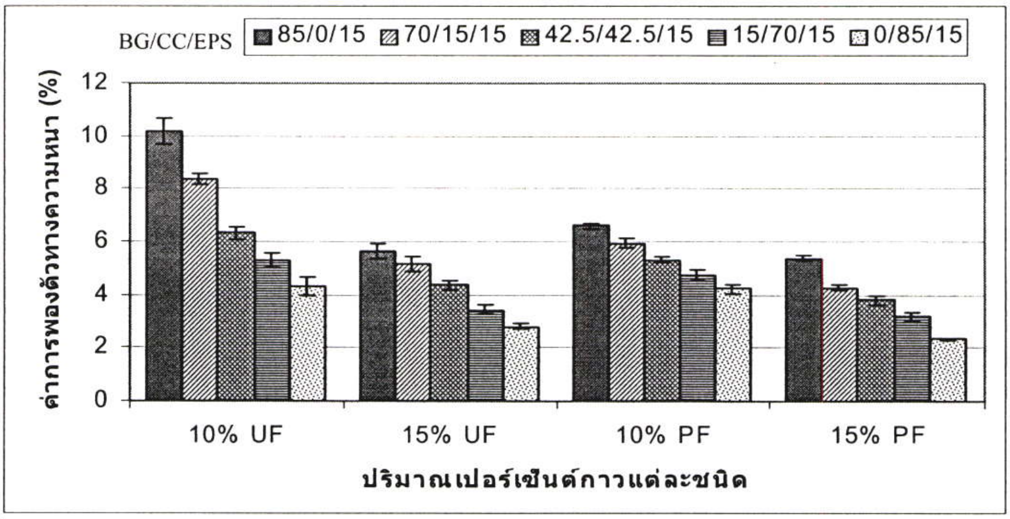
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10% และ 15% ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วนเหมือนกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ปริมาณกาว 15% มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าเนื่องจากกาวที่ใช้เป็นสารยึดติดสามารถสร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยมะพร้าวและชานอ้อย ทำให้จำนวนหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยมะพร้าวและชานอ้อยมีจำนวนลดลง การดูดซึมน้ำจึงลดลงตามปริมาณกาวที่เพิ่มขึ้น ส่วนในกรณีของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ผลเช่นเดียวกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาวเท่ากันเช่น 10% ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วนเหมือนกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เหตุผลเหมือนกับที่ได้อธิบายในหัวข้อ 4.1.1 ในกรณีกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณ

กาว 15% พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ปริมาณกาว 10% เล็กน้อย

จากผลการทดลองเรื่องการดูดซึมน้ำทั้งหมด สรุปได้ว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชานอ้อยอัตราส่วน 85/0/15 ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 207.42 ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวอัตราส่วน 0/85/15 ที่ปริมาณกาว 15% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 127.62

4.3.2 ผลของการพองตัวทางความหนา



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัวทางความหนา (%) กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน

จากรูปที่ 4.22 เมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณของสารยึดติดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดมีค่าการพองตัวทางความหนาเพิ่มขึ้นตามปริมาณชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากชานอ้อยมีปริมาณรวมของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสสูง ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้จึงดูดซึมน้ำได้มาก ส่งผลให้ค่าการพองตัวทางความหนาเพิ่มขึ้น[4,10] ในทางตรงกันข้ามแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีปริมาณเส้นใยมะพร้าวเพิ่มขึ้นจะมีค่าการพองตัวทางความหนาลดลง เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวมีปริมาณรวมของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสต่ำกว่าชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวยังมีปริมาณลิกนินสูง จึงทำให้การพองตัวทางความหนาลดลง

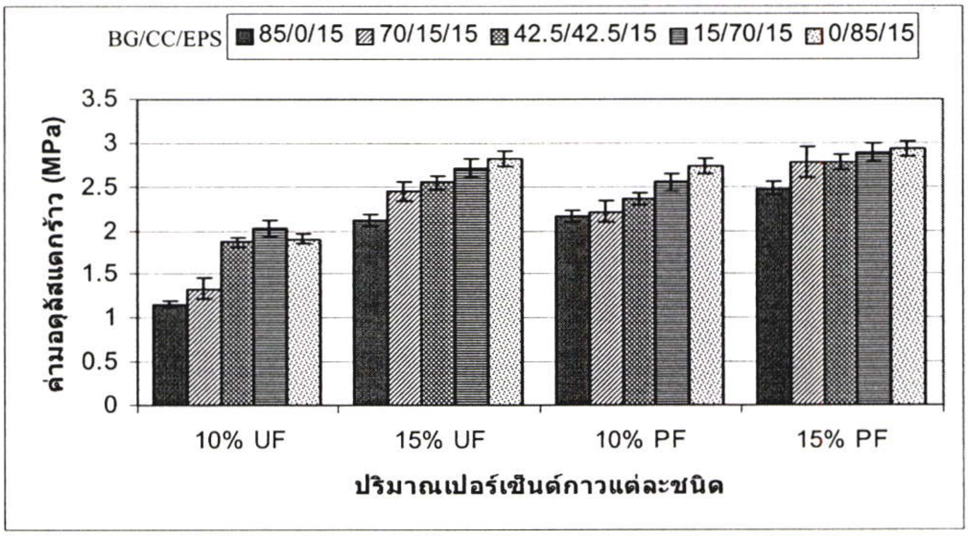
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10% และ 15% ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วนเหมือนกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ปริมาณกาว 15% มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าเนื่องจากกาวที่ใช้เป็นสารยึดติดสามารถสร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยมะพร้าว

และชานอ้อย ทำให้จำนวนหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยมะพร้าวและชานอ้อยมีจำนวนลดลง การพองตัวทางความหนาจึงลดลงตามปริมาณกาวที่เพิ่มขึ้น ส่วนในกรณีของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ผลเช่นเดียวกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาวเท่ากันเช่น 10% ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วนเหมือนกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เหตุผลเหมือนกับที่ได้อธิบายในหัวข้อ 4.1.1 ในกรณีกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ปริมาณกาว 10% ด้วย

จากผลการทดลองเรื่องการพองตัวทางความหนาทั้งหมด สรุปได้ว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชานอ้อยอัตราส่วน 85/0/15 ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าการพองตัวทางความหนาสูงที่สุดเท่ากับ 10.18 ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวอัตราส่วน 0/85/15 ที่ปริมาณกาว 15% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำที่สุดเท่ากับ 2.34

4.3.3 ผลของค่ามอดุลัสแตกร้าว



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน

จากรูปที่ 4.23 เมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณของสารยึดติดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดมีแนวโน้มของค่ามอดุลัสแตกร้าวเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก

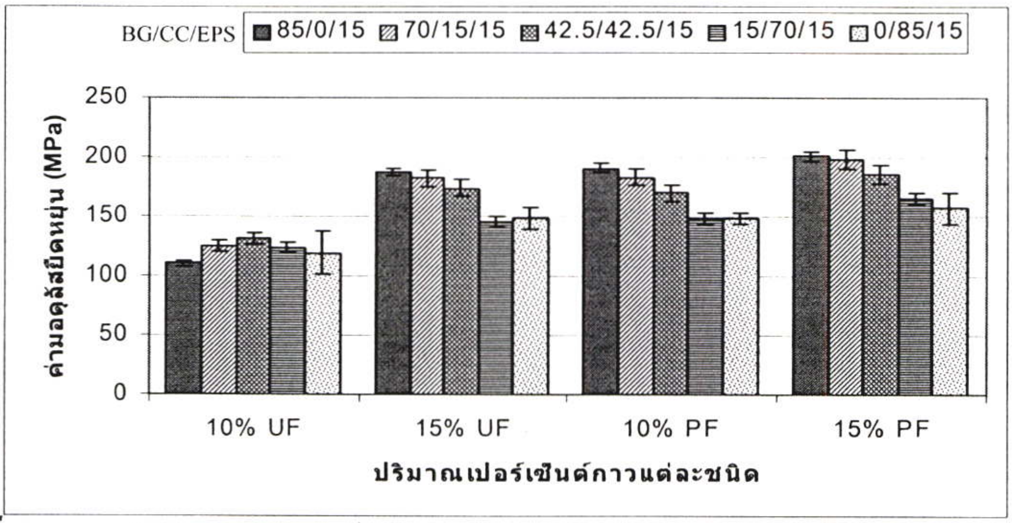
เส้นใยมะพร้าวมีสัดส่วนความเพรียวสูง จึงสามารถรับแรงกดอัดและกระจายแรงได้ดี ทำให้มีค่ามอดุลัสแตกร้าวเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีปริมาณชานอ้อยเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มของค่ามอดุลัสแตกร้าวลดลง เนื่องจากชานอ้อยมีสัดส่วนความเพรียวต่ำกว่าเส้นใยมะพร้าวจึงทำให้มีค่ามอดุลัสลดลง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10% และ 15% ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วนเหมือนกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ปริมาณกาว 15% มีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่า เนื่องจากปริมาณกาวที่เพิ่มสูงขึ้น จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงของหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยมะพร้าวและชานอ้อยกับกาวมีมากขึ้น ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดยึดติดกันได้ดีและมีความแข็งแรง ส่งผลให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงขึ้น ส่วนในกรณีของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ผลเช่นเดียวกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาวเท่ากันเช่น 10% ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วนเหมือนกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ แสดงว่าพันธะที่เกิดจากกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีความแข็งแรง สามารถรับแรงกดอัดและกระจายแรงได้ดีกว่าพันธะที่เกิดจากกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ในกรณีกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ปริมาณกาว 10%

จากผลการทดลองเรื่องมอดุลัสแตกร้าวทั้งหมด สรุปได้ว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวอัตราส่วน 0/85/15 ที่ปริมาณกาว 15% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงที่สุดเท่ากับ 2.94 MPa ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชานอ้อยอัตราส่วน 85/0/15 ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ มีค่ามอดุลัสแตกร้าวต่ำที่สุดเท่ากับ 1.17 MPa

4.3.4 ผลของค่ามอดุลัสยืดหยุ่น



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน

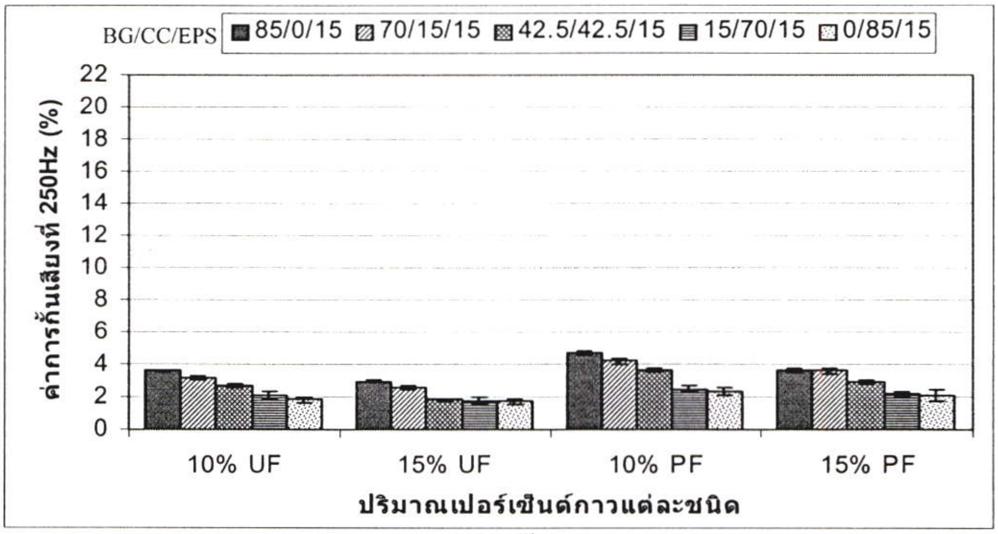
จากรูปที่ 4.24 เมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณของสารยึดติดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดมีแนวโน้มของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นตามปริมาณชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ชานอ้อยมีปริมาณลิกนินต่ำแต่มีปริมาณเซลลูโลสและเอมิเซลลูโลสสูง ทำให้ชานอ้อยมีคุณสมบัตินุ่ม เหนียวและยืดหยุ่น ส่งผลให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีปริมาณเส้นใยมะพร้าวเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดลง เนื่องจาก เส้นใยมะพร้าวมีปริมาณลิกนินสูงทำให้เส้นใยมีคุณสมบัติแข็ง เปราะ ไม่มีความยืดหยุ่น ส่งผลให้มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดลง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10% และ 15% ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วนเหมือนกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ปริมาณกาว 15% มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่า เนื่องจากปริมาณกาวที่เพิ่มสูงขึ้น จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงของหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยมะพร้าวและชานอ้อยกับกาวมีมากขึ้น ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดยึดติดกันได้ดีและมีความแข็งแรง ส่งผลให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น ส่วนในกรณีของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ผลเช่นเดียวกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกัน

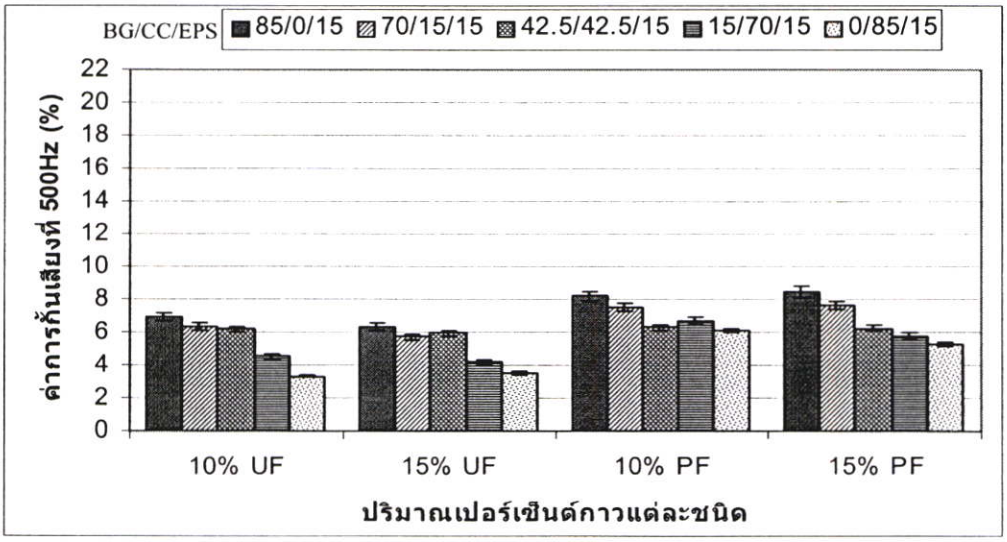
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาวเท่ากันเช่น 10% ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วนเหมือนกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ แสดงว่าพันธะที่เกิดจากกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีความแข็งแรง สามารถรับแรงกดอัดและกระจายแรงได้ดีกว่าพันธะที่เกิดจากกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ ในกรณีกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอล

ฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ปริมาณกาว 10%

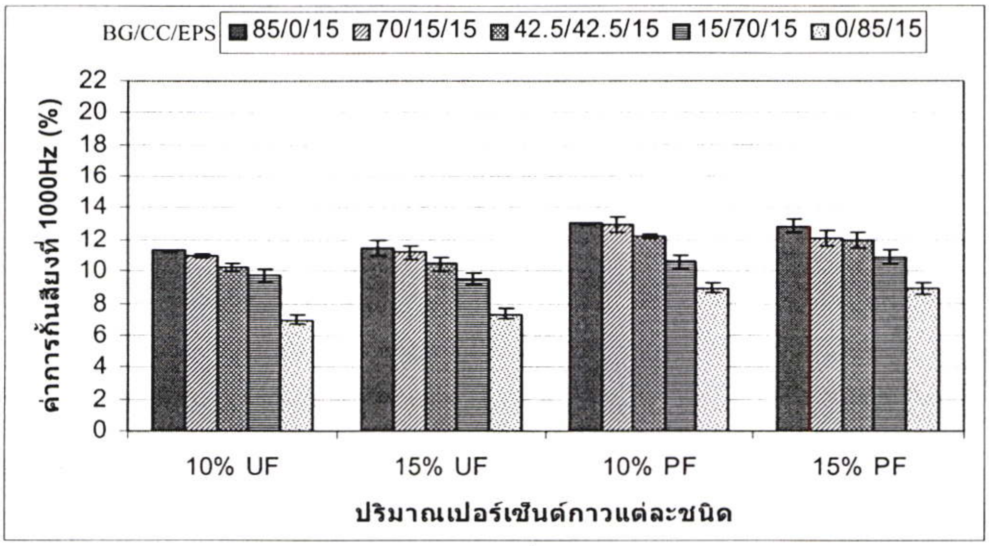
4.3.5 ผลของการกั้นเสียง



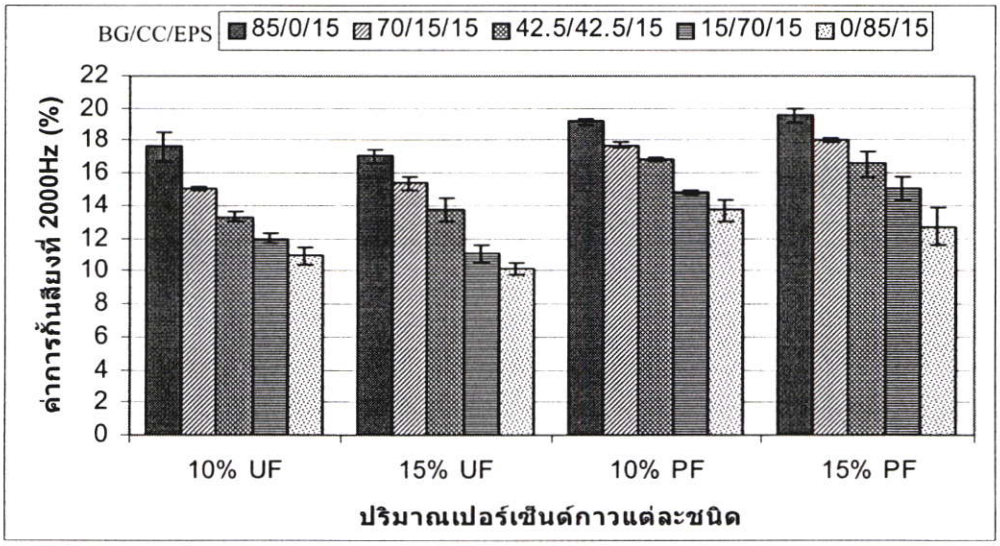
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 250 เฮิร์ตซ กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน



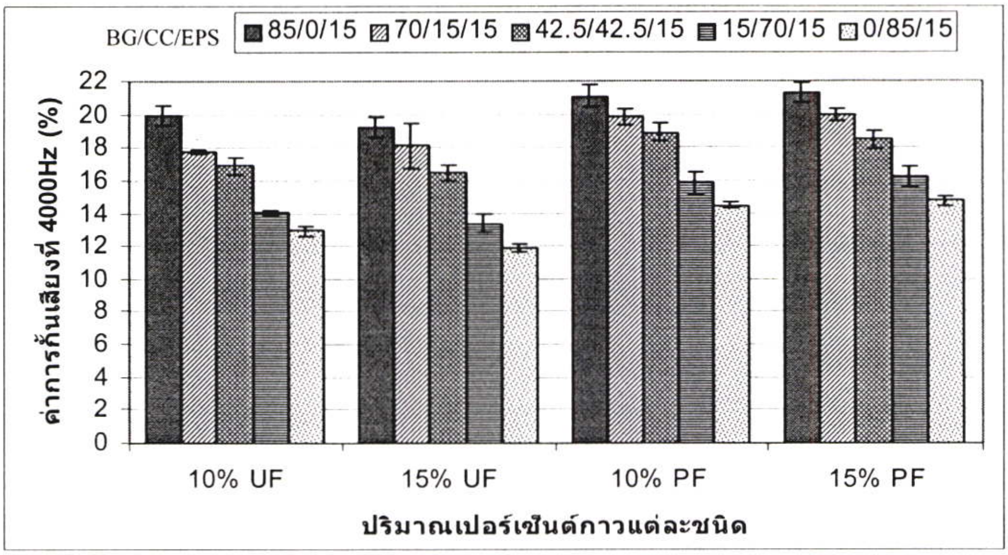
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 500 เฮิร์ตซ กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 1000 เฮิร์ตซ กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 2000 เฮิร์ตซ กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 4000 เฮิร์ตซ กับปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% และปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10%, 15% โดยมีอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมต่างกัน

จากรูปที่ 4.25-4.29 เมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณของสารยึดติดเดียวกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงมีแนวโน้มของค่าการกั้นเสียงเพิ่มขึ้นตามปริมาณชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ชานอ้อยซึ่งมีลักษณะแบน [ดังรูปที่ 4.20 (ก)] เมื่อนำไปทำแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงจะเกิดการเกาะเกี่ยวกันได้ดี ทำให้มีช่องว่างระหว่างเส้นใยน้อย [ดังรูปที่ 4.20 (ข)] ส่งผลให้ค่าการกั้นเสียงเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่มีปริมาณเส้นใยมะพร้าวเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มของค่าการกั้นเสียงลดลง เนื่องจาก เส้นใยมะพร้าวมีลักษณะกลม [ดังรูปที่ 4.19 (ก)] ทำให้การเกาะเกี่ยวกันไม่ดี เมื่อนำไปทำแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงทำให้มีช่องว่างระหว่างเส้นใยมาก [ดังรูปที่ 4.19 (ข)] ส่งผลให้ค่าการกั้นเสียงลดลง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 10% และ 15% ของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่อัตราส่วนเหมือนกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้ปริมาณกาว 10% และ 15% มีค่าการกั้นเสียงใกล้เคียงกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าในการทดลองนี้ ค่าการกั้นเสียงไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณเปอร์เซ็นต์กาวที่เพิ่มขึ้น ในกรณีของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ให้ผลเช่นเดียวกับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาวเท่ากันเช่น 10% ของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่อัตราส่วนเหมือนกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าการกั้นเสียงสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เล็กน้อย เหตุผลเหมือนกับที่ได้อธิบายในหัวข้อ 4.1.5 ในกรณีกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 15% พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีค่าการกั้นเสียงสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เช่นกัน

จากผลการทดลองของปริมาณ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ข้างต้นนี้จึงเลือกใช้แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงอัตราส่วน 70/15/15 ของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ที่ปริมาณกาว 10% มาผสมสารต้านทานการลามไฟ เพราะ ในการทดลองนี้อัตราส่วน 70/15/15 ให้ผลของค่าการกั้นเสียงที่สูง และมีค่าการดูดซึมน้ำกับค่าการพองตัวทางความหนาที่ต่ำกว่า อัตราส่วน 85/0/15 โดยเลือกใช้ที่ปริมาณกาว 10% เนื่องจาก ให้ผลของค่าการกั้นเสียงใกล้เคียงกับปริมาณกาวที่ 15% และยังเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงได้อีกด้วย

4.4 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อแผ่นชิ้นไม้อัด

ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟ ที่ความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. โดยอัตราส่วนการผลิตเป็นไปตามตารางที่ 3.4 ซึ่งอุณหภูมิในการอัดร้อนที่ใช้ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากผลการทดลอง การทดสอบการเผาไหม้ แสดงในตารางที่ 4.7-4.8 ส่วนสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียง แสดงในตารางที่ 4.9-4.10

ตารางที่ 4.7 การทดสอบการเผาไหม้ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

สูตรที่	อัตราส่วน BG/CC/EPS		ชนิดและปริมาณสารต้านทานการลามไฟ		อัตราการเผาไหม้ (mm/min)	สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง	ไม่เกิดการเผาไหม้
	UF 10%	PF 10%	H_3BO_3	$Mg(OH)_2$			
29	100/0/0	-	-	-	-	✓	-
30	0/100/0	-	-	-	-	✓	-
14	70/15/15	-	-	-	-	✓	-
31	70/15/15	-	3%	-	-	-	✓
32	70/15/15	-	6%	-	-	-	✓
33	70/15/15	-	9%	-	-	-	✓
34	70/15/15	-	-	3%	-	✓	-
35	70/15/15	-	-	6%	-	✓	-
36	70/15/15	-	-	9%	-	✓	-
37	-	100/0/0	-	-	4.351	-	-
38	-	0/100/0	-	-	4.246	-	-
22	-	70/15/15	-	-	3.673	-	-

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

สูตรที่	อัตราส่วน BG/CC/EPS		ชนิดและปริมาณสารต้านทานการลามไฟ		อัตราการเผาไหม้ (mm/min)	สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง	ไม่เกิดการเผาไหม้
	UF 10%	PF 10%	H_3BO_3	$Mg(OH)_2$			
39	-	70/15/15	3%	-	3.022	-	-
40	-	70/15/15	6%	-	2.596	-	-
41	-	70/15/15	9%	-	2.339	-	-
42	-	70/15/15	-	3%	3.396	-	-
43	-	70/15/15	-	6%	3.231	-	-
44	-	70/15/15	-	9%	3.018	-	-

ตารางที่ 4.8 การทดสอบการเผาไหม้ของแผ่นกั้นเสียงที่เตรียมได้จากแผ่นยิปซัมและแผ่นพอลิสไตรีนโฟมที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ประเภทแผ่นกั้นเสียง	อัตราการเผาไหม้ (mm/min)	สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง	ไม่เกิดการเผาไหม้
แผ่นยิปซัม	-	-	√
แผ่นพอลิสไตรีนโฟม	-	-	√

4.4.1 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อการเผาไหม้ของแผ่นชิ้นไม้อัด

จากตารางที่ 4.7-4.8 แสดงให้เห็นว่า ในการศึกษาการหน่วงการติดไฟของวัสดุกั้นเสียงที่ทำจากแผ่นยิปซัม (Gysum) และพอลิสไตรีนโฟม พบว่าอยู่ในระดับ “ไม่เกิดการเผาไหม้”

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติดและไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟที่อัตราส่วน 100/0/0 (สูตรที่37) และอัตราส่วน 0/100/0 (สูตรที่38) พบว่า มีอัตราการเผาไหม้ประมาณ 4 มิลลิเมตรต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วน 70/15/15 (สูตรที่22) ที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟเช่นกัน มีอัตราการเผาไหม้ประมาณ 3.6 มิลลิเมตรต่อนาที แสดงว่าพอลิสไตรีนโฟมช่วยในการหน่วงการติดไฟ

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติดที่อัตราส่วน70/15/15 ที่ผสมสารต้านทานการลามไฟที่ปริมาณ 3%, 6% และ9% ทั้งชนิด H_3BO_3และ $Mg(OH)_2$ พบว่า มีอัตราการเผาไหม้ต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

- เมื่อเปรียบเทียบ H_3BO_3 กับ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารเท่ากัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 มีอัตราการเผาไหม้ต่ำกว่าผสม $Mg(OH)_2$ เนื่องจาก H_3BO_3 เป็นสารต้านทาน

การลามไฟประเภท อินทูเมนเซนส์ (intumescence) [23] เมื่อนำไปผสมในชานอ้อยหรือเส้นใยมะพร้าวจะมีประสิทธิภาพในการหน่วงการติดไฟมากกว่า $Mg(OH)_2$ ซึ่งเป็นสารต้านทานการลามไฟประเภทดูดความร้อน (endothermic) ดังนั้น แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 จึงมีอัตราการเผาไหม้ต่ำกว่า และมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณสารต้านทานการลามไฟเพิ่มขึ้น

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

- แผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 70/15/15 ที่ผสม H_3BO_3 ให้ผลการทดลองอยู่ในระดับ "ไม่เกิดการเผาไหม้" ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วน 100/0/0, 0/100/0 ที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟและที่อัตราส่วน 70/15/15 ทั้งที่ผสมและไม่ผสม $Mg(OH)_2$ จะอยู่ในระดับ"สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง" แสดงว่า H_3BO_3 ซึ่งเป็นสารต้านทานการลามไฟประเภทอินทูเมนเซนส์ (intumescence) ให้ประสิทธิภาพการหน่วงการติดไฟดีกว่า $Mg(OH)_2$

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่าง กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ ของแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วนวัตถุดิบเหมือนกัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด มีประสิทธิภาพในการหน่วงการติดไฟดีกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เนื่องจาก กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีองค์ประกอบของธาตุไนโตรเจน เมื่อเกิดการเผาไหม้จะมีการปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจน (N_2) ออกมา โดยก๊าซไนโตรเจนที่เกิดขึ้นนั้นเป็นก๊าซเฉื่อยซึ่งจะทำหน้าที่ไล่ก๊าซ ออกซิเจน (O_2) หรือ เจือจางเชื้อเพลิงในวัฏภาคก๊าซและของแข็ง[23] ส่งผลให้การจุดติดไฟของกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ถูกหน่วงให้ช้าลงกว่ากาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

ตารางที่ 4.9 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

สมบัติ	29	30	14	31	32	33	34	35	36
	100/0/0	0/100/0	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15
	No F.R	No F.R	No F.R	3% B	6% B	9% B	3% M	6% M	9% M
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	0.30	0.31	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.29	0.28
มอดุลัสแตกร้าว MOR (MPa)	0.18	0.28	1.34	1.36	1.44	1.56	0.60	0.24	0.18
มอดุลัสยืดหยุ่น MOE (MPa)	4.06	2.67	124.58	127.96	135.05	147.63	38.79	14.40	5.51
การดูดซึมน้ำ 24ชม. (%)	287.41	257.33	194.94	190.70	181.16	169.84	302.27	317.43	336.39
การพองตัวทางความหนา 24ชม. (%)	31.10	27.09	8.38	7.97	7.25	6.29	40.57	53.63	73.60
การกั้นเสียง (%) 250 Hz	1.84	1.37	3.15	3.93	4.49	5.17	2.38	2.01	1.89
500 Hz	3.23	2.78	6.36	6.74	7.10	7.32	5.81	5.69	5.34

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

สมบัติ	29	30	14	31	32	33	34	35	36
	100/0/0	0/100/0	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15
	No F.R	No F.R	No F.R	3% B	6% B	9% B	3% M	6% M	9% M
การกั้นเสียง (%) 1000 Hz	6.66	3.96	11.00	11.54	11.88	12.32	10.64	10.22	9.76
2000 Hz	8.59	5.07	15.08	15.66	16.26	16.87	13.95	13.63	13.14
4000 Hz	10.83	6.93	17.80	18.33	18.88	19.21	16.97	16.66	16.07

หมายเหตุ 70/15/15 = ชานอ้อย/เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม

No F.R = ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

B = boric acid [H_3BO_3]

M = Magnesium hydroxide [$Mg(OH)_2$]

ตารางที่ 4.10 สมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

สมบัติ	37	38	22	39	40	41	42	43	44
	100/0/0	0/100/0	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15	70/15/15
	No F.R	No F.R	No F.R	3% B	6% B	9% B	3% M	6% M	9% M
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	0.31	0.31	0.31	0.30	0.28	0.29	0.32	0.31	0.31
มอดุลัสแตกร้าว MOR (MPa)	0.54	0.72	2.22	0.76	0.32	0.22	1.67	0.99	0.74
มอดุลัสยืดหยุ่น MOE (MPa)	39.82	21.42	183.52	60.62	23.05	19.08	125.27	70.92	48.77
การดูดซึมน้ำ 24ชม. (%)	265.39	241.11	165.33	204.59	304.90	322.87	181.37	197.79	224.86
การพองตัวทางความหนา 24ชม. (%)	15.20	13.16	5.96	15.33	30.84	45.36	8.11	10.98	13.14
การกั้นเสียง (%) 250 Hz	2.85	2.51	4.22	2.93	2.60	2.52	3.41	3.05	3.05
500 Hz	4.82	2.66	7.49	6.43	5.98	5.84	6.72	6.43	5.99
1000 Hz	7.90	4.05	12.97	10.43	9.60	8.95	11.70	11.22	10.77
2000 Hz	9.28	6.07	17.72	14.45	13.96	13.35	16.54	15.76	15.23
4000 Hz	12.90	7.96	19.79	15.69	15.07	14.49	18.08	17.48	16.63

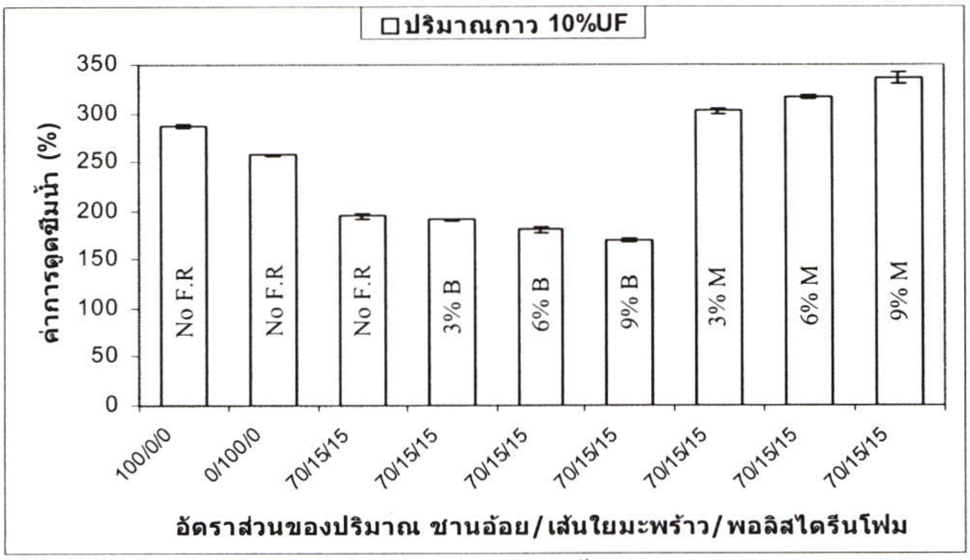
หมายเหตุ 70/15/15 = ชานอ้อย/เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม

No F.R = ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

B = boric acid [H_3BO_3]

M = Magnesium hydroxide [$Mg(OH)_2$]

4.4.2 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อการดูดซึมน้ำของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.30 แสดงให้เห็นว่า

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

- แผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 70/15/15 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 100/0/0 และ 0/100/0 เนื่องจาก อัตราส่วน 70/15/15 มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่ซึ่งเป็นส่วนของพอลิเมอร์ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ดูดซึมน้ำ นอกจากนี้การผสมพอลิสไตรีนโฟมเท่ากับเป็นการลดปริมาณเส้นใยในแผ่นชิ้นไม้อัดลงจึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง

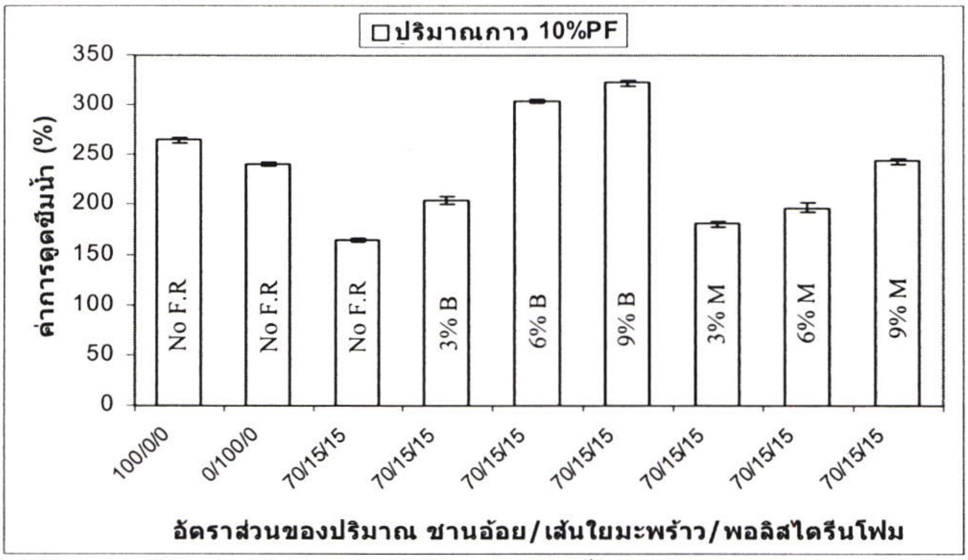
กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วน 70/15/15

- แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 ทั้งปริมาณ 3%, 6% และ9% มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ เนื่องจาก H_3BO_3 สามารถละลายในกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นกรด ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสม [1] โดยจะช่วยเร่งปฏิกิริยาให้จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์กับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวมีมากขึ้นในระหว่างทำการอัดร้อน ทำให้จำนวนหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวมีจำนวนลดลง ส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง โดยค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณ H_3BO_3 เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ ทั้งปริมาณ 3%, 6% และ9% มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ เนื่องจาก $Mg(OH)_2$ จะทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นเบส ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวลดลง ส่งผลให้

ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น โดยค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ $Mg(OH)_2$ เพิ่มขึ้น

- เมื่อเปรียบเทียบ H_3BO_3 กับ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารเท่ากัน พบว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ เนื่องจาก H_3BO_3 ทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นกรด ซึ่งในสภาวะที่เป็นกรดกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์จะสร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวได้ดีกว่าในสภาวะที่เป็นเบสของ $Mg(OH)_2$ ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่า

4.4.3 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อการดูดซึมน้ำของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.31 แสดงให้เห็นว่า

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

- แผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 70/15/15 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 100/0/0 และ 0/100/0 เนื่องจาก อัตราส่วน 70/15/15 มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่ซึ่งเป็นส่วนของพอลิเมอร์ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ดูดซึมน้ำ นอกจากนี้การผสมพอลิสไตรีนโฟมเท่ากับเป็นการลดปริมาณเส้นใยในแผ่นชิ้นไม้อัดลงจึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง

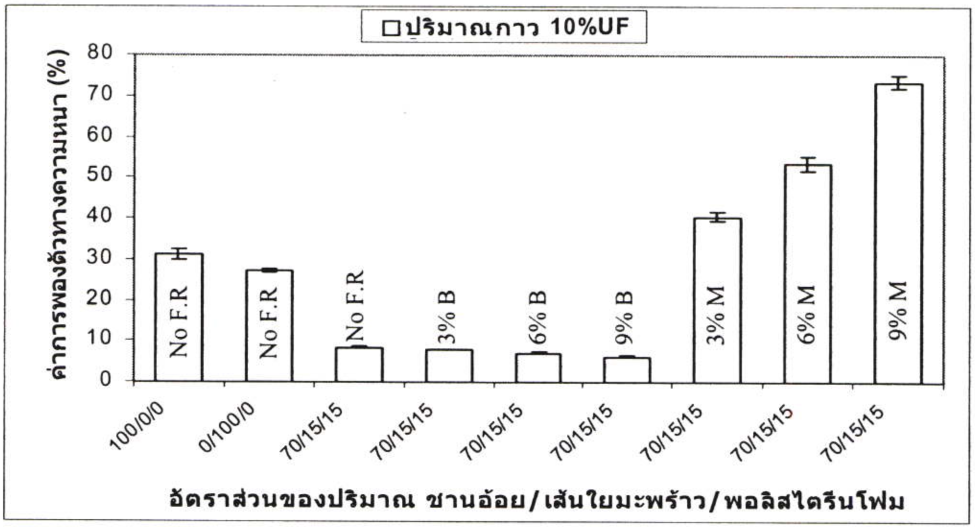
กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วน 70/15/15

- แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟที่ปริมาณ 3%, 6% และ 9% ทั้งชนิด H_3BO_3 และ $Mg(OH)_2$ มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ โดยปริมาณเปอร์เซ็นต์ของ H_3BO_3 และ $Mg(OH)_2$ ที่เพิ่มขึ้นจาก 3% เป็น 9% จะทำให้แผ่นชิ้นไม้

อัดมีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น แสดงว่า พันธะเชื่อมโยงในแผ่นชิ้นไม้อัดที่ปริมาณ 9% มีน้อยกว่าที่ปริมาณ 6% และ 3% ตามลำดับ

- เมื่อเปรียบเทียบ H_3BO_3กับ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารเท่ากัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 แสดงว่า ในสภาวะเบสของ $Mg(OH)_2$ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์สร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวได้ดีกว่าในสภาวะกรดของ H_3BO_3 ซึ่งสภาวะเบสเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

4.4.4 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อการพองตัวทางความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัวทางความหนา (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.32 แสดงให้เห็นว่า

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

- แผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 70/15/15 มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 100/0/0 และ0/100/0 เนื่องจากอัตราส่วน 70/15/15 มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่ ซึ่งเป็นส่วนของพอลิเมอร์ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ดูดซึมน้ำ นอกจากนี้การผสมพอลิสไตรีนโฟมเท่ากับเป็นการลดปริมาณเส้นใยในแผ่นชิ้นไม้อัดลง ส่งผลให้ค่าการพองตัวทางความหนาลดลง

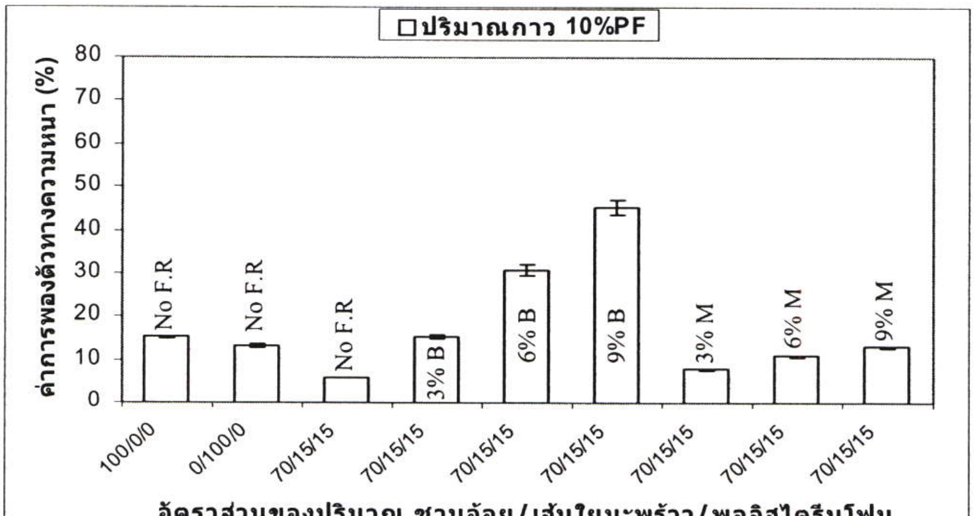
กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วน 70/15/15

- แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 ทั้งปริมาณ 3%, 6% และ9% มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ เนื่องจาก H_3BO_3 สามารถละลายในกาวยูเรีย

ฟอร์มาลดีไฮด์และทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นกรด ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสม [1] โดยจะช่วยเร่งปฏิกิริยาให้จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์กับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวมีมากขึ้นในระหว่างทำการอัดร้อน ทำให้จำนวนหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวมีจำนวนลดลง ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำลดลง ซึ่งส่งผลให้ค่าการพองตัวทางความหนาลดลงด้วย โดยค่าการพองตัวทางความหนามีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณ H_3BO_3 เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ ทั้งปริมาณ 3% , 6% และ 9% มีค่าการพองตัวทางความหนาสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ เนื่องจาก $Mg(OH)_2$จะทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นเบส ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวลดลง ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นและ ส่งผลให้ค่าการพองตัวทางความหนาเพิ่มขึ้นด้วย โดยค่าการพองตัวทางความหนาจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ $Mg(OH)_2$เพิ่มขึ้น

- เมื่อเปรียบเทียบ H_3BO_3 กับ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารเท่ากัน พบว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ เนื่องจาก H_3BO_3 ทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นกรด ซึ่งในสภาวะที่เป็นกรดกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์จะสร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวได้ดีกว่าในสภาวะที่เป็นเบสของ $Mg(OH)_2$ ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่า

4.4.5 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อการพองตัวทางความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัวทางความหนา (%) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.33 แสดงให้เห็นว่า

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

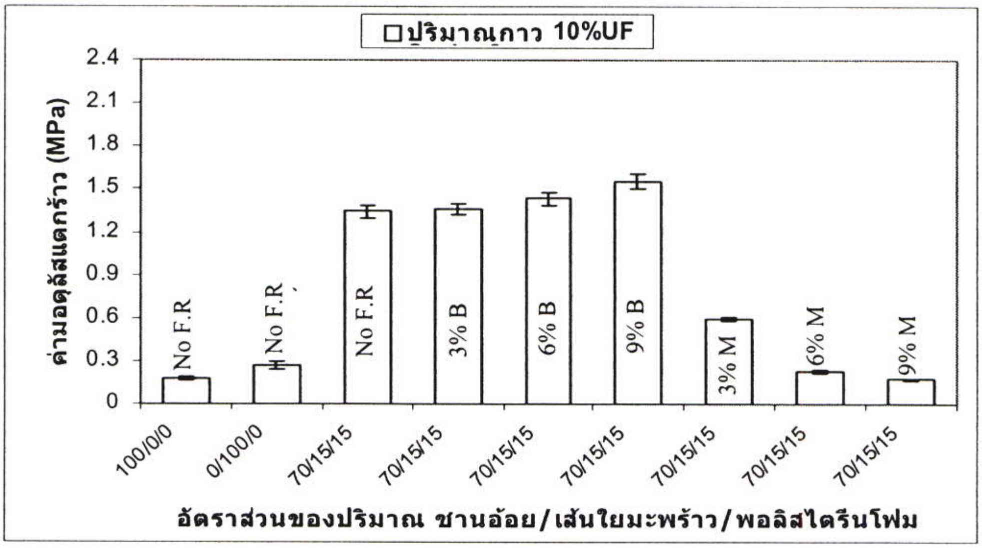
- แผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 70/15/15 มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 100/0/0 และ 0/100/0 เนื่องจากอัตราส่วน 70/15/15 มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่ ซึ่งเป็นส่วนของพอลิเมอร์ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ดูดซึมน้ำนอกจากนี้การผสมพอลิสไตรีนโฟมเท่ากับเป็นการลดปริมาณเส้นใยในแผ่นชิ้นไม้อัดลง ส่งผลให้ค่าการพองตัวทางความหนาลดลง

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วน 70/15/15

- แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟที่ปริมาณ 3%, 6% และ9% ทั้งชนิด H_3BO_3 และ $Mg(OH)_2$ มีค่าการพองตัวทางความหนาสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ โดยปริมาณเปอร์เซ็นต์ของ H_3BO_3 และ $Mg(OH)_2$ ที่เพิ่มขึ้นจาก 3% เป็น 9% จะทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดมีค่าการพองตัวทางความหนาเพิ่มขึ้น แสดงว่า พันธะเชื่อมโยงในแผ่นชิ้นไม้อัดที่ปริมาณ 9% มีน้อยกว่าที่ปริมาณ 6% และ 3% ตามลำดับ

- เมื่อเปรียบเทียบ H_3BO_3 กับ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารเท่ากัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ มีค่าการพองตัวทางความหนาต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 แสดงว่าในสภาวะเบสของ $Mg(OH)_2$ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์สร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวได้ดีกว่าในสภาวะกรดของ H_3BO_3 ซึ่งสภาวะเบสเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

4.4.6 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่ามอดุลัสแตกร้าวของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.34 แสดงให้เห็นว่า

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

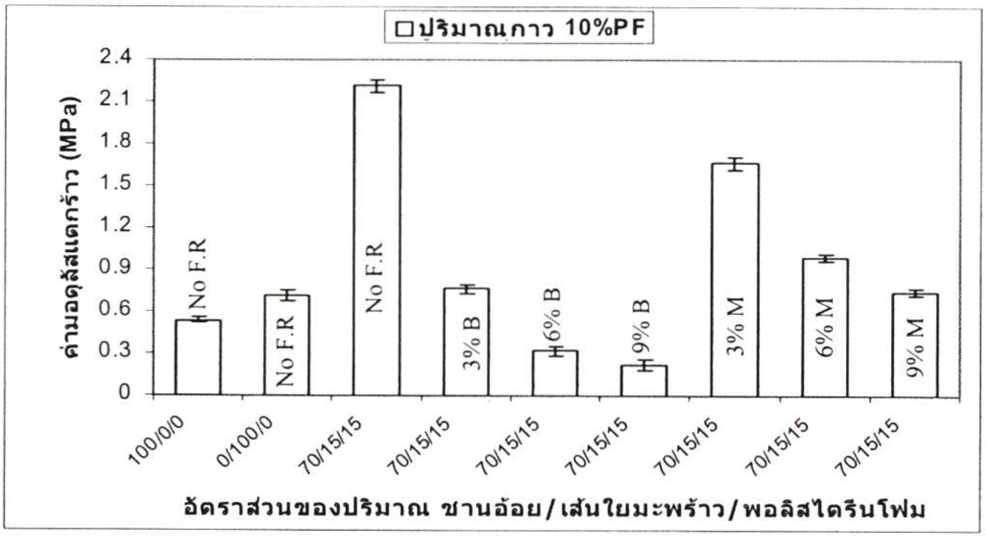
- แผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 70/15/15 มีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 100/0/0 และ 0/100/0 เนื่องจาก อัตราส่วน 70/15/15 มีพอลิสไตรีนโฟมแทรกอยู่ระหว่างเส้นใย ทำให้เส้นใยกระจายตัวได้ดี หรือไม่จับตัวเป็นกลุ่มก้อนในขั้นตอนผสมกาว[25] พอลิสไตรีนโฟมที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยบางส่วนอาจเกิดการหลอมละลายขณะอัดร้อนซึ่งช่วยเพิ่มความแข็งแรงระหว่างเส้นใย นอกจากนี้การผสมพอลิสไตรีนโฟมเท่ากับเป็นการลดปริมาณเส้นใยในแผ่นชิ้นไม้อัดลง ทำให้กาวสัมผัสเส้นใยได้มากขึ้นเกิดพันธะเชื่อมโยงได้ดี ดังนั้น แผ่นชิ้นไม้อัด 70/15/15 ที่มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่จึงมีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่า

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วน 70/15/15

- แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 ทั้งปริมาณ 3%, 6% และ9% มีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ เนื่องจาก H_3BO_3 สามารถละลายในกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นกรด ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสม [1] โดยจะช่วยเร่งปฏิกิริยาให้จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์กับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวมีมากขึ้นในระหว่างทำการอัดร้อน ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดยึดติดกันได้ดีและมีความแข็งแรงขึ้น จึงส่งผลให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงขึ้น โดยค่ามอดุลัสแตกร้าวมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณ H_3BO_3 เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ ทั้งปริมาณ 3%, 6% และ9% มีค่ามอดุลัสแตกร้าวต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ เนื่องจาก $Mg(OH)_2$ จะทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นเบส ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวน้อยลง ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดมีความแข็งแรงลดลง จึงส่งผลให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวลดลง โดยค่ามอดุลัสแตกร้าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณ $Mg(OH)_2$ เพิ่มขึ้น

- เมื่อเปรียบเทียบ H_3BO_3 กับ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารเท่ากัน พบว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 มีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ เนื่องจาก H_3BO_3 ทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นกรด ซึ่งในสภาวะที่เป็นกรดกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์จะสร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวได้ดีกว่าในสภาวะที่เป็นเบสของ $Mg(OH)_2$ ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 มีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่า

4.4.7 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่ามอดุลัสแตกร้าวของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.35 แสดงให้เห็นว่า

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

- แผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 70/15/15 มีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 100/0/0 และ 0/100/0 เนื่องจากอัตราส่วน 70/15/15 มีพอลิสไตรีนโฟมแทรกอยู่ระหว่างเส้นใย ทำให้เส้นใยกระจายตัวได้ดี หรือไม่จับตัวเป็นกลุ่มก้อนในขั้นตอนผสมกาว[25] พอลิสไตรีนโฟมที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยบางส่วนอาจเกิดการหลอมละลายขณะอัดร้อนซึ่งช่วยเพิ่มความแข็งแรงระหว่างเส้นใย นอกจากนี้การผสมพอลิสไตรีนโฟมเท่ากับเป็นการลดปริมาณเส้นใยในแผ่นชิ้นไม้อัดลง ทำให้กาวสัมผัสเส้นใยได้มากขึ้นเกิดพันธะเชื่อมโยงได้ดี ดังนั้น แผ่นชิ้นไม้อัด 70/15/15 ที่มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่จึงมีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่า

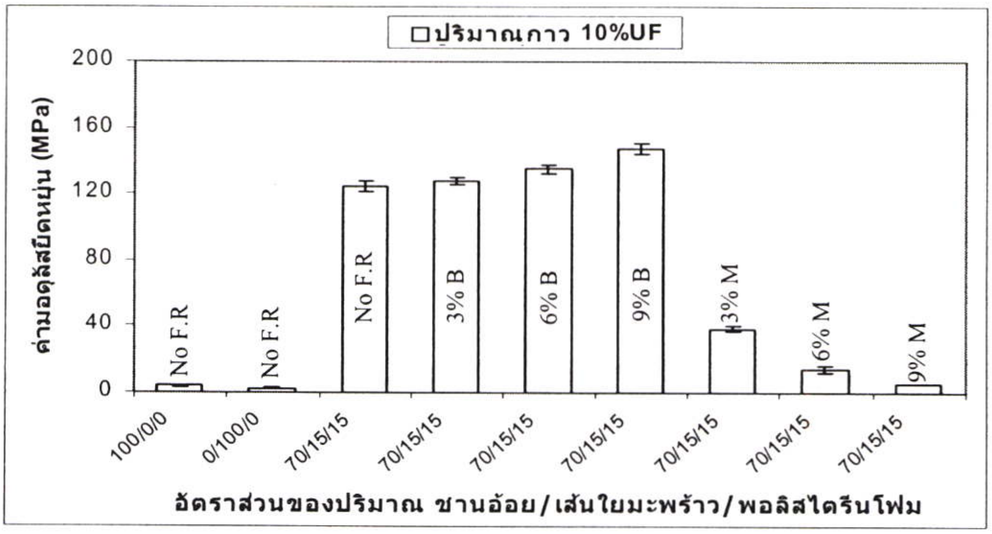
กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วน 70/15/15

- แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟที่ปริมาณ 3%, 6% และ9% ทั้งชนิด H_3BO_3 และ $Mg(OH)_2$ มีค่ามอดุลัสแตกร้าวต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ โดยปริมาณเปอร์เซ็นต์ของ H_3BO_3 และ $Mg(OH)_2$ ที่เพิ่มขึ้นจาก 3% เป็น 9% จะทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดมีค่ามอดุลัสแตกร้าวลดลง แสดงว่า พันธะเชื่อมโยงในแผ่นชิ้นไม้อัดที่ปริมาณ 9% มีน้อยกว่าที่ปริมาณ 6% และ 3% ตามลำดับ

- เมื่อเปรียบเทียบ H_3BO_3 กับ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารเท่ากัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ มีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 แสดงว่า ในสภาวะ

เบสของ $Mg(OH)_2$ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์สร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวได้ดีกว่าในสภาวะกรดของ H_3BO_3 ซึ่งสภาวะเบสเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

4.4.8 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.36 แสดงให้เห็นว่า

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

- แผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 70/15/15 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 100/0/0 และ 0/100/0 เนื่องจากอัตราส่วน 70/15/15 มีพอลิสไตรีนโฟมแทรกอยู่ระหว่างเส้นใย ทำให้เส้นใยกระจายตัวได้ดี หรือไม่จับตัวเป็นกลุ่มก้อนในขั้นตอนผสมกาว นอกจากนี้พอลิสไตรีนโฟมมีความอ่อนตัว ยืดหยุ่น ซึ่งช่วยรับแรงกดอัดและกระจายแรงได้ดีกว่า ดังนั้น แผ่นชิ้นไม้อัด 70/15/15 ที่มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่จึงมีค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงกว่า

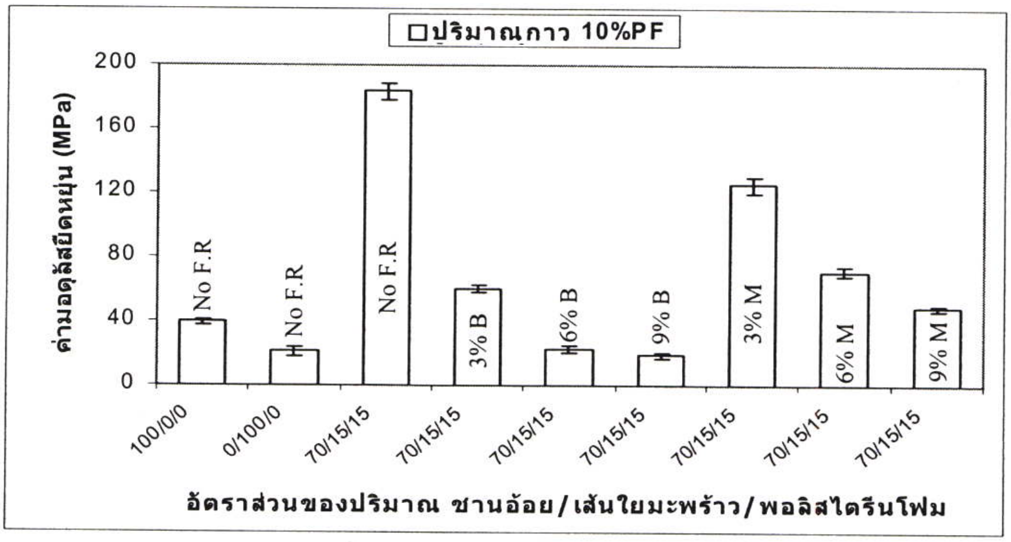
กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วน 70/15/15

- แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 ทั้งปริมาณ 3%, 6% และ9% มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ เนื่องจาก H_3BO_3 สามารถละลายในกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นกรด ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสม [1] โดยจะช่วยเร่งปฏิกิริยาให้จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์กับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวมีมากขึ้นในระหว่างทำการอัดร้อน ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัด

ยึดติดกันได้ดีและมีความแข็งแรงขึ้น จึงส่งผลให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น โดยค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณ H_3BO_3 เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ ทั้งปริมาณ 3%, 6% และ9% มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ เนื่องจาก $Mg(OH)_2$ จะทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นเบส ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวน้อยลง ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดมีความแข็งแรงลดลง จึงส่งผลให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดลง โดยค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณ $Mg(OH)_2$ เพิ่มขึ้น

- เมื่อเปรียบเทียบ H_3BO_3 กับ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารเท่ากัน พบว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ เนื่องจาก H_3BO_3 ทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นกรด ซึ่งในสภาวะที่เป็นกรด กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์จะสร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวได้ดีกว่าในสภาวะที่เป็นเบสของ $Mg(OH)_2$ ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่า

4.4.9 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.37 แสดงให้เห็นว่า

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

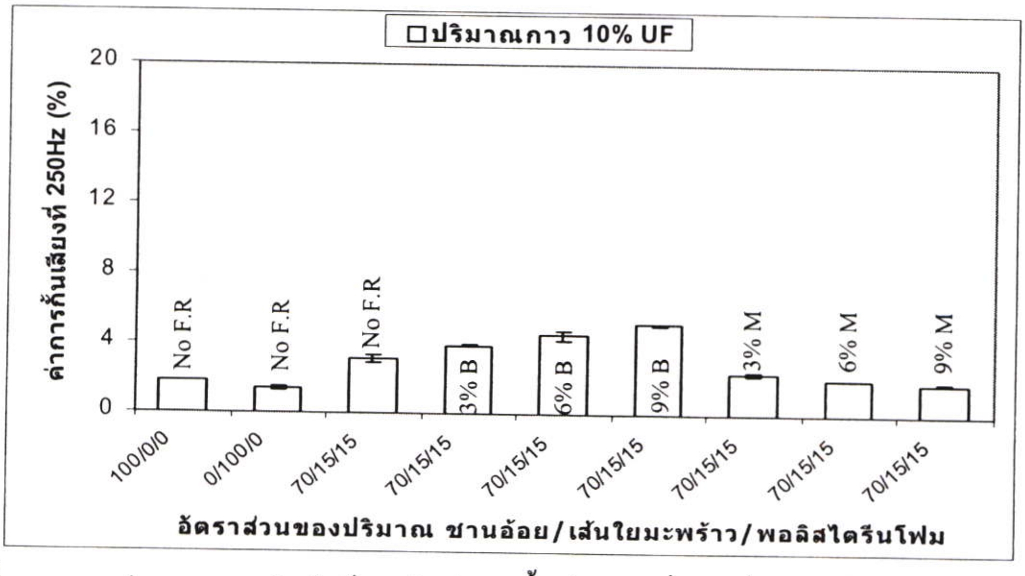
- แผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 70/15/15 มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดอัตราส่วน 100/0/0 และ 0/100/0 เนื่องจากอัตราส่วน 70/15/15 มีพอลิสไตรีนโฟมแทรกอยู่ระหว่างเส้นใย

ทำให้เส้นใยกระจายตัวได้ดี หรือไม่จับตัวเป็นกลุ่มก้อนในขั้นตอนผสมกาว นอกจากนี้พอลิสไตรีนโฟมมีความอ่อนตัว ยืดหยุ่น ซึ่งช่วยรับแรงกดอัดและกระจายแรงได้ดีกว่าดังนั้น แผ่นชิ้นไม้อัด 70/15/15 ที่มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่จึงมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่า

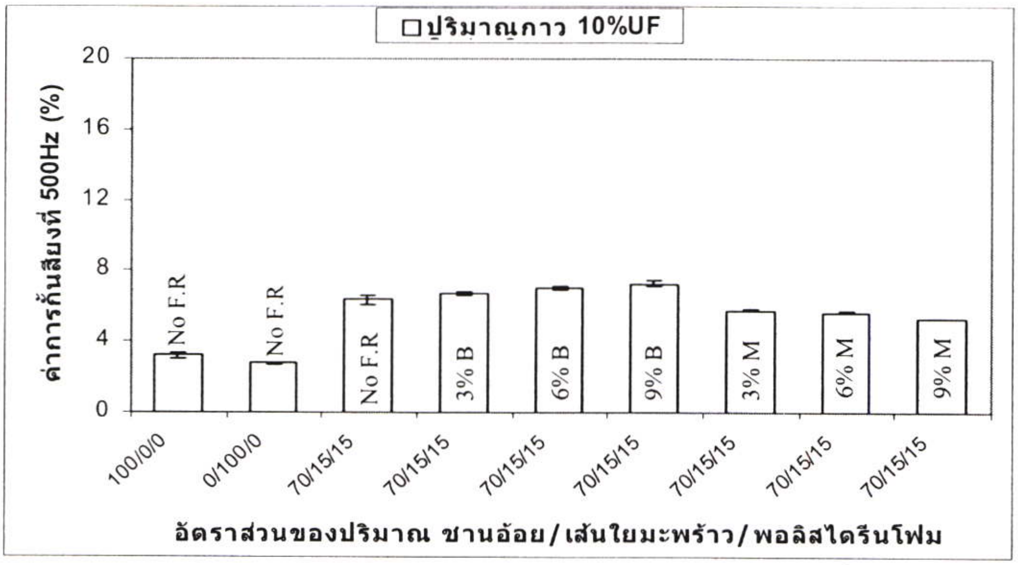
กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดที่อัตราส่วน 70/15/15

- แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟที่ปริมาณ 3%, 6% และ9% ทั้งชนิด H_3BO_3 และ $Mg(OH)_2$ มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ โดยปริมาณเปอร์เซ็นต์ของ H_3BO_3 และ $Mg(OH)_2$ ที่เพิ่มขึ้นจาก 3% เป็น 9% จะทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นลดลง แสดงว่า พันธะเชื่อมโยงในแผ่นชิ้นไม้อัดที่ปริมาณ 9% มีน้อยกว่าที่ปริมาณ 6% และ 3% ตามลำดับ
- เมื่อเปรียบเทียบ H_3BO_3 กับ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารเท่ากัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม $Mg(OH)_2$ มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสม H_3BO_3 แสดงว่า ในสภาวะเบสของ $Mg(OH)_2$ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์สร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวได้ดีกว่าในสภาวะกรดของ H_3BO_3 ซึ่งสภาวะเบสเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

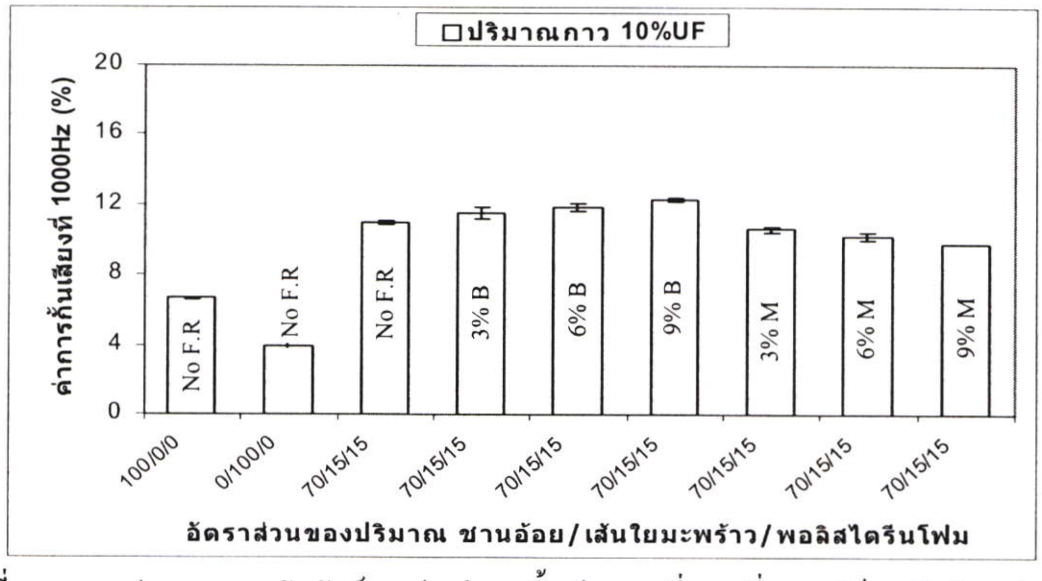
4.4.10 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่าการกั้นเสียงของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์



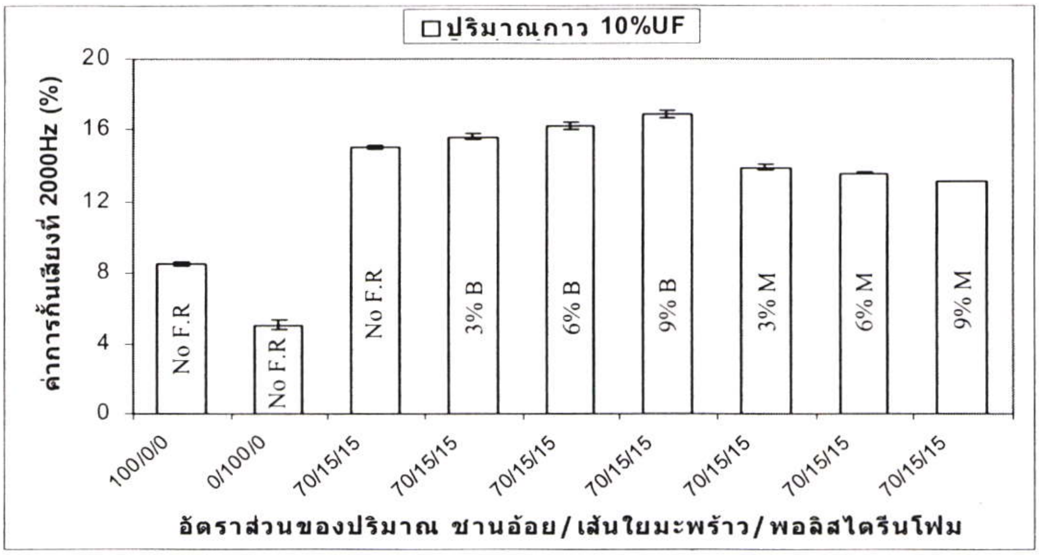
รูปที่ 4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่ 250 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีน โฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์-มาลดีไฮด์



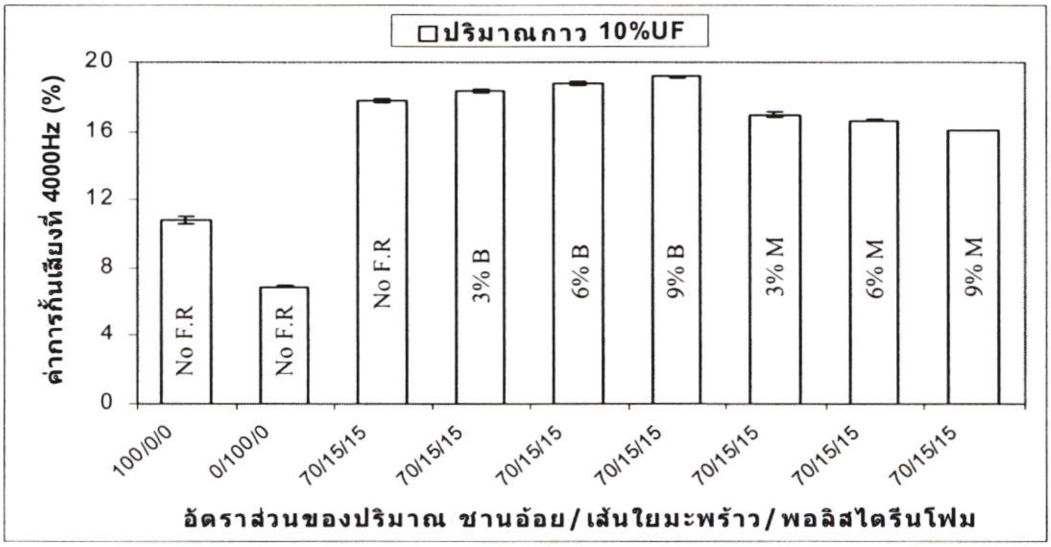
รูปที่ 4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่ 500 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์-มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่1000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์-มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่2000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่4000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

จากรูป 4.38-4.42 แสดงให้เห็นว่า

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

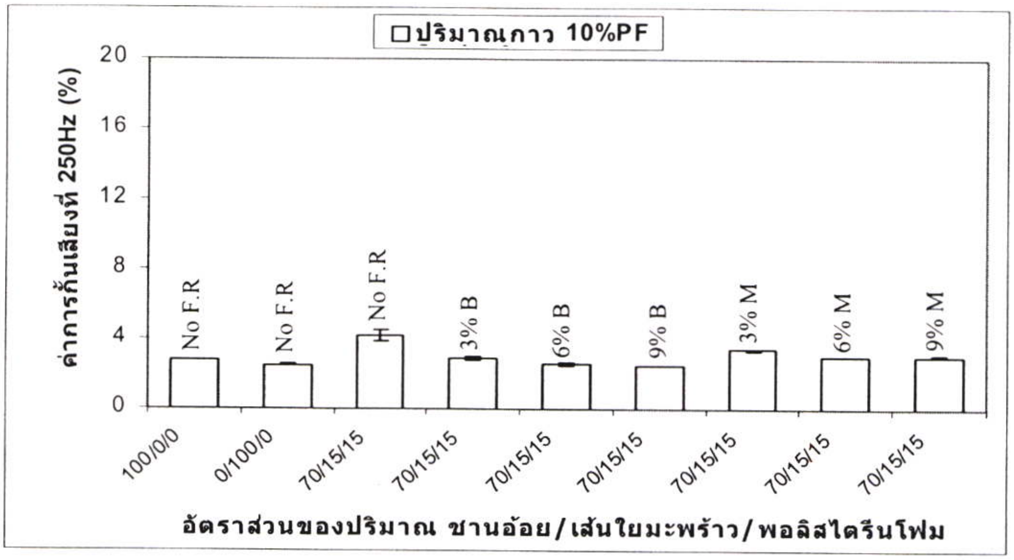
- แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงอัตราส่วน 70/15/15 มีค่าการกั้นเสียงสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงอัตราส่วน 100/0/0 และ 0/100/0 เนื่องจากอัตราส่วน 70/15/15 มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่ ซึ่งพอลิสไตรีนโฟมมีโครงสร้างเป็นรูพรุนสูง ทำให้มีสมบัติในการกั้นเสียงได้ดี

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่อัตราส่วน 70/15/15

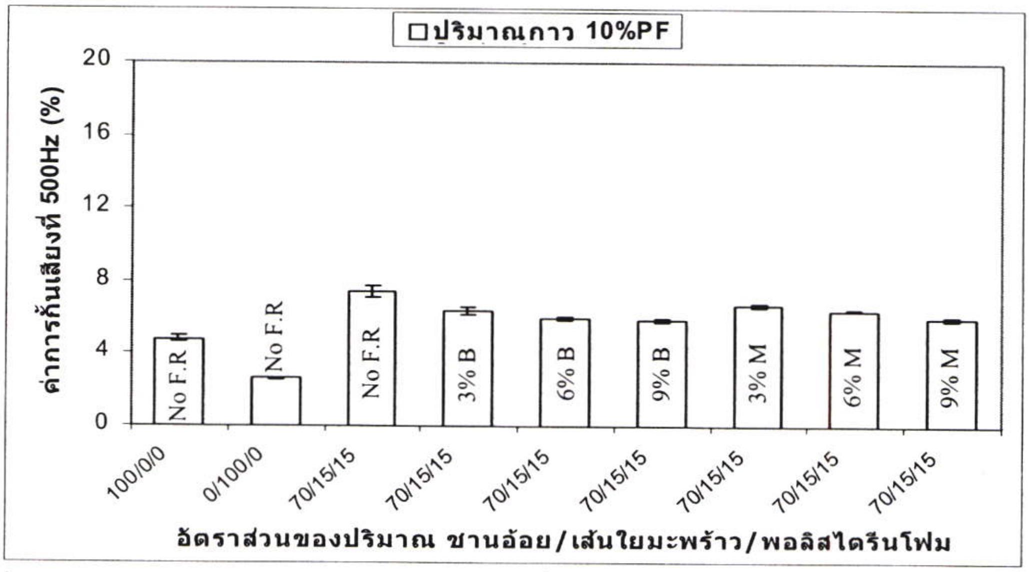
- แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสม H_3BO_3 ทั้งปริมาณ 3%, 6% และ9% มีค่าการกั้นเสียงสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ เนื่องจาก H_3BO_3 ทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นกรด ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสม [1] โดยจะช่วยเร่งปฏิกิริยาให้จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์กับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวมีมากขึ้นในระหว่างทำการอัดร้อน ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงมีความแข็งแรงขึ้น ดังนั้น พลังงานคลื่นเสียงที่ตกกระทบบนแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสม H_3BO_3 ที่มีความแข็งแรงของแผ่นสูงกว่า จะมีการสูญเสียพลังงานที่ใช้ทำให้ผิวหน้าของผนังรูพรุน และโมเลกุลของอากาศในรูพรุนเกิดการสั่นตัวมากกว่า[18-22] ทำให้พลังงานคลื่นเสียงที่ทะลุผ่านแผ่นออกมามีค่าน้อย ส่งผลให้แผ่นมีค่าการกั้นเสียงที่สูงกว่า โดยค่าการกั้นเสียงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ H_3BO_3 เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสม $Mg(OH)_2$ ทั้งปริมาณ 3%, 6% และ9% มีค่าการกั้นเสียงต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ เนื่องจาก $Mg(OH)_2$ จะทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นเบส ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้จำนวนการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวน้อยลง ความแข็งแรงของแผ่นจึงลดลง ส่งผลให้พลังงานคลื่นเสียงที่ตกกระทบบนแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสม $Mg(OH)_2$ จะมีการสูญเสียพลังงานที่ใช้ทำให้ผิวหน้าของผนังรูพรุน และโมเลกุลของอากาศในรูพรุนเกิดการสั่นตัวน้อย พลังงานคลื่นเสียงที่ทะลุผ่านแผ่นออกมาจึงมีมาก ทำให้แผ่นมีค่า การกั้นเสียงต่ำกว่า โดยค่าการกั้นเสียงมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อปริมาณ $Mg(OH)_2$ เพิ่มขึ้น

- เมื่อเปรียบเทียบ H_3BO_3 กับ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารเท่ากัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสม H_3BO_3 มีค่าการกั้นเสียงสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสม $Mg(OH)_2$ เนื่องจาก H_3BO_3 ทำให้สารละลายกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีสภาวะเป็นกรด ซึ่งในสภาวะที่เป็นกรด กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์จะสร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวได้ดีกว่าในสภาวะที่เป็นเบสของ $Mg(OH)_2$ ทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสม H_3BO_3 มีความแข็งแรงของแผ่นสูงกว่า ส่งผลให้พลังงานคลื่นเสียงที่ตกกระทบบนแผ่นที่ผสม H_3BO_3 จะมีการสูญเสียพลังงานที่ใช้ทำให้ผิวหน้าของผนังรูพรุน และโมเลกุลของอากาศในรูพรุนเกิดการสั่นตัวมากกว่า ทำให้พลังงานคลื่นเสียงที่ทะลุผ่านแผ่นออกมามีน้อย ดังนั้น แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสม H_3BO_3 จึงมีค่าการกั้นเสียงสูงกว่า

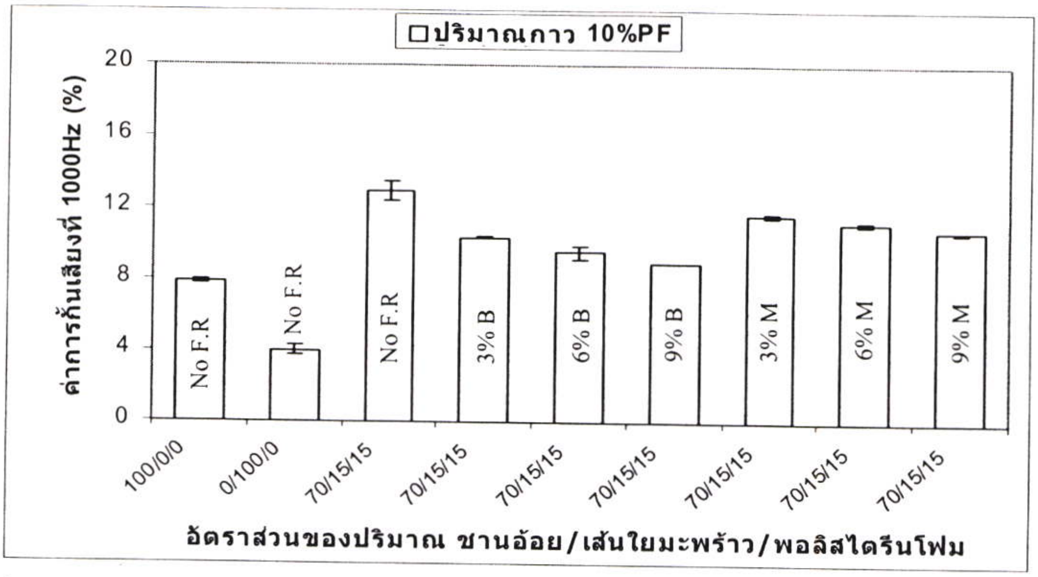
4.4.11 ผลของสารต้านทานการลามไฟที่มีต่อค่าการกั้นเสียงของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์



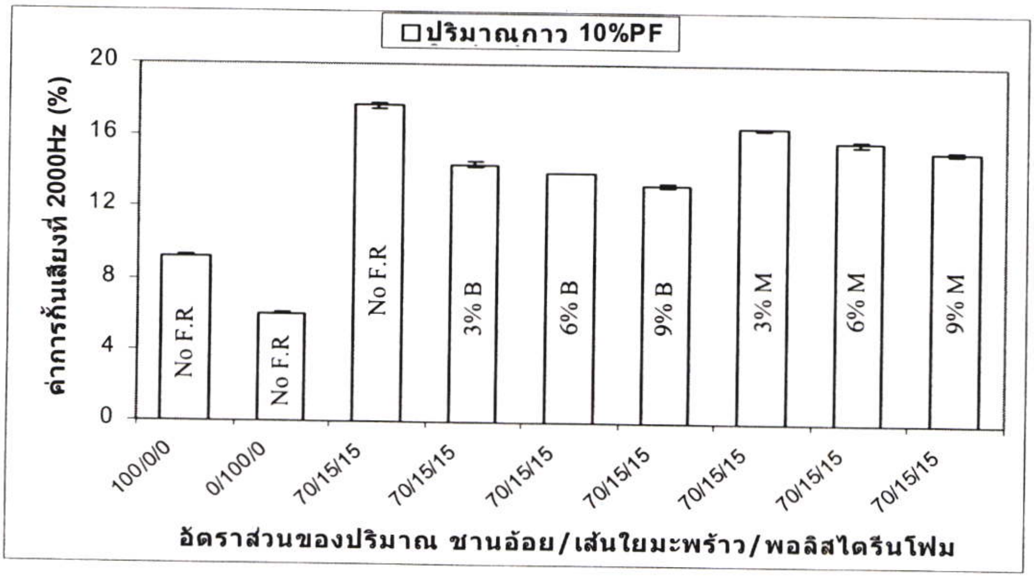
รูปที่ 4.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่ 250 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์



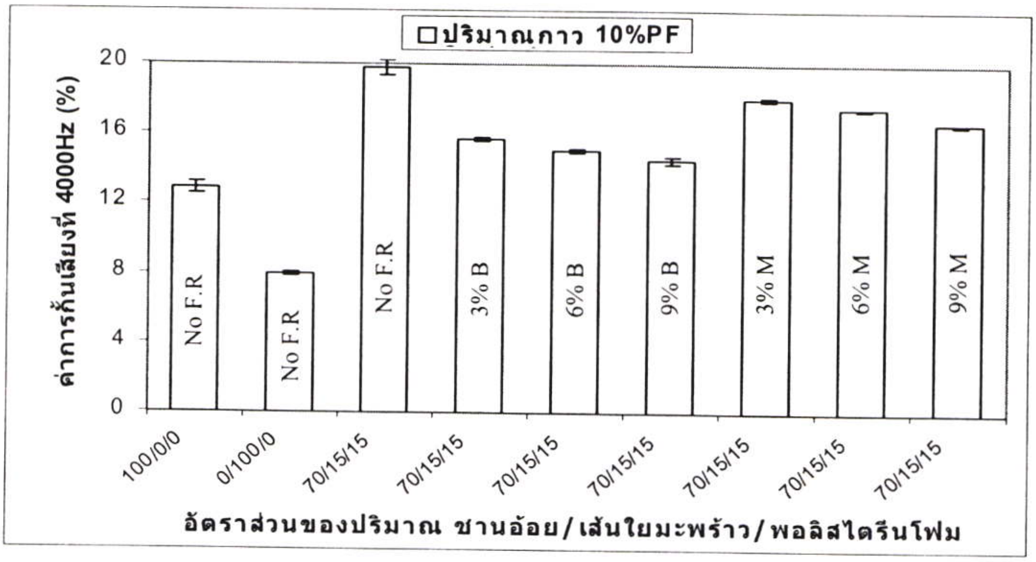
รูปที่ 4.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง (%) ที่ความถี่ 500 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่1000เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่2000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์



รูปที่ 4.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกั้นเสียง(%) ที่ความถี่4000 เฮิร์ตซ กับอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่ปริมาณกาว 10% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.43-4.47 แสดงให้เห็นว่า

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ

- แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงอัตราส่วน 70/15/15 มีค่าการกั้นเสียงสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงอัตราส่วน 100/0/0 และ 0/100/0 เนื่องจากอัตราส่วน 70/15/15 มีพอลิสไตรีนโฟมผสมอยู่ ซึ่งพอลิสไตรีนโฟมมีโครงสร้างเป็นรูพรุนสูง ทำให้มีสมบัติในการกั้นเสียงได้ดี

กรณีแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่อัตราส่วน 70/15/15

- แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสมสารต้านทานการลามไฟที่ปริมาณ 3%, 6% และ9% ทั้งชนิด H_3BO_3 และ $Mg(OH)_2$ มีค่าการกั้นเสียงต่ำกว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ เนื่องจาก แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงทั้งแผ่นที่ผสม H_3BO_3 และแผ่นที่ผสม $Mg(OH)_2$ มีพันธะเชื่อมโยงภายในแผ่นต่ำ จึงทำให้ความแข็งแรงของแผ่นทั้งสองต่ำกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟ ส่งผลให้แผ่นที่ผสม H_3BO_3 และแผ่นที่ผสม $Mg(OH)_2$ มีค่าการกั้นเสียงที่ต่ำกว่า โดยสารต้านทานการลามไฟแต่ละชนิด มีแนวโน้มของค่าการกั้นเสียงลดลงเมื่อปริมาณสารเพิ่มขึ้น

- เมื่อเปรียบเทียบ H_3BO_3 กับ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารเท่ากัน พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสม $Mg(OH)_2$ มีค่าการกั้นเสียงสูงกว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสม H_3BO_3 แสดงว่าในสภาวะเบสของ $Mg(OH)_2$ กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์สร้างพันธะเชื่อมโยงกับหมู่ไฮดรอกซิลของชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวได้ดีกว่า ทำให้มีความแข็งแรงของแผ่นมากกว่าส่งผลให้มีค่าการกั้นเสียงสูงกว่าในสภาวะกรดของ H_3BO_3 ซึ่งสภาวะเบสเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

4.5 เปรียบเทียบกับแผ่นชิ้นไม้อัดมาตรฐานสากลและแผ่นยิปซัม

จากผลการทดลองนี้ พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวผสมพอลิสไตรีนโฟมที่อัตราส่วน 0/85/15 ซึ่งใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (สูตรที่2) และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (สูตรที่5) ให้สมบัติทางกายภาพที่ดีและให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวที่สูง ขณะที่แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากชานอ้อยผสมพอลิสไตรีนโฟมที่อัตราส่วน 85/0/15 ซึ่งใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (สูตรที่7) และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (สูตรที่10) ให้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่สูง จากเหตุผลข้างต้นจึงทำการเลือกทั้ง 4 สูตร ดังกล่าว มาเปรียบเทียบกับสมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดมาตรฐานสากล (International Standard particleboard) กับแผ่นยิปซัม (Gypsum board) ยี่ห้อหนึ่งที่มีขายตามท้องตลาด ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบสมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นชิ้นไม้อัดมาตรฐานสากลและแผ่นยิปซัมยี่ห้อหนึ่งที่มีขายตามท้องตลาด [1]

สมบัติ	แผ่นชิ้นไม้อัดมาตรฐานสากล[1]							แผ่นยิปซัม[2]	สูตรแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่เลือกจากผลการทดลอง[3]			
	มอก. 876-2532	ANIS/ A208.1 1993 type M-S	BS 5669 1979	JIS A 5908 1994 type 13	CAN3 0188.3-M.82 type GY	DIN 68763-1990 V20	DIN 68763-1990 V100		2	5	7	10
ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.68	0.30	0.30	0.30	0.32
มอดุลัสแตกร้าว MOR (MPa)	13.8	12.5	13.8	13	14	6-18	19	3.09	2.83	2.94	2.13	2.48
มอดุลัสยืดหยุ่น MOE (MPa)	2,000	1,900	2,000	2,500	2,500	ND	ND	269.37	148.61	157.46	187.38	201.35
การดูดซึมน้ำ 24ชม. (%)	80	ND	ND	ND	ND	ND	ND	51.53	136.21	127.62	169.46	151.84
การพองตัวทางความหนา 24ชม. (%)	12 (1 hr)	ND	12 (1 hr)	12	ND	16	12	2.31	2.82	2.34	5.65	5.40
การกั้นเสียง (%) 250 Hz	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4.07	1.74	2.10	2.99	3.66
500 Hz	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.72	3.54	5.34	6.36	8.49
1000 Hz	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	11.45	7.35	8.94	11.54	12.89
2000 Hz	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	15.12	10.12	12.72	17.05	19.58
4000 Hz	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	16.76	11.89	14.76	19.23	21.28

หมายเหตุ

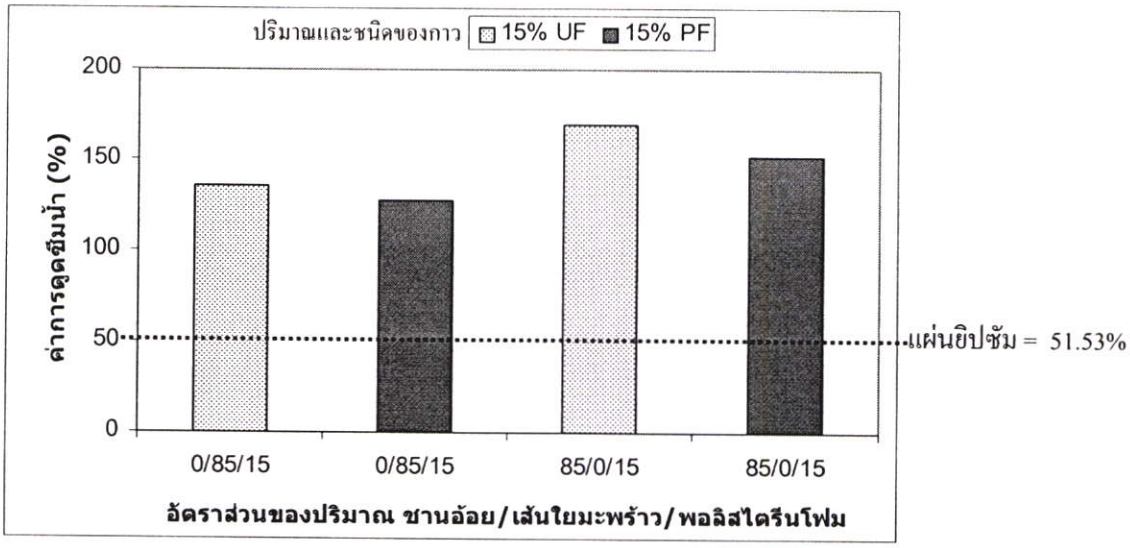
(1)รายชื่อแผ่นชิ้นไม้อัดมาตรฐานสากลแต่ละประเทศ [1]

* ไทย มอก.876-2532 = มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ:ความหนาแน่นปานกลาง
* อเมริกา ANIS/A 208.1 1993 = มาตรฐานสำหรับเตรียมแผ่นชิ้นไม้อัด
* อังกฤษ BS 5669 1979 = มาตรฐานสำหรับแผ่นชิ้นไม้สับและวิธีทดสอบแผ่นชิ้นไม้อัด
* ญี่ปุ่น JIS A 5908 1994 = แผ่นชิ้นไม้อัด
* แคนาดา CAN3-0188.3-M.82 =มาตรฐานการทดสอบของแผ่นชิ้นไม้อัดและแผ่นชิ้นไม้เกล็ดใหญ่ที่เตรียมได้
* เยอรมัน DIN 68763-1990 = มาตรฐานแผ่นชิ้นไม้อัดที่ใช้ในการก่อสร้าง

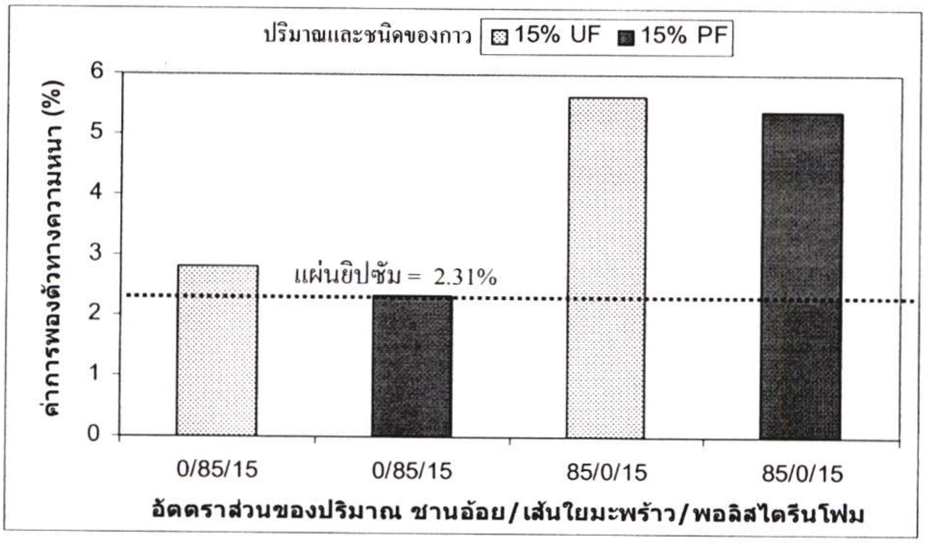
(2)แผ่นยิปซัมยี่ห้อหนึ่งที่มีขายตามท้องตลาด (ความหนาแน่น = 0.68 กรัม/ลบ.ซม.)

(3)สูตรแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่เลือกจากผลการทดลอง (ความหนาแน่น = 0.3 กรัม/ลบ.ซม.)

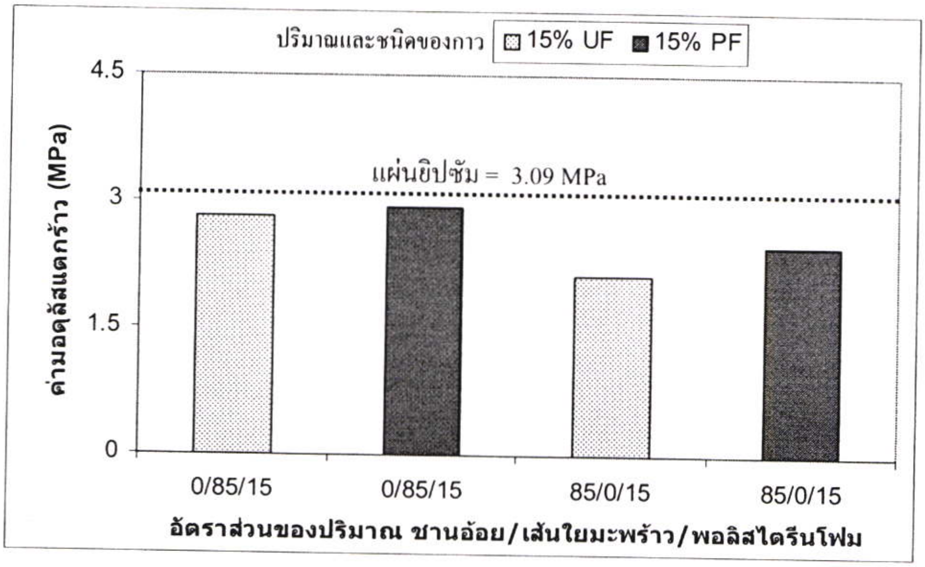
ND = ไม่มีข้อมูล



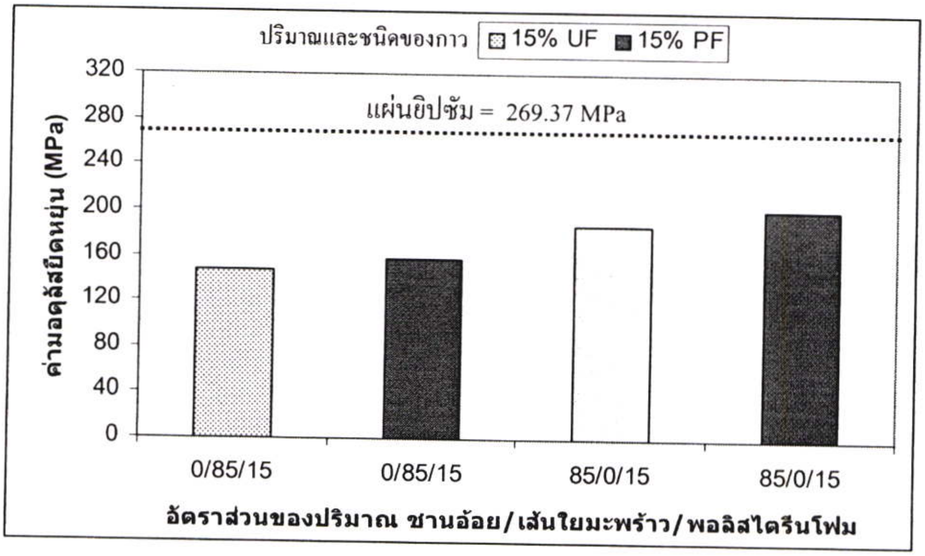
รูปที่ 4.48 กราฟเปรียบเทียบค่าการดูดซึมน้ำ (%) ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม



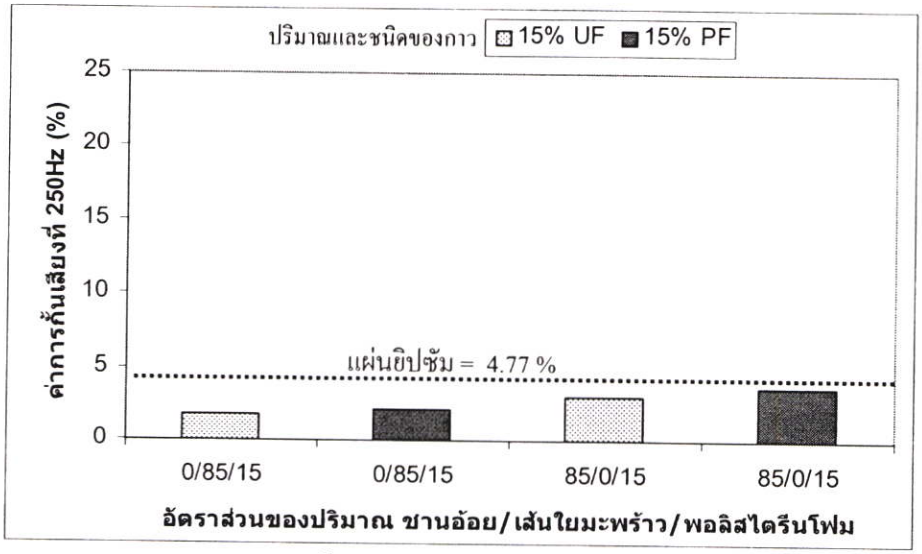
รูปที่ 4.49 กราฟเปรียบเทียบค่าการพองตัวทางความหนา (%) ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม



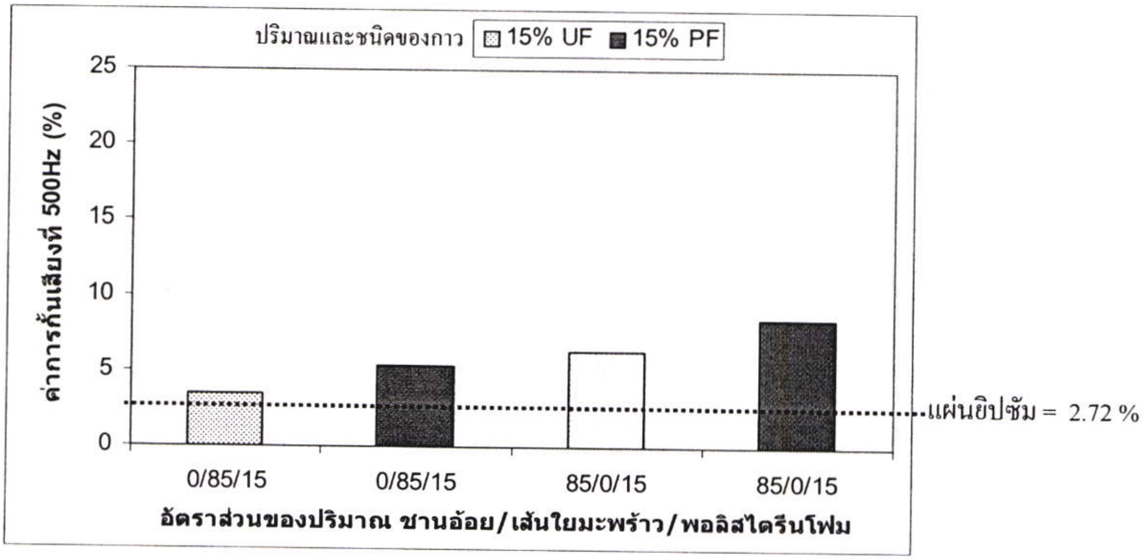
รูปที่ 4.50 กราฟเปรียบเทียบค่ามอดุลัสแตกร้าว (MPa) ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม



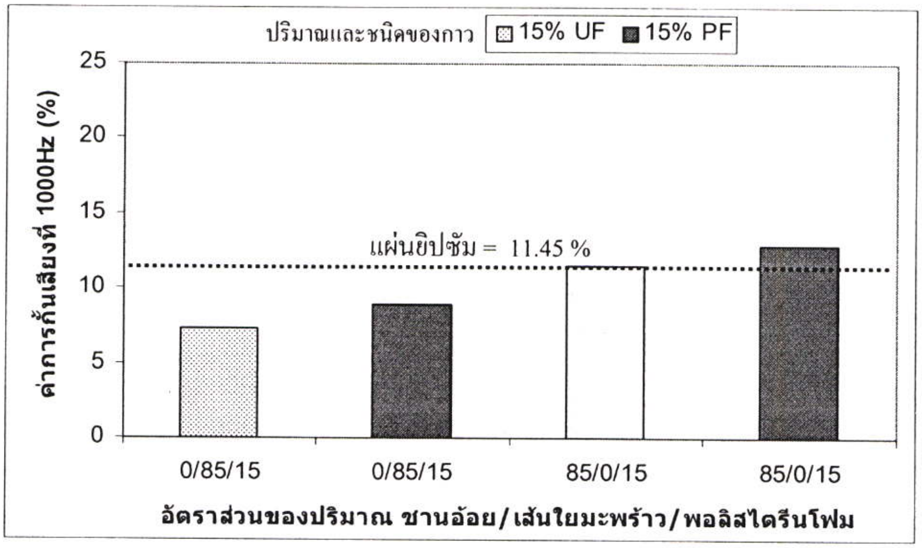
รูปที่ 4.51 กราฟเปรียบเทียบค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม



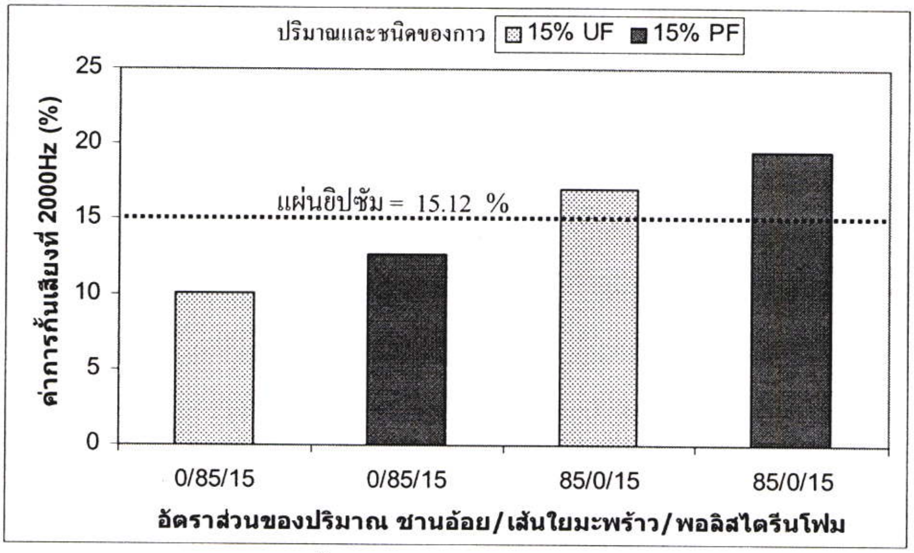
รูปที่ 4.52 กราฟเปรียบเทียบค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 250 เฮิร์ตซ ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม



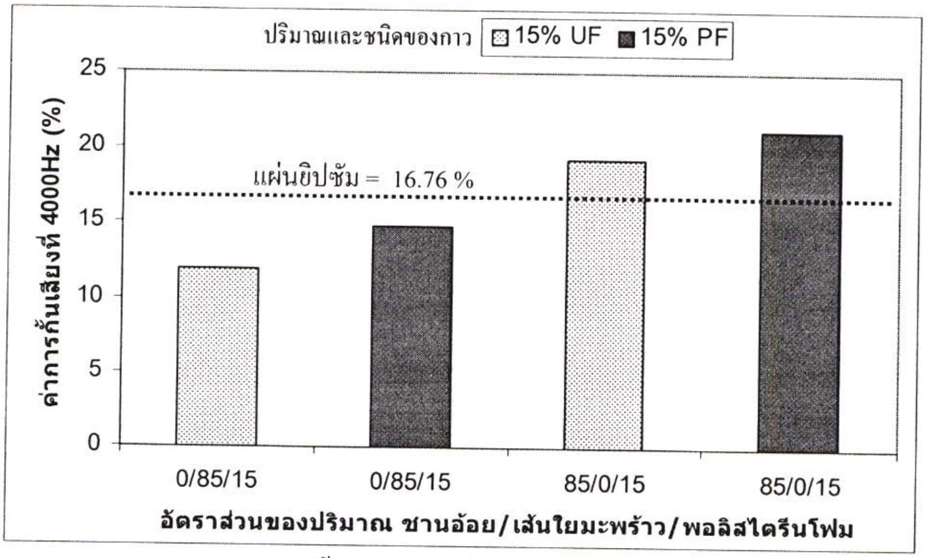
รูปที่ 4.53 กราฟเปรียบเทียบค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 500 เฮิร์ตซ ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม



รูปที่ 4.54 กราฟเปรียบเทียบค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 1000 เฮิร์ตซ ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม



รูปที่ 4.55 กราฟเปรียบเทียบค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 2000 เฮิร์ตซ ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม



รูปที่ 4.56 กราฟเปรียบเทียบค่าการกั้นเสียง (%) ที่ 4000 เฮิร์ตซ ของอัตราส่วนของปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัม

จากตารางที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นชิ้นไม้อัดมาตรฐานสากล พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงทั้ง 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 2 สูตรที่ 5 ที่มีอัตราส่วน 0/85/15 กับ สูตรที่ 7 และสูตรที่ 10 ที่มีอัตราส่วน 85/0/15 มีสมบัติเชิงกลและค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานแต่มีค่าการพองตัวทางความหนาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

จากรูปที่ 4.48-4.56 พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากชานอ้อยผสมพอลิสไตรีนโฟมของกาวทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ สูตรที่7 และ สูตรที่ 10 มีค่าการกั้นเสียงที่ 2000เฮิร์ตซและ4000เฮิร์ตซสูงกว่าแผ่นยิปซัม ขณะที่แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวผสมพอลิสไตรีนโฟมของกาวทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ สูตรที่ 2 และสูตรที่ 5 มีค่ามอดุลัสแตกร้าวต่ำกว่าแผ่นยิปซัมเล็กน้อยและในกรณีแผ่นที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (สูตรที่ 5) ยังมีค่าการพองตัวทางความหนาใกล้เคียงกับแผ่นยิปซัมอีกด้วย

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของเส้นใยมะพร้าวที่มีต่อแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงทำจากชานอ้อย โดยนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้แล้ว ในอัตราส่วนต่างๆกัน มาผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียง ที่มีความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม. โดยทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ซึ่งใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด จากนั้นจึงนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การดูดซึมน้ำและการพองตัวทางความหนา สมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่ามอดุลัสแตกร้าวและค่ามอดุลัสยืดหยุ่น และสมบัติการกั้นเสียง โดยทำการศึกษาทดลองแยกออกเป็น 4 ขั้นตอน ด้วยกัน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาขนาดเส้นใยมะพร้าวที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด โดยผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่มีการผสมระหว่าง เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม ในอัตราส่วน 85/15 ที่ปริมาณกาวทั้งสองชนิด 15% โดยเลือกศึกษาเส้นใยมะพร้าวที่มีขนาด 51-80 เมช 21-50 เมช และ< 20 เมช

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมและไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม โดยทำการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่มีส่วนผสมของ ชานอ้อย/เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม ดังนี้ ในกรณีแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสมพอลิสไตรีนโฟมใช้อัตราส่วนการผสมที่ 85/0/15 และ 0/85/15 ส่วนกรณีแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟมใช้อัตราส่วนผสมที่ 100/0/0 และ 0/100/0 โดยในแต่ละอัตราส่วนใช้กาวทั้งสองชนิดในปริมาณกาว 15%

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาปริมาณชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด โดยผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากอัตราส่วนต่างๆกันของ ชานอ้อย เส้นใยมะพร้าวและพอลิสไตรีนโฟม ในอัตราส่วนดังนี้ 85/0/15, 70/15/15, 42.5/42.5/15, 70/15/15 และ 0/85/15 โดยในแต่ละอัตราส่วนใช้กาวทั้งสองชนิดในปริมาณ10% และ15%

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารต้านทานการลามไฟ โดยผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ผสมสารต้านทานการลามไฟ 2 ชนิด คือ H_3BO_3 และ $Mg(OH)_2$ ที่ปริมาณ 3%, 6% และ9 % ซึ่งทำการผสมลงในแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงอัตราส่วน 70/15/15 ใช้กาวทั้งสองชนิดในปริมาณ 10%

จากผลการทดลองสรุปว่า

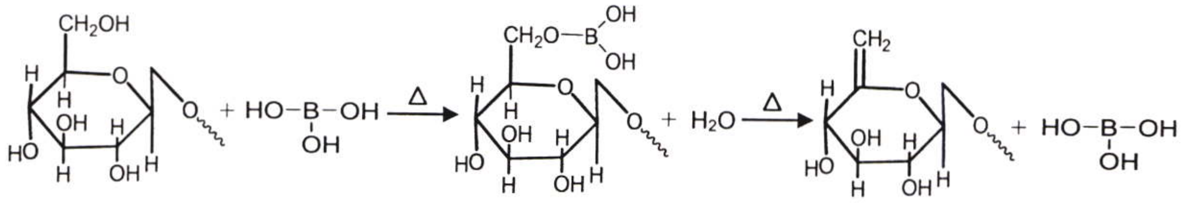
ขั้นตอนที่ 1 เลือกใช้เส้นใยมะพร้าวขนาด 21-50 เมช เพราะ เตรียมได้ง่ายกว่าเส้นใยมะพร้าวขนาด <20 เมช และให้ค่าสมบัติเชิงกลและค่าการกั้นเสียงใกล้เคียงกัน ส่วนเส้นใยมะพร้าวขนาด 51-80 เมช มีสมบัติต่างๆต่ำกว่า

ขั้นตอนที่ 2 การผสมพอลิสไตรีนโฟมในแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่เตรียมจากชานอ้อย(85/0/15) หรือเตรียมจากเส้นใยมะพร้าว (0/85/15) มีผลทำให้แผ่นมีสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติการกั้นเสียงดีกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ไม่ผสมพอลิสไตรีนโฟม (100/0/0 และ0/100/0) พอลิสไตรีนโฟมที่ผสมลงไปมีผลทำให้ ค่าการดูดซึมน้ำและค่าการพองตัวทางความหนาลดลง แต่ทำให้ค่ามอดุลัสแตกร้าว ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นและค่าการกั้นเสียงสูงขึ้น

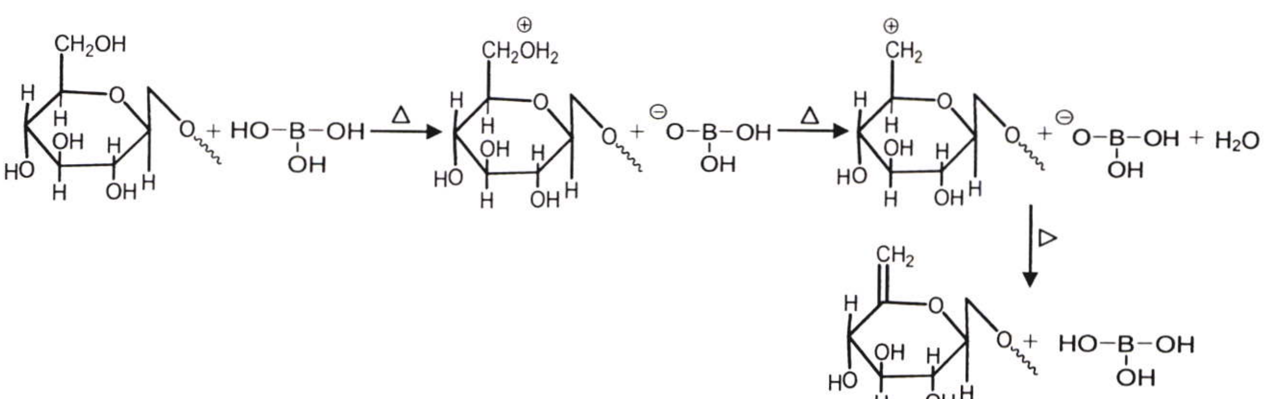
ขั้นตอนที่ 3 แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่มีปริมาณเส้นใยมะพร้าวเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่ามอดุลัสแตกร้าวสูงขึ้น แต่มีค่าการดูดซึมน้ำ ค่าการพองตัวทางความหนา ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นและค่าการกั้นเสียงลดลง สำหรับปริมาณกาวที่เพิ่มขึ้นจาก 10% เป็น 15% มีผลทำให้ ค่ามอดุลัสแตกร้าวและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น แต่มีค่าการดูดซึมน้ำและค่าการพองตัวทางความหนาลดลง ส่วนค่าการกั้นเสียงมีค่าใกล้เคียงกัน

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบการเผาไหม้ สรุปได้ว่า การหน่วงการติดไฟของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงขึ้นอยู่กับชนิดของสารต้านทานการลามไฟและกาวที่ใช้ ซึ่งในการทดลองนี้ H_3BO_3 มีประสิทธิภาพการหน่วงการติดไฟดีกว่า $Mg(OH)_2$ และการใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ดีกว่าการใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

กลไกปฏิกิริยาการหน่วงไฟเมื่อใช้ H_3BO_3



ก). ปฏิกิริยา esterification

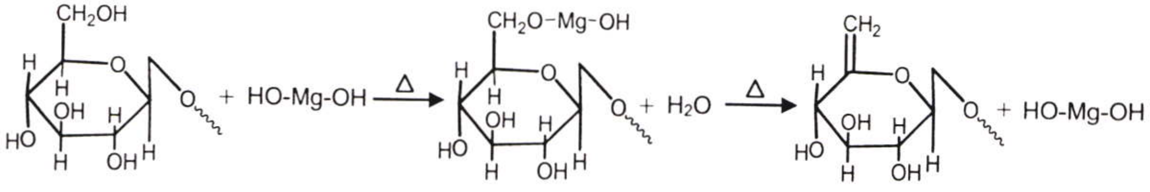


ข). ปฏิกิริยา protonation

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของ H_3BO_3

$$2H_3BO_3 \xrightarrow{\Delta} B_2O_3 + 3H_2O$$

กลไกปฏิกิริยาการหน่วงไฟเมื่อใช้ $Mg(OH)_2$



ก). ปฏิกิริยา esterification

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของ $Mg(OH)_2$

$$Mg(OH)_2 \xrightarrow{\Delta} MgO + H_2O$$

เมื่อเปรียบเทียบสารยึดติดระหว่างกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์กับกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ พบว่า การใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด มีผลทำให้แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียง มีค่ามอดุลัสแตกร้าว ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ค่าการกั้นเสียง ความทนทานต่อการดูดซึมน้ำและความทนทานต่อการพองตัวทางความหนาดีกว่าการใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เล็กน้อย ขณะที่กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์มีประสิทธิภาพการหน่วงการติดไฟดีกว่ากาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับกรดบอริก (H_3BO_3)

เมื่อเปรียบเทียบแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่เลือกจากผลการทดลองกับแผ่นยิปซัมยี่ห้อหนึ่งที่มีขายตามท้องตลาด พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากชานอ้อยผสมพอลิสไตรีนโฟมของกาวทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ สูตรที่7 และ สูตรที่10 มีค่าการกั้นเสียงที่ 2000เฮิร์ตซและ4000เฮิร์ตซ สูงกว่าแผ่นยิปซัม ขณะที่แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวผสมพอลิสไตรีนโฟมของกาวทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ สูตรที่ 2 และ สูตรที่ 5 มีค่ามอดุลัสแตกร้าวต่ำกว่าแผ่นยิปซัมเล็กน้อย

จากผลการทดลองทั้งหมดของงานวิจัยนี้ สาระสำคัญที่พบได้แก่

1. แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากชานอ้อยหรือมีส่วนผสมของชานอ้อยมากกว่ามีสมบัติการกั้นเสียงที่ดีกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวหรือมีส่วนผสมของเส้นใยมะพร้าวมากกว่า

2. สมบัติการต้านทานการลามไฟของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงขึ้นอยู่กับชนิดของกาวที่ใช้รวมทั้งชนิดและปริมาณของสารต้านทานการลามไฟ

3. แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และมีการผสม H_3BO_3 มีประสิทธิภาพในการหน่วงการติดไฟดีที่สุด

4. $Mg(OH)_2$ มีประสิทธิภาพการหน่วงไฟที่ดีเมื่อใช้กับกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ แต่ H_3BO_3 มีประสิทธิภาพการหน่วงไฟที่ดีเมื่อใช้กับกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

5. แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์มีสมบัติการกั้นเสียงดีกว่ากาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

6. แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์และไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟมีการติดไฟอยู่ในระดับ "สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง" ในขณะที่แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์และไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟมีการติดไฟอยู่ในระดับ "อัตราการเผาไหม้"

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในกระบวนการผสมกาว ควรใช้เครื่องผสมแรงดันลมที่มีหัวฉีดพ่นกาว เพื่อให้กาวมีอนุภาคขนาดเล็กและกระจายตัวไปบนเส้นใยได้ดี ซึ่งทำให้ช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงได้
2. ทำการผสมสารเร่งแข็งลงในกาว ซึ่งเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาให้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างกาวกับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสได้เร็วขึ้นขณะทำการอัดร้อน เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกล
3. ควรเพิ่มวิธีการทดสอบสมบัติในเชิงสะท้อนกลับของเสียง ซึ่งทำให้ผลของค่าการกั้นเสียงมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.3 การนำไปใช้ประโยชน์

1. นำไปเป็นวัสดุบุฝาผนังหรือเพดานห้อง เพื่อลดระดับความดังของเสียงที่จะเข้ามาภายในห้องและยังช่วยหน่วงการติดไฟขณะเกิดเพลิงไหม้ได้
2. นำไปทำเป็นของตกแต่งภายในบ้าน เช่น กรอบรูป กล่องลำโพง ใช้ติดแผ่นป้ายโฆษณาเป็นต้น
3. สามารถใช้เป็นวัสดุกึ่งกันกระแทกได้ เนื่องจากแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงมีส่วนผสมของพอลิสไตรีนโฟม ซึ่งเป็นวัสดุกันกระแทกอยู่แล้ว

เอกสารอ้างอิง

[1] วรธรรม อุ่นจิตติชัย. **เทคโนโลยีทางไม้เกี่ยวกับอุตสาหกรรม การผลิตแผ่นปาร์ติเกิล (แผ่นชิ้นไม้อัด) และกรรมวิธีผลิต.** กรุงเทพมหานคร: กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. 2541.

[2] Wiriya Sangsavrang. "Properties Engineering of Particleboard by using the Water Hyachinth as the Raw Material" Bachelor of Engineering Degree, King Mongkut's University of Technology Thonburi. 2002.

[3] กิตติศักดิ์ บัวศรี. "การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโน โลยีวัสดุ คณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2544.

[4] Femandez, J.O., and Pena E. "Characterzation of Sugar cane Fibrous Elememts" In B. Nopompeth (ed), **International Society of Sugar Cane Technologists**, 1995. pp. 1032-1041

[5] Made and Chen. **Cane Sugar Hanbook,** 10^{th} ed. Toronto: Jonh Wiley and Sons Inc, 1977. pp. 947

[6] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. **การพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร**. วารสารการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร, ปีที่14, ฉบับที่ 4, 2542. หน้า 1-8.

[7] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. **โครงการศึกษาวิจัยผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาล.** สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม, 2540. หน้า 3-168.

[8] วรธรรม อุ่นจิตติชัย และ จรัล ทองสถิตย์. **พฤติกรรมการดีดคืนและการหดตัวทางความหนาของแผ่นในการผลิตแผ่นใยไม้อัดฉนวนจากชานอ้อย.** กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักงานวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, 2538. หน้า 5-29.

[9] สโรชา เจริญวัย. 2002. **ฉนวนความร้อน.** [Online]. Available: http.//www.geocities.com/ /veefurniture/04.html

[10] Sarocha C., Joseph K. and Jongjit H. "New Insulating Particleboards from Durian and Coconut Coir" **Building and Enviroment**, vol.38,No.3, 2002. pp. 435-441

[11] Preecha Kiatkrajay. "Adesives and Adhesion between Wood Substrates" Bangkok, Forestry Faculty. Krasetsart University,1988.

[12] Skeist I. Editor. "Handbook of Adhesives" **Van Nostrand Reinhold**, 3nd Ed. New York: 1989.

[13] Gray, V.R. "Wetting Adhesion and Penetration of Surface Coating on Wood" **Journal of the Oil and Colour Chemists Association**, vol.44, 1961. pp. 756-758

[14] Hse, C-Y. "Properties of Phenolic Adhesion on Related to Bond Quality in Southern Pine Plywood" **Forest Products Journal**, vol.21, Issue1, 1971. pp. 44-52

[15] มาลินี ชัยศุภกิจสิทธ์. **เคมีพอลิเมอร์.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2538.

[16] นพมณี ชิโนคม. "การหาค่าพารามิเตอร์ของการตัดโฟมด้วยลวดความร้อน" ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2547.

[17] Klempner D. and Frisch K.C. **Handbook of Polymeric Foams and Foam Technology**, New York: Hanser. 1991.

[18] ก่องกัญจน์ ภัทรากาญจน์ และ ธนกาญจน์ ภัทรากาญจน์. **คลื่น เสียง แสง**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2522. หน้า 148

[19] สมพงษ์ ใจดี. **คลื่น เสียง แสง**. กรุงเทพมหานคร: กรุงสยามการพิมพ์. 2523. หน้า 427

[20] Cunniff, P. **Enviromental Noise Pollution.** New York: John Wiley and Sons, 1977. pp. 210

[21] Reynolds, D.D. **Engnineering Principles of Acoustics Noise and Vibration Control.** Boston: Allyn and Bacon Inc, 1981. pp. 641

[22] Harris, C.M. **Handbook of Noise Control**, 2d ed. Taiwan: McGraw-Hill, Rain- Bridge, 1979.

[23] Horrocks Ar. And Price D. "Fire Retardant Material" **Institule of Natural Fibers**, Poland: Pozan, 2001. pp. 55-300

[24] น้ำทิพย์ เมธีธารา. "การศึกษาสารหน่วงไฟที่ไม่มีฮาโลเจนเป็นองค์ประกอบสำหรับโฟมพอลิยูรีเธนชนิดแข็ง" ปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2544.

[25] Thanawan A. "Sound Absorption and Thermal Insulation of Particleboard made from Bagasses and Polystyrene Foam" Master of Science Degree, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 2004.

[26] Puranan A. and Udomsak P. "Particleboards of Polystyrene/Bagasses for Sound Absorption" Bachelor of Science Degree, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 2001.

[27] Sirinun W. and Supansa O. "Particleboards of Polystyrene/Bagasses for Sound Absorption" Bachelor of Science Degree, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 2002.

[28] Sarocha C. "Delvelopment of New Particleboard from Durian Peel and Coconut Coir with Low Thermal Conductivity" Master of Engineering Degree, King Mongkut's University of Technology Thonburi. 2000.

[29] Noppanun N. "Development of Low Thermal Conductivity Particleboards with Optimized Durian Peel and Coconut Coir Mixture Ratio" Master of Engineering Degree, King Mongkut's University of Technology Thonburi. 2002.

[30] Xiaoqun M. et al. "Physical Properties of Medium-Density Wheat Straw Particleboard using Different Adhesives" **Lndustrial Crops and Products**, vol.11, Issue1, 2003. pp. 47-53

[31] Sampathrajan A. "Acoustic Aspects of Farm Residue-based Particle Boards" **Bioresource Technology**, vol.35, 1991. pp. 66-71.

[32] Henrich Lubke. "Flammability Parameter of Wood Tested on a Cone Calorimeter" **Polymer Degradation and Stability**, vol. 74, 2001. pp. 427-432

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. สูตรการคำนวณปริมาณสารต่างๆที่ใช้ในการทำแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียง

1. กำหนดค่าความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัด
2. ดูขนาดแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำขึ้น ซึ่งใช้ขนาด 30x30x0.9
3. สามารถหาน้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัด คำนวณได้จาก

น้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัด = ขนาดแผ่นชิ้นไม้อัด x ความหนาแน่นแผ่นชิ้นไม้อัด

4. เมื่อได้น้ำหนักของแผ่นชิ้นไม้อัดควรทำการเผื่อค่าการผิดพลาด ซึ่งใช้ค่า 3% ของน้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัด แล้วนำมาทำการบวกเพิ่มจากค่าน้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัดเดิม ซึ่งคำนวณได้จาก

น้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัด = น้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัดเดิม + น้ำหนักเผื่อค่าการผิดพลาด

5. กำหนดเปอร์เซ็นต์กาวที่ใช้ โดยเทียบกับน้ำหนักของแผ่นชิ้นไม้อัด
6. กำหนดอัตราส่วนของวัตถุดิบ ชานอ้อย/เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม เพื่อหาน้ำหนักของวัตถุดิบนั้นได้จากสูตร

น้ำหนักวัตถุดิบ = [อัตราส่วนวัตถุดิบx(100-%กาว*) /100]x[น้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัด/100] --------(1)

หมายเหตุ %กาว* = %กาวที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นชิ้นไม้อัดแต่ละสูตร

7. คำนวณหาน้ำหนักกาวที่ใช้

7.1 กรณีกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF) ให้กำหนดเปอร์เซ็นต์กาว แล้วนำไปคำนวณหาน้ำหนักกาวที่ใช้ โดยทำการชั่งผงกาวละลายน้ำ ในอัตราส่วน 60/40

น้ำหนักผงกาว(g) = [(%กาวxน้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัด) /ความเข้มข้นเนื้อกาวเริ่มต้น]x(60/100) ----(2)

น้ำหนักน้ำ(g) = [(%กาวxน้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัด) /ความเข้มข้นเนื้อกาวเริ่มต้น]x(40/100) ---------(3)

ความเข้มข้นของเนื้อกาว UF = 60

7.2 กรณีกาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF) ให้กำหนดเปอร์เซ็นต์กาว แล้วนำไปคำนวณหาน้ำหนักกาวที่ใช้ จากสูตร

น้ำหนักกาวที่ใช้(g) = [(%กาวxน้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัด) /ความเข้มข้นเนื้อกาวเริ่มต้น] ----------(4)

ความเข้มข้นของเนื้อกาว PF = 45

ตัวอย่างการคำนวณสูตรการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (UF)

กำหนดค่าความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม.

ขนาด 30x30x0.9 เซนติเมตร

น้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัด = 30x30x0.9x0.3 = 243 กรัม

เผื่อค่าน้ำหนักการผิดพลาด = 0.03x243 = 7.29 กรัม

น้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัดรวมค่าน้ำหนักการผิดพลาด = 243+7.29 ≈ 250 กรัม

ใช้ปริมาณกาว 15% ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์

กำหนดอัตราส่วนของวัตถุดิบ ชานอ้อย/เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม ที่ 70/15/15

จากสูตร (1) น้ำหนักชานอ้อย = [70x(100-15)/100] x [250/100] = 148.75 กรัม

จากสูตร (1) น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว = [15x(100-15)/100] x [250/100] = 31.88 กรัม

จากสูตร (1) น้ำหนักพอลิสไตรีนโฟม = [15x(100-15)/100] x [250/100] = 31.88 กรัม

จากสูตร (2) น้ำหนักผงกาว = [(15x250)/60] x [60/100] = 37.5 กรัม

จากสูตร (3) น้ำหนักน้ำ = [(15x250)/60] x [40/100] = 25 กรัม

ปริมาณน้ำหนักรวม = 148.75+31.88+31.88+37.5+25 = 275.01 กรัม

ตัวอย่างการคำนวณสูตรการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (PF)

กำหนดค่าความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม.

ขนาด 30x30x0.9 เซนติเมตร

น้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัด = 30x30x0.9x0.3 = 243 กรัม

เผื่อค่าน้ำหนักการผิดพลาด = 0.03x243 = 7.29 กรัม

น้ำหนักแผ่นชิ้นไม้อัดรวมค่าน้ำหนักการผิดพลาด = 243+7.29 ≒ 250 กรัม

ใช้ปริมาณกาว 15% ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

กำหนดอัตราส่วนของวัตถุดิบ ชานอ้อย/เส้นใยมะพร้าว/พอลิสไตรีนโฟม ที่ 70/15/15

จากสูตร (1) น้ำหนักชานอ้อย = [70x(100-15)/100] x [250/100] = 148.75 กรัม

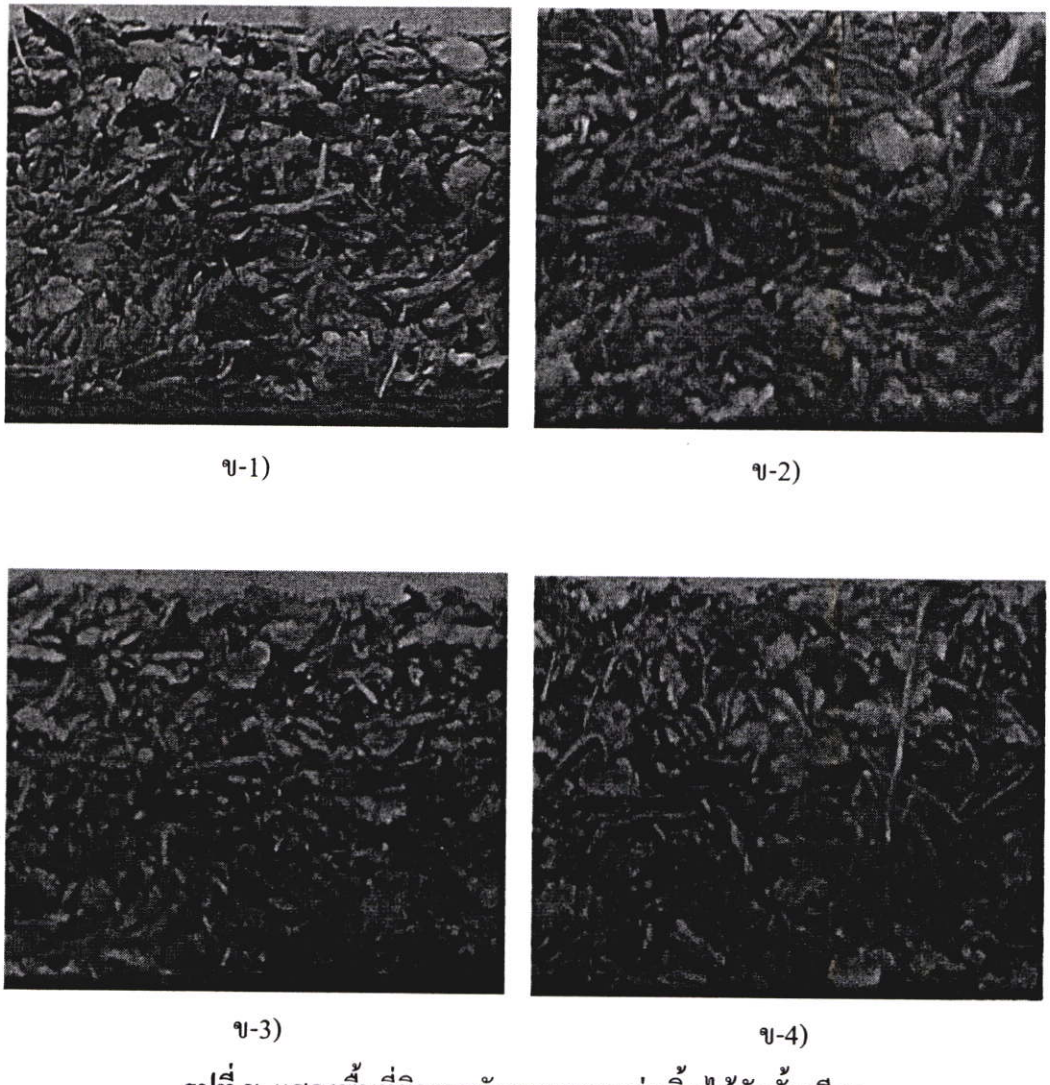
จากสูตร (1) น้ำหนักเส้นใยมะพร้าว = [15x(100-15)/100] x [250/100] = 31.88 กรัม

จากสูตร (1) น้ำหนักพอลิสไตรีนโฟม = [15x(100-15)/100] x [250/100] = 31.88 กรัม

จากสูตร (4) น้ำหนักกาว = [(15x250)/45] = 83.33 กรัม

ปริมาณน้ำหนักรวม = 148.75+31.88+31.88+83.33= 295.84 กรัม

ภาคผนวก ข. ภาพถ่ายกล้องดิจิตอลแสดงพื้นที่ผิวภาคตัดขวางของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด (กำลังขยาย 4 เท่า)



ข-1) ข-2) ข-3) ข-4)

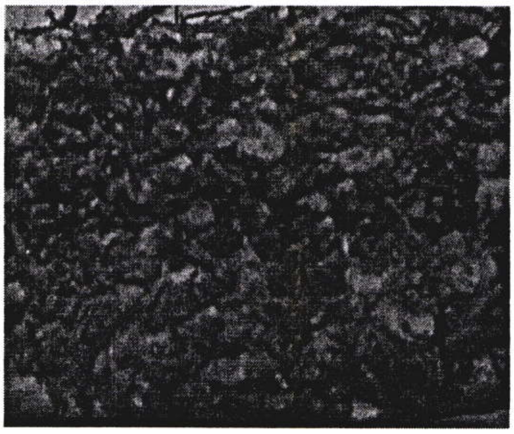
รูปที่ ข แสดงพื้นที่ผิวภาคตัดขวางของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียง

ข-1) 10%UF [สูตรที่13 (85/0/15)] ข-2) 10%UF [สูตรที่17 (0/85/15)]

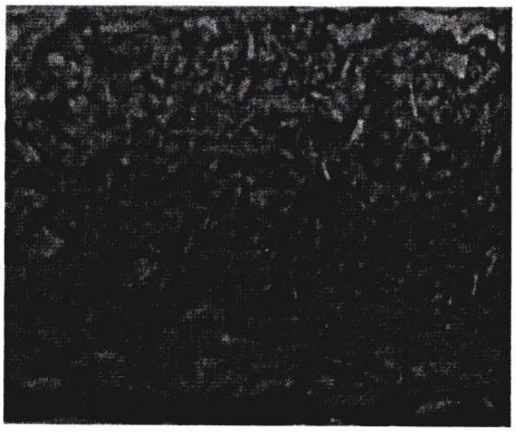
ข-3) 15%UF [สูตรที่ 7 (85/0/15)] ข-4) 15%UF [สูตรที่ 2 (0/85/15)]

ภาคผนวก ค. ภาพถ่ายกล้องดิจิตอลแสดงพื้นที่ผิวภาคตัดขวางของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารยึดติด (กำลังขยาย 4 เท่า)

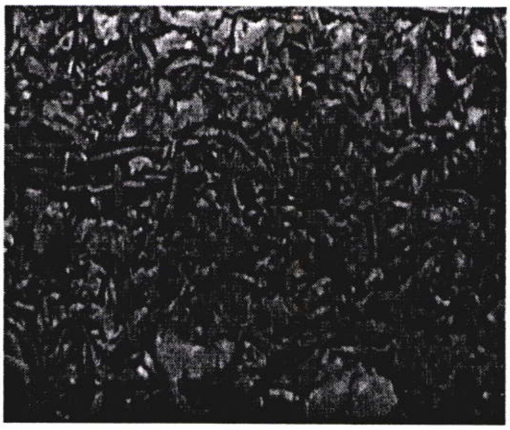
ค-1)



ค-2)



ค-3)



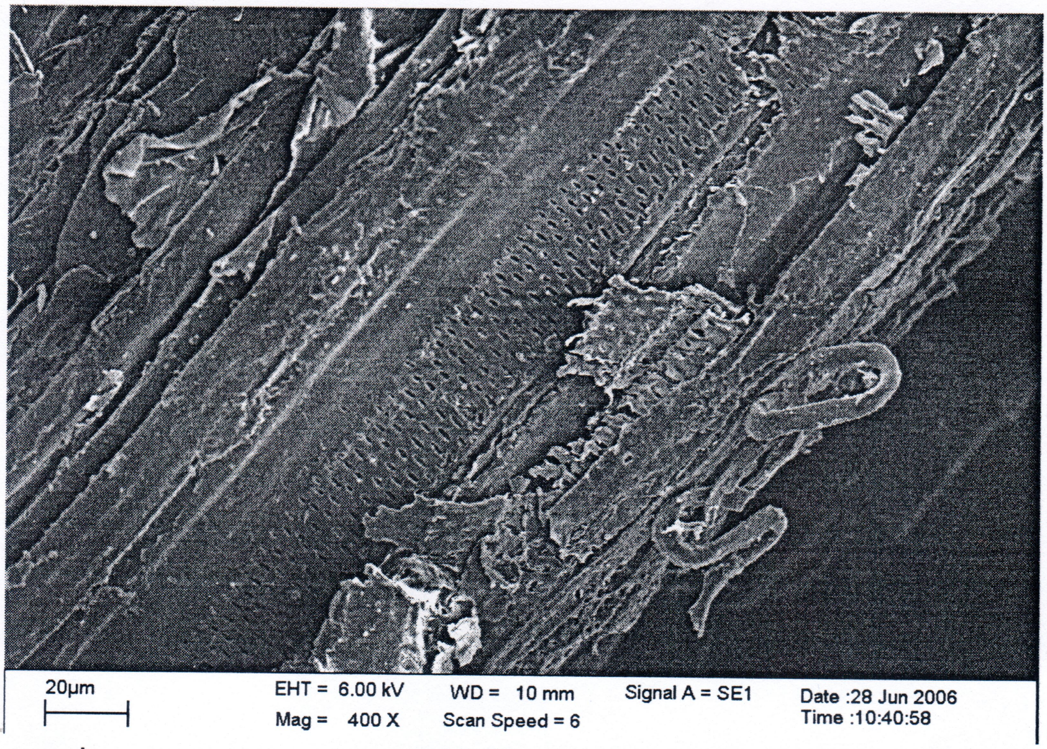
ค-4)

รูปที่ ค แสดงพื้นที่ผิวภาคตัดขวางของแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียง

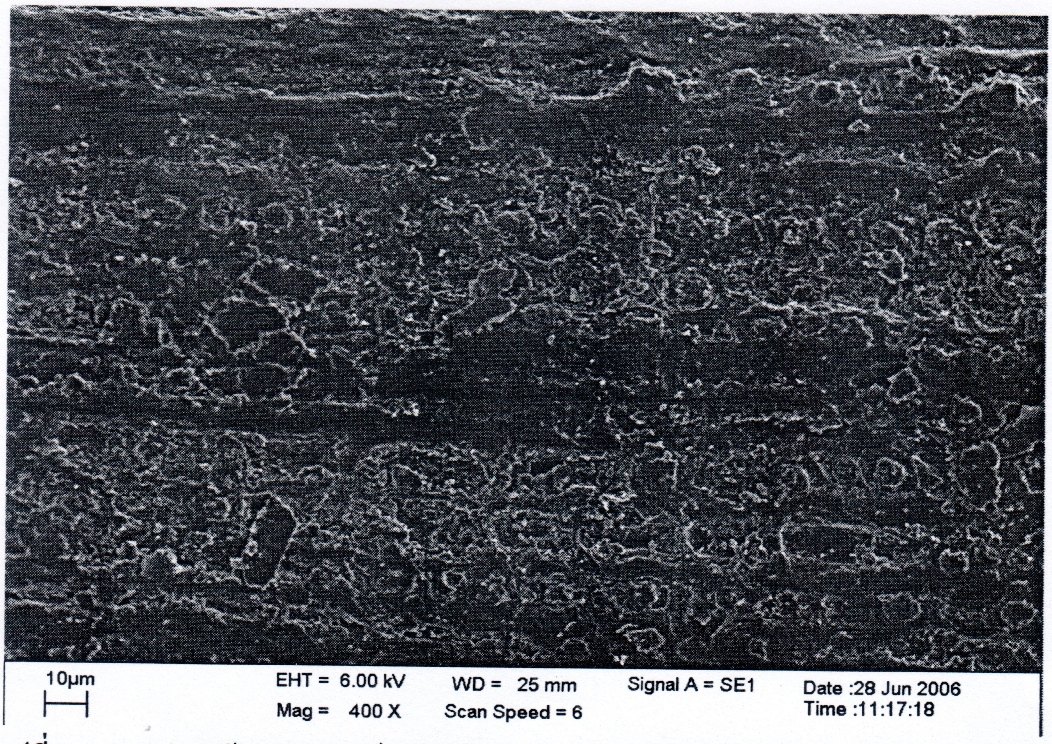
ค-1) 10%PF [สูตรที่21 (85/0/15)] ค-2) 10%PF [สูตรที่25 (0/85/15)]

ค-3) 15%PF [สูตรที่10 (85/0/15)] ค-4) 15%PF [สูตรที่5 (0/85/15)]

ภาคผนวก ง. ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของ ชานอ้อย และ เส้นใยมะพร้าว (กำลังขยาย 400 เท่า)

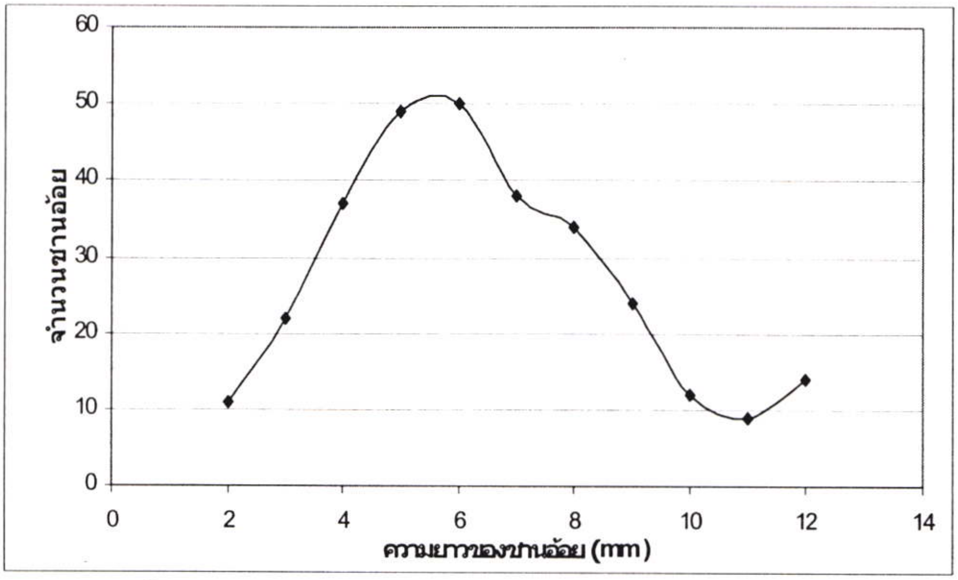


รูปที่ ง-1 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของชานอ้อย (กำลังขยาย 400 เท่า)

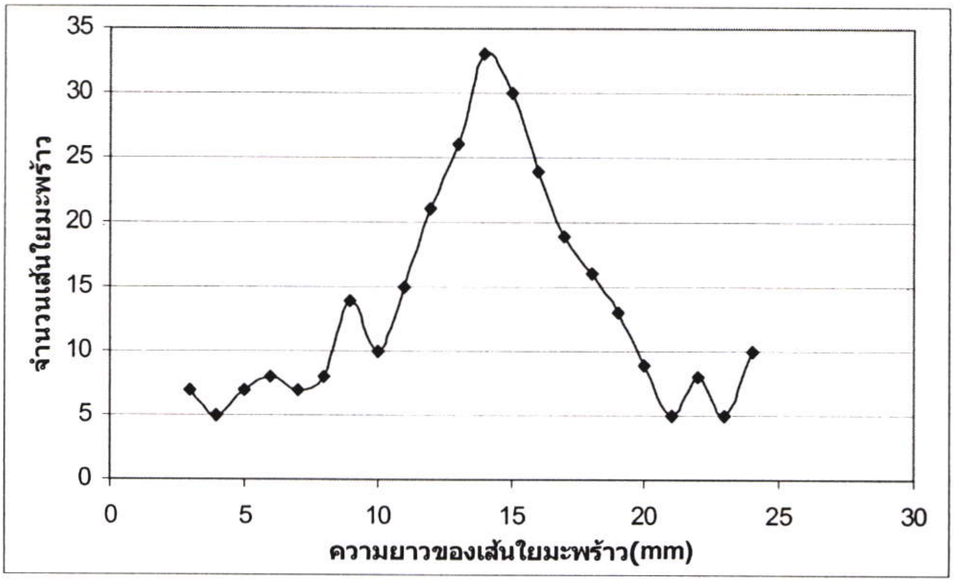


รูปที่ ง-2 ภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แสดงสัณฐานวิทยาของเส้นใยมะพร้าว (กำลังขยาย 400 เท่า)

ภาคผนวก จ. ลักษณะการกระจายของความยาวเส้นใย



รูปที่ จ-1 ความยาวของชานอ้อยที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 21-35 เมช



รูปที่ จ-2 ความยาวของเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 21-50 เมช

หมายเหตุ : สุ่มตัวอย่างชานอ้อยและเส้นใยมะพร้าวตัวอย่างละจำนวน 300 เส้น และทำการวัดความยาวของเส้นใยด้วยกระดาษกราฟ

ประวัติผู้เขียน

นายประวิทย์ อรุณวัฒนโชค เกิดเมื่อวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีการศึกษา 2545 และได้เข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2546