สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของสารกันการลามไฟต่อสมบัติเชิงกลและกายภาพของแผ่นใยไม้อัดทำจากใยมะพร้าวและโฟมพอลิสไตรีน

นางสาวทิพย์รัตน์ พิฑูรทัศน์
นางสาวพนิดา พุทธชาติสมบัติ
นางสาวรัชมาลิณี สุเริงฤทธิ์

วิทย
ท 466ค
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107793
วัน,เดือน,ปี 14 พ.ค. 2553

b 12212386
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Effect of Flame Retardant on Mechanical and Physical Properties of Particleboard made from Coconut Coir/Polystyrene Foam

Miss Tiparat Pitoonthud

Miss Panida Putthachartsombut

Miss Rutchamalinee Surerngrit

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirment for the

Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	ผลของสารกันการลามไฟต่อสมบัติเชิงกลและกายภาพของแผ่นใยไม้อัดทำจากใยมะพร้าวและโฟมพอลิสไตรีน
นักศึกษา	นางสาวทิพย์รัตน์ พิฑูรทัศน์ นางสาวพนิดา พุทธชาติสมบัติ นางสาวรัชมาลิณี สุเริงฤทธิ์
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2549
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. มาลินี ชัยสุภกิจสินธ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย	.....
กรรมการ	ผศ.ดร. จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร	.....
กรรมการ	รศ.ดร. มาลินี ชัยสุภกิจสินธ์	.....

.....

(ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง ผลของสารกันการลามไฟต่อสมบัติเชิงกลและกายภาพของแผ่นใยไม้อัดทำจากใยมะพร้าวและโฟมพอลิสไตรีน

นักศึกษา นางสาว ทิพย์รัตน์ พิฑูรทัศน์ รหัส 46050066
นางสาว พนิดา พุทธชาติสมบัติ รหัส 46050079
นางสาว รัชมาลิณี สุเริงฤทธิ์ รหัส 46050087

ภาควิชา เคมี

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2549

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของสารกันการลามไฟที่นำไปใช้กับเส้นใยมะพร้าวเพื่อนำไปทำเป็นแผ่นใยไม้อัดที่สามารถป้องกันการลามไฟได้โดยนำเส้นใยมะพร้าวมาบดโดยเครื่องบด (Grinding mill) แล้วนำมาคัดขนาดโดยใช้เครื่องร่อนให้ได้ขนาด 21-50 เมซ จากนั้นนำเส้นใยมะพร้าวมาแช่ในสารกันการลามไฟ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้สารกันการลามไฟ 3 ชนิดได้แก่ Na_2HPO_4, H_3BO_3 และ $Mg(OH)_2$ ที่ความเข้มข้น 3% เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักเส้นใยคงที่ นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำเส้นใยที่ได้มาผสมกับโฟมพอลิสไตรีนที่ใช้แล้วในอัตราส่วน 85/15 ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 15% เป็นตัวประสานผสมในเครื่องปั่นกวนจนเส้นใยและโฟมผสมเข้ากันดีแล้วจึงนำไปเทลงแม่พิมพ์ ทำการกดอัดด้วยเครื่องกดอัดร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาทีเพื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นใยไม้อัดแล้วนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและทดสอบการเผาไหม้

จากผลการทดลองพบว่าแผ่นใยไม้อัดที่มีส่วนผสมของแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) จะให้สมบัติทางกายภาพดี สมบัติเชิงกลดีและสามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ให้สมบัติทางกายภาพดี สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเองแต่ให้สมบัติเชิงกลไม่ดี ส่วนเส้นใยที่แช่ในกรดบอริกจะไม่สามารถนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นใยไม้อัดจึงไม่สามารถนำชิ้นงานมาทดสอบสมบัติต่างๆได้ และกรณีนำสารกันการลามไฟสองชนิดมาผสมกันระหว่างแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) พบว่าสมบัติทางกายภาพมีแนวโน้มไปทางแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ และสมบัติเชิงกลมีแนวโน้มไปทางไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) แต่สมบัติกันการลามไฟนั้นดีกว่าเมื่อใช้สารกันการลามไฟเพียงชนิดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Effect of Flame Retardant on Mechanical and Physical Properties of Particleboard made from Coconut Coir/Polystyrene Foam
Student	Miss Tiparat Pitoonthud
	Miss Panida Putthachartsombut
	Miss Rutchamalinee Surerngrit
Department of	Chemistry
Major	Industrial Chemistry
Year	2006
Special Project Advisor	Assoc. Prof. Dr. Malinee Chaisupakitsin

Abstract

This research is to investigate the effect of flame retardant on coconut coir for making flame-retardant fiberboard. First, the coconut coir was ground by grinding mill. Then it was meshed into sizes between 21-50 mesh. After that the coir was immersed into flame-retardant solution. There were 3 types of flame retardant solution using in this study, They have 3% of Na_2HPO_4, 3% of H_3BO_3 and 3% of $Mg(OH)_2$. The soaking time was 5 hrs and dried at 100 ° C until constant weight. Preparation fiberboard using modified coconut coir and polystyrene foam waste was at the ratio of 85/15, 15% of phenol formaldehyde as adhesive and compressed at 100° C for 10 min.

Fiberboard prepared from $Mg(OH)_2$ modified coconut coir provided good physical and mechanical property and self-extinguishing. Na_2HPO_4 modified coconut coir showed good physical property and self-extinguishing but poor mechanical property.

It was found that particleboard can not prepare from coconut coir soaking in H_3BO_3 solution. In case of particleboard prepared from the mixture of $Mg(OH)_2$ and Na_2HPO_4, the physical property of board tends to similar $Mg(OH)_2$ and the mechanical property of board tends to similar Na_2HPO_4. Particleboard from the mixture of $Mg(OH)_2$ and Na_2HPO_4 provided the flame-retardant property better than the particleboard contained each component.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ทางผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ ที่กรุณาแนะนำและให้คำปรึกษา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย และผศ.ดร.จุฑารัตน์ ปรัชญาวรากร ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บริษัท อุตสาหกรรมใยมะพร้าวไทย จำกัด ที่เอื้อเฟื้อใยมะพร้าวเพื่อใช้ในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในการทำงานวิจัยนี้มาโดยตลอด

อนึ่งยังมีบุคคลอีกหลายท่านนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ผู้จัดทำงานวิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตการวิจัย 2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คอมโพสิต(Composite) 3
2.2 เมทริกซ์(Matrics) 5
2.3 แผ่นใยไม้อัด(Fiber board) 6
2.4 มะพร้าว(Coconut) 6
2.5 เส้นใยธรรมชาติ(Natural fiber) 9
2.5.1 เซลลูโลส(Cellulose) 9
2.5.2 เฮมิเซลลูโลส(Hemicellulose) 11
2.5.3 ลิกนิน(Lignin) 11
2.6 โฟมพอลิสไตรีน(Polystyrene) 14
2.7 กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์(Phenolformaldehyde) 14
2.8 สารกันการลามไฟ(Flame retardant) 15
2.8.1 สารกันการลามไฟที่ใช้ในงานวิจัย 17
2.8.1.1 แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์(Magnesium hydroxide) 17
2.8.1.2 กรดบอริก(Boric acid) 17
2.8.1.3 ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต
(Disodium hydrogen phosphate) 18
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลองและสารเคมี 22
3.1.1 เส้นใยมะพร้าวจากบริษัทอุตสาหกรรมใยมะพร้าว 22
3.1.2 พอลิสไตรีนโฟม (Expanded polystyrene foam) 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

3.1.3 กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol-formaldehyde resin : PF) 23

3.1.4 แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide : $Mg(OH)_2$) 23

3.1.5 กรดบอริก (Boric acid : H_3BO_3) 23

3.1.6 ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Disodium hydrogen phosphate : Na_2HPO_4) 23

3.2 ชุดเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัด 23

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบชิ้นงาน 24

3.4 กรรมวิธีการผลิตแผ่นใยไม้อัด 25

3.4.1 การเตรียมเส้นใยมะพร้าว 25

3.4.2 การเตรียมโฟมพอลิสไตรีน 26

3.4.3 การเตรียมกาว 27

3.4.4 การทำแผ่นใยไม้อัดที่ใช้ระดับความเข้มข้นของสารกันการลามไฟที่แตกต่างกัน 27

3.4.4.1 การแช่เส้นใยในสารกันการลามไฟที่ถูกเตรียมเป็นสารละลาย 27

3.4.4.2 การผสมกาวกับเส้นใยและโฟม 27

3.4.4.3 การเตรียมแผ่นอัด 27

3.4.4.4 การอัดร้อน 27

3.4.4.5 การพักชิ้นไม้และการตกแต่ง 28

3.5 การเตรียมชิ้นงานในการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และการเผาไหม้ 28

3.5.1 สมบัติทางกายภาพ (Physical property) 30

3.3.1.1 ความหนาแน่น 30

3.3.1.2 การดูดซึมน้ำ (Water absorption) 31

3.3.1.3 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (Thickness swelling) 31

3.5.2 สมบัติเชิงกล (Mechanical properties tester) 32

3.5.3 วิธีการทดสอบอัตราการเผาไหม้ (Rate of burning tester) 33

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการละลายของสารกันการลามไฟที่ใช้ 36

4.2 ปริมาณของสารกันการลามไฟที่เข้าไปในเส้นใย 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

4.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

4.3.1 การดูดซับน้ำ 37

4.3.2 การพองตัวทางความหนา 38

4.4 การศึกษาสมบัติเชิงกล 39

4.4.1 มอดุลัสยืดหยุ่น 39

4.4.2 การโค้งงอสามจุด 40

4.5 สมบัติกันการลามไฟ 41

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัย 43

5.2 ข้อเสนอแนะ 44

5.3 การนำไปใช้ประโยชน์ 44

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สารกันการลามไฟที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก ข สูตรการคำนวณ

ภาคผนวก ค ตารางแสดงปริมาณต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 ประเภทของวัสดุคอมโพสิต 4
รูปที่ 2.2 แผ่นใยไม้อัด 6
รูปที่ 2.3 ภาพแสดงต้นมะพร้าวและผลมะพร้าว 9
รูปที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส 10
รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส 11
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของลิกนิน 12
รูปที่ 2.7 การจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินไม้ 13
รูปที่ 3.1 เส้นใยมะพร้าวที่นำมาบดย่อยและคัดขนาดแล้ว 22
รูปที่ 3.2 พอลิสไตรีนโฟม 23
รูปที่ 3.3 เครื่องอัดร้อน (Compression Machine) 24
รูปที่ 3.4 เครื่องผสมวัตถุดิบ (Paddle-type blender) 24
รูปที่ 3.5 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเตรียมเส้นใย 25
รูปที่ 3.6 เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง 26
รูปที่ 3.7 เครื่องบด (Grinding Mill) 26
รูปที่ 3.8 เครื่องอัดขึ้นรูป 28
รูปที่ 3.9 แสดงการตัดแผ่นใยไม้อัดที่นำไปทดสอบสมบัติต่างๆ 29
รูปที่ 3.10 แสดงขั้นตอนการผลิตแผ่นใยไม้อัด 30
รูปที่ 3.11 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นงาน 31
รูปที่ 3.12 การทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น 32
รูปที่ 3.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว 33
รูปที่ 3.14 แสดงชิ้นไม้อัดดูดซับเสียงที่ใช้ในการทดสอบอัตราการเผาไหม้ 34
รูปที่ 3.15 การทดสอบหาอัตราการเผาไหม้ 34
รูปที่ 4.1 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ค่าการดูดซับน้ำ (%) กับสูตรต่างๆ 37
รูปที่ 4.2 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ค่าการพองตัว (%) กับสูตรต่างๆ 38
รูปที่ 4.3 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น(MPa) กับสูตรต่างๆ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง
ค่าการโค้งงอสามจุด(MPa) กับสูตรต่างๆ 40
รูปที่ 4.5 แสดงชิ้นทดสอบการลามไฟ บนสุดเป็นชิ้นทดสอบที่ไม่มีการผสม
สารกันการลามไฟ(ติดไฟ) เป็นชิ้นทดสอบที่ผสม Na_2HPO_4
(สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง) และล่างสุดเป็นชิ้นทดสอบ
ที่ผสมสารละลายผสม $Mg(OH)_2$ +Na_2HPO_4 (ไม่เกิดการเผาไหม้) 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 แสดงสมบัติของกาว 23

ตารางที่ 3.2 แสดงขนาดของเส้นใยมะพร้าว 25

ตารางที่ 3.3 แสดงหมายเลขชิ้นไม้อัดที่นำไปทดสอบสมบัติต่างๆ 29

ตารางที่ 4.1 แสดงสมบัติต่างๆของแผ่นชิ้นใยอัดสูตรต่างๆที่ปริมาณกาว
ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 15% ของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด 35

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณของสารกันการลามไฟที่เข้าไปในเส้นใย 36

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการละลายของสารกันการลามไฟที่ใช้ 41

ตารางที่ 4.4 แสดงสมบัติกันการลามไฟของแผ่นไม้อัดสูตรต่างๆที่ปริมาณกาว
ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 15% ของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

วัสดุประกอบคอมโพสิต (Composite) ในปัจจุบันมีการนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันมากมาย ซึ่งคอมโพสิตคือการนำวัสดุตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปผสมเข้าด้วยกัน เพื่อให้วัสดุเหล่านั้นมีสมบัติที่ดีขึ้น สามารถนำมาใช้งานได้ หรือเป็นการผสมมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยให้คอมโพสิตที่ต้นทุนต่ำลงนี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับวัสดุบริสุทธิ์ งานที่มีการนำวัสดุคอมโพสิตเข้ามาใช้ในปัจจุบันนี้ ได้แก่ งานอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมการก่อสร้างอาคาร งานทางการแพทย์ และอื่นๆ

ในงานอุตสาหกรรมการก่อสร้างอาคารที่ต้องอาศัยวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับเสียงกรุที่ผนังห้องรอบด้าน หรือบริเวณเพดานห้อง โดยอาจจะมีการปรับสภาพพื้นผิวหรือเนื้อวัสดุให้สามารถลดการสะท้อนของเสียงได้ อาทิเช่น ในโรงภาพยนตร์ ห้องซ้อมดนตรี ห้องอัดเสียง และอื่นๆ

วัสดุที่ใช้ในการดูดซับเสียงคือ ยิปซัม หรือ เส้นใยแก้ว วัสดุเหล่านี้มีราคาค่อนข้างสูง ในงานวิจัยนี้จึงมีการศึกษาวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติใกล้เคียง หาได้ง่าย และที่สำคัญมีราคาถูก เนื่องจากในประเทศไทยมีการปลูกต้นมะพร้าวเป็นจำนวนมากจึงเลือกเส้นใยมะพร้าวเป็นวัสดุหลัก ผสมกับโฟมกันกระแทกโพลิสไตรีนที่เป็นวัสดุเหลือใช้ หาได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ได้อีกด้วย

ในงานวิจัยนี้เพิ่มคุณสมบัติกันการลามไฟของวัสดุดูดซับเสียงด้วย เนื่องจากอุบัติเหตุเพลิงไหม้สามารถเกิดขึ้นได้ด้วยหลายปัจจัย ถ้าวัสดุดูดซับเสียงที่บุผนังห้องนั้นสามารถกันการลามไฟได้มากเท่าไร ก็ยิ่งสามารถลดความเสียหายที่อาจจะเกิดจากเหตุการณ์เพลิงไหม้ได้มากเท่านั้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาและทดลองผลิตแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมพอลิสไตรีนโฟมที่มาจากวัสดุกันกระแทกของขวดสารเคมีในห้องปฏิบัติการ โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน

1.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพของสารกันการลามไฟที่มีต่อแผ่นใยไม้อัดที่ผลิตขึ้น

1.2.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของแผ่นใยไม้อัดผลิตจากเส้นใยมะพร้าวผสมพอลิสไตรีนโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 การเตรียมเส้นใยมะพร้าว

1.3.2 การบดย่อยเส้นใยมะพร้าว

1.3.3 การคัดขนาดเส้นใยมะพร้าว

1.3.4 ค้นคว้าสมบัติของสารกันการลามไฟ

1.3.5 เลือกชนิดสารหน่วงไฟ 3 ตัวอย่าง

1.3.6 การเตรียมสารหน่วงไฟให้อยู่ในรูปสารละลายความเข้มข้นต่างๆกัน

1.3.7 การแช่เส้นใยมะพร้าวในสารกันการลามไฟที่อยู่ในรูปสารละลาย

1.3.8 การอบเส้นใยมะพร้าว

1.3.9 การขึ้นรูปแผ่นเส้นใยมะพร้าว

1.3.10 ทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติกันการลามไฟ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงความสามารถในการกันการลามไฟของสารกันการลามไฟไฟที่เลือกมาศึกษา 3 ชนิด

1.4.2 ทราบถึงความเป็นไปได้ในการใช้สารกันการลามไฟในรูปสารละลายเคลือบผิวเส้นใยก่อนการขึ้นรูปแผ่น

1.4.3 เพื่อลดต้นทุนและลดปริมาณวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม

1.4.4 เพื่อลดความเสียหายที่เกิดจากเหตุเพลิงไหม้

1.4.5 เป็นแนวทางให้กับโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแผ่นเส้นใยไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คอมโพสิต (Composite)[1]

คอมโพสิตเป็นวัสดุที่เกิดจากการนำวัสดุชนิดอื่นมาอยู่ด้วยกันโดยมีโครงสร้างในแบบต่างๆ เป็นการนำมาร่วมกันโดยที่เนื้อของคอมโพสิตจะประกอบด้วยวัสดุต่างชนิดกัน ไม่กลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน มีสมบัติร่วมของวัสดุที่นำมาอยู่ร่วมกันและไม่สามารถหาได้จากวัสดุชนิดเดียวที่มีปัญหาจากการที่สมบัติชนิดหนึ่งจะมีความสัมพันธ์ผกผันกับสมบัติอีกชนิดหนึ่ง

คอมโพสิตประกอบด้วยตัวเสริมความสามารถหรือเรียกว่า Reinforce phase ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของเส้นใย แผ่น หรือเป็นอนุภาคฝังตัวอยู่ในตัวพื้นที่เรียกว่า เมทริกซ์ ที่เป็นโลหะ เซรามิค หรือพอลิเมอร์ เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดจะมีทั้งข้อดีข้อเสีย เช่น โลหะจะมีความแข็งแรงและความเหนียวสูง แต่เป็นสนิมง่ายและหนัก พอลิเมอร์จะมีน้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงต่ำ ไม่ทนความร้อน ไม่นำไฟฟ้า เซรามิกมีความแข็งสูง ทนต่อการสึกหรอและการผุกร่อนได้ดี ทนความร้อนได้ดี แต่เปราะ มีความเหนียวต่ำ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำเอาวัสดุต่างชนิดมาผสมกันเพื่อจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติพิเศษที่ได้จากข้อดีของวัสดุแต่ละชนิด เราเรียกวัสดุกลุ่มนี้ว่า คอมโพสิต หรือ วัสดุผสม (Composite materials) เช่น คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นวัสดุผสมที่จะให้ทั้งความแข็ง (จากคอนกรีตซึ่งเป็นเซรามิก) และความเหนียว (จากเหล็กซึ่งเป็นโลหะ) หรือไฟเบอร์กลาสซึ่งได้จากการนำเอาพอลิเมอร์ซึ่งมีน้ำหนักเบามาผสมกับใยแก้ว ซึ่งจะเพิ่มความแข็งแรงให้กับไฟเบอร์กลาส แบ่งกลุ่มวัสดุผสมแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

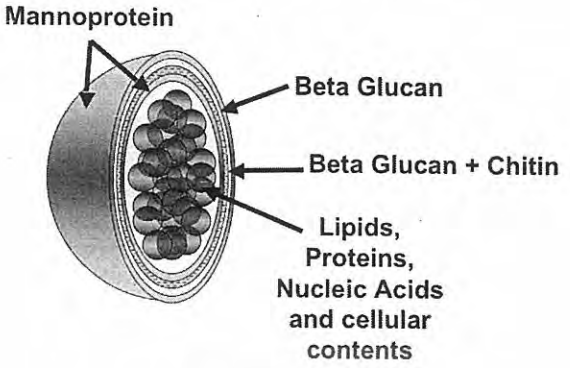
1. กลุ่มที่มีพอลิเมอร์เป็นส่วนผสมหลัก (Fiber-reinforced polymers, FRP)
2. กลุ่มที่มีเซรามิกเป็นส่วนผสมหลัก (Ceramic-matrix composite,CMC)
3. กลุ่มที่มีโลหะเป็นส่วนผสมหลัก (Metal-matrix composite, MMC)

นอกจากนี้ ยังอาจแบ่งตามลักษณะของวัสดุที่นำมาผสมกันคือ

1. กลุ่มที่ส่วนผสมเสริมมีลักษณะเป็นผง (Particulate composites)
2. กลุ่มที่มีส่วนผสมเสริมมีลักษณะเป็นเส้นใย(Fibrous composites) ซึ่งอาจจะแบ่งย่อยออกไปเป็นกลุ่มเส้นใยสั้นและกลุ่มเส้นใยยาว
3. กลุ่มวัสดุผสมชนิดซ้อนแผ่น (Laminated composite)

ในปัจจุบันพบว่าคอมโพสิตสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลายๆอย่าง เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ หรือ อุตสาหกรรมสิ่งก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



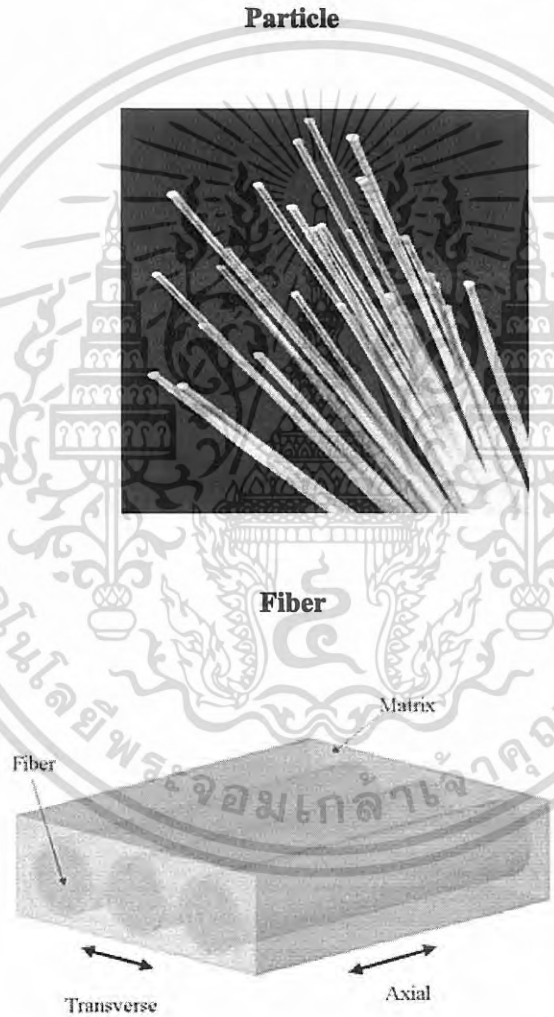


Figure 1

รูปที่2.1 ประเภทของวัสดุคอมโพสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เมทริกซ์ (Matrics) [5]

เมทริกซ์ คือวัสดุที่เป็นโครงสร้างหลักที่ทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวสารเสริมแรงในคอมโพสิตซึ่งส่วนมากจะมีค่าความแข็งแรงน้อยกว่าสารที่นำมาเสริมแรง โดยในคอมโพสิตของเส้นใยเสริมแรงเมทริกซ์จะทำหน้าที่ในการถ่ายเทแรงไปยังเส้นใย และป้องกันการสึกหรอหรือเสียหายของเส้นใยจากแรงที่มากระทำ ชนิดของเมทริกซ์มีหลายชนิดดังนี้

1. คาร์บอน (Carbon) มีความจุความร้อนต่อมวลสูง ใช้ทำคลัทช์ หรือผ้าเบรคในเครื่องบิน
2. โลหะ (Metal) มีความหนาแน่นต่ำ ใช้ในกรณีที่ต้องใช้อุณหภูมิสูง เช่น นิยมใช้เพื่อการออกแบบเครื่องบิน หรือ ยานอวกาศ โลหะที่ใช้ได้แก่ เหล็ก นิกเกิล ไททาเนียม
3. เซรามิก (Ceramic) ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์ของจรวด หรือใช้ทำผนังป้องกัน
4. พอลิเมอร์ (Polymers) มีสมบัติเชิงกลที่ดีและมีสมบัติเป็นฉนวนนอกจากนี้ยังมีกระบวนการผลิตที่ง่ายอีกด้วย จึงเป็นที่นิยมใช้กันมาก พอลิเมอร์เมทริกซ์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดตามลักษณะการถูกความร้อน

4.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) โครงสร้างของโมเลกุลเป็นเชิงเส้น หรือที่เรียกว่า Linear ไม่มีพันธะเคมีเชื่อมโยงระหว่างกัน เมื่อนำมาขึ้นรูปแล้วสามารถนำกลับมาหลอมเพื่อขึ้นรูปได้ใหม่อีกหลายครั้ง เช่น พอลิสไตรีน (PS) พอลิเอทิลีน (PE) อะคริโลไนไตรล์ – บิวทาไดอีน –สไตรีน (ABS) เป็นต้น

4.2 เทอร์โมเซท (Thermoset) มีโครงสร้างร่างแหสามมิติ ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเชื่อมโยงระหว่าง โมเลกุลเมื่อทำการขึ้นรูปแล้ว ไม่สามารถนำกลับมาหลอมใหม่ได้อีก ตัวอย่างของเทอร์โมเซท เช่นEpoxy resin, Polyurethanes, Phenolic resin, Melamine, Polyester เป็นต้น

การแบ่งประเภทของพลาสติก นอกจากจะพิจารณาสมบัติของพลาสติกเมื่อถูกความร้อนแล้วยังสามารถพิจารณาจาก

1. ความหนาแน่น
2. ลักษณะการติดไฟ
3. การละลายในตัวทำละลายอื่นๆ

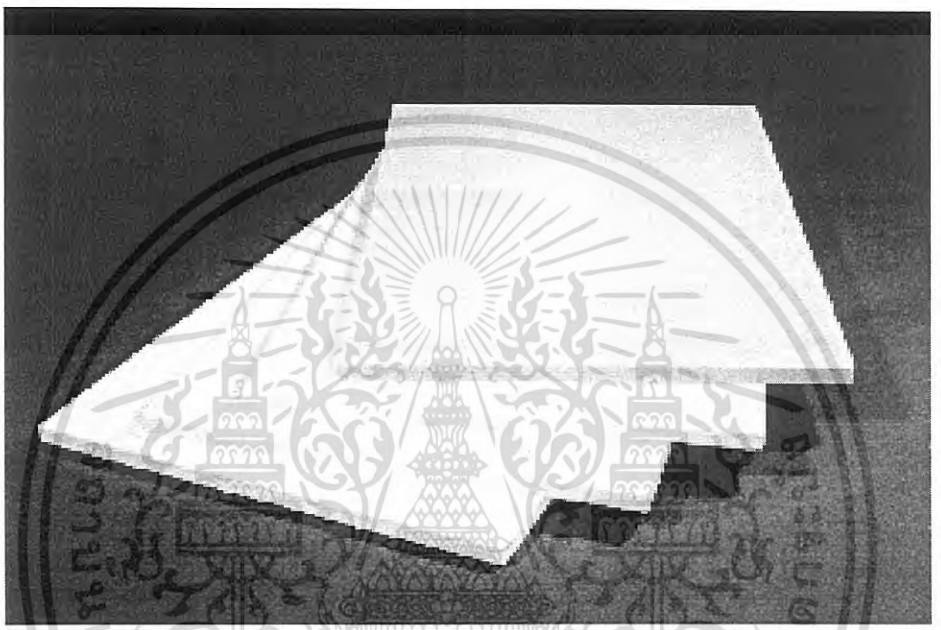
2.3 แผ่นใยไม้อัด (Fiberboard) [6]

แผ่นใยไม้อัด (Fiberboard) คือ แผ่นวัสดุที่ทำมาจากเส้นใยหรือ เยื่อของไม้ หรือ ทำจากวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของลิกนิน และเซลลูโลส อื่นๆ โดยมีแรงยึดเหนี่ยวภายในจากการเรียงตัวของเส้นใยและ สมบัติการยึดเหนี่ยวเข้าด้วยกันในระหว่างเส้นใย ซึ่งในระหว่างการผลิตอาจมีการผสมตัวประสานหรือวัสดุอื่นๆ ลงไปเพื่อเสริมความแข็งแรงของเส้นใยไม้อัด ที่ผลิตขึ้นมา รวมทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสริมความต้านทานต่อความชื้น ต้านทานไฟ แมลง และการผุกร่อน หรือปรับปรุงสมบัติบางประการของแผ่นใยไม้อัดให้ดีขึ้นด้วย

สารยึดติดที่ใช้ส่วนใหญ่ได้แก่ ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และ เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งการเลือกใช้สารยึดติดเหล่านี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้งาน เช่น งานเฟอร์นิเจอร์ ตกแต่งที่ใช้ภายในจะใช้สารยึดติดประเภทยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาแผ่นใยไม้อัดมวลเบาโดยใช้ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นสารยึดติด



รูปที่ 2.2 แผ่นใยไม้อัด (Fiber board)

2.4 มะพร้าว (Coconut) [8]

ชื่อวิทยาศาสตร์ Cocos nucifera Linn.

ชื่อวงศ์ PALMAE

ชื่อสามัญ Coconut

ชื่อท้องถิ่น

- จันทบุรี เรียก ดุง
- กาญจนบุรี เรียก โพล
- แม่ฮ่องสอน เรียก คอส่า
- ทั่วไป เรียก หมากอุ๋น หมากอูน
- จีน เรียก เอี่ยจี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทั่วไป

เป็นไม้ยืนต้น สูงชะลูด 7–10 เมตร เปลือกลำต้นแข็ง ใบออกเป็นใบรวม มีใบย่อยเป็นแผ่นแคบยาว เรียงสลับกันเป็นรูปขนนกปลายใบแหลม ดอก ออกเป็นช่อตามบริเวณกาบที่หุ้ม ดอกย่อยขนาดเล็ก ดอกหนึ่งมีกลีบดอกประมาณ 6 กลีบ ผลเป็นรูปกลมหรือรี เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8-9.5 นิ้ว เปลือกนอกเรียบเกลี้ยง ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่มีสีน้ำตาล เปลือกชั้นกลางเป็นเส้นใยนุ่ม ชั้นในแข็งเป็นกะลา เนื้อผลมีสีขาวนุ่ม และมีน้ำใส รสจืดหรือหวาน ตามที่สำนักงานสถิติแห่งชาติเคยสำรวจพบว่าจะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผล/คน/ปี ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีพลเมืองประมาณ 55 ล้านคน จะใช้ผลมะพร้าวประมาณ 990 ล้านผล หรือประมาณ 65% ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณ 35% ของผลผลิตทั้งหมด หรือ 489 ล้านผล ใช้ในรูปของอุตสาหกรรมหรือส่งออกต่อไป ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มอุตสาหกรรมมะพร้าวใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือ

1. ผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อการบริโภค เช่น อุตสาหกรรมมะพร้าวแห้ง อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว อุตสาหกรรมกะทิเข้มข้น อุตสาหกรรมมะพร้าวขูดแห้ง อุตสาหกรรมน้ำตาลมะพร้าว
2. ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมและอุปโภค เช่น อุตสาหกรรมเส้นใยมะพร้าว อุตสาหกรรมแท่งเพาะชำ อุตสาหกรรมเผาถ่านจากกะลามะพร้าว อุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าว

ผลผลิตมะพร้าวแต่ละปีจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 2,700 ล้านบาท คิดแล้วมูลค่ามหาศาล ซึ่งเราไม่ควรที่จะละเลยและ ควรเร่งหาทางในการส่งเสริมและพัฒนามะพร้าวอีกต่อไป มะพร้าวสามารถขึ้นได้ในทุกจังหวัดทั่วประเทศ แต่ขึ้นได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อยคือ (pH ระหว่าง 6-7) ลักษณะดินร่วน หรือร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี มีฝนตกกระจายสม่ำเสมอแทบทุกเดือน อากาศอบอุ่น หรือค่อนข้างร้อน และมีแสงแดดมาก

การปลูก

มะพร้าวปลูกได้ดีในดินปนทราย ขยายพันธุ์โดยใช้ผลแก่เพาะเป็นต้นอ่อนสูงประมาณครึ่งถึงหนึ่งเมตร จึงนำไปปลูกในหลุมที่รองก้นด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก บำรุงด้วยปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง

สรรพคุณทางยา

- น้ำมันมะพร้าว
- กะลา นำมาเผาให้เป็นถ่านดำ แล้วนำมาบดเป็นผงละเอียด ผสมน้ำดื่มวันละ 3-4 ครั้ง ครั้งละ 0.5-1ช้อนชา แก้ปวดกระดูกและเส้นเอ็น
- ดอก รสฝาดหวานหอม เป็นยาแก้เจ็บคอ แก้ท้องเสีย แก้ไข้ แก้ร้อนใน กระหายน้ำ กล่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสมหะ บำรุงโลหิต และแก้ปากเปื่อย

- ราก รสฝาดหวานหอม เป็นยาแก้ท้องเสีย ขับปัสสาวะ หรืออมบ้วนปากแก้เจ็บคอ
- น้ำมันมะพร้าว รสหวานเค็ม รับประทานเป็นยาบำรุงกำลัง บำรุงหัวใจ ใช้ทาบำรุงผม หรือทาเป็นยาแก้กลากเกลื้อน ทาผิวหนังแตกแห้ง แก้โรคผิวหนังต่างๆ ทาแผลน้ำร้อนลวก โดยการเอาน้ำมันมะพร้าวมา 1 ส่วน ใส่ในภาชนะคนพร้อมๆ กับเติมน้ำปูนใส 1 ส่วน โดยเติมทีละส่วนพร้อมกับคนไปด้วยจนเข้ากันดีใช้ทาบริเวณแผลบ่อยๆ
- น้ำมะพร้าว รับประทานเป็นยาระบาย แก้ท้องเสีย ขับปัสสาวะ แก้พิษ แก้กระหายน้ำ แก้นิ่ว แก้อาเจียนเป็นโลหิตและบวมน้ำ นอกจากนี้ยังทำเป็นน้ำส้มสายชูใช้ประโยชน์อื่นๆ อีกมากมาย

คุณค่าทางโภชนาการ

เนื้อมะพร้าวสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด หรือนำมาคั้นเอาน้ำกะทิประกอบอาหารคาวหวานได้หลากหลายชนิด เนื้อมะพร้าวประกอบไปด้วยน้ำมันถึง 60–65% ในน้ำมันมีกรดไขมันหลายชนิด เนื้อมะพร้าวหั่นฝอยใส่น้ำเคี่ยวหรือตากแห้งแล้วเคี่ยวจะได้น้ำมันมะพร้าว ส่วนน้ำมะพร้าวเป็นเครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางอาหารสูง รสหวาน หอม ชุ่มคอ ชื่นใจ ในน้ำมะพร้าวยังมีน้ำตาล โปรตีน โซเดียม แคลเซียม โปแตสเซียม แต่สำหรับผู้ที่มีปัญหาเป็นโรคหัวใจ หรือโรคไตก็ไม่ควรดื่มน้ำมะพร้าว

หลักทั่วไปในการคัดเลือกที่ปลูกมะพร้าวควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ [9]

- **ดิน** เป็นดินร่วน หรือร่วนปนทราย อุ้มน้ำได้ดี ถ้าเป็นดินเหนียวต้องมีการระบายน้ำดี สภาพดินเป็นกลาง หรือเป็นกรดเพียงเล็กน้อย pH ระหว่าง 6-7 หน้าดินมีความลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร ระดับน้ำใต้ดินไม่ควรตื้นกว่า 2 เมตร

- **ปริมาณน้ำ** ควรมีฝนตกไม่น้อยกว่า 1,300 มม./ปี และตกกระจายสม่ำเสมอแทบทุกเดือน ถ้ามีฝนตกน้อยกว่า 50 มม./เดือน เป็นเวลานานติดต่อกันเกินกว่า 3 เดือน ผลผลิตจะลดลง หรือไม่ให้ผลเลย

- **อุณหภูมิ** ถ้ามีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ติดต่อกันหลาย ๆ วัน มะพร้าวจะให้ผลน้อย อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ ระหว่าง 27 + 7 องศาเซลเซียส

- **ระดับความสูงของพื้นที่** ถ้าปลูกมะพร้าวในที่ที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก ๆ มะพร้าวจะไม่ค่อยออกผล การทำสวนเพื่อการค้าควรเป็นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เกิน 100 เมตร

- **แสงแดด** มะพร้าวต้องการแสงแดดประมาณวันละ 7 ชั่วโมง ถ้าปลูกมะพร้าวในที่แสงแดดส่องไม่ถึง ต้นจะสูงเร็ว และไม่ค่อยออกผลเนื้อในผลก็จะบาง จึงไม่ควรปลูกมะพร้าวในที่ร่มหรือปลูกถี่เกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 ภาพแสดงต้นมะพร้าวและผลมะพร้าว

2.5 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber) [10]

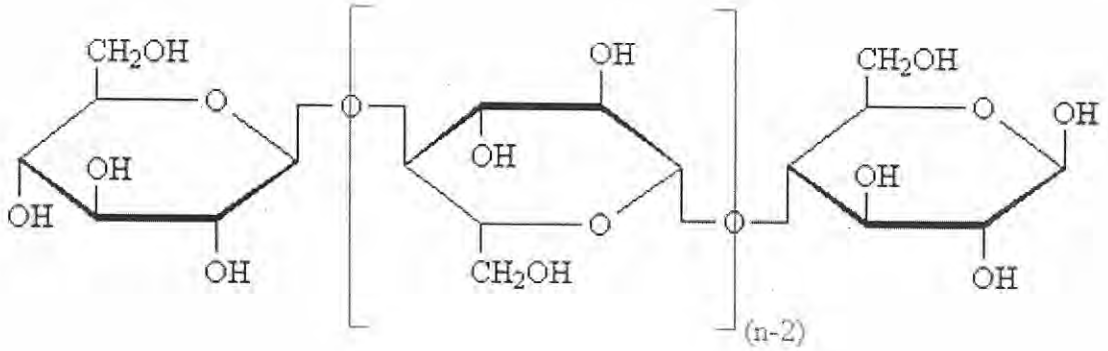
เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) เป็นอินทรีย์วัสดุที่สำคัญ หาได้ง่ายจากธรรมชาติ มีปริมาณมาก สามารถเกิดขึ้นได้ใหม่เรื่อยๆ และมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ด้วยเหตุนี้เส้นใยธรรมชาติจึงนิยมใช้เป็นสารเติมแต่งในพลาสติกโดยอาจเป็นทั้งสารตัวเติม และสารเสริมแรง เพื่อเป็นการลดต้นทุน เพิ่มปริมาณการผลิต และเสริมแรงแก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิด และขนาดของเส้นใยที่นำมาใช้ โครงสร้างโดยทั่วไปของเส้นใยธรรมชาติประกอบด้วยเซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และสารประกอบอื่นๆ

2.5.1 เซลลูโลส (Cellulose)

เซลลูโลส (Cellulose) เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีมากที่สุดและพบโดยทั่วไปในธรรมชาติ เนื่องมาจาก เป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืชทุกชนิด เซลลูโลสเป็นสารประกอบพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccarides) เชิงเส้นตรงที่ประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆ กัน มีสูตรโมเลกุลทั่วไปคือ ($C_6H_{12}O_6$) เป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อพืช โดยพบรวมกับลิกนิน เพนโตแซนกัม แทนนิน ไขมัน สารที่ทำให้เกิดสี เป็นต้น

เซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลถึง 3 หมู่ สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสจึงมีมากและโครงสร้างของเซลลูโลสยังจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ จึงทำให้เซลลูโลสมีความเป็นผลึกสูงมาก อุณหภูมิการหลอมตัวจึงสูงมาก มักจะเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัว และมีความสามารถในการละลายต่ำ เซลลูโลสธรรมชาติจะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่างกัน การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพ ส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะส่งผลให้สมบัติทางกายภาพไม่ดี ในทางอุตสาหกรรมจะหาน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณได้โดยการวัดความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส

สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส [11]

1. การละลาย

เซลลูโลสไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายในกรดเข้มข้น เช่น กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) เป็นต้น โดยเซลลูโลสจะเกิดปฏิกิริยา ไฮโดรลิซิสอย่างรวดเร็ว ในสารละลายกรด ที่อุณหภูมิห้อง แต่จะหยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำ เซลลูโลสบวมตัว ในสารละลายของเกลือเข้มข้นบางชนิด เช่น สารละลายอัลคาไลไฮดรอกไซด์ (Alkali hydroxide) บางครั้งทำให้เซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ สามารถละลายได้

2. ความหนืด

ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่ง ของเซลลูโลส โดยถ้าเพิ่มความเข้มข้นของเซลลูโลส ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างเร็ว ทำให้มีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น

3. การดูดซับความชื้น

เซลลูโลสส่วนใหญ่จะมีการดูดซับ หรือการคายไอน้ำ หรือของเหลวอื่นๆ ในบรรยากาศรอบตัวของมันจนกระทั่งถึงจุดสมดุล โดยสมดุลของความชื้นของเซลลูโลสจะแปรเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศนั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อสมบัติทางกายภาพบางประการ เช่น เมื่อความชื้นสูงขึ้น ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) จะมีค่าเพิ่มขึ้น

4. ความหนาแน่น

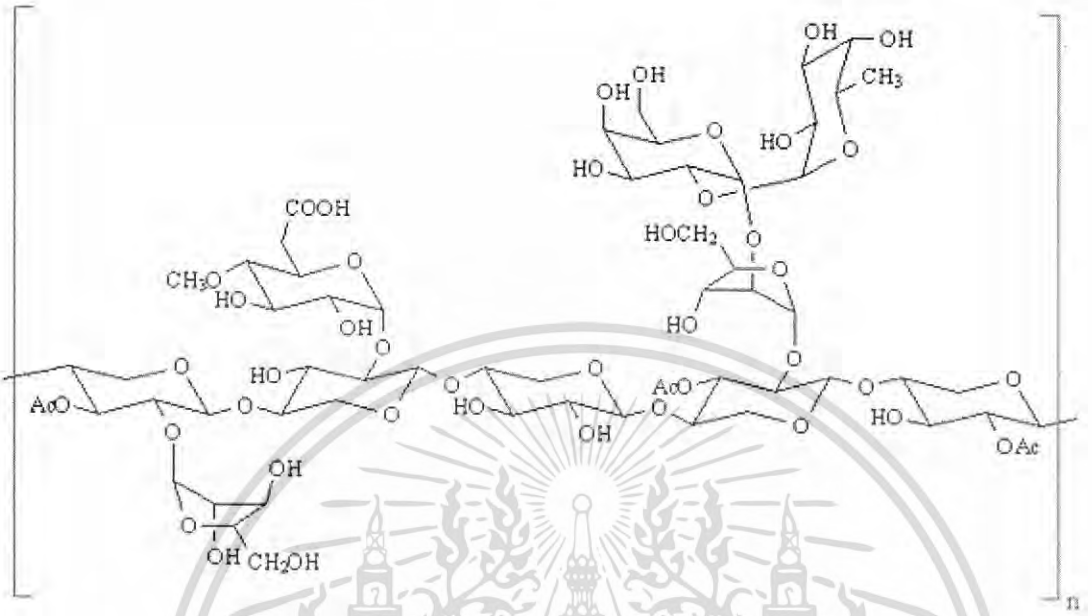
เซลลูโลสที่เป็นเส้นใยเดี่ยว จะไม่มีค่าความหนาแน่นที่แน่นอน ค่าความหนาแน่นจะแปรเปลี่ยนไปตามแหล่งที่มา หรืออาจเปลี่ยนไป เนื่องจาก การปรับปรุงทางเคมี

2.5.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellose)

เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นพอลิแซกคาไรด์ชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายเซลลูโลสแต่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิด เช่น กลูโคส กาแลกโตส แมนโนส ไซโลส อะราบิโนส รวมทั้งกรดกลูคูโรนิก และกาแลกทูโรนิก เฮมิเซลลูโลสพบในเนื้อเยื่อของพืชโดยรวมอยู่กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอื่นๆ เช่น ลิกนิน เซลลูโลส เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ พบมากในแกลบ ซังข้าวโพด เฮกโซแซน สูตรทางเคมีคือ $(C_6H_{12}O_5)_{2n}$ โครงสร้างทางเคมีแสดงดังภาพ

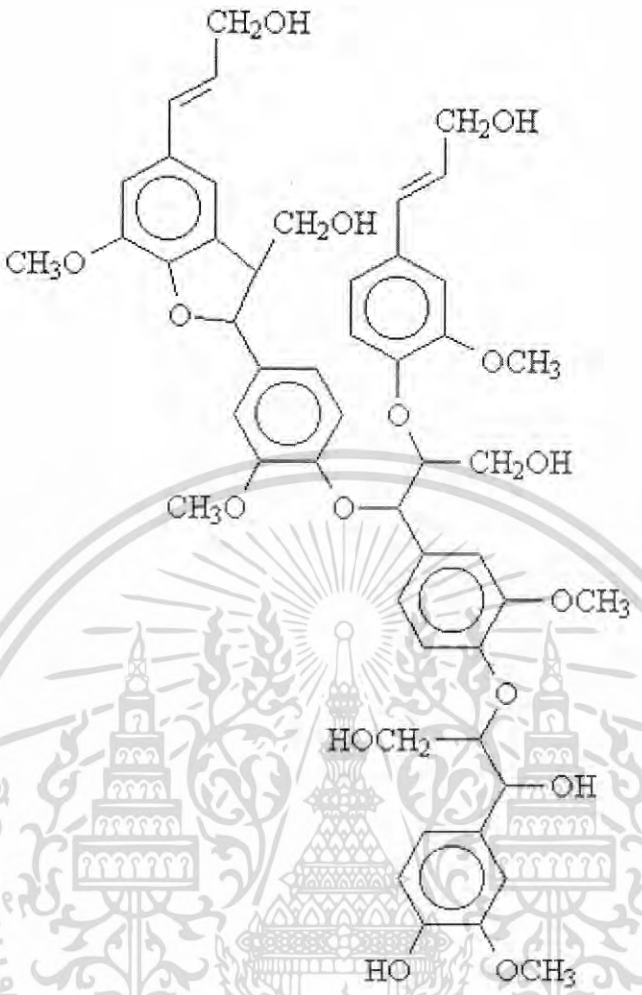


รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส[11]

2.5.3 ลิกนิน (Lignin)

ลิกนิน (Lignin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนมีน้ำหนักโมเลกุลสูง พบอยู่รวมกับเซลลูโลส ลิกนินเป็นสารที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิด ซึ่งเป็นสารอะโรมาติก ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น เพราะฉะนั้นจึงทำให้พืชที่มีลิกนินมากมีความแข็งแรงทนทาน เมื่อพืชตายลิกนินจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ลิกเนส (Lignase) หรือลิกนินเนส (Ligninase) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในรา ตัวอย่างหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนินแสดงดังภาพ

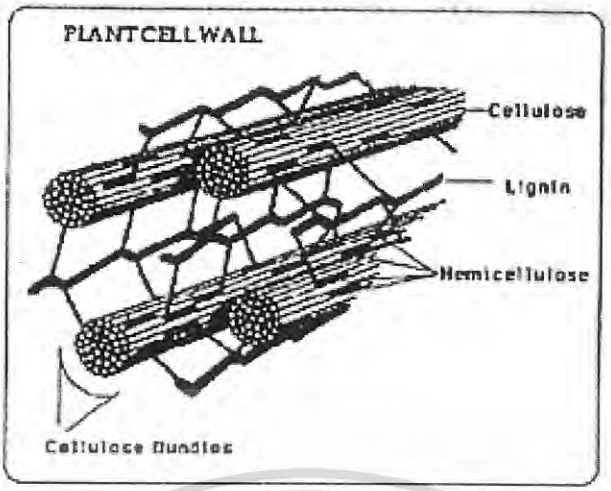
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของลิกนิน[11]

ไม้แต่ละชนิดจะมีอัตราส่วนระหว่างเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินไม่เท่ากัน ขึ้นกับ ชนิดและอายุของไม้ โดยไม้ที่มีลิกนินมาก จะมีความแข็งสูง และในไม้ชนิดเดียวกัน ไม้ที่มีอายุมาก จะมีปริมาณลิกนินมาก เช่นเดียวกัน โดยการจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในไม้จะเป็นไป ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินไม้[11]

ปัจจุบันได้มีความสนใจในการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติ(Natural fibers)มาใช้ประโยชน์เป็นเส้นใยเสริมแรงในวัสดุคอมโพสิต เนื่องจากเส้นใยสังเคราะห์มีราคาแพง ประเทศไทยมีเส้นใยธรรมชาติมากมาย บางชนิดเป็นเศษเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เช่นเส้นใยอ้อยจากอุตสาหกรรมน้ำตาล เส้นใยมะพร้าวจากอุตสาหกรรมกะทิ ขี้เลื่อยจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับไม้อื่นๆ เช่นอุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมการเกษตร ฯลฯ เส้นใยธรรมชาติมีข้อดีหลายประการดังนี้

1. หาง่าย เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีใช้ไม่หมดสิ้น และมีให้เลือกมากมายหลายชนิด
2. เส้นใยบางชนิดเป็นของเหลือทิ้ง หรือเป็นวัชพืช มีราคาถูก ทำให้สามารถใช้ลดต้นทุนการผลิต
3. เส้นใยมีสมบัติเชิงกลดี บางชนิดมีความแข็งแรงและมอดูลัสสูง
4. ความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีน้ำหนักเบา
5. สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ไม่เป็นปัญหาในการกำจัด
6. ช่วยกำจัดและลดกากของเสียจากเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม

ปัจจุบันได้มีงานวิจัยที่พยายามที่จะนำเส้นใยธรรมชาติต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ เช่น เส้นใยอ้อย เส้นใยมะพร้าว เส้นใยไผ่ ป่านศรนารายณ์ และอื่นๆ อย่างไรก็ดีการใช้ประโยชน์ของเส้นใยธรรมชาติในปัจจุบันยังไม่ประสบความสำเร็จในเชิงอุตสาหกรรมเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีข้อจำกัดบางประการที่ต้องการการปรับปรุงคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เส้นใยธรรมชาติมีความสามารถในการยึดเกาะกับพอลิเมอร์เมทริกซ์ต่ำ เป็นสาเหตุให้สมบัติบางประการต่ำ เช่นสมบัติเชิงกล
- เส้นใยธรรมชาติดูดซับน้ำสูงกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ทำให้คอมโพสิตเส้นใยธรรมชาติดูดซับน้ำสูงกว่าคอมโพสิตเส้นใยสังเคราะห์และพอลิเมอร์
- เส้นใยธรรมชาติขาดความสม่ำเสมอของเส้นใย

2.6 โฟมพอลิสไตรีน [12]

เป็นโฟมพลาสติกที่มีน้ำหนักเบา เซลล์ปิด แข็งปานกลาง ราคาถูก มีสมบัติให้ไอน้ำซึมผ่านและดูดน้ำต่ำจึงใช้เป็นฉนวนได้ดี

ในการผลิตนั้นเรซินซึ่งเป็นเม็ดเล็กๆจะอิ่มตัวด้วยสารไฮโดรคาร์บอนที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า 8% เช่น ก๊าซเพนเทน โดยใช้เป็นสารขยายตัว เมื่อถูกความร้อนถึงอุณหภูมิ 85.096.1°ซ. สารขยายตัวจะระเหยออกไป ทำให้เกิดความดันภายใน ขยายเรซินเม็ดเล็กๆ ออกเป็นเม็ดโฟม เรียกว่า พรี–พัฟ (pre–puff) ถ้าจะนำไปใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อเก็บความเย็น เช่น กล่องบรรจุผัก และผลไม้ และอื่นๆ เม็ดโฟมจะขยายตัวได้ 25–40 เท่า มีความหนาแน่น 0.016–0.026 กรัม/ซม^3 การที่เม็ดโฟมมีรูปร่างตามแม่พิมพ์ได้นั้นจะต้องฉีดเม็ดพรี–พัฟเข้าไปในแม่พิมพ์อัดภายใต้ความดัน ขณะเดียวกันไอน้ำในแม่พิมพ์จะทำให้แม่พิมพ์ร้อนขึ้น ความร้อนและความดันจะหลอมเม็ดโฟมเข้าด้วยกันเป็นโฟมประเภทเซลล์ปิด มีการดูดซึมน้ำต่ำ

โฟมพอลิเอทิลีนจะคล้ายกับโฟมพอลิสไตรีนในการพิมพ์ออกมาเป็นกล่องผู้ผลิตจะส่งมาในรูปของผลิตภัณฑ์ที่ขยายตัวจึงสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานมีความหนาแน่นระหว่าง 0.029–0.12 กรัม/ซม^3 สำหรับโฟมพอลิสไตรีนชนิดแผ่นผลิตโดยการอัดรีดมีความหนาแน่น 0.05–0.19 กรัม/ซม^3 มีความหนา 0.38–3.8 มิลลิเมตร เมื่อนำมาขึ้นรูปด้วยความร้อน เหมาะสำหรับทำเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดใช้แล้วทิ้งเช่น ถาดบรรจุอาหารต่างๆ รวมทั้งฟาสต์ฟู้ด กล่องบรรจุไข่ ภาชนะบรรจุได้แก่ ถ้วย ชาม ถ้วยน้ำดื่ม ฉลากสำหรับหุ้มขวดแก้ว เป็นต้น

2.7 ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde : Bakelite) [13]

ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์หรือเบกาไลต์เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมเซท ชนิดแรกที่รู้จักกันมานาน มีสีน้ำตาลคล้ายสีของขนมปัง มีความแข็งและคงตัว ความเป็นกรดด่างของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ละลายอยู่ในน้ำนั้นค่า pH ของสารละลายที่ 2.5-5 จะทำให้เกิดปฏิกิริยาของการเกิดสารโพลิเมอร์น้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายที่สภาวะ pH ดังกล่าวจะมีสภาพคงตัวน้อยที่สุด

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(formic acid) Methanol ที่เกิดขึ้นนี้สามารถทำปฏิกิริยา Methylene glycol ที่มีอยู่แล้วได้ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิด Hemiacetal และ Acetal ได้สารทั้งสองนี้เป็นต้นเหตุทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มาลดีไฮด์กับสารฟีนอลหรือยูเรียในขบวนการสังเคราะห์กาวช้าลงดังกลไกปฏิกิริยาที่ภาคผนวก ง [18]

เรซินชนิดนี้มีทั้งที่เป็นผงสีน้ำตาลดำ สำหรับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์และ แบบที่เป็นของเหลวใสสำหรับหล่อในแม่พิมพ์

สมบัติทั่วไป

- เนื้อแข็งคงตัว แต่เปราะ
- ทนทานต่อการผุกร่อน
- ทนความร้อนได้สูง
- เป็นฉนวนไฟฟ้า
- ไม่ดูดความชื้น
- มีราคาถูก

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ใช้ทำแกนของขดลวดในเครื่องรับวิทยุและโทรทัศน์ ใช้ทำปลอกด้านนอกเครื่องโทรศัพท์สมัยโบราณ ใช้ทำปลอกหุ้มขดลวดรถยนต์ ด้ามเครื่องมือช่าง ด้ามมีด ลูกบิลเลียด หูหม้อ หูกระทะ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สารเคลือบผิวและกาว เป็นต้น

2.8 สารกันการลามไฟ[14]

สารเคมีกันการลามไฟ (Flame retardant) มีมากมายหลายชนิด อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งได้กว้างๆ เป็น 2 ประเภทตามลักษณะคุณสมบัติในการหน่วงไฟ

2.8.1 สารกันการลามไฟทางเคมี (Chemical agent)[14]

สารเคมีดังกล่าวจะมีสมบัติในการเปลี่ยนแปลงสมบัติในการติดไฟของเชื้อเพลิง หรือเข้าไปรบกวนขั้นตอนในขบวนการสันดาป ทำให้อัตราการสันดาปช้าลง หรือขบวนการสันดาปหยุดชะงักลง สารเคมีที่มีสมบัติในการกันการลามไฟดีที่สุดได้แก่ ฟอสฟอรัส แอนติโมนี คลอไรด์ โบรไมด์ โบรอน และไนโตรเจน ซึ่งอยู่ในรูปสารประกอบที่แตกต่างกัน โดยสารประกอบที่ใช้เป็นสารกันการลามไฟในการดับไฟป่าที่เป็นที่รู้จักกันดีและใช้งานกันอย่างกว้างขวางได้แก่ แอมโมเนียม ซัลเฟต (AS) [$(NH_4)_2 SO_4$] และไดแอมโมเนียม ฟอสเฟต (DAP) [$(NH_4)_2 H_2 PO_4$] สารประกอบทั้งสองชนิดนี้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ส่วนหนึ่งเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการกันการลามไฟสูง และอีกส่วนหนึ่งเนื่องจากเป็นสารที่มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเกษตร จึงหาได้ง่าย มีราคาถูก และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่มากนัก

สารกันการลามไฟทั้งสองชนิดเมื่อติดไฟจะมีผลรบกวนขบวนการสันดาปทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยส่วนที่เป็นน้ำจะช่วยลดอุณหภูมิของเชื้อเพลิง และลักษณะที่เป็นวุ้นหนาจะห่อหุ้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นผิวเชื้อเพลิงที่กำลังทำปฏิกิริยาลุกไหม้ ในขณะที่เกลืออนินทรีย์สารจะรบกวนขั้นตอนการลุกไหม้ทำให้เกิดก๊าซที่ไม่ติดไฟแทนที่จะเป็นก๊าซที่ติดไฟในขบวนการลุกไหม้ตามปกติ เมื่อก๊าซที่ติดไฟได้มีน้อยลง ความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากการลุกไหม้ก็ลดลง มีผลให้อัตราการลุกลามของไฟลดลงตามไปด้วย

ปัญหาสำคัญของสารกันการลามไฟที่เป็นเกลืออนินทรีย์สาร คือความเป็นพิษ เช่นสารเคมีที่ใช้ในยุคแรกๆได้แก่ โซเดียม แคลเซียม โบเรต ซึ่งเลิกใช้ไปแล้ว เนื่องจากพบว่าเมื่อใช้ในปริมาณมากจะมีผลทำให้ดินหมดความอุดมสมบูรณ์ลงโดยสิ้นเชิง สำหรับสารเคมีที่ยังนิยมใช้กันอยู่ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต และไดแอมโมเนียมฟอสเฟต ซึ่งถึงแม้จะมีองค์ประกอบใกล้เคียงปุ๋ยเคมีการเกษตรมาก แต่หากใช้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะเมื่อลงไปสะสมอยู่ในแหล่งน้ำ ฟอสเฟตจะทำให้น้ำเสีย มีผลกระทบร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

2. 8.2 สารกันการลามไฟทางกายภาพ (Physical agent)[14]

น้ำถือเป็นสารกันการลามไฟไฟทางกายภาพที่มีประสิทธิภาพมาก โดยเฉพาะเมื่อเป็นไอจะมีความสามารถในการดูดซับความร้อนสูงและนำความร้อนออกไปจากพื้นที่ ทำให้บริเวณที่ไฟไหม้และเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิลดลง อย่างไรก็ตามน้ำมีแรงตึงผิวสูงมาก จึงมักรวมเป็นหยดและกลิ้งออกไปจากเชื้อเพลิงเร็วมากก่อนที่จะดูดซับความร้อนได้เต็มตามปริมาณความจุความร้อนที่รับได้

ดังนั้นในช่วงคริสต์ทศวรรษที่ 30 และ 40 (ช่วงค.ศ.1930 ถึงค.ศ.1940) จึงได้เริ่มมีการทดลองใช้โฟมเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำในการดับไฟ ต่อมาในปีพ.ศ.2511 (ค.ศ.1968) จึงเริ่มใช้โฟมในการดับไฟป่า ปรากฏว่าไม่ได้ผลเท่าที่ควร ประกอบกับจำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการทำให้เกิดโฟม และคนยังให้ความสนใจน้อย ดังนั้นจึงยังไม่มีการผลักดันเพื่อพัฒนาการใช้โฟมในการดับไฟป่าอย่างจริงจัง จนกระทั่งถึงปีพ.ศ.2528 (ค.ศ.1985) ประเทศแคนาดาจึงได้มีการพัฒนาโฟมชนิดใหม่จากสารประกอบในตระกูลไฮโดรคาร์บอน (Synthetic hydrocarbon surfactant foaming agents) ซึ่งต่อมาได้รับความนิยมใช้จากหน่วยงานดับไฟป่าเกือบทุกแห่ง ทั้งในประเทศแคนาดาและสหรัฐอเมริกา โดยสามารถใช้ดับไฟทางภาคพื้นดินและดับไฟทางอากาศได้เป็นอย่างดี

โฟมมีคุณสมบัติในการลดแรงตึงผิวของน้ำ ทำให้น้ำกระจายครอบคลุมเชื้อเพลิงได้เนื้อที่มากกว่าเดิมและซึมลึกลงไปในรูพรุนเล็กๆ ของเชื้อเพลิง นอกจากนั้นยังติดอยู่บนเชื้อเพลิงนานขึ้นทำให้น้ำมีโอกาสดูดซับความร้อนจากเชื้อเพลิงได้เต็มตามปริมาณความจุความร้อนที่รับได้ นอกจากนั้นสีขาวของโฟมที่ปกคลุมเชื้อเพลิงยังช่วยสะท้อนความร้อนจากภายนอก ทำให้อุณหภูมิของเชื้อเพลิงไม่เพิ่มขึ้นไปจากเดิม กับทั้งยังช่วยสร้างม่านละอองน้ำกั้นระหว่างเชื้อเพลิงกับไฟอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม โฟมที่ผลิตจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนก็มีข้อเสียพอสมควร คือ อาจสร้างความระคายเคืองต่อตาและผิวหนัง ทำให้โลหะบางชนิดเป็นสนิม ลดอายุการใช้งานของเครื่องหนัง เช่น รองเท้าหนังและอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมถ้าใช้ในปริมาณมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 สารกันการลามไฟที่ใช้ในงานวิจัย

2.9.1 แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide)[15]

ชื่อเคมี IUPAC: Magnesium hydroxide

ชื่อเคมีทั่วไป Magnesium hydroxide

ชื่อพ้องอื่นๆ Milk of magnesia ; Magnesia magma ; Magnesium hydrate; Milk of magnesia; Magnesia; Magnesium dihydroxide; Gastrobrom; Gastrogel; Mylanta;

แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (อังกฤษ:Magnesium hydroxide) $Mg(OH)_2$ รู้จักกันในชื่อ มิลค์ออฟแมกนีเซีย (Milk of magnesia) นิยมใช้เป็น ยาลดกรด หรือ ยาระบาย แมกนีเซียม ไฮดรอกไซด์ในรูปของแร่รู้จักกันในชื่อ บรูไซต์ (brucite) แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์แทรกแซงการดูดซึมโฟลิก แอซิด และ เหล็ก [3] มีสูตรโครงสร้างดังนี้

HO-Mg-OH

สูตรเคมี $Mg(OH)_2$ น้ำหนักโมเลกุล 58.33 g/mole ลักษณะภายนอกเป็นผงของแข็งสีขาวไม่มีกลิ่น จุดเดือดสลายตัวที่ 623 K (350 ^{0}C) ความหนาแน่น 2.4 g/cm^3 ละลายน้ำได้ยาก ความเป็นกรด-ด่าง 9.5-10.5 เคมีความร้อน ความร้อนที่ใช้ในการระเหย(Strandard enthalpy change of vapourization) -561 kJ/mol ความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลว(Strandard enthalpy change of fusion) -925 kJ/mol ความไม่เป็นระเบียบ(Strandard molar entropy) 63 J/(mol·K)[3,15]

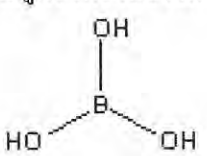
2.9.2 กรดบอริก(Boric acid)[16]

ชื่อเคมี IUPAC: Boric acid; Trihydroxyborane

ชื่อเคมีทั่วไป Ortho-boric acid ; Boracic acid

ชื่อพ้องอื่นๆ Boracic acid; Borofax; Boron trihydroxide; Kjel-sorb; Hydrogen orthoborate; Three elephant; Kill-off; Orthoboric acid (H_3BO_3);

Boric acidมักจะเรียกว่า Boracic acid หรือ Orthoboric acid ถ้าอยู่ในรูปแร่ธาตุจะเรียกว่า Sassolite โดย Boric acid นั้นมีความเป็นกรดอ่อน ใช้ในงานป้องกันการเน่าเสีย, ยาฆ่าแมลง, สารหน่วงไฟ, ควบคุมปฏิกิริยาการแตกตัวของธาตุยูเรเนียมในโรงปฏิกรณ์นิวเคลียร์ และเป็นสารตั้งต้นของสารประกอบเคมีอื่นๆ[5] Boric acid มีสูตรโครงสร้างดังนี้



สูตรเคมี H_3BO_3 น้ำหนักโมเลกุล 61.83 g/mole ลักษณะภายนอกเป็น ผงของแข็งสีขาวไม่มีกลิ่น จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง 169 ^{0}C ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1) 1.43 ความดันไอ(มม.ปรอท) 2.6 ที่ 20^{0}C ความสามารถในการละลายน้ำที่(กรัม/100มล.) 5.556 (การละลาย 0.0012g ในน้ำ 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
107793

ถือว่าละลายน้ำได้) ความเป็นกรด-ด่าง 5.1 เคมีความร้อน ความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลว (Strandard enthalpy change of fusion) -1093.99 kJ/mol ความไม่เป็นระเบียบ(Strandard molar entropy) 88.7 J/(mol·K)[5,16]

2.9.3 ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต(Disodium hydrogen phosphate)[17]

ชื่อเคมี IUPAC: Sodium monohydrogen phosphate

ชื่อเคมีทั่วไป Disodium hydrogen phosphate

ชื่อพ้องอื่นๆ Di-Sodium Hydrogenphosphate; Sodium Phosphate Dibasic; Disodium Phosphate; Di-sodium hydrogen orthophosphate; Phosphoric acid, disodium salt; Sodium monohydrogen phosphate (2:1:1); Dibasic sodium phosphate; Disodium monohydrogen phosphate; Disodium orthophosphate; Disodium phosphoric acid; DSP; Soda phosphate; Sodium acid phosphate; Disodium Monophosphate; Disodium Monohydrogen Orthophoshate; Sodium Phosphate Reagent Grade Dibasic;

เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ และบัฟเฟอร์ในอาหาร,สีย้อม,ผ้าไหม,การวิเคราะห์ทางเคมี,ในอุตสาหกรรมการเคลือบเงา เซรามิค สารลดแรงตึงผิว และมีสูตรโครงสร้างดังนี้

สูตรเคมี Na_2HPO_4 น้ำหนักโมเลกุล 358.14 g/mole ลักษณะภายนอก ผงของแข็งสีขาวไม่มีกลิ่น จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง 34 ^{0}C ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1) 1.52 ความหนาแน่นไอ(อากาศ=1) 4.9 ความดันไอ(มม.ปรอท) 2.6 ที่ 20^{0}C ความสามารถในการละลายน้ำที่(กรัม/100 มล.) 11 (การละลาย 0.0012 g ในน้ำ 100 กรัม ถือว่าละลายน้ำได้) ความเป็นกรด-ด่าง 9.0-9.4 [17]

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายประวิทย์ อรุณวัฒนโชค[18]นำเอาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีอยู่ปริมาณมากในประเทศไทย และพอลิสไตรีนโฟมที่ใช้แล้วมาแปรรูปให้เป็นแผ่นชิ้นไม้อัดดูดซับเสียง โดยทำการศึกษาผลของเส้นใยมะพร้าวที่มีต่อแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชานอ้อย และพอลิสไตรีนโฟม เพื่อทำการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดดูดซับเสียงที่มีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และหนา 0.9 เซนติเมตร ที่มีความหนาแน่น 300กก./ลบ.ม. ด้วยเครื่องกดอัดร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติดที่ปริมาณ 10% และ 15% โดยน้ำหนักของวัตถุดิบทั้งหมด แล้วจึงนำแผ่นชิ้นไม้อัดดูดซับเสียงมาทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการดูดซับเสียง ซึ่งจากการทดลองพบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากชานอ้อยหรือมีส่วนผสมของชานอ้อยมากกว่ามีสมบัติการกั้นเสียงที่ดีกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ทำจากเส้นใยมะพร้าวหรือมีส่วนผสมของเส้นใยมะพร้าวมากกว่า โดยแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และมีการผสมกรดบอริก (H_3BO_3) มีประสิทธิภาพในการหน่วงการลามไฟได้ดีที่สุด และแผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟมีการติดไฟอยู่ในระดับ " สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง " ในขณะที่แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์และไม่ผสมสารต้านทานการลามไฟมีการติดไฟอยู่ในระดับ "อัตราการเผาไหม้" แต่แผ่นชิ้นไม้อัดกั้นเสียงที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์มีสมบัติการกั้นเสียงดีกว่ายูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และเมื่อพิจารณาสานต้านทานการลามไฟพบว่า. $Mg(OH)_2$ มีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟที่ดีเมื่อใช้กับกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ แต่ H_3BO_3 มีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟที่ดีเมื่อใช้กับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์

วรางคณา วงศ์สิโรจน์กุล และคณะ[19] ศึกษาการเตรียมแผ่นใยไม้อัดที่ความหนาแน่น 300 กก./ม^3 จากเส้นใยมะพร้าวผสมรีไซเคิลพอลิสไตรีนโฟม โดยใช้กาว 2 ชนิด ได้แก่ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ และฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ซึ่งใช้ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 5 7 9 และ15 เปอร์เซ็นต์ในปริมาณเนื้อกาวแห้งเทียบกับน้ำหนักอบแห้งของเส้นใยมะพร้าวและโฟมพอลิสไตรีน นอกจากนี้ยังทำการทดลองศึกษา อัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวต่อโฟมพอลิสไตรีน โดยทำการเตรียมแผ่นใยไม้อัดที่ความหนาแน่น 300 กก./ม^3 แล้วนำไปทดสอบ สมบัติการดูดซับน้ำ การพองตัว มอดุลัสยืดหยุ่น การโค้งงอสามจุด และสมบัติการดูดซับเสียง จากการทดลองพบว่า แผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 15 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวต่อโฟมพอลิสไตรีนเท่ากับ 80/20 จะมีค่าการดูดซับน้ำและการพองตัวต่ำที่สุด แต่จะให้ค่าการโค้งงอสามจุด และมอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุด ส่วนแผ่นใยไม้อัดที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 15 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วนเส้นใยมะพร้าวต่อโฟมพอลิสไตรีนเท่ากับ 80/20 จะให้ค่าการดูดซับเสียงสูงที่สุด

ธนวรรณ อภิชาติโสภิต[20] ศึกษาการเตรียมแผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำจากชานอ้อยและวัสดุเหลือทิ้งโฟมพอลิสไตรีน โดยใช้กาวสองชนิดเป็นตัวประสาน คือ ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) และฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (PF) แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล (MORและMOE) และสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สมบัติการดูดซับเสียง ฉนวนทางความร้อน การดูดซับน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบกาวทั้ง 2 ชนิด พบว่า กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ทำแผ่นชิ้นไม้อัดจะมีการต้านทานการดูดซึมน้ำ ต้านทานการพองตัวเมื่อแช่น้ำ ความแข็งแรงหักงอและสมบัติการดูดซับเสียงดีกว่ากาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ แต่กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจะเป็นฉนวนทางความร้อนดีกว่าการใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ค่าการดูดซับน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำจะลดลงต่อเมื่อเวลาในการอัดร้อน ปริมาณกาว ความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัด ขนาดชานอ้อยและปริมาณพอลิสไตรีนโฟมเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณชานอ้อยลดลง ความแข็งแรงหักงอจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณพอลิสไตรีนโฟม เวลาในการอัดร้อน ปริมาณกาว ความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัดเพิ่มขึ้น สมบัติการดูดซับเสียงจะดีขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการอัดร้อนและการมีพอลิสไตรีนโฟมอยู่ในแผ่นชิ้นไม้อัด จากการทดลองสรุปได้ว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่เหมาะสมในการนำไปใช้ดูดซับเสียงคือ มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาแน่น0.3 g/cm^3 ขนาดของชานอ้อย ที่ 20-35 mesh ขนาดพอลิสไตรีนโฟมผสม (mixed size) อัตราส่วนBG/EPSที่ 85/15 wt/wt อุณหภูมิและเวลาในการอัดร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ที่ 15% โดยน้ำหนัก (เมื่อเทียบกับน้ำหนักแห้งของวัตถุดิบทั้งหมด) แต่ถ้าใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ 15% โดยน้ำหนัก จะเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นฉนวนทางความร้อนมากกว่า

M. Sain และคณะ[21] พบว่า การติดไฟของวัสดุคอมโพสิตที่ประกอบด้วยพอลิพรอพิลีนขี้เลื่อยหรือแกลบ และสารกันการลามไฟที่ใช้แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ โดยศึกษาการติดไฟในแนวนอนและบันทึกค่าดัชนีออกซิเจนด้วย ศึกษาผลกระทบจากสารหน่วงไฟจำพวกกรดบอริก และซิงค์บอเรต ซึ่งผสมเข้าไปพร้อมกับแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลว่าแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์นี้สามารถลดการติดไฟของเส้นใยธรรมชาติที่ผสมคอมโพสิตพอลิพรอพิลีนได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษากรดบอริก และซิงค์บอเรตที่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ปรากฏว่าทั้งสองตัวนี้ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ แต่การเติมสารกันการลามไฟชนิดนี้พบว่าสมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิตจะลดลง

ผุสดี ก้านเหลือง และมริสรา ชม้ายกุล[22] พบว่าในการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับเสียงของวัสดุก่อสร้างโดยเปรียบเทียบค่าการดูดซับเสียงของวัสดุก่อสร้าง 4 ประเภท ได้แก่ กระจก ผนัง-ผิวหนัง ฝ้า-เพดาน และ วัสดุปูพื้นรวมทั้งสิ้น 14 แผ่นตัวอย่าง ได้แก่ กระจกใสหนา 3 และ 5 มิลลิเมตร กระจกฝ้าหนา 3 และ 5 มิลลิเมตร กระจกแทมเพอร์เรดหนา 9 มิลลิเมตร ผนังไม้อัดยางแบบบุด้านเดียว อิฐมอญก่อและฉาบด้วยปูนซีเมนต์ทั้ง 2 ด้าน อิฐบล๊อกก่อและฉาบด้วยปูนซีเมนต์ทั้ง 2 ด้าน บุด้วยกระเบื้องเซรามิก ฝ้ายิปซั่มบอร์ดแบบมีฟรอยด์ ฝ้ายิปซั่มบอร์ดแบบมีฟรอยด์และโฟม วัสดุปูพื้น และวัสดุปูพื้นบุด้วยกระเบื้องเซรามิก ที่ความถี่ 125, 250, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 Hz โดยใช้เครื่อง Noise Generator พบว่า ปูนเทพื้นบุด้วยกระเบื้องเซรามิกมีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ ปูนเทพื้นและผนังไม้อัดยางมีความสามารถดูดซับเสียงได้น้อยที่สุด ความสามารถของการดูดซับเสียงของวัสดุก่อสร้าง ในแต่ละประเภทมีค่าดังนี้ วัสดุก่อสร้างประเภทกระจก กระจก tempered 9 มิลลิเมตร, กระจกฝ้า 5 และ 3 มิลลิเมตร สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ 125-250, 500-1,000 และ 2,000-4,000 Hz ตามลำดับ ประเภทผนัง-ผิวหนัง อิฐมอญและอิฐบล๊อกบุกระเบื้องเซรามิกสามารถดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ 125-250 และ 500-4,000 Hz ตามลำดับ ประเภทฝ้า - เพดาน ยิปซั่มบอร์ดบุฟรอยด์และโฟม และยิปซั่มบอร์ดบุฟรอยด์สามารถดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ 125-1,000 และ 2,000-4,000 Hz และประเภทวัสดุปูพื้น ปูเทพื้นบุกระเบื้องเซรามิก มีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดีที่ความถี่ 125, 500, 1,000, 2,000 และ 4,000 Hz

กำพล ชูปรีดา และคณะ[23] พบว่าการศึกษาการผลิตแผ่นเส้นใยอัดความหนาแน่นสูงจากผักตบชวาโดยผลิตจากกรรมวิธีแห้ง (Dry-Forming Process) ชนิดผิวเรียบ 2 หน้า ซึ่งมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาแน่นที่กำหนด 800 กก./ลบ.ม. ขึ้นไป ความหนาของแผ่นเท่ากับ 9 มม. ใช้ปริมาณกาว ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10%, 13% และ 16% และปริมาณพาราฟินอิมัลชั่น 0.75% เทียบกับน้ำหนักแห้งของเส้นใยผักตบชวา โดยมีรายละเอียดในการผลิต ดังนี้ คือ ทำการอัดด้วยเครื่องอัดร้อน แรงอัดจำเพาะ 25 กก./ตร.ซม. อุณหภูมิในการอัด 150 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการอัด 6 นาที เส้นใยผักตบชวาก่อนการผสมกาวมีความชื้นเฉลี่ย 6.79% ผลการศึกษาพบว่าแผ่นทดสอบที่ระดับปริมาณเนื้อกาว 10%, 13% และ 16% ไม่ผสมพาราฟินอิมัลชั่น มีความหนาแน่นเฉลี่ย 869, 855 และ 927 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ แผ่นทดสอบที่ระดับปริมาณเนื้อกาว 10%, 13% และ 16% ผสมพาราฟินอิมัลชั่น มีความหนาแน่นเฉลี่ย 858, 858 และ 857 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายสมบัติ และสมบัติทางกล ตามมาตรฐาน JIS A 5905-1994 (Fiberboards, Hardboard Type) พบว่า แผ่นทดสอบทุกระดับปริมาณเนื้อกาว ทั้งผสมและไม่ผสมพาราฟินอิมัลชั่น ไม่สามารถผ่านค่ามาตรฐานทางกล ทั้งค่าความต้านทานแรงดัด และค่าความต้านทานแรงดึงตั้ง ฉากกับผิวหน้า สำหรับค่าทางสกายสมบัติพบว่า ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยและค่าความชื้น อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ค่าขยายตัวทางความหนา เมื่อแช่น้ำ และค่าการดูดซึมน้ำ ยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

Henrich Lubke[24] ทำการศึกษาการปรับปรุงสารกันการลามไฟในแผ่นไม้อัด โดยทำการผลิตแผ่นไม้อัด 3 ชั้น ที่มีการผสมสารกันการลามไฟ 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. ปริมาณการเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์เทียบกับพื้นที่ของชิ้นงาน(production CO) จากผลการทดลองสรุปได้ว่า$Mg(OH)_2$ มีผลทำให้แผ่นไม้อัดมีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟ ซึ่ง ค่าRHR, ค่าMLR และค่าSEA มีค่าลดลง เมื่อปริมาณ $Mg(OH)_2$ เพิ่มขึ้น จากการเปรียบเทียบสารกันการลามไฟชนิดต่างๆพบว่า สาร [$NH_4H_2PO_4$ + H_3BO_3] มีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟได้ดีที่สุด โดยแผ่นไม้อัดที่มีการผสมสารหน่วงไฟไม่ว่าชนิดใดก็ตามมี อัตราการเกิดควันต่ำกว่า แผ่นไม้อัดที่ไม่ผสมสารหน่วงไฟโดยเฉพาะสาร $Mg(OH)_2$ กับ $Al(OH)_3$ สามารถระงับควันได้ดีมาก ในขณะที่การผสมสารหน่วงไฟลงในแผ่นชิ้นไม้อัด ส่งผลให้มีปริมาณ CO สูงกว่าแผ่นไม้อัดที่ไม่ผสมสารหน่วงไฟ ยกเว้น $Mg(OH)_2$ที่มีปริมาณของ CO ต่ำกว่า แต่อย่างไรก็ตาม การใช้สารหน่วงไฟชนิด $Mg(OH)_2$กับ [$NH_4H_2PO_4$ + H_3BO_3] ทำให้มีปริมาณการผลิต CO ต่ำกว่าแผ่นไม้อัดที่ไม่ผสมสารหน่วงไฟ

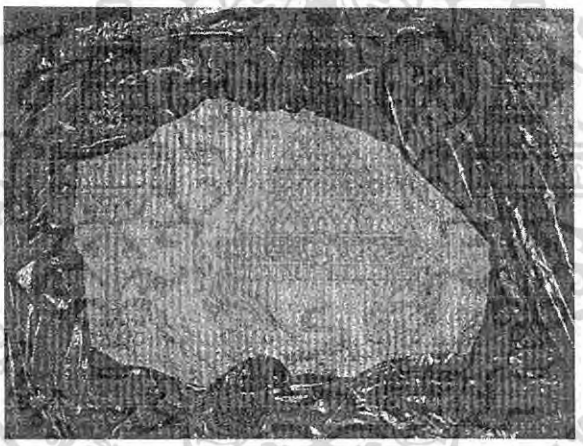
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

โครงงานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างจากเส้นใยมะพร้าวมาทดลองผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัดโดยผสมโฟมพอลิสไตรีน ศึกษาชนิดสารกันการลามไฟต่อน้ำหนักของเส้นใยมะพร้าวแห้ง โดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และใช้สารกันการลามไฟ 3 ชนิดคือ กรดบอริก (H_3BO_3) 3% แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) 3% ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) 3% และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตอย่างละ 1.5% กำหนดให้แผ่นใยไม้อัดมีความหนาแน่นระดับ 0.3 กรัม/ลบ.ซม.

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลองและสารเคมี

3.1.1 เส้นใยมะพร้าว จากบริษัท อุตสาหกรรมใยมะพร้าว



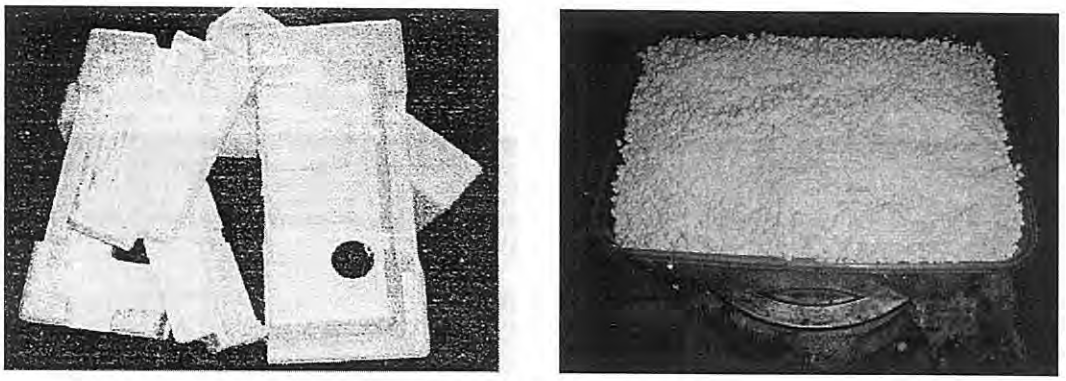
รูปที่ 3.1 เส้นใยมะพร้าวที่นำมาบดย่อยและคัดขนาดแล้ว

3.1.2 พอลิสไตรีนโฟม (Expanded polystyrene foam ; EPS)

โฟมพอลิสไตรีนซึ่งได้จากบรรจุภัณฑ์สารเคมีแล้วนำมาบดด้วยเครื่องบดให้มีขนาดต่างๆ ดังนี้

- เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร 25%
- เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2-3 มิลลิเมตร 35%
- เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3-6 มิลลิเมตร 39%
- เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 พอลิสไตรีนโฟม : ก) พอลิสไตรีนโฟมที่ยังไม่บดย่อย ข) พอลิสไตรีนโฟมที่บดย่อยแล้ว

3.1.3 กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol-formaldehyde resin ; PF)

ตารางที่ 3.1 แสดงสมบัติของกาว

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

3.1.4 แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide : $Mg(OH)_2$) จากบริษัท FLUKA

3.1.5 กรดบอริก (Boric acid : H_3BO_3) จากบริษัท FLUKA

3.1.6 ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟส (Disodium hydrogen phosphate : Na_2HPO_4) จาก บริษัท FARMITALIA CARLO ERBA

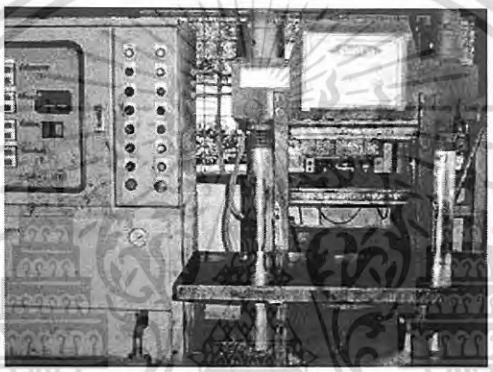
3.2 ชุดเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัด

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. เครื่องฟอร์มแผ่นชิ้นไม้ [(Forming frame) 30cm x30cm x0.9cm]

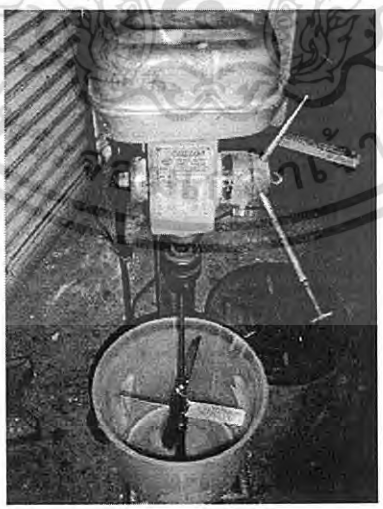
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบชิ้นงาน

1. ตู้อบ (Oven)
2. เครื่องชั่ง (Balance)
3. เครื่องเลื่อยมือ
4. ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)
5. เวอร์เนียร์ (Verneer)
6. เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal testing machine) : LR 5K of LLOYD INSTRUMENTS
7. ชุดเครื่องมือในการทดสอบอัตราการเผาไหม้



รูปที่ 3.3 เครื่องอัดร้อน (Compression Machine)



รูปที่ 3.4 เครื่องผสมวัตถุดิบ (Paddle-type blender)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 กรรมวิธีการผลิตแผ่นเส้นใยไม้อัด

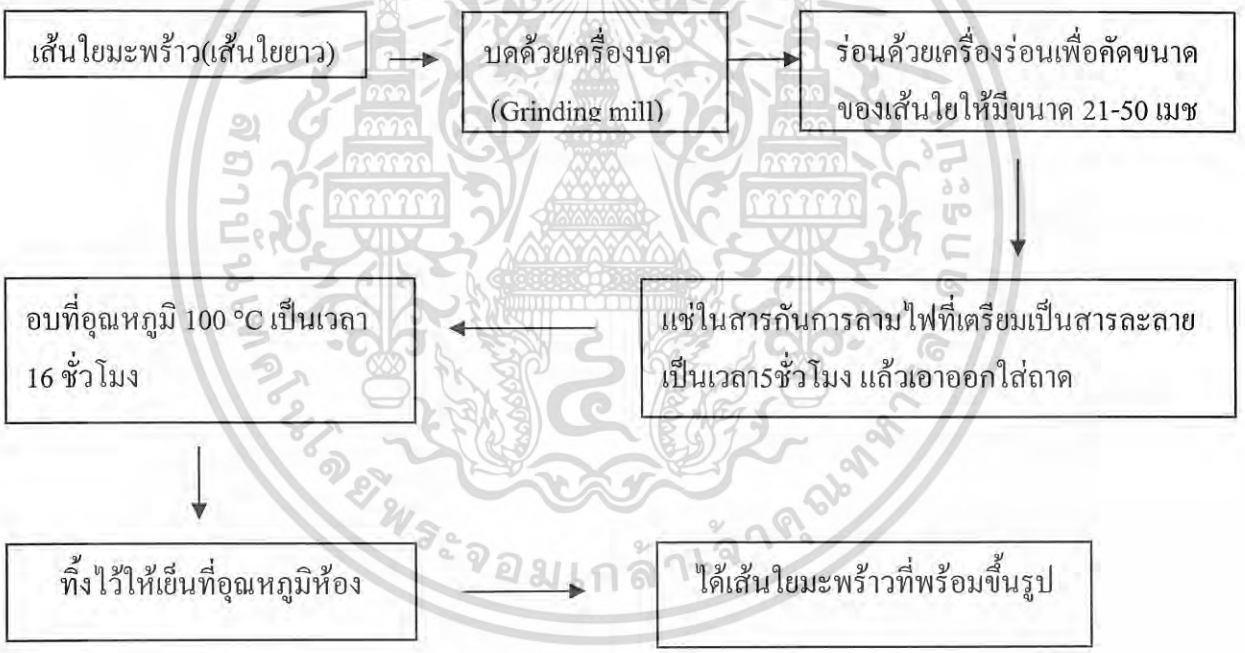
3.4.1 การเตรียมเส้นใยมะพร้าว

เส้นใยมะพร้าวที่เตรียมได้สามารถแยกออกได้เป็น 3 ขนาด

- เส้นใยมะพร้าว ขนาด 21-50 เมช

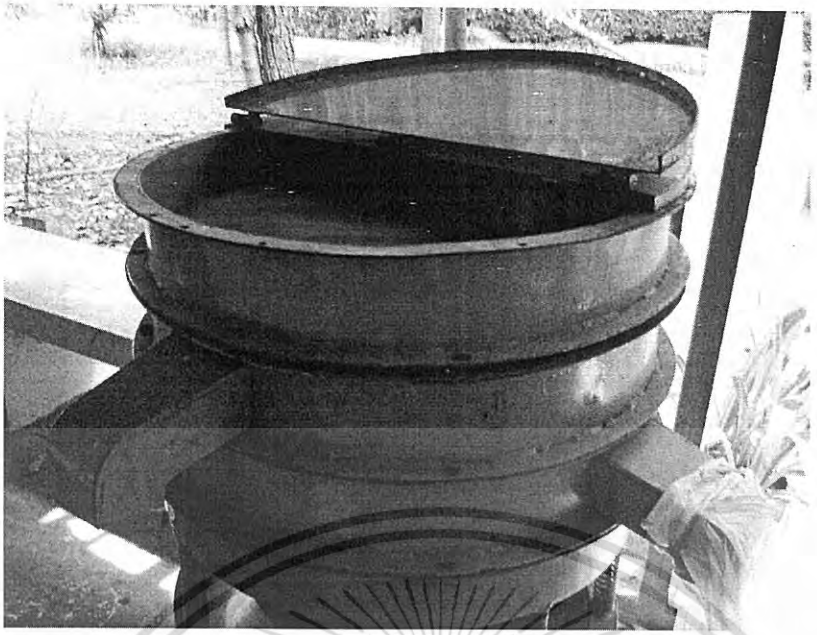
ตารางที่ 3.2 แสดงขนาดของเส้นใยมะพร้าว

ขนาด	CC 21-50 เมช
ค่าเฉลี่ยความหนา (mm)	0.289
ค่าเฉลี่ยความยาว (mm)	12.741
สัดส่วนความเพรียว	44.087



รูปที่ 3.5 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเตรียมเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 เครื่องร่อนพร้อมตะแกรง

3.4.2 การเตรียมโฟมพอลิสไตรีน

นำโฟมพอลิสไตรีนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้ง มาบดด้วยเครื่องบด (Grinding mill) จากนั้นจึงนำพอลิสไตรีนโฟมที่บดแล้วไปชั่งน้ำหนัก 31.88 กรัม เพื่อทำการผสมกาวในขั้นตอนต่อไป

รูปที่ 3.7 เครื่องบด (Grinding Mill)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การเตรียมกาว

ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดได้กำหนดระดับปริมาณเปอร์เซ็นต์เนื้อกาวต่อน้ำหนักของเส้นใยแห้งอยู่ที่ระดับ 15 % โดยกาวที่ใช้ในการอัดแผ่น คือ กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

3.4.4 การทำแผ่นใยไม้อัดที่ใช้สารกันการลามไฟต่างชนิดกัน

3.4.4.1 การเตรียมสารละลายของสารกันการลามไฟ

เตรียมสารกันการลามไฟที่ใช้ ได้แก่กรดบอริก (H_3BO_3) แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต(Na_2HPO_4) และ ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ผสมกับแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ให้มีความเข้มข้น 3 %

3.4.4.2 การแช่เส้นใยในสารกันการลามไฟที่ถูกเตรียมเป็นสารละลาย

เส้นใยมาแช่ในสารละลายที่เตรียมได้ในข้อ 3.4.4.1 เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นจึงกรองเอาแต่ส่วนเส้นใยไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จนน้ำหนัก คงที่หาปริมาณเกลือที่คงเหลือในน้ำและปริมาณเกลือที่ได้จากการอบเส้นใยเพื่อคำนวณหาปริมาณเฉลี่ยที่คาดว่าอยู่ในเส้นใย

3.4.4.3 การผสมกาวกับเส้นใยและโฟม

ชั่งเส้นใยในข้อ 3.4.4.2 โฟม และกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 15% โดยน้ำหนักของของผสมทั้งหมดให้ได้ตามน้ำหนักที่คำนวณ นำไปเทลงในถังผสมแล้วทำการผสมโฟมและเส้นใยให้เข้ากัน จากนั้นเทกาวลงไปในของผสมดังกล่าวทีละน้อย ทำการคนให้เนื้อกาวติดบนเนื้อโฟมและเส้นใย แล้วจึงทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมเพื่อเพิ่มความสามารถในการผสมของกาวทำการหยดกาวและปั่นของผสมไปเรื่อยๆจนกาวหมด

3.4.4.4 การเตรียมแผ่นอัด

นำเส้นใยและโฟมที่ผสมกาวเรียบร้อยแล้วมาโรยแผ่นโดยใช้แผ่นสแตนเลส 1 แผ่นวาง จากนั้นวางตามด้วยแผ่นใสถ่ายเอกสาร แม่พิมพ์ และกรอบพลาสติก ตามลำดับ โรยเส้นใยและโฟมที่ผสมลงไป เมื่อโรยหมดแล้ววางแผ่นใสถ่ายเอกสาร และแผ่นสแตนเลสทับลงบนเส้นใยและโฟม การวางแผ่นใสถ่ายเอกสารบนแผ่นสแตนเลสจะช่วยให้ผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดกับแผ่นสแตนเลสไม่ติดกันแล้ววางแผ่นเหล็กตามอีกชั้นเป็นชั้นบนสุดแล้วทำการอัดแผ่นเหล็กลงมาเพื่อให้วัตถุดิบทั้งหมดอัดตัวกันที่ระดับหนึ่งเพื่อเป็นการไล่อากาศออกไป แล้วจึงนำไปอัดร้อนในขั้นตอนต่อไป

ในทำนองเดียวกันทำการเตรียมแผ่นใยไม้อัดที่ไม่ผสมโฟม

3.4.4.5 การอัดร้อน

หลังจากโรยแผ่นเตรียมอัดเสร็จแล้วให้นำไปเข้าเครื่องอัดร้อน โดยที่เครื่องอัดร้อนนี้จะมีชุดเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ใช้เป็นเครื่องอัดเพื่อให้ได้ขนาดความหนาของแผ่นตามต้องการและในการอัดความร้อนนี้จะทำการควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการอัดร้อนใช้สภาวะแรงดันประมาณ 150 กก./ม.^{2} ใช้ระยะเวลาในการอัด 10 นาที แล้วจึงนำแผ่นใยไม้อัดออกจากเครื่องอัดร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 เครื่องอัดขึ้นรูป

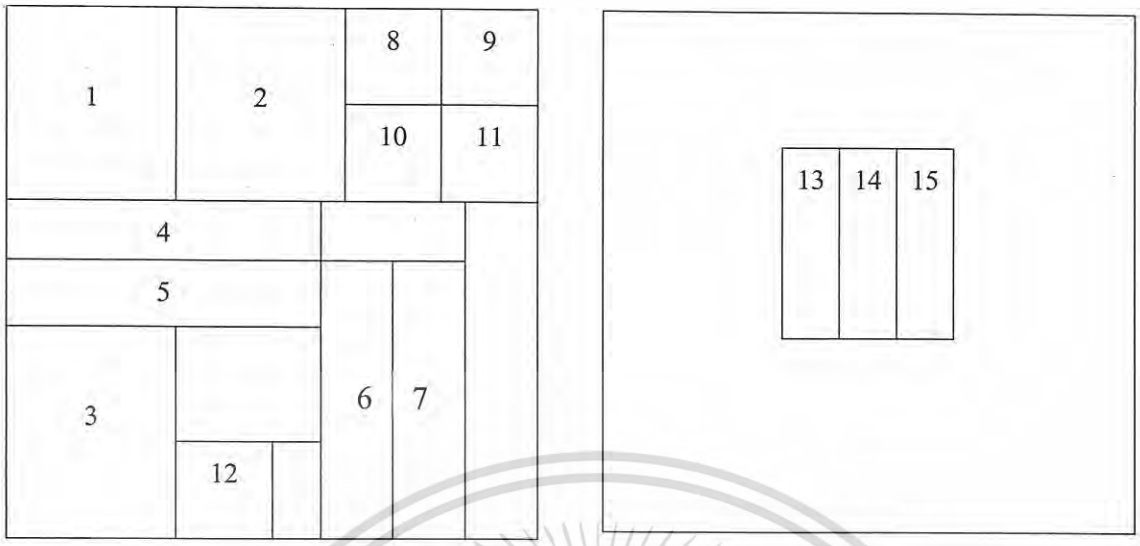
3.4.4.6 การพักชิ้นไม้อัดและการตกแต่ง

โดยแผ่นใยไม้อัดที่นำออกจากเครื่องอัดร้อนควรนำมาพักทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 7 วันก่อนจึงค่อยนำไปทำการทดสอบเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ แผ่นใยไม้อัดที่ได้อาจจะมีความไม่สม่ำเสมอกันของขอบและที่ขอบอาจจะมีการผสมกันไม่ดีระหว่างกาวและวัตถุดิบ จึงควรทำการตัดทิ้งและตกแต่งเพื่อให้ดูสวยงาม จากนั้นจึงนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติการเผาไหม้

3.5 การเตรียมชิ้นงานในการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และการเผาไหม้

นำแผ่นใยไม้อัดจากเส้นใยมะพร้าวผสมโฟมพอลิสไตรีนรีไซเคิล ขนาด 300 x 300 x 9 มิลลิเมตร ไปตัดเป็นชิ้นทดสอบโดยทำการตัดชิ้นทดสอบด้วยเครื่องเลื่อยวงเดือนชนิดความเร็วรอบสูง แล้วทดสอบตามมาตรฐานที่กำหนดไว้แต่ละสมบัติ ตามตารางดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

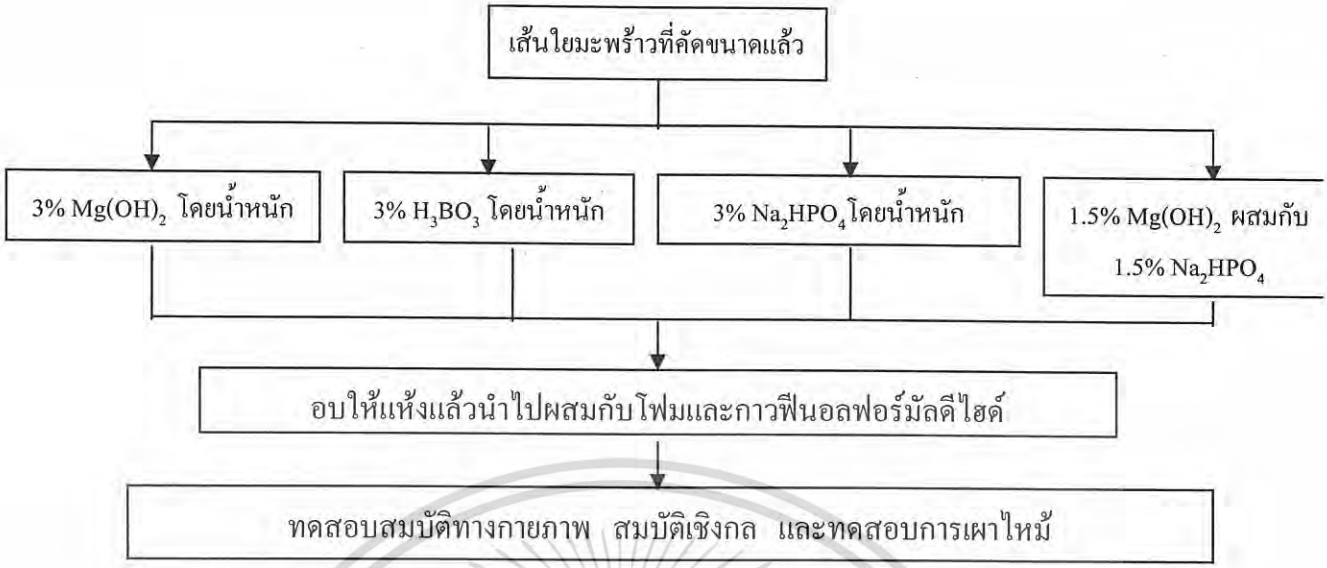


รูปที่ 3.9 แสดงการตัดแผ่นใยไม้อัดที่นำไปทดสอบสมบัติต่างๆ

ตารางที่ 3.3 แสดงหมายเลขชิ้นไม้อัดที่นำไปทดสอบสมบัติต่างๆ

ลำดับ	รายชื่อชิ้นทดสอบ	ขนาด (mm.)	หมายเลขชิ้นทดสอบ
1	ทดสอบหาความหนาแน่น	90×90	1,2,3
2	ทดสอบหาการโค้งงอสามจุดและมอดุลัสยืดหยุ่น	50×150	4,5,6,7
3	การดูดซับน้ำ	50×50	8,9,10,11,12
4	การพองตัว	50×50	8,9,10,11,12
5	ทดสอบการเผาไหม้	13×125	13,14,15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงขั้นตอนการผลิตแผ่นใยไม้อัด

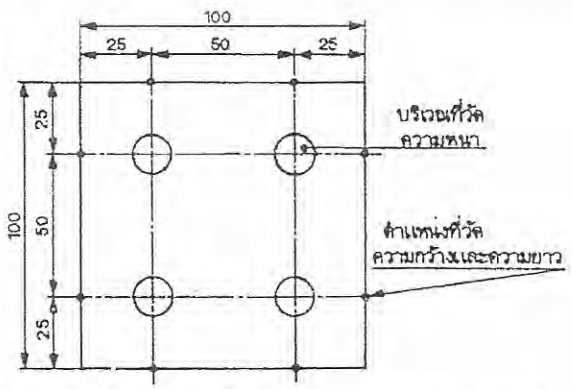
ผลิตแผ่นใยไม้อัดที่แช่ในสารกันการลามไฟแต่ละชนิดจำนวนทั้งหมดชนิดละ2แผ่นเปรียบเทียบกับแผ่นใยไม้อัดที่ไม่ได้เติมสารกันการลามไฟอีก 2 แผ่นรวมทั้งหมด 10 แผ่นแล้วนำตัวอย่างที่ได้ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติกันการลามไฟ

3.5.1 สมบัติทางกายภาพ (Physical property)

3.5.1.1 ความหนาแน่น (JIS A 5908-1994)

วิธีการทดสอบ

1. ชั่งชิ้นทดสอบที่ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม
2. วัดความกว้างและความยาวของชิ้นทดสอบกับขอบให้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร ตาม รูปที่ 3.11 แล้วหาค่าเฉลี่ย
3. วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง ตามรูปที่ 3.11 แล้วหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.11 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณ

$$\text{หาค่าความหนาแน่นจากสูตร} = \frac{\text{มวล (กรัม)}}{\text{ปริมาตร (ลูกบาศก์มิลลิเมตร)}}$$

การรายงานผล

รายงานผลค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นและค่าเฉลี่ย

3.5.1.2 การดูดซับน้ำ (Water absorption) (JIS A 5908-1994)

ทดสอบหาการดูดซับน้ำ ตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 โดยนำชิ้นทดสอบไปชั่งก่อนการแช่น้ำแล้วจึงนำไปแช่น้ำในภาชนะที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาดที่อุณหภูมิห้อง โดยวางชิ้นทดสอบในระนาบเดียวกับระดับผิวน้ำและขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องวางห่างกันและต้องห่างผนังของภาชนะพอสมควร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้วจึงนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำและนำไปชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอนอีกครั้ง

วิธีคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ

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

เมื่อ W_1 = น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (g)

W_2 = น้ำหนักหลังแช่น้ำ (g)

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

ทดสอบหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำตัดชิ้นงานแล้ววัดความหนาของชิ้นทดสอบทั้ง 4 มุม แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำด้วยไมโครมิเตอร์แล้วจึงนำไปแช่น้ำในภาชนะที่บรรจุน้ำนิ่งและสะอาดที่อุณหภูมิห้องโดยวางชิ้นทดสอบในระนาบเดียวกับระดับผิวน้ำและขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องวางห่างกันและต้องห่างผนังของภาชนะพอสมควร เมื่อแช่ชิ้นทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้วจึงนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำและนำไปวัดความหนาตามตำแหน่งเดิมหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ

วิธีคำนวณหาค่าการพองตัว

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

เมื่อ t_1 = ความหนาก่อนแช่น้ำ (mm)

t_2 = ความหนาหลังแช่น้ำ (mm)

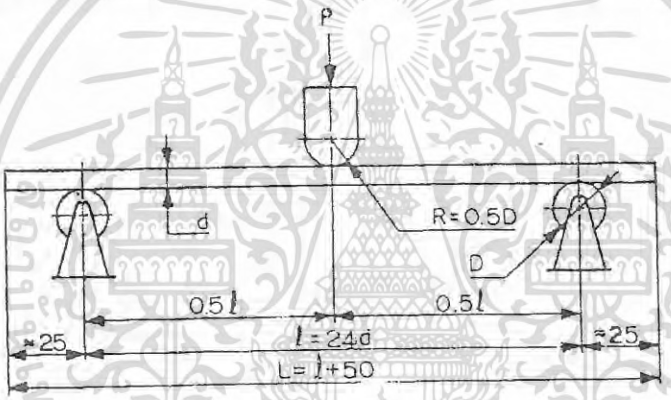
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 สมบัติเชิงกล (Mechanical properties tester)

มอดุลัสยืดหยุ่นและมอดุลัสแตกร้าว (Modulus of rupture, MOR and Modulus of elastic, MOE) (JIS A 5908-1994)

วิธีทดสอบ

1. วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นรองรับซึ่งมีระยะห่าง 24 เท่าของความหนาระบุของชิ้นงานทดสอบตามรูป ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากแท่นรองรับประมาณข้างละ 25 มิลลิเมตร
2. ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบโดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นกดจนกระทั่งชิ้นทดสอบหักต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาที และไม่เกิน 120 วินาที
3. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับค่าการแอ่นตัว



รูปที่ 3.12 การทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น

วิธีคำนวณหาค่ามอดุลัสแตกร้าว

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

เมื่อ MOR = มอดุลัสแตกร้าว เป็นเมกะพาสคัล

P = แรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบรับได้ เป็นนิวตัน

L = ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

b = ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

t = ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณหาค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

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

เมื่อ MOE = มอดุลัสยืดหยุ่น เป็นเมกะพาสคัล

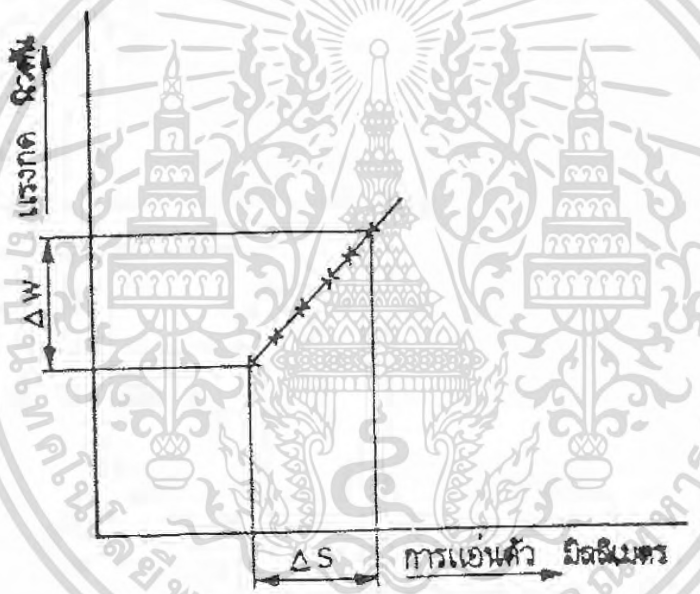
L = ระยะห่างของแท่นรองรับ เป็นมิลลิเมตร

$\triangle W$ = แรงกดที่กระทำเพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง เป็นนิวตัน

$\triangle S$ = ระยะแอ่นตัวของชิ้นไม้ที่เพิ่มขึ้นในช่วงเส้นกราฟเป็นเส้นตรง เป็นมิลลิเมตร

b = ความกว้างของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

t = ความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร



รูปที่ 3.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดกับการแอ่นตัว

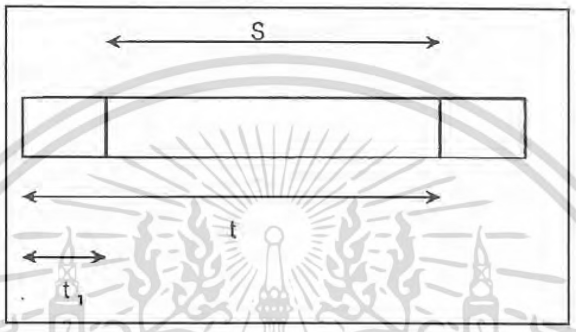
3.5.3 วิธีการทดสอบอัตราการเผาไหม้ (Rate of burning tester) (ASTM D 635)

1. นำตัวจับ (clamp) จับแท่งชิ้นใยไม้อัดในแนวราบขนานกับพื้น
2. นำตะเกียงบุนเสนวางอยู่บริเวณด้านล่างของแท่งชิ้นใยไม้อัดอีกด้านหนึ่ง โดยให้ตะเกียงบุนเสนเอียงทำมุม 45° กับแนวราบ
3. บันทึกเวลาหลังจากดึงเปลวไฟออกจากตัวอย่างจนกระทั่งไฟดับ หากดึงเปลวไฟออกมาแล้วดับทันทีให้บันทึกเวลาเป็น 0 วินาที หรือรายงานว่าอยู่ในระดับ " ไม่เกิดการเผาไหม้ "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หากขณะเผามีเปลวไฟลามเลยขีดตำแหน่งที่ 1 ก่อนเวลา 30 วินาที หรือหลังเวลา 30 วินาที ให้จับเวลาใหม่ที่ตำแหน่งที่ 1 จนกระทั่งเปลวไฟดับลง หรือถึงตำแหน่งที่ 2 ถ้าตัวอย่างติดไฟเพียงครึ่งทางแล้วหยุดให้รายงานว่าอยู่ในระดับ " สามารถหยุดการเผาไหม้ ได้ด้วยตัวเอง " แต่ถ้าตัวอย่างติดไฟต้องวัดอัตราของการเกิดเปลวไฟในหน่วยมิลลิเมตรต่อนาทีและรายงานผลเป็น " อัตราการเผาไหม้ " [18]

<u>วิธีการคำนวณ</u>



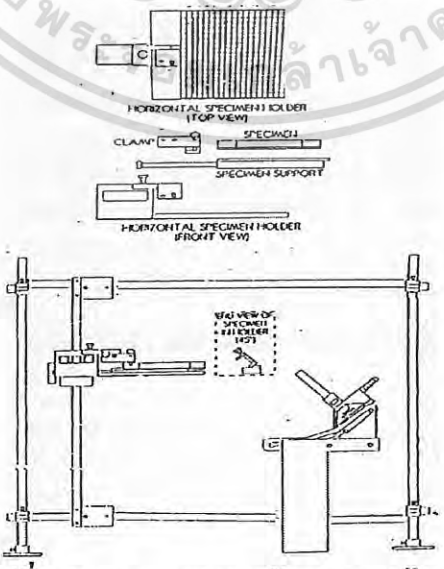
รูปที่ 3.14 แสดงชิ้นใยไม้อัดที่ใช้ในการทดสอบอัตราการเผาไหม้

อัตราการเผาไหม้ (rate of burning) = $S / (t-t_1)$

เมื่อ S คือ ความยาวชิ้นงานในช่วงที่กำหนด = 7.5 cm

t คือ เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้เริ่มต้นจนถึงขีดแรก (min)

t_1 คือ เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้เริ่มต้นจนถึงขีดที่สอง (min)



รูปที่ 3.15 การทดสอบหาอัตราการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

โครงงานวิจัยใช้ตัวอย่างเส้นใยมะพร้าวมาทดลองผลิตแผ่นใยไม้อัดโดยผสมโฟมพอลิ-สไตรีน มีกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปริมาณ 15% ของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมดเป็นสารยึดติด ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายสารกันการลามไฟที่นำเส้นใยมะพร้าวไปแช่ สารกันการลามไฟมีสามชนิดได้แก่ กรดบอริก(H_3BO_3) แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) เตรียมแต่ละชนิดมีความเข้มข้น 3% w/w กำหนดให้แผ่นใยไม้อัดมีความหนาแน่น 0.3กรัม/ลบ.ซม.

4.1 ผลการละลายของสารกันการลามไฟที่ใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการละลายของสารกันการลามไฟที่ใช้

สูตรที่	ความเข้มข้น (%w/w)	น้ำหนัก (กรัม)				ละลาย	ละลายบางส่วน	ไม่ละลาย
		H_2O	$Mg(OH)_2$	Na_2HPO_4	H_3BO_3			
1	3	500	-	-	-	-	-	-
	6	500	-	-	-	-	-	-
	9	500	-	-	-	-	-	-
2	3	500	15	-	-	✓	-	-
	6	500	30	-	-	-	-	✓
	9	500	45	-	-	-	-	✓
3	3	500	-	15	-	✓	-	-
	6	500	-	30	-	-	✓	-
	9	500	-	45	-	-	-	✓
4	3	500	7.5	7.5	-	✓	-	-
	6	500	15	15	-	-	-	✓
	9	500	22.5	22.5	-	-	-	✓
5	3	500	-	-	15	✓	-	-
	6	500	-	-	30	✓	-	-
	9	500	-	-	45	-	✓	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ สูตรที่ 1 = แผ่นใยไม้อัดที่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารกันการลามไฟ

สูตรที่ 2 = แผ่นใยไม้อัดที่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ความเข้มข้น 3% w/w

สูตรที่3 = แผ่นใยไม้อัดที่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ความเข้มข้น 3% w/w

สูตรที่4 = แผ่นใยไม้อัดที่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$)ความเข้มข้น 1.5% w/w ผสมกับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต(Na_2HPO_4) ความเข้มข้น 1.5%w/w

สูตรที่5 = แผ่นใยไม้อัดที่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายกรดบอริก(H_3BO_3) ความเข้มข้น 3% w/w

ละลาย = สามารถละลายได้ภายในหนึ่งชั่วโมง

จากตารางที่4.1 พิจารณาการละลายของแต่ละสูตรที่ความเข้มข้นต่างๆแล้วพบว่า ความเข้มข้น 6% และ 9% w/w ในทุกๆสูตรนั้นละลายได้ไม่ดี เนื่องจากความสามารถในการละลายน้ำต่ำ ยกเว้นสูตรที่5ที่มีการใช้กรดบอริก(H_3BO_3)ที่ยังสามารถละลายได้ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงใช้ค่าความเข้มข้นของสารกันการลามไฟ 3% w/w สำหรับสารทุกตัว

4.2 ปริมาณสารกันการลามไฟที่เข้าไปในเส้นใย

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณของสารกันการลามไฟที่เข้าไปในเส้นใย

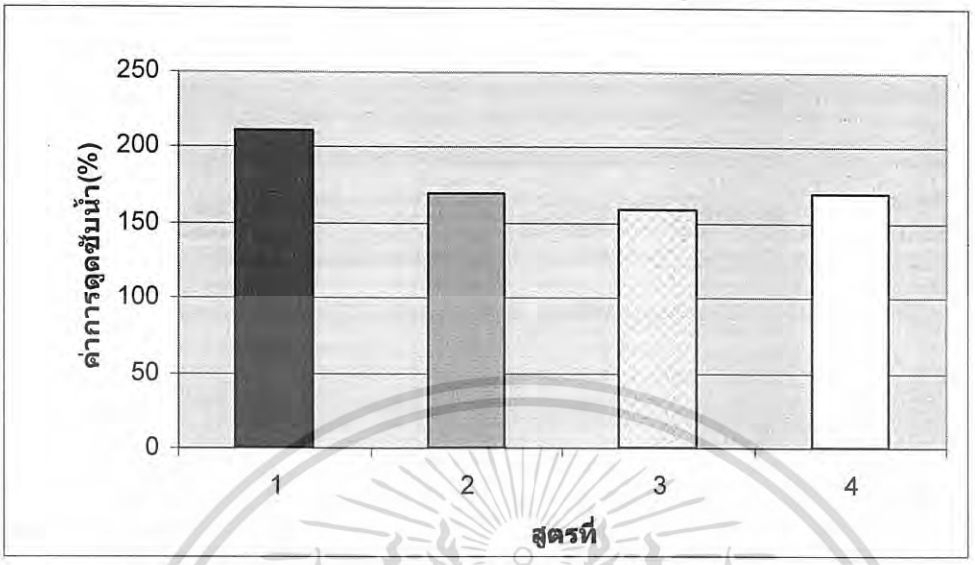
สูตรที่	น้ำหนักเฉลี่ยของเกลือที่เหลือในสารละลายหลังจากแช่เส้นใย (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยของเกลือที่เหลือในถาดหลังจากอบเส้นใย(กรัม)	ความเข้มข้นของสารกันการลามไฟที่เข้าไปในเส้นใย(%)
1	-	-	-
2	0.25±0.010	0.75±0.050	0.45±0.050
3	0.26±0.000	0.51±0.010	0.40±0.020
4	0.26±0.000	0.32±0.005	0.42±0.000
5	0.24±0.005	0.70±0.005	0.51±0.157

จากตารางที่4.2 สูตรที่5 ซึ่งเป็นเส้นใยมะพร้าวที่แช่ในสารละลาย (H_3BO_3) 3% จะเห็นได้ว่าสารกันการลามไฟสามารถเข้าไปในเส้นใยมะพร้าวได้มากที่สุด 0.51% สูตรที่2 เส้นใยมะพร้าวที่แช่ในสารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) สารกันการลามไฟจะสามารถเข้าไปในเส้นใยมะพร้าวได้ด้วยค่า 0.45 % และสูตรที่4 ซึ่งเป็นเส้นใยมะพร้าวที่แช่ในสารละลายผสมระหว่างแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Mg(OH)_2 + Na_2HPO_4$) สารกันการลามไฟจะเข้าไปในเส้นใยได้ 0.42 % ส่วนสูตรที่3 ซึ่งเป็นเส้นใยมะพร้าวที่แช่ในสารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต(Na_2HPO_4) สารกันการลามไฟจะเข้าไปในเส้นใยมะพร้าวได้น้อยที่สุด โดยจะเข้าไปเพียง0.40%

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ

4.3.1 การดูดซับน้ำ



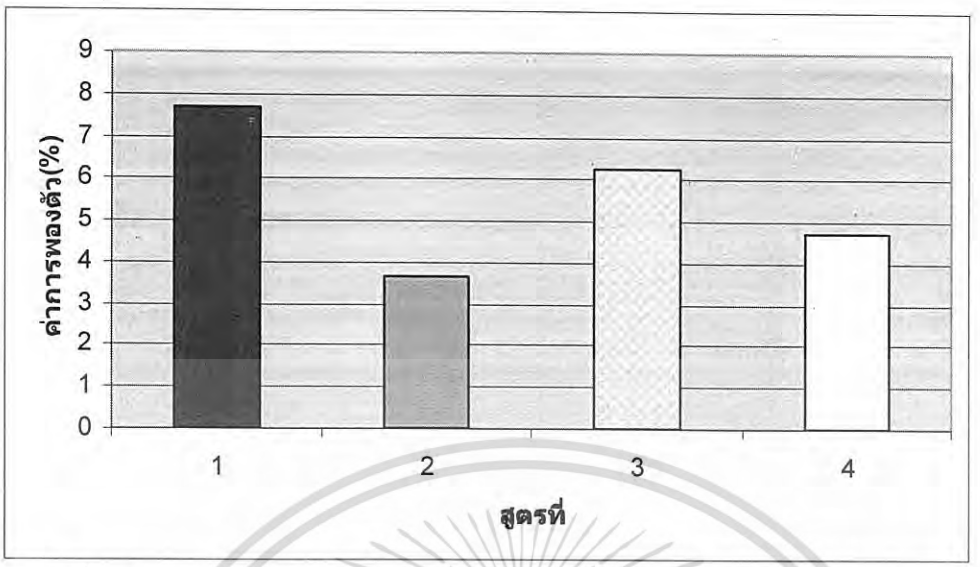
รูปที่4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับน้ำ(%)กับสูตรต่างๆ

จากรูปที่4.1 พิจารณาตามสูตรต่างพบว่า ค่าการพองตัวเรียงลำดับได้ดังนี้ สูตรที่1 (211.03%) > สูตรที่2 (169.78%) > สูตรที่4 (169.29%) > สูตรที่3 (159.33%) สูตรที่1 เตรียมจากเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารกันการลามไฟมีค่าการดูดซับน้ำสูงที่สุดที่ 211.03% และสูตรที่3 ซึ่งใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) มีค่าการดูดซับน้ำต่ำที่สุดที่ 159.33% เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวจะมีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลัก โดยเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ทำให้เส้นใยมะพร้าวดูดซับน้ำได้ดี แต่สารกันการลามไฟจะไปทำให้เส้นใยมะพร้าวดูดซับน้ำได้ลดลง แสดงว่าสารกันการลามไฟทำให้หมู่ไฮดรอกซิลที่ทำปฏิกิริยากับน้ำของเส้นใยมะพร้าวลดลง[19]

เมื่อพิจารณาสูตรที่4 ซึ่งใช้เส้นใยมะพร้าวที่แช่สารกันการลามไฟผสมระหว่างแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตจะมีค่าการดูดซับน้ำ 169.29% ที่มีค่าอยู่ระหว่างสูตรที่2 กับสูตรที่3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การพองตัว



รูปที่4.2 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัว(%)กับสูตรต่างๆ

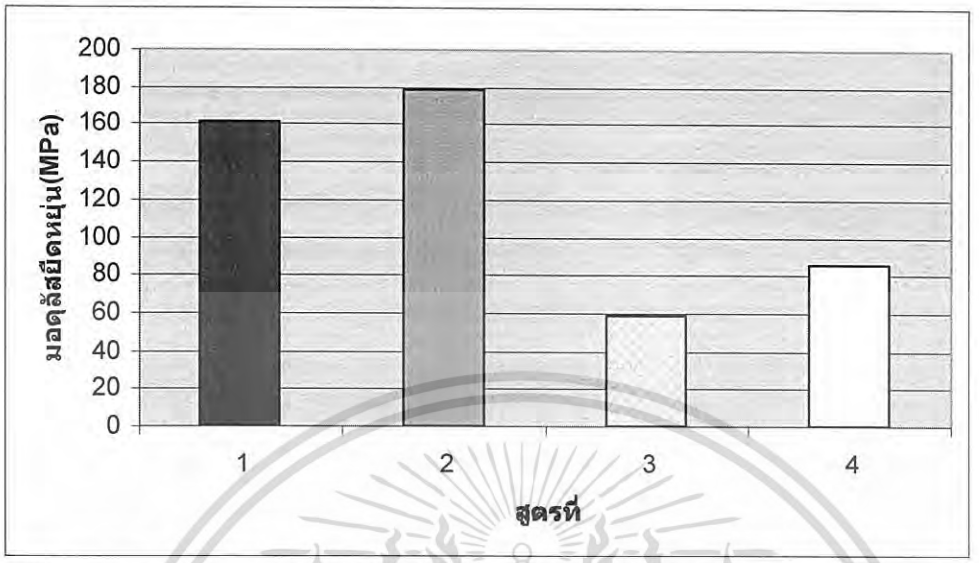
จากรูปที่4.2 พิจารณาตามสูตรต่างพบว่า ค่าการพองตัวเรียงลำดับได้ดังนี้
สูตรที่1 (7.70%) > สูตรที่3 (6.27%) > สูตรที่4 (4.72%) > สูตรที่2 (3.64%)
สูตรที่1 เตรียมจากเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารกันการลามไฟมีค่าการพองตัวสูงที่สุดที่ 7.70% และสูตรที่2 ซึ่งใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) มีค่าการพองตัวต่ำที่สุดที่3.64% จากหัวข้อ4.3.1ให้ค่าการดูดซับน้ำใกล้เคียงกัน แต่ค่าการพองตัวกลับแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะสูตรที่2 ทั้งนี้เพราะสภาวะเบสเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ดังนั้นแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเป็นเบสแก่(pH ประมาณ 9.5-10.5) ทำให้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เชื่อมโยงได้ดี ชิ้นงานแข็งแรง จึงมีค่าการพองตัวต่ำที่สุด[18]

เมื่อพิจารณาสูตรที่4 ซึ่งใช้เส้นใยมะพร้าวที่แช่สารกันการลามไฟผสมระหว่างแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตจะมีค่าการพองตัว 4.72% ที่มีค่าอยู่ระหว่างสูตรที่2 กับสูตรที่3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาสมบัติเชิงกล

4.4.1 มอดุลัสยืดหยุ่น



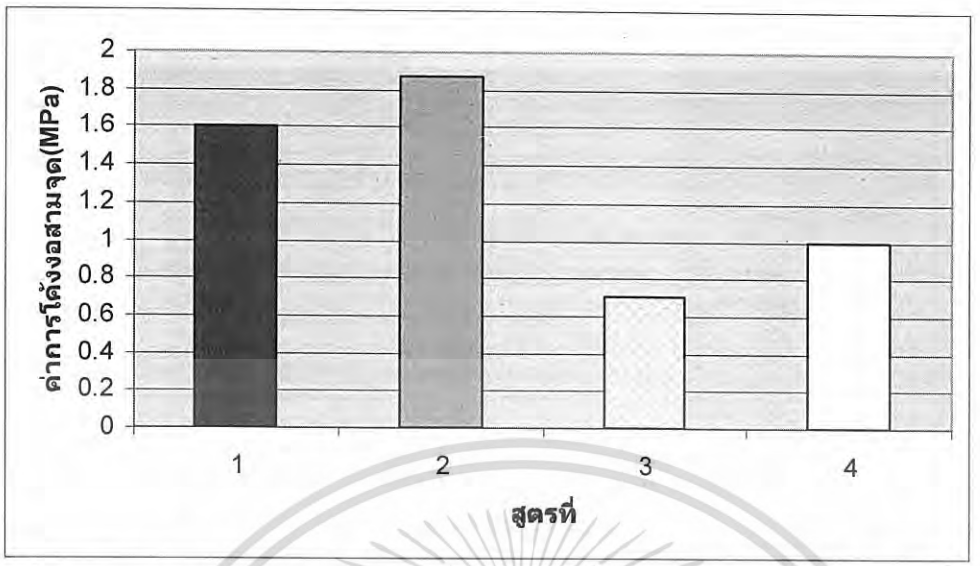
รูปที่4.3 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (MPa) กับสูตรต่างๆ

จากรูปที่4.3 พิจารณาตามสูตรต่างๆพบว่าสูตรที่2 เตรียมจากเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงที่สุดที่ 178.9373 MPa และสูตรที่3 ซึ่งใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นต่ำที่สุดที่ 58.7311 MPa ทั้งนี้เพราะสภาวะเบสเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ดังนั้นแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเป็นเบสแก่(pH ประมาณ 9.5-10.5) จึงมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นสูงกว่าสูตรที่1 ซึ่งใช้เส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารกันการลามไฟที่มีค่าเท่ากับ 161.2821 MPa ส่วนกรณีสูตรที่3 ที่มีค่าต่ำที่สุดนั้นอาจจะเป็นผลเนื่องจากไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตมีความเป็นเบสน้อยกว่า(pH ประมาณ 9.0-9.4) [18]

เมื่อพิจารณาสูตรที่4 ซึ่งใช้เส้นใยมะพร้าวที่แช่สารกันการลามไฟผสมระหว่างแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตจะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่น 86.0278 MPa ที่มีค่าอยู่ระหว่างสูตรที่2 กับสูตรที่3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การโค้งงอสามจุด



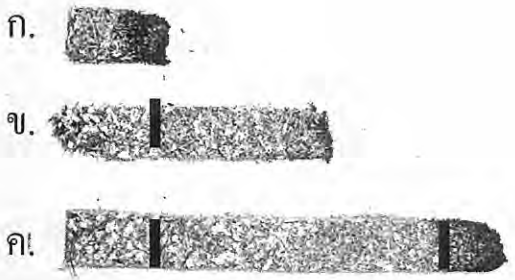
รูปที่4.4 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโค้งงอสามจุด(MPa) กับสูตรต่างๆ

จากรูปที่4.4 พิจารณาตามสูตรต่างๆพบว่าสูตรที่2 เตรียมจากเส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) มีค่าการโค้งงอสามจุดสูงที่สุดที่ 1.8732 MPa และสูตรที่3 ซึ่งใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) มีค่าการโค้งงอสามจุดต่ำที่สุดที่ 0.7073 MPa ทั้งนี้เพราะสภาวะเบสเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ดังนั้นแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเป็นเบสแก่(pH ประมาณ 9.5-10.5) จึงมีค่าการโค้งงอสามจุดสูงกว่าสูตรที่1 ซึ่งใช้เส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารกันการลามไฟที่มีค่าเท่ากับ 1.6060 MPa ส่วนกรณีสูตรที่3 ที่มีค่าต่ำที่สุดนั้นอาจจะเป็นผลเนื่องจากไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตมีความเป็นเบสน้อยกว่า(pH ประมาณ 9.0-9.4) [18]

เมื่อพิจารณาสูตรที่4 ซึ่งใช้เส้นใยมะพร้าวที่แช่สารกันการลามไฟผสมระหว่างแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตจะมีค่าการโค้งงอสามจุด 0.9944 MPa ที่มีค่าอยู่สูตรที่2 กับสูตรที่3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 สมบัติกันการลามไฟ



รูปที่ 4.5 แสดงชิ้นทดสอบการลามไฟ ก.เป็นชิ้นทดสอบที่ไม่มีการผสมสารกันการลามไฟ(ติดไฟ) ข.เป็นชิ้นทดสอบที่ผสม Na_2HPO_4(สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง) ค.เป็นชิ้นทดสอบที่ผสมสารละลายผสม $Mg(OH)_2$+Na_2HPO_4(ไม่เกิดการเผาไหม้)

ตารางที่4.3 แสดงสมบัติกันการลามไฟของแผ่นไม้อัดสูตรต่างๆที่ปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 15% ของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด

สูตรที่	อัตราส่วน CO/EPS	ชนิดและความเข้มข้นสารกันการลามไฟ(%)		อัตราการเผาไหม้ (cm/min)	สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง	ไม่เกิดการเผาไหม้
		$Mg(OH)_2$	Na_2HPO_4			
1	85/15	-	-	0.1849±0.0038	-	-
2	85/15	3	-	-	✓	-
3	85/15	-	3	-	✓	-
4	85/15	1.5	1.5	-	-	✓

หมายเหตุ ความหมายของแต่ละสูตรดูที่หมายเหตุตารางที่4.1 และสูตรที่5 ที่มีการใช้กรดบอริกไม่มีการรายงานผลเพราะไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้

CO/EPS = เส้นใยมะพร้าว/โฟมพอลิสไตรีน

จากตารางที่4.3 พิจารณาตามสูตรต่างๆพบว่าสูตรที่2, 3 และ4 ที่ใช้เส้นใยมะพร้าวผ่านการแช่สารละลายสารกันการลามไฟสามารถกันการลามไฟได้ ส่วนสูตรที่1 ที่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารกันการลามไฟสามารถติดไฟได้ และหาค่าอัตราการเผาไหม้เท่ากับ 1.8491 mm/min ผลการทดลองสนับสนุนว่าสารกันการลามไฟที่เตรียมอยู่ในรูปสารละลายสามารถติดอยู่บนเส้นใยมะพร้าวได้ ทำให้มีสมบัติกันการลามไฟดีกว่าเส้นใยที่ไม่ได้แช่สาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงสมบัติต่างๆของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆที่ปริมาณกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ 15% ของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด

สมบัติ	สูตรที่				
	1	2	3	4	5
ความหนาแน่น(กรัม/ลบ.ซม.)	0.2806	0.3102	0.3002	0.3118	x
มอดุลัสแตกร้าว MOR(MPa)	1.606	1.873	0.7073	0.9944	x
มอดุลัสยืดหยุ่น MOE(MPa)	161.2821	178.9373	58.7311	86.0278	x
การดูดซึมน้ำ 24 ชม. (%)	211.027	169.759	159.333	169.290	x
การพองตัวทางความหนา 24 ชม.(%)	7.705	3.643	6.270	4.723	x
สมบัติกันการลามไฟ	อัตราการเผาไหม้ 0.18 cm/min	สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง	สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง	ไม่เกิดการเผาไหม้	x

หมายเหตุ x=แผ่นใยไม้อัดที่ได้ไม่สามารถนำมาทดสอบได้ เนื่องจากขึ้นรูปชิ้นงานไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5
สรุปและข้อเสนอแนะ

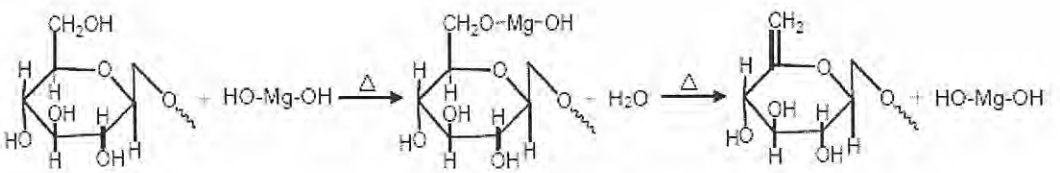
5.1 สรุปผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัย

โครงงานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างเส้นใยมะพร้าวมาทดลองผลิตแผ่นใยไม้อัดโดยผสมโฟมพอลิ-สไตรีน มีกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปริมาณ 15% ของน้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมดเป็นสารยึดติด และศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารละลายสารกันการลามไฟที่นำเส้นใยมะพร้าวไปแช่ สารกันการลามไฟมีสามชนิดได้แก่ กรดบอริก(H_3BO_3) แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) กำหนดให้แผ่นใยไม้อัดมีความหนาแน่น 0.3 กรัม/ลบ.ซม.

จากการทดสอบสมบัติต่างๆสามารถสรุปได้ว่า เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายสารกันการลามไฟมีผลให้สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติกันการลามไฟของแผ่นไม้อัดมีการเปลี่ยนแปลงไปจากการใช้เส้นใยปกติ โดยขึ้นอยู่กับชนิดสารกันการลามไฟที่เลือกใช้

เปรียบเทียบสารกันการลามไฟที่ใช้ในโครงงานวิจัยนี้พบว่า กรดบอริก (H_3BO_3) ไม่เหมาะสม กับกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ เพราะขึ้นรูปแผ่นใยไม้อัดไม่ได้จึงไม่มีชิ้นงานที่จะนำมาทดสอบได้ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ให้ค่าการพองตัวต่ำที่สุด และรับแรงได้ดีที่สุดในบรรดาสารกันการลามไฟที่ใช้ อีกทั้งยังสามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง ทั้งนี้เพราะสภาวะเบสเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างพันธะเชื่อมโยงของกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ ดังนั้นแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเป็นเบสแก่ (pH ประมาณ 9.5-10.5) จึงทำให้กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ทำปฏิกิริยาเชื่อมโยงได้ดี สำหรับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง แต่รับแรงได้ด้อยกว่าการใช้แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตมีความเป็นเบสน้อยกว่า(pH ประมาณ 9.0-9.4) หรือเกิดการเชื่อมโยงของกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ไม่ดี

กลไกปฏิกิริยาการหน่วงไฟเมื่อใช้ $Mg(OH)_2$



ก). ปฏิกิริยา esterification

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของ $Mg(OH)_2$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนกรณีนำสารกันการลามไฟสองชนิดมาผสมกันระหว่างแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) กับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) พบว่า สมบัติทางกายภาพมีแนวโน้มไปทางแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ แต่สมบัติเชิงกลมีแนวโน้มไปทางไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ส่วนสมบัติกันการลามไฟนั้นดีกว่าทั้งสองชนิด โดยไม่เกิดการเผาไหม้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการผสมต้องควบคุมให้องค์ประกอบต่างๆมีการกระจายตัวสม่ำเสมอ เพื่อให้ลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการทดสอบสมบัติจึงควรใช้เครื่องผสมที่มีหัวฉีดพ่นการออกมาในรูปละอองที่ทำให้กาวกระจายตัวได้ทั่วถึง และสม่ำเสมอตลอดชิ้นงาน
2. ควรเลือกถังแช่เส้นใยมะพร้าวให้มีขนาดเหมาะสม เพื่อให้ได้ปริมาณเส้นใยมะพร้าวต่อถังมากที่สุด
3. ควรศึกษาสัดส่วนสารผสมของสารกันการลามไฟทั้งสองชนิด เพื่อให้ได้แผ่นใยไม้อัดที่มีสมบัติตามต้องการ
4. ควรใช้TGA ศึกษาอุณหภูมิการสลายตัวของเส้นใยก่อนและหลังการแช่สารกันการลามไฟ
5. ควรใช้SEM ศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยก่อนและหลังการแช่สารกันการลามไฟ

5.3 การนำไปใช้ประโยชน์

1. นำไปตกแต่งฝาผนังหรือเพดานห้อง โดยนอกจากลดระดับเสียงที่จะทะลุผ่านไปสู่ภายนอกได้แล้ว ยังสามารถลดความเสียหายอันเกิดจากอุบติเหตุเพลิงไหม้ได้เพราะแผ่นไม้อัดที่ได้จะไม่ติดไฟหรือสามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง
2. ใช้เป็นวัสดุกันกระแทกได้ เนื่องจากมีโฟมพอลิสไตรีนที่เป็นวัสดุกันกระแทกผสมอยู่ด้วย
3. สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุตกแต่งได้ เช่น กรอบรูป บอร์ดประกาศที่ติดหมุด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารกันการลามไฟที่ใช้ในการทดลอง

1. แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide)

1.1 ข้อมูลทางกายภาพและเคมีอื่น ๆ[15]

ละลายได้ในสารละลายแอมโมเนีย และไม่ละลายในแอลกอฮอล์

1.2 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health effect)[15]

- การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ รวมถึงอาการไอ ลำคอ อักเสบ หายใจติดขัด และเจ็บหน้าอก
- การสัมผัสถูกผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคือง เป็นผื่นแดง มีอาการปวดแสบปวดร้อน
- การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองระบบทางเดินอาหาร ถ้าได้รับสารนี้จำนวนมากจะทำให้ระบบประสาทส่วนกลางถูกกด และระบบทางเดินหายใจ อาจทำให้เสียชีวิตได้
- การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคือง เป็นผื่นแดง เจ็บตา
- สารนี้ไม่ได้ระบุอยู่ในบัญชีรายชื่อสารก่อมะเร็งของ NTP IARC

1.3 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and reaction)[15]

- ความคงตัว : สารนี้มีความเสถียรภายใต้สภาวะปกติของการใช้และการเก็บ
- สารที่เข้ากันไม่ได้ : กรดมาเลอิก แอนไฮดราย ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม
- สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : สารที่เข้ากันไม่ได้
- สารอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว : ไม่มีสารอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว
- อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ : จะไม่เกิดขึ้น

1.4 การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and explosion)[15]

NFPA 704 Code

- สารดับเพลิงในกรณีเกิดเพลิงไหม้ ให้ใช้วิธีและสารดับเพลิงที่เหมาะสมสำหรับเพลิงโดยรอบ
- การดับเพลิงขั้นรุนแรงให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว(SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า และชุดป้องกันสารเคมี

1.5 การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and handling)[15]

- ให้เก็บในภาชนะที่ปิดมิดชิด
- เก็บภายในที่ที่เย็น แห้ง มีการระบายอากาศเพียงพอ
- มีการป้องกันการเสียหายทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาชนะบรรจุของสารที่เป็นถังเปล่า อาจเป็นอันตรายได้เนื่องจากมีกากสารเคมีตกค้างอยู่ เช่น ฝุ่น ของแข็ง
- ให้สังเกตคำเตือนและข้อควรระวังทั้งหมดที่ให้ไว้สำหรับสารนี้

1.6 การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and spill)[15]

- ให้ระบายอากาศพื้นที่ที่หกรั่วไหล
- เมื่อหกรั่วไหลควรเก็บกวาดและบรรจุใส่ภาชนะบรรจุเพื่อเก็บคืนหรือนำไปกำจัด
- การดูดหรือเก็บกวาดขณะชื้นสามารถใช้ได้เพื่อหลีกเลี่ยงการแพร่กระจายของฝุ่น
- การพิจารณาการกำจัด : ให้ปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎระเบียบที่ทางราชการกำหนด
- ให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE) ที่เหมาะสม
- การพิจารณาการกำจัด สารนี้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างปลอดภัย ควรนำไปกำจัดอย่างเหมาะสม ให้เป็นไปตามกฎระเบียบข้อบังคับของทางราชการ
- การจัดการกับภาชนะบรรจุที่ไม่ได้ใช้แล้วจะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับกฎหมาย

1.7 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE)[15]

1.8 การปฐมพยาบาล (First aid)[15]

- ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ หากผู้ป่วยมีอาการหายใจติดขัดให้นำส่งไปพบแพทย์
- ถ้ากลืนหรือกินเข้าไป ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำปริมาณมากๆ ห้ามนำสิ่งใดเข้าปากผู้ป่วยที่หมดสติ นำส่งไปพบแพทย์
- ถ้าสัมผัสถูกผิวหนัง ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ อย่างน้อย 15 นาที พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่เปรอะเปื้อนสารเคมีออก ล้างทำความสะอาดเสื้อผ้าและรองเท้าก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ นำส่งไปพบแพทย์
- ถ้าสัมผัสถูกตา ให้ฉีดล้างตาโดยทันทีด้วยน้ำปริมาณมากๆอย่างน้อย 15 นาที พร้อมกระพริบตาถี่ๆเพื่อให้มั่นใจว่าล้างออกหมด นำส่งไปพบแพทย์ทันที

2. กรดบอริก(Boric acid)[16]

2.1 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health effect)[16]

- การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือกของทางเดินหายใจ อาจจะทำให้มีการดูดซึมของสารผ่านทางเยื่อเมือก ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง เซื่องซึม เป็นผื่นแดงบนผิวหนัง ปวดศีรษะ อุณหภูมิในร่างกายลดลง ความดันโลหิตต่ำ ไตได้รับอันตราย ภาวะที่ผิวหนังเป็นสีน้ำเงินเนื่องจากขาดออกซิเจน หมดสติ และตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสัมผัสถูกผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง สารดูดซึมอย่างรวดเร็วจะทำลายผิวหนังหรือเป็นแผลไหม้ การดูดซึมผ่านผิวหนังจะมีอาการเช่นเดียวกับการหายใจ และการกลืนหรือกินเข้าไป ในผู้ใหญ่ถ้ากลืนหรือกินเข้าไปมากกว่า 30 กรัม อาจทำให้เสียชีวิตได้
- การกลืนหรือกินเข้าไปจะมีอาการเช่นเดียวกับหายใจเข้าไป ในผู้ใหญ่ถ้ากินสารนี้เข้าไปมากกว่า 30 กรัม อาจจะทำให้ตายได้
- การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคือง เป็นผื่นแดง และเป็นปวด
- การได้รับสารติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้น้ำหนักลด อาเจียน ท้องร่วง อาการผื่นแดงบนผิวหนัง อาการชักกระตุกอย่างรุนแรง และโรคโลหิตจาง
- สารนี้อาจทำลายตับและไต ทางเดินอาหาร เป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์

2.2 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and reaction)[16]

- ความคงตัว : สารนี้มีความเสถียรภายใต้สภาวะปกติของการใช้และการเก็บ
- สารที่เข้ากันไม่ได้ : โพแทสเซียม Acetic anhydride เบส คาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์
- สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว : สูญเสียสมบัติทางเคมีเมื่อละลายน้ำ โดยให้ความร้อนเกิดกรดเมตาบอริก ที่อุณหภูมิ 100-150 ^{0}C Pyroboric acid ที่อุณหภูมิ 140.5556-160 ^{0}C และ Boric anhydride ที่อุณหภูมิสูงขึ้น
- อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ : จะไม่เกิดขึ้น
- ถ้าได้รับความชื้น กรดบอริกจะมีฤทธิ์กัดกร่อนเหล็ก

2.3 การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and explosion)[16]

NFPA 704 Code

- สารดับเพลิงในกรณีเกิดเพลิงไหม้ ให้ใช้วิธีที่เหมาะสมกับเพลิงโดยรอบ คาร์บอนไดออกไซด์ ผงเคมีแห้ง หรือโฟมที่เหมาะสม
- ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว(SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้าและชุดป้องกันสารเคมี
- ของผสมระหว่างโพแทสเซียม และกรดบอริกจะระเบิดได้เมื่อได้รับการกระแทก

2.4 การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and handling)[16]

- เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด
- เก็บภายในที่ที่เย็น แห้ง
- ภาชนะบรรจุสารนี้ควรทำมาจากส่วนผสมของเหล็กที่มีคาร์บอนหรืออลูมิเนียม
- สำหรับการเก็บในสภาวะที่มีความชื้นควรใช้ภาชนะบรรจุที่ทำจากสแตนเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ควรเก็บสารนี้ในห้องที่มีการควบคุมหรือป้องกันฝุ่นละอองในอากาศ
- หลังจากทำการเคลื่อนย้ายสารทุกครั้งให้ทำการล้างมือ
- หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับสารนี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผิวหนังถลอกหรือเป็นแผล
- ภาชนะบรรจุที่ว่างเปล่าแต่มีสารเคมีตกค้างอยู่อาจเป็นอันตรายได้

2.5 การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and spill)[16]

- วิธีการปฏิบัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุหกรั่วไหล ระบายอากาศในพื้นที่ที่หกรั่วไหล สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสม
- เก็บกวาดสารที่หกรั่วไหลใส่ในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสำหรับนำกลับมาใช้ใหม่ หรือกำจัดโดยใช้วิธีการที่ไม่ทำให้เกิดฝุ่น
- การพิจารณาการกำจัด : ไม่ว่าสารอะไรก็ตามไม่สามารถปลอดภัยได้สำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ควรกำจัดเช่นเดียวกับกากของเสีย และการกำจัดก็ควรปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎระเบียบที่ทางราชการกำหนด
- อพยพคนออกจากบริเวณที่หกรั่วไหล
- หลีกเลี่ยงการทำให้ฝุ่นกระจาย

2.6 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE)[16]

2.7 การปฐมพยาบาล (First aid)[16]

- ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจติดขัดให้ออกซิเจนช่วย นำส่งไปพบแพทย์
- ถ้ากลืนหรือกินเข้าไป ให้กระตุ้นให้อาเจียนโดยแพทย์ ห้ามไม่ให้นำสิ่งใดเข้าปากผู้ป่วยที่หมดสติ นำส่งไปพบแพทย์
- ถ้าสัมผัสถูกผิวหนัง ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่ปนเปื้อนสารเคมีออก ซักทำความสะอาดเสื้อผ้าและรองเท้าก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ นำส่งไปพบแพทย์
- ถ้าสัมผัสถูกตา ให้ฉีดล้างตาโดยทันทีด้วยน้ำปริมาณมากๆอย่างน้อย 15 นาที พร้อมกระพริบตาถี่ๆ นำส่งไปพบแพทย์ทันที

3. ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต(Disodium hydrogen phosphate)[17]

3.1 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health effect)[17]

- การหายใจเอาฝุ่นของสารนี้เข้าไป จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อจมูกและทางเดินหายใจ และการหายใจเอาสารนี้ที่มีความเข้มข้นสูงเข้าไป จะทำให้เกิดการไอและสำลักได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสัมผัสถูกผิวหนังซ้ำๆ เป็นเวลานาน จะทำให้เกิดอาการผิวหนังอักเสบได้ บุคคลที่มีภูมิไวต่อสารนี้
- การกลืนกินเข้าไป ถ้ากลืนกินเข้าไปปริมาณมาก จะเป็นอันตรายได้ ความเป็นพิษของเกลือโซเดียมอาจทำให้คลื่นไส้ อาเจียน ระคายเคืองต่อกระเพาะอาหาร ลิ้นบวม อ่อนเพลีย ความเครียด อาการเพ้อคลั่ง หัวใจเต้นเร็วผิดปกติ
- การสัมผัสถูกตาจะทำให้เกิดก่อระคายเคืองต่อตา
- โดยปกติสารนี้มีอันตรายเล็กน้อย และสามารถถูกขับออกจากร่างกายได้โดยรวดเร็ว แต่กรณีที่ไตผิดปกติเกลือของสารนี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นและทำให้เกิดอันตรายได้

3.2 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and reaction)[17]

- สารที่เข้ากันไม่ได้ : อัลคาลอยด์ แอนติโพริเดียม คลอโรรอลไฮเดรท ลีทอะซิเตรท ไฟโรกอรอลและรีซอลนอล
- สารนี้เมื่อสัมผัสกับอากาศจะดูดน้ำในอากาศไว้ได้ 2-7 โมล ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้น

3.3 การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and explosion)[17]

สารนี้ไม่ใช่ของแข็งไวไฟ

- สารดับเพลิง ในกรณีที่เกิดไฟไหม้ให้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ โฟมหรือผงเคมีแห้ง ให้เลือกใช้อุปกรณ์ในการดับเพลิงที่เหมาะสมกับสภาพการเกิดเพลิง
- กรณีเกิดเพลิงไหม้ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) และชุดป้องกันสารเคมีปิดคลุมเต็มตัว

3.4 การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and handling)[17]

- เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด
- สารนี้เป็นสารดูดความชื้นและมักจะเกาะกันเป็นก้อนในที่เก็บ เมื่อไม่ใช้สารนี้ควรจะปิดภาชนะให้แน่นสนิทตลอดเวลา
- เก็บในที่เย็น แห้ง และมีการระบายอากาศที่ดี
- สารนี้ไม่มีฤทธิ์กัดกร่อนวัสดุ หรือเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการ ภาชนะบรรจุและการเคลื่อนย้าย
- คำเตือนระหว่างการใช้งานควรป้องกันการทำลายหรือการเจาะรูภาชนะบรรจุ

3.5 การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and spill)[17]

- วิธีการปฏิบัติกรณีเกิดอุบัติเหตุหกรั่วไหล ควรสวมใส่ชุดป้องกันสารเคมี และอุปกรณ์ช่วยหายใจ
- เก็บกวาดส่วนที่หกรั่วไหลใส่ในภาชนะที่ปิดแน่นสนิทสำหรับนำไปกำจัด
- หลีกเลี่ยงการทำให้เกิดฝุ่น
- ให้ฉีดล้างบริเวณที่หกรั่วไหลด้วยน้ำ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ป้องกันไม่ให้สารเคมีที่หกรั่วไหล ไหลลงสู่ท่อระบายน้ำ แม่น้ำ และแหล่งน้ำอื่นๆ
- กำจัดตามกฎหมายที่ทางราชการกำหนด

3.6 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE)[17]

3.7 การปฐมพยาบาล (First aid)[17]

- ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจติดขัดให้ออกซิเจนช่วย ให้นำส่งไปพบแพทย์
- ถ้ากลืนหรือกินเข้าไป ห้ามให้สิ่งใดเข้าปากผู้ป่วยที่หมดสติ หากผู้ป่วยอาเจียน ให้ดื่มน้ำปริมาณมากๆ เพื่อเจือจาง นำส่งไปพบแพทย์ทันที
- ถ้าสัมผัสถูกผิวหนัง ให้ล้างออกด้วยสบู่และน้ำ ปริมาณมากๆ นำส่งไปพบแพทย์
- ถ้าสัมผัสถูกตา ให้ล้างออกด้วยน้ำปริมาณมากๆ อย่างน้อย 15 นาที โดยเปิดเปลือกตาให้น้ำไหลผ่าน นำส่งไปพบแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการผลิตแผ่นใยไม้อัด

✖ เส้นใยมะพร้าวและโฟมพอลิสไตรีน

น้ำหนักเส้นใยมะพร้าวและโฟมพอลิสไตรีนที่ชั่งได้จริง

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

หมายเหตุ : % กาว* = % กาวที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นเส้นใยอัดในแต่ละสูตร

✖ น้ำหนักกาวที่ชั่งจริง

$$\text{น้ำหนักกาว} = \frac{\%\ \text{กาว} \times \text{น้ำหนักแผ่นใยไม้อัด}}{\%\ \text{consistency*}} \quad \text{-------- (2)}$$

% consistency* = ความเข้มข้นของกาวเริ่มต้น

ตัวอย่างการคำนวณสูตรการผลิตแผ่นใยอัด

- ทำการขึ้นรูปแผ่นใยอัดความหนาแน่น 0.3 กรัม / ลบ.ซม. ขนาด 30 × 30 × 0.9 ซม.
- ใช้กาว PF ที่สภาวะเข้มข้น 15% ของน้ำหนักแผ่นใยอัด
- % consistencyของกาวPF = 45 %
- CO / EPS = 85 / 15 wt /wt

- น้ำหนักแผ่นใยอัด = ความหนาแน่น × ปริมาตร

$$= 0.3 \times 30 \times 30 \times 0.9 = 243\ \text{g}$$

- Mass loss 3% = 243 × 0.03 = 7.29 g

⁂ น้ำหนักแผ่นใยอัด = 243 + 7.29 = 250 g

✖ หาน้ำหนักเส้นใยมะพร้าว

จาก (1) ; 85 × (100-15) × (250 / 100) = 180.63

✖ หาน้ำหนักโฟม

จาก (1) ; 15 × (100-15) × (250 / 100) = 31.88

✖ หาน้ำหนักกาว PF

จาก (2) ; (15 × 250) / 45 = 83.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นสารละลาย $Mg(OH)_2$ ที่เข้าไปในเส้นใยมะพร้าว (ถาดที่ 1)

✖ สูตรการคำนวณหาปริมาณเกลือที่เหลือหลังจากแช่เส้นใย

$$A = \frac{W_1 \times W_{Mg(OH)2}}{10}$$

✖ สูตรการคำนวณหาปริมาณเกลือที่เหลือในถาดหลังจากอบเส้นใย

$$B = \frac{100 \times \text{ปริมาณของสารกันการลามไฟที่เข้าไปในเส้นใยมะพร้าว}}{W_1}$$

✖ ปริมาณของสารละลายที่เข้าไปในเส้นใย = 60 – A

W_1 = ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย

$W_{Mg(OH)2}$ = ปริมาณของแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ที่เหลืออยู่ในบีกเกอร์หลังจากที่ระเหยน้ำออกแล้ว

A = ปริมาณของเกลือที่เหลือหลังจากแช่เส้นใย

B = ความเข้มข้นของสารกันการลามไฟที่เข้าไปในเส้นใย

- ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมสารลายเพื่อแช่เส้นใยมะพร้าว 2000 กรัม
- สารกันการลามไฟ $Mg(OH)_2$ ที่ใช้ 60 กรัม
- เส้นใยมะพร้าวที่ใช้ 500 กรัม
- ปริมาณของเกลือที่เหลือในถาดหลังจากอบเส้นใย 0.80 กรัม
- ปริมาณของเกลือที่เหลือหลังจากแช่เส้นใย 0.256 กรัม

$$A = \frac{2000 \times 0.256}{10}$$

$$= 51.20 \text{ กรัม}$$

ปริมาณของสารละลายที่เข้าไปในเส้นใย = 60 – 51.20 = 8.80 กรัม

ปริมาณของสารกันการลามไฟที่เข้าไปในเส้นใยทั้งหมด = 8.80 – 0.80 = 8.00 กรัม

$$B = \frac{100 \times 8}{2000}$$

$$= 0.40 \%$$

นั่นคือ สารละลายสารกันลามไฟ 3% เส้นใยดูดซับได้จริงเพียง 0.40%

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของสารกันการลามไฟ

สูตรที่	ปริมาณ (กรัม)				ความเข้มข้นที่ได้ (% w/w)
	$Mg(OH)_2$	$Na_2HPO_4.12H_2O$	H_3BO_3	H_2O	
1	-	-	-	-	0
2	60.02	-	-	2000.00	3.00
3	-	60.00	-	2000.00	3.00
4	30.10	30.01	-	2000.00	3.01
5	-	-	60.00	2000.00	3.00

หมายเหตุ สูตรที่ 1 = แผ่นใยไม้อัดที่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ผ่านการแช่สารกันการลามไฟ

สูตรที่ 2 = แผ่นใยไม้อัดที่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ความเข้มข้น3% w/w

สูตรที่ 3 = แผ่นใยไม้อัดที่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2HPO_4.12H_2O$) ความเข้มข้น3% w/w

สูตรที่ 4 = แผ่นใยไม้อัดที่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$) ความเข้มข้น1.5% w/w ผสมกับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2HPO_4.12H_2O$) ความเข้มข้น1.5% w/w

สูตรที่ 5 = แผ่นใยไม้อัดที่ใช้เส้นใยมะพร้าวที่ผ่านการแช่สารละลายกรดบอริก(H_3BO_3) ความเข้มข้น 3% w/w

ตารางที่ 2 อัตราส่วนการผสมในการทำแผ่นทดลองกาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ในสูตร CO/EPS=85/15

สูตรที่	%PF	ปริมาณ (กรัม)		
		CO	EPS	PF
1	15	180.72	31.89	83.34
2	15	180.64	31.88	83.33
3	15	180.62	31.87	83.35
4	15	180.63	31.89	83.34
5	15	180.65	31.87	83.33

หมายเหตุ ความหมายของแต่ละสูตรดูที่หมายเหตุตารางที่1

CO = เส้นใยมะพร้าว

EPS = โฟมพอลิสไตรีน

PF = กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงค่าความหนา ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆโดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการพองตัว

สูตรที่	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)		ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กรัม)	
		ก่อน	หลัง			ก่อน	หลัง
1	1	9.4330	10.1528	4.890	5.045	5.63	18.74
	2	9.4938	10.2185	5.195	5.315	5.00	17.94
	3	8.9238	9.7940	5.075	5.095	6.00	19.27
	4	9.4265	10.0208	5.025	5.355	6.21	19.25
	5	9.0323	9.6873	5.05	5.205	7.62	17.70
2	1	8.9270	9.2713	5.155	5.000	6.05	17.16
	2	9.0993	9.3198	5.160	4.785	6.14	15.61
	3	8.2598	8.5898	5.105	5.050	7.14	17.31
	4	8.4600	8.8185	4.755	5.120	5.64	18.86
	5	8.6920	9.0105	4.930	4.962	6.96	16.30
3	1	9.1860	9.8023	5.003	4.976	6.33	16.54
	2	9.2318	9.8995	5.047	5.038	7.31	18.70
	3	9.1763	9.8005	5.310	4.665	7.42	18.64
	4	9.1228	9.6153	5.045	5.188	6.93	18.07
	5	9.7938	10.3065	5.133	4.723	6.48	17.34
4	1	9.269	9.850	5.230	5.206	5.75	19.00
	2	9.087	9.580	5.042	4.990	6.13	17.45
	3	9.231	9.478	5.028	5.158	6.97	16.88
	4	9.212	9.440	5.192	5.158	6.46	16.39
	5	9.288	10.009	5.262	5.020	9.44	22.23

หมายเหตุ ความหมายของแต่ละสูตรดูที่หมายเหตุตารางที่1 และสูตรที่5 ที่มีการใช้กรดบอริกไม่มีการรายงานผลเพราะไม่สามารถตัดชิ้นงานมาทดสอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงค่าความหนา พื้นที่และปริมาตรของแผ่นใยไม้อัดสูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด สำหรับการทดสอบการโค้งงอสามจุด และมอดุลัสยืดหยุ่น

สูตรที่	ชิ้นที่	ความหนา (มม.)	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ตร.ซม.)
1	1	8.7617	5.083	15.021	76.356	66.903
	2	8.6277	5.148	14.896	76.689	66.167
	3	8.9267	5.160	14.976	77.276	68.984
	4	8.9267	5.033	15.321	77.115	68.841
2	1	8.9570	5.217	14.563	75.971	68.047
	2	8.3560	4.923	14.895	73.332	26.106
	3	8.3390	5.113	14.785	75.600	63.042
	4	8.4767	5.010	14.632	73.306	62.120
3	1	9.440	5.070	14.235	72.171	68.130
	2	9.280	5.117	15.014	76.827	71.295
	3	9.331	5.000	14.965	74.825	69.812
	4	9.362	4.867	14.782	71.944	67.340
4	1	9.2607	5.265	15.364	80.8915	74.9136
	2	9.3570	4.998	15.321	76.5744	71.6506
	3	9.5500	5.419	15.052	81.5668	77.8963
	4	9.5293	5.066	14.998	75.9799	72.4035

หมายเหตุ ความหมายของแต่ละสูตรดูที่หมายเหตุตารางที่1 และสูตรที่5 ที่มีการใช้กรดบอริกไม่มีการรายงานผลเพราะไม่สามารถตัดชิ้นงานมาทดสอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงค่าแรงกดสูงสุด มอดุลัสยืดหยุ่น และมอดุลัสโค้งงอสามจุดของแผ่นใยไม้อัดที่สูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

ตรที่	ชิ้นที่	ความกว้าง (ซม.)	ความหนา (มม.)	แรงกดสูงสุด (N)	Rt 1% (MPa)	Rt 2% (MPa)	มอดุลัสยืดหยุ่น (MPa)	เฉลี่ยรวม (MPa)	มอดุลัสแตกร้าว (MPa)	เฉลี่ยรวม (MPa)
1	1	5.083	8.7617	32.09	12.06	23.60	145.8078	161.2821	1.4800	1.6060
	2	5.148	8.6277	37.93	14.49	28.01	176.6500	±13.0542	1.7820	±0.1200
	3	5.160	8.9267	37.70	18.25	32.82	171.4848		1.6500	
	4	5.033	8.9267	33.69	12.71	25.24	151.1859		1.5120	
2	1	5.217	8.9570	38.82	16.35	30.52	163.2968	178.9373	1.6700	1.8730
	2	4.923	8.3560	45.19	20.90	35.02	212.3557	±20.0537	2.3660	±0.2949
	3	5.113	8.3390	32.08	10.12	22.35	176.7252		1.6240	
	4	5.010	8.4767	36.66	13.50	25.04	163.3716		1.8330	
3	1	5.070	9.440	13.10	7.95	12.12	42.2069	58.7311	0.5220	0.7073
	2	5.117	9.280	21.21	13.05	19.92	72.5866	±16.7605	0.8662	±0.1523
	3	5.000	9.331	20.53	8.12	15.47	78.1635		0.8487	
	4	4.867	9.362	14.04	7.46	11.34	41.9674		0.5924	
4	1	5.265	9.2607	22.08	6.95	15.35	86.8250	86.0278	0.8801	0.9944
	2	4.998	9.3570	27.22	10.24	19.38	96.4262	±10.4198	1.1200	±0.1251
	3	5.419	9.5500	30.71	12.18	22.22	91.8942		1.1190	
	4	5.066	9.5293	21.96	7.08	14.08	68.9658		0.8594	
		5.265	9.2607	22.08	6.95	15.35	86.8250			

หมายเหตุ ความหมายของแต่ละสูตรดูที่หมายเหตุตารางที่1 และสูตรที่5 ที่มีการใช้กรดบอริกไม่มีการรายงานผลเพราะไม่สามารถตัดชิ้นงานมาทดสอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงสมบัติการกันการลามไฟของแผ่นใยไม้อัดที่สูตรต่างๆ โดยมีฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารยึดติด

สูตรที่	ชิ้นที่	ความกว้าง (มม.)	ความยาว (มม.)	ความหนา (มม.)	อัตราการเผาไหม้ (มม./นาที)	สามารถหยุดการเผาไหม้ได้ด้วยตัวเอง	ไม่เกิดการเผาไหม้
1	1	13.02	13.00	8.7613	1.8511	-	-
	2	13.01	13.02	8.6276	1.8526	-	-
	3	13.03	13.00	8.9264	1.8435	-	-
2	1	13.03	13.03	8.3562	-	✓	-
	2	13.04	13.02	8.3391	-	✓	-
	3	13.01	13.01	8.4766	-	✓	-
3	1	13.02	13.02	9.4432	-	✓	-
	2	13.02	13.01	9.2812	-	✓	-
	3	13.01	13.02	9.3315	-	✓	-
4	1	13.02	13.01	9.3556	-	-	✓
	2	13.02	13.00	9.5499	-	-	✓
	3	13.01	13.01	9.5291	-	-	✓

หมายเหตุ ความหมายของแต่ละสูตรดูที่หมายเหตุตารางที่1 และสูตรที่5 ที่มีการใช้กรดบอริกไม่มีการรายงานผลเพราะไม่สามารถตัดชิ้นงานมาทดสอบได้

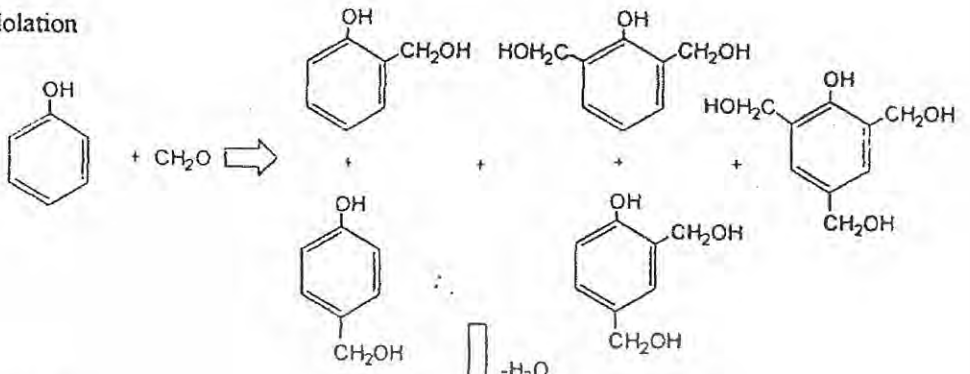
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

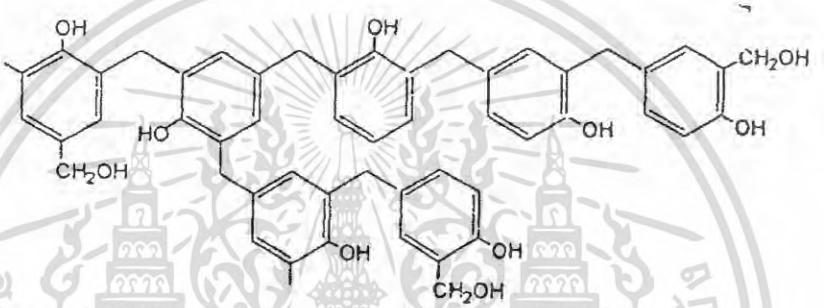
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาเคมีของฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

a. Methylolation



b. Condensation



ถ้ามี pH สูงกว่า 9 ฟอร์มาลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยา canizzaro ด้วยตัวเองยิ่งมีอุณหภูมิและความเป็นด่างสูงขึ้นปฏิกิริยานี้จะเกิดเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้