สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตไม้เทียม จากพอลิพรอพิลีนและไม้ยูคาลิปตัส

T040065

นางสาวปิยะวรรณ เจียวก๊ก
นายพงศ์ศักดิ์ แพน้อย

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 40065
วัน, เดือน, ปี 24 ก.ค. 2544
.b.....
.i.....
เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study of Polymer Composites as Artificial Woods from Polypropylene (PP) and Eucalyptus Pulps

Miss Piyawan Jeawkok

Mr. Pongsak Paenoi

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตไม้เทียมจากพอลิพรอพิลีน และไม้ยูคาลิปตัส	
นักศึกษา	นางสาวปิยะวรรณ	เจียวก๊ก
	นายพงศ์ศักดิ์	แพน้อย
ภาควิชา	เคมี	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. อิทธิพล	แจ้งชัด
	คุณวรธรรม	อุ่นจิตติชัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าภาควิชาเคมี
(ผศ.ดร.สมศักดิ์ วร่ำมงคลชัย)

คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ

..... ประธานกรรมการ
(ดร.จุฑารัตน์ ศิริชัยสิทธิ์)

..... กรรมการ
(ดร.ชลลดา ฤตวิรุฬห์)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด)

..... กรรมการ
(คุณวรธรรม อุ่นจิตติชัย)

ลิขสิทธิ์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตไม้เทียมจากพอลิพรอพิลีน และไม้ยูคาลิปตัส

นักศึกษา นางสาวปิยะวรรณ เจียวก๊ก

นายพงศ์ศักดิ์ แพน้อย

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม คุณวรธรรม อุ่นจิตติชัย

นักวิชาการป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้

กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตร และสหกรณ์

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตเพื่อใช้เป็นไม้เทียมจากพอลิพรอพิลีน และเส้นใยธรรมชาติซึ่งได้แก่ เส้นใยยูคาลิปตัส ทั้งที่ได้จากขบวนการทางเคมี (Chemical pulp, CP) และทางความร้อนเชิงกล (Thermomechanical pulp, TMP) โดยศึกษาผลของสารช่วยผสมโดยใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟท์พอลิพรอพิลีน และอัตราส่วนผสมของเส้นใยที่เหมาะสม (10 20 30 และ 40 phr) ที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของคอมโพสิต จากการทดลองเมื่อผสมเส้นใยธรรมชาติด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวแล้วขึ้นรูปตัวอย่างโดยการฉีดขึ้นรูป จากนั้นทำการศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยาของไม้เทียมที่ผลิตได้ จากการทดลองพบว่า คอมโพสิตมีสมบัติบางอย่างดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณไม้ที่ใส่ เช่น ความแข็งแรงดึง และมอดุลัส แต่ความแข็งแรงกระแทก และร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาดมีค่าลดลง พบว่าคอมโพสิตที่เติมเส้นใย 20 phr มีสมบัติเชิงกลดีที่สุด เมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสมพบว่า คอมโพสิตมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำลดลงพบว่า ปริมาณสารช่วยผสมที่เหมาะสมคือ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเส้นใย เมื่อเปรียบเทียบคอมโพสิตที่เตรียมจากเส้นใย CP และ TMP พบว่า เส้นใย TMP มีการกระจายตัวที่ดีกว่า และมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่า และเมื่อพิจารณาองศาความเป็นผลึกพบว่า ปริมาณเส้นใยไม้ไม่มีผลต่อองศาความเป็นผลึกอย่างเด่นชัดแต่ปริมาณสารช่วยผสมมีผลทำให้องศาความเป็นผลึกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Study of Polymer Composites as Artificial Woods from Polypropylene (PP) and Eucalyptus Pulps	
Name	Miss Piyawan	Jeawkok
	Mr. Pongsak	Paenoi
Department	Chemistry	
Special Project Advisor	Asst. Prof. Dr.Ittipol	Jangchud
Special Project Coadvisor Advisor	Mr. Woratham	Ooujittichai
Academic Year	2000	

Abstract

Artificial woods can be prepared from polymer composites made from polypropylene and eucalyptus fibers. Eucalyptus fibers from both chemical (CP) and thermomechanical pulps (TMP) were used in this work, and maleic anhydride graft polypropylene (MAPP) 0-5% was used as a compatibilizer. The samples were obtained by varying the mixing ratio of the two fibers and the polymer to find the appropriate ratio (10, 20, 30, 40 phr) which also directly affect the properties of the composites. The experiments were carried out by mixing the natural fibers with the polypropylene using a single screw extruder, and then shaped the samples by injection molding machine. The properties of all samples, i.e., mechanical, physical, thermal and morphological properties were tested. It was found that some composite properties, e.g. tensile strength and modulus were increased as the % fiber loading was increased. However, the impact strength and % elongation at break were decreased when the fibers were added. By adding the compatibilizer (MAPP), mechanical properties and % water adsorption resistance were improved. It was revealed that the optimum properties of the composites were achieved by adding 3% compatibilizer at 20 phr fiber loading. The results also showed that the composites made from thermomechanical fibers (TMP) had better fiber dispersion compared to the chemical fibers (CP). In addition, the type of fibers had no effect on the degree of crystallinity. In contrast, the addition of the compatibilizer would have a trend to increase the degree of crystallinity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. อิทธิพล แจ้งชัด ที่กรุณารับเป็นที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณวรธรรม อุ่นจิตติชัย ที่กรุณารับเป็นที่ปรึกษาโครงงานพิเศษร่วม คอยให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอดเวลา

ขอขอบพระคุณ ดร.ชลลดา ฤตวิรุฬห์ และดร.จุฑารัตน์ ศิริชัยสิทธิ์ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่กรุณาตรวจทาน และแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้อง และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณกฤษณะ เกษประดิษฐ์ และคุณสุดใจ สอนสะอาด เจ้าหน้าที่ประจำอาคารฝึกงานทางอุตสาหกรรมเคมี และพอลิเมอร์เทคโนโลยีที่คอยอำนวยความสะดวกตลอดการทำโครงงาน

ขอขอบพระคุณ บริษัทเอ็น เอส อิเล็กโทรนิกส์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง SEM

ขอขอบพระคุณ ศูนย์เทคโนโลยี และวัสดุแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง DSC

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ๆ น้องๆ เพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจ จนทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้

นอกจากนี้ยังมีบุคคลท่านอื่นๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ซึ่งผู้จัดทำมิได้กล่าวถึงอีกมากมาย ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นางสาวปิยะวรรณ เจียวก๊ก
นายพงศ์ศักดิ์ แพน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	**4**
2.1 พอลิเมอร์คอมโพสิต	4
2.1.1 เมตริกซ์	6
2.1.1.1 พอลิเมอร์เมตริกซ์	7
2.1.2 ส่วนเสริมแรง	9
2.2 พอลิพรอพิลีน	10
2.2.1 สมบัติของพอลิพรอพิลีน	12
2.2.2 การประยุกต์ใช้งาน	12
2.3 เส้นใยธรรมชาติ	15
2.3.1 เซลลูโลส	16
2.3.1.1 สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส	16
2.3.2 เฮมิเซลลูโลส	17
2.3.3 ลิกนิน	18
2.4 ยูคาลิปตัส	19
2.5 การปรับสภาพผิวเส้นใย	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สารตัวเติม 22
2.6.1 สมบัติพื้นฐานที่ใช้พิจารณาสารตัวเติม 22
2.6.1.1 อนุภาค 22
2.6.1.2 พื้นที่ผิว 22
2.6.1.3 การกระจายของขนาดอนุภาค 22
2.6.1.4 องค์ประกอบทางเคมี 23
2.6.2 พฤติกรรมของสารตัวเติม และสารเสริมแรง 23
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย **30**
3.1 สารเคมี และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง 30
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 31
3.3 วิธีการทดลอง 32
3.3.1 การเตรียมเยื่อไม้ยูคาลิปตัส 32
3.3.2 การผสมสูตร 34
3.4 การทดสอบ 35
3.4.1 สมบัติเชิงกล 35
3.4.2 สมบัติทางกายภาพ 37
3.4.3 สมบัติทางความร้อน 37
3.4.4 สัณฐานวิทยา 38
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ **39**
4.1 สมบัติเชิงกล 39
4.1.1 ความแข็งแรงดึง 39
4.1.2 ร้อยละการยืด ณ จุดขาด 42
4.1.3 ค่ามอดุลัส 44
4.1.4 พลังงานที่ใช้ในการดึง 46
4.1.5 ความทนทานต่อแรงกระแทก 47
4.1.6 ค่าความแข็ง 50
4.1.7 ความโค้งงอ 52
4.1.7.1 ความแข็งแรงโค้งงอ 52
4.1.7.2 มอดุลัสโค้งงอ 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สมบัติทางกายภาพ 56
4.2.1 สมบัติในการดูดซับน้ำ 56
4.2.2 ความหนาแน่น 60
4.3 สมบัติทางความร้อน 61
4.3.1 วิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC 61
4.3.1.1 ศึกษาอุณหภูมิหลอมผลึก 61
4.3.1.2 ศึกษาองศาความเป็นผลึก 62
4.4 สัณฐานวิทยา 64
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ **74**
5.1 ผลสรุปที่ได้จากงานวิจัย 74
5.2 ข้อเสนอแนะ 75
เอกสารอ้างอิง 76
ภาคผนวก 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 แสดงสมบัติของโฮโมพอลิพรอพิลีน 13

ตาราง 2.2 แสดงสมบัติของพอลิเมอร์ร่วมแบบสุ่มของพอลิพรอพิลีน 14

ตาราง 2.3 แสดงสมบัติของพอลิพรอพิลีนชนิดรับแรงกระแทก 15

ตาราง 2.4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส 20

ตาราง 3.1 แสดงสมบัติของพอลิพรอพิลีน 30

ตาราง 3.2 แสดงอัตราส่วนผสมของสูตรต่างๆ 34

ตาราง 4.1 แสดงค่าความหนาแน่นของคอมโพสิตที่ปริมาณไม้ต่างๆ (20-50 mesh) 60

ตาราง 4.2 แสดงค่าความหนาแน่นของคอมโพสิตที่มีสารช่วยผสมปริมาณต่างๆ (20-50 mesh) 60

ตาราง 4.3 แสดงค่าความหนาแน่นของคอมโพสิตที่มีชนิดเยื่อไม้ต่างๆ 60

ตาราง 4.4 แสดงค่าอุณหภูมิหลอมผลึกของคอมโพสิตที่ปริมาณไม้ต่างๆ (20-50 mesh) 61

ตาราง 4.5 แสดงค่าอุณหภูมิหลอมผลึกของคอมโพสิตที่มีสารช่วยผสมปริมาณต่างๆ (20-50 mesh) 61

ตาราง 4.6 แสดงค่าอุณหภูมิหลอมผลึกของคอมโพสิตที่มีชนิดเยื่อไม้ต่างๆ 62

ตาราง 4.7 แสดงค่าองศาความเป็นผลึกของคอมโพสิตที่ปริมาณไม้ต่างๆ (20-50 mesh) 62

ตาราง 4.8 แสดงค่าองศาความเป็นผลึกของคอมโพสิตที่มีสารช่วยผสมปริมาณต่างๆ (20-50 mesh) 62

ตาราง 4.9 แสดงค่าองศาความเป็นผลึกของคอมโพสิตที่มีชนิดเยื่อไม้ต่างๆ 63

ตาราง 4.10 แสดงค่า L/D ratio ของคอมโพสิตที่มีชนิดเยื่อไม้ต่างๆ 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงความแตกต่างระหว่างไม้กับพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ใช้เป็นไม้เทียม 2

รูปที่ 1.2 แสดงผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของคอมโพสิตจากไม้ 3

รูปที่ 2.1 แสดงประเภทของคอมโพสิต 5

รูปที่ 2.2 แสดงประเภทของวัสดุคอมโพสิตโดยแบ่งตามลักษณะของส่วนเสริมแรง 6

รูปที่ 2.3 แสดงการยึดติดระหว่างเส้นใยกับเมตริกซ์ 7

รูปที่ 2.4 แสดงรูปแบบการจัดเรียงตัวของเทอร์โมเซต 8

รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบการจัดเรียงตัวของเทอร์โมพลาสติก 9

รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างคอมพอสิตที่มีส่วนเสริมแรงต่างกัน 9

รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิพรอพิลีน 11

รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของไอโซแทคติกพอลิพรอพิลีน 11

รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของซินดิโอแทคติกพอลิพรอพิลีน 11

รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของอะแทคติกพอลิพรอพิลีน 12

รูปที่ 2.11 สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส 16

รูปที่ 2.12 แสดงสูตรโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส 17

รูปที่ 2.13 แสดงหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน 18

รูปที่ 2.14 แสดงโครงสร้างของลิกนินของไม้เนื้ออ่อน 18

รูปที่ 2.15 แสดงการจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในไม้ 19

รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของต้นยูคาลิปตัส 20

รูปที่ 2.17 แสดงการเกิดปฏิกิริยาของเส้นใยเซลลูโลสที่ทำการปรับสภาพผิวด้วย MAPP 21

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะเส้นใยไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ไม่แยกขนาด 33

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะเส้นใยไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP แยกขนาด (20-50 mesh) 33

รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะเส้นใยไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP ไม่แยกขนาด 34

รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะเส้นใยไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP แยกขนาด (20-50 mesh) 34

รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับค่าความแข็งแรงดึง 39

รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับค่าความแข็งแรงดึง 40

รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงดึงกับชนิดของเยื่อไม้ 41

รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด 42

รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาดกับชนิดของเยื่อไม้ 43
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับค่ามอดุลัส 44
รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับค่ามอดุลัส 45
รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสกับชนิดของเยื่อไม้ 45
รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับพลังงานที่ใช้ในการดึง 46
รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับพลังงานที่ใช้ในการดึง 46
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้ในการดึงกับชนิดของเยื่อไม้ 47
รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับความทนทานต่อแรงกระแทก 48
รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับค่าความทนทาน ต่อแรงกระแทก 48
รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อแรงกระแทกกับชนิดของเยื่อไม้ 49
รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับความแข็ง 50
รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับความแข็ง 51
รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งกับชนิดของเยื่อไม้ 52
รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเส้นใยไม้กับความแข็งแรงโค้งงอ 53
รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับความแข็งแรงโค้งงอ 53
รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงโค้งงอกับชนิดของเยื่อไม้ 54
รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับค่ามอดุลัสโค้งงอ 55
รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับค่ามอดุลัสโค้งงอ 55
รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสโค้งงอกับชนิดของเยื่อไม้ 56
รูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำกับเวลาของพอลิเมอร์คอมโพสิต ที่มีการเติมเยื่อไม้ยูคาลิปตัสลงไปในปริมาณ 10, 20, 30, และ40 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ 57
รูปที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำกับเวลาของคอมโพสิต ที่มี ปริมาณไม้อยู่ 20 phr และมีการการเติม MAPP ลงไปในปริมาณ 1, 2, 3, 4, และ 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักของเยื่อไม้ยูคาลิปตัส 58
รูปที่ 4.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำกับเวลาของคอมโพสิต ที่มีปริมาณไม้อยู่ 20 phr และมีการการเติม MAPP ลงไปในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักของเยื่อไม้ยูคาลิปตัส โดยเปรียบเทียบระหว่างเยื่อไม่ที่มีการคัดขนาด 20-50 mesh และแบบที่ไม่ได้คัดขนาด และเปรียบเทียบระหว่างเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP และ CP 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.28 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 10 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ 64

รูปที่ 4.29 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ 64

รูปที่ 4.30 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 40 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ 65

รูปที่ 4.31 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 65

รูปที่ 4.32 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 66

รูปที่ 4.33 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ไม่คัดขนาด 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 66

รูปที่ 4.34 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 67

รูปที่ 4.35 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP ที่ไม่ได้คัดขนาด 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 67

รูปที่ 4.36 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ 68

รูปที่ 4.37 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 1000 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.38 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 30 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ 69

รูปที่ 4.39 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 1 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 70

รูปที่ 4.40 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 70

รูปที่ 4.41 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 71

รูปที่ 4.42 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ไม่คัดขนาด 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 71

รูปที่ 4.43 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 1000 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 72

รูปที่ 4.44 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP ไม่คัดขนาด 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 72

รูปที่ 4.45 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 1000 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหัก ของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP ไม่คัดขนาด 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้ 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของโครงงานวิจัย

ในปัจจุบันจำนวนป่าไม้ในประเทศไทยมีจำนวนลดน้อยลงทุกวันแต่ความต้องการในการใช้ไม้กลับเพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณไม้ที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ เพราะฉะนั้นจึงได้มีการผลิตไม้เทียม (Artificial woods) ขึ้นเพื่อลดปัญหาที่เกิดจากไม้ในด้านต่างๆ เช่น ปริมาณไม้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ลดปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า การเก็บรักษาเนื่องจากไม้สามารถผุกร่อนได้ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งเนื่องจากไม้มีน้ำหนักมาก เพราะฉะนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาการผลิตคอมโพสิตไม้เทียมจากพอลิเมอร์ และไม้ชนิดต่างๆ

ในปัจจุบันมีวัสดุหลายชนิดที่มีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์ พลาสติกจัดเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งยังคงมีการพัฒนาปรับปรุงสมบัติอยู่เสมอ เพื่อให้ได้พลาสติกที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้น และต้นทุนการผลิตต่ำ จากการศึกษาพบว่าแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงสมบัติของพลาสติก และลดต้นทุนการผลิต คือ การทำพอลิเมอร์คอมโพสิต (Polymer composites) ซึ่งในปัจจุบันพอลิเมอร์คอมโพสิตได้ถูกนำมาใช้ในงานก่อสร้างเฟอร์นิเจอร์ ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์รถยนต์ และบรรจุภัณฑ์ต่างๆ เป็นต้น

พอลิพรอพิลีนเป็นพลาสติกประเภทหนึ่งที่มีผู้นิยมนำมาใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ มากมาย และเพื่อเป็นการพัฒนาสมบัติของพลาสติกนี้จึงได้มีผู้ให้ความสนใจศึกษาในการหาสารตัวเติมที่เหมาะสม และมีราคาถูก พบว่าเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุที่ได้รับการสนใจเป็นอย่างมากเนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีประโยชน์ดังนี้ คือ

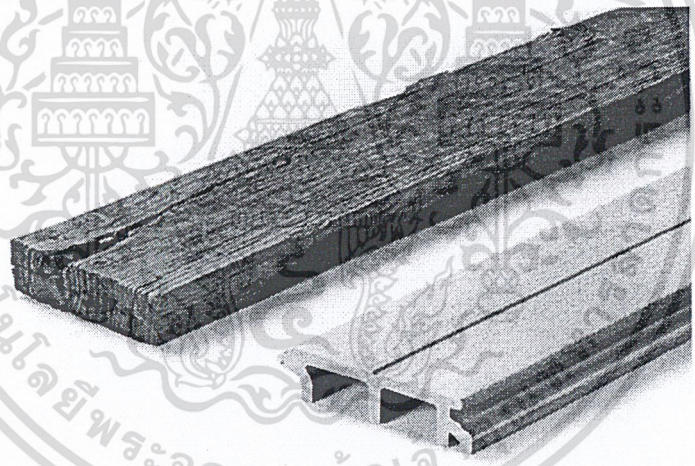
1. หาง่าย มีหลายชนิดให้เลือกใช้
2. มีราคาถูกทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้
3. สมบัติเชิงกลดี
4. น้ำหนักเบา
5. ความหนาแน่นต่ำ
6. สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ
7. ใช้พลังงานในการผลิตต่ำ
8. ลดกากของเสียจากเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับไม้ เช่น อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมการเกษตรบางประเภทมักมีเศษไม้ หรือผงไม้ที่เหลือใช้เป็นจำนวนมาก จึงได้มีแนวคิดที่นำเศษไม้ หรือผงไม้เหล่านี้มาผสมกับพลาสติกเพื่อทำเป็นพอลิเมอร์คอมโพสิต (Polymer composites) เนื่องจากพอลิเมอร์คอมโพสิตมีสมบัติที่ดีกว่าไม้ หรือพลาสติก คือ

1. มีน้ำหนักเบา
2. ความหนาแน่นต่ำ
3. มีความแข็งแรง และค่ามอดุลัสต่อน้ำหนักสูง
4. ขึ้นรูปได้ง่าย
5. มีอายุการใช้งานยาวนาน
6. สามารถนำไปใช้งานแทนไม้ หรือโลหะได้

เพราะฉะนั้นพอลิเมอร์คอมโพสิตจึงมีความสำคัญมากในปัจจุบัน งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิต เพื่อใช้งานเป็นไม้เทียม



รูปที่ 1.1 แสดงความแตกต่างระหว่างไม้กับพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ใช้เป็นไม้เทียม

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติต่างๆ ของพอลิเมอร์คอมโพสิตไม้เทียมจากเยื่อไม้ยูคาลิปตัส เช่น สมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางความร้อน
2. เพื่อศึกษาสภาวะในการขึ้นรูปที่เหมาะสมในการผลิตไม้เทียม

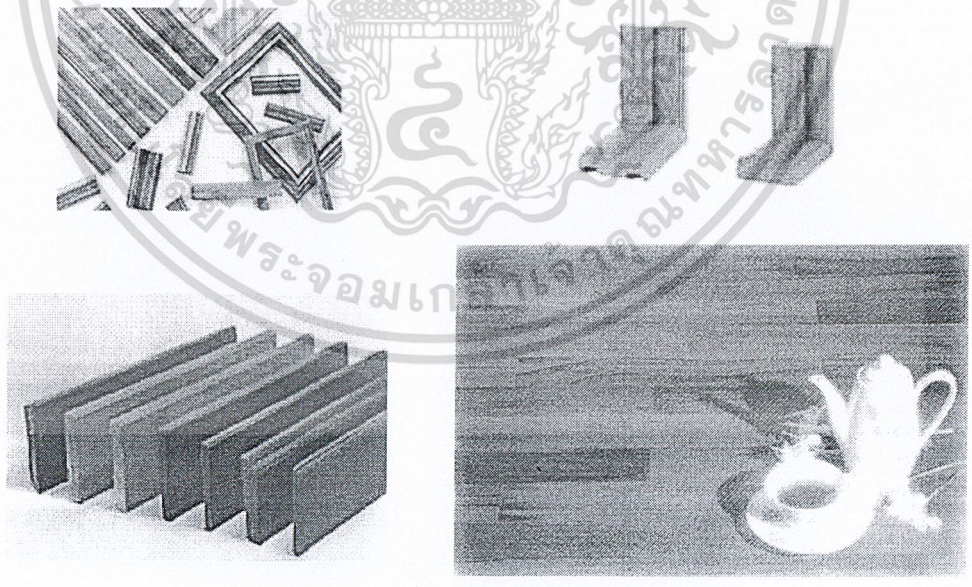
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ใช้พอลิพรอพิลีนในการผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิตกับเส้นใยธรรมชาติ โดยใช้เยื่อไม้ยูคาลิปตัส ที่ได้จากขบวนการทางเคมี (Chemical pulps) และเยื่อที่ได้จากขบวนการความร้อนเชิงกล (Thermomechanical pulps) โดยจะมีการเติมสารช่วยผสมลงไป คือ มาเลอิกแอนไฮ-ไดรด์กราฟท์พอลิพรอพิลีน (Maleic anhydride grafted polypropylene, MAPP) เพื่อให้เข้ากันได้ดีขึ้น โดยเราจะศึกษาปริมาณของเส้นใย ขนาดของเส้นใย สารช่วยผสม และสภาวะต่างๆ ในการขึ้นรูปเพื่อผลิตเป็นไม้เทียมว่ามีผลอย่างไรต่อผลิตภัณฑ์ และขบวนการผลิต

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถผลิตไม้เทียมเพื่อทดแทนไม้จากธรรมชาติได้
2. เพื่อเป็นการลดขยะเศษไม้จากอุตสาหกรรมต่างๆ
3. สามารถทราบสูตร และกระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตไม้เทียมจากพอลิพรอพิลีนและไม้ยูคาลิปตัส ให้มีสมบัติตามที่ต้องการได้



รูปที่ 1.2 แสดงผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของคอมโพสิตจากไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการ

2.1 พอลิเมอร์คอมโพสิต

พอลิเมอร์คอมโพสิต (Polymer composites) หมายถึง วัสดุที่ประกอบด้วยส่วนประกอบอย่างน้อยสองชนิดที่มีสมบัติต่างกันเมื่อผสมเป็นคอมโพสิตแล้วจะมีความแข็งแรงมากกว่าแต่ละองค์ประกอบย่อย

วัสดุประกอบ หรือคอมโพสิตจัดเป็นวัสดุที่มีความสำคัญมาก ในปัจจุบันเป็นที่นิยม และมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากคอมโพสิตมีข้อดีหลายประการ เช่น น้ำหนักเบา ความแข็งแรง และค่ามอดุลัสต่อน้ำหนักสูง ขึ้นรูปได้ง่าย และต้นทุนการผลิตต่ำ ทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้งานแทนวัสดุอื่นได้ เช่น โลหะ และเซรามิกส์

คอมโพสิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ดังนี้

1. คอมโพสิตแบบอนุภาค (Particulate composites)

เป็นคอมโพสิตที่เกิดจากการกระจายอนุภาคในเมตริกซ์ ซึ่งอนุภาคจะมีรูปร่างการจัดเรียงตัว และขนาดต่างๆ กัน อาจเป็นผง เม็ด หรือผลึก

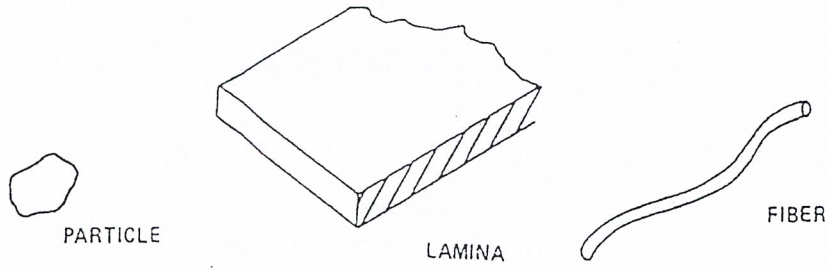
2. คอมโพสิตแบบลามินาร์ (Laminar composites)

เป็นคอมโพสิตที่เกิดจากการยึดติดระหว่างแผ่นวัสดุกับเมตริกซ์ ในลักษณะคล้ายแซนวิช อัดด้วยความดันสูง ซึ่งจะได้เป็นชั้นๆ

3. คอมโพสิตแบบเส้นใย (Fibrous composites)

เกิดจากเส้นใยเสริมแรงในเมตริกซ์ ซึ่งเส้นใยอาจเป็นเส้นใยคาร์บอน (Carbon fibers), เส้นใยอินทรีย์ (Organic fibers), เส้นใยอารามิด (Aramid fibers), เส้นใยแก้ว (Glass fibers) หรือเส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ประเภทของคอมโพสิต[1]

สมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิตขึ้นอยู่กับ

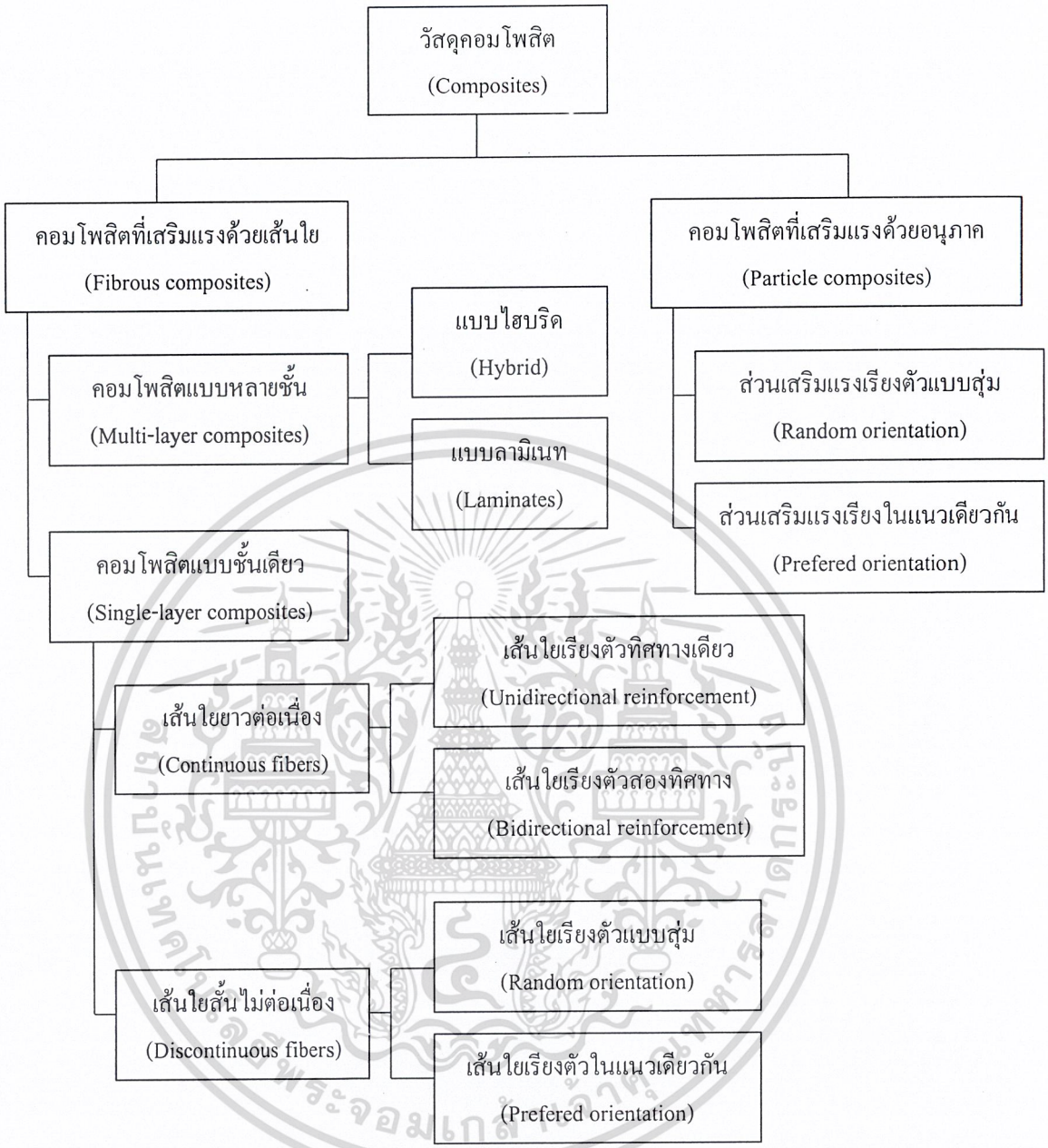
1. การยึดเกาะระหว่างคอมโพสิต และสารเสริมแรง
2. คุณสมบัติของเมตริกซ์ และสารเสริมแรง
3. ปริมาณสารเสริมแรง
4. ขนาด และรูปร่างของสารเสริมแรง
5. กระบวนการผลิต
6. การจัดเรียงตัว และการกระจายตัวของสารเสริมแรง

คอมโพสิตจะประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนเมตริกซ์ (Matrix phase) ซึ่งส่วนนี้จะเป็นองค์ประกอบหลักของคอมโพสิตจัดเป็นส่วนที่มีความต่อเนื่อง (Continuous phase) เมตริกซ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ พอลิเมอร์ โลหะ ฯลฯ

2. ส่วนเสริมแรง (Reinforcement phase) เป็นวัสดุที่ทำให้คอมโพสิตมีความแข็งแรงมักเป็นส่วนที่ไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous phase) ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นแผ่น อนุภาคเล็กๆ หรือเส้นใยก็ได้ วัสดุเสริมแรงที่นิยมใช้ ได้แก่ เส้นใยแก้ว เส้นใยธรรมชาติ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงประเภทของวัสดุคอมโพสิตโดยแบ่งตามลักษณะของส่วนเสริมแรง[2]

2.1.1 เมตริกซ์

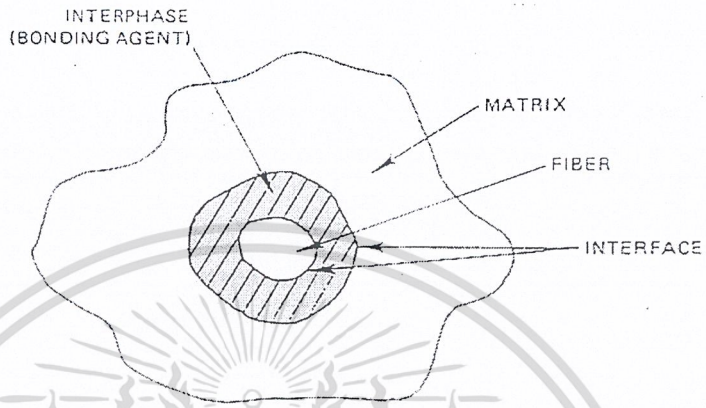
เมตริกซ์ (Metrices) เป็นส่วนที่ช่วยห่อหุ้ม และยึดส่วนเสริมแรงเข้าไว้ด้วยกันโดยทั่วไป เมตริกซ์มักจะมีความเหนียวสูง ความแข็งแรง และมอดุลัสต่ำกว่าส่วนเสริมแรง

หน้าที่ของเมตริกซ์ในพอลิเมอร์คอมโพสิต ได้แก่

1. รักษาความเสถียรในรูปร่าง และขนาดของวัสดุคอมโพสิต
2. รักษาการกระจายตัวของเส้นใย และแยกไม่ให้เส้นใยมารวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำให้วัสดุคอมโพสิตสามารถทนต่อการเสียสภาพภายใต้อุณหภูมิ หรือแรงกระทำที่ระดับหนึ่งๆ
4. สามารถกระจาย หรือส่งถ่ายแรงที่ได้รับจากภายนอกไปยังเส้นใยได้
5. ช่วยให้ทนทานต่อสภาพแวดล้อม และมีความเสถียรในตัวกลางต่างๆ



รูปที่ 2.3 แสดงการยึดติดระหว่างเส้นใยกับเมตริกซ์[3]

เมตริกซ์มีหลายชนิด ได้แก่ คาร์บอน (Carbon Metrices) เซรามิกซ์ (Ceramic Metrices) แก้ว (Glass Metrices) และพอลิเมอร์ (Polymer Metrices) งานวิจัยนี้จะกล่าวถึงแต่พอลิเมอร์เมตริกซ์เท่านั้น

2.1.1.1 พอลิเมอร์เมตริกซ์

พอลิเมอร์เมตริกซ์ที่ใช้โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. เทอร์โมเซต (Thermoset) พอลิเมอร์กลุ่มนี้เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตจะมีรูปทรงถาวร ผลิตผลที่ได้นำไปหลอมอีกไม่ได้ และไม่ละลายในตัวทำละลาย คือ ไม่เกิดกระบวนการย้อยกลับ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าก่อนผ่านกระบวนการเตรียมโครงสร้างของพอลิเมอร์ยังไม่เป็นร่างแห แต่เมื่อผ่านกระบวนการโดยให้ความร้อน หรือความดันเข้าไปจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในโครงสร้าง เกิดการเชื่อมโยง (Crosslinking) ระหว่างสายโซ่โมเลกุล มีลักษณะเป็นระบบสามมิติ มีการสร้างพันธะโควาเลนซ์ระหว่างสายโซ่โมเลกุลทำให้ผลิตผลที่ได้มีความคงทนไม่หลอม ไม่ละลาย ถ้าให้ความร้อนมากๆ จะไหม้เกรียม และสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิม

เทอร์โมเซตที่ใช้เป็นเมตริกซ์ส่วนใหญ่ ได้แก่ อีพอกซี พอลิเอสเทอร์ และไวนิลเอสเทอร์ เมื่อเทอร์โมเซตเรซินที่หลอมเหลวเริ่มแข็งตัวจะเกิดการเชื่อมโยงขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดรอยต่อที่แน่นอนของโครงร่างแหสามมิติ การเกิดการเชื่อมโยงจะทำให้พอลิเมอร์แข็งตัว มีความแข็งแรงสูง มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานสารละลาย มีเสถียรภาพทางความร้อน และต้านทานการเกิดออกซิเดชันได้ดี สมบัติเหล่านี้จะสัมพันธ์โดยตรงกับความหนาแน่นของการเกิดการเชื่อมโยง และน้ำหนักโมเลกุลของสายโซ่ระหว่างการเชื่อมโยง ถ้าเกิดการเชื่อมโยงมากจะส่งผลให้เมตริกซ์มีความแข็งมาก หรือมีมอดุลัสยืดหยุ่นสูง แต่ถ้าเกิดการเชื่อมโยงมากแล้วน้ำหนักโมเลกุลของสายโซ่ระหว่างการเชื่อมโยงจะลดลง ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลเกิดได้ยาก เกิดความเปราะ มีความเครียดต่ำ มีความต้านทานต่อแรงกระแทกน้อย และไม่เหนียว

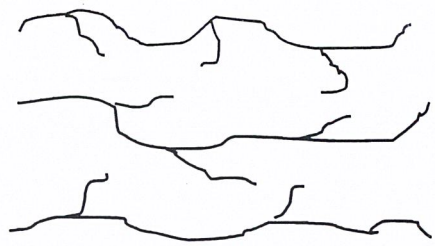


รูปที่ 2.4 แสดงรูปแบบการจัดเรียงตัวของเทอร์โมเซต[4]

2. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) จะละลายได้ดีในตัวทำละลายบางชนิด เมื่อถูกความร้อนสามารถหลอมตัวได้ และเมื่อเย็นลงก็จะแข็งตัว สามารถทำให้หลอม และแข็งตัวหลายๆ ครั้งโดยไม่ทำให้สมบัติทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป อาจแยกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเทอร์โมพลาสติกอสัณฐาน (Amorphous thermoplastic) และเทอร์โมพลาสติกที่มีผลึกบางส่วน (Semi-crystalline thermoplastic)

เทอร์โมพลาสติกจะไม่เกิดการเชื่อมโยง ดังนั้นความแข็งแรงเป็นผลโดยตรงจากสมบัติของหน่วยซ้ำ หรือมอนอเมอร์ และน้ำหนักโมเลกุลที่สูง เทอร์โมพลาสติกอสัณฐานจะมีการพันกันของสายโซ่โมเลกุลซึ่งจะส่งผลคล้ายกับการเกิดการเชื่อมโยง และในพอลิเมอร์ที่สามารถตกผลึกได้ก็จะมีการจัดเรียงตัวที่ดีทำให้เมตริกซ์มีความแข็งแรง สมบัติของเทอร์โมพลาสติกจะขึ้นกับองศาความเป็นผลึก สัณฐานวิทยา และการจัดเรียงตัวของผลึก ซึ่งจะขึ้นกับสภาวะในการผลิต ตัวอย่างเทอร์โมพลาสติก เช่น พอลิเอไมด์ พอลิสไตรีน พอลิพรอพิลีน พอลิเอทิลีน

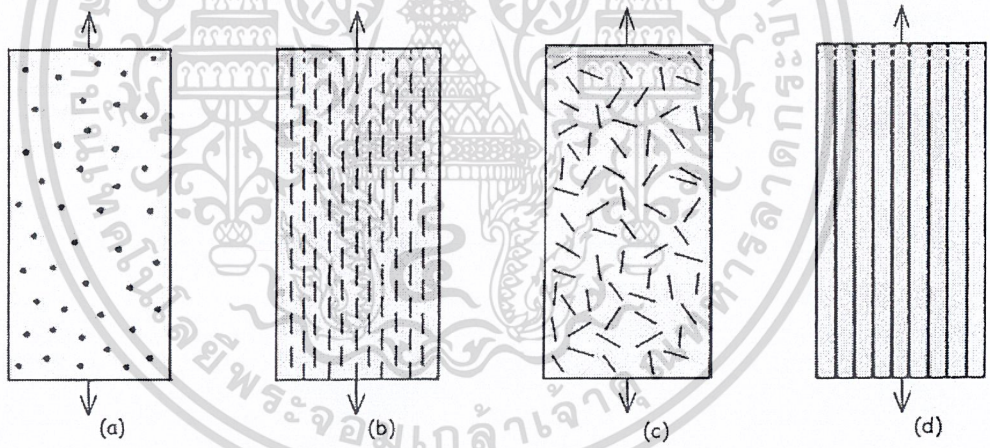
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบการจัดเรียงตัวของเทอร์โมพลาสติก[4]

2.1.2 ส่วนเสริมแรง

ส่วนเสริมแรง (Reinforcement phase) มีลักษณะรูปร่างได้หลายแบบอาจเป็นแผ่น เส้นใย หรืออนุภาคเล็กๆ ก็ได้ ตัวเสริมแรงที่นิยมใช้มีลักษณะเป็นเส้นใย (Fibers) อาจจะเป็นเส้นใยต่อเนื่อง หรือเส้นใยสั้น เส้นใยที่ใช้เสริมแรงในพอลิเมอร์คอมโพสิต เช่น เส้นใยแก้ว เส้นใยธรรมชาติ เป็นต้น



รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างคอมโพสิตที่มีส่วนเสริมแรงต่างกัน[2]

(a) ส่วนเสริมแรงเป็นอนุภาค จัดเรียงตัวแบบสุ่ม

(b) ส่วนเสริมแรงเป็นเส้นใยสั้น จัดเรียงตัวในทิศทางเดียวกัน

(c) ส่วนเสริมแรงเป็นเส้นใยสั้น จัดเรียงตัวแบบสุ่ม

(d) ส่วนเสริมแรงเป็นเส้นใยยาว จัดเรียงตัวในทิศทางเดียวกัน

สมบัติของเส้นใยที่เหมาะสำหรับใช้เสริมแรง ควรมีลักษณะดังนี้

1. เส้นใยควรมีมอดุลัสยืดหยุ่นสูงเพื่อประสิทธิภาพในการเสริมแรง
2. เส้นใยควรจะมีความแข็งแรงสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความแข็งแรงของเส้นใยแต่ละเส้นไม่ควรแตกต่างกันมาก
4. เส้นใยควรจะเสถียร และรับความแข็งแรงขณะจัดเก็บ และขึ้นรูปได้
5. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และพื้นผิวของเส้นใยควรจะมีลักษณะเหมือนกัน

ปัจจัยสำคัญของเส้นใยที่มีผลต่อสมบัติของคอมโพสิต ได้แก่

1. เส้นผ่าศูนย์กลาง
2. ความยาวของเส้นใย
3. ปริมาตรของเส้นใย
4. ลักษณะรูปร่างของเส้นใย
5. การจัดเรียงตัวของเส้นใยในคอมโพสิต

โดยทั่วไปเส้นใยที่ใช้เป็นสารตัวเติมเสริมแรงในคอมโพสิต สามารถแบ่งเป็น

1. เส้นใยสังเคราะห์ เช่น เส้นใยคาร์บอน (Carbon fiber), เส้นใยแก้ว (Glass fiber) ผสมลงในพอลิเมอร์จะทำให้ได้ความแข็งแรงของพอลิเมอร์สูงขึ้น
2. เส้นใยธรรมชาติ จะได้พอลิเมอร์ที่มีความแข็งแรง และสามารถย่อยสลายได้แต่ไม่ดีเท่า เส้นใยสังเคราะห์

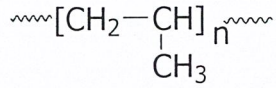
การผสมเส้นใยช่วยเพิ่มสมบัติด้านต่างๆให้กับพอลิเมอร์เมตริกซ์ เช่น

- ความแข็งแรง
- ความเหนียว
- ความเสถียรภาพของรูปร่าง
- การคืบ
- ความทนทานต่อการใช้งาน

2.2 พอลิพรอพิลีน (Polypropylene)[5]

ในปี ค.ศ.1954 แนพตาได้นำตัวเร่งที่ซีเกอร์ค้นพบมาใช้ในการเตรียมพอลิพรอพิลีน โดยปรับปรุงรูปแบบของตัวเร่ง และได้พอลิพรอพิลีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันไป ซึ่งมีผลทำให้สมบัติแตกต่างกันออกไป เช่น ไอโซแทคติกพอลิพรอพิลีนที่มีความหนาแน่นสูงเหมือนพอลิเอทิลีน แต่มีจุดอ่อนตัวสูงกว่า และแข็งแรงกว่า โครงสร้างทางเคมีส่วนใหญ่ของพอลิพรอพิลีนจะมีหมู่เมทิล (Methyl group) เกาะบนโซ่หลักของโมเลกุล (Main chain)

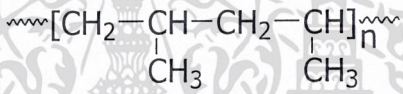
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิพรอพิลีน[5]

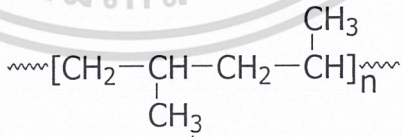
พอลิพรอพิลีนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการเกาะของหมู่เมทิลบนสายโซ่โมเลกุลหลัก ได้แก่

1. ไอโซแทคติกพอลิพรอพิลีน (Isotactic polypropylene) โครงสร้างแบบนี้มีลักษณะการเกาะของหมู่เมทิลด้านเดียวกันบนโซ่โมเลกุลหลัก ลักษณะเช่นนี้โครงสร้างโมเลกุลมีความเป็นระเบียบสูงส่งผลทำให้การตกผลึกดีที่สุดสังเคราะห์ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ Heterogenous ของ Titanium (III) chloride กับตัวเร่งร่วมกับสารประกอบ Organoaluminium เช่น Diethylaluminium chloride



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของไอโซแทคติกพอลิพรอพิลีน[5]

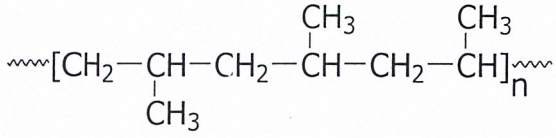
2. ซินดิโอแทคติกพอลิพรอพิลีน (Syndiotactic polypropylene) โครงสร้างแบบนี้มีลักษณะการเกาะของหมู่เมทิล (Methyl group) สลับกันบนโซ่โมเลกุลหลักอย่างเป็นระเบียบ ทำให้โครงสร้างมีความเป็นระเบียบลดลง มีผลทำให้การตกผลึกลดลงด้วย



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของซินดิโอแทคติกพอลิพรอพิลีน[5]

3. อะแทคติกพอลิพรอพิลีน (Atactic polypropylene) โครงสร้างแบบนี้มีลักษณะการเกาะของหมู่เมทิลบนโซ่พอลิเมอร์หลักอย่างไม่เป็นระเบียบ ลักษณะเช่นนี้ทำให้มีการตกผลึกน้อยที่สุด สังเคราะห์จากกรดลิวอิส และสารประกอบ Organometallic เกิดเป็นโครงสร้างของอะแทคติกพอลิพรอพิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของอะแทคติกพอลิพรอพิลีน[5]

2.2.1 สมบัติของพอลิพรอพิลีน

1. ความหนาแน่นประมาณ 0.9 กรัม/ลบ.ซม
2. มีน้ำหนักเบา
3. จุดหลอมเหลวปานกลาง 130-170 องศาเซลเซียส
4. ไม่ละลายในตัวทำละลายที่อุณหภูมิห้อง
5. มีความทนต่อกรด และเบส
6. เฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี
7. มีความเป็นผลึกสูงทำให้คุณสมบัติเชิงกลดี
8. ละลายในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส

2.2.2 การประยุกต์ใช้งาน

1. อุปกรณ์ภายในบ้าน
2. ชิ้นส่วนต่างๆ ภายในรถยนต์
3. ใช้ในรูปเส้นใย หรือฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน ที่มีจำหน่ายในปัจจุบันมี 4 เกรด คือ

1. โฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer)

เป็นเกรดมาตรฐานทั่วไปมีองค์ประกอบง่ายๆ คือ มอนอเมอร์ของพอลิพริพิลีนมาต่อกัน โดยหมู่เมทิลที่อยู่บนโครงสร้างหลักอยู่ข้างเดียวกันของระนาบมีสมบัติต่างๆ แสดงดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 แสดงสมบัติของโฮโมพอลิพรอพิลีน[6]

ชนิด	อัตราการหลอมไหล ASTM D-1238 g/10 min	ความแข็งแรงโค้งงอ ASTM D-790 MPa	ความทนทานต่อแรงกระแทก ASTM D-2651 J/m	ความแข็ง ASTM D-785 Rockwell R
ขึ้นรูปแบบอัด	0.5	1585	160	95
ขึ้นรูปแบบแผ่นบาง	1.5	1480	70	-
ขึ้นรูปแบบฉีดทั่วไป	4	1720	43	99
ขึ้นรูปแบบฉีดผนังบาง	20	1720	32	104
ขึ้นรูปแบบอัดรีด	40	1895	32	100
ขึ้นรูปเป็นเส้นใย	100	1585	-	-

โฮโมพอลิพรอพิลีนมักขึ้นรูปด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูป ใช้ทำฝาขวด เข็มฉีดยา อุปกรณ์ทางการแพทย์ ของเด็กเล่น บรรจุภัณฑ์ภายในบ้าน รถยนต์ขนาดเล็ก ฟิล์ม เส้นใย และตาข่าย ผลิตภัณฑ์จากพอลิพรอพิลีนเสื่อมสภาพได้เมื่อสัมผัสกับแสงอาทิตย์เป็นเวลานานจึงต้องเติมสารเติมแต่งเพื่อป้องกันการแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ พอลิพรอพิลีนมีลักษณะขุ่น แต่สามารถปรับปรุงให้มีลักษณะใส และมีสมบัติดีขึ้น โดยเติมตัวเหนี่ยวนำให้เกิดผลึกทำให้ปริมาณการตกผลึกดีขึ้นแต่ขนาดของสเฟียรูไลท์ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พอลิเมอร์ร่วมแบบสุ่ม (Random copolymer)

พอลิเมอร์ชนิดนี้มีเอทิลีนร้อยละ 6 โดยน้ำหนักโดยเติมลงในสายโซ่ของพอลิพรอพิลีน สมบัติของพอลิเมอร์ร่วมแบบสุ่ม แสดงดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 แสดงสมบัติของพอลิเมอร์ร่วมแบบสุ่มของพอลิพรอพิลีน[6]

ชนิด	อัตราการหลอมไหล ASTM D-1238 g/10 min	ความแข็งแรงโค้งงอ ASTM D-790 MPa	ความทนทานต่อแรงกระแทก ASTM D-256 J/m	ความแข็ง ASTM D-785 Rockwell R
อัดรีดเป็นแผ่น	1	965	80	80
อัดรีดเป็นแผ่น	3	1515	37	95
อัดรีดเป็นฟิล์ม	3	260	-	-
อัดขึ้นรูปเป็นฟิล์ม	7	585	65	65
อัดขึ้นรูปเป็นฟิล์ม	10	860	85	80
ฉีดขึ้นรูปเป็นฟิล์ม	25	1135	-	94

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบสุ่มสามารถทำได้ง่ายคล้ายแบบโฮโมพอลิเมอร์ โดยนำมาผลิตเป็นฟิล์มบรรจุอาหาร และห่ออาหารได้ตามมาตรฐาน เป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ ตัวเชื่อมความร้อน และสามารถรับและดูดซับแรงได้ดี จึงใช้เป็นผลิตภัณฑ์กันชนรถยนต์

3. พอลิเมอร์ร่วมชนิดรับแรงกระแทก (High impact copolymer)

จะเติมมอนอเมอร์อื่นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมักจะเป็นเอทิลีน หรือยาง ต้องใช้ความละเอียดรอบคอบในการสังเคราะห์ ต้องดูแลควบคุมสภาวะการทดลองให้เหมาะสม และคงที่เพื่อให้ได้พอลิเมอร์ร่วมที่มีน้ำหนักโมเลกุล และองค์ประกอบตามต้องการ พบว่าพอลิเมอร์ร่วมที่ได้จะมีความทนทานต่อแรงกระแทกดีแม้จะทดลองที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนใหญ่ใช้ทำเป็นกระเป๋าเดินทาง ที่นั่งในรถ อุปกรณ์หล่อเย็น และเครื่องใช้ภายในบ้าน สมบัติแสดงดังตาราง 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.3 แสดงสมบัติของพอลิพรอพิลีนชนิดรับแรงกระแทก[6]

ชนิด	อัตราการหลอมไหล ASTM D-1238 g/10 min	ความแข็งแรงโค้งงอ ASTM D-790 MPa	ความทนทานต่อแรงกระแทก ASTM D-256 J/m	ความแข็ง ASTM D-785 Rockwell R
ขึ้นรูปแบบอัด	0.5	1240	540	75
ขึ้นรูปแบบอัดรีด	1	860	650	55
ขึ้นรูปแบบฉีดทั่วไป(1)	4	1035	540	65
ขึ้นรูปแบบฉีดทั่วไป(2)	6	930	650	70
ขึ้นรูปแบบฉีดทั่วไป(3)	11	1000	135	72

4. อะเทกติกพอลิพรอพิลีน (Atactic polypropylene)

มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีความสามารถในการยึดเกาะ ไม่นำไฟฟ้า นิยมใช้นำมาเป็นฉนวนหุ้มสายเคเบิ้ล

2.3 เส้นใยธรรมชาติ

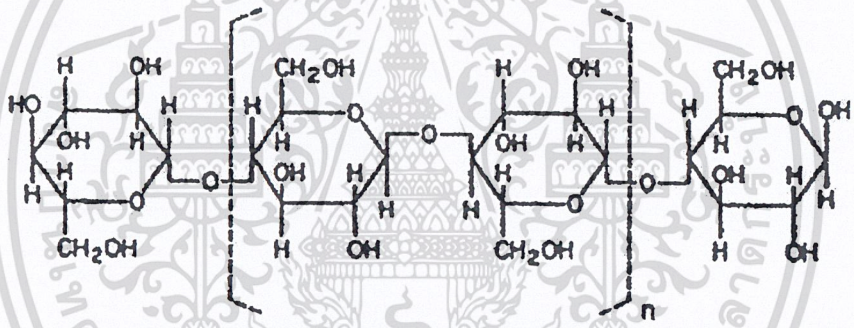
เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) เป็นอินทรีย์วัสดุที่สำคัญ หาได้ง่ายจากธรรมชาติ มีปริมาณมาก สามารถเกิดขึ้นได้ใหม่เรื่อยๆ และมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ด้วยเหตุนี้เส้นใยธรรมชาติจึงนิยมใช้เป็นสารเติมแต่งในพลาสติก โดยอาจเป็นทั้งสารตัวเติม และสารเสริมแรง เพื่อเป็นการลดต้นทุน เพิ่มปริมาณการผลิต และเสริมแรงแก่ผลิตภัณฑ์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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 เซลลูโลส

เซลลูโลส (Cellulose) เป็นสารประกอบพอลิแซคคาไรด์ (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 ส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี ในทางอุตสาหกรรมจะหาน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณได้โดยการวัดความหนืด



รูปที่ 2.11 แสดงสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส[7]

2.3.1.1 สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส

1. การละลาย

เซลลูโลสไม่ละลายน้ำแต่จะละลายในกรดเข้มข้น เช่น กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) เป็นต้น โดยเซลลูโลสจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วในสารละลายกรดที่อุณหภูมิห้อง แต่จะหยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำ เซลลูโลสบวมตัวในสารละลายของเกลือเข้มข้นบางชนิด เช่น สารละลายอัลคาไลไฮดรอกไซด์ (Alkali hydroxide) บางครั้งทำให้เซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถละลายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. ความหนืด

ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซลลูโลสโดยถ้าเราเพิ่มความเข้มข้นของเซลลูโลส ความหนืดก็จะเพิ่มขึ้นอย่างเร็ว ทำให้มีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น

3. การดูดซับความชื้น

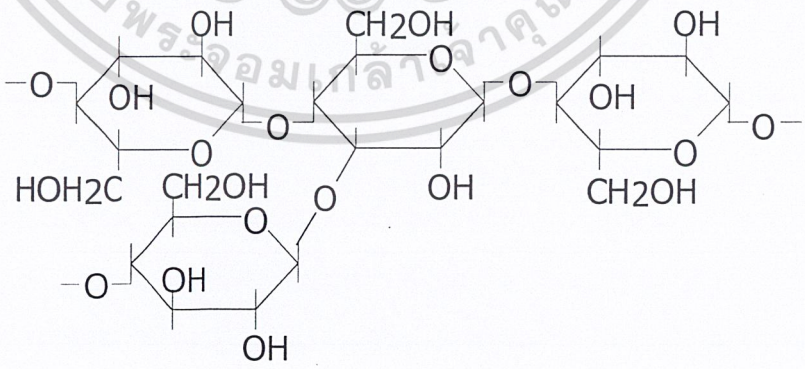
เซลลูโลสส่วนใหญ่จะมีการดูดซับ หรือการคายไอน้ำ หรือของเหลวอื่นๆ ในบรรยากาศรอบตัวของมันจนกระทั่งถึงจุดสมดุล โดยสมดุลของความชื้นของเซลลูโลสจะแปรเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศนั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ เช่น เมื่อความชื้นสูงขึ้นค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น

4. ความหนาแน่น

เซลลูโลสที่เป็นเส้นใยเดี่ยวจะไม่มีค่าความหนาแน่นที่แน่นอน ค่าความหนาแน่นจะแปรเปลี่ยนไปตามแหล่งที่มา หรืออาจเปลี่ยนไปเนื่องจากการปรับปรุงทางเคมี

2.3.2 เฮมิเซลลูโลส

เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นพอลิแซกคาไรด์ชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายเซลลูโลสแต่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิด เช่น กลูโคส กาแลกโตส แมนโนส ไซโลส อะราบิโนส รวมทั้งกรดกลูคูโรนิก และกาแลกทูโรนิก เฮมิเซลลูโลสพบในเนื้อเยื่อของพืชโดยรวมอยู่กับสารอื่นๆ เช่น ลิกนิน เซลลูโลส เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ พบมากในแกรบ ซังข้าวโพด เฮกโซแซน สูตรทางเคมีคือ $(C_6H_{12}O_5)_{2n}$ โครงสร้างทางเคมีแสดงดังรูป 2.12



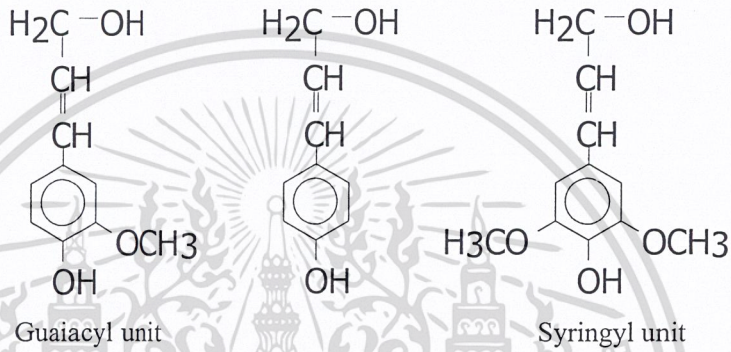
รูปที่ 2.12 แสดงสูตรโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส[7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

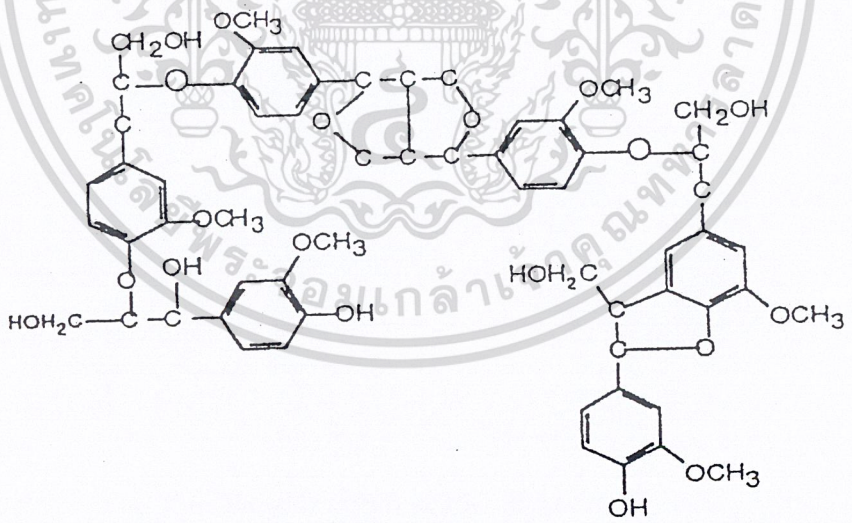
40065

2.3.3 ลิกนิน

ลิกนิน (Lignin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนมีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักพบอยู่รวมกับเซลลูโลส ลิกนินเป็นสารที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิด ซึ่งเป็นสารอะโรมาติก ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยืดหยุ่น เพราะฉะนั้นจึงทำให้พืชที่มีลิกนินมากมีความแข็งแรงทนทาน เมื่อพืชตายลิกนินจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ลิกเนส (Lignase) หรือลิกนินเนส (Ligninase) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในรา ตัวอย่างหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนินแสดงดังรูป 2.13



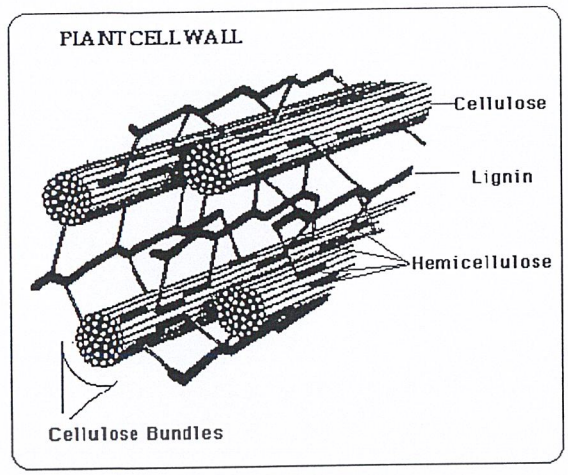
รูปที่ 2.13 แสดงหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน[8]



รูปที่ 2.14 แสดงโครงสร้างของลิกนินของไม้เนื้ออ่อน[8]

ไม้แต่ละชนิดจะมีอัตราส่วนระหว่างเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนินไม่เท่ากันขึ้นกับชนิดและอายุของไม้โดยไม้ที่มีลิกนินมากจะมีความแข็งสูงและในไม้ชนิดเดียวกันไม้ที่มีอายุมากจะมีปริมาณลิกนินมากเช่นเดียวกัน โดยการจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในไม้จะเป็นไป ดังรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงการจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในไม้

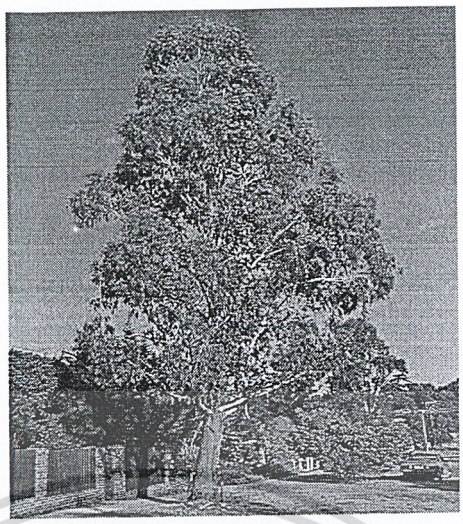
2.4 ยูคาลิปตัส

ไม้ยูคาลิปตัส (Eucalyptus) เป็นไม้ที่สำคัญมากในปัจจุบัน โดยต้นยูคาลิปตัสจะมีลักษณะสูง โตง่าย ปลูกได้ในทุกๆ สภาพดิน มีความทนทาน เมื่อปลูกแล้วสามารถตัดได้ 2-3 ครั้ง โดยไม่ต้องปลูกใหม่ ด้วยเหตุดังกล่าวไม้ยูคาลิปตัสจึงเป็นที่นิยมปลูก และใช้งาน

ต้นยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส (*Eucalyptus camaldulensis*) เป็นต้นยูคาลิปตัสที่ปลูกได้ดีในประเทศไทย โดยลักษณะของไม้จะแบ่งเป็น 3 ส่วน ส่วนนอกสุดเป็นส่วนเปลือก จะมีสีซีด หรือสีครีม และจะมีเขตของเนื้อไม้ที่มีสีต่างออกไปมาก คือ ส่วนที่เรียกว่า แก่น (Heartwood) เป็นส่วนที่มีสีน้ำตาลเข้ม และด้านนอกแก่นจะมีสีขาวกว่าเรียกว่า กระพี้ (Sapwood) ส่วนนี้จะมีความหนาขึ้นกับอายุของต้นไม้ส่วนของกระพี้สามารถถูกทำลายได้ง่ายโดยแมลง หรือเห็ด รา ต่างๆ ได้มากกว่าแก่น ถึงแม้ส่วนประกอบของเซลล์ และโครงสร้างของทั้งกระพี้ และแก่นจะเหมือนกัน แต่การสะสมของสารเคมีโดยกระพี้จะถูกซึมเข้าไปได้โดยง่ายกว่าแก่น และกระพี้จะมีสภาวะที่จะถูกซึมซาบโดยสารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อย่อยได้เป็นอย่างดีจึงเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมทำกระดาษได้ดี โดยทั่วไปยูคาลิปตัสจะมีสมบัติดังนี้

- ปริมาณความชื้น 26.3 %
- ความถ่วงจำเพาะ 1.033
- ความแข็งแรงต่อการดัด 779 kg/cm^2
- ความแข็งแรงต่อการบีบ 368 kg/cm^2
- ความแข็งแรงต่อการเชือด 126 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของต้นยูคาลิปตัส

องค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส แสดงไว้ดังตารางที่ 2.4

ตาราง 2.4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส[9]

องค์ประกอบ	ไม้อายุ 3 ปี	ไม้อายุ 10 ปี	ไม้อายุ 15 ปี
ลิกนิน	29.90	27.75	26.60
เซลลูโลส	56.00	58.36	58.18
เฮมิเซลลูโลส	78.50	73.66	73.73
เพนโตซาน	19.45	17.01	17.15
ขี้เถ้า	0.44	0.33	0.43

2.5 การปรับสภาพผิวเส้นใย

การปรับสภาพผิวเส้นใยสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงการใช้ มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟท์พอลิพรอพิลีน (Maleic anhydride grafted polypropylene, MAPP) ที่อยู่ในสารเติมแต่ง MAPP เป็นสารปรับปรุงการยึดติด และการกระจายของพอลิเมอร์คอมโพสิต ระหว่างพอลิพรอพิลีนที่ไม่มีขั้วกับเส้นใยเซลลูโลสที่มีขั้ว สมบัติดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดสมบัติของคอมโพสิต MAPP เป็นสารที่ไม่เพียงแต่จะทำให้ผิวของพอลิพรอพิลีนมีความแข็งมากขึ้น แต่ยังสามารถเกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะโควาเลนท์กับหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่บนผิวของเส้นใยเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

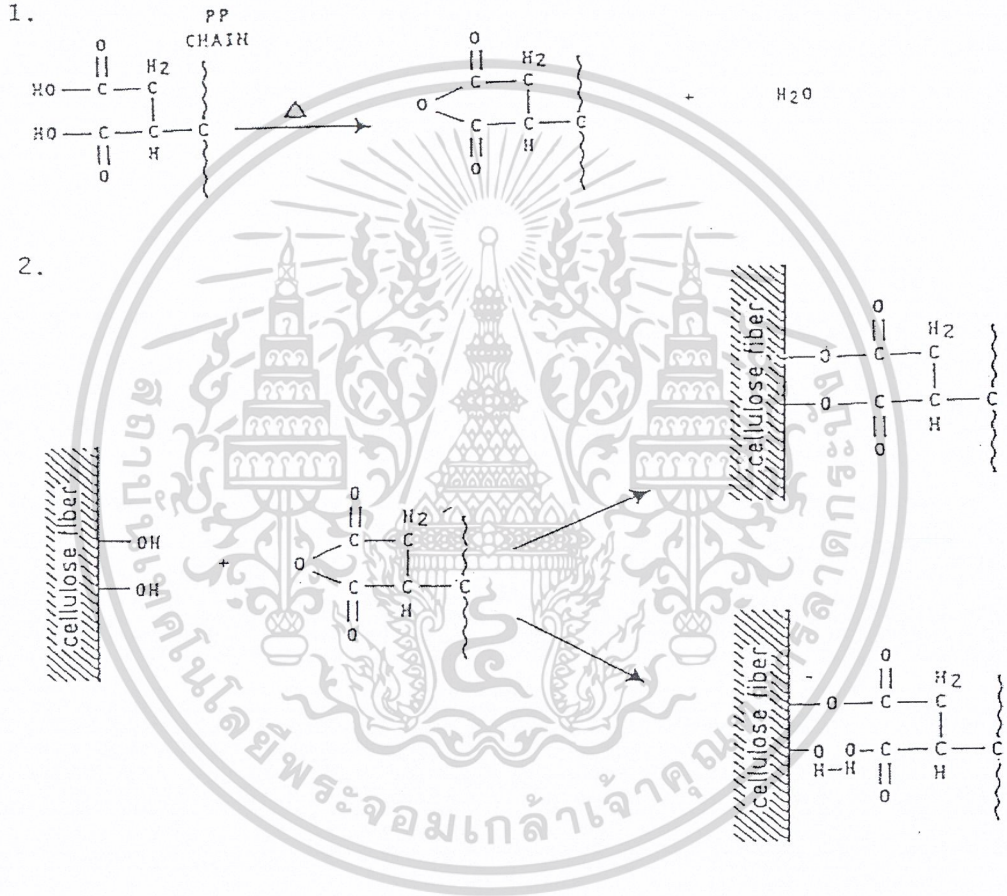
การเกิดพันธะโควาเลนท์ระหว่างมาเลอิกแอนไฮไดรด์ และหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่บนผิวของเส้นใยเซลลูโลสได้ถูกวิเคราะห์โดย IR และ ESCA ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดพันธะโควาเลนท์นี้สามารถแบ่งออกได้ 2 ขั้นคือ

ขั้นที่ 1 Activation of the copolymer

โคพอลิเมอร์จะเปลี่ยนรูปไปเป็นแบบแอนไฮไดรด์ซึ่งว่องไวกว่า

ขั้นที่ 2 Esterification of fiber

ทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันกับเส้นใย



รูปที่ 2.17 แสดงการเกิดปฏิกิริยาของเส้นใยเซลลูโลสที่ทำการปรับสภาพผิวด้วย MAPP[10]

ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการทดลองปรับปรุงการยึดติด และการกระจายของสารตัวเติมโดยใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์ที่ต่อกิ่งกับพอลิพรอพิลีนเป็นสารเชื่อมโยงพอลิพรอพิลีนกับเซลลูโลส ซึ่งเมื่อผสมกันเส้นใยเซลลูโลสแล้วจะสามารถเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันกับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยเซลลูโลส และเกิดเป็นพันธะเอสเทอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟท์พอลิพรอพิลีน (Maleic anhydride grafted polypropylene, MAPP) เป็นสารคู่ควบ (Coupling agent) ทำหน้าที่ปรับปรุงการยึดเกาะกันของพอลิพรอพิลีนกับสารอื่นทำให้สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางความร้อนดีขึ้น นอกจากนี้ MAPP ยังเป็นสารช่วยผสม (Compatibilizer) เพื่อปรับปรุงความสามารถในการขึ้นรูปและสมบัติเชิงกล

2.6 สารตัวเติม

สารตัวเติม (Fillers) ได้แก่ สารจำพวกอนุภาคละเอียด หรือจำพวกเส้นใยที่ใช้เติมในพอลิเมอร์เพื่อเพิ่มปริมาณ ลดต้นทุนการผลิต และอาจทำให้สมบัติทางกายภาพดีขึ้น เหมาะสำหรับการใช้งาน สารตัวเติมที่ใช้กันทั่วไปเป็นสารที่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับพอลิเมอร์จึงช่วยลดต้นทุนในการผลิตลง สารตัวเติมมีทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์

2.6.1 สมบัติพื้นฐานที่ใช้พิจารณาสารตัวเติม

2.6.1.1 อนุภาค (Particle)

ข้อพิจารณาเริ่มต้นในการเลือกสารตัวเติม คือ การกระจายของอนุภาค รูปร่างของอนุภาค และพื้นที่ผิวของอนุภาค

2.6.1.2 พื้นที่ผิว (Surface area)

พื้นที่ผิวเป็นสมบัติหนึ่งของสารตัวเติมซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะในกรณีที่มีการใช้สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) สารช่วยกระจายตัว (Dispersant) และสารปรับปรุงสภาพผิว (Surface modifier) สำหรับพอลิเมอร์ที่มีขั้ว สารเหล่านี้สามารถดูดซึมหรือทำปฏิกิริยาที่พื้นผิวของสารตัวเติมได้

2.6.1.3 การกระจายของขนาดอนุภาค (Particle size distribution)

อนุภาคของสารตัวเติมทั้งหมดควรมีความหนาแน่น และเปอร์เซ็นต์ความละเอียดโดยน้ำหนักใกล้เคียง เพื่อทำให้ความสามารถในการผสมเข้ากับพอลิเมอร์เท่ากันในทุกบริเวณของผลิตภัณฑ์ที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.4 องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition)

องค์ประกอบทางเคมีเป็นสมบัติพื้นฐานของสารตัวเติม และเป็นข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกชนิดของสารตัวเติม โดยจะพิจารณาจากการทำปฏิกิริยาเคมีเป็นหลัก

2.6.2 พฤติกรรมของสารตัวเติม และสารเสริมแรง

พฤติกรรมของสารตัวเติมแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. สารตัวเติมชนิดเสริมแรง (Reinforcing fillers) เมื่อผสมสารตัวเติมประเภทนี้จะทำให้พอลิเมอร์มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดพันธะทางเคมีหรือการยึดเกาะอื่นๆ กับวัสดุที่จะทำการเสริมแรง

สมบัติบางประการของพอลิเมอร์ที่ใส่สารตัวเติมชนิดเสริมแรงเทียบกับที่ไม่ใส่สารตัวเติม

- การหดตัวลดลง
- ลดต้นทุนการผลิต
- ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น
- ลดอุณหภูมิที่มีผลต่อสมบัติเชิงกล และกายภาพ
- ปรับปรุงสมบัติการคืบ (Creep behavior) และ Apparent modulus
- ลด Viscoelastic yield เมื่อให้แรง
- มอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of elastics) ความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ความแข็งแรงเฉือน (Shear strength) ความแข็งแรงกระแทก (Impact strength) ความแข็งกดอัด (Compressive strength) และความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength) เพิ่มขึ้น

2. สารตัวเติมชนิดเฉื่อย (Inert or Non-reinforcing fillers) ทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น การใช้สารตัวเติมชนิดเฉื่อยไม่สามารถทำการเสริมแรงได้เท่ากันทุกส่วน โดยเฉพาะบริเวณระหว่างอนุภาคสารตัวเติมกับผิวพอลิเมอร์จะมีโครงสร้างต่างจากพอลิเมอร์เมตริกซ์ เนื่องจากบางส่วนของโซ่โมเลกุลพอลิเมอร์เกิดการยึดเกาะกับสารตัวเติม ทำให้โซ่โมเลกุลส่วนนั้นเคลื่อนไหวได้ยาก และยังมีผลต่อการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์เมตริกซ์ พอลิเมอร์ที่มีสารตัวเติมชนิดเฉื่อยจะมีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature, Tg) สูงขึ้นซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการกำจัดการเคลื่อนไหวบริเวณผิวสัมผัส นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติบางประการของพอลิเมอร์ที่ใส่สารตัวเติมชนิดเฉื่อยเทียบกับที่ไม่ใส่สารตัวเติม

- การหดตัวลดลง
- ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น
- ความแข็งเพิ่มขึ้น
- ลดอุณหภูมิที่มีผลต่อสมบัติเชิงกล และกายภาพ
- ลดต้นทุนการผลิต
- เพิ่มอุณหภูมิ Heat deflection
- มอดุลัสยืดหยุ่น (Modulas of elastics) ความแข็งกดอัด (Compressive strength) และความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength) เพิ่มขึ้น

การใช้สารตัวเติมเป็นการลดต้นทุนในการผลิต แต่ในขณะเดียวกันต้องไม่ทำให้สมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลดลงจนเสียคุณภาพ สารเคมีที่ใช้เป็นสารตัวเติมอาจมีความสามารถเป็นสารเสริมแรง หรือกึ่งเสริมแรงก็ได้ และสารตัวเติมชนิดเดียวกันที่มีคุณสมบัติทางกายภาพต่างกันสามารถปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ได้ต่างกัน จึงต้องเลือกใช้สารตัวเติมที่เหมาะสมในการปรับปรุงสมบัติที่ต้องการ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kessira และ ricard[11] ได้ทำการศึกษาถึงผลของการต่อกิ่งด้วยเมทิลเมทาคริเลต (MMA) และอะคริโลไนไตรล์ (AN) ลงบนชานอ้อย และเส้นใยจากต้นยูคาลิปตัส ชานอ้อยที่นำมาศึกษามีส่วนประกอบเป็น เซลลูโลส 95.81 % ลิกนิน 2.64 % Pentosan-c 0.99 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.56 % และน้ำ จากการศึกษาสมบัติทางความร้อนของการต่อกิ่งด้วยอะคริโลไนไตล์ลงบนพื้นผิวของเส้นใยที่สภาวะต่างๆ กัน พบว่าสามารถใช้ได้ทั้งน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์เป็นตัวกลางในการทำปฏิกิริยาส่วนการต่อกิ่งด้วย เมทิลเมทาคริเลตลงบนเส้นใยอ้อย และเส้นใยยูคาลิปตัส ศึกษาถึงการบวมตัวของเส้นใย และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาของมอนอเมอร์ สามารถตรวจสอบการต่อกิ่งจากการศึกษาเสถียรภาพทางความร้อนของเส้นใย โดยสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักที่สูญเสียไป นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาเส้นใยที่ทำการต่อกิ่ง และไม่ต่อกิ่งด้วยเครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน DSC และ TGA พบว่าการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตช่วยทำให้เส้นใยอ้อยมีเสถียรภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้น

J.George, K.Joseph, S.Thomas, and S.S.Bhagavan[12] ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลของคอมโพสิตระหว่างเส้นใยสับปะรดกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ซึ่งพบว่าค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัสดีขึ้นเมื่อมีการเติมปริมาณเส้นใยลงในคอมโพสิตมากขึ้นแต่จะมีค่าร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละการยืด ณ จุดขาดลดลง นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาความยาวของเส้นใยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกล โดยเมื่อเส้นใยมีขนาดที่ยาวขึ้น จะทำให้ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัสมากขึ้น แต่ทำให้ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดน้อยลง

B.V.Kokta และคณะ[13] ได้ทำการศึกษาผลของการปรับปรุงคอมโพสิตระหว่างพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) กับเส้นใยสน (Aspen) ด้วยวิธีการปรับปรุงทางเคมีพบว่าเมื่อมีการปรับปรุงคอมโพสิตด้วยสารเคมี เช่น มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (Maleic anhydride), ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) หรือกรดชนิดต่างๆ จะทำให้สมบัติทางกายภาพดีขึ้นเมื่อเทียบกับคอมโพสิตที่ไม่ได้รับการปรับปรุง

Kokta และคณะ[14] ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนที่ใส่ไม้สน ซึ่งมีการปรับสภาพผิวในวิธีต่างๆ เพื่อปรับปรุงการยึดติดระหว่างพอลิเมอร์กับไม้สน โดยใช้ Polymethylene Polyphenylisocyanate (PMPPIC), Silane coupling agent (Silane A-172, Silane A-174, Silane-A1100) และอีโพลีนแวกซ์ (Epolene wax) เป็นสารปรับสภาพผิวก่อนใส่ในพอลิเมอร์โดยวิธีการผสมในเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง และขึ้นรูปโดยวิธีการกดอัด พบว่าการใช้อีโพลีนแวกซ์เป็นสารช่วยกระจายเพียงอย่างเดียว สามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดุลัส และค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยจะเพิ่มค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัส แต่ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดของพอลิเมอร์จะลดลง ในขณะที่ใช้ PMPPIC กับอีโพลีนแวกซ์เป็นสารปรับสภาพผิวนั้นทำให้สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์มีค่าสูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยที่ให้ค่าสมบัติเชิงกลสูงสุด คือ 20 mesh

Joseph และคณะ[15] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางด้านความทนต่อแรงดึงของคอมโพสิตที่เกิดจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) กับเส้นใยป่านศรนารายณ์ (Sisal fiber) พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งแรงดึง ได้แก่ กระบวนการผสมเส้นใยกับพอลิเมอร์ ความยาวของเส้นใย ปริมาณเส้นใย และลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยในพอลิเมอร์ โดยที่การผสมพอลิเมอร์กับเส้นใยในวิธีการผสมแบบสารละลาย (Solution mixing) จะทำให้เกิดการเสียหายของเส้นใยน้อยกว่าการผสมแบบหลอมเหลว (Melt mixing) ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยลงไป จะมีผลทำให้ค่าความแข็งแรงดึงของคอมโพสิตเพิ่มขึ้น แต่ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดลดลง และเมื่อนำคอมโพสิตมาฉีดขึ้นรูปใหม่จะได้ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่ฉีด ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของความร้อนในระหว่างกระบวนการขึ้นรูปจะทำให้เกิดการสลายตัวที่พื้นผิวของเส้นใย จึงสามารถยึดติดกับพอลิเอทิลีนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้พบว่าคอมโพสิตที่มีการจัดเรียงตัวของเส้นใยตามแนวแรงจะให้ค่าความแข็งแรงดึงดีกว่าคอมโพสิตที่มีการจัดเรียงตัวของเส้นใยในแนวทิศทางตั้งฉากกับแนวแรง และเส้นใยที่มีความยาว 6 mm จะให้ค่าความแข็งแรงดึงที่สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jayamol และคณะ[16] ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกล และความเป็นวิสโคอีลาสติก (Viscoelastic) ของพอลิเมอร์คอมโพสิต โดยใช้พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ที่เสริมแรงด้วยเส้นใยสับปะรด โดยสามารถเติมเส้นใยได้สูงถึงร้อยละ 30 คอมโพสิตเตรียมจาก 2 วิธี คือ การผสมแบบสารละลาย (Solution mixing) และการผสมแบบหลอมเหลว (Melt mixing) จากนั้นนำคอมโพสิตที่เตรียมได้จากแต่ละวิธีมาทำการทดสอบสมบัติเชิงกล และความเป็นวิสโคอีลาสติก พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยสับปะรดในคอมโพสิต จะทำให้ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัสมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยที่ใส่เข้าไป โดยคอมโพสิตที่ได้จากการเตรียมโดยวิธีการผสมแบบสารละลายจะให้ค่าสูงกว่า ส่วนค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใย และความยาวของเส้นใยมีผลต่อคอมโพสิต คือ เส้นใยที่มีความยาวประมาณ 10 mm จะให้ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัสที่มีค่าสูงกว่าเส้นใยที่มีขนาด 2 และ 6 mm นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยในคอมโพสิตมีผลต่อค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัส โดยคอมโพสิตที่มีการจัดเรียงตัวของเส้นใยตามแนวแรงจะให้ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัสดีกว่าคอมโพสิตที่มีการจัดเรียงตัวของเส้นใยในแนวทิศทางตั้งฉากกับแนวแรง

Rodeney และคณะ[17] ได้ทำการศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้จากขวดพลาสติกพอลิพรอพิลีนชนิดหลายชั้น (Multi layer) และเส้นใยไม้ (Wood fiber) โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบผลกับพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ทำจากเม็ดพลาสติกพอลิพรอพิลีนใหม่ และทำการผสมในเครื่องอัดรีดแบบสองลูกกลิ้ง ใช้ปริมาณของเส้นใยไม้ 0, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบ พบว่าพอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมจากเม็ดพลาสติกพอลิพรอพิลีนนำกลับมาใช้ใหม่ จะให้สมบัติเชิงกลที่ดีกว่าพอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมจากเม็ดพลาสติกพอลิพรอพิลีนใหม่ แต่ถ้าเติมเส้นใยไม้มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะทำให้สมบัติความทนทานต่อแรงดึง และค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดลดลง เนื่องจากสารเติมแต่งที่มีอยู่ในขวดพอลิพรอพิลีนชนิดหลายชั้นจะไปช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างส่วนที่เป็นเมตริกซ์กับเส้นใยไม้มากขึ้น

A. Nagaty และคณะ[18] ได้ทำการศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตจากลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) โดยทำการต่อกิ่ง Methyl Methacrylate (MMA) บนเส้นใยชานอ้อย และใช้ Sodium bisulphite-soda lime เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา พบว่าสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิตขึ้นอยู่กับปริมาณ และขนาดของเส้นใยชานอ้อย

Yam และคณะ[19] ได้ทำการศึกษาการเตรียมคอมโพสิตของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) จากขวดนมกับเส้นใยไม้สน โดยศึกษาเส้นใยที่ไม่ได้ปรับปรุง นำมาปรับปรุงด้วยความร้อน และอะเซทิเลท (Acetylate) ทำการผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถผสมกันได้ถึงร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก แต่ถ้าเพิ่มปริมาณเส้นใย ค่าความแข็งแรงดึงจะลดลง และเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงด้วยความร้อน และอะเซทิเลท จะให้ค่าดีกว่าเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยความร้อน สำหรับค่ามอดุลัส ค่าความทนทานต่อแรงกระแทก และค่าการยืดติด จะไม่ขึ้นกับการปรับปรุงเส้นใย ค่ามอดุลัสจะเพิ่มตามปริมาณเส้นใย และส่งผลให้ค่าการดึงยืดลดลง ส่วนรูปแบบ และอุณหภูมิการผสมจะมีผลต่อสมบัติเชิงกลที่ได้ พบว่าถ้าใช้อุณหภูมิมากกว่า 200 องศาเซลเซียส จะทำให้ลิกนินเริ่มเสื่อมสภาพ และถ้าใช้เวลานาน คอมโพสิตที่ได้จะมีสีคล้ำ เนื่องจากการเสื่อมสภาพโดยความร้อน

Raj และคณะ[20] ได้ศึกษาการใช้เส้นใยไม้เป็นตัวเติมในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (Medium density Polyethylene; MDPE) โดยใช้เส้นใย 3 ชนิด คือ เยื่อเชิงกล (Mechanical pulp) ผงไม้ (Wood flour) และเยื่อเซลลูโลส (Cellulose pulp) และได้มีการปรับปรุงเส้นใยก่อนด้วยสารพวกไซเลน (Silane) และพอลิไอโซยาเนต (Polyisocyanate) เพื่อเป็นการปรับปรุงการยึดติดระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์ พบว่าค่าความแข็งแรงดึงจะเพิ่มขึ้นในกรณีที่มีการปรับปรุงเส้นใยก่อน แต่จะไม่มีผลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ค่ามอดุลัสจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการดึงยืด และค่าพลังงานการแตกหักจะลดลง สำหรับวิธีผสม ถ้าผสมโดยเครื่องอัดรีด จะมีค่าความทนทานต่อแรงดึง และมอดุลัสสูงกว่าผสมด้วยเครื่องผสมแบบลูกกลิ้ง พบว่า MDPE ที่เติมด้วยเยื่อเชิงกลจะมีสมบัติที่ดีกว่าการเติมเยื่อเซลลูโลส และผงไม้

เฉลิมพล อิทธิวิวัฒน์ และสกุล บรรจงวุฒิ[21] ได้ทำการศึกษาเส้นใยเซลลูโลส ได้แก่ หญ้าสลาบหลวง (Typha angustifolia) เป็นสารเสริมแรงในพอลิพรอพิลีน โดยผสมเส้นใยแก้ว และสาร Silane เพื่อเป็นสารเชื่อมโยง (Coupling agent) จากการทดลองพบว่า เส้นใยช่วยเพิ่มความแข็งแรงดึง และค่าความคงทนต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์คอมโพสิต แต่มีแนวโน้มที่จะลดค่าความทนทานต่อแรงดึงที่จุดขาด นอกจากนี้ยังทำการศึกษาปรับปรุงสมบัติ และการใช้งานอื่นๆ เช่น ใช้ในการทำแผ่น MDF (Medium Density Fiber Board) และใช้เทอร์โมเซต เช่น UF, MF เป็นตัวประสาน

พิชัย จงสกุลชัย และศิริพงศ์ โรจน์วีระ[22] ทำการศึกษาขุยมะพร้าว และฟางข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ใช้ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) และพอลิพรอพิลีน (PP) พบว่าขุยมะพร้าวทำให้ HDPE และ PP มีค่ามอดุลัสสูงขึ้น ค่าความแข็งแรงดึงไม่เปลี่ยนแปลง ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดเพิ่มขึ้น ฟางข้าวทำให้ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัสสูงขึ้น อย่างไรก็ดี ถ้าใช้สารตัวเติมมากกว่า 10 phr จะมีปัญหาในการขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จิรพรรณ หน่ายคอน และมาริสา ตันติลักษณา[23] ได้ทำการศึกษาเส้นใยอ้อยที่ปรับสภาพผิวโดยการฉายรังสีแกมมา นำมาใช้เป็นสารตัวเติมในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิพรอพิลีน และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง และใช้มัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ช่วยในการต่อกิ่ง พบว่า พอลิเมอร์คอมโพสิตสามารถทนทานต่อแรงดึง แรงกระแทก และการขัดถูได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคอมโพสิตที่ใช้เส้นใยเก่า และเส้นใยใหม่ พบว่า คอมโพสิตที่ทำจากเส้นใยใหม่ จะใช้สมบัติเชิงกลดีกว่า และดูดซับน้ำน้อยกว่า

ปิยะวัน ตังควรรณวานิช[24] ได้ทำการศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยธรรมชาติ (ไผ่สีสุก) กับเอบีเอสที่มีการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยไผ่ โดยทำการผสมเส้นใยไผ่ 0-40 phr กับเอบีเอส โดยใช้เครื่องผสมหลอมเหลวระบบปิดแบบเกลียวหนอนคู่ และขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดขึ้นรูป พบว่า พอลิเมอร์คอมโพสิตที่มีการต่อกิ่งกับพอลิเมทิลเมทาไครเลทมีสมบัติเชิงกลดีกว่าพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ไม่ได้ต่อกิ่ง และเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยในคอมโพสิตจะพบว่าพอลิเมอร์คอมโพสิตจะมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น

รัชดา ขวัญตน[25] ได้ทำการศึกษาการเตรียมคอมโพสิตของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงจากขวดน้ำดื่ม และเส้นใยอ้อย โดยเปรียบเทียบการปรับปรุงสมบัติของคอมโพสิตด้วยสารช่วยยึดติด 2 ชนิดคือ PE-g-AA และ PE-g-MAH จากการทดลองพบว่าการเติมชานอ้อยลงในพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงจากขวดน้ำดื่มจะทำให้พอลิเมอร์คอมโพสิตแข็งขึ้นแต่การดึงยืด และความทนทานต่อแรงกระแทกลดลง และชานอ้อยที่ใช้ไม่จำเป็นต้องผ่านการคัดขนาดก่อนเมื่อเปรียบเทียบระบบที่ใช้ PE-g-AA และระบบที่ใช้ PE-g-MAH พบว่าสมบัติของคอมโพสิตที่ได้จากทั้ง 2 ระบบ จะไม่แตกต่างกันเนื่องจากจะเกิดพันธะชนิดเดียวกัน

กมลรัตน์ คูรัตน์ชัชวาล และดุจดาว ปรีชาวงศ์[26] ได้ทำการศึกษาผลของชานอ้อยที่เป็นสารตัวเติมในพอลิเอทิลีน พอลิพรอพิลีน และพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนกับพอลิพรอพิลีน โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ปรับสภาพผิว และชานอ้อยที่ปรับสภาพผิวด้วยการฉายรังสีแล้วต่อกิ่งด้วยมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ (Multifunctional monomer) นำชานอ้อยที่ได้มาผสมกับพอลิเมอร์ในเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวแล้วขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดขึ้นรูปแล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และสมบัติการดูดซับน้ำ จากการทดลองพบว่าคอมโพสิตที่มีชานอ้อยทั้งปรับ และไม่ปรับสภาพผิวนั้นมีแนวโน้มทำให้สมบัติด้านต่างๆ ดีขึ้น กล่าวคือพอลิเมอร์คอมโพสิตสามารถทนทานต่อแรงดึง ความคงรูป และเสถียรภาพต่อความร้อนดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ พบว่าที่ 1เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักทำให้สมบัติต่างๆ ดีขึ้นมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าพอลิเมอร์คอมโพสิต จะให้สมบัติเชิงกลที่ดีกว่าวัสดุทั่วๆ ไป คือ ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัสจะสูงกว่าวัสดุอื่นๆ โดยเนื้อหาที่สำคัญของงานวิจัยที่กล่าวข้างต้น สามารถเขียนสรุปได้ดังนี้

1. การเพิ่มปริมาณเส้นใยจะส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัสมีค่าสูงขึ้น
2. คอมโพสิตที่มีทิศทางการจัดเรียงตัวในแนวเดียวกัน จะมีสมบัติที่ดีกว่าคอมโพสิตที่มีทิศทางการจัดเรียงตัวแบบตั้งฉาก
3. การผสมพอลิเมอร์คอมโพสิตโดยใช้เครื่องอัดรีด จะให้สมบัติที่ดีกว่าการผสมแบบใช้เครื่องผสมแบบลูกกลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. พอลิพรอพิลีน (PRO-FAX 6331 General-Purpose Polypropylene With Improved Processibility) จากบริษัท HMC POLYMER COMPANY LIMITED มีสมบัติดังนี้

ตาราง 3.1 แสดงสมบัติของพอลิพรอพิลีน (PRO-FAX 6331) [27]

สมบัติ	PRO-FAX 6331	ASTM METHOD
Melt flow rate, g/10 min	1.2	D 1238
Density, g/cm^3	0.903	D 792A-2
Notched Izod impact strength at 23 $^{\circ}C$, ft-lbs/in.(J/m)	0.5 (25)	D 256A
Tensile strength at yield, psi (MPa)	5000 (34)	D 638
Elongation at yield, %	10	D 638
Flexural modulus, psi (MPa)	235,000 (1620)	D 790B
Rockwell hardness, R scale	97	D 785A
Deflection temperature at 66 psi (455 kPa), $^{\circ}F$ ($^{\circ}C$)	205 (96)	D 648
Enviromental stress-cracking, hrs	>500, no failure	D 1693

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Maleic anhydride graft polypropylene, MAPP เกรด Polybond 3150[28]
   : จากบริษัท UNIROYAL CHEMICAL
   สมบัติทั่วไปของ MAPP (Polybond 3150)
   - รูปร่าง (Physical form) : ลักษณะเม็ดกลม
   - อัตราการหลอมเหลว (Melt flow rate) : 50.0 กรัม/นาที (ASTM D-1238)
   - ความหนาแน่น (Density) ที่ 23 °C : 0.91 กรัม/cc. (ASTM D-792)
   - จุดหลอมเหลว (Melting point) : 157 °C
3. เยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ Thermomechanical pulps : กรมป่าไม้
4. เยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ Chemical pulps : บริษัท Khon Kaen M.D.F. Board Co.Ltd.
5. Chloroform เกรด AR : บริษัท CARLO ERBA REAGENTI
6. Xylene เกรด AR : บริษัท CARLO ERBA REAGENTI

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single screw extruder) รุ่น Axon ab. Plasma
   : Sew-Eurodrive
2. เครื่องผสมแห้งความเร็วสูง (Internal high speed mixer)
   : LAB TECH ENGINEERING COMPANY LTD.
3. เครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Injection molding machine) รุ่น Cosmo TTI 220/80
   : บริษัท ประทานเจริญ จำกัด
4. เครื่องบดพลาสติก (Grinder) : Bosco Engineering
5. เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Tensile tester) : LLYOD INSTRUMENT LTD.
6. เครื่องทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก (Izod Impact tester)
   : Yasuda Seiki Seisakusho Ltd.
7. เครื่องทดสอบความแข็งแรงกด แบบชอร์ดี (Hardness tester, shore D)
   : Yasuda 7689 Matsuzawa DXT
8. Scanning electron microscope (SEM) : บริษัท NS Eletronic
9. Differential scaning calorimeter (DSC) : MTEC
10. เครื่องชั่ง
11. ตู้อบ
12. ชุดทดสอบ Density-Gradient Technique

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. เวอร์เนียร์
14. ไมโครมิเตอร์
15. เครื่องร่อนแยกขนาด
16. ตะแกรงมาตรฐานขนาด 12, 20, 50 mesh
17. ชุดเครื่องแก้ว เช่น ขวดวัดปริมาตร บิกเกอร์ แท่งแก้ว

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมเยื่อไม้ยูคาลิปตัส

งานวิจัยนี้ได้ใช้เยื่อไม้ยูคาลิปตัสที่เตรียมจากวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ

1. กระบวนการความร้อนเชิงกล (Thermomechanical pulps)

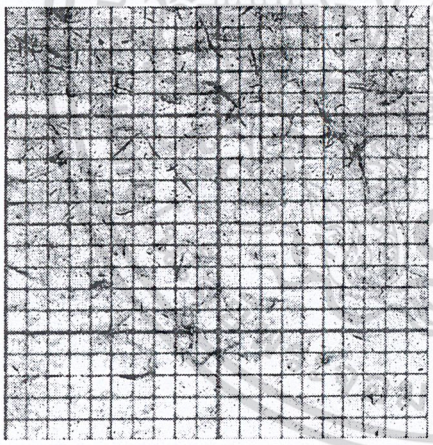
เป็นการแยกเยื่อโดยวิธีเทอร์โมเมคานิคคอล (Thermomechanical pulping) ซึ่งเป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีการผลิตเยื่อทางกลโดยการบด (Refined mechanical pulping) เริ่มจากการนำชิ้นไม้หรือชิ้นวัตถุดิบ เข้านึ่งไอน้ำภายใต้ความดันไอ จนอุณหภูมิไอน้ำสูงกว่า 140 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้ลิกนินอ่อนตัว เรียกว่า จุดเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition point) หรือ จุดอ่อนตัว (Softening point) แล้วจึงทำการบดชิ้นไม้ให้แยกออกจากกันภายใต้อุณหภูมิ และความดันสูงเป็นเส้นใย หรือกลุ่มของเส้นใย การบดใช้วิธีการเสียดสี (Attrition action) ของเครื่อง Defibrators หรือ Attrition mills ซึ่งประกอบด้วยจานบดที่มีผิวหยาบเป็นร่อง 2 จาน โดยจานหนึ่งหรือ 2 จานหมุนสวนทางเสียดสีกันให้ชิ้นไม้ที่อยู่ระหว่างจานทั้งสองแตกแยกออกเป็นกลุ่มเยื่อ ผลผลิตของเยื่อที่ได้ ประมาณ 90 – 95 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับสภาวะในการแยกเยื่อ ได้แก่ อุณหภูมิ หรือความดันไอน้ำ เวลาในการนึ่งชิ้นไม้ และเวลาในการบดเยื่อ จะมีความผันแปรไปขึ้นอยู่กับชนิดไม้หรือวัตถุดิบ ความหนาแน่นของไม้หรือวัตถุดิบ ความชื้น และรูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

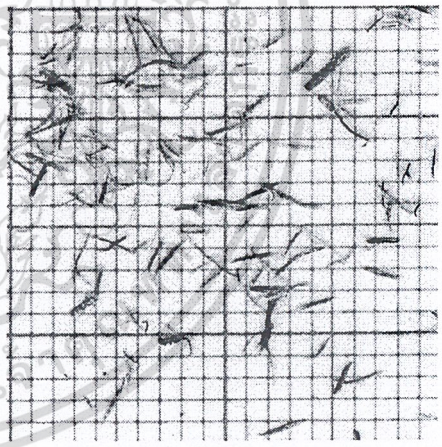
2. กระบวนการทางเคมี (Chemical pulps)

เป็นการแยกเยื่อโดยวิธีเคมี (Chemical pulping) ที่ทำการแยกเยื่อในถังปฏิกรณ์ (Reactor) ภายใต้อุณหภูมิ และความดันสูงประมาณ 125 - 180 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่มีกระบวนการเชิงกลในการแยก แต่ใช้สารประกอบเคมีที่มีสภาวะเป็นด่าง เรียกว่า Alkaline process หรือ สารประกอบเคมีที่มีสภาวะเป็นกรด เรียกว่า Acidic (sulfite) process เข้าทำปฏิกิริยาละลายลิกนินที่อ่อนตัวแล้ว (Delignification) ออกจากชิ้นไม้ หรือชิ้นวัตถุดิบจนได้เป็นเส้นใย กระบวนการนี้จะให้ผลผลิตต่ำเพียง 40 - 60 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาที่ใช้ในการแยกเยื่อก็จะมากกว่า 1 – 5 ชั่วโมง ต้นทุนสูง แต่เยื่อที่ได้จะมีความบริสุทธิ์มากกว่า เนื่องจาก ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสจะถูกแยกออกเกือบทั้งหมด ลักษณะของเส้นใยจะยุบ และอ่อนตัวจากเดิมที่มีความแข็งกระด้าง และรูปร่างทรงกลมกลายเป็นลักษณะคล้ายโบริบบิ้น ที่มีพื้นที่ผิวมากขึ้นเพื่อการเชื่อมยึดแบบไฮโดรเจน (Hydrogen bonding) ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการของกระบวนการทำกระดาษ

นำเส้นใยยูคาลิปตัสมาคัดขนาด โดยใช้เครื่องร่อนแยกขนาดให้มีขนาดเส้นใยอยู่ในช่วง 20-50 mesh จากนั้นนำเส้นใยมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

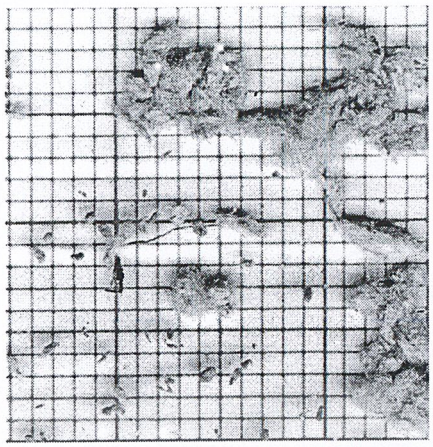


รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส แบบ TMP ไม่แยกขนาด

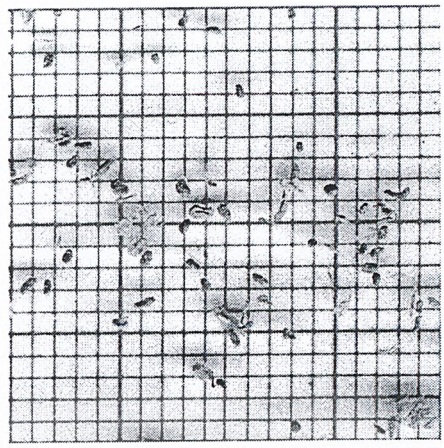


รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส แบบ TMP แยกขนาด (20-50 mesh)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส แบบ CP ไม่แยกขนาด



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส แบบ CP แยกขนาด (20-50 mesh)

3.3.2 การผสมสูตร

ทำการผสมสูตรต่างๆ ดังนี้

ตาราง 3.2 แสดงอัตราส่วนผสมของสูตรต่างๆ

สูตร	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
PP	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
TMP (20-50 mesh)	-	10	20	30	40	20	20	20	20	20	-	-	-
TMP (unsieve)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
CP (20-50 mesh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-
CP (unseive)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
MAPP	-	-	-	-	-	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	0.6	0.6	0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสารในแต่ละสูตรไปผสมในเครื่องผสมแห้งความเร็วสูง เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้เส้นใยกระจายตัวได้ดี และเพื่อให้สารผสมกันได้ดีขึ้น

นำสารต่างๆ มาผสมกันในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการผสม คือ 200 190 180 และ170 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และใช้ความเร็วรอบของสกรูเท่ากับ 50 rpm

นำคอมโพสิตที่ได้มาบดด้วยเครื่องบดพลาสติก และนำไปฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก โดยใช้อุณหภูมิในการฉีด 200 190 และ 180 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยได้ชิ้นงานเป็นรูปดัมเบลล์ และ Izod นำชิ้นงานที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่างๆ เช่น สมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยา

3.4 การทดสอบ

3.4.1 สมบัติเชิงกล

1. สมบัติการดึง (Tensile properties)

สมบัติที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break) และค่ามอดุลัส (Modulus) โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล และโปรแกรม WINDAP ในการคำนวณ ตามมาตรฐาน ASTM D 638[29] เตรียมชิ้นงานโดยการฉีดขึ้นรูป ใช้ชิ้นงานจำนวน 10 ชิ้น และสภาวะที่ใช้ในการทดสอบ คือ

Load cell	30 KN
Test speed	100 mm/min
Grammage	1.0 g/m^2
Cell class	0.5
Guage length	70 mm

2. ความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact resistance)

ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Yazuda 199311 ตามมาตรฐาน ASTM D 256-87[30] Method A แบบไอซอด (Izod type) เตรียมชิ้นงานโดยการฉีดขึ้นรูป ใช้ชิ้นงานจำนวน 10 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าความแข็ง (Hardness)

ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Hardness tester ของ Matsuzawa รุ่น DXT ตามมาตรฐาน ASTM D 758-89[31] Procedure A วัดโดยใช้ Shore D ลักษณะพื้นผิวของวัสดุที่นำมาทดสอบต้องเรียบ มีความหนาไม่ต่ำกว่า 6 mm โดยทำการทดสอบ 5 ครั้งต่อหนึ่งตัวอย่าง

4. ความโค้งงอ (Flexural properties)

ทำการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล และโปรแกรม WINDAP ในการคำนวณตามมาตรฐาน ASTM D 790-91[32] โดยเตรียมชิ้นงานเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจำนวน 5 ชิ้น โดยตัดจากชิ้นงานดัมเบลล์ที่ได้จากการฉีดขึ้นรูป สภาวะที่ใช้ในการทดลอง คือ

Load cell	1.0	KN
Test speed	1.0	mm/min
Grammage	1.0	g/m^2
Cell class	0.5	
Span length	40	mm

สูตรการคำนวณมีดังนี้

$$\text{Flexural stress} = 3FL / 2bh^2$$

$$\text{Flexural modulus} = (L^2/4bh^3) * (\Delta F/\Delta d)$$

เมื่อ F = แรงกด (N)

L = Span length (mm)

b = ความกว้างของตัวอย่าง (mm)

h = ความหนาของตัวอย่าง (mm)

ΔF = ผลต่างของแรงดึง (N/mm^2)

Δd = ระยะกดโค้งงอ (mm)

3.4.2 สมบัติทางกายภาพ

1. สมบัติในการดูดซับน้ำ (Water absorption)[34]

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 570-81 นำชิ้นงานตัวอย่างละ 2 ชิ้น ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักโดยละเอียด แล้วนำไปแช่น้ำเป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30 วัน โดยต้องทำการชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปอยู่เสมอ และนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำ จากสูตร

$$\% \text{ Water absorption} = \left(\frac{\text{น้ำหนักหลังจากแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}} \right) \times 100$$

2. ความหนาแน่น (Density)

ทำการทดสอบโดยใช้วิธี Gradient column ตามมาตรฐาน ASTM D 1505-85[33] โดยตัดชิ้นงานเป็นชิ้นเล็กๆ และนำไปหย่อนในคอลัมน์ที่มีสารละลายความหนาแน่นต่างๆ และวัดความสูงของชิ้นงานเทียบกับกราฟมาตรฐาน ก็จะได้ความหนาแน่น

3.4.3 สมบัติทางความร้อน

Differential scanning calorimeter (DSC)

ชั่งพลาสติกใส่อะลูมิเนียมแพน จำนวน 5-7 มิลลิกรัม ให้ทราบปริมาณสารที่แน่นอน แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC โดยใช้อัตราการให้ความร้อน 20 องศาเซลเซียสต่อนาที อุณหภูมิสูงสุด 200 องศาเซลเซียส ศึกษาอุณหภูมิหลอมเหลว (T_m), และพื้นที่ใต้กราฟ การคำนวณหา Heat of melting (ΔH_m) และ Degree of crystallinity จากสูตรดังนี้

$$\Delta H = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟ (mJ)}}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง (mg)}}$$

$$\text{Degree of crytallinity} = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_{f0}} * 100$$

เมื่อ ΔH_f = พื้นที่ใต้กราฟของ T_m

ΔH_{f0} = heat of fusion ของ 100 %PP มีค่า 165 J/g[35]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 สัณฐานวิทยา (Morphology)

ศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (Scanning electron microscope, SEM) ศึกษาภาพตัดขวาง และลักษณะพื้นผิวของพอลิเมอร์ที่เกิดจากการแตกหักด้วยการกระแทกที่อุณหภูมิต่ำ (Cryogenic fracture) เตรียมตัวอย่างโดยนำชิ้นงานมาแช่ในไนโตรเจนเหลว และหักหลังจากนั้นก็นำมาเคลือบด้วยทอง เพื่อศึกษาการกระจายตัวของเส้นใย และศึกษาการยึดติดระหว่างเส้นใย และพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

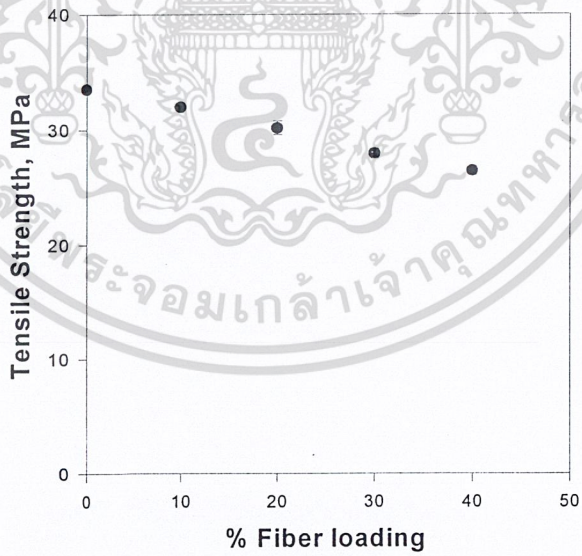
จากการดำเนินงานโครงงานวิจัย ศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิพรอพิลีน และเส้นใยไม้ยูคาลิปตัส ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยา ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 สมบัติเชิงกล

4.1.1 ความแข็งแรงดึง (Tensile strength)

ค่าความแข็งแรงดึง แสดงถึงความแข็งแรงของวัสดุที่สามารถทนทานต่อการได้รับแรงก่อนที่จะเกิดการแตกหัก

4.1.1.1 ศึกษาผลของปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัส



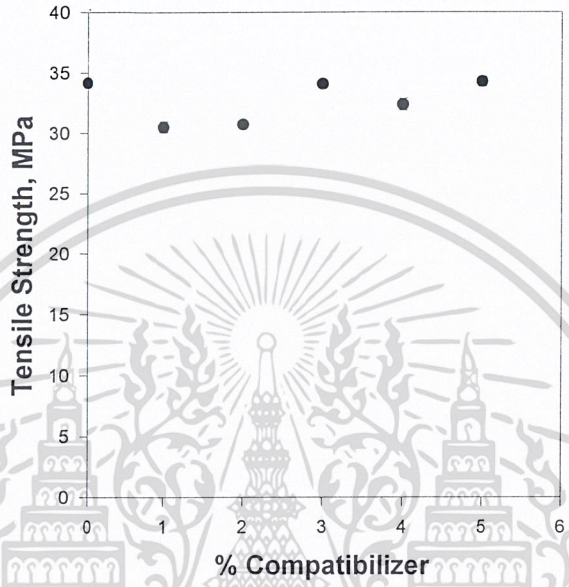
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับค่าความแข็งแรงดึง

จากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยไม้จะทำให้ค่าความแข็งแรงดึงมีแนวโน้มลดลง สามารถอธิบายได้ว่าเนื่องจากไม้มีน้ำหนักเบา เพราะฉะนั้นเมื่อเติมไม้ปริมาณมากลงไปจะทำให้การกระจายตัวของเส้นใยไม่ดี และจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์ที่เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเตอร์เฟส ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่แข็งแรงจึงทำให้พอลิเมอร์ไม่สามารถส่งถ่ายแรงที่ได้รับไปยังเส้นใยได้จึงทำให้คอมโพสิตมีค่าความแข็งแรงดึงมีแนวโน้มลดลง ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกับกราฟในรูปที่ 4.4 4.10 และ 4.13

4.1.1.2 ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสม (MAPP)

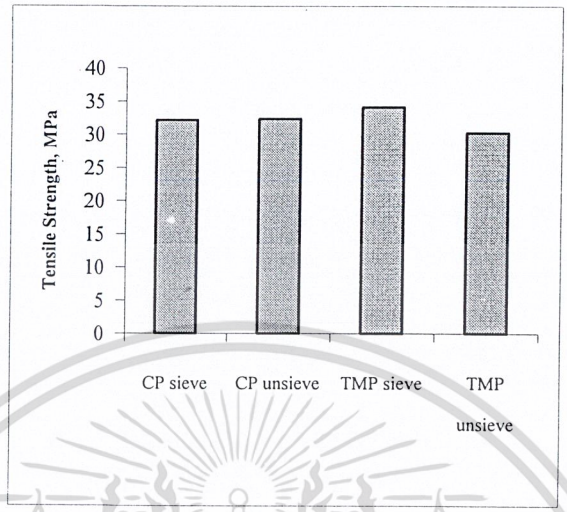


รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับค่าความแข็งแรงดึง

จากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสมจะทำให้ค่าความแข็งแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สามารถอธิบายได้ว่าสารช่วยผสมทำหน้าที่ช่วยให้เยื่อไม้เกิดการกระจายตัวที่ดีทำให้ความแข็งแรงยึดเกาะระหว่างเฟส (Interface bonding) มีค่าเพิ่มขึ้นทำให้พอลิเมอร์สามารถส่งถ่ายแรงที่ได้รับไปยังเส้นใยได้จึงทำให้คอมโพสิตมีค่าความแข็งแรงดึงมีแนวโน้ม เพิ่มขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกับกราฟในรูปที่ 4.20 และ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.3 ศึกษาผลของคอมโพสิตที่แยกขนาดไม้ และไม่แยกขนาดไม้ และชนิดของเยื่อไม้ยูคาลิปตัสทั้งแบบ TMP และ CP



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงดึงกับชนิดของเยื่อไม้

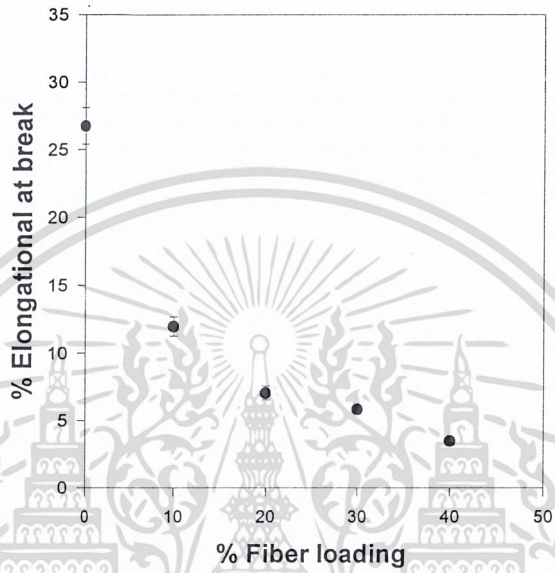
จากกราฟพบว่าเมื่อพิจารณาความแข็งแรงดึงของคอมโพสิตที่เตรียมจากเยื่อไม้แบบ Chemical และแบบ Thermomechanical พบว่าแบบ Thermomechanical มีค่าความแข็งแรงดึงสูงกว่าแบบ Chemical ทั้งนี้เนื่องมาจากเยื่อไม้แบบ Chemical มีการสกัดเอาลิกนินซึ่งเป็นส่วนที่ช่วยทำให้คอมโพสิตมีความแข็งแรงออกบางส่วน และเมื่อพิจารณา Thermomechanical แบบไม่แยกขนาดพบว่ามีค่าความแข็งแรงดึงของคอมโพสิตต่ำที่สุดเนื่องจากเมื่อพิจารณาลักษณะของเส้นใยพบว่ามีเส้นใยขนาดเล็กเป็นจำนวนมากซึ่งเส้นใยเหล่านี้จะทำหน้าที่เพิ่มเนื้อเพียงอย่างเดียวไม่ช่วยในการเสริมแรง ซึ่งให้แนวโน้มเดียวกับกราฟในรูปที่ 4.6 4.12 4.15 4.21 และ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ร้อยละการยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break)

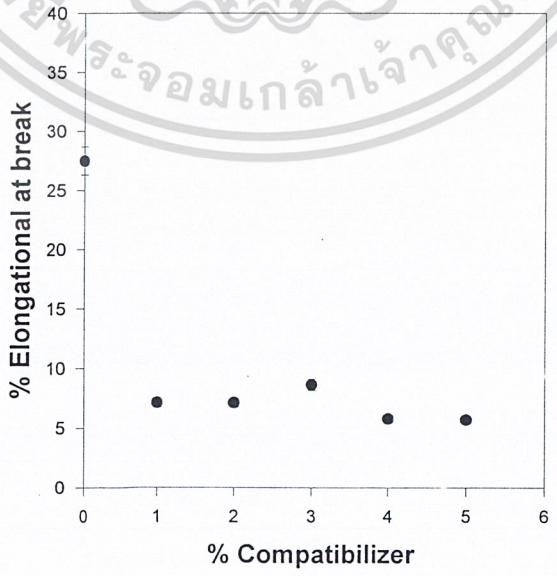
ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด เป็นสมบัติเชิงกลที่แสดงถึงความสามารถในการยืดก่อนที่จะเกิดการขาดอย่างถาวร

4.1.2.1 ศึกษาผลของปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัส



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด

4.1.2.2 ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสม (MAPP)

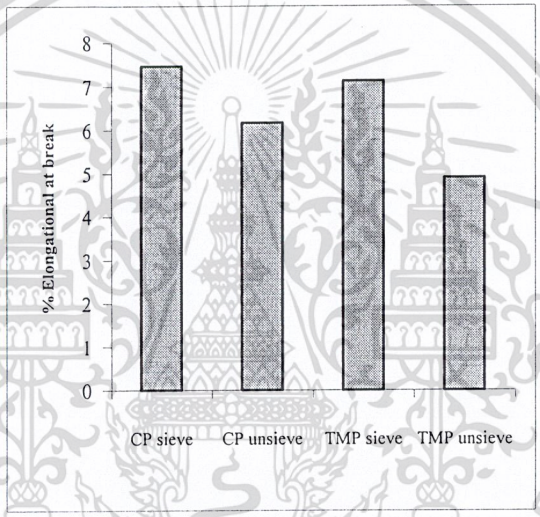


รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสมจะทำให้ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสามารถอธิบายได้ว่าสารช่วยผสมทำหน้าที่ช่วยให้เยื่อไม้เกิดการกระจายตัวทำให้ความแข็งแรงยึดเกาะระหว่างเฟสมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้พอลิเมอร์สามารถส่งถ่ายแรงที่ได้รับไปยังเส้นใยได้จึงทำให้คอมโพสิตมีค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ที่ 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าลดลงเนื่องจากว่าสารช่วยผสมที่มากเกินไปจะทำหน้าที่คล้ายสารหล่อลื่นแทน ซึ่งคล้ายกับรูปที่ 4.8 และ 4.11

4.1.2.3 ศึกษาผลของคอมโพสิตที่แยกขนาดไม้ และไม่แยกขนาดไม้ และชนิดของเยื่อไม้ยูคาลิปตัสทั้งแบบ TMP และ CP



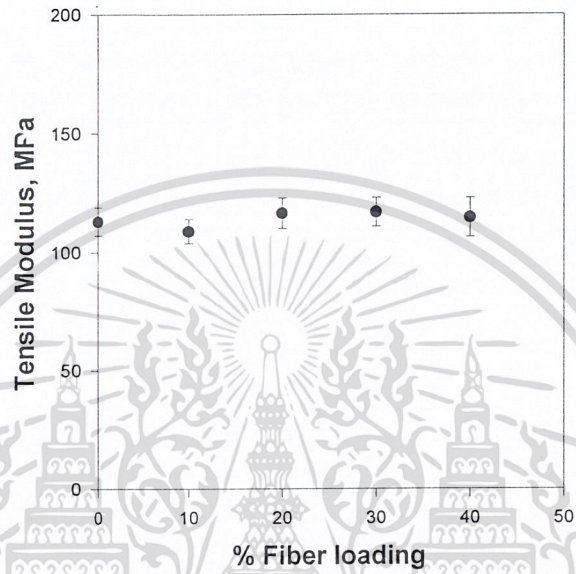
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาดกับชนิดของเยื่อไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ค่ามอดุลัส (Modulus)

ค่ามอดุลัสเป็นสมบัติเชิงกลที่แสดงถึงความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อได้รับแรง

4.1.3.1 ศึกษาผลของปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัส

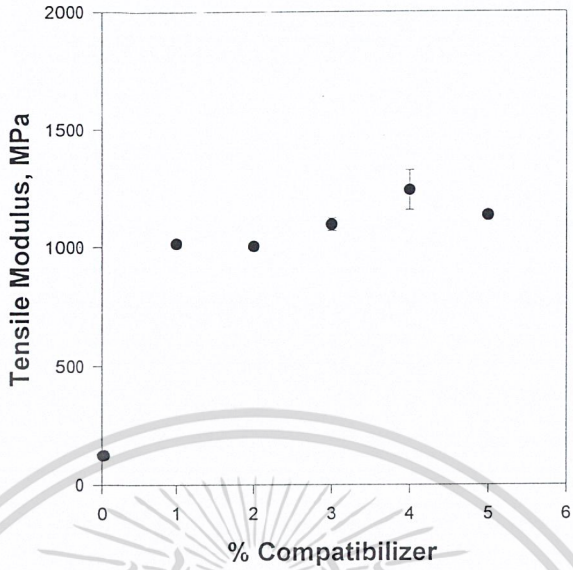


รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับค่ามอดุลัส

จากกราฟพบว่าเมื่อปริมาณเยื่อไม้เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่ามอดุลัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากเยื่อไม้มีค่ามอดุลัสสูงกว่าพอลิเมอร์ เพราะฉะนั้นเมื่อใส่ปริมาณเยื่อไม้มากขึ้นจึงทำให้คอมโพสิตมีค่ามอดุลัสเพิ่มสูงขึ้น

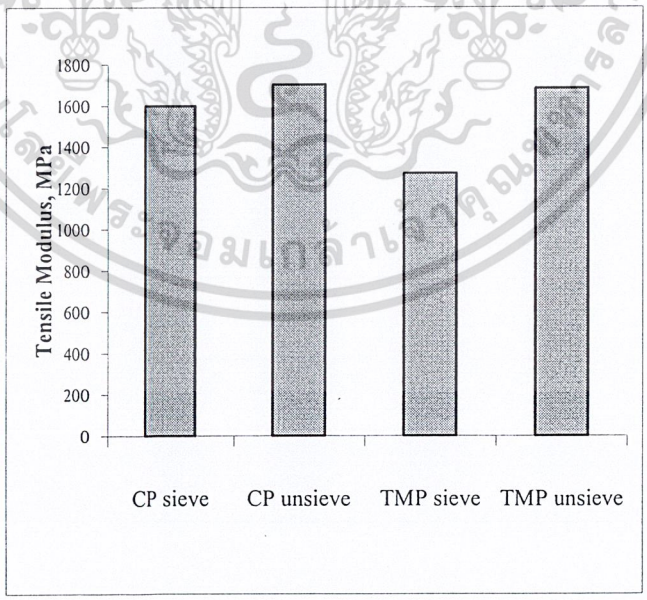
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสม (MAPP)



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับค่ามอดุลัส

4.1.3.3 ศึกษาผลของคอมโพสิตที่แยกขนาดไม้ และไม่แยกขนาดไม้ และชนิดของเยื่อไม้ยูคาลิปตัสทั้งแบบ TMP และ CP



รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสกับชนิดของเยื่อไม้

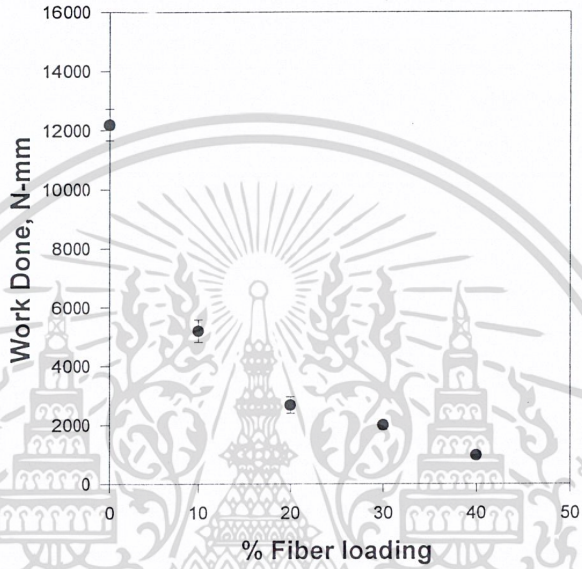
จากกราฟค่ามอดุลัสจะนิยมรายงานในรูป GPa เพราะฉะนั้นถือว่าค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 พลังงานที่ใช้ในการดึง (Work Done)

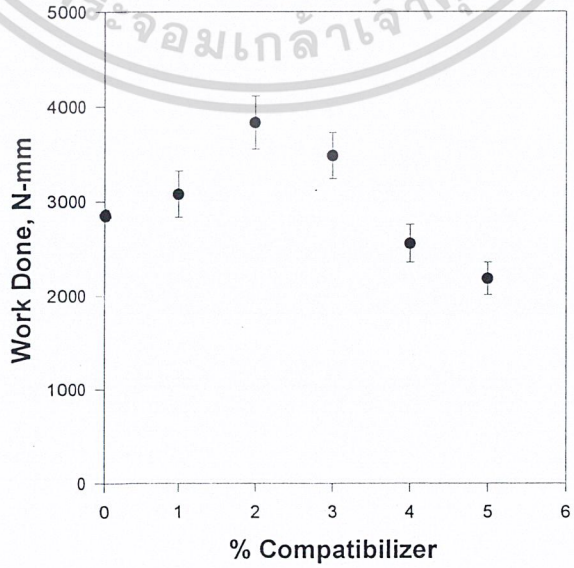
พลังงานที่ใช้ในการดึงเป็นสมบัติเชิงกลของวัสดุที่แสดงถึงพลังงานที่ต้องใช้ในการดึงคอมโพสิตเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง สามารถหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain)

4.1.4.1 ศึกษาผลของปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัส



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับพลังงานที่ใช้ในการดึง

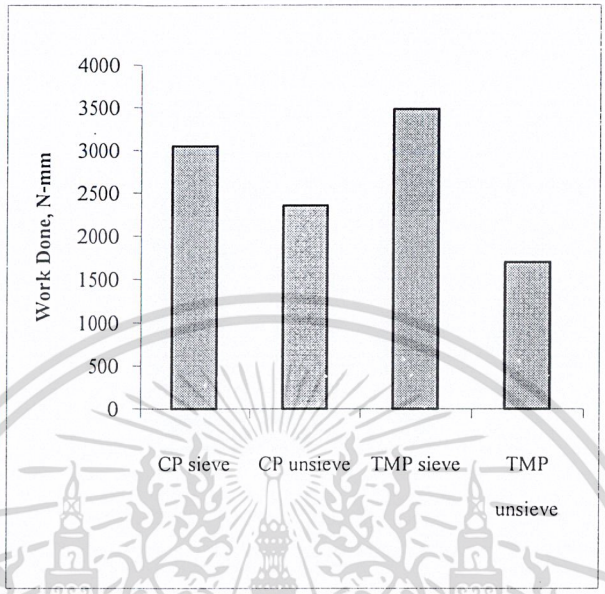
4.1.4.2 ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสม (MAPP)



รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับพลังงานที่ใช้ในการดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4.3 ศึกษาผลของคอมโพสิตที่แยกขนาดไม้ และไม่แยกขนาดไม้ และชนิดของเยื่อไม้ยูคาลิปตัสทั้งแบบ TMP และ CP



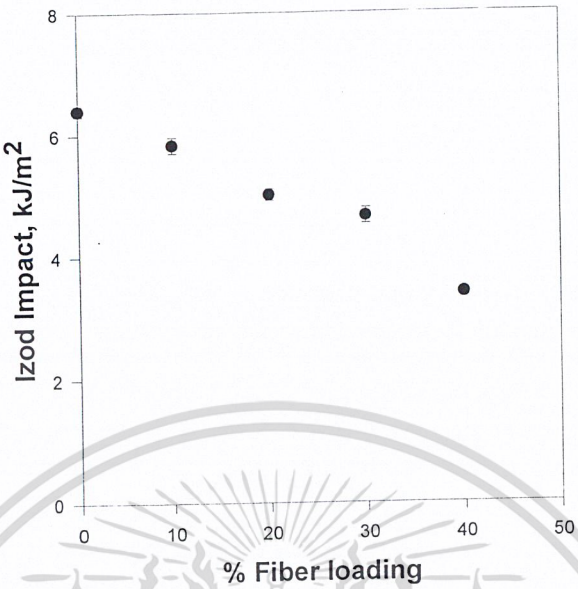
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้ในการดึงกับชนิดของเยื่อไม้

4.1.5 ความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact resistance)

ความทนทานต่อแรงกระแทกเป็นสมบัติเชิงกลที่แสดงถึงความสามารถในการรับแรงกระแทกโดยฉับพลัน

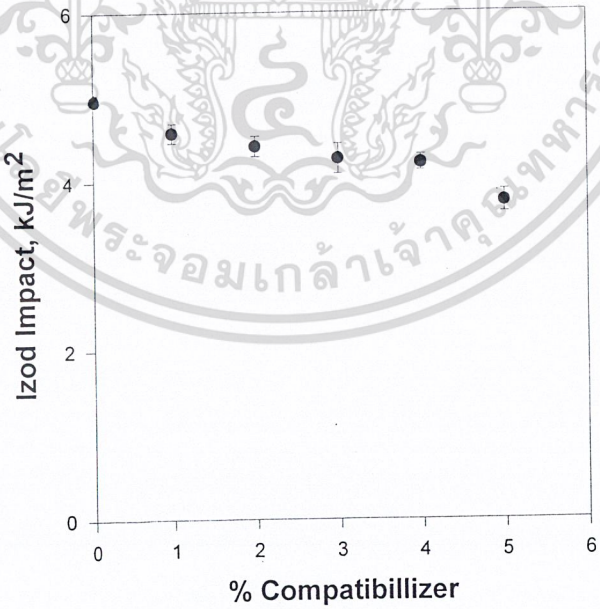
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5.1 ศึกษาผลของปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัส



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับความทนทานต่อแรงกระแทก

4.1.5.2 ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสม (MAPP)

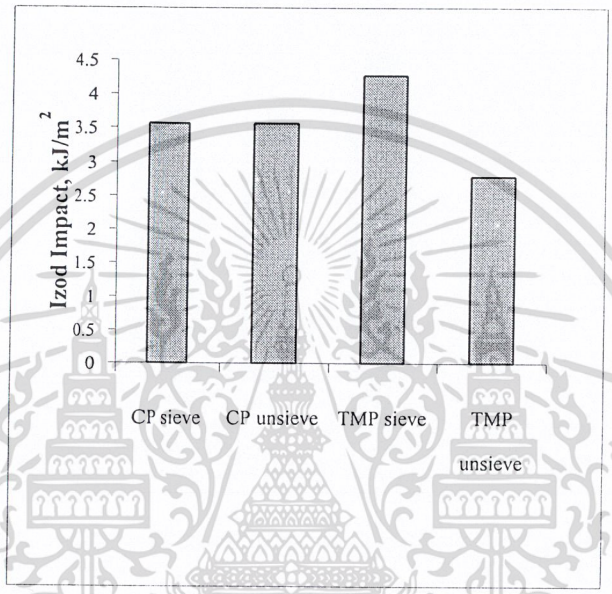


รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับค่าความทนทานต่อแรงกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสมจะทำให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกมีแนวโน้มลดลง สามารถอธิบายได้ว่าสารช่วยผสมจะทำให้ความแข็งแรงการยึดเกาะระหว่างเฟสมีค่าสูงทำให้คอมโพสิตเกิดผลึกได้ง่ายจึงทำให้สามารถรับแรงกระแทกได้ลดลง

4.1.5.3 ศึกษาผลของคอมโพสิตที่แยกขนาดไม้ และไม่แยกขนาดไม้ และชนิดของเยื่อไม้ยูคาลิปตัสทั้งแบบ TMP และ CP



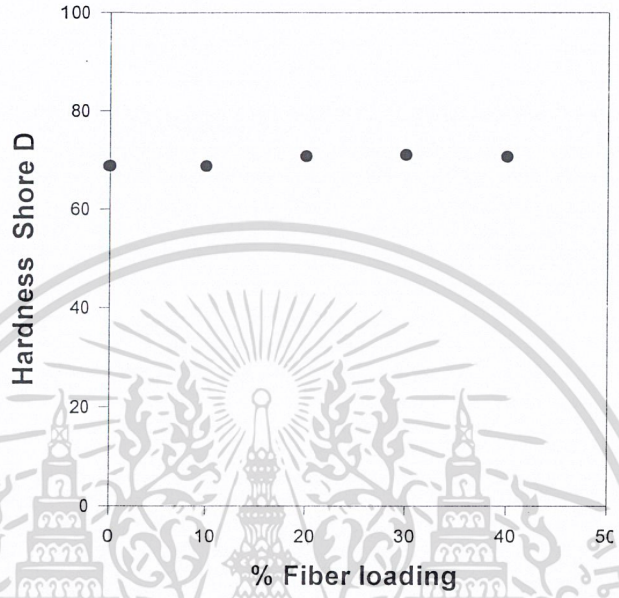
รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความทนทานต่อแรงกระแทกกับชนิดของเยื่อไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 ค่าความแข็ง (Hardness)

ค่าความแข็ง เป็นสมบัติเชิงกลที่แสดงถึงความแข็งที่ผิวชิ้นงานของวัสดุ

4.1.6.1 ศึกษาผลของปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัส

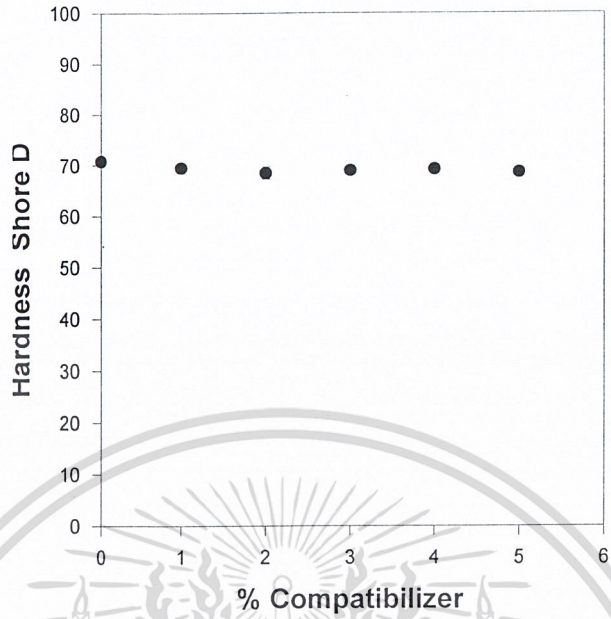


รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับความแข็ง

จากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเยื่อไม้จะทำให้ค่าความแข็งมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากเป็นเป็นความแข็งที่พื้นผิวของพอลิเมอร์ เพราะฉะนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณเยื่อไม้จึงทำให้ค่าความแข็งไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6.2 ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสม (MAPP)

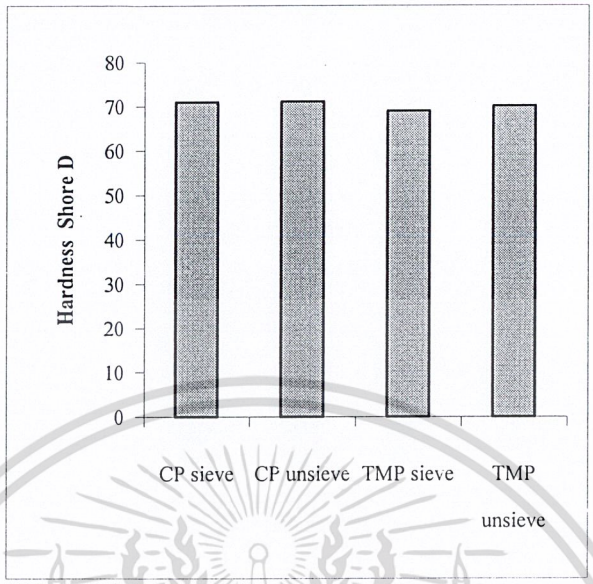


รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับความแข็ง

จากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสมจะทำให้ค่าความแข็งมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากเป็นความแข็งที่พื้นผิวของพอลิเมอร์ เพราะฉะนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสมจึงทำให้ค่าความแข็งไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6.3 ศึกษาผลของคอมโพสิตที่แยกขนาดไม้ และไม่แยกขนาดไม้ และชนิดของเยื่อไม้ยูคาลิปตัสทั้งแบบ TMP และ CP



รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งกับชนิดของเยื่อไม้

จากกราฟพบว่าความแข็งคอมโพสิตที่เตรียมจากเยื่อไม้แบบ Chemical และแบบ Thermomechanical พบว่าค่าความแข็งมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากความแข็งนั้นเป็นความแข็งที่พื้นผิวของพอลิเมอร์ และขนาดของเส้นใยก็ไม่มีผลต่อค่าความแข็งของคอมโพสิตเช่นกัน

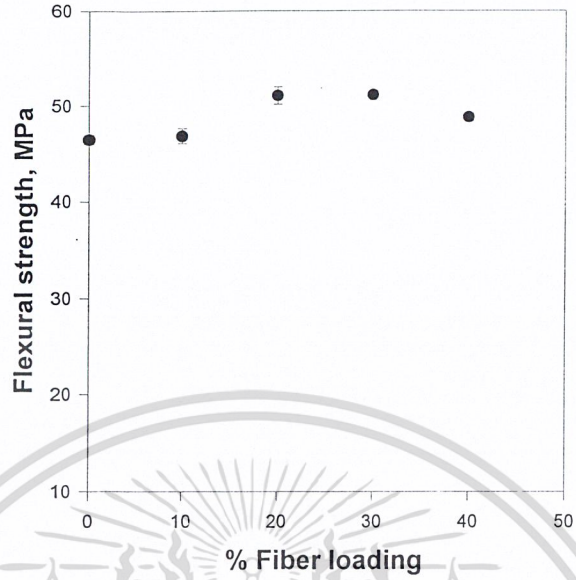
4.1.7 ความโค้งงอ (Flexural properties)

4.1.7.1 ความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength)

ความแข็งแรงโค้งงอเป็นสมบัติเชิงกลที่แสดงถึงความแข็งแรงของวัสดุที่สามารถทนทานต่อแรงที่มากระทำก่อนที่จะเกิดการโค้งงอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

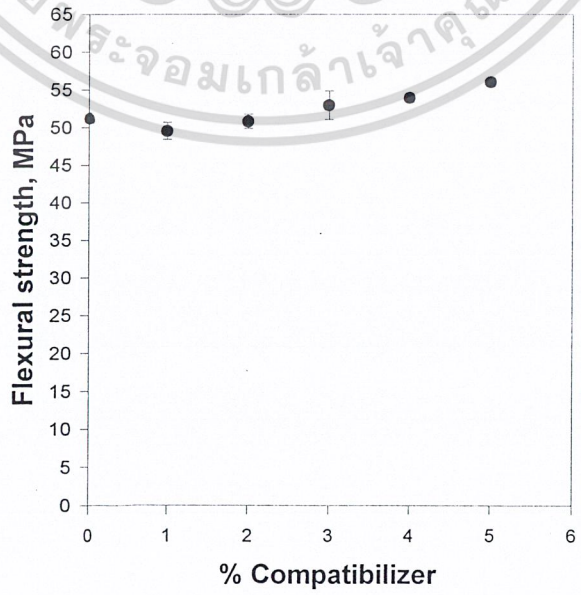
4.1.7.1.1 ศึกษาผลของปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัส



รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเส้นใยไม้กับความแข็งแรงโค้งงอ

จากกราฟพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเยื่อไม้จะทำให้ค่าความแข็งแรงโค้งงอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะเยื่อไม้มีความแข็งแรงจึงสามารถช่วยในการรับแรงได้ แต่ที่ 40 phr มีค่าลดลงเนื่องมาจากว่าปริมาณไม้ที่มากเกินไปทำให้การกระจายตัวไม่ดี

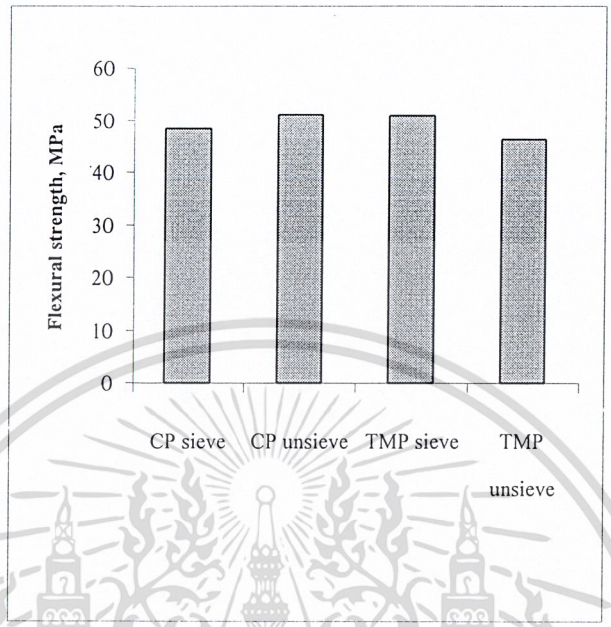
4.1.7.1.2 ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสม (MAPP)



รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับความแข็งแรงโค้งงอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7.1.3 ศึกษาผลของคอมโพสิตที่แยกขนาดไม้ และไม่แยกขนาดไม้ และชนิดของเยื่อไม้ยูคาลิปตัสทั้งแบบ TMP และ CP



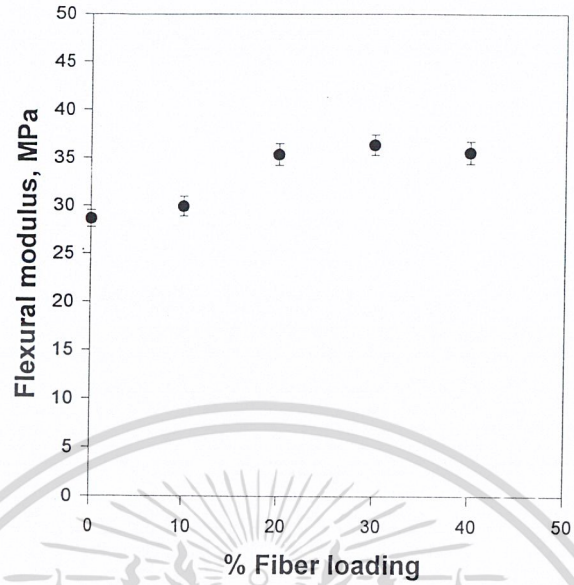
รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงโค้งงอกับชนิดของไม้

4.1.7.2 มอดุลัสโค้งงอ (Flexural modulus)

มอดุลัสโค้งงอเป็นสมบัติเชิงกลที่แสดงถึงความสามารถในการต้านทานการโค้งงอเมื่อได้รับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

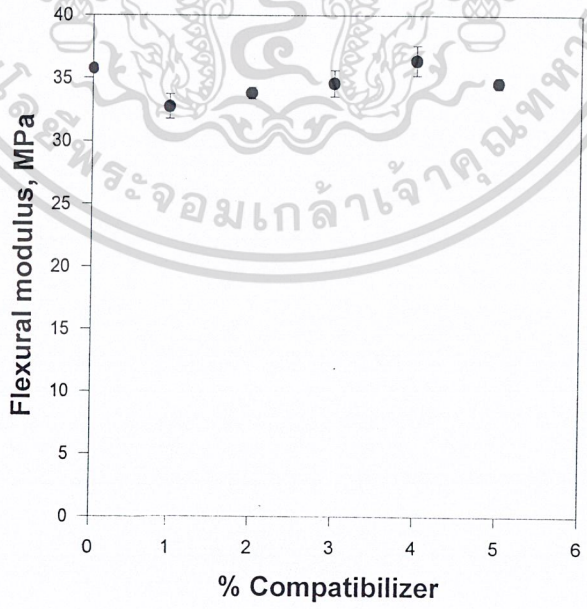
4.1.7.2.1 ศึกษาผลของปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัส



รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเยื่อไม้กับค่ามอดุลัสโค้งงอ

อธิบายได้เช่นเดียวกับกราฟรูปที่ 4.19

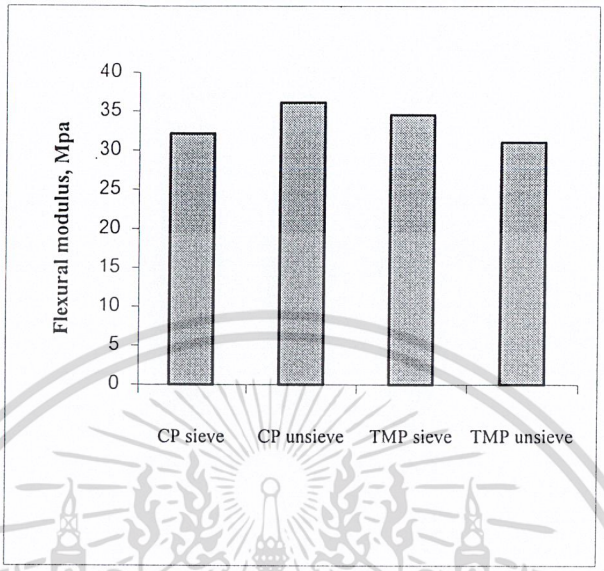
4.1.7.2.2 ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสม (MAPP)



รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารช่วยผสมกับค่ามอดุลัสโค้งงอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7.2.3 ศึกษาผลของคอมโพสิตที่แยกขนาดไม้ และไม่แยกขนาดไม้ และชนิดของเยื่อไม้ยูคาลิปตัสทั้งแบบ TMP และ CP



รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสโค้งงอกับชนิดของไม้

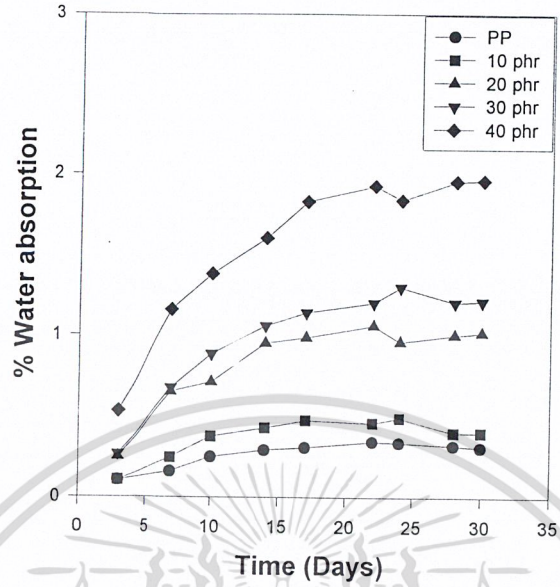
4.2 สมบัติทางกายภาพ

4.2.1 สมบัติในการดูดซับน้ำ (Water absorption)

สมบัติในการดูดซับน้ำแสดงถึงความสามารถของคอมโพสิตที่สามารถดูดซับน้ำเข้าไปในช่องว่างภายในตัวคอมโพสิต ซึ่งแสดงถึงการมีหมู่ที่มีขั้วในคอมโพสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.1 ศึกษาผลของปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัส

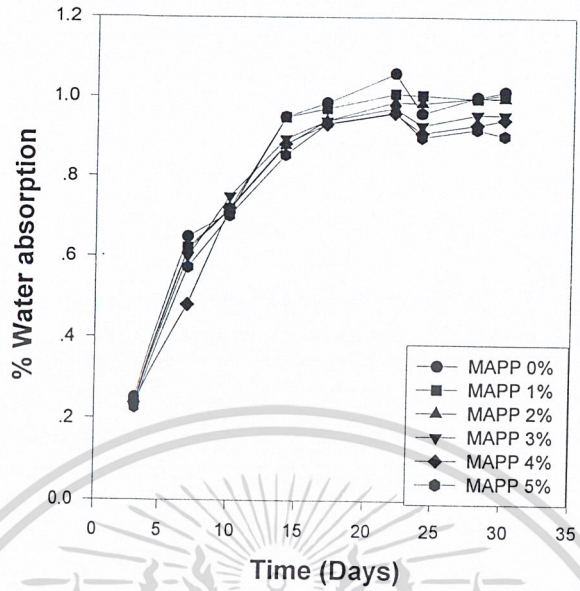


รูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำกับเวลาของพอลิเมอร์คอมโพสิตที่มีการเติมเยื่อไม้ยูคาลิปตัสลงไปในปริมาณ 10 20 30 และ 40 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์

จากกราฟพบว่าค่าการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเยื่อไม้ที่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากในเยื่อไม้ยูคาลิปตัสมีหมู่ที่มีขั้ว (หมู่ –OH) อยู่จึงทำให้สามารถดูดซับน้ำได้ดี และเมื่อมีปริมาณเยื่อไม้เพิ่มขึ้นก็จะมีหมู่ที่มีขั้วเพิ่มขึ้น จึงทำให้สามารถดูดซับน้ำได้เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสม (MAPP)

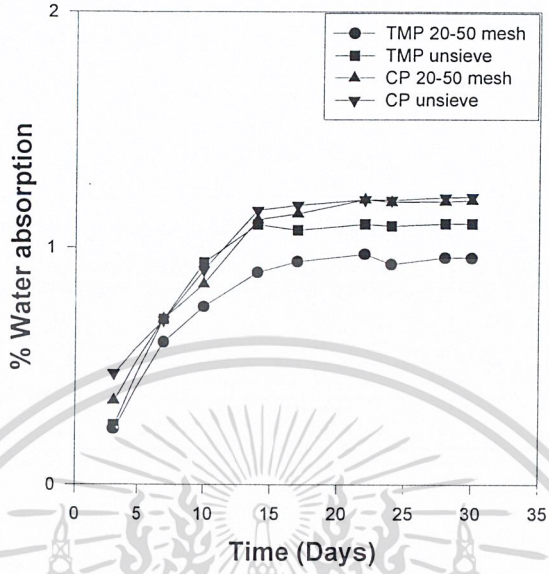


รูปที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำกับเวลาของคอมโพสิตที่มีปริมาณไม้อยู่ 20 phr และมีการการเติม MAPP ลงไปในปริมาณ 1 2 3 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักของเยื่อไม้ยูคาลิปตัส

จากกราฟพบว่าเมื่อมีการเพิ่ม MAPP ลงไปจะทำให้ค่าการดูดซับน้ำมีค่าลดลง เนื่องจาก MAPP จะไปช่วยให้พอลิเมอร์ และเยื่อไม้ยึดติดกันได้ดีขึ้น จึงทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์มีค่าลดลง และความเป็นขั้วของคอมโพสิตก็มีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ศึกษาผลของคอมโพสิตที่แยกขนาดไม้ และไม่แยกขนาดไม้ และชนิดของเยื่อไม้ยูคาลิปตัสทั้งแบบ TMP และ CP



รูปที่ 4.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำกับเวลาของคอมโพสิตที่มีปริมาณไม้อยู่ 20 phr และมีการการเติม MAPP ลงไปในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักของเยื่อไม้ยูคาลิปตัส โดยเปรียบเทียบระหว่างเยื่อไม่ที่มีการคัดขนาด 20-50 mesh และแบบที่ไม่ได้คัดขนาด และเปรียบเทียบระหว่างเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP และ CP

จากกราฟพบว่าค่าการดูดซับน้ำของเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ Chemical จะมีค่ามากกว่าแบบ Thermomechanical ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าเยื่อยูคาลิปตัสแบบ Chemical มีความมีขั้วมากกว่า และเมื่อได้ทำการเปรียบเทียบขนาดของเยื่อไม้พบว่า เยื่อไม้ที่ไม่ได้ทำการคัดขนาดจะมีค่าการดูดซับน้ำมากกว่าเยื่อไม้ที่มีขนาด 20-50 mesh เนื่องมาจากเยื่อไม้ที่ไม่ได้ทำการคัดขนาดจะมีอนุภาคขนาดเล็กเป็นจำนวนมากจึงทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า จึงดูดน้ำได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ความหนาแน่น

ตาราง 4.1 แสดงค่าความหนาแน่นของคอมโพสิตที่ปริมาณไม้ต่างๆ (20-50 mesh)

สูตร	ความหนาแน่น (g/cm^3)
PP	0.885
PP + TMP 10 phr	0.910
PP + TMP 20 phr	0.955
PP + TMP 20 phr	0.983
PP + TMP 30 phr	0.983

ตาราง 4.2 แสดงค่าความหนาแน่นของคอมโพสิตที่มีสารช่วยผสมปริมาณต่างๆ (20-50 mesh)

สูตร	ความหนาแน่น (g/cm^3)
PP + TMP 20 phr	0.955
PP + TMP 20 phr + MAPP 1 %	0.955
PP + TMP 20 phr + MAPP 2 %	0.942
PP + TMP 20 phr + MAPP 3 %	0.952
PP + TMP 20 phr + MAPP 4 %	0.958
PP + TMP 20 phr + MAPP 5 %	0.968

ตาราง 4.3 แสดงค่าความหนาแน่นของคอมโพสิตที่มีชนิดเยื่อไม้ต่างๆ

สูตร	ความหนาแน่น (g/cm^3)
PP + TMP 20 phr (20-50 phr) + MAPP 3 %	0.952
PP + TMP 20 phr (unsieve) + MAPP 3 %	0.965
PP + CP 20 phr (20-50 phr) + MAPP 3 %	0.983
PP + CP 20 phr (unsieve) + MAPP 3 %	0.980

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อมีปริมาณเยื่อไม้เพิ่มขึ้นค่าความหนาแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยค่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นมาจากการที่มีปริมาณไม้เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของพอลิเมอร์เท่าเดิม และเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสมจะเห็นว่าค่าความหนาแน่นมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อได้ทำการทดสอบชนิดของเยื่อไม้แบบ Chemical และ Thermomechanical พบว่าเยื่อไม้แบบ Chemical จะมีค่าความหนาแน่นมากกว่าเพียงเล็กน้อย เนื่องมาจากเยื่อไม้แบบ Chemical มีการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนจึงทำให้มีความหนาแน่นมากกว่า และเมื่อได้ทำการศึกษาขนาดของเส้นใย พบว่าความหนาแน่นจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก

4.3 สมบัติทางความร้อน

4.3.1 วิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเครื่อง DSC (Differential scanning calorimeter)

4.3.1.1 ศึกษาอุณหภูมิหลอมผลึก (T_m)

ตาราง 4.4 แสดงค่าอุณหภูมิหลอมผลึกของคอมโพสิตที่ปริมาณไม้ต่างๆ (20-50 mesh)

สูตร	T_m (^oC)
PP	165.7
PP + TMP 10 phr	165.7
PP + TMP 20 phr	165.7
PP + TMP 20 phr	164.7
PP + TMP 30 phr	166.0

ตาราง 4.5 แสดงค่าอุณหภูมิหลอมผลึกของคอมโพสิตที่มีสารช่วยผสมปริมาณต่างๆ (20-50 mesh)

สูตร	T_m (^oC)
PP + TMP 20 phr	165.7
PP + TMP 20 phr + MAPP 3 %	165.7
PP + TMP 20 phr + MAPP 5 %	163.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.6 แสดงค่าอุณหภูมิหลอมผลึกของคอมโพสิตที่มีชนิดเยื่อไม้ต่างๆ

สูตร	T_m (°C)
PP + TMP 20 phr (20-50 phr) + MAPP 3 %	165.7
PP + TMP 20 phr (unsieve) + MAPP 3 %	165.7
PP + CP 20 phr (20-50 phr) + MAPP 3 %	166.0
PP + CP 20 phr (unsieve) + MAPP 3 %	164.7

4.3.1.2 ศึกษาองศาความเป็นผลึก (Degree of crystallinity)

ตาราง 4.7 แสดงค่าองศาความเป็นผลึกของคอมโพสิตที่ปริมาณไม้ต่างๆ (20-50 mesh)

สูตร	ΔH_f (J/g) พื้นที่ใต้พีกของ T_m	% Crystallinity
PP	80.1	48.5
PP + TMP 10 phr	68.1	41.3
PP + TMP 20 phr	57.7	34.9
PP + TMP 20 phr	72.8	44.2
PP + TMP 30 phr	56.4	34.2

ตาราง 4.8 แสดงค่าองศาความเป็นผลึกของคอมโพสิตที่มีสารช่วยผสมปริมาณต่างๆ (20-50 mesh)

สูตร	ΔH_f (J/g) พื้นที่ใต้พีกของ T_m	% Crystallinity
PP + TMP 20 phr	57.7	34.9
PP + TMP 20 phr + MAPP 3 %	61.3	37.1
PP + TMP 20 phr + MAPP 5 %	64.5	39.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.9 แสดงค่าองศาความเป็นผลึกของคอมโพสิตที่มีชนิดเยื่อไม้ต่างๆ

สูตร	ΔH_f (J/g) พื้นที่ใต้พีกของ T_m	% Crystallinity
PP + TMP 20 phr (20-50 phr) + MAPP 3 %	61.3	37.1
PP + TMP 20 phr (unsieve) + MAPP 3 %	63.6	38.6
PP + CP 20 phr (20-50 phr) + MAPP 3 %	64.5	39.1
PP + CP 20 phr (unsieve) + MAPP 3 %	68.7	41.6

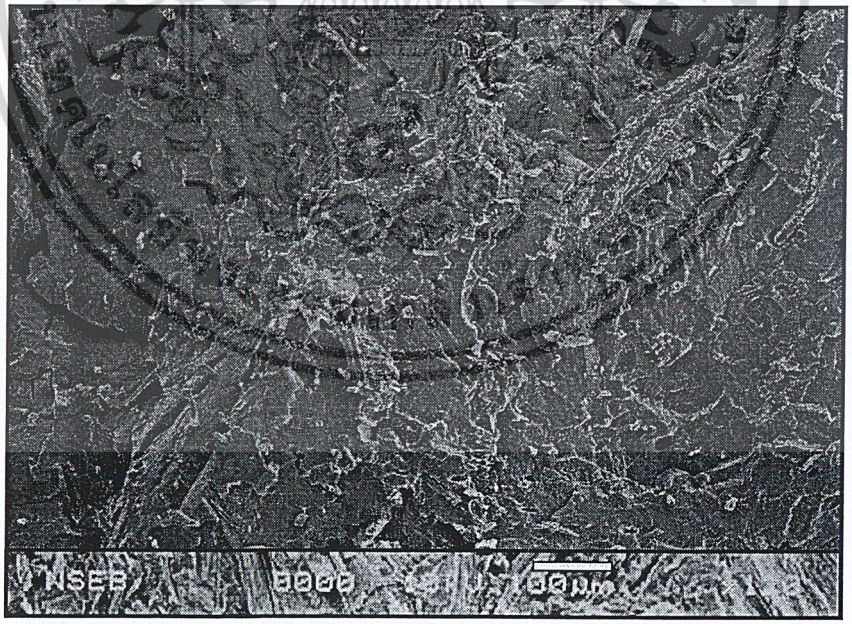
จากผลการทดลองพบว่า เมื่อมีปริมาณเยื่อไม้ในคอมโพสิตเพิ่มขึ้นค่าองศาความเป็นผลึกมีแนวโน้มลดลง แสดงว่าเยื่อไม้เป็นตัวขัดขวางการเกิดผลึกทำให้การยึดเกาะระหว่างเมตริกซ์ และสารเสริมแรงไม่แข็งแรง และเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสมจะเห็นว่าค่าองศาความเป็นผลึกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าสารช่วยผสมทำหน้าที่ช่วยผสม และช่วยทำให้เกิดการกระจายตัวของเยื่อไม้ ทำให้การยึดเกาะระหว่างเมตริกซ์ และสารเสริมแรงแข็งแรงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สัณฐานวิทยา



รูปที่ 4.28 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 10 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์



รูปที่ 4.29 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 40 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์



รูปที่ 4.31 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้

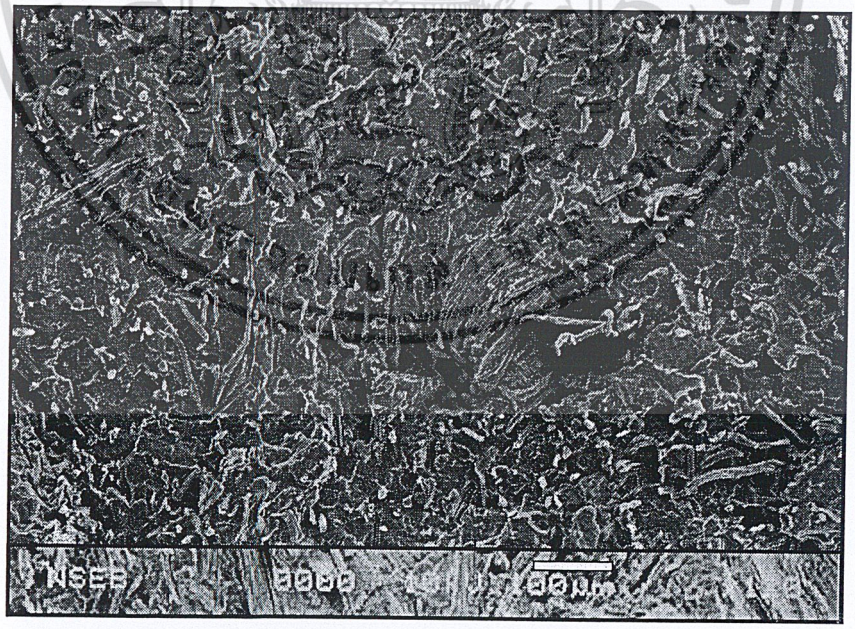


รูปที่ 4.33 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ไม่คัดขนาด 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้



รูปที่ 4.35 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP ที่ไม่ได้คัดขนาด 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้

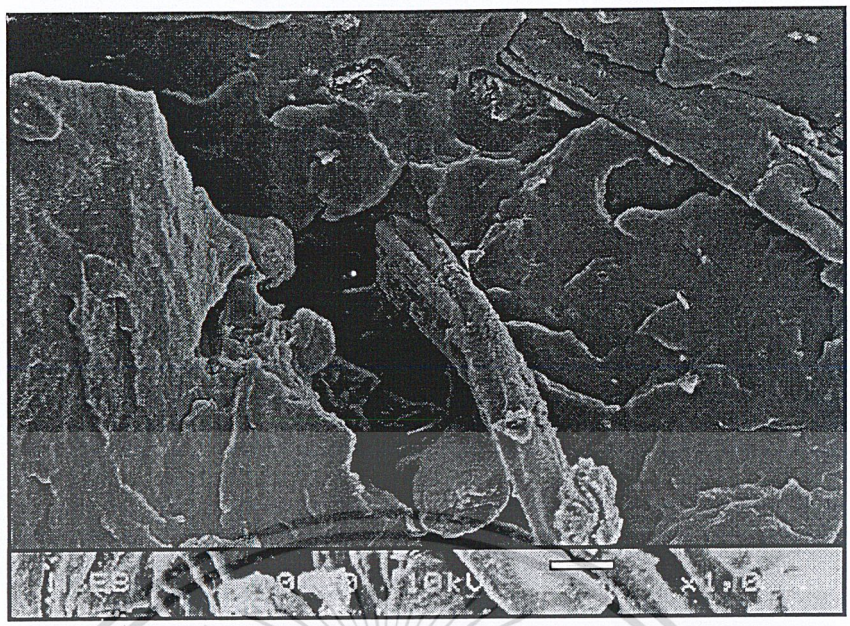
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่กำลังขยาย 100 เท่า จะเห็นว่าคอมโพสิตที่มีแต่เยื่อไม้ยูคาลิปตัสอยู่นั้น จะมีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอ และเมื่อได้มีการเพิ่ม MAPP เข้าไปก็มีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอเช่นกัน

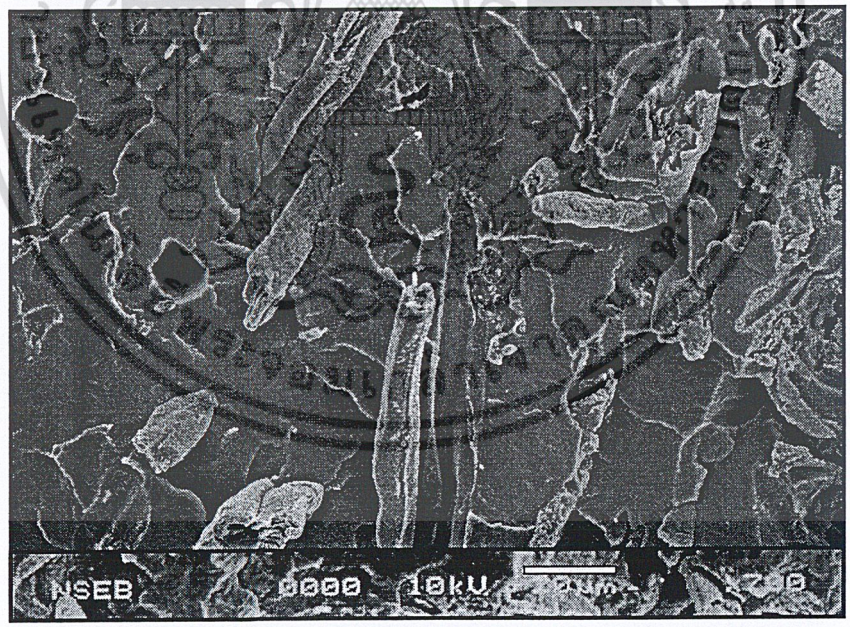


รูปที่ 4.36 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

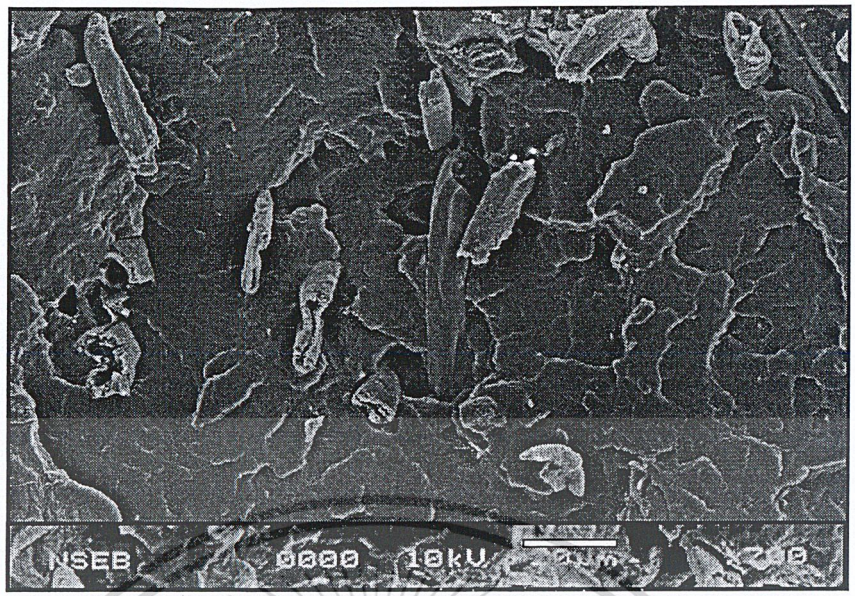


รูปที่ 4.37 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 1000 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์

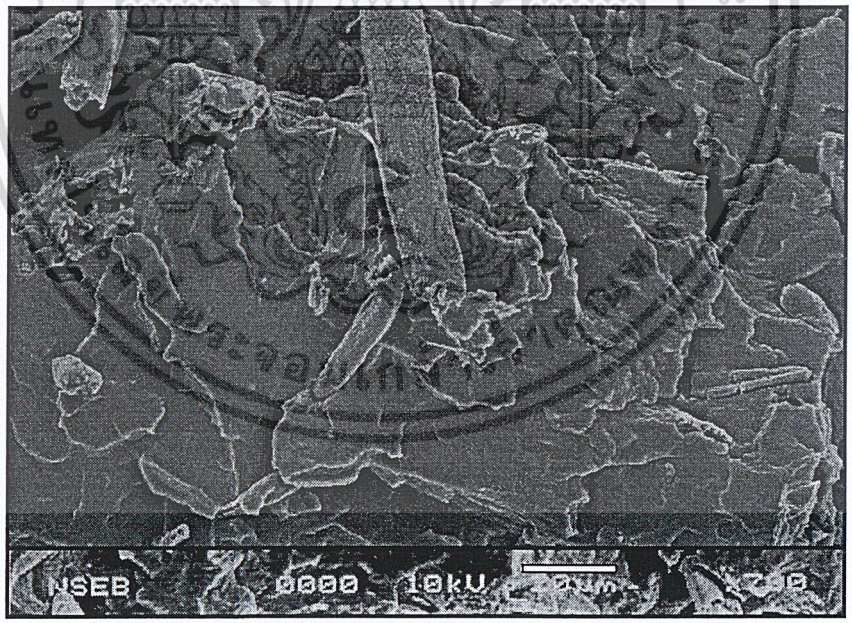


รูปที่ 4.38 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 30 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

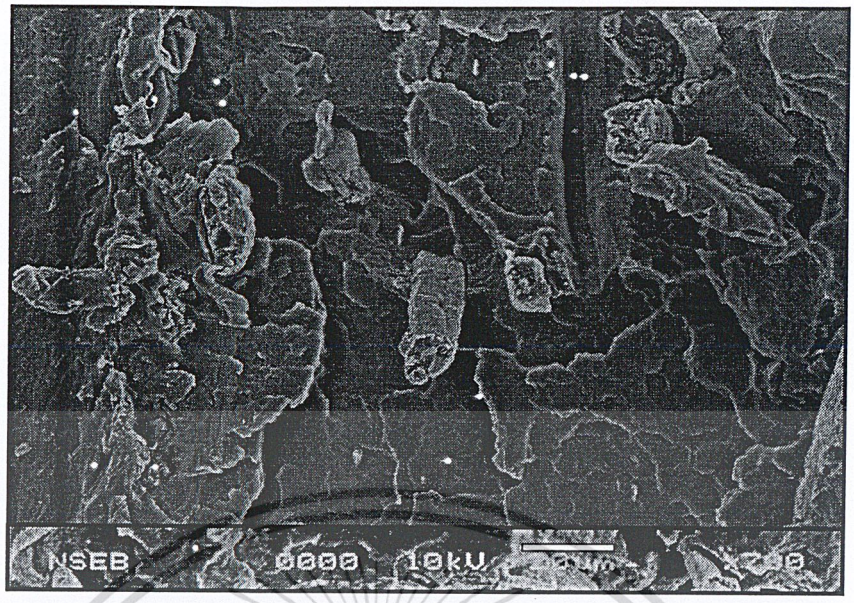


รูปที่ 4.39 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 1 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้



รูปที่ 4.40 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

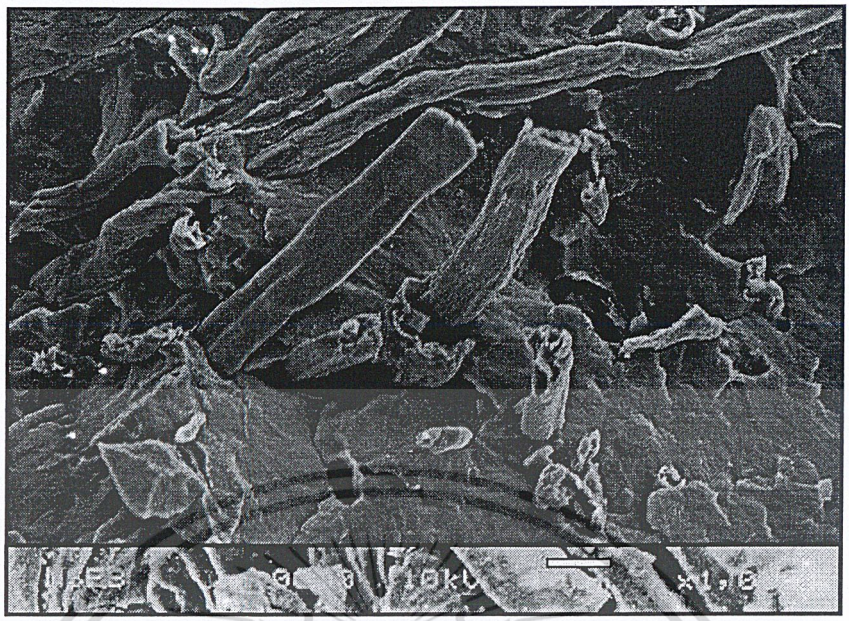


รูปที่ 4.41 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้

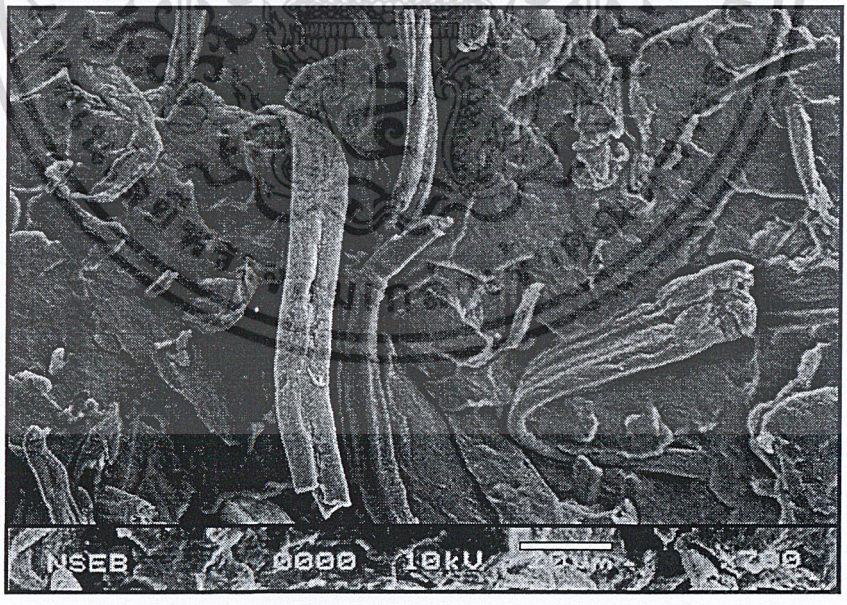


รูปที่ 4.42 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ TMP ไม่คัดขนาด 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.43 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 1000 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP ขนาด 20-50 mesh 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้



รูปที่ 4.44 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 700 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP ไม่คัดขนาด 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.45 ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 1000 เท่า แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่แตกหักของคอมโพสิตที่มีปริมาณเยื่อไม้ยูคาลิปตัสแบบ CP ไม่คัดขนาด 20 phr ต่อน้ำหนักของพอลิเมอร์ และมี MAPP 3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเยื่อไม้

จากรูปที่กำลังขยาย 700 และ 1000 เท่า พบว่าลักษณะของเส้นใยจะเป็นทรงกลม และคอมโพสิตที่มีการใส่เยื่อไม้เพียงอย่างเดียว จะเห็นว่าจะมีช่องว่าง (Voids) ระหว่างผิวของเส้นใยกับพอลิเมอร์ (Interface) เนื่องมาจากมีการยึดเกาะกันไม่ดี จึงเกิดการหลุดออกของเส้นใย (Fiber pull out) และจะเห็นว่าการเสียสภาพของเส้นใยจะเป็นแบบ Adhesive failure ซึ่งเป็นการเสียสภาพที่ Interface ระหว่างพอลิเมอร์ และเส้นใยโดยเกิดการหลุดออกของเส้นใยขึ้น

และเมื่อเติมปริมาณ MAPP ลงไป จะเห็นได้ว่า เส้นใยกับพอลิเมอร์มีการยึดติดกันดีขึ้น จึงทำให้ Interface ระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์ลดลง

จากการศึกษา SEM สามารถหาค่า L/D ratio ได้ดังนี้

ตาราง 4.10 แสดงค่า L/D ratio ของคอมโพสิตที่มีชนิดเยื่อไม้ต่างๆ

สูตร	L/D ratio (Aspect ratio)
PP + TMP 20 phr (20-50 phr) + MAPP 3 %	150
PP + TMP 20 phr (unsieve) + MAPP 3 %	100
PP + CP 20 phr (20-50 phr) + MAPP 3 %	200
PP + CP 20 phr (unsieve) + MAPP 3 %	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 ผลสรุปที่ได้จากงานวิจัย

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตไม้เทียมจากพอลิพรอพิลีน และไม้ยูคาลิปตัส โดยใช้มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟท์พอลิพรอพิลีนเป็นสารช่วยผสม โดยทำการผสมสูตรด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวแล้วทำการฉีดขึ้นรูป จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติทางเชิงกล สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางความร้อน การดูดซับน้ำ และสัณฐานวิทยา

จากการทดสอบสมบัติต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า คอมโพสิตที่ได้จากการใช้เส้นใยยูคาลิปตัสที่ได้จากขบวนการทางความร้อนเชิงกลที่มีการคัดแยกขนาด (20-50 เมช) โดยใส่ปริมาณไม้ 20 phr และสารช่วยผสม 3 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไม้ ให้สมบัติในด้านต่างๆ ดีที่สุดคือ พอลิเมอร์คอมโพสิตสามารถทนทานต่อแรงดึง และแรงกระแทกได้ดีที่สุด และสามารถสรุปปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อคอมโพสิตได้ดังนี้

1. ผลของเส้นใยยูคาลิปตัส
   1.1 เส้นใยไม้ช่วยทำให้พอลิเมอร์แข็งแรงขึ้น เนื่องจากเส้นใยไม้มีค่ามอดุลัสสูงกว่าพอลิเมอร์ทำให้คอมโพสิตที่ได้มีความแข็งแรงขึ้นแต่ค่าร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด และความทนทานต่อแรงกระแทกลดลง
   1.2 การทำคอมโพสิตโดยมีเส้นใยเป็นส่วนประกอบมีผลทำให้การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากเส้นใยมีองค์ประกอบหลักเป็นเซลลูโลสซึ่งช่วยในการดูดซับน้ำ
   1.3 เมื่อทำการเปรียบเทียบคอมโพสิตที่เตรียมจากเส้นใยที่ได้จากขบวนการทางเคมีและทางความร้อนเชิงกลพบว่า เส้นใยที่ได้จากขบวนการทางความร้อนเชิงกลมีการกระจายตัวที่ดีกว่าเส้นใยที่ได้จากขบวนการทางเคมี
2. ผลของสารช่วยผสม (มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟท์พอลิพรอพิลีน)
   2.1 ปริมาณสารช่วยผสมมีผลต่อสมบัติด้านต่างๆ เพราะ สารช่วยผสมจะทำให้เกิดการยึดเกาะระหว่างเส้นใยไม้ และเมตริกซ์มีความแข็งแรง แต่ปริมาณสารช่วยผสมที่ 3 % ต่อน้ำหนักเส้นใยไม้ทำให้สมบัติโดยรวมดีที่สุด
   2.2 เมื่อปริมาณสารช่วยผสมเพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำของคอมโพสิตมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเส้นใยยึดเกาะกับพอลิเมอร์ได้ดีทำให้ช่องว่างระหว่างพอลิเมอร์กับเส้นใยลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เมื่อปริมาณสารช่วยผสมเพิ่มขึ้นจะทำให้องศาความเป็นผลึกมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากสารช่วยผสมทำให้การยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์แข็งแรงจึงทำให้องศาความเป็นผลึกเพิ่มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาไม้เทียมจากเส้นใยยูคาลิปตัสโดยใช้พอลิเมอร์ชนิดอื่น เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) และพอลิเอทิลีนชนิดต่างๆ

2. ทดลองปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยด้วยวิธีอื่นๆ เช่นการต่อกิ่ง (Grafting) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์เมตริกซ์

3. ศึกษาสมบัติอื่นๆ ของไม้เทียมที่ผลิตได้เพิ่มเติม เช่น อุณหภูมิอ่อนตัว (Heat distortion temperature) อายุการใช้งาน ความทนทานต่อดินฟ้าอากาศ (Weathering resistance) ฯลฯ

4. ทดสอบขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไม้เทียมจริง เช่น ไม้ปาร์เก้ กรอบประตู หน้าต่าง ฯลฯ และทดลองใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. วัชรี อธิปัญญาสฤษดิ์ และคณะ "การศึกษาการปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยธรรมชาติ (ชานอ้อย) เพื่อใช้ประโยชน์ในพอลิเมอร์คอมโพสิต" *โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.*,**2540.**
2. Methews, F.L. and Rawlings, R.D. "Composite Materials : Engineering and Science", **1994.**
3. Chi Ming Chan, " Surface Grafting in Polymer Surface Modification and Characterization" (Carl Hensea Verlag ed.) Munich Vienna, New York, **1994,** 193-223.
4. P.K. Mallich, "Fiber-reinforced Composites : Materials, Manufacturing and Desing" 2 nd ed. **1993,** 43.
5. รศ.ปรีชา พหลเทพ,*โพลีเมอร์.*,สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, พิมพ์ครั้งที่ 3, **2530**, 310-320.
6. Mary H.G., "Encyclopedia of Chemical Technology" 4 ed, Wiley-Interscience Publication, **1996.**
7. "Encyclopedia of Polymer Science and Engineering" 2nd ed, John Wiley and Sons vol6, 655.
8. Banks,W.B.; Lawther,J.M. "Derivatization of Wood in Composition" in *Cellulose Polymers, Blends and Composites.* (Gillbert,R.D.ed.), Hanser Publishers, New York, **1994**,131-153.
9. "อนุสารไม้อัดบางนา" 17(96), กันยายน-ตุลาคม, **2531**, 25-28.
10. ณภัทรพงษ์ สุวรรณชัย และณัฐพร เด่นนินนาท "การใช้ประโยชน์จากเส้นใยสลาบหลวงเป็นสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน" *โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.*, **2538.**
11. Kessira,L.;Ricard,A. "Thermal Behavior of Ungrafted and Grafted Bagasse and Wood Pulps" *J.App.Polym.Sci.*,49,**1993,**1603-1614.
12. J.George, K.Joseph, S.Thomas, and S.S.Bhagavan "Mechanical and Viscoelastic Properties of Short Pineapple Fiber Reinforced Low Density Polyethylene Composites" *PolymSci.*,2ed,**1995.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. B.K.Kokta, D.Maldas, C.Daneault, and P.Beland "Composites of Poly(vinyl chloride) and Wood Fibers" *Polym Compos.,* Vol.11 No.2 , **1990.**

14. Kokta, B.V. et.al. "Use of Wood Flour as Filler in Polypropylene : Studies on Mechanical Properties" *Polym.-Plast.Technol.Eng.,*28(3), **1989**, 247-259.

15. Joseph,K.; Thomas,S.; Pavithran,C. "Tensile Properties of Shot Sisal Fiber-Reinforced Polyethylene Composites" *J.Appl.Polym.Sci.,*47, **1993**, 1731-1739.

16. George, J. et.al. "Mechanical and Viscoelastic Properties of Shot Pineapple Fiber Peinforaced Low-Dendity Polyethylene Composite" *Polymer Science Recent Advances,* (Bharwaj,I.S.ed.) Allied Publishers Limited, India, **1994.**

17. Rodney, J.S. et.al. "Composite Materials from Recycled Miltilayer Polypropylene Bottles and Wood Fiber" *American Chemical Society.,* **1992**, 232-240.

18. Nagaty, A. et.al., *J.Apply.Polym.Sci.,* 21, **1983**, 715.

19. Yam. K.L.,et. al. "Composites from Compounding Wood Fibers with Recycled HDPE" *PolymEng.Sci.,* 30(11), **1990**, 693-700.

20. Raj, R.G. et. al. "Use of Wood Fiber as a Filler in Polyethylene : Studies on Mechanical Properties" *Plastic and Rubber Processing and Application.,* 11, **1989**, 215-221.

21. เฉลิมพล อิทธิวิวัฒน์ และสกุล บรรจงวุฒิ "การใช้เส้นใยเซลลูโลสผสมกับเส้นใยแก้วเพื่อเป็นสารเสริมแรงในพอลิเอทิลีน" *โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง",***2537.**

22. พิชัย จงสกุลชัย และศิริพงศ์ โรจน์วีระ "วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงและพอลิพรอพิลีน" *โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.,* **2533.**

23. จิรพรรณ หน่ายคอน และมาริสา ตัณติลักษณา "วัสดุคอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงและพอลิพรอพิลีนกับเส้นใยอ้อย" *โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.,* **2541.**

24. ปิยะวัน ตังควรรณวานิช "การศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตเส้นใยธรรมชาติจากไผ่ (ไผ่สีสุก)" *โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.,* **2541.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25. รัชดา ขวัญตน "คอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ใช้แล้วและเส้นใยอ้อย" *โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.*, **2542.**

26. กมลรัตน์ คูรัตน์ชัชวาล และดุจดาว ปรีชาวงศ์ "บทบาทของมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ที่มีผลต่อสมบัติเชิงกล และความร้อนของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ใช้แล้วกับพอลิพรอพิลีนผสมกับชานอ้อย" *โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.*, **2541.**

27. PRODUCT DATA, PRO-FAX 6331 General-Purpose Polypropylene with Improved Processability, HMC POLYMER CO.,LTD.

28. PRODUCT INFORMATION, POLYBOND 3150 Chemically Modified Polyolefin, UNIROYAL CHEMICAL.

29. ASTM Committee on Standard "Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastic (Metric)", *Philadephia : American Society for Testing and Materials.*, **1993.**

30. ASTM Committee on Standard "Standard Test Methods for Impact Resistance of Plastics and Electrical Insulating Materials" ,*Philadephia : American Sociaty for Testing and Materials.*, **1993.**

31. ASTM Committee on Standard "Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials" ,*Philadephia : American Sociaty for Testing and Materials.*, **1993.**

32. ASTM Committee on Standard "Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials" ,*Philadephia : American Sociaty for Testing and Materials.*, **1993.**

33. ASTM Committee on Standard "Standard Test Methods for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique" ,*Philadephia : American Sociaty for Testing and Materials.*, **1993.**

34. Mubarak, A.; Khan; Idiss Ali, K.M. "Swelling Behavior of Wood and Wood-Plastic Composites" *Polym.-Plast. Technol. Eng.*, 31(3&4), **1992,** 299-307.

35. Wunderlich, B. *Macromolecular Physics.*, vol. 3, Academic Press, New York, **1980,** 61-64.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

สภาวะที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Injection molding machine

TIME PROGRAMING

DIE CLS/OPN TIME	:	40	MELTING TIME	:	200
SID-COR ACT TIME	:	0	DECOMPRS TIME	:	1
1 ST STG INJ TIME	:	20	COOLING TIME	:	200
2 ND STG INJ TIME	:	15	EJECTOR COUNT	:	1
3 RD STG INJ TIME	:	10	SCW FWD TIME	:	0
EJECT FWD DLY TIME:		0	SCW BWD TIME1	:	0
MELTING DLY TIME	:	10	SCW BWD TIME2	:	0
EJE BKD DLY TIME	:	0	ALARM TIME	:	500

PRESSURE PROGRAMING

DIE CLSPRESR	:	30	DECOMP PRESR	:	20
CLS LOW PRESR	:	35	PLUNGER PRESR	:	20
CLS HI PRESR	:	40	EJECTOR PRESR	:	40
DIE OPN PRESR	:	45	SCW-IN PRESR	:	30
1 ST INJ PRESR	:	70	DIE ADJ PRESR	:	30
2 ND INJ PRESR	:	65			
3 RD INJ PRESR	:	60			
MELTING PRESR	:	50			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAMING FLOW SPEED

RAPID CLS SPD	:	30	1 ST STG INJ SPD	:	60
HIGH CLS SPD	:	20	2 ND STG INJ SPD	:	60
CLAMPING SPD	:	15	3 RD STG INJ SPD	:	60
DIE OPN SLW1	:	5	MELTING SPD	:	40
RAPID OPN SPD	:	20	DECOMP SPD	:	20
DIE OPN SLW2	:	10	EJECTOR SPD	:	20
PLUNGER SPD	:	20	SCREW-IN SPD	:	0
DIE ADJ SPD	:	25	DIE CHANGE SPD	:	0

PROGRAMING TEMPERATURES

PROGRAMED TEMP		CURRENT TEMP
NOZZLE	:	200
ZONE 1	:	190
ZONE 2	:	180
ZONE 3	:	0
ZONE 4	:	0
ZONE 5	:	0
ZONE 6	:	0

PROGRAMME OPTIONS

DIE CLS SPD	:	1	1 = HI SPD	2 = FASTSPD	
PLUNGER SPD	:	2	1 = USE	2 = NO USE	
ROBOTS	:	2	1 = USE	2 = NO USE	
SCRW	:	2	1 = USE	2 = NO USE	
EJECTOR	:	1	1 = USE	2 = NO USE	3 = SLD-COR
SID-COR	:	2	1 = TIME	2 = TRAVEL	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้