

ผลกระทบของการเติมเส้นใยทะลายปาล์มในพอลิเมอร์ผสม
พอลิแลคติกแอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตต่อสมบัติเชิงกล

**EFFECT OF BUNCH PALM FIBER ADDITION IN POLYMER
BLENDS POLYLACTIC ACID AND POLYBUTYLENE
SUCCINATE (PLA/PBS) ON MECHANICAL PROPERTIES**

สรวิทย์ มีศักดิ์สยาม

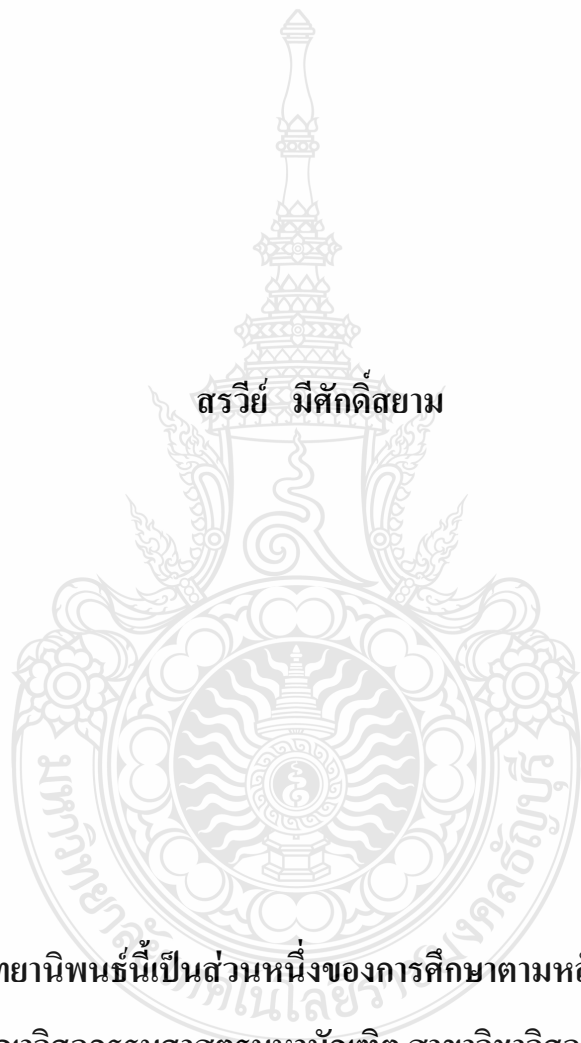
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ
คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผลกระทบของการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มในพอลิเมอร์ผสม
พอลิแลคติกแอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตต่อสมบัติเชิงกล



สรวิทย์ มีศักดิ์สยาม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลกระทบของการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มในพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติก
แอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคซินเนตต่อสมบัติเชิงกล

Effects of Bunch Palm Fiber Addition in Polymer Blends Polyactic
Acid and Ploybutylene Succiness (PLA/PBS) on Mechanical
Properties

ชื่อ - นามสกุล

นางสาวสรวิทย์ มีศักดิ์สยาม

สาขาวิชา

วิศวกรรมวัสดุ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สรพงษ์ ภาวสุปรีย์, Ph.D.

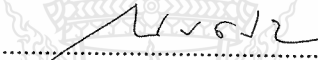
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

อาจารย์นที ศรีสวัสดิ์, วท.ค.

ปีการศึกษา

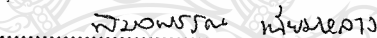
2559

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(อาจารย์ณรงค์ชัย โอเจริญ, Ph.D.)



กรรมการ

(อาจารย์พิมพ์พรรณ เนียมกลาง, ป.ร.ค.)



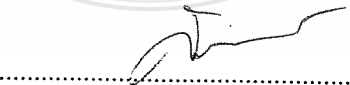
กรรมการ

(อาจารย์กุลวดี สังข์สนิท, Ph.D.)



กรรมการ

(อาจารย์นที ศรีสวัสดิ์, วท.ค.)



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สรพงษ์ ภาวสุปรีย์, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท



คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)

วันที่ 3 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มในพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตต่อสมบัติเชิงกล
ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสรวิทย์ มีศักดิ์สยาม
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สรพงษ์ ภาวสุปรีย์, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์นที ศรีสวัสดิ์, วท.ด.
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

ปาล์มเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันปาล์มซึ่งใช้ในการอุปโภคบริโภค ทำให้มีทะเลลายปาล์มและเส้นใยปาล์มเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มผสมลงในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด PLA และ พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต PBS เพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม

โดยเตรียมพอลิเมอร์ระหว่าง PLA/PBS ที่อัตราส่วน 90:10 แล้วเติมเส้นใยปาล์มที่อัตราส่วน 1, 3, 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้เส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการผสมพอลิเมอร์ด้วยกระบวนการหลอมเหลวด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และทำการอัดขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองพบว่า การเติมเส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อัตราส่วนปาล์ม 3 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ PLA/PBS มีค่าความคงทนต่อแรงกระแทกและค่า Young's Modulus สูงขึ้นแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็ง เมื่อศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่า การเติมเส้นใยปาล์มลงใน PLA/PBS ไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางความร้อน

คำสำคัญ: พอลิแลคติกแอซิด พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต พอลิเมอร์ผสม เส้นใยทะเลลายปาล์ม

Thesis Title	Effects of Bunch Palm Fiber Addition in Polymer Blends Polylactic Acid and Polybutylene Succiness (PLA/PBS) on Mechanical Properties
Name - Surname	Miss Soravee Meesaksiam
Program	Materials Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Sorapong Pavasupree, Ph.D.
Thesis Co–advisor	Mr. Natee Srisawat, Ph.D.
Academic Year	2016

ABSTRACT

Palm trees are one of Thai economic crops used to produce palm oil for consumption. Consequently, there are plenty of empty fruit bunch and palm fibers residues. This research aimed to study the effects of polymer blends between poly(lactic acid)(PLA), poly(butylene succiness)(PBS) and empty fruit bunch palm fibers on mechanical and thermal properties.

The preparation included mixing poly(lactic acid)(PLA) and poly(butylene succiness)(PBS) at the ratio of 90:10. Then 1, 3 and 5 % (wt.) of empty fruit bunch palm fibers were added. These fibers were and were not treated their surface using 5% sodium hydroxide (NaOH) at 100°C for 1 hour. The polymer blends were mixed by twin screw extruder at 190°C and then compressed by compression molding at 190°C.

The results revealed that the 3% polymer blends of treated surface caused PLA/PBS to be durable to strength, higher young modulus, but had no impact on hardness in the mechanical properties. However, these fiber contents had no effect on thermal properties.

Keywords: poly(lactic acid), poly(butylene succiness), polymer blends, empty fruit bunch palm fibers

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณา และความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรพงษ์ ภาวสุปรีช ดร. นที ศรีสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. ณรงค์ชัย โอเจริญ ดร. พิมลพรรณ เนียมกลาง ดร. กุลวดี สังข์สนิท คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษาคำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ รวมถึงเอื้อเฟื้อวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง มา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือทดสอบ

ขอขอบพระคุณบริษัท ส. แหลมทองปาล์มมอยล์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนวัสดุดิบที่ใช้ในงานวิจัย จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่ได้ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และคอยช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ และคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคณะครู-อาจารย์ ที่ให้การสนับสนุนประสิทธิ์ประสาทวิชา และเพื่อน พี่น้อง ที่คอยช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ และเป็นกำลังใจให้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ หากวิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความผิดพลาด ขาดตกบกพร่องประการใด หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยขอกราบขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สรวิทย์ มีศักดิ์สยาม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญรูป.....	(9)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	(12)
บทที่ 1 บทนำ.....	13
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	13
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	14
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	14
1.4 ขอบเขตงานวิจัย.....	14
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	15
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	46
3.1 วัสดุอุปกรณ์ สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	46
3.2 ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....	47
3.3 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยละลายปาล์ม.....	49
3.4 ขั้นตอนการผสมและขึ้นรูป.....	50
3.5 การทดสอบ.....	53
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์.....	60
4.1 ผลการทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER.....	60
4.2 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน.....	74

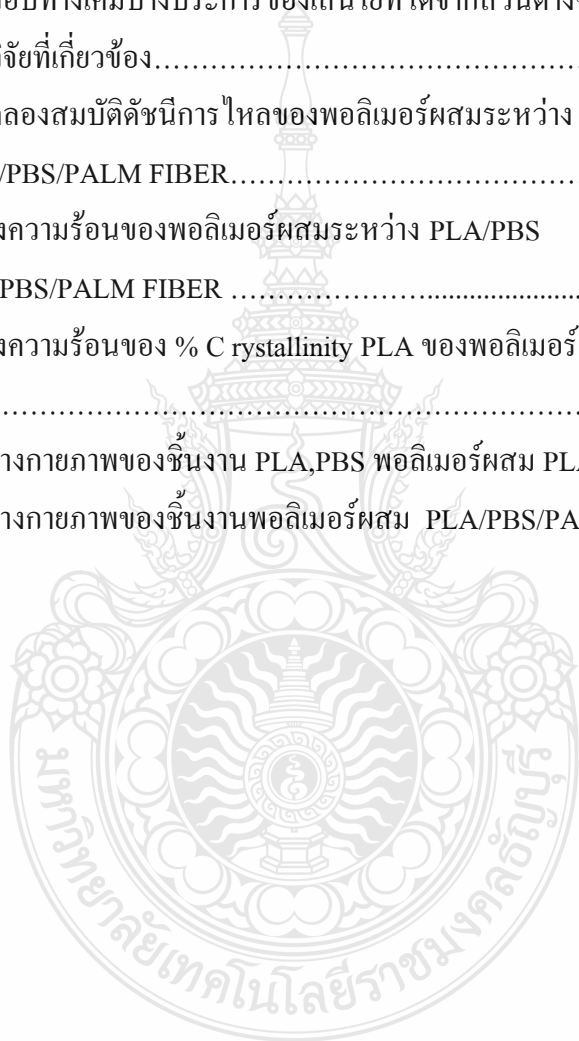
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	78
5.1 สรุปผลงานวิจัย.....	78
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	79
บรรณานุกรม.....	80
ภาคผนวก.....	84
ภาคผนวก ก ผลการทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ผสม.....	85
ภาคผนวก ข ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....	94
ประวัติผู้เขียน.....	109



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ.....	18
ตารางที่ 2.2 แสดงสมบัติของ PLA เพื่อการค้า.....	25
ตารางที่ 2.3 สมบัติทางกลของปาล์มน้ำมันและไม้ยางพารา.....	30
ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของเส้นใยที่ได้จากส่วนต่างๆของปาล์มน้ำมัน...	31
ตารางที่ 2.5 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	44
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองสมบัติดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER.....	60
ตารางที่ 4.2 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER	61
ตารางที่ 4.3 สมบัติทางความร้อนของ % C crystallinity PLA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS.....	63
ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน PLA,PBS พอลิเมอร์ผสม PLA/PBS.....	74
ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS/PALM FIBER	75



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอซิด (PLA).....	21
รูปที่ 2.2 แสดงวัฏจักรของพอลิแลคติกแอซิด (PLA).....	22
รูปที่ 2.3 แสดงกระบวนการสังเคราะห์พอลิแลคติกแอซิดแบบเปิดวงแหวนแลกไทด์.....	23
รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุล D และ L ของแลคติกแอซิด.....	24
รูปที่ 2.5 แสดงการย่อยสลายของพอลิแลคติกแอซิด.....	26
รูปที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS)	27
รูปที่ 2.7 แหล่งสารตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการผลิตพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต.....	27
รูปที่ 2.8 แสดงการย่อยสลายของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต.....	28
รูปที่ 2.9 ผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพชนิด PBS.....	29
รูปที่ 2.10 ต้นปาล์มน้ำมัน.....	29
รูปที่ 2.11 ทะลายปาล์ม.....	31
รูปที่ 2.12 ผลิตภัณฑ์เชื้อขึ้นรูป.....	33
รูปที่ 2.13 ผลิตภัณฑ์แผ่นเส้นใยไม้อัด.....	34
รูปที่ 2.14 ผลิตภัณฑ์แผ่นพาดิเกลบอร์ด.....	34
รูปที่ 2.15 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่.....	37
รูปที่ 2.16 เครื่องอัดขึ้นรูป Compression Molding	38
รูปที่ 2.17 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์และพอลิเมอร์ผสม.....	38
รูปที่ 2.18 ลักษณะทางกายภาพของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS(80/20) จากกล้อง Polarized optical micrographs	39
รูปที่ 2.19 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์และพอลิเมอร์ผสม	39
รูปที่ 2.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น.....	40
รูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างพื้นฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม.....	41
รูปที่ 2.22 แสดงสมบัติความเหนียวและความทนทานของวัสดุเชิงประกอบ.....	42
รูปที่ 2.23 ค่าความต้านทานต่อแรงดึงและค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นของวัสดุเชิงประกอบ.....	43

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.24 ลักษณะเส้นใยไบโปลาัม.....	42
รูปที่ 2.25 ค่ามอดุลัสแรงดึงและแรงดัดระหว่างพอลิเมอร์ผสม PLA และ PP กับเส้นใยปลาัม....	43
รูปที่ 2.26 ค่าความทนทานต่อแรงดึงและแรงดัดของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA และ PP กับเส้นใยปลาัม.....	43
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....	47
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยทะเลยาปลาัม.....	49
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมการผสม.....	51
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ผสม.....	52
รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ Melt Flow Index รุ่น XRL-400A	54
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างรูปร่างของพอลิเมอร์ที่ใช้ทดสอบความเค้นและความเครียด.....	54
รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength).....	55
รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบแรงกระแทก (Izod Impact Strength).....	56
รูปที่ 3.9 เครื่องทดสอบความแข็ง (Hardness).....	57
รูปที่ 3.10 เครื่องทดสอบสมบัติทางกายภาพ (Scanning Eletron Microscopy, SEM).....	58
รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน (Differential Scanning Calorimeter,DSC) รุ่น 200F	59
รูปที่ 4.1 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER.....	64
รูปที่ 4.2 สันฐานวิทยาของเส้นใยทะเลยาปลาัม.....	65
รูปที่ 4.3 สันฐานวิทยาของเม็ดพอลิเมอร์และพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER (กำลังขยาย 250 เท่า).....	66
รูปที่ 4.4 สันฐานวิทยาของเม็ดพอลิเมอร์และพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER (กำลังขยาย 1000 เท่า)	67

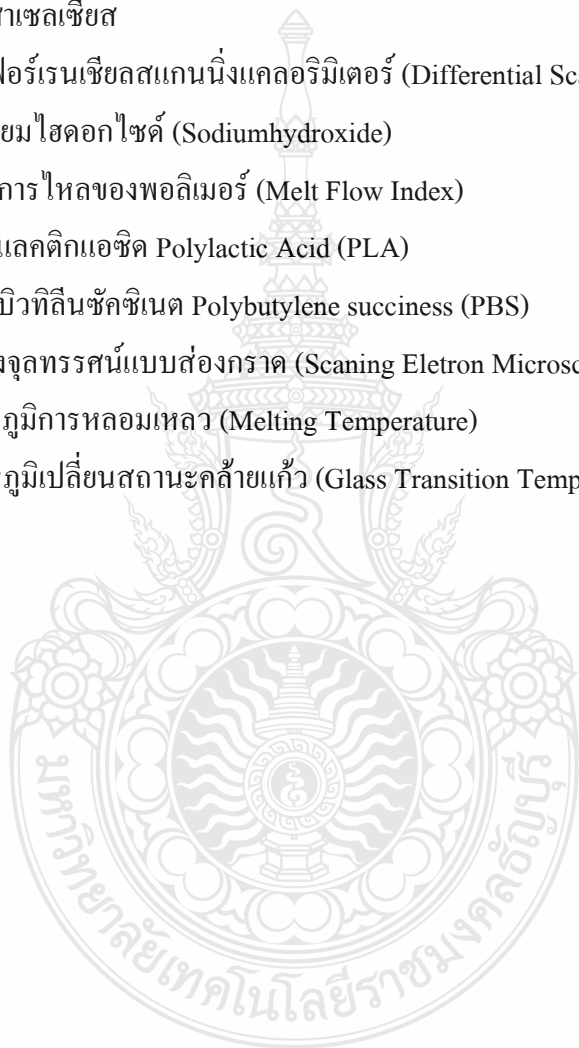
สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.5 เส้นใยทะเลลายปลาล์มที่ไม่ผ่านและผ่านการเตรียมผิว.....	68
รูปที่ 4.6 การกระจายตัวขนาดเส้นใยทะเลลายปลาล์มที่ไม่ผ่านการเตรียมผิว.....	68
รูปที่ 4.7 การกระจายตัวขนาดเส้นใยทะเลลายปลาล์มที่ผ่านการเตรียมผิว.....	69
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) กับปริมาณเส้นใยทะเลลายปลาล์มที่เติมในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS	70
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นกับปริมาณเส้นใยทะเลลายปลาล์มที่เติมในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS	71
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทนต่อแรงกระแทกกับปริมาณเส้นใยทะเลลายปลาล์มที่เติมในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS	72
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับปริมาณเส้นใยทะเลลายปลาล์มที่เติมในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS	73



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ΔH_f	เอนทาลปีของการหลอมเหลว (Enthalpy for Melting)
ΔH_{f100}	เอนทาลปีของการหลอมเหลว PLA ที่มีความเป็นผลึก 100% (Enthalpy of Melting for a 100% Crystalline PLA)
$^{\circ} \text{C}$	องศาเซลเซียส
DSC	ดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (Differential Scanning Calorimeter)
NaOH	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodiumhydroxide)
MFI	ดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ (Melt Flow Index)
PLA	พอลิแลคติกแอซิด Polylactic Acid (PLA)
PBS	พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต Polybutylene succiness (PBS)
SEM	กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Eletron Microscopy)
T_m	อุณหภูมิการหลอมเหลว (Melting Temperature)
T_g	อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass Transition Temperature)



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันปาล์มซึ่งใช้ในการอุปโภคบริโภค มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (Scientific name): *Elacis Guineensis* Jneg. เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีลักษณะเป็นต้นเดี่ยวรูปร่างทรงกระบอก ลำต้นมีลักษณะเป็นปล้องๆ ให้ผลผลิตได้ตลอดปีโดยเฉพาะผลผลิตจากน้ำมันปาล์ม ซึ่งหลังจากการสกัดเอาน้ำมันปาล์มออกจากผลปาล์มแล้วทำให้มีทะลายปาล์มเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก จึงได้มีการนำทะลายปาล์มเหล่านี้ไปใช้ทำปุ๋ยและทำเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น อีกทั้งทะลายปาล์มเปล่ายังเป็นแหล่งของเส้นใยที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อคุณสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าส่วนอื่นๆ เช่น ค่าความแข็งแรงดึง และยังมีความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เนื่องจากปริมาณทะลายปาล์มเหลือทิ้งมีจำนวนมากหลังการนำมาใช้ประโยชน์ดังกล่าวมาแล้วก็ต้องทำการเผาทำลายเป็นจำนวนมาก ซึ่งในขั้นตอนการกำจัดนี้นับว่าเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นทะลายปาล์มจึงเหมาะสมกับการนำมาพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้

ปัจจุบันการใช้งานพลาสติกมีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพลาสติกสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย อีกทั้งพลาสติกมีความพิเศษกว่าวัสดุอื่นๆตรงที่มีน้ำหนักเบาและสามารถนำกลับมาใช้งานซ้ำได้ และได้มีการค้นคว้าพลาสติกมาผสมกับเส้นใยธรรมชาติเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของพลาสติกให้ดียิ่งขึ้น แต่เนื่องจากปัจจุบันปริมาณพลาสติกมีการผลิตเพื่อนำมาใช้งานเป็นจำนวนมากจึงทำให้เกิดขยะจากพลาสติกซึ่งการกำจัดเป็นไปได้ยากเนื่องจากพลาสติกไม่สามารถย่อยสลายได้ ต้องทำลายด้วยวิธีการเผาซึ่งมีผลทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเป็นต้น ดังนั้นพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้จึงช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

พอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เช่น Poly (Lactic acid, PLA) และ Poly (Butylene Succinate, PBS) ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เนื่องจากปัญหาที่มาจากขยะพลาสติก แต่การขาดแคลนปิโตรเลียมที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาการผลิตพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพขึ้นมา จากงานวิจัยของ Tadashi Yokohara และคณะ [1] พบว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS ไม่สามารถเข้ากันได้ในทุกอัตราส่วนผสม ซึ่งส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกลของ

พอลิเมอร์ในทางลบ จากงานวิจัยของ ลลิตา จอมแปง และคณะ [2] พบว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS ไม่สามารถผสมเข้ากันได้ในทุกสัดส่วนแต่ที่อัตราส่วนผสม 90/10 พอลิเมอร์ผสมสามารถเข้ากันได้ดีกว่าที่อัตราส่วนอื่นๆ

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มผสมลงในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด PLA และ พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต PBS ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ผสมแบบไม่เข้ากัน เพื่อศึกษาผลกระทบและเพิ่มคุณสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสมให้สูงขึ้นและเป็นแนวทางในการพัฒนาวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1. เพื่อศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/เส้นใยทะเลลายปาล์ม

1.2.2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/เส้นใยทะเลลายปาล์มด้วยกระบวนการ Compression Molding

1.2.3. เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/เส้นใยทะเลลายปาล์มที่ขึ้นรูปได้

1.3 สมมติฐานการวิจัย

สามารถเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER และสามารถกำหนดอัตราส่วนของพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากการขึ้นรูปได้ เพื่อให้ได้พอลิเมอร์ผสมที่มีสมบัติทางกลสูงขึ้นและสามารถนำไปใช้งานที่เหมาะสมได้

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 เม็ดพลาสติกที่ใช้ในการศึกษานี้คือ PLA เกรด 6100D ผลิตโดยบริษัท NatureWorks, LLC, USA. และ PBS เกรด FZ91PD ผลิตโดยบริษัท Mitsubishi Chemical Corporation, Japan

1.4.2 เตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดกับพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PLA/PBS) โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง PLA/PBS ที่ 90/10 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหอนคู่ (Twin Screw Extruder) และทำการอัดขึ้นรูปด้วยกระบวนการ Compression Molding เพื่อทำการศึกษาสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสม

1.4.3 เตรียมพอลิแลคติกแอซิดกับพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตกับเส้นใยทะเลสาบปาล์ม PLA/PBS/PALM FIBER ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวทวนคู่ (Twin Screw Extruder) โดยใช้ อัตราส่วนระหว่าง PLA/PBS ที่ 90/10 และ เส้นใยทะเลสาบปาล์มที่อัตราส่วน 1, 3, 5 เปอร์เซ็นต์ โดย น้ำหนักและทำการอัดขึ้นรูป ด้วยกระบวนการ Compression Molding เพื่อทำการศึกษาสมบัติทางกล ของพอลิเมอร์ผสม

1.4.4 ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่

- ชนิดพลาสติกพอลิแลคติกแอซิด (PLA) , พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS) และเส้นใย ทะเลสาบปาล์ม

- ปริมาณเส้นใยทะเลสาบปาล์ม 1, 3, 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งเส้นใยทะเลสาบปาล์ม ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ และไม่ ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

1.4.5 การทดสอบสมบัติต่างๆทดสอบตามมาตรฐานดังนี้

สมบัติทางความร้อน

- ทดสอบดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ด้วยเครื่อง Melt Flow Index
- ทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์

(Differential Scanning Calorimeter, DSC)

สมบัติทางกายภาพ

- ทดสอบสมบัติทางกายภาพ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราด

(Scanning Electron Microscopy, SEM) เพื่อศึกษาโครงสร้างทางลึกลับฐานวิทยา

สมบัติเชิงกล

- ทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) ตามมาตรฐาน ASTM D 638
- ทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก (Izod Impact) ตามมาตรฐาน ASTM D 256
- ทดสอบความแข็ง (Hardness) ชนิด Shore D ตามมาตรฐาน ASTM D 2240

1.4.5 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ห่อภิปรายผลการทดลอง

1.4.6 สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้พอลิเมอร์ผสมที่มีสมบัติเชิงกลที่สูงขึ้นและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.5.2 ทราบถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ ของพอลิเมอร์ ผสม

1.5.3 สามารถเผยแพร่ความรู้ที่ได้จากการวิจัยไปสาธารณะชน เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาสมบัติพอลิเมอร์ผสมและในด้านการใช้ประโยชน์ของทะเลาะปาล์มเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาเป็นลำดับต่อไป



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปริมาณการใช้งานพลาสติกในประเทศไทย

ปัจจุบันการใช้งานพลาสติกมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพลาสติกมีคุณสมบัติในการใช้งานที่หลากหลายและสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้อีก โดยมีการนำมาใช้ร่วมกับวัสดุประเภทไม้ โลหะ เป็นต้น พลาสติกที่มีการนิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เช่น โพลีโพรพิลีน (PP) โพลีเอทิลีน (PE) โพลีแลคติกแอซิด (PLA) และ โพลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS) โดยนำมาผลิตเป็นถุงพลาสติก ขวดน้ำ เสื้อผ้า ชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าพลาสติกมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน จึงทำให้ปริมาณการผลิตพลาสติกมีเพิ่มมากขึ้นและมีผลทำให้ขยะจากพลาสติกมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน เนื่องจากพลาสติกไม่มีความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ดังนั้นในการกำจัดขยะพลาสติกในแต่ละครั้งทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกำจัดด้วยวิธีการเผา

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 พอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ [3,4]

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพหรือที่เรียกว่า “พลาสติกชีวภาพ” เป็นวัสดุที่ถูกออกแบบมาให้ย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ซึ่งเตรียมได้จากผลผลิตที่มาจากการเกษตรประเภทแป้งเช่น ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด อื่นๆ ซึ่งสามารถแบ่งแหล่งกำเนิดของวัตถุดิบได้ 2 ประเภทคือ พลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบปิโตรเคมีและผลิตจากวัตถุดิบชีวมวล แต่เนื่องจากน้ำมันปิโตรเลียมมีการนำมาใช้งานในปริมาณมากจึงทำให้ประสบปัญหาการลดลงของน้ำมันปิโตรเลียมอย่างน่าเป็นห่วง ทำให้ความสนใจที่จะผลิตพลาสติกจากทรัพยากรที่เกิดทดแทนใหม่ได้เป็นที่ยอมรับมากขึ้น ประเภทพลาสติกชีวภาพสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ [4]

พลาสติกที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ			พอลิเอสเทอร์		
พอลิเมอร์	รายละเอียด	วัตถุดิบ	พอลิเมอร์	รายละเอียด	วัตถุดิบ
แป้งที่มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก	มีแป้งผสมมากกว่า 70% เช่น เจราติน	แป้งที่ได้มาจาก การปลูกทดแทน	พอลิแลคติกแอซิด	พอลิเอสเทอร์สังเคราะห์แบบสายโซ่ตรงที่มีกรดแลคติกหรือแลคไทด์เป็นมอนอเมอร์	วัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้
แป้งผสมพอลิเอสเทอร์แบบสายโซ่ตรง	แป้งนำไปผสมกับพอลิเอสเทอร์สังเคราะห์แบบสายโซ่ตรง เช่น PLA PCL PBS	แป้งเตรียมได้จากวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้ พอลิเอสเทอร์เตรียมได้จากทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีและวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้	พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต	กลุ่มพอลิเอสเทอร์แบบสายโซ่ตรงซึ่งผลิตได้ทางธรรมชาติโดยแบคทีเรีย	วัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้

ตารางที่ 2.1 ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (ต่อ) [4]

พลาสติกที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ			พอลิเอสเทอร์		
พอลิเมอร์	รายละเอียด	วัตถุดิบ	พอลิเมอร์	รายละเอียด	วัตถุดิบ
แป้งผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์	แป้งนำไปผสมกับ PVA	แป้งจากวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้ PVA จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี	พอลิบิวทิลีน ซักซิเนต	พอลิเอสเทอร์สังเคราะห์แบบสายโซ่ตรงเตรียมได้จากมอนอเมอร์ 2 ชนิดคือ 1,4-บิวเทนไดออล (BDO) และกรดซักซิินิก	กรดซักซิินิก และ BDO เตรียมได้จากทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีและวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่
			พอลิบิวทิลีน เทอเรพทาเลต	พอลิเอสเทอร์สังเคราะห์แบบสายโซ่ตรงที่มีวงแหวนอะโรมาติกในโครงสร้างเตรียมได้จากมอนอเมอร์ 2 ชนิด คือ 1,4-บิวเทนไดออล และกรดเทอเรพทาลิก	BDO เตรียมได้จากทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีและวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้ TPA และ DMT เตรียมได้จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี

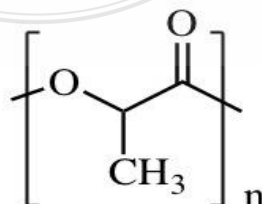
ตารางที่ 2.1 ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (ต่อ) [4]

พลาสติกที่ย่อยสลายได้ประเภทอื่น			พอลิเอสเทอร์		
พอลิเมอร์	รายละเอียด	วัตถุดิบ	พอลิเมอร์	รายละเอียด	วัตถุดิบ
พอลิเอไมด์ มี 2 ประเภท คือ 1.ประเภท AABB 2.ประเภท AB	พอลิเอไมด์สังเคราะห์ประเภท AABB เตรียมได้จากมอนอเมอร์ 2 ชนิด คือ ไดเอมีนและกรดไดคาร์บอกซิลิก เช่น ไนลอน 66,69 พอลิเอไมด์สังเคราะห์ประเภท AB เตรียมได้จากกรดอะมิโนหรือแลคแทม	ไดเอมีนเตรียมได้จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีกรดไดคาร์บอกซิลิกกรดอะมิโนและแลคแทมเตรียมได้จากทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีและวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้	พอลิไตรเมทิลีนเทอเรพทาเลต	พอลิเอสเทอร์สังเคราะห์แบบสายโซ่ตรงที่มีวงแหวนอะโรมาติกในโครงสร้างเตรียมได้จากมอนอเมอร์ 2 ชนิด คือ 1,3-โพรเพนไดออล (PDO) และกรดเทอเพทาลิก (TPA) หรือไดเมทิลเทอเรพทาเลต (DMT)	PDO เตรียมได้จากทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีและวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้ TPA และ DMT เตรียมได้จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี

ตารางที่ 2.1 ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (ต่อ) [4]

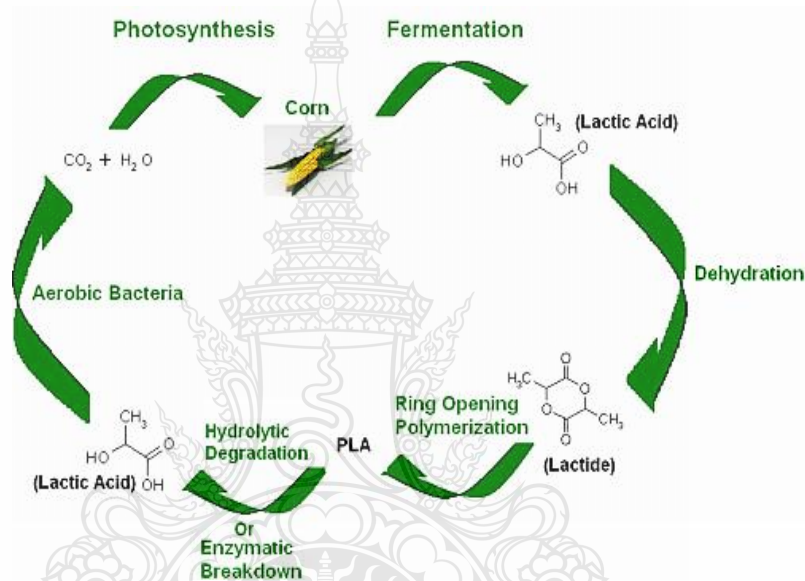
พลาสติกที่ย่อยสลายได้ประเภทอื่น			พลาสติกที่ย่อยสลายได้ประเภทอื่น		
พอลิเมอร์	รายละเอียด	วัตถุดิบ	พอลิเมอร์	รายละเอียด	วัตถุดิบ
พอลิยูรีเทน	เตรียมได้จากมอนอเมอร์ 2 ชนิด คือ ไอโซไซยา และ ไดออล (เช่น พอลิเอสเทอร์ พอลิอีเทอร์)	ไอโซไซยาเนตเตรียมได้จากผลิตภัณฑ์ไตรเคมีพอลิออลเตรียมได้จากทั้งผลิตภัณฑ์ไตรเคมีและวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์	พอลิเมอร์ที่สามารถละลายน้ำได้และการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส	เตรียมได้จากผลิตภัณฑ์ปีโตรเคมี
พอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ด้วยแสง	พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างที่มีพันธะเคมีแตกหักง่ายภายใต้แสง UV	เตรียมได้จากผลิตภัณฑ์ปีโตรเคมี	Controlled degradation additive Master-batches	พลาสติกที่มีสารเติมแต่งเพื่อให้สามารถย่อยสลายได้	เตรียมได้จากผลิตภัณฑ์ปีโตรเคมี

2.1.2 พอลิแลคติกแอซิด (polylactic acid หรือ PLA)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอซิด (PLA) [5]

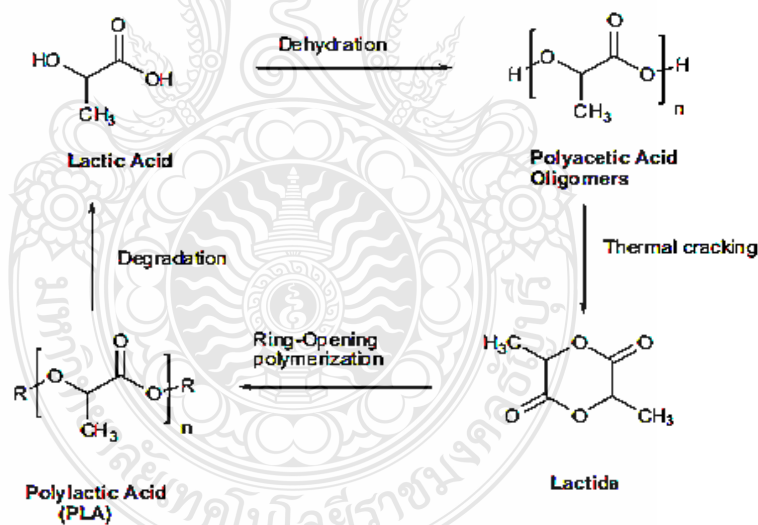
พอลิแลคติกแอซิด (PLA) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังรูปที่ 2.1 เป็นพอลิเอสเตอร์แบบสายโซ่ตรง (Aliphatic Polyester) โดยใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติที่สร้างทดแทนขึ้นได้ เช่น ข้าวโพด ซึ่งผลิตได้จากกระบวนการหมัก PLA จึงเป็นทางเลือกใหม่ในการนำมาใช้งานแทนพลาสติกจากปิโตรเลียม พอลิแลคติกแอซิดจัดเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) สามารถขึ้นรูปได้ด้วยกระบวนการผลิตทั่วไป เช่น กระบวนการฉีดขึ้นรูป กระบวนการอัดขึ้นรูป เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จากพอลิแลคติกแอซิด มีความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพเมื่อนำไปฝังในดิน โดยใช้เวลาระยะสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติกที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มาจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี รูป 2.2 แสดงวัฏจักรของ PLA



รูปที่ 2.2 แสดงวัฏจักรของพอลิแลคติกแอซิด (PLA) [6]

การคิดค้นกระบวนการสังเคราะห์พอลิแลคติกแอซิดเกิดขึ้นครั้งแรกในปี 1932 โดย W.H.Carothers โดยกรดแลคติกถูกให้ความร้อนภายใต้ความดันสูญญากาศ และได้ผลิตภัณฑ์ PLA ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำซึ่งได้รับการจดสิทธิบัตรในปี 1954 หลังจากนั้นก็ได้มีการศึกษาและพัฒนากันอย่างต่อเนื่อง แต่ PLA มักถูกนำไปใช้งานทางการแพทย์และเกษตรกรรม เนื่องจากมีราคาสูง แต่ปัจจุบันต้นทุนการผลิตได้ลดต่ำลงมามาก เนื่องจากได้มีการคิดค้นพัฒนาเทคนิคและกระบวนการผลิตแบบใหม่เกิดขึ้น จึงคาดว่าสามารถนำ PLA มาใช้ทดแทนพลาสติกจากปิโตรเลียมได้ในอนาคต

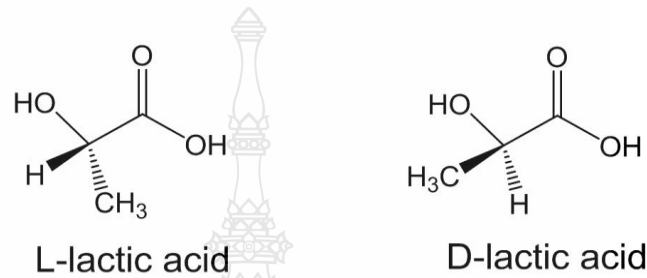
กระบวนการสังเคราะห์พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid หรือ PLA) [7] กระบวนการสังเคราะห์พอลิแลคติกแอซิดสามารถแบ่งได้เป็น 2 กระบวนการคือการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่นของกรดแลคติก (Direct polycondensation polymerization) และการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวงแหวนของแลคไทด์ (Ring-Opening Polymerization) โดยที่ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แบบควบแน่นเรียกว่า “พอลิแลคติกแอซิด” โดยกระบวนการนี้จะเริ่มจากการใช้กรดแลคติกจนได้พอลิเมอร์ออกมา ส่วนกระบวนการสังเคราะห์แบบเปิดวงจะเริ่มจากการเปลี่ยนกรดแลคติกโดยปฏิกิริยาการรวมตัวของกรดแลคติก 2 โมเลกุล แล้วเกิดเป็นสารประกอบแบบวงที่มีชื่อว่า แลคไทด์ (lactide) ก่อน จากนั้นวงแหวนแลคไทด์นี้จะถูกเปิดออกและนำมาสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์สายโซ่ยาวในขั้นตอนต่อมา ด้วยเหตุนี้จึงเรียกชื่อผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์จากกระบวนการนี้ว่า “พอลิแลคไทด์” ซึ่งพอลิเมอร์ที่ได้จากทั้งสองกระบวนการคือสารชนิดกันซึ่งเมื่อสังเคราะห์ได้แล้วก็สามารถนำมาขึ้นรูปเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป แสดงกระบวนการดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงกระบวนการสังเคราะห์พอลิแลคติกแอซิดแบบเปิดวงแหวนแลคไทด์ [8]

แลคติกแอซิดมีการจัดเรียงโมเลกุล 2 แบบ คือ L-lactic acid และ D-lactic acid เมื่อนำมาสังเคราะห์ PLA ทำให้ได้พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ Poly (L-lactic acid), PLLA Poly (D-lactic acid), PDLA และ Poly (LD-lactic acid), PLDLA ซึ่งทำการสังเคราะห์จากมอนอเมอร์แบบ L แบบ D และแบบผสมตามลำดับ แสดงโครงสร้างดังรูปที่ 2.4 พอลิเมอร์ทั้งสอง

แบบเป็นพอลิเมอร์กิ่งผลึกซึ่งมีปริมาณผลึกประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์ มีจุดหลอมเหลวผลึก 173-278 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิคล้ายแก้ว 50 - 80 องศาเซลเซียส พอลิแลคติกแอซิดที่ทำการสังเคราะห์จากมอนอเมอร์แบบผสมจะมีสมบัติเป็นพอลิเมอร์แบบอสัณฐาน โดยในกรณีที่อัตราส่วนระหว่าง L/D มีค่าเท่ากับ 1 พอลิเมอร์จะมีสมบัติเชิงกลต่ำและถ้าอัตราส่วนระหว่าง L/D เพิ่มขึ้น ก็จะมีผลทำให้พอลิเมอร์มีความเป็นผลึกและจุดหลอมเหลวเพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุล D และ L ของแลคติกแอซิด [8]

1) สมบัติของพอลิแลคติกแอซิด (PLA)

- สมบัติทางกายภาพและทางกลพอลิแลคติกแอซิด (PLA)

PLA โดยธรรมชาติแล้วเป็นพอลิเมอร์ที่มีความโปร่งใสและมีความแวววาวสูง โดยขึ้นอยู่กับสารเติมแต่งแต่ละชนิดใช้ พอลิแลคติกแอซิดมีคุณสมบัติที่แข็งแรงมากแต่มีความแข็งแรง (Strength) สูง เนื่องจากการมีอุณหภูมิสถานะคล้ายแก้วสูงกว่าอุณหภูมิห้อง จะมีสมบัติใกล้เคียงกับพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) แต่ดีกว่าพอลิสไตรีนเมื่อผ่านการดึงยึดมอดูลัส พอลิแลคติกแอซิดมีค่าแรงดึงและแรงคัดสูงกว่าพอลิโพรพิลีน (PP) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) และพอลิสไตรีน (PS) แต่มีค่าความทนต่อแรงกระแทกและการยึดที่จุดแตกหักต่ำกว่าพอลิเมอร์ชนิดอื่นๆ [7] พอลิแลคติกแอซิด มีความสามารถกักเก็บกลิ่นและรสชาติได้ดี เนื่องจากมีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก มีค่าความทนต่อแรงกระแทกต่ำใกล้เคียงกับ PVC ที่ไม่เติมสารเติมแต่ง มีสมบัติความแข็งแรง ความทนทานต่อแรงกระแทกและความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับ PET สมบัติของ PLA เพื่อการค้า แสดงดังตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงสมบัติของ PLA เพื่อการค้า [5]

สมบัติ	Nature Work PLA	Biomer L9000
ความหนาแน่น (g/cm ³)	1.24	1.25
T _g (°C)	56.7 – 57.9	n/a
T _m (°C)	140 - 152	n/a
HDT (°C)	40 – 45 (Amorphous) 135 (Crystalline)	n/a
Tensile strength (MPa)	53	70
Elongation (%)	6	2.4
Flexural Modulus (MPa)	350 - 450	3,600

- พอลิแลคติกแอซิด (PLA) ต่อสมบัติการละลาย [9]

PLA ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีหมู่แทนที่ เช่น เฮกเซน และ เฮปเทน การละลายของ PLA ขึ้นอยู่กับระดับความเป็นผลึกและสัดส่วนหน่วยองค์ประกอบหลักในสายโซ่พอลิเมอร์ ตัวทำละลายที่ดีสำหรับพอลิแลคติกแอซิด ตัวทำละลายอินทรีย์กลุ่มคลอรีนเตทและฟลูออรีนเตท ไดออกเซน ไดออกโซเลน ฟูเรน และ อะซิโตน

- การย่อยสลายของพอลิแลคติกแอซิด (PLA)

พอลิแลคติกแอซิดเกิดการเสื่อมสภาพได้จากการขาดของสายโซ่หลักและสายโซ่ด้านข้างของโมเลกุล โดยความร้อนจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสหรือการแตกสลายด้วยรังสีกระตุ้นทำให้เกิดการเสื่อมสภาพ (Radiolysis) [10] การแตกสลายด้วยแสง (Photolysis) การย่อยสลายทางชีวภาพ และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน [11] เนื่องจากการเสื่อมสภาพเกิดจากทั้งกระบวนการทางชีวภาพและกายภาพ กลไกการเสื่อมสภาพจึงมักเกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุล

ระดับความเป็นผลึก ความเป็นกรด-ด่าง ความบริสุทธิ์ อุณหภูมิและยังขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะทางเคมีและกายภาพ เช่นอัตราการแพร่ ความเป็นรูพรุน สัณฐานและความแข็งแรงทางกล ในระบบในการทดสอบการเสื่อมสภาพของ PLA จึงควรพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ด้วย [12]



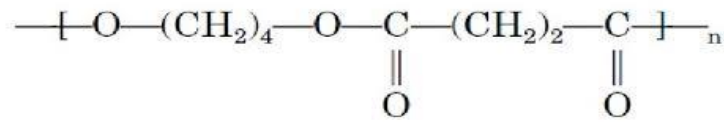
รูปที่ 2.5 แสดงการย่อยสลายของพอลิแลคติกแอซิด [8]

- การใช้ประโยชน์พอลิแลคติกแอซิด (PLA) [7,8]

พอลิแลคติกแอซิดเป็นพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทาง สามารถขึ้นรูปได้ง่ายโดยกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกต่างๆ เช่น การฉีดขึ้นรูป การอัดขึ้นรูป การอัดรีด การปั่นเป็นเส้นใย และมีศักยภาพในงานทางด้านสิ่งทอ อีกทั้งยังมีความสามารถเข้ากับเนื้อเยื่อและสามารถถูกดูดซึมได้โดยระบบชีวภาพในร่างกายจึงทำให้พอลิแลคติกแอซิดเป็นวัสดุที่มีศักยภาพสูงเหมาะสำหรับงานทางการแพทย์และใช้เป็นเครื่องมือทางการแพทย์ เช่น ไหมเย็บแผล อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับฝังในร่างกาย อุปกรณ์ที่ใช้ในการยึดกระดูก และงานทางการเกษตร เช่น กระถางต้นไม้ วัสดุปลูกย่อยสลายได้ วัชพืช ปุ๋ย ตามช่วงเวลาที่กำหนด บรรจุภัณฑ์ต่างๆ เช่น บรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วทิ้ง ภาชนะบรรจุอาหาร อนามัยภัณฑ์ เช่น ผ้าอ้อมสำเร็จรูป และอุปกรณ์ตกแต่งภายใน

2.1.3 พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (polybutylene succinate หรือ PBS) [3,13]

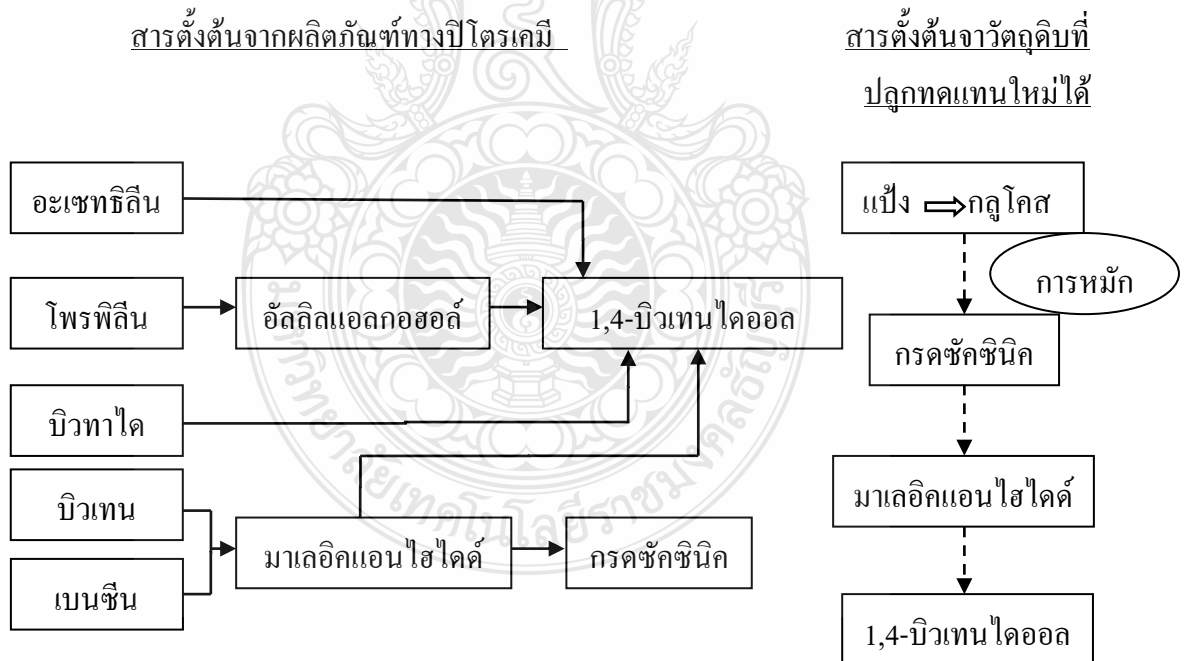
พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS) เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่มีโครงสร้างเป็นสายโซ่ตรง ดังรูปที่ 2.6 เป็นพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ สามารถย่อยสลายได้ดีและมีความเสถียรทางความร้อนมีสมบัติคล้ายกับพอลิเอทิลีนเทอเรพทาเลตและสามารถขึ้นรูปได้ด้วยกระบวนการหลอมเหลวพลาสติกทั่วไป สามารถนำไปใช้งานด้านการผลิตถุงหรือฟิล์มที่ใช้เป็นบรรจุผลิตภัณฑ์ อนามัยภัณฑ์ใช้แล้วทิ้ง เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำมาผสมกับพอลิเมอร์ ชนิดอื่นๆ เพื่อปรับปรุงสมบัติด้านต่างๆ เพื่อการนำไปใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ผสมกับพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติกและพอลิเมอร์ร่วมอะดิเปต



รูปที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS) [13]

กระบวนการสังเคราะห์พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS)

การสังเคราะห์พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต สามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยาการควบแน่นโดยมีมอนอเมอร์ของกรดซัคซินิกและ 1,4- บิวเทนไดออลเป็นมอนอเมอร์ตั้งต้น มาเชื่อมต่อกันเป็นสายโซ่ยาวของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต ซึ่งมอนอเมอร์ทั้งสองชนิดเตรียมได้จากผลิตภัณฑ์ทางปิโตรเคมี โดยเริ่มจากก๊าซบิวเทนถูกเปลี่ยนไปเป็นมาเลอิกแอนไฮไดรด์ จากนั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดซัคซินิกและ 1,4-บิวเทนไดออล กรดซัคซินิกสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้โดยผ่านกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียและรา และยังสามารถใช้วัตถุดิบจากกลูโคสแลคโทส ซูโครส ฟรุคโทส และ มอลโทส ในการผลิตได้เช่นกัน การเตรียมกรดซัคซินิกเป็นมาเลอิกแอนไฮไดรด์สามารถนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นเพื่อผลิต 1,4-บิวเทนไดออลอีกด้วย ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แหล่งสารตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการผลิตพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต [3]

1) สมบัติของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS)

พอลิบิวทิลีนซัคซิเนตเป็นเทอร์โมพลาสติกกึ่งผลึกสีขาว มีความหนาแน่น 1.23 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับพอลิแลคติกแอซิด มีอุณหภูมิหลอมเหลวต่ำกว่าพอลิแลคติกแอซิดมากและมีอุณหภูมิคล้ายแก้วต่ำมาก โดยทั่วไปแล้วพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตมีสมบัติเชิงกลสูงและทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส โดยไม่เสียเสถียรภาพ อีกทั้งยังสามารถย่อยสลายได้ดีและขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ง่ายโดยใช้เครื่องมือที่ใช้กับกระบวนการผลิตพอลิโอเลฟินในช่วงอุณหภูมิ 160 – 200 องศาเซลเซียส ทั้งในกระบวนการฉีดเข้าแม่พิมพ์และกระบวนการอัดรีด [26]

- การย่อยสลายได้ทางชีวภาพของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS)

การย่อยสลายของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตเกิดขึ้นโดยผ่านกระบวนการ hydro-biodegradable เริ่มจากการย่อยสลายทางชีวภาพโดยผ่านกลไกของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งเกิดขึ้นที่พันธะเอสเทอร์ ส่งผลให้น้ำหนักโมเลกุลของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตลดลงและสามารถเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ต่อไปได้ มีงานวิจัยระบุว่าแผ่นฟิล์มพอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่มีความหนา 40 ไมครอนสามารถถูกย่อยสลายได้ถึงร้อยละ 50 ภายในเวลา 1 เดือนในดินที่ใช้เพาะปลูกทั่วไป [26]



รูปที่ 2.8 แสดงการย่อยสลายของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต [18]

- การใช้ประโยชน์พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต

พอลิบิวทิลีนซัคซิเนตสามารถนำไปใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น ใช้ผลิตเป็นหลอดฉีดยา ผลิตภัณฑ์ใช้แล้วทิ้ง บรรจุภัณฑ์อาหาร ขวดน้ำ อนามัยภัณฑ์ เบาะโฟม และพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพประเภทอื่นๆ ฟิล์มคลุมดินสำหรับการเกษตร วัสดุห่อหุ้มและปลดปล่อยยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืชหรือปุ๋ยรวมไปถึงวัสดุที่ใช้ในงานทางด้านวิศวกรรมต่างๆ เช่น ส่วนประกอบและชิ้นส่วนตกแต่งภายในยานยนต์และสามารถนำไปใช้แทนที่ PLA PP และ PET ได้อีกด้วย



รูปที่ 2.9 ผลิตภัณฑ์พลาสติกชีวภาพชนิด PBS [14]

2.1.4 ปาล์มน้ำมัน [15]

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในวงศ์ปาล์ม (Palmae) ผลผลิตส่วนใหญ่ที่ได้จากปาล์มน้ำมัน คือน้ำมันปาล์มซึ่งสกัดจากผลปาล์มและนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและที่ไม่ใช่อุตสาหกรรมอาหาร นอกจากนี้ชิ้นส่วนอื่น ๆ จากต้นปาล์มก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน เช่นการนำเส้นใยปาล์มมาผลิตเป็นกระดาษบรรจุภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้โดยลักษณะและสมบัติทางกลของเนื้อไม้จากต้นปาล์มกับเนื้อไม้จากต้นยางพาราเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจะให้ลักษณะแสดงดังตาราง 2.3 ดังนี้



รูปที่ 2.10 ต้นปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ 2.3 สมบัติทางกลของปาล์มน้ำมันและไม้ยางพารา

สมบัติทางกล	ไม้ปาล์มน้ำมัน			ไม้ยางพารา
	โคนต้น	กลางต้น	ปลายต้น	
ความถ่วงจำเพาะที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์	0.51	0.45	0.38	0.7
โมดูลัสความยืดหยุ่น (kg/cm^2)	1.9×10^4	4.63×10^4	5.37×10^4	9.6×10^4
การรับแรงสูงสุด (kg/cm^2)	335.2	308.8	286.2	600
โมดูลัสความแตกหัก (kg/cm^2)	475.4	437.5	384.6	973
พลังงานการแตกหัก (kg-cm/cm^3)	0.52	0.34	0.28	2.4
ความแข็งแรงดึงในแนวขวางกับการจัดเรียงตัวของเส้นใย (kg/cm^2)	10.53	8.57	6.41	28
ความแข็งแรงกดในแนวขนานกับการจัดเรียงตัวของเส้นใย (kg/cm^2)	210.6	190.6	308.3	478
การทดสอบความแข็ง (kg)	198.5	161	113	532
ความสามารถในการดูดซับพลังงานรวม (kg-m)	0.75	0.55	0.99	2.9

ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถนำทุกส่วนมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น น้ำมันปาล์มที่สกัดมาจากผลปาล์ม เฟอร์นิเจอร์และแผ่นไม้บางสำหรับทำผนังห้องทำมาจากต้นปาล์ม ทะลายปาล์มเปล่านำมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ กะลาปาล์มและเส้นใยนำมาใช้ทำเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น

1) ทะลายปาล์มเปล่า (empty fruit bunch)

ทะลายปาล์มเปล่าได้จากการแยกเอาผลปาล์มออกจากส่วนของทะลายปาล์มสดสามารถนำไปใช้ในการเพาะเห็ดฟางหรือทำการสับย่อยเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงในบางโรงงาน ของทะลายปาล์มสดเมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีไขมัน 6.9 โปรตีน 3.3 เยื่อใย NDF 92 ADF 73 เปอร์เซ็นต์ ทะลายปาล์มเปล่าสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ เป็นการลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์จากไม้และเส้นใยจากต่างประเทศ ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยในอนาคต



รูปที่ 2.11 ทะลายปาล์ม

2) องค์ประกอบหลักของเส้นใยปาล์ม

เส้นใยหรือไฟเบอร์ มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน ซึ่งทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้ดังตารางที่ 2.4 ดังนี้

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของเส้นใยที่ได้จากส่วนต่างๆของปาล์มน้ำมัน

องค์ประกอบ (%)	เส้นใยที่ได้จากส่วนต่างๆของปาล์มน้ำมัน			
	ลำต้น	ใบ	ทะลายปาล์ม เปล้า	ผล
แอลฟา-เซลลูโลส	55.97	56.5	47.8	34.6
โฮโลเซลลูโลส	66.36	73.6	85.3	-
เพนโตแซน	30.5	23.2	-	8.9
ลิกนิน	22.32	18.2	14.7	18.4
เถ้า	3.19	2.9	2	4.2
สารแทรก	2.6	5.5	-	-

- เซลลูโลส (Cellulose)

เซลลูโลส มีสัดส่วนประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสารประกอบหลักของเนื้อไม้ โดยมีเป็นสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยกลูโคส (glucose) มาต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะเบต้า-ไกลโคซิดิก (β -glycosidic linkage) โดยเรียกหน่วยย่อยของเซลลูโลสว่า เซลโลไบโอส (cellobiose unit)

เซลลูโลสมีความเป็นผลึกสูงเนื่องจากการจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ ทำให้อุณหภูมิการหลอมตัวสูงมากเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัวและมีความสามารถในการละลายต่ำ ระดับของการเกิดพอลิเมอร์ (degree of polymerization) ทำให้เซลลูโลสมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกัน ซึ่งน้ำหนักโมเลกุลมีความสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใย จะพบเซลลูโลสในพืชอยู่ร่วมกับลิกนิน เพนโตแซน และสารแทรก

- เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)

เฮมิเซลลูโลสเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิด เช่น กลูโคส กาแลกโตส แมนโนส อะราบิโนส ไซโลส รวมทั้งกรดกลูโคนิก และกรดกาแลกทูครินิก เฮมิเซลลูโลสที่พบในไม้เนื้อแข็ง (hardwood) คือ ไซเลน (xylan) และที่พบในไม้เนื้ออ่อน (softwood) คือ กลูโคแมนแนน (glucomanan)

เฮมิเซลลูโลสจะทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับเส้นใยและเป็นสารยึดเซลลูโลสไว้ด้วยกัน มีประโยชน์ในการแปรรูปเส้นใยเป็นผลิตภัณฑ์ผลิตเยื่อกระดาษ เนื่องจากเฮมิเซลลูโลสมีโครงสร้างเป็นแบบอสัณฐาน (amorphous) คือ มีการอยู่ร่วมกันอย่างหลวมๆทำให้เยื่อกระดาษมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีและการประสานกันด้วยพันธะไฮโดรเจนที่เพิ่มมากขึ้นของไมโครไฟบริลที่บริเวณผิวของเส้นใย จึงทำให้กระดาษมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

- ลิกนิน (Lignin)

ลิกนินมีน้ำหนักโมเลกุลสูงเนื่องจากเป็นสารประกอบเชิงซ้อนอะโรมาติก (รูปที่ 2.10) มักพบอยู่ร่วมกับเซลลูโลสมีหน้าที่เป็นสารที่ช่วยในการยึดเกาะระหว่างเส้นใยและให้ความแข็งแรงกับเนื้อเยื่อของไม้ นอกจากนี้ลิกนินยังทำให้กระดาษมีความทึบแสงเหมาะสมสำหรับทำกระดาษที่ใช้พิมพ์สองด้านแต่เนื่องจากลิกนินเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้กระดาษมีความแข็งแรงลดลงและทำให้กระดาษมีสีคล้ำ เหลืองดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดลิกนินออกในการผลิตเยื่อกระดาษ

ลิกนินมักพบที่ชั้นมิดเดิล ลามেলা (middle lamella) ในพืช ลิกนินมีคุณสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) ที่มีช่วงอุณหภูมิอ่อนตัวอยู่ที่ระหว่าง 120-200°C ไม่สามารถละลายน้ำได้และพบว่าปริมาณลิกนินในเนื้อไม้จะเพิ่มสูงขึ้นในไม้ที่มีอายุมากขึ้น

- สารแทรก (Extractive)

สารแทรกเป็นส่วนประกอบที่มีอยู่ในไม้ยืนต้นหรือไม้ล้มลุกและมีความสามารถในการละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvents) เช่น แอลกอฮอล์ (alcohol) และ อะซิโตน (acetone) เป็นต้น โดยในพืชหรือต้นไม้สารแทรกจะประกอบไปด้วยเรซิน (resin acid) และกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) เป็นต้น

เส้นใยที่พบในส่วนต่างๆของปาล์มน้ำมัน ได้แก่ ลำต้น ใบ ทะลายปาล์ม และผลปาล์ม ซึ่งเส้นใยจากส่วนดังกล่าวนี้จะมีความแตกต่างกันในด้านสมบัติทางกล เช่น เส้นใยจากทะลายปาล์มเปล่านั้นจะมีค่าความแข็งแรงดึง (tensile strength) เท่ากับ 248 เมกะปาสกาล (MPa) ค่าระยะยืดเมื่อขาด (elongation at break) เท่ากับ 14% และค่าความเหนียว (toughness) เท่ากับ 2000 Mpa ขณะที่เส้นใยจากผลปาล์ม (oil palm mesocarp fiber) จะมีค่าความแข็งแรงดึง เท่ากับ 80 Mpa ค่าระยะยืดเมื่อขาด เท่ากับ 17% และค่าความเหนียวเท่ากับ 500 Mpa. เส้นใยเหล่านี้สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆเช่น กระดาษ บรรจุภัณฑ์เยื่อขึ้นรูป และผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้แปรรูป

3) ผลิตภัณฑ์จากเส้นใยปาล์มน้ำมัน

- กระดาษ (paper) ทำโดยนำเยื่อกระดาษหรือเส้นใยซึ่งได้มาจากส่วนต่างๆของปาล์มน้ำมันมาผสมกับน้ำแล้วผสมสารเติมแต่งต่างๆหลังจากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นบางให้ได้น้ำหนักตามมาตรฐาน และนำมาผ่านกระบวนการทางเคมีหรือกระบวนการเชิงกลเพื่อแปรรูปเป็นเยื่อกระดาษ

- ผลิตภัณฑ์เยื่อขึ้นรูป (Pulping molding or molded pulp) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเยื่อกระดาษมาขึ้นรูปให้มีรูปร่างต่างๆ เพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์หรือวัสดุกันกระแทกสำหรับบรรจุภัณฑ์



รูปที่ 2.12 ผลิตภัณฑ์เยื่อขึ้นรูป [15]

- ผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้ (Wood replacement products)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเศษวัสดุที่เหลือจากการแปรรูปไม้มาอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทนไม้ได้ ได้แก่ แผ่นเส้นใยไม้อัดและพาดิเกลบอร์ด



รูปที่ 2.13 ผลิตภัณฑ์แผ่นเส้นใยไม้อัด [15]



รูปที่ 2.14 ผลิตภัณฑ์แผ่นพาดิเกลบอร์ด [31]

2.1.5 การย่อยสลายได้ทางชีวภาพ [16]

1) พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เป็นพลาสติกที่ผลิตมาจากพืช เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย กระบวนการผลิตมาจากการใช้เอนไซม์ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลกลูโคส แล้วผ่านกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ได้เป็นเม็ดพลาสติกที่รู้จักกันคือ PLA ที่สามารถย่อยสลายได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เมื่อนำไปฝังกลบดินหลังสิ้นสุดการใช้งาน

2) การย่อยสลายทางกล (Mechanical Degradable) ทำโดยการให้แรงกระทำแก่ชิ้นพลาสติกจนชิ้นพลาสติกแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ

3) การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Degradation) เป็นการเติมออกซิเจนลงในโมเลกุลของพอลิเมอร์ซึ่งเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติอย่างช้าๆโดยมีความร้อน แสงยูวี ออกซิเจน แรงทางกลเป็นปัจจัยสำคัญเกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydro Peroxide, ROOH) ในพลาสติกที่ไม่มีการเติมสารเพิ่มความเสถียร แสงและความร้อนจะทำให้ ROOH แตกตัวกลายเป็นอนุมูลอิสระ (RO และ OH) ที่ไม่เสถียรและเข้าทำปฏิกิริยาต่อที่พันธะเคมีบนตำแหน่งคาร์บอนในสายโซ่พอลิเมอร์ทำให้เกิดการแตกหักและสูญเสียสมบัติเชิงกลอย่างรวดเร็ว

4) การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic Degradation) การย่อยสลายของพอลิเมอร์ที่มีหมู่เอสเทอร์หรือเอไมด์ เช่น แป้ง พอลิเอสเทอร์ พอลิเอโนไฮครายด์ พอลิคาร์บอเนต และพอลิยูรีเทน ผ่านปฏิกิริยาทำให้เกิดการแตกหักของสายโซ่พอลิเมอร์ โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ใช้คะตะลิสต์และไม่ใช้คะตะลิสต์ ซึ่งประเภทแรกแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ใช้คะตะลิสต์จากภายนอกโมเลกุลของพอลิเมอร์เร่งให้เกิดการย่อยสลายและแบบที่ใช้คะตะลิสต์จากภายในโมเลกุลของพอลิเมอร์เองเร่งให้เกิดการย่อยสลาย

5) การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation) การย่อยสลายของพอลิเมอร์จากการทำงานของจุลินทรีย์โดยทั่วไปมี 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรกการย่อยสลายเกิดขึ้นภายนอกเซลล์โดยการปลดปล่อยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ซึ่งเกิดได้ทั้งแบบใช้ Endo-Enzyme หรือ เอนไซม์ที่ทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะภายในสายโซ่พอลิเมอร์อย่างไม่เป็นระเบียบและแบบ Exo-Enzyme ที่ทำให้เกิดการแตกหักของพันธะทีละหน่วยจากหน่วยซ้ำที่เล็กที่สุดด้านปลายของสายโซ่พอลิเมอร์ เมื่อพอลิเมอร์แตกตัวจนมีขนาดเล็กมากพอที่แพร่ผ่านผนังเซลล์เข้าไปในเซลล์และเกิดการย่อยในขั้นตอนที่ 2 ได้เป็นพลังงานและสารประกอบขนาดเล็กที่เสถียรในธรรมชาติ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน น้ำ เกลือ และแร่ธาตุต่างๆ

6) การใช้งานผลิตภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้

- การใช้งานด้านการแพทย์ ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตวัสดุทางการแพทย์ เช่น ผิวหนังเทียม ไหมละลาย ยาที่สามารถควบคุมการปลดปล่อยตัวยาอย่างช้าๆภายในร่างกาย อุปกรณ์ประเภทสกรูและแผ่นดามกระดูก

- फिल्मคลุมดินและวัสดุทางการเกษตร แผ่นฟิล์มจะช่วยป้องกันการเติบโตของวัชพืชและรักษาความชื้นในดินและวัสดุที่ใช้ในการกักเก็บน้ำสำหรับการเพาะปลูกพืชในทะเลทราย

- สารเคลือบกระดาษหรือโฟม ใช้เป็นสารเคลือบกระดาษสำหรับห่อแสมเบอร์เกอร์หรือถ้วยน้ำชนิดใช้แล้วทิ้ง

- ถุงสำหรับใส่ของ (Shopping Bag) ถุงพลาสติกและฟิล์มพลาสติกได้รับความนิยมในการนำมาใช้งานด้านบรรจุภัณฑ์เป็นอย่างมากและยังไม่มีกรนิยมนำกลับมารีไซเคิลมากนักทำให้เกิดเป็นขยะมากมาย พลาสติกย่อยสลายได้จึงเป็นพลาสติกที่มีการนำมาใช้ทดแทนพลาสติกทั่วไปเพื่อผลิตเป็นถุงและฟิล์มในบางโอกาส

- บรรจุภัณฑ์เพื่อการบริโภค (Consumer Package Materials) ตามปกติการใช้งานพลาสติกด้านการเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารยังไม่มีกรนิยมนำพลาสติกมารีไซเคิลมากนัก เนื่องจากการปนเปื้อนสูง การนำพลาสติกย่อยสลายได้มาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร เช่น ถาดย่อยสลายได้สำหรับอาหารสำเร็จรูปและอาหารจานด่วน จึงเป็นแนวทางในการลดปัญหาปริมาณขยะได้

- โฟมเม็ดกันกระแทก (Loose Fill) โดยทั่วไปผลิตจากพอลิสไตรีน (PS) มีความยืดหยุ่นสามารถป้องกันสินค้าจากแรงกระแทกระหว่างการเคลื่อนย้ายและขนส่งได้เป็นอย่างดี

2.1.6 พอลิเมอร์ผสม (Polymer Blends) [17]

พอลิเมอร์ผสมเป็นการนำพอลิเมอร์ 2 ชนิด ที่มีสมบัติที่ดีของพอลิเมอร์แต่ละชนิด ซึ่งอยู่ในสถานะของไหล ได้แก่เป็นสารละลาย (Solution) หรือ สารหลอมเหลวมารวมกันแต่การผสมเป็นเนื้อเดียวกันของพอลิเมอร์ค่อนข้างเป็นไปได้ยาก ดังนั้นพอลิเมอร์ผสมที่ได้จึงไม่เป็นสารละลายของแข็งที่แท้จริง ทำให้เกิดข้อบกพร่อง (Defects) ของผลิตภัณฑ์และส่งผลให้สมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าพอลิเมอร์บริสุทธิ์ได้ ดังนั้นการนำพอลิเมอร์มาผสมกันจึงต้องคำนึงถึงสภาพการเข้ากันได้ด้วย

1) กลไกสภาพเข้ากันได้ (Compatibility Mechanism)

พอลิเมอร์ผสมส่วนใหญ่จะให้สมบัติเชิงกลค่อนข้างต่ำเนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างผิวสัมผัสที่ต่ำและความเค้นสะสมจากคิสเพอร์สในเมทริกซ์ ดังนั้นเพื่อทำให้พอลิเมอร์ผสมเข้ากันได้จึงนิยมใช้การเติมสารช่วยผสมหรือทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างการผสมเพื่อปรับปรุงแรงดึงดูดระหว่างผิวสัมผัสของพอลิเมอร์ผสมเพื่อให้ได้โครงสร้างทางสัณฐานวิทยาและสมบัติของพอลิเมอร์ผสมที่เหมาะสม

2) วิธีการผสมเพื่อความเข้ากันได้ (Method Compatibilization)

เทคนิคที่ใช้ในการผสมเพื่อความสามารถในการเข้ากันได้ของพอลิเมอร์มีดังนี้ คือ

- การเติมบล็อกหรือกราฟต์โคพอลิเมอร์

เป็นบล็อกโคพอลิเมอร์จะได้รับความนิยมมากกว่ากราฟต์โคพอลิเมอร์โดยเฉพาะบล็อกโคพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยบล็อกของพอลิเมอร์ที่เหมือนกันกับพอลิเมอร์แต่ละชนิดที่นำมาผสมกัน โดยโคพอลิเมอร์ที่ใช้ต้องมีโครงสร้างทางเคมีและน้ำหนักโมเลกุลที่เหมาะสมที่จะไปอยู่ระหว่างเฟสของพอลิเมอร์แต่ละชนิด เพื่อประสิทธิภาพในการเป็นสารช่วยผสม

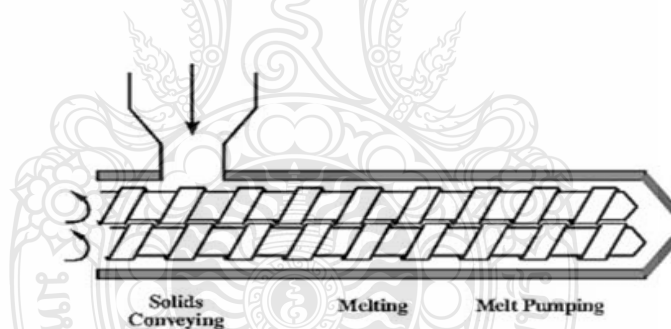
- การเติมพอลิเมอร์ที่หน่วงฟังก์ชันหรือส่วนที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา

การเติมพอลิเมอร์ที่มีหน่วงฟังก์ชันเพื่อทำหน้าที่เป็นสารช่วยผสมซึ่งหน่วงฟังก์ชันดังกล่าวต้องสามารถเกิดปฏิกิริยาหรือมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล เช่น พันธะไฮโดรเจน

- การทำให้เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์หรือพอลิเมอร์ไรเซชันในระหว่างการผสม โดยองค์ประกอบที่ทำการผสมจะถูกนำมาตัดแปลงเพื่อให้สามารถเกิดปฏิกิริยากับพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งได้ โดยไม่ต้องเติมสารช่วยผสม

3) เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสม

- เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin Screw Extruder) [19] หมายถึง เครื่องอัดรีดที่มีสกรูสองอันอยู่ในกระบอกความร้อนอันเดียวกัน สามารถช่วยให้การผสมพอลิเมอร์มีประสิทธิภาพที่ดีเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.15 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ [30]

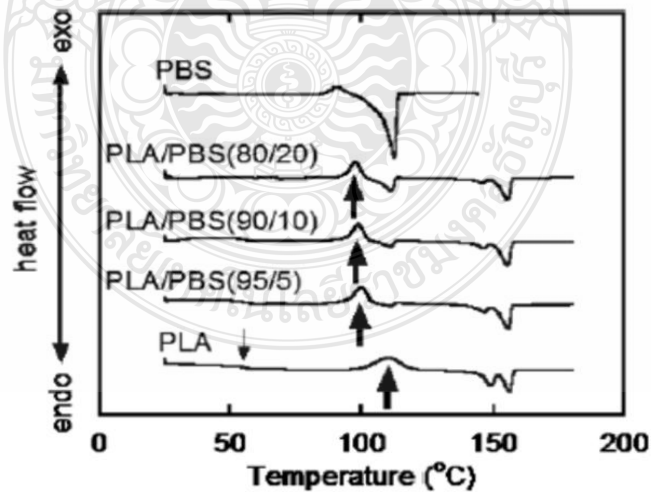
- เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding) [19] เป็นเทคนิคการแปรรูปพอลิเมอร์ใช้เทคนิคในการอัดเข้าพลาสติกกลุ่มเทอร์โมเซตและยางและยังมีการใช้เทคนิคนี้ในการแปรรูปเทอร์โมพลาสติกที่ทำการแปรรูปโดยเทคนิคอื่นได้ยาก เช่น การแปรรูปพลาสติกที่มีการผสมไฟเบอร์ชนิดต่างๆเช่น ไยแก้วและเส้นใยคาร์บอน



รูปที่ 2.16 เครื่องอัดขึ้นรูป Compression Molding

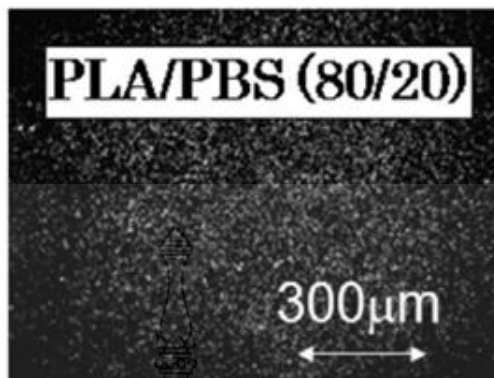
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tadashi Yokohara และคณะ 2008 [1] ศึกษาโครงสร้างสัณฐานวิทยาและพฤติกรรมการตกผลึกของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS ทั้งในสถานะที่เป็นของแข็งและของเหลว โดยผสม PBS ลงใน PLA ที่อัตราส่วน 5, 10, 15, 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่อง internal mixer ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการวิเคราะห์โครงสร้างทางสัณฐานวิทยาและพฤติกรรมการตกผลึกของพอลิเมอร์ผสมด้วยเทคนิค SEM DSC และ optical polarized microscope



รูปที่ 2.17 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์และพอลิเมอร์ผสม

จากกราฟสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์และพอลิเมอร์ผสมพบว่าพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS ไม่สามารถผสมเข้ากันได้และเกิดการแยกเฟสกันอย่างชัดเจน

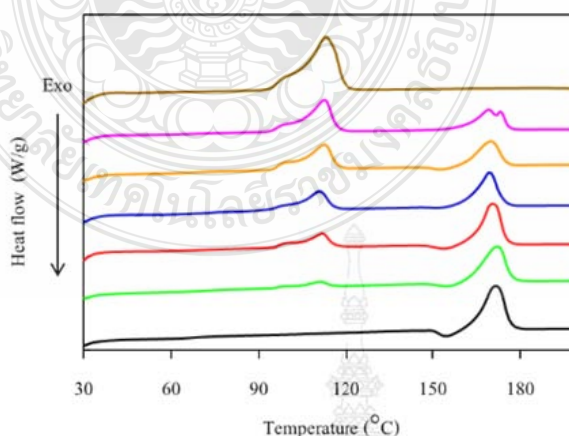


รูปที่ 2.18 ลักษณะทางกายภาพของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS(80/20)

จากกล้อง Polarized optical micrographs

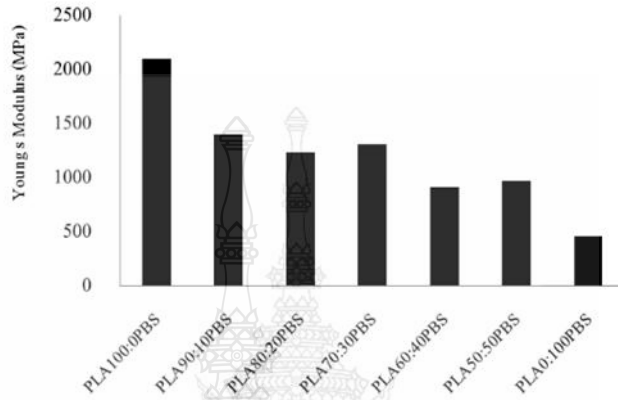
จากภาพแสดงให้เห็นว่าพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS (80/20) มีการกระจายตัวที่ดีของ PBS บน PLA โดย PBS ที่เติมลงไปใน PLA สามารถทำหน้าที่เป็นสารริเริ่มที่ทำให้ PLA เกิดผลึกได้และเมื่อปริมาณของ PBS ในพอลิเมอร์ผสมมีมากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิในการตกผลึก PLA ต่ำลง

ลลิตา จอมแปง และคณะ 2013 [2] เตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS ที่อัตราส่วนผสม PBS ที่ 10, 20, 30, 40, 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยกระบวนการหลอมเหลวด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่จากนั้นทำการขึ้นรูปเป็นเส้นใยด้วยกระบวนการปั่นแบบหลอมเหลว ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว เพื่อศึกษาสมบัติทางความร้อน สมบัติเชิงกล และ โครงสร้างจุลภาคของพอลิเมอร์ผสม และเส้นใยที่ขึ้นรูปได้



รูปที่ 2.19 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์และพอลิเมอร์ผสม

จากกราฟพบว่าจุดหลอมเหลวและความเป็นผลึกของพอลิเมอร์ผสมจะลดลง เมื่อมีการผสม PBS ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น และพบว่าเกิดการแยกเฟสระหว่าง PLA กับ PBS ในพอลิเมอร์ผสม เมื่อผสม PBS ลงไปในปริมาณมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 2.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น

จากการศึกษาสมบัติเชิงกลพบว่า การเติมปริมาณ PBS ที่เพิ่มขึ้นช่วยลดปัญหาที่แข็งแต่เปราะของ PLA ทำให้พอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS มีแนวโน้มที่จะมีความยืดหยุ่นมากขึ้นแต่ไม่ควรเติม PBS มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างพื้นฐานวิทย์ของพอลิเมอร์ผสม

จากการศึกษาโครงสร้างพื้นฐานวิทย์ของพอลิเมอร์ผสมพบว่ามีการแยกเฟสออกจากกัน อย่างเห็นได้ชัด PLA มีผิวค่อนข้างเรียบและเมื่อทำการผสม PBS ลงไปที่อัตราส่วน 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าผิวหน้าขรุขระ มีเนื้อพอลิเมอร์บางส่วนเริ่มเกาะเป็นกลุ่มก้อน PBS กระจายตัวบนผิวของ PLA คุณสมบัติความความยืดหยุ่นที่ดีของ PBS ทำให้พอลิเมอร์ผสมมีสมบัติเหนียวขึ้นสามารถรับแรงกระแทกได้ดี โดยที่อัตราส่วนระหว่างพอลิเมอร์ผสม 80/20 มีค่ามากที่สุด

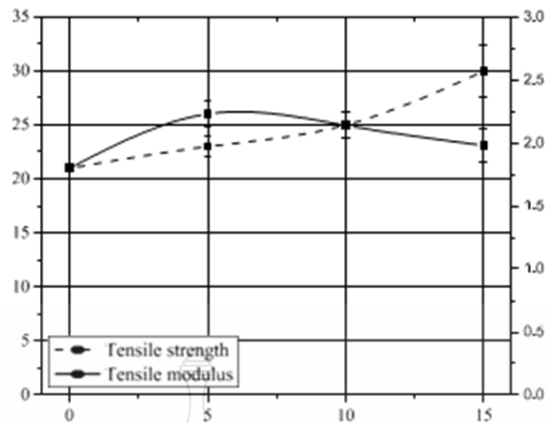
Amita Bhatia และคณะ 2007 [20] เตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS ที่อัตราส่วนระหว่าง 90/10 80/20 50/50 20/80 และ 10/90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่ ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสและศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา สมบัติทางความร้อน การไหล และสมบัติเชิงกล เพื่อศึกษาความสามารถในการเข้ากันได้ระหว่าง PLA และ PBS ทำการอบเม็ดพลาสติกก่อนการผสมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาด้วย SEM พบว่าพอลิเมอร์ทั้งสองไม่สามารถเข้ากันได้ เกิดการแยกเฟสอย่างชัดเจน โดยที่อัตราส่วน PLA/PBS ที่ 80/20 แสดงให้เห็นการผสมกันของพอลิเมอร์ทั้งสองบางส่วน ค่าความทนต่อแรงดึง มอดูลัสและเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาดเป็นไปตามกฎการผสม ลักษณะสัณฐานวิทยาแสดงให้เห็นการผสมปริมาณ PBS น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้เกิดการผสมกันของพอลิเมอร์และ PBS เป็นตัวเพิ่มความเหนียวให้กับ PLA

Alireza Dehghani และคณะ 2013 [21] ศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของวัสดุผสมพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลทที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้เส้นใยปาล์มเป็นตัวเสริมแรง ในงานนี้เป็นการนำเศษพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลทที่อยู่ในรูปแบบเม็ดกลับมาใช้ใหม่ โดยการเตรียมเส้นใยปาล์มล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาอบให้แห้งในเตาสูดอากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดคัดเลือกขนาดใยปาล์มให้ได้ขนาด 75 ไมครอน จากนั้นนำมาผสมกับพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลทที่อัตราส่วน 5, 10, 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่ ที่อุณหภูมิ 225-245 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 55 รอบต่อนาทีจากนั้นนำไปทำการฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่อง injection molding

Table 3
Effect of different fiber loadings on toughness and impact strength of the composites.

	Fiber loading (wt%)	Toughness ^a (MNm ⁻²)	Impact strength (kJ/m ²)
Pr	0	-	79
PrS	0	-	184
PrSD ₅	5	1417	113
PrSD ₁₀	10	5221	125
PrSD ₁₅	15	7029	138

รูปที่ 2.22 แสดงสมบัติความเหนียวและความทนทานของวัสดุเชิงประกอบ



รูปที่ 2.23 ค่าความต้านทานต่อแรงดึงและค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นของวัสดุเชิงประกอบ

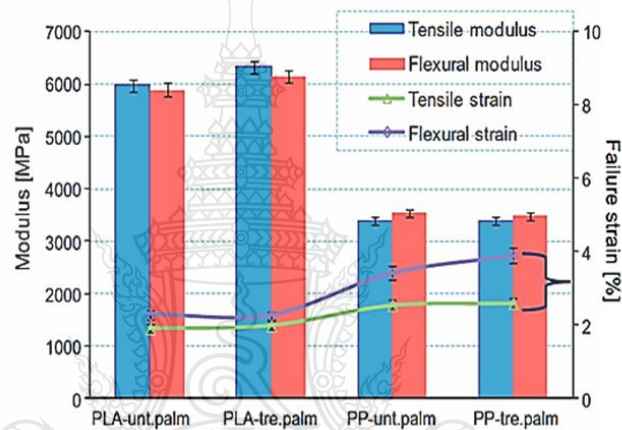
จากการทดสอบสมบัติเชิงกลแบบไดนามิกพบว่าปริมาณเส้นใยปาล์มในวัสดุผสมที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึง ค่าความเหนียวและค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของวัสดุผสมเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้ลิกนินหลุดออกจากเส้นใยให้มีพื้นที่สำหรับให้เส้นใยยึดเกาะกับพอลิเมอร์มากขึ้นและเมื่อมีการเติมเส้นใยในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เส้นใยมีการกระจายตัวที่ดีและสามารถรับแรงได้มากขึ้น

Kocak D. and S. I. Mistik 2015 [27] ได้ศึกษาการใช้เส้นใยที่มาจากใบปาล์มเป็นตัวช่วยเสริมแรงในวัสดุผสม โดยทำการล้างเส้นใยปาล์มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 5M แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยได้ทำการทดลองนำเส้นใยปาล์มมาเป็นตัวช่วยเสริมแรงให้กับพอลิพอฟิลิน โดยทดลองที่ความยาวของเส้นใยที่ต่างกัน จากการทดลองพบว่าเส้นใยปาล์มมีผลทำให้สมบัติเชิงกลของพอลิพอฟิลินเพิ่มขึ้น โดยพบว่าค่าแรงดึงและค่าโมดูลัสเพิ่มขึ้นตามความยาวของเส้นใยที่เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าเส้นใยปาล์มมีศักยภาพในการทำให้วัสดุผสมมีสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนดีขึ้นและสามารถนำวัสดุผสมที่ได้ไปใช้งานทางด้านอุตสาหกรรมยานยนต์และก่อสร้าง

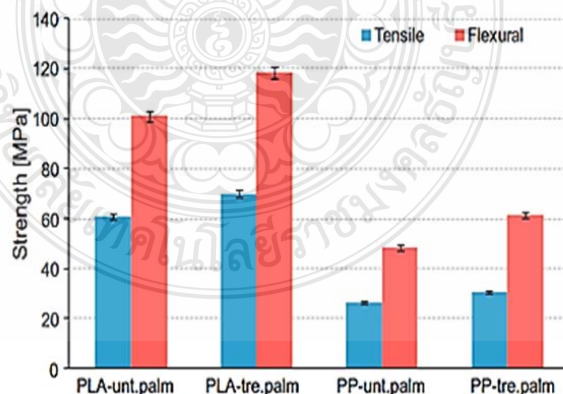


รูปที่ 2.24 ลักษณะเส้นใยใบปาล์ม

Abdullah Mamun A. และคณะ 2013 [28] ศึกษาวัสดุผสมพอลิแลกติกแอซิดและพอลิโพรไพลีนโดยใช้เส้นใยปาล์ม เตรียมเส้นใยปาล์ม ทำการผสม PLA และ PP ด้วยเส้นใยปาล์มที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่อัตราส่วน 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยปาล์มผ่านการทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าแล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Injection Molding ที่อุณหภูมิ 160-180 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 40 N/mm² โดยที่อุณหภูมิแม่พิมพ์ของ PLA และ PBS เท่ากับ 30 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เพื่อทำการทดสอบค่าความต้านทานต่อแรงดึงและแรงคดแรงคด ค่ามอดูลัสแรงดึงและแรงคด และลักษณะโครงสร้างพื้นฐานวิทยาของพอลิเมอร์ผสม



รูปที่ 2.25 ค่ามอดูลัสแรงดึงและแรงคดระหว่างพอลิเมอร์ผสม PLA และ PP กับเส้นใยปาล์ม



รูปที่ 2.26 ค่าความทนทานต่อแรงดึงและแรงคดของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA และ PP กับเส้นใยปาล์ม

จากการทดลองแสดงให้เห็นค่ามอดูลัสแรงดึงและแรงดัดของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA และ PP กับเส้นใยปาล์มโดยที่ปาล์มผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ว่าการที่เติมเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้ค่ามอดูลัสแรงดึงและแรงดัดที่ดีกว่าการเติมเส้นใยปาล์มที่ไม่ผ่านการเตรียมผิว เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ช่วยล้างลิกนินที่เกาะอยู่ที่ผิวของเส้นใยออกทำให้เส้นใยมีพื้นที่ในการยึดเกาะกับพอลิเมอร์มากขึ้นทำให้พอลิเมอร์ผสมมีคุณสมบัติในการรับแรงได้ดีขึ้น

ตารางที่ 2.5 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่อเรื่องงานวิจัย	ตัวแปร	วิธีที่ใช้ในการทดลอง	ผลการทดลอง
Structure and properties for biomass-based polyester blends of PLA and PBS. โดย Tadashi Yokohara และคณะ (2008).	PLA,PBS	ผสม PLA/PBS ตามอัตราส่วนต่างๆแล้วนำไปขึ้นรูปด้วยกระบวนการ Compression Molding	PLA/PBS ไม่สามารถเข้ากันได้ เกิดการแยกเฟสอย่างชัดเจน โดยที่อัตราส่วน PLA/PBS ที่ 80/20 พบการกระจายตัวที่ดีของ PBS บน PLA ทำให้เกิดการยึดตัว
Preparation of Polymer Blends Fiber Between Poly (lactic acid) and Poly (butylene succinate) for Textile Applications. โดย ลลิตา จอมแบ่ง และคณะ (2013).	PLA,PBS	ผสม PLA/PBS ที่อัตราส่วน PBS 0-50 %แล้วนำไปขึ้นรูปเป็นเส้นใยด้วยกระบวนการ Melt spinning	PLA/PBS ไม่สามารถเข้ากันได้ เกิดการแยกเฟสอย่างชัดเจน เมื่อปริมาณ PBS มากกว่า 20% โดยที่ PBS 10 % ทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความยืดหยุ่นที่ดี
Compatibility of biodegradable poly (lactic acid)(PLA) and poly (butylene succinate)(PBS) blends for packing application. โดย Amita Bhatia และคณะ (2007).	PLA,PBS	ผสม PLA/PBS ตามอัตราส่วนต่างๆด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่	PLA/PBS ไม่สามารถเข้ากันได้ โดยที่อัตราส่วน 80/20 พบการผสมบางส่วนของพอลิเมอร์ทั้งสองและเมื่ออัตราส่วน PBS น้อยกว่า 20 % จะเห็นการผสมที่ดีมากขึ้นและPBS ช่วยเพิ่มความเหนียวให้กับ PLA

ตารางที่ 2.5 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ชื่อเรื่องงานวิจัย	ตัวแปร	วิธีที่ใช้ในการทดลอง	ผลการทดลอง
Mechanical and Thermal properties of date palm leaf fiber reinforced recycled poly (ethylene terephthalate) composites โดย Alireza Dehghani และคณะ (2013).	PET,Palm Fiber	ผสม PET ด้วยเส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วย NaOH ความเข้มข้น 5% และขึ้นรูปด้วยเครื่อง Injection Molding	การเพิ่มขึ้นของเส้นใยปาล์มในวัสดุผสมทำให้สมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของวัสดุผสมดีขึ้น
The use of palm leaf fibres as reinforcements in composites โดย Kocak D. และคณะ (2015).	PP,Palm Fiber	ใช้เส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วย NaOH ความเข้มข้น 5M ที่มีความยาวต่างๆกันทำหน้าที่เป็นเส้นใยเสริมแรง โดยมี PP เป็นเฟสหลัก	ความยาวที่เพิ่มขึ้นของเส้นใยปาล์มในวัสดุผสมทำให้สมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของวัสดุผสมดีขึ้น
ศึกษาวัสดุผสมพอลิแลกติกแอซิดและพอลิโพรไพลีนโดยใช้เส้นใยปาล์ม โดย Abdullah Mamun A. และคณะ (2013).	PLA, PP, Palm Fiber	ผสม PLA,PP ด้วยเส้นใยปาล์มที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วย NaOH และขึ้นรูปด้วยเครื่อง Injection Molding	เส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วย NaOH มีผลทำให้สมบัติเชิงกลของวัสดุผสมดีขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER เพื่อศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์ผสมสมบัติทางความร้อน สมบัติทางกายภาพ และ สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม และศึกษาความเป็นไปได้ในกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมด้วยเครื่องอัดรีดสกรูคู่และทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Compression Molding ในขั้นตอนการดำเนินการวิจัยจะกล่าวถึงรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน แผนการดำเนินงาน วิธีการทดสอบสมบัติทางความร้อน สมบัติทางกายภาพ และ สมบัติ เชิงกลวิธีการดำเนินงานมีขั้นตอน ดังนี้

3.1 วัสดุอุปกรณ์ สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

- 1) เม็ดพลาสติกพอลิแลคติกแอซิดเกรด 6100D บริษัท NatureWorks, LLC, USA.
- 2) เม็ดพลาสติกพอลิโพลีบิวทิลีนซัคซิเนต เกรด FZ91PD บริษัท Mitsubishi Chemical Corporation, Japan
- 3) เส้นใยทะเลสาบปาล์มสายพันธุ์ Compact บริษัท ส. แหลมทองปาล์มออยล์ จำกัด
- 4) ตู้อบเม็ดพลาสติก
- 5) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรด AR บริษัท Ajax Finechem

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมชิ้นงาน

- 1) เครื่องบดปาล์ม
- 2) เครื่องอัดรีดพลาสติกแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin screw extruder) ตราอักษร Brabender รุ่น D-47005 บริษัท Duibury ประเทศเยอรมัน
- 3) เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding) บริษัท LAB TECH

ENGINEERING CO., LTD

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

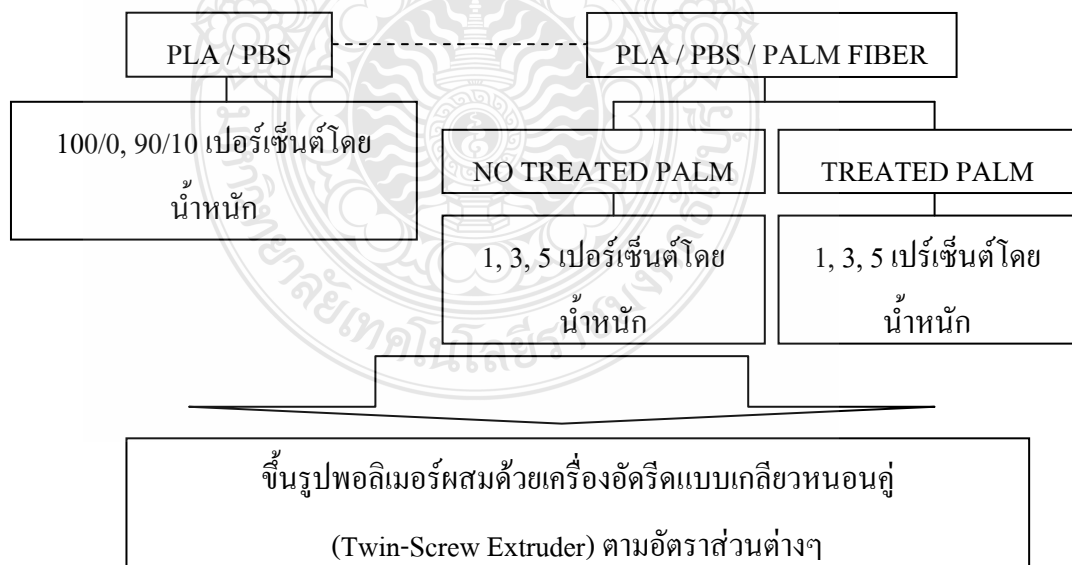
- 1) เครื่องทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) บริษัท อินโทร เอ็นเตอร์พรีร์ จำกัด
- 2) เครื่องทดสอบสมบัติความทนทานต่อแรงกระแทก (Izod Impact) ยี่ห้อ CEAST
- 3) เครื่องทดสอบความแข็ง (Hardness) ชนิด Shore D ยี่ห้อ PTC@INSTRUMENTS
- 4) เครื่องทดสอบสมบัติทางกายภาพสัณฐานวิทยา (Scanning Eletron Microscopy, SEM) รุ่น JSM 6610LV บริษัท JEOL
- 5) เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (Differential Scanning Calorimeter, DSC) รุ่น 200F บริษัท NETZSCH
- 6) เครื่อง Melt Flow Index รุ่น XRL-400A ตราอักษรประเทศจีน

3.1.4 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ห้อภิปรายผลการทดลอง

3.1.5 สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มรายงาน

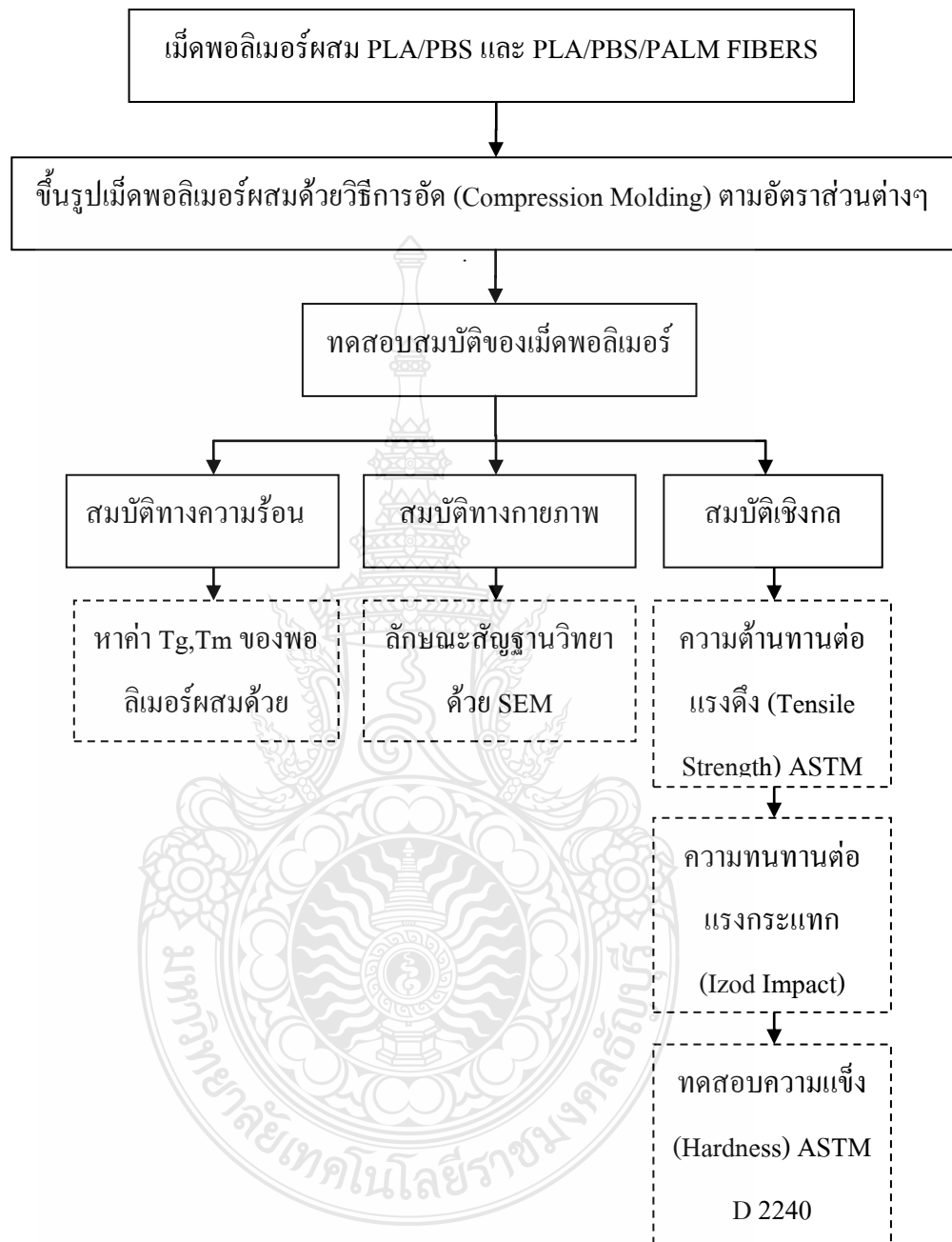
3.2 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน (ต่อ)



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน (ต่อ)

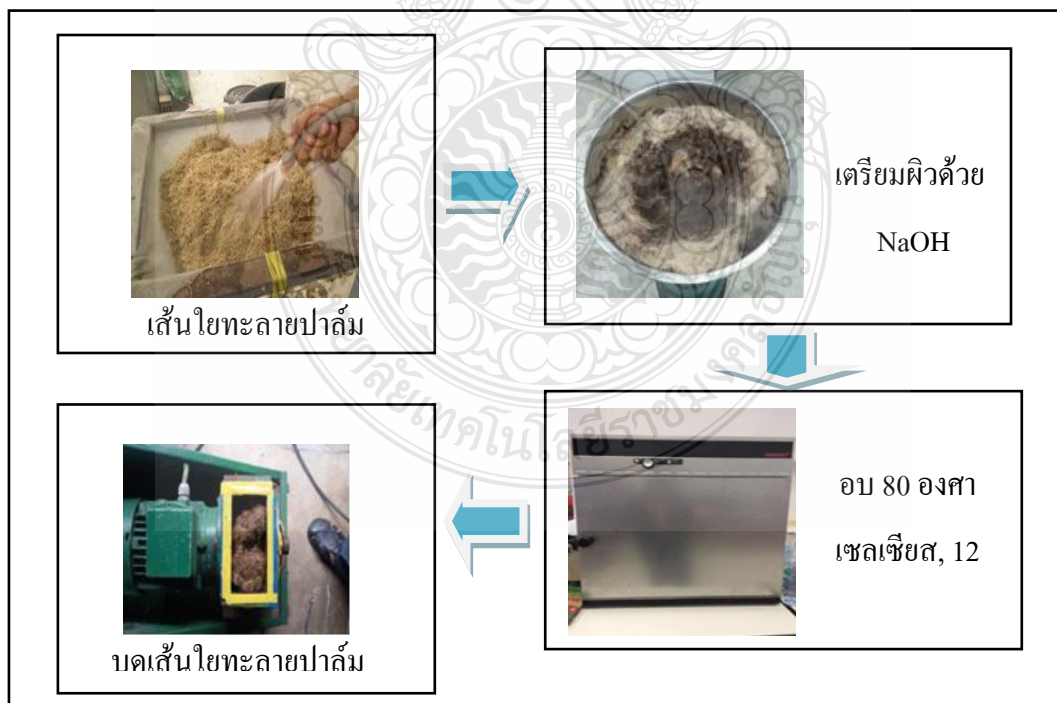
3.3 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยทะเลสาบปาล์ม

นำทะเลสาบปาล์มที่ทำการแยกผลปาล์มออกแล้วมาทำการแยกปาล์มออกเป็น 2 ส่วนเพื่อเตรียมเส้นใย คือ

3.3.1 ทะเลสาบปาล์มส่วนที่ไม่ได้ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ล้างทำความสะอาดเส้นใยทะเลสาบปาล์มด้วยน้ำกลั่นเพื่อขจัดคราบสิ่งสกปรก จากนั้นนำไปอบให้แห้งในเตาสถุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดให้ละเอียดเป็นผงแล้วทำการแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 20 เมช ได้เส้นใยปาล์มขนาด 850 ไมครอน

3.3.2 ทะเลสาบปาล์มส่วนที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ล้างทำความสะอาดเส้นใยทะเลสาบปาล์มด้วยน้ำกลั่นเพื่อขจัดคราบสิ่งสกปรก จากนั้นนำไปเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นใยทะเลสาบปาล์มไปล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปอบให้แห้งในเตาสถุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง [21] นำเส้นใยปาล์มที่ได้มาบดด้วยเครื่อง

การเตรียมเส้นใยปาล์ม



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยทะเลสาบปาล์ม

การเตรียมเส้นใยปาล์ม (ต่อ)



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยทะเลลายปาล์ม (ต่อ)

3.4 ขั้นตอนการผสมและขึ้นรูป

3.4.1 ชั่งน้ำหนักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS อัตราส่วน 100/0, 90/10

เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

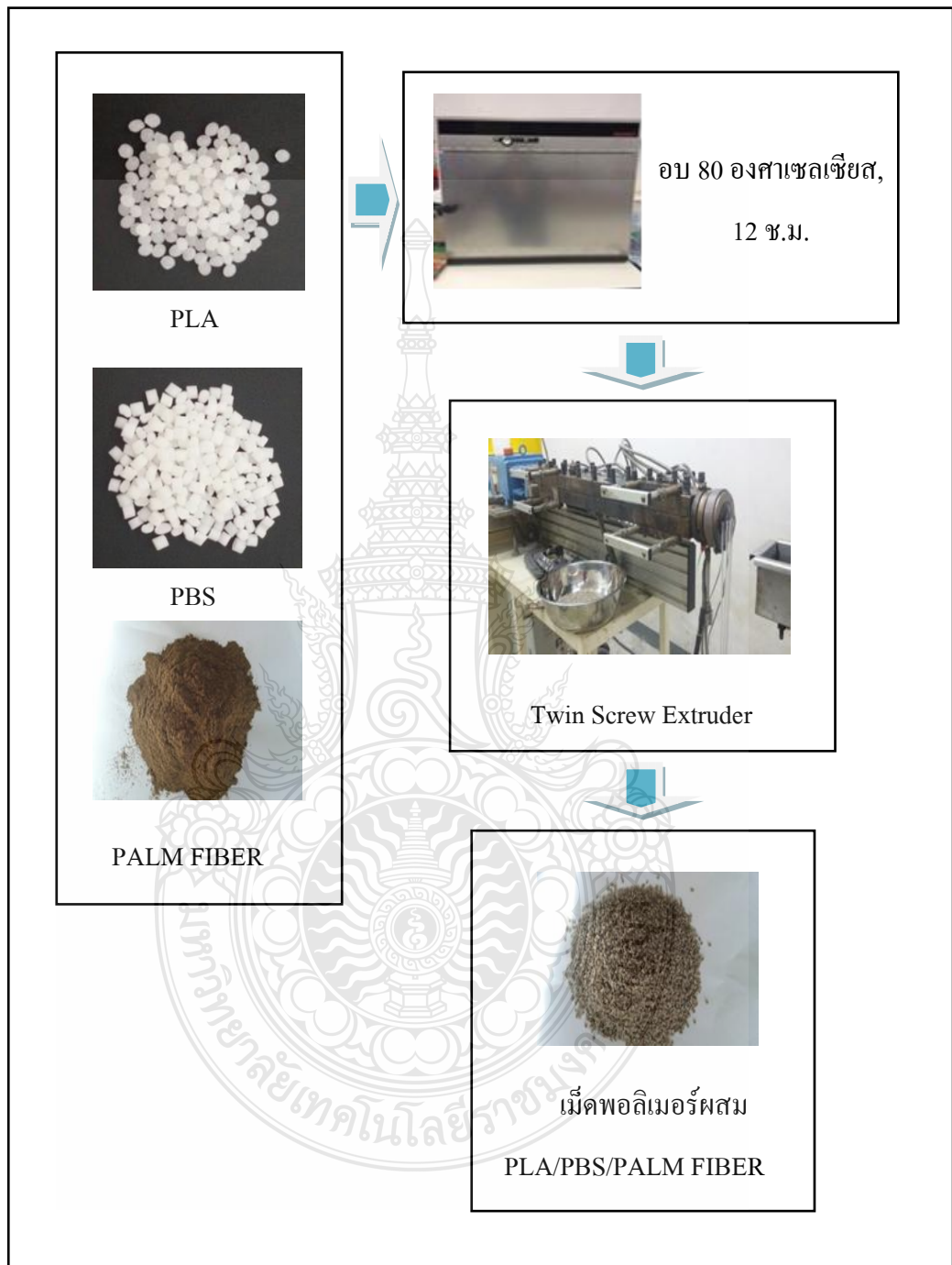
3.4.2 อบไล่ความชื้นพอลิเมอร์ผสมที่ชั่งได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3.4.3 ขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin Screw Extruder) ที่อุณหภูมิการผสมจาก Hopper ถึง หัว DIE 160-190 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบของสกรู 50 rpm. โดยแบ่งพอลิเมอร์ที่จะทำการผสมเป็น 2 ส่วนดังนี้

- พอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS อัตราส่วน 100/0, 90/10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- พอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS/PALM FIBER อัตราส่วน 90/10 เปอร์เซ็นต์โดย

น้ำหนักนำมาผสมกับเส้นใยทะเลลายปาล์มทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อัตราส่วน 1, 3, 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

การเตรียมการผสม



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมการผสม

3.4.5 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง

PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER

- นำเม็ดพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER ที่ได้จากการเตรียมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหอนคู่ (Twin Screw Extruder) ตามอัตราส่วนนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

- ทำการขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมด้วยวิธีการอัด (Compression molding) ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้เม็ดพลาสติกหลอมผสมกันและหล่อเย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที

ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ผสม

3.5 การทดสอบ

3.5.1 ทดสอบสมบัติการไหลของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER ที่อัตราส่วนต่างๆ

หลักการทดสอบ

ทดสอบค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Index, MFI) คือการหาปริมาณเป็นกรัมของพลาสติกหลอมเหลวที่ไหลผ่านหัวดายภายใต้ Specific Weight ซึ่งมีหน่วยเป็นอุณหภูมิที่กำหนดภายใน 10 นาที ค่าที่ได้จากการทดสอบของพอลิเมอร์แต่ละชนิด จะมีค่าที่แตกต่างกัน การทดสอบค่าดัชนีการไหล จะคล้ายกับการ Extrusion คือ การหลอมพลาสติกในกระบอกทดสอบ (Cylinder) ด้วยอุณหภูมิที่กำหนดแล้วใช้น้ำหนักกดตามค่าที่กำหนดพลาสติกเหลวก็จะไหลผ่านหัวดายออกมา หลังจากนั้นนำตัวอย่างพลาสติกที่ไหลออกมาไปชั่งน้ำหนักเทียบกับเวลา 10 นาทีจะได้ค่าดัชนีการไหลของพลาสติกซึ่งมีหน่วยเป็นกรัมต่อ 10 วินาที

การทดสอบ

- 1) อบเม็ดพอลิเมอร์และพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER ที่อัตราส่วนต่างๆ ปริมาณ 6 กรัม
- 2) ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส น้ำหนักกด 2.16 กิโลกรัม รอนอุณหภูมิคงที่
- 3) บรรจุเม็ดพอลิเมอร์ปริมาณ 6 กรัม ลงในกระบอกสูบ
- 4) ใส่แท่งกดน้ำหนักกดขนาด 2.16 กิโลกรัม เครื่องจะจับเวลาเมื่อพอลิเมอร์ผสมไหลออกมาจากหัวดาย แต่ละชิ้นจะกำหนดเวลาที่ 10 วินาที เครื่องจะทำการตัดชิ้นงานโดยอัตโนมัติ
- 5) นำตัวอย่างที่ได้ไปชั่งน้ำหนักและคำนวณหาค่า MFI



รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ Melt Flow Index รุ่น XRL-400A

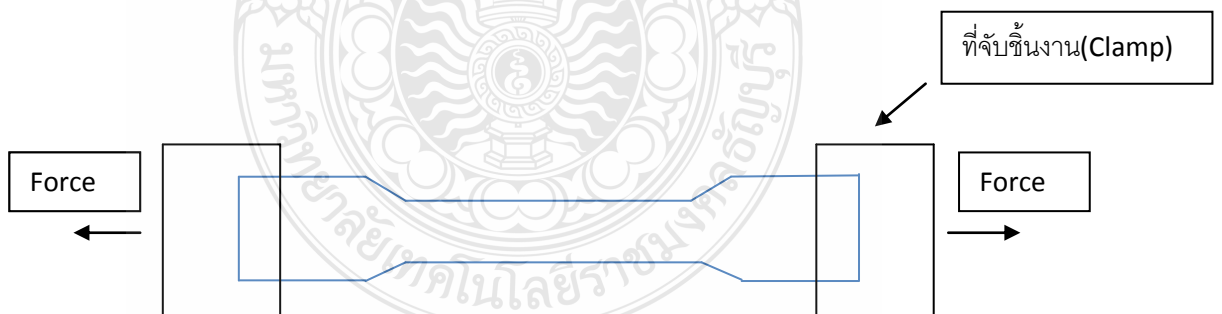
3.5.2 ทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)

หลักการทดสอบ

เป็นการดึงชิ้นตัวอย่างทดสอบให้ขาดออกจากกันและทำการบันทึกแรงที่ใช้ในการดึงและระยะยืดของชิ้นงานด้วยเครื่องบันทึก เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของวัสดุเมื่อได้รับแรงดึงด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638

การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ลักษณะชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบความทนทานต่อแรงดึงจะมีลักษณะเป็นรูปดัมเบลขนาดของดัมเบลมีความยาว 165 มิลลิเมตร และความหนา 2 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างรูปร่างของพอลิเมอร์ที่ใช้ทดสอบความเค้น และความเครียด [22]

วิธีการทดสอบ

1) นำชิ้นงานที่ตัดเป็นรูปดัมเบลมาติดหมายเลขชิ้นงานให้ชัดเจนและวัดความกว้างความหนาของชิ้นงานที่นำมาทดสอบแบ่งเป็นช่วงต้น ช่วงกลางและช่วงปลาย บันทึกค่าที่ได้เพื่อใช้ในการคำนวณวัด Gauge Length แล้วบันทึกเครื่องหมายแสดงช่วงของ Gauge Length ไว้

2) ใส่ชิ้นงานระหว่างที่จับ โดยให้ตัวอย่างอยู่ตรงกลางที่จับพอดี เพื่อการกระจายแรงที่สม่ำเสมอบนตัวอย่าง

3) ใช้ความเร็วในการดึง 5 มิลลิเมตร/นาที ใช้ Load cell 50 นิวตัน

4) ทำการทดสอบชิ้นงาน 10 ชิ้นและบันทึกข้อมูล Tensile Strength Young Modulus และ Percent Strain at Break

5) นำข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์สมบัติเชิงกลของชิ้นงาน



รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)

3.5.3 ทดสอบสมบัติความทนทานทานต่อแรงกระแทก (Izod Impact) [23]

หลักการทดสอบ

การทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact Test) เป็นการทดสอบเพื่อวัดค่า Impact Energy, Impact Transition Temperature (ITT) และศึกษาผิวรอยแตก (Fracture Surface) ของวัสดุ โดยการตีชิ้นทดสอบขนาดมาตรฐานจนชิ้นทดสอบเกิดการแตกหักเพื่อศึกษาความสามารถในการรับแรงกระแทกของวัสดุสำหรับค่าที่นิยมวัดมากที่สุดคือ ค่า Impact Energy ซึ่งเป็นพลังที่วัสดุจะดูดซับไว้ได้เมื่อได้รับแรงกระแทก (Dynamic Impact Force) จนเกิดการแตกหัก ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D256

การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ชิ้นงานทดสอบจะมีลักษณะเป็นแท่งยาวมีพื้นที่ภาคตัดขวางเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสและมีรอยบากอยู่ตรงกลางมีขนาดความกว้าง 12.7 มม. ยาว 63.5 มม. และหนา 3.17, 6.35 และ 12.7 มม. โดยวางชิ้นงานไว้ในแนวตั้งและให้ลูกตุ้มกระแทกกับด้านที่มีรอยบาก



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบแรงกระแทก (Izod Impact Strength) ยี่ห้อ HOUSE FIELD

(ก) เครื่องบากชิ้นงาน (ข) เครื่องทดสอบแรงกระแทกแบบ Izod

วิธีการทดสอบ

- 1) นำชิ้นงานไปทำการบากด้วยเครื่องบากชิ้นงาน (ก)
- 2) เปิดสวิตซ์เครื่อง (ข) แล้วทำการทดสอบแรงเสียดทานของค้อนน้ำหนักที่ต้องการใช้โดยการยกค้อนให้แขวนอยู่ในตำแหน่งที่แขวนค้อน

- 3) กดปุ่มด้านข้างของเครื่อง ปลดล็อคจนลงอย่างอิสระโดยไม่มีชิ้นงาน อ่านค่าพลังงานที่ได้เพื่อนำไปลบออกจากค่าพลังงานที่ได้จากการทดลองเมื่อมีชิ้นงาน
- 4) วางชิ้นงานที่ทำการบากในตำแหน่งที่กำหนด กดปุ่มที่อยู่ข้างเครื่องพร้อมๆกัน ปลดล็อคจนลงมาที่ชิ้นงาน
- 5) อ่านค่าพลังงานที่ได้ ทำซ้ำกับชิ้นงานจำนวน 10 ชิ้นตัวอย่างเพื่อหาค่าเฉลี่ยนำค่าพลังงานไปคำนวณค่าของการทนต่อแรงกระแทกในหน่วยจูลต่อเมตร (J/m)

3.5.4 ทดสอบความแข็ง (Hardness) ชนิด Shore D

หลักการทดสอบ

ทดสอบความสามารถของแผ่นอัดพอลิเมอร์ผสมด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 2240 Shore D ชิ้นงานที่นำมาทดสอบจะต้องมีความหนา 6 มม. และผิวเรียบวิธีทดสอบกดหัวเข็มลงบนชิ้นงานจนหัวเข็มถึงจุดหยุดทำการจับเวลาประมาณ 10 วินาที แล้วอ่านค่าจากหน้าปัด



รูปที่ 3.9 รูปเครื่องทดสอบความแข็ง (Hardness)

3.5.5 ทดสอบสมบัติทางกายภาพสัณฐานวิทยา (Scanning Electron Microscopy, SEM)

หลักการทดสอบ

ทดสอบเพื่อดูพื้นผิวของแผ่นอัดพอลิเมอร์ผสม โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจะมี Primary Electron จากขดลวดที่ถูกกระตุ้นด้วยพลังงานวิ่งไปกระทบกับพื้นผิวของตัวอย่างทำให้เกิดการสะท้อนกลับของพลังงานในรูปแบบต่างๆ เช่น Back-Scatter Electron รังสีเอ็กซ์ (X-ray) หรือ Secondary Electron เป็นต้นในลำกล้องจะมีตัวรับสัญญาณที่ทำหน้าที่เปลี่ยน Secondary Electron ให้เป็นสัญญาณอิเล็กตรอนและส่งสัญญาณไปที่จอภาพทำให้เกิดภาพที่สามารถมองเห็นได้ [24]



รูปที่ 3.10 รูปเครื่องทดสอบสมบัติทางกายภาพ (Scanning Eletron Microscopy, SEM)

3.5.6 ทดสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (Differential Scanning Calorimeter, DSC)

หลักการทดสอบ

ทดสอบสมบัติทางความร้อน (Thermal Property) [25] เพื่อทดสอบสมบัติทางความร้อนของเม็ดพอลิเมอร์ผสมด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (Differential Scanning Calorimeter, DSC) ได้ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยวิเคราะห์หรืออธิบายการเปลี่ยนแปลงของขบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมี การดูดหรือคายความร้อน โดยวัดความแตกต่างปริมาณความร้อนระหว่างวัสดุตัวอย่างกับวัสดุอ้างอิงที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยมีโปรแกรมให้เครื่องทำการวัดไปตามช่วงอุณหภูมิช่วงหนึ่งเพื่อให้เห็นข้อมูลละเอียดจนเปรียบเทียบกันได้

สภาวะการทดสอบ

อัตราการเพิ่มความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จากอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสถึง 190 องศาเซลเซียส โดยรักษาอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อกำจัด Thermal history แล้วลดความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จาก 190 องศาเซลเซียส ลงมาจนถึงอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วทำการวิเคราะห์ผลที่ได้

วิธีการวิเคราะห์ผลหาค่าความเป็นผลึกของพอลิเมอร์ผสมสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\% \text{ Crystallinity} = \frac{\Delta H_f}{\Delta H_{f_{100}}} \times \frac{100}{X} \quad (1)$$

ΔH_f = Heat of Fusion of Polymer (J/g)

$\Delta H_{f_{100}}$ = Heat of Fusion of 100% Polymer Crystallization

PLA $\Delta H_{f_{100}}$ = 93 (J/g) [32]

PBS $\Delta H_{f_{100}}$ = 110.3 (J/g) [33]

วิธีการทดสอบ

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ทดสอบประมาณ 5 มิลลิกรัม บรรจุตัวอย่างที่ชั่งได้ลงในภาชนะบรรจุ (Pan) แล้วนำไปทำการทดสอบ



รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน (Differential Scanning Calorimeter, DSC) รุ่น 200F บริษัท NETZSCH

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

จากการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER โดยที่เส้นใยทะลายนาล์มผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยอัตราส่วนระหว่าง PLA/PBS ที่ 100/0, 90/10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนระหว่าง PLA/PBS/PALM FIBER โดยที่เส้นใยทะลายนาล์มที่ 90/10/1T, 90/10/3T, 90/10/5T 90/10/1, 90/10/3, 90/10/5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำการขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วนต่างๆ ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ Twin Screw Extruder และทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Compression Molding เพื่อทำการทดสอบสมบัติทางความร้อน สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสม ซึ่งผลการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER

4.4.1 ผลการทดสอบสมบัติดัชนีการไหลของเม็ดพอลิเมอร์

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองสมบัติดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER

วัสดุที่ใช้ทดสอบ	MFR (g/10 min)
100/0	13.02
90/10	16.14
90/10/1	15.36
90/10/3	15.90
90/10/5	16.32
90/10/1T	17.04
90/10/3T	17.08
90/10/5T	17.82
0/100	4.56

จากตาราง 4.1 จากการทดสอบดัชนีการไหลของพอลิเมอร์และพอลิเมอร์ผสมที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการผสม PBS 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักลงใน PLA ทำให้ค่าดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ผสมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีการไหลของ PLA ที่จากเดิม 13.02 g/10 min เพิ่มขึ้นเป็น 16.14 g/10 min และเมื่อทำการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วน 90/10/1T, 90/10/3T, 90/10/5T เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วน 90/10/1, 90/10/3, 90/10/5 จะเห็นได้ว่าการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มมีผลทำให้ค่าดัชนีการไหลเพิ่มขึ้น โดยที่การเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ จะให้ค่าดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ผสมมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยค่าจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ใส่เข้าไป แต่เนื่องจากปริมาณเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณน้อยจึงทำให้ค่าเพิ่มขึ้นไม่มากนัก

4.4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของเม็ดพอลิเมอร์ผสม

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER

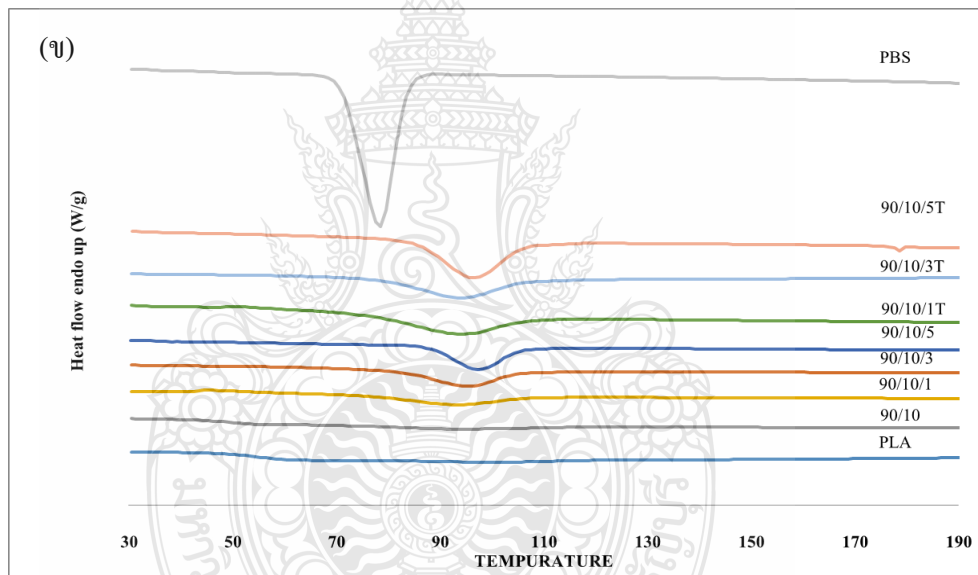
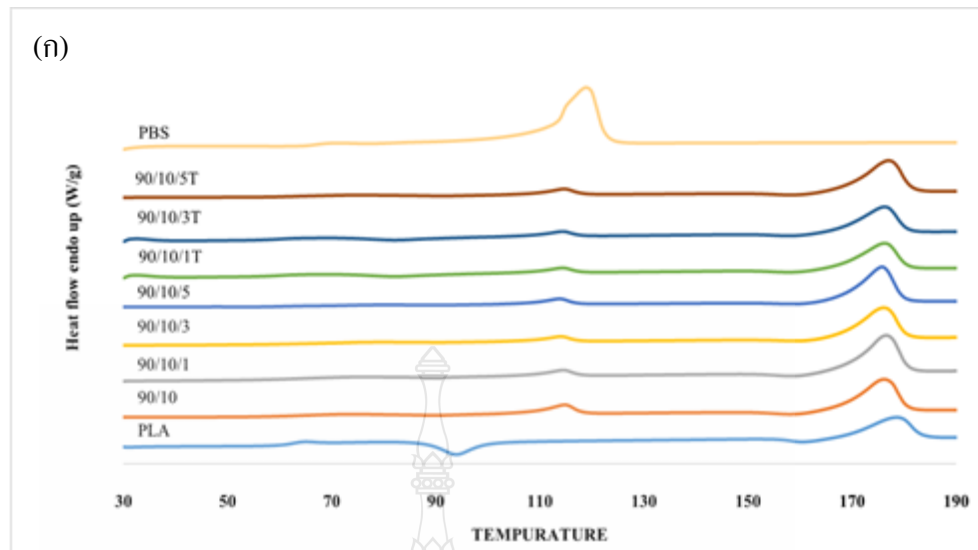
Sample	Heat of fusion		Heat of fusion		T _c (°C) PBS	T _c (°C) PLA
	T _m (°C) PBS	(J/g) PBS	T _m (°C) PLA	(J/g) PLA		
	100/0	-	-	178.7		
90/10	114.9	10.16	176.2	42.68	-	92.9
90/10/1	114.7	6.338	176.6	46.93	-	93.9
90/10/3	114.1	5.328	176.1	40.32	-	95.2
90/10/5	114.0	5.87	175.9	41.57	-	97.3
90/10/1T	114.3	5.603	175.7	45.27	-	94.4
90/10/3T	114.5	5.204	176.3	35.09	-	94.3
90/10/5T	114.8	7.093	177.1	41.77	-	96.5
0/100	118.8	82.07	-	-	78.2	-

จากตาราง 4.2 อุณหภูมิของการหลอมเหลว (T_m) ของ PLA สูงกว่า อุณหภูมิการหลอมเหลว (T_m) ของ PBS โดยที่อุณหภูมิการหลอมเหลว (T_m) ของ PLA มีค่าเท่ากับ 178.8 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว (T_m) ของ PBS มีค่าเท่ากับ 118.8 องศาเซลเซียส และเมื่อนำพอลิเมอร์ทั้งสองมาผสมกันที่อัตราส่วนระหว่าง PLA/PBS ที่ 90/10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากรูปที่ 4.1(a) แสดงให้เห็นค่า T_m ของ PBS และ PLA ว่าไม่มีการเลื่อนเข้าหากันโดยเห็นการแยกออกจากกันระหว่างพอลิเมอร์ผสมทั้งสองอย่างชัดเจน แสดงว่าพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS เป็นพอลิเมอร์ผสมแบบไม่เข้ากันและเมื่อทำการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มลงไปในพอลิเมอร์ผสม ที่อัตราส่วนระหว่าง PLA/PBS/ PALM FIBER โดยที่เส้นใยทะเลลายปาล์มไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 90/10/1, 90/10/3, 90/10/5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและที่เส้นใยทะเลลายปาล์มผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ 90/10/1T, 90/10/3T, 90/10/5T เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าค่า T_m ของ PBS และ PLA มีการแยกออกจากกัน แสดงให้เห็นว่าการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางความร้อน เนื่องจากปริมาณเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผสมลงไปมีปริมาณน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ลลิตา จอมแปง และคณะ [2] เมื่อพิจารณากราฟของการคายความร้อนของพอลิเมอร์ในรูปที่ 4.1 (b) จะเห็นกราฟที่แสดงอุณหภูมิการเกิดผลึกของพอลิเมอร์ จากการทดลองพบว่าค่าการเกิดผลึกของ PBS และ PLA อยู่ที่ 78.2 °C และ 94.0 °C โดยที่จะพบอุณหภูมิของการเกิดผลึกทั้งของ PBS และ PLA ในพอลิเมอร์ผสม ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าเส้นใยทะเลลายปาล์มไม่มีส่งผลกระทบต่อสมบัติทางความร้อนซึ่งอาจเป็นเพราะว่าปริมาณเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผสมลงไปมีปริมาณไม่มากจึงทำให้ไม่เห็นค่าความแตกต่างอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางความร้อนของ % Crystallinity PLA ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER

Sample	T_m (°C)	ΔH (J/m)	% crystallinity PLA
100/0	178.7	20.11	46.32
90/10	176.2	19.37	20.83
90/10/1	176.6	27.13	29.17
90/10/3	176.1	11.55	12.42
90/10/5	175.9	9.43	10.14
90/10/1T	175.7	23.17	24.91
90/10/3T	176.3	13.56	14.58
90/10/5T	177.1	9.99	10.74
0/100	118.8	9.05	11.02

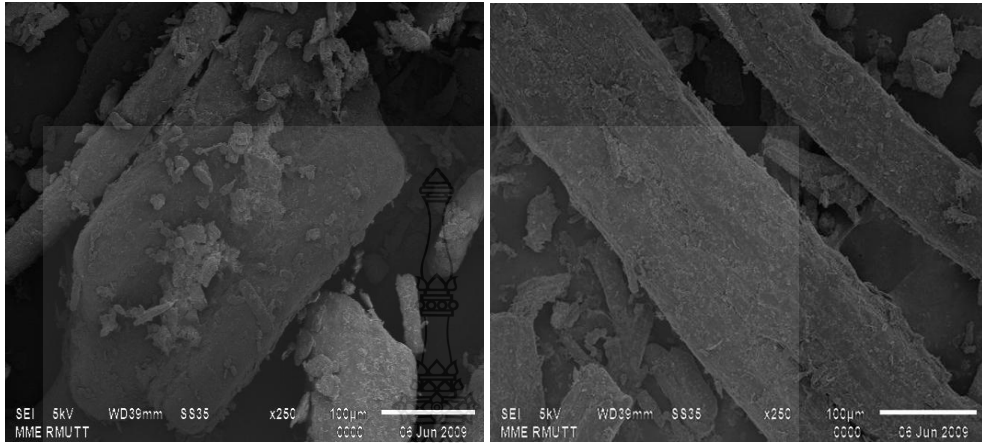
จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าปริมาณความเป็นผลึกของ PLA พบว่าเมื่อทำการเติม PBS 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปริมาณความเป็นผลึกของ PLA มีค่าลดลงและอุณหภูมิหลอมเหลวของทั้ง PLA และ PBS มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและแสดงค่าอุณหภูมิสองจุดแสดงให้เห็นว่าพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS เป็นพอลิเมอร์ผสมแบบไม่เข้ากัน [2] และเมื่อทำการเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าปริมาณความเป็นผลึกในพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มในปริมาณ 1, 1T และเริ่มลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่เติมมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alireza Dehghani และคณะ [21] โดยที่อุณหภูมิหลอมเหลวของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS/PALM FIBER มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและยังแสดงค่าอุณหภูมิเป็นสองจุดแสดงว่าพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS/PALM FIBER เป็นพอลิเมอร์ผสมแบบไม่เข้ากันและเนื่องจากปริมาณเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่เติมลงไปมีปริมาณไม่มากจึงทำให้ผลึกที่เกิดขึ้นน้อยและการลดลงของผลึกในพอลิเมอร์ผสมมีผลกระทบเชิงลบโดยตรงต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม



รูปที่ 4.1 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์และผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วย NaOH (ก) กราฟของการให้ความร้อน (ข) กราฟของการเย็นตัว

4.4.3 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพพื้นฐานวิทยา

1) ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพพื้นฐานวิทยาของเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์



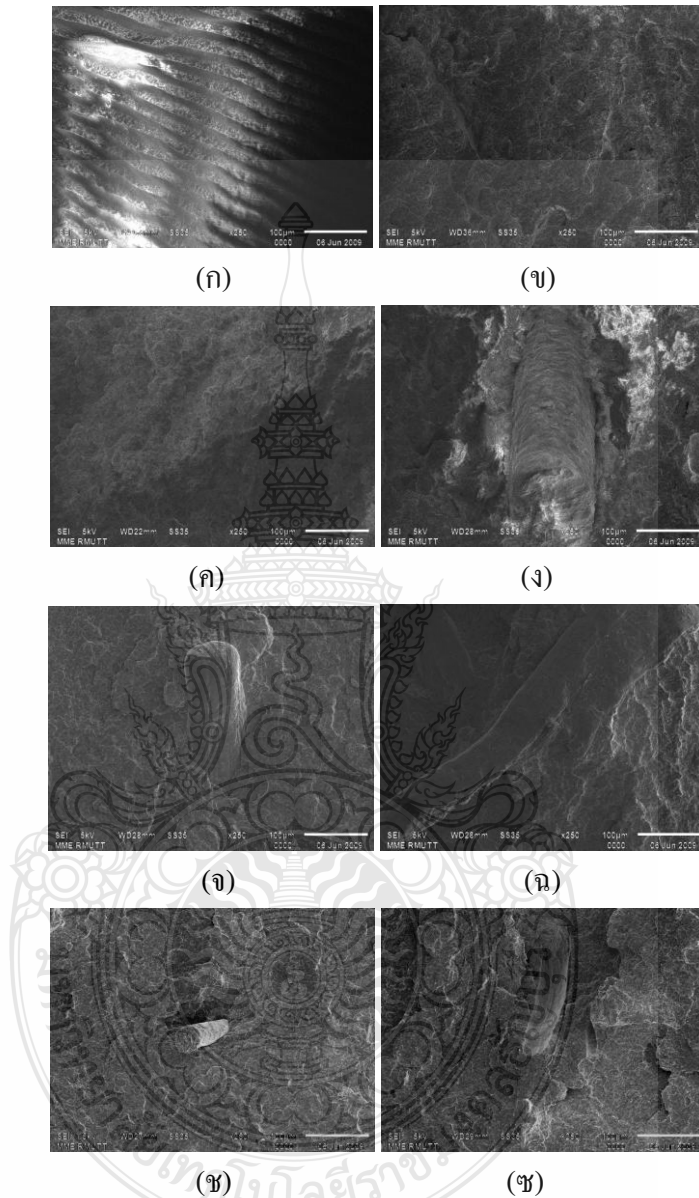
(ก)

(ข)

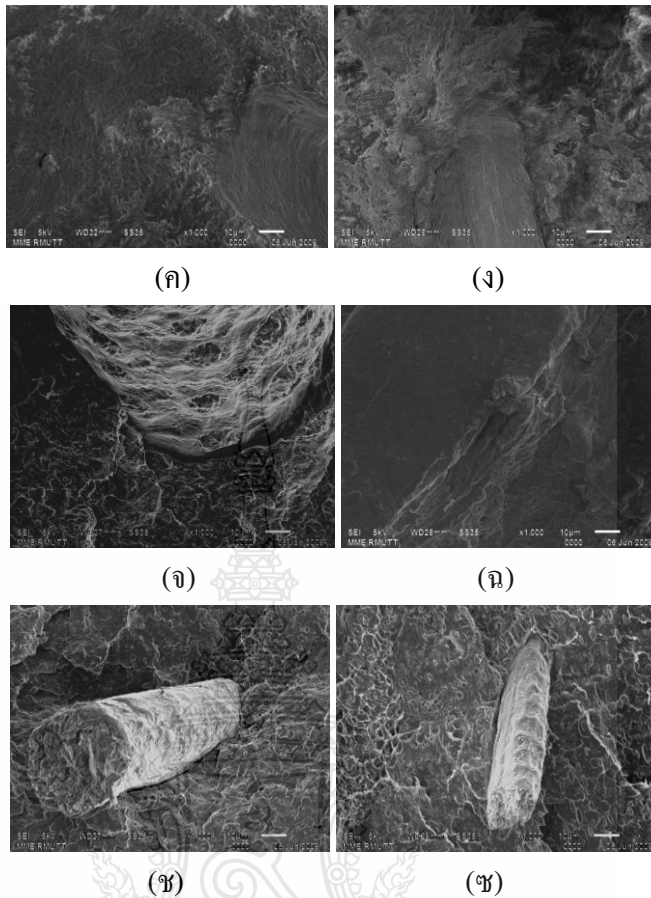
รูปที่ 4.2 (ก) เส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ไม่ผ่านการเตรียมผิว (ข) เส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิว

รูป (ก) จากการเตรียมเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แสดงให้เห็นว่าผิวของเส้นใยจะมีลักษณะขรุขระเนื่องจากมีสิ่งสกปรกที่เรียกว่าลินินเกาะติดอยู่กับผิวของเส้นใยทำให้การยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์เป็นไปได้ยากเนื่องจากพื้นที่ในการยึดเกาะถูกกีดขวางด้วยลินินและรูป (ข) จากการเตรียมเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าลักษณะผิวของเส้นใยค่อนข้างเรียบเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ การที่เส้นใยที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีลักษณะผิวที่เรียบนั้น เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้ลินินหลุดออกจากเส้นใย ซึ่งการหลุดออกของลินินมีผลทำให้เส้นใยมีพื้นที่ในการยึดเกาะกับพอลิเมอร์ผสมมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alireza Dehghani และคณะ [21] ซึ่งทำการศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของวัสดุผสมพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลทที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้เส้นใยปาล์มเป็นตัวเสริมแรง โดยพบว่าการเติมเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้สมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของวัสดุผสมดีขึ้นมากกว่าการเติมเส้นใยปาล์มที่ไม่ผ่านการเตรียมผิว ซึ่งสรุปได้ว่าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อการยึดเกาะระหว่างเส้นใยปาล์มกับพอลิเมอร์

2) ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพพื้นฐานวิทยาของเม็ดพอลิเมอร์และพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER



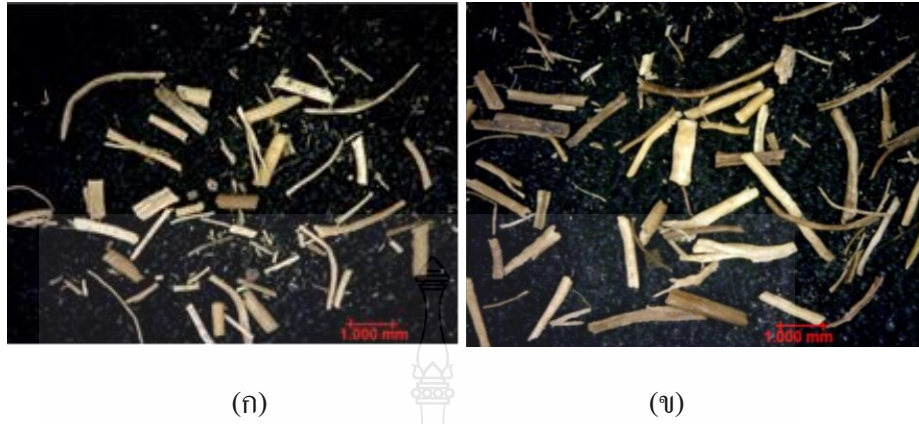
รูปที่ 4.3 สัณฐานวิทยาจากรอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER (กำลังขยาย 250 เท่า) โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ก) PLA (ข) PLA90/10PBS (ค) PLA90/10PBS/1 (ง) PLA90/10PBS/3 (จ) PLA90/10PBS/5 (ฉ) PLA90/10PBS/1T (ช) PLA90/10PBS/3T (ซ) PLA90/10PBS/5T



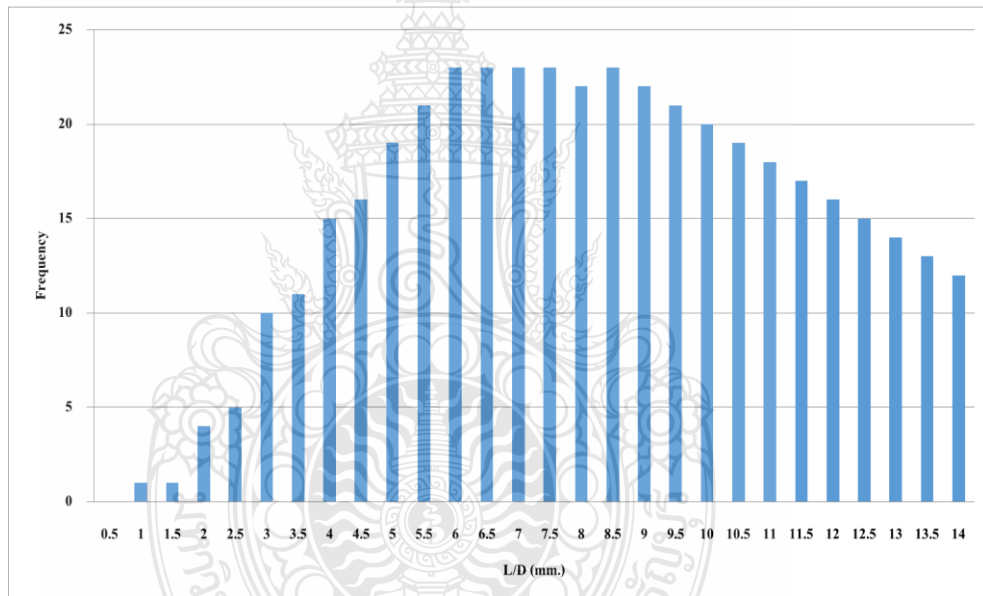
รูปที่ 4.4 สันฐานวิทยาจากรอยแตกหักของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER (กำลังขยาย 1000 เท่า) โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ค) PLA90/10PBS/1 (ง) PLA90/10PBS/3 (จ) PLA90/10PBS/5 (ฉ) PLA90/10PBS/1T (ช) PLA90/10PBS/3T (ซ) PLA90/10PBS/5T

รูปที่ 4.3 PLA มีลักษณะผิวค่อนข้างเรียบและเมื่อผสม PBS 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ลงไปใน PLA ทำให้ผิวหน้าของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS มีลักษณะขรุขระ ไม่เรียบ มีเนื้อพอลิเมอร์บางส่วนเกาะกันเป็นก้อน [2] และเมื่อเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเห็นได้ว่าเส้นใยทะเลสาบปาล์มกระจายตัวอยู่ในพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS และผิวหน้าของพอลิเมอร์ที่ทำการผสมเส้นใยทะเลสาบปาล์มลงไปมีลักษณะขรุขระมากขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้ส่งผลต่อค่าสภาพความยืดหยุ่น โดยที่ปริมาณการเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์ม โดยที่ปาล์มผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้สภาพการยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น รูปที่ 4.4 เมื่อทดสอบสมบัติสันฐานวิทยาที่ กำลังขยาย 1000 เท่า จะเห็นการผสมที่เข้ากันระหว่างพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS กับเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

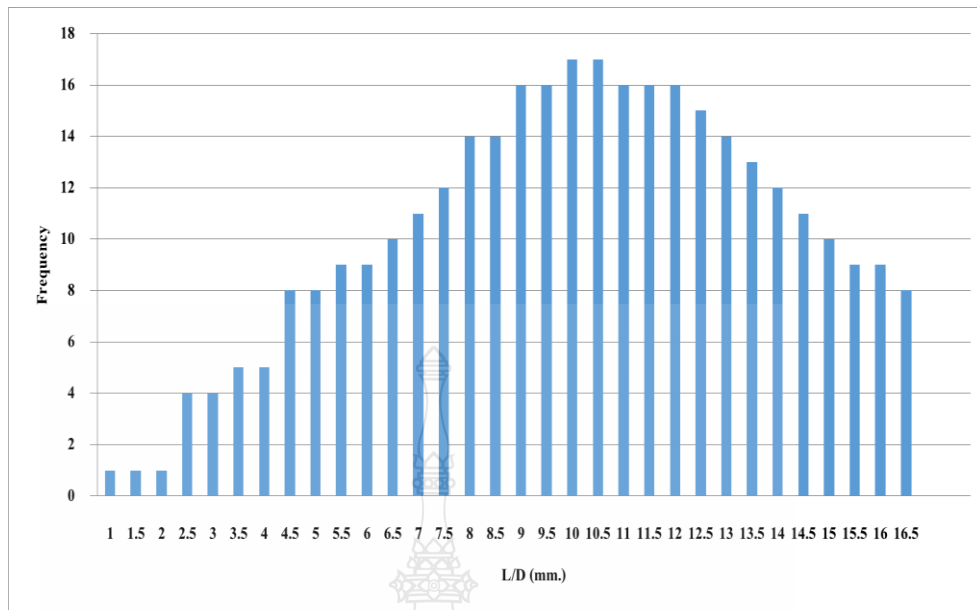
3) ทดสอบหาการกระจายตัวขนาดเส้นใยทะเลสาบปาล์ม



รูปที่ 4.5 (ก) เส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ไม่ผ่านการเตรียมผิว (ข) เส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิว



รูปที่ 4.6 กราฟการกระจายตัวขนาดเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ไม่ผ่านการเตรียมผิว

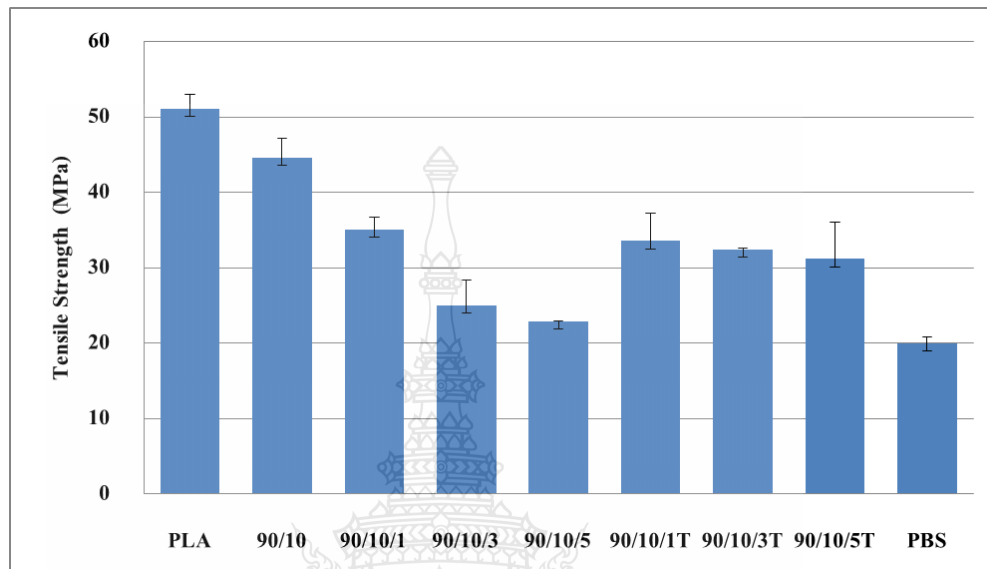


รูปที่ 4.7 กราฟการกระจายตัวขนาดเส้นใยละลายปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิว

จากรูปที่ 4.5 (ก) และ (ข) จะเห็นได้ว่าเส้นใยละลายปาล์มทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิว เมื่อทำการบดแล้วให้ขนาดเส้นใยที่มีขนาดไม่เท่ากัน โดยจะเห็นได้ว่าเส้นใยมีความยาวและสั้นปะปนกันและจากกราฟการกระจายตัวของเส้นใยละลายปาล์มที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิว จะเห็นได้ว่าขนาดของเส้นใยที่วัดได้มีขนาดที่แตกต่างกันซึ่งมีผลต่อการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอของเส้นใยในพอลิเมอร์ผสมเมื่อทำการผสมและทำการขึ้นรูป การขึ้นรูปด้วยกระบวนการ Compression Molding เป็นการขึ้นรูปแบบบีบให้แรงเป็นไปในทิศทางที่ไม่สามารถควบคุมได้และเส้นใยละลายปาล์มที่ทำการผสมลงไปมีขนาดที่แตกต่างกันทำให้เกิดการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอภายในชิ้นงานเมื่อทำการขึ้นรูป และเมื่อทำการทดสอบสมบัติทางกลของชิ้นงานทำให้ค่าที่ได้มีค่ากว้าง โดยที่ค่าสูงเป็นเพราะว่ามีการผสมเส้นใยที่ส่วนใหญ่เป็นเส้นใยที่มีความยาวลงไปความยาวของเส้นใยมีผลทำให้สมบัติทางกลสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kocak D. and Mistik S. I. (2015). [27] ที่ทำการทดลองใช้เส้นใยไบปาล์มที่ขนาดความยาวต่างกันเป็นตัวช่วยเสริมแรงในวัสดุคอมโพสิต จากผลการทดลองพบว่าสมบัติทางกลของวัสดุเพิ่มขึ้นตามความยาวของเส้นใยที่ผสมลงไป

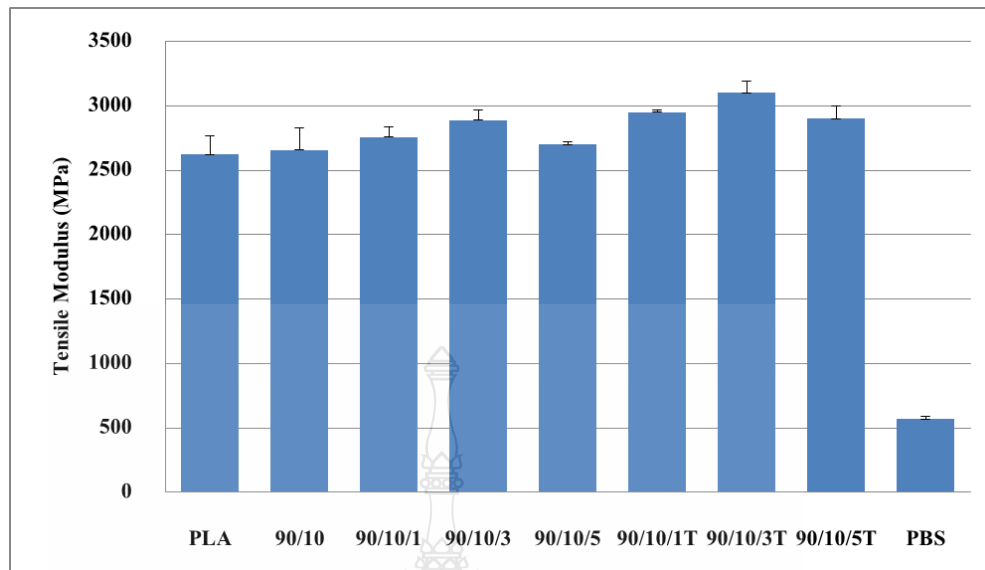
4.4.4 ผลการทดสอบสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER

1) ทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) กับปริมาณเส้นใยทะเลสาบ ปาล์มที่เติมในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียม ผิวด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์

รูปที่ 4.8 จากกราฟจะเห็นได้ว่า PLA มีค่าความแข็งแรงดึงสูงที่สุดและเมื่อทำการผสม PBS 10 เปอร์เซ็นต์ลงไปมีผลทำให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมลดลง การเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป ในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS ทำให้ค่าความแข็งแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมลดลง ซึ่งการลดลงดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจาก PLA และ PBS เป็นพอลิเมอร์ผสมแบบไม่เข้ากัน คุณสมบัติความไม่แข็งแรง และความยืดหยุ่นของ PBS ทำให้ค่าแรงดึงลดลง [2] และเนื่องจากความเป็นผลึกในพอลิเมอร์ผสมหลังจากเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและลดลงตามปริมาณเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่เติมลงไปและปริมาณเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ผสมลงใน PLA/PBS มีปริมาณน้อยจึงทำให้สมบัติเชิงกลด้านความแข็งแรงดึงลดลง

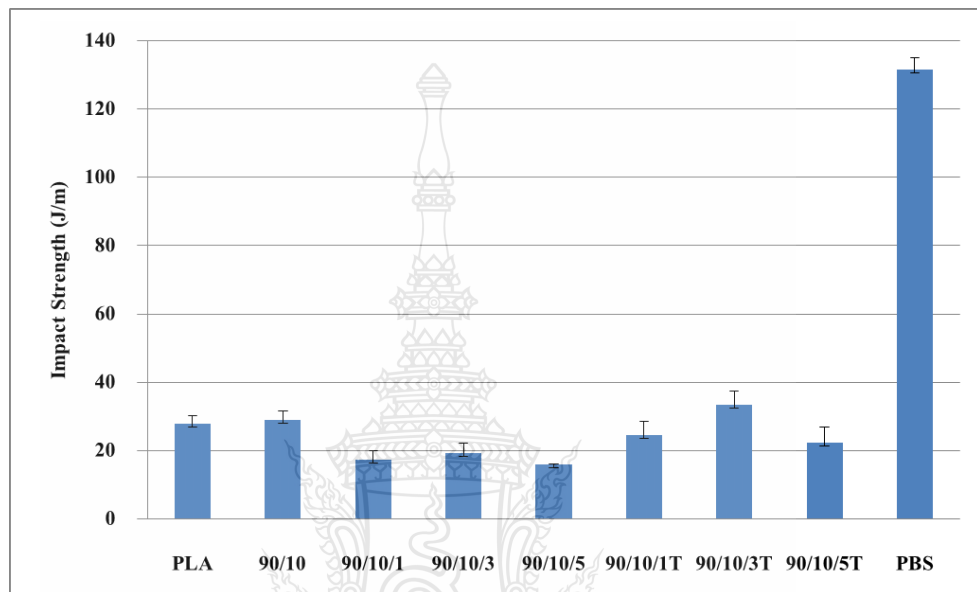


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นกับปริมาณเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่เติมในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

รูปที่ 4.9 ค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสม เมื่อทำการผสม PBS 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS มีการยืดตัวได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ PLA เนื่องจาก PBS มีคุณสมบัติที่ดีในการยืดหยุ่น และเมื่อทำการเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปจะเห็นได้ว่าพอลิเมอร์ผสมมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นโดยที่อัตราส่วน 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ของเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวให้ค่าสูงสุด และเมื่อทำการเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเห็นได้ว่าค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน โดยการเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่อัตราส่วน 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าสูงที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มลงในพอลิเมอร์ผสมมีผลทำให้ค่ามอดูลัสสูงขึ้น แต่เส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ค่าสูงกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านการเตรียมผิว การที่เส้นใยที่ผ่านการเตรียมผิวทำให้ค่ามอดูลัสสูงกวานั้น เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์มีคุณสมบัติทำให้ลิกนินหลุดออกซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ในการยึดเกาะระหว่าง PLA/PBS กับเส้นใยทะเลสาบปาล์มมากขึ้น จึงทำให้ค่ามอดูลัสสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abdullah A. Mamun และ คณะ [28] ทำการศึกษาวัสดุผสมพอลิแลกติกแอซิดและพอลิโพรไพลีนโดยใช้เส้นใยปาล์มเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้เส้นใยปาล์มที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าการผสมเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้ค่า

มอดูลัสสูงเกินกว่าการผสมเส้นใยปาล์มที่ไม่ผ่านการเตรียมผิว เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้ความสามารถในการยึดเกาะระหว่างพอลิเมอร์ผสมกับเส้นใยปาล์มดีขึ้นเนื่องจากเส้นใยปาล์มมีพื้นที่มากขึ้นหลังจากที่ลิกนินที่เกาะอยู่บนผิวของเส้นใยหลุดออกหลังจากการเตรียมผิว

2) ทดสอบสมบัติความทนทานต่อแรงกระแทก (Izod Impact)

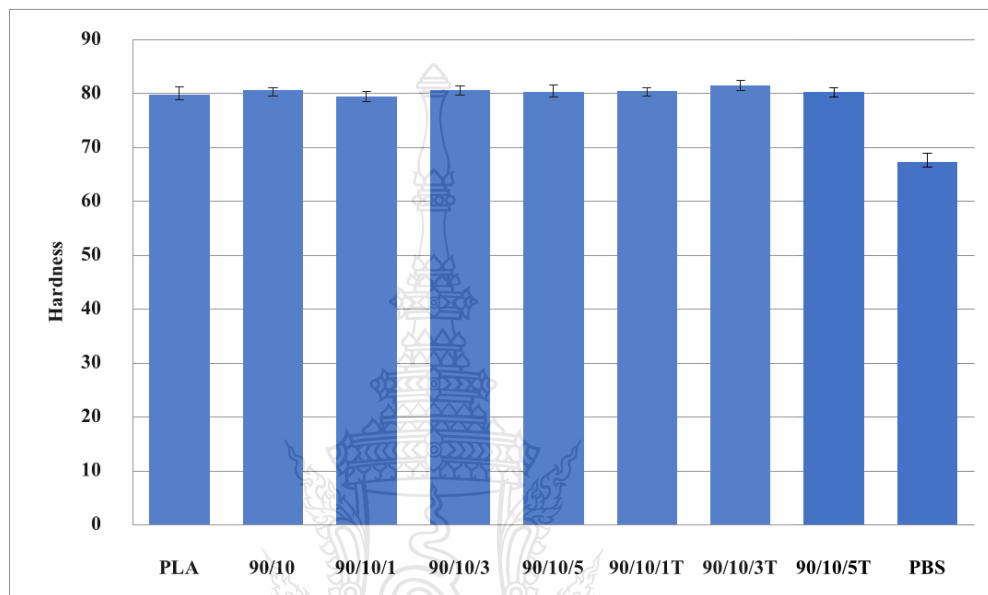


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทนต่อแรงกระแทกกับปริมาณเส้นใยทะเลลายปาล์มที่เติมในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์

การเติม PBS 10 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อค่าความเหนียวของเม็ดพอลิเมอร์ผสม จะเห็นได้ว่ามีผลทำให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากพฤติกรรมรับแรงของ PBS ที่มีความสามารถในการรับแรงกระแทกได้มาก จึงส่งผลให้ค่าการทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ลลิตา จอมแปง และคณะ [2] และเมื่อทำการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มลงไปจะเห็นได้ว่าการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ มีผลทำให้ค่าการทนทานต่อแรงกระแทกต่ำลง แต่เมื่อทำการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ มีผลทำให้ค่าการทนทานต่อแรงกระแทกแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่อัตราส่วน 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากเส้นใยทะเลลายปาล์มเข้าไปเพิ่มคุณสมบัติให้กับพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS ให้มีความสามารถในการรับแรงและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ยังมีคุณสมบัติในการกำจัด

ลักษณะบนผิวของเส้นใยทะเลลายปาล์มซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มการยึดเกาะและความเหนียวระหว่าง PLA/PBS กับเส้นใยทะเลลายปาล์ม ทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความทนทานต่อแรงกระแทกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alireza Dehghani และคณะ [21]

3) ทดสอบความแข็ง (Hardness)






รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับปริมาณเส้นใยทะเลลายปาล์มที่เติมในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

การเติม PBS ลงใน PLA ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็งผิวของพอลิเมอร์ผสมและเมื่อเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ โดยที่ปาล์มผ่านและไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ก็ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็งผิวเช่นกัน เห็นได้จากค่าความแข็งในกราฟที่ไม่มีการเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด เนื่องจากความไม่เข้ากันของ PLA/PBS และเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณไม่มากและเนื่องจากอัตราส่วนของ PLA ที่ใช้ในการทดลองมีมากเมื่อทำการทดสอบโดยการกดเข็มลงไปบนชิ้นงานทำให้พบแต่เนื้อของ PLA จึงทำให้ค่าที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกับ PLA 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความแข็งมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเสียดสีของวัสดุคอมโพสิตซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ A. Shalwan และคณะ [29]

4.2 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน


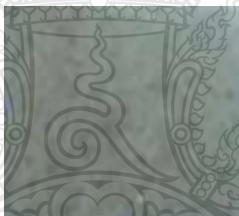
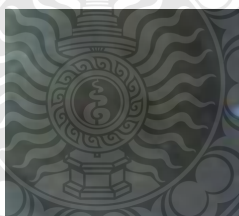
จากการศึกษาการนำเส้นใยทะเลลายปาล์มซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติมาทำการผสมลงในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS ที่อัตราส่วน 90/10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยที่เส้นใยทะเลลายปาล์มผ่านและไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราส่วน 1, 3, 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Compression Molding ได้ชิ้นงานที่มีลักษณะแข็ง เหนียว สีเปลี่ยนแปลงตามปริมาณเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ใส่ลงไป ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยทะเลลายปาล์มมาเพิ่มมูลค่า โดยการนำมาทำเป็นพอลิเมอร์ผสม เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลให้กับพอลิเมอร์ผสมและสำหรับใช้เป็นวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สำหรับ PLA/PBS/PALM FIBER ที่ 90/10/1, 90/10/3, 90/10/5 90/10/1T, 90/10/3T, 90/10/5T เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน PLA,PBS พอลิเมอร์ผสม PLA/PBS

Sample	รูปชิ้นงาน	รายละเอียด
PLA		มีสีใส แข็ง
PBS		ขาวขุ่น
90/10		ขาวขุ่น

จากตารางแสดงลักษณะทางกายภาพของชิ้นงาน PLA, PBS และพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS ที่อัตราส่วน 90/10 จะเห็นได้ว่า PLA มีลักษณะใส แข็งแรงสามารถลอดผ่านและ PBS และเมื่อทำการผสม PBS 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ลงไปจะเห็นได้ว่า พอลิเมอร์ผสม PLA/PBS มีสีขาวขุ่นตามสีของ PBS


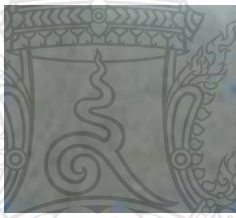

ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS/PALM FIBER

Sample	รูปชิ้นงาน	รายละเอียด
90/10/1		มีสีน้ำตาลแดงอ่อน แข็ง
90/10/3		มีสีน้ำตาล แข็ง
90/10/5		มีสีน้ำตาลเข้ม แข็ง

จากตารางแสดงลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS/PALM FIBER ที่อัตราส่วน 90/10/1, 90/10/3, 90/10/5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยที่ปาล์มไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเห็นได้ว่าการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มทำให้สีของชิ้นงานมีสีน้ำตาล และสีจะเข้มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยทะเลลายปาล์มที่เติมลงไป โดยที่การเติมที่อัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ให้สีน้ำตาลเข้มสุดและเมื่อสังเกตที่ผิวของชิ้นงานจะเห็นได้ว่าการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอของเส้นใยทะเลลายปาล์มในชิ้นงาน เนื่องจากการที่เส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผสมลงไปไม่ได้

ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้ลิกนินที่เกาะอยู่บนผิวของเส้นใยเป็นตัวขัดขวางทำให้เส้นใยไม่สามารถยึดเกาะกับพอลิเมอร์ผสมได้ ทำให้เห็นการกระจายตัวของเส้นใยที่ไม่สม่ำเสมอบนชิ้นงาน

ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS/PALM FIBER (ต่อ)

Sample	รูปชิ้นงาน	รายละเอียด
90/10/1T		มีสีน้ำตาลแดงอ่อน แข็ง
90/10/3T		มีสีน้ำตาล แข็ง
90/10/5T		มีสีน้ำตาลเข้ม แข็ง

จากตารางแสดงลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS/PALM FIBER ที่อัตราส่วน 90/10/1T, 90/10/3T, 90/10/5T เปรอ์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยที่ปาล์มผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเห็นได้ว่าการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มทำให้สีของชิ้นงานมีสีน้ำตาลและสีจะเข้มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยทะเลลายปาล์มที่เติมลงไป โดยการเติมที่อัตราส่วน 5 เปรอ์เซ็นต์โดยน้ำหนักให้สีน้ำตาลเข้มสุดแต่สีจะอ่อนกว่าชิ้นงานที่เติมปาล์มแบบไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และมีการกระจายตัวของเส้นใยทะเลลายปาล์มในชิ้นงานที่ดีกว่าเนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้ลิกนินที่เกาะอยู่บนผิวของเส้นใยหลุดออกทำให้

ความสามารถในการยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์ผสมดีซัน ทำให้เกิดการกระจายตัวที่ดีของเส้นใยในพอลิเมอร์ผสมทำให้เห็นผิวของชิ้นงานมีความสม่ำเสมอ



บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากการศึกษาการใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มผสมลงในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด PLA และ พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต PBS เพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม โดยใช้อัตราส่วน PLA/PBS ที่ 90:10 แล้วเติมเส้นใยปาล์มที่อัตราส่วน 1,3,5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก %wt โดยใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ และไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 พอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS เป็นพอลิเมอร์ผสมแบบไม่เข้ากัน อนุภาคของ PBS มีการยึดเกาะที่ไม่ดีกับโครงสร้างหลักของ PLA

5.1.2 การเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าเส้นใยทะเลลายปาล์มมีการกระจายตัวในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS ได้ดีมาก ซึ่งพิจารณาจากภาพที่ได้จากการทดสอบสมบัติทางสัณฐานวิทยา

5.1.3 การเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อัตราส่วน 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีผลทำให้ค่าความคงทนต่อแรงกระแทกและค่า Young's Modulus สูงขึ้น เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้สิ่งสกปรกที่เรียกว่าลิกนินหลุดออกจากเส้นใยทำให้เส้นใยมีพื้นที่ในการยึดเกาะกับพอลิเมอร์ผสมมากขึ้น

5.1.4 เส้นใยทะเลลายปาล์มทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็งและสมบัติทางความร้อนเนื่องจากปริมาณเส้นใยทะเลลายปาล์มที่เติมลงไปมีปริมาณน้อยทำให้เห็นค่าความแตกต่างไม่มากจากผลการทดลอง

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS/PALM FIBER นั้นเป็นวัสดุผสมธรรมชาติและมีสมบัติเชิงกลสูงขึ้นเล็กน้อย เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสมบัติพอลิเมอร์ผสมและในด้านการใช้ประโยชน์ทะเลลายปาล์ม

5.2 ข้อเสนอแนะ

ปัญหาในการทดลอง

- 1) ขั้นตอนในการเตรียมเม็ดพลาสติกก่อนทำการผสม ควรอบเม็ดได้ความชื้นให้แห้งสนิทและภาชนะที่ใช้ในการใส่เม็ดพลาสติกควรเช็ดทำความสะอาดให้แห้งเพื่อป้องกันการเกิดความชื้นในเม็ดพลาสติก
- 2) ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยปาล์มควรเตรียมอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นและสารเคมี เช่น ผ้าปิดจมูก แว่นตาป้องกันสารเคมี เนื่องจากในขั้นตอนการปรับปรุงผิวเส้นใยปาล์มต้องทำการต้มเส้นใยปาล์มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและแสบตา
- 3) ขั้นตอนการบดเส้นใยปาล์มต้องใช้เครื่องบดและเมื่อทำการบดเสร็จแล้วต้องใช้ตะแกรงร่อนเพื่อทำการคัดแยกขนาดทำให้เกิดฝุ่นละอองเป็นจำนวนมาก
- 4) การเติมเส้นใยปาล์มที่อัตราส่วน 1,3,5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก %wt ได้ผลไม่มากนัก อาจต้องใช้สารตัวเติมเพื่อช่วยในการยึดเกาะ
- 5) การนำพอลิเมอร์ผสมไปประยุกต์ในการใช้งานควรเลือกใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ไม่เน้นในเรื่องการเสริมแรงแต่ควรเน้นทำเป็นผลิตภัณฑ์ด้านบรรจุภัณฑ์ เช่น แก้ว ขวดน้ำ เป็นต้น

บรรณานุกรม

- [1] Tadashi Yokohara, and Masayuki Yamaguchi. (2008). "Structure and properties for biomass-based polyester blends of PLA and PBS." *European Polymer Journal* 44 (January): 677-685.
- [2] ลลิตา จอมแปง. (2556). การเตรียมเส้นใยของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและพอลิบิวทีลีนซัคซิเนตสำหรับงานด้านสิ่งทอ "Preparation of Polymer Blends Fiber Between Poly (lactic acid) and Poly (butylene succinate) for Textile Applications"(วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- [3] กรมวิทยาศาสตร์บริการ.สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.(2553). พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ.เข้าถึงเมื่อ 13 ตุลาคม 2558. สืบค้นจาก http://www.siweb.dss.go.th/repack/fulltext/IR_12.pdf
- [4] กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. (2551). แผนที่นำทางแห่งชาติ การพัฒนาอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพ (พ.ศ.2551-2555) เข้าถึงเมื่อ 13 ตุลาคม 2558. สืบค้นจาก <http://www.nia.or.th/bioplastics/download/ROADMAP.pdf>
- [5] NIA. (25 ตุลาคม 2558). เทคโนโลยีของประเทศผู้นำด้านพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ.สืบค้นจาก: <http://www.nia.or.th/download/document/chapter3.pdf>
- [6] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2009). พลาสติกชีวภาพไบโอพลาสติก. สืบค้นจาก:<http://library.dip.go.th/Industrial%20Innovation/www.innnew0-01.html>.
- [7] Lim,L.-T., Auras, R.,and Rubino M. (2008). "Processing Technologies for Poly(Lactic acid)."
Progress in Polymer Science 33 (June): 820-852.
- [8] ธนาวดี ลีจากภัย. (2549). พลาสติกย่อยสลายได้เพื่อสิ่งแวดล้อม.ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ,สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ,กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.(พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร.บริษัท ไทยเอฟเฟลคสตูดิโอ จำกัด.
- [9] Anders S. and Mikael S. (2002) "Properties of lactic acid based polymer and their correlation with composition" *Progress in Polymer Science*,27,1123-1163.

บรรณานุกรม (ต่อ)

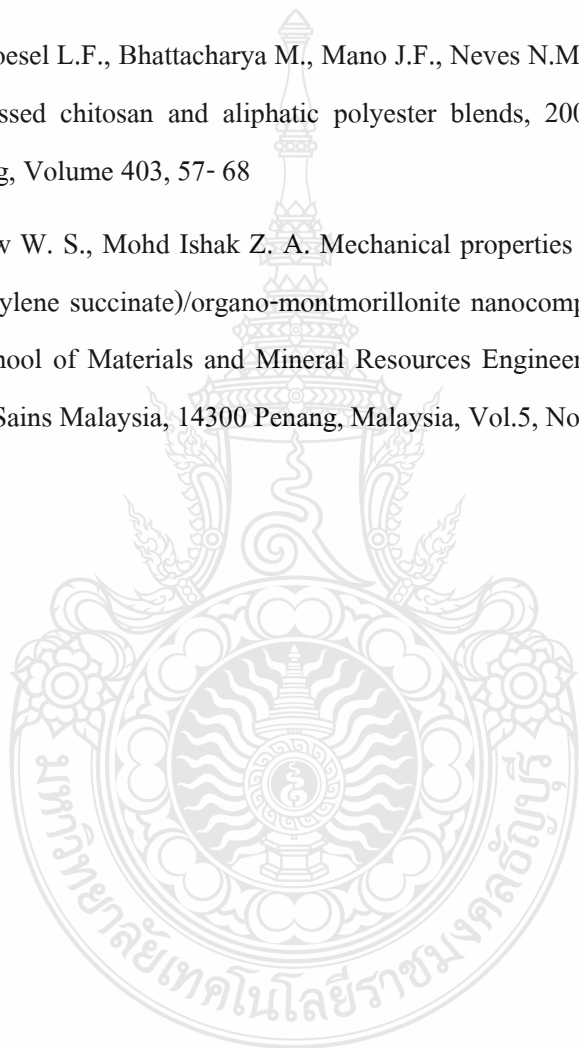
- [10] Madhavan K. N.; Rajendran N. and Pappy R. J. (2010) “An overview of the recent developments in polylactide (PLA)research” *Bioresource Technology*,101,8493-8501.
- [11] Muller R. (2008) “Biodegradability of polymer:Regulations and method of testing” In: A.Steinbüchel, editor.*Biopolymer, General Aspects and Special Application*, Vol.10., Wiley Publishers, 366-388.
- [12] Ghorpade V. M.; Gennadios A.; Hanna M. A. (2001) “Laboratory composing of extruded Poly(lactic acid) sheet” *Bioresource Technology*,76,57-61.
- [13] European Commission Joint Research Centre (DG JRC). (2005).Techno-economic feasibility of largescale production of bio-based polymers in Europe.Accessed October 2015.Available from <http://ttp.jrc.es/Eurdoc/eur22103en.pdf>.
- [14] ลดโลกร้อนด้วยถ้วยพลาสติกชีวภาพชนิด PBS (ออนไลน์),(2550).เข้าถึงเมื่อ 19 ตุลาคม 2558. สืบค้นจาก: <http://bw-strawbery.mistine.co.th>
- [15] นิรันดร์ สุมาลี. (2556). ทุกส่วนของปาล์มน้ำมันล้วนนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น. สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หน้า 25-37.
- [16] ธนาวดี ลีจากภัย. (2550). “พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ” สืบค้นจาก www.foodindustrythailand.com (12 ตุลาคม 2558).
- [17] ขวลิต แสงสวัสดิ์. (2551). “กระบวนการผลิตเทอร์โมพลาสติก2” พิมพ์ครั้งที่ 1.คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชนงคลธัญบุรี.
- [18] ณัฐพันธุ์ ศุภกา. (2556). “เทคโนโลยีสีเขียวที่น่าจับตามอง”ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สืบค้นจาก: www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/p27-30.pd (16 มิถุนายน 2560).
- [19] Technologyfibre-and-filament-production(online),(2013). Available:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014486170700152X> (27Oct. 2015).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [20] Amita Bhatia, Rahul Gupta K., Sati N. Bhattacharya, and Choi H.J. (2007). "Compatibility of biodegradable poly (lactic acid)(PLA) and poly (butylene succinate) (PBS) blends for packing application, "Korea-Australia Rheology, (Electronic), Vol.19, No.3, pp.125-131 Available: Science Direct (5 May 2015).
- [21] Alireza Dehghani, Sara Madadi Ardekani, Mariam A. Al-Maadeed, Azman Hassan, Mat Uzir Wahit. (2013). "Mechanical and Thermal properties of date palm leaf fiber reinforced recycled poly(ethylene terephthalate) composites" Materials and Design 52, 841-848.
- [22] จินตมัย สุวรรณประทีป. (2547). "การทดสอบสมบัติทางเชิงกลของพลาสติก." กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [23] เสกศักดิ์ อัสวะวิสิทธิ์ชัย. (2550). การทดสอบแรงดึง. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย.
- [24] รังสิมา ชลคุป. (2552). "วัสดุชีวภาพรักษ์โลก." กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดบุ๊ค.
- [25] เต็มสุข แดงหอม และคณะ, "เคมีพอลิเมอร์" คณะวิทยาศาสตร์เคมี มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี (ออนไลน์), 2004. สืบค้นจาก : <http://www.sci.buu.ac.th> (24 กันยายน 2558).
- [26] เบญจมาศ ปั้นหยัด. (2554). "การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการลามไฟของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต สำหรับใช้ทำกรอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [27] Kocak D. and Mistik S. I. (2015). Marmara University, Turkey. "The use of palm leaf fibres as reinforcements in composites" :Materials and Design 273–281.
- [28] Abdullah Mamun A., Hans-Peter Heim, Dalour Hossen Beg, Tan S. Kim, Sahrim H. Ahmad. (2013). "PLA and PP composites with enzyme modified oil palm fibre: A comparative study" journal homepage: www.elsevier.com/locate/compositesa: composites: Part A 53, 160–167.
- [29] Shalwan A., Yousif B.F. (2014). "Influence of date palm fibre and graphite filler on mechanical and wear characteristics of epoxy composites" :Materials and Design 59, 264–273.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [30] S.ji and Z.Fan, Solidification Behavior and Microstructural Evolution of Near-Eutectic Zn-Al Alloys under Intensive Shear, 2008, The Minerals, Metals & Materials Society and ASM International, Published online: 18 November 2008.
- [31] ผลิตภัณฑ์แผ่นพาดิเกิ้ลบอร์ด สืบค้นจาก: <http://www.saithongplywood.com> (10 มกราคม 2560).
- [32] Correlo V.M., Boesel L.F., Bhattacharya M., Mano J.F., Neves N.M., Reis R.L. 4Properties of melt processed chitosan and aliphatic polyester blends, 2005, Materials Science and Engineering, Volume 403, 57- 68
- [33] Phua Y. J., Chow W. S., Mohd Ishak Z. A. Mechanical properties and structure development in poly(butylene succinate)/organo-montmorillonite nanocomposites under uniaxial cold rolling. School of Materials and Mineral Resources Engineering, Engineering Campus, Universiti Sains Malaysia, 14300 Penang, Malaysia, Vol.5, No.2 (2011) 93 - 103.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ผลการทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ผสม



ก.1 ผลการทดสอบสมบัติดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS

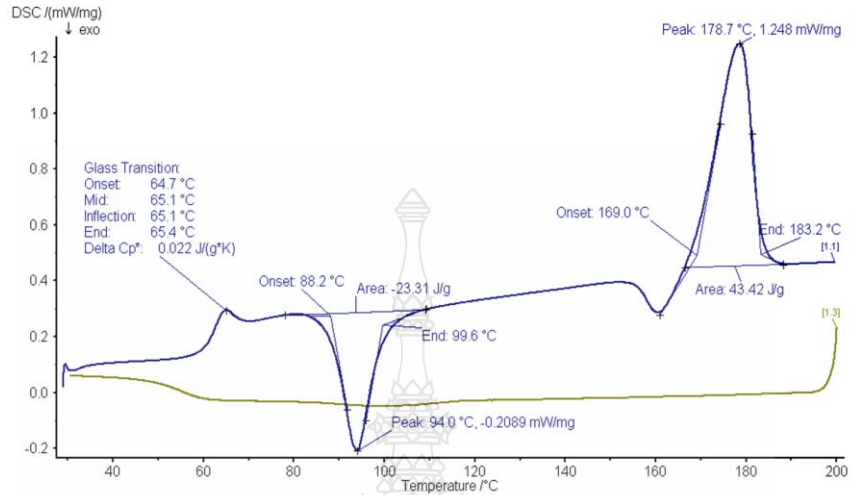
และ PLA/PBS/PALM FIBER

ตารางที่ ก.1 ผลการทดสอบสมบัติดัชนีการไหลของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS

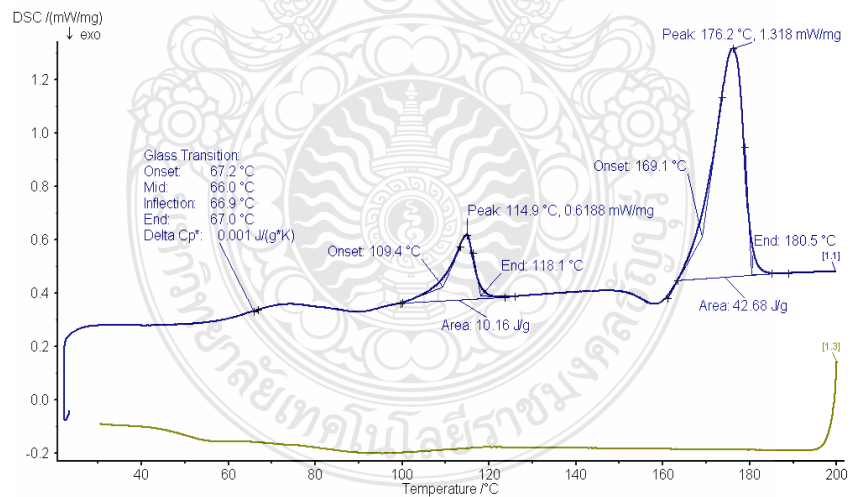
และ PLA/PBS/PALM FIBER

วัสดุที่ใช้ทดสอบ	Melt Temp (°C/Load (kg))	น้ำหนัก (g)	MFR (g/10 min)	MVR (cm ³)	D (g/cm ³)
100/0	190/2.16	0.217	13.02	10.39	1.25
90/10	190/2.16	0.269	16.14	14.33	1.12
90/10/1	190/2.16	0.275	15.36	13.55	1.13
90/10/3	190/2.16	0.265	15.90	16.16	0.98
90/10/5	190/2.16	0.299	16.32	19.57	0.83
90/10/1T	190/2.16	0.284	17.04	15.9	1.07
90/10/3T	190/2.16	0.301	17.16	17.08	1.00
90/10/5T	190/2.16	0.297	17.82	14.83	1.20
0/100	190/2.16	0.076	4.56	9.75	0.46

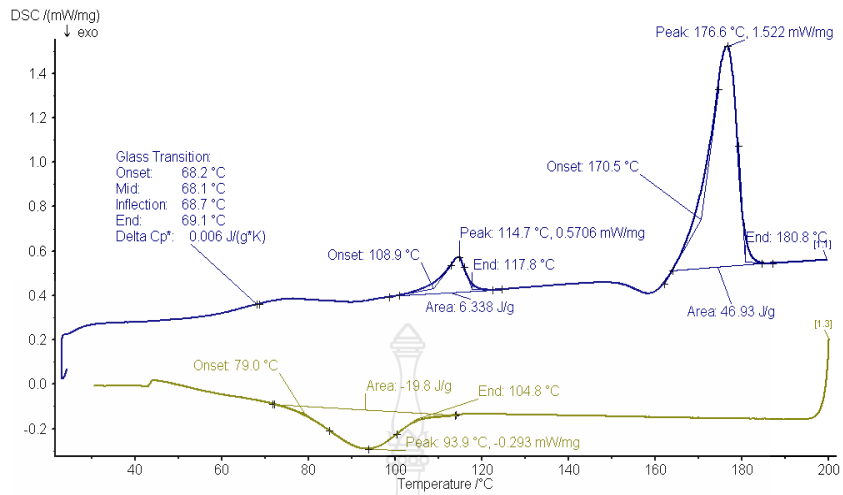
ก.2 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER



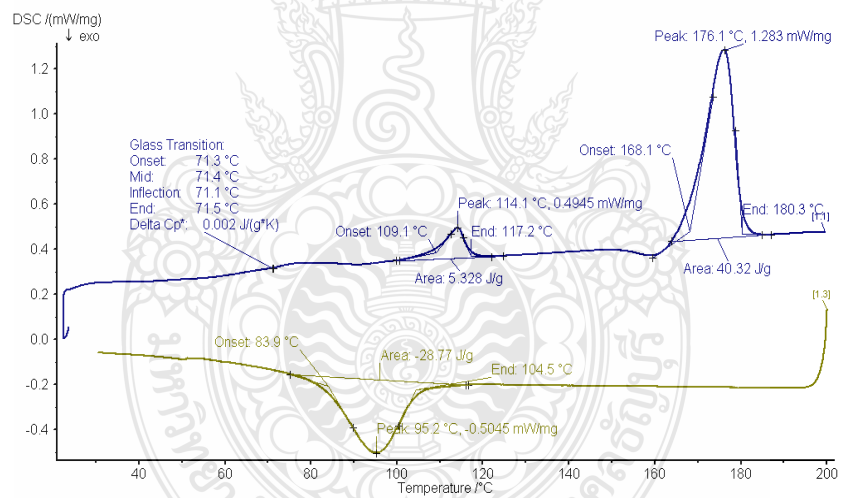
ภาพที่ ก.1 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS ที่อัตราส่วน 100/0 ร้อยละโดยน้ำหนัก



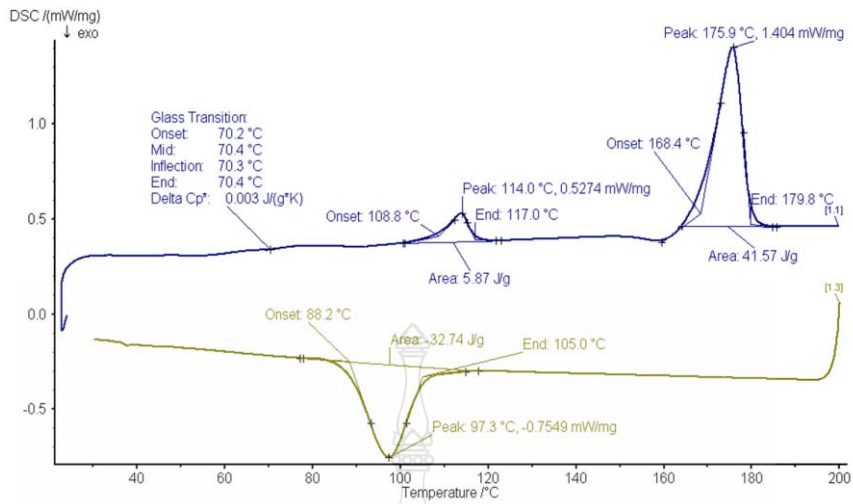
ภาพที่ ก.2 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS ที่อัตราส่วน 90/10 ร้อยละโดยน้ำหนัก



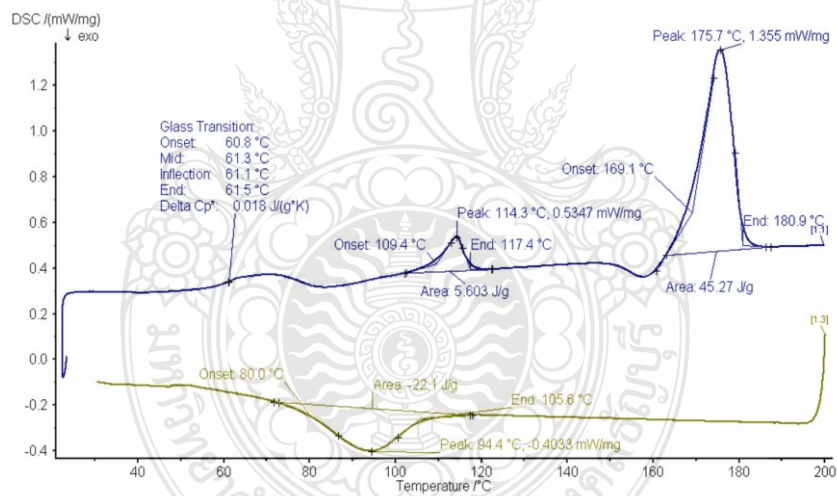
ภาพที่ ก.3 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS/PALM FIBER ที่อัตราส่วน 90/10/1 ร้อยละโดยน้ำหนัก



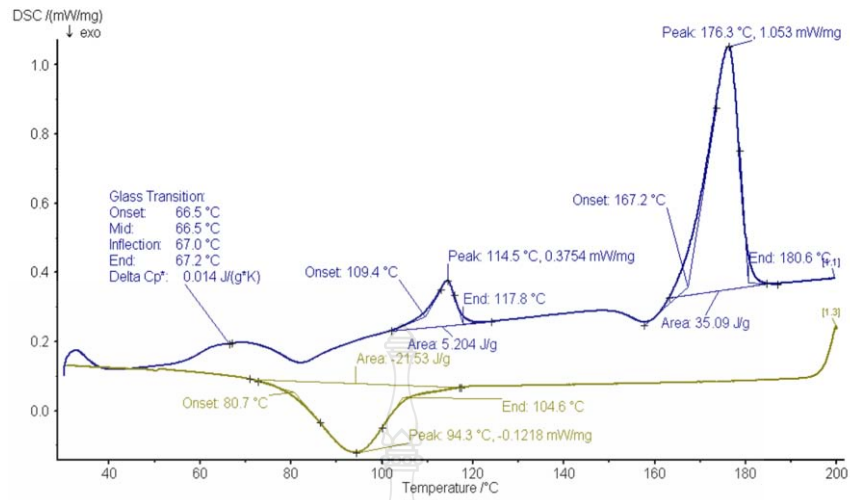
ภาพที่ ก.4 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS/PALM FIBER ที่อัตราส่วน 90/10/3 ร้อยละโดยน้ำหนัก



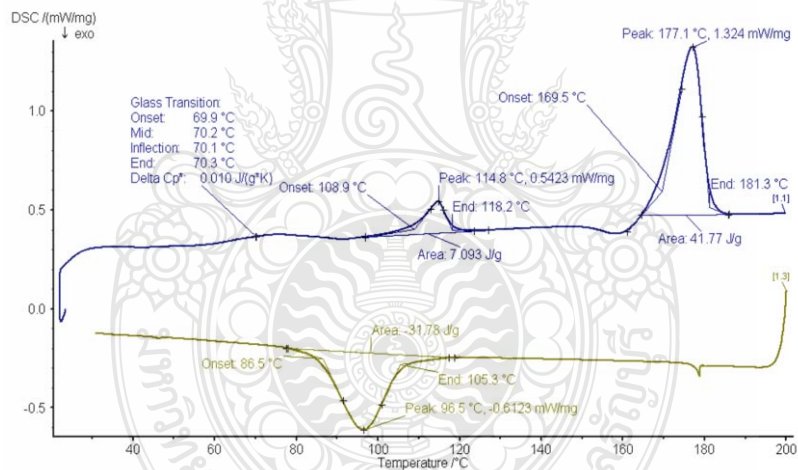
ภาพที่ ก.5 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS/PALM FIBER ที่อัตราส่วน 90/10/5 ร้อยละโดยน้ำหนัก



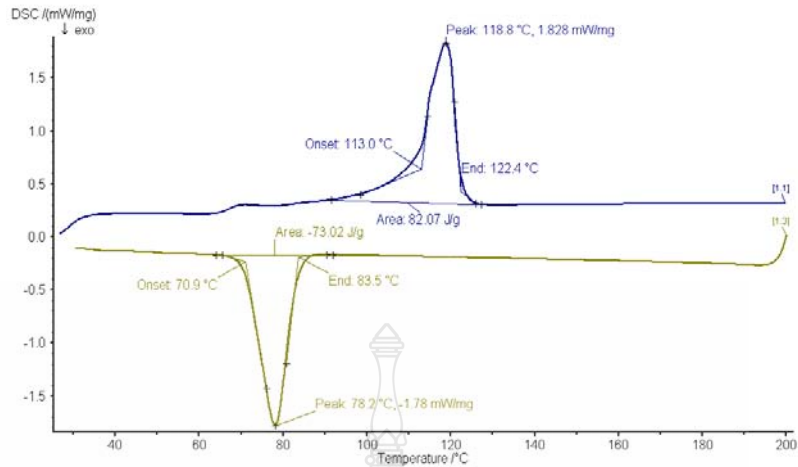
ภาพที่ ก.6 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS/PALM FIBER ที่อัตราส่วน 90/10/1T ร้อยละโดยน้ำหนัก



ภาพที่ ก.7 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS/PALM FIBER ที่อัตราส่วน 90/10/3T ร้อยละโดยน้ำหนัก



ภาพที่ ก.8 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS/PALM FIBER ที่อัตราส่วน 90/10/5T ร้อยละโดยน้ำหนัก



ภาพที่ ก.9 เทอร์โมแกรมสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS ที่อัตราส่วน 0/100 ร้อยละ โดยน้ำหนัก

ก.3 ผลการทดสอบสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER

ก.3.1 ทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)

ตารางที่ ก.2 ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER

Sample	Tensile Strength (MPa)	Stress at Break (MPa)
100/0	51.106	51.823
90/10	45.355	47.411
90/10/1	35.004	33.375
90/10/3	25.018	24.943
90/10/5	22.885	16.502
90/10/1T	33.530	33.496
90/10/3T	32.420	32.309
90/10/5T	31.145	32.152
0/100	20.02	0

ก.3.2 ทดสอบค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (Young ,Modulus)

ตารางที่ ก.3 ผลการทดสอบค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (Young ,Modulus) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER

Sample	Young Modulus (MPa)
100/0	2621.091
90/10	2657.910
90/10/1	2757.999
90/10/3	2889.588
90/10/5	2700.504
90/10/1T	2950.649
90/10/3T	3100.386
90/10/5T	2900.209
0/100	570.012

ก.3.3 ทดสอบสมบัติความทนทานต่อแรงกระแทก (Izod Impact)

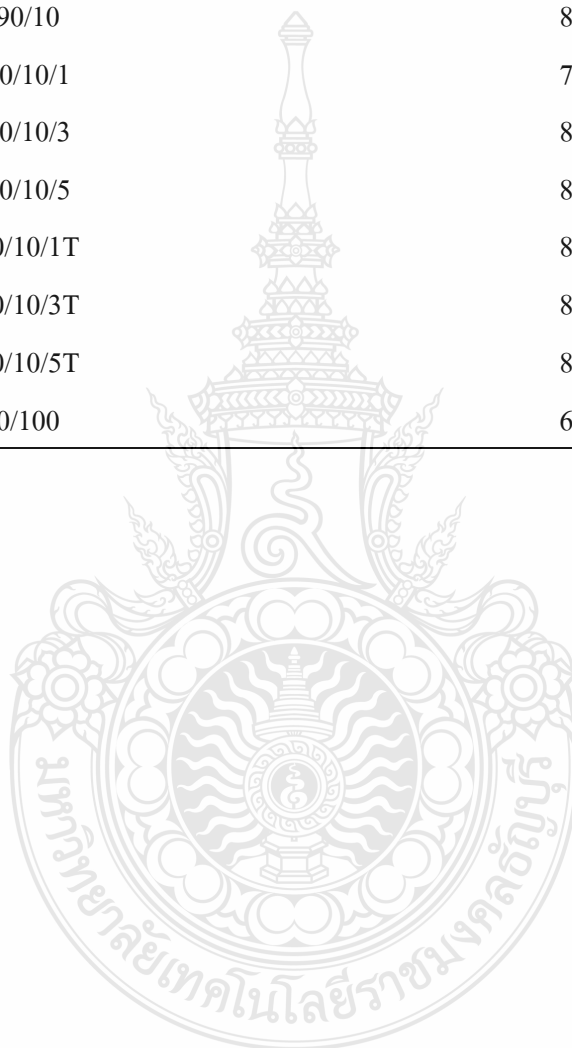
ตารางที่ ก.4 ผลการทดสอบสมบัติความทนทานต่อแรงกระแทก (Izod Impact)ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER

Sample	Izod Impact (J/m)
100/0	27.731
90/10	28.942
90/10/1	17.331
90/10/3	19.21
90/10/5	16.01
90/10/1T	24.531
90/10/3T	33.332
90/10/5T	22.412
0/100	131.011

ก.3.4 ทดสอบสมบัติความแข็งผิว (Hardness)

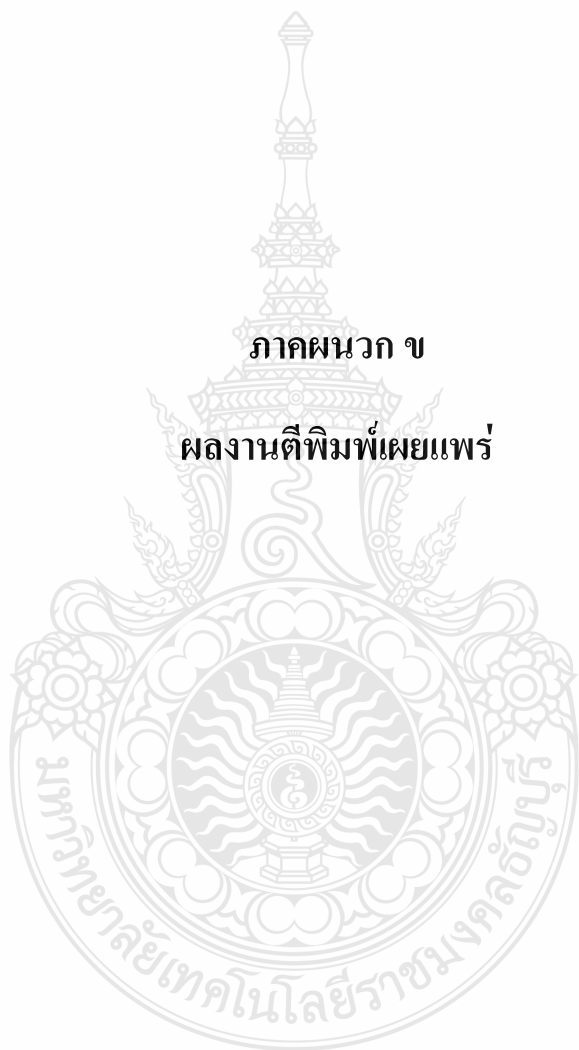
ตารางที่ ก.4 ผลการทดสอบสมบัติความแข็งผิว (Hardness) ของพอลิเมอร์ผสม ระหว่าง PLA/PBS และ PLA/PBS/PALM FIBER

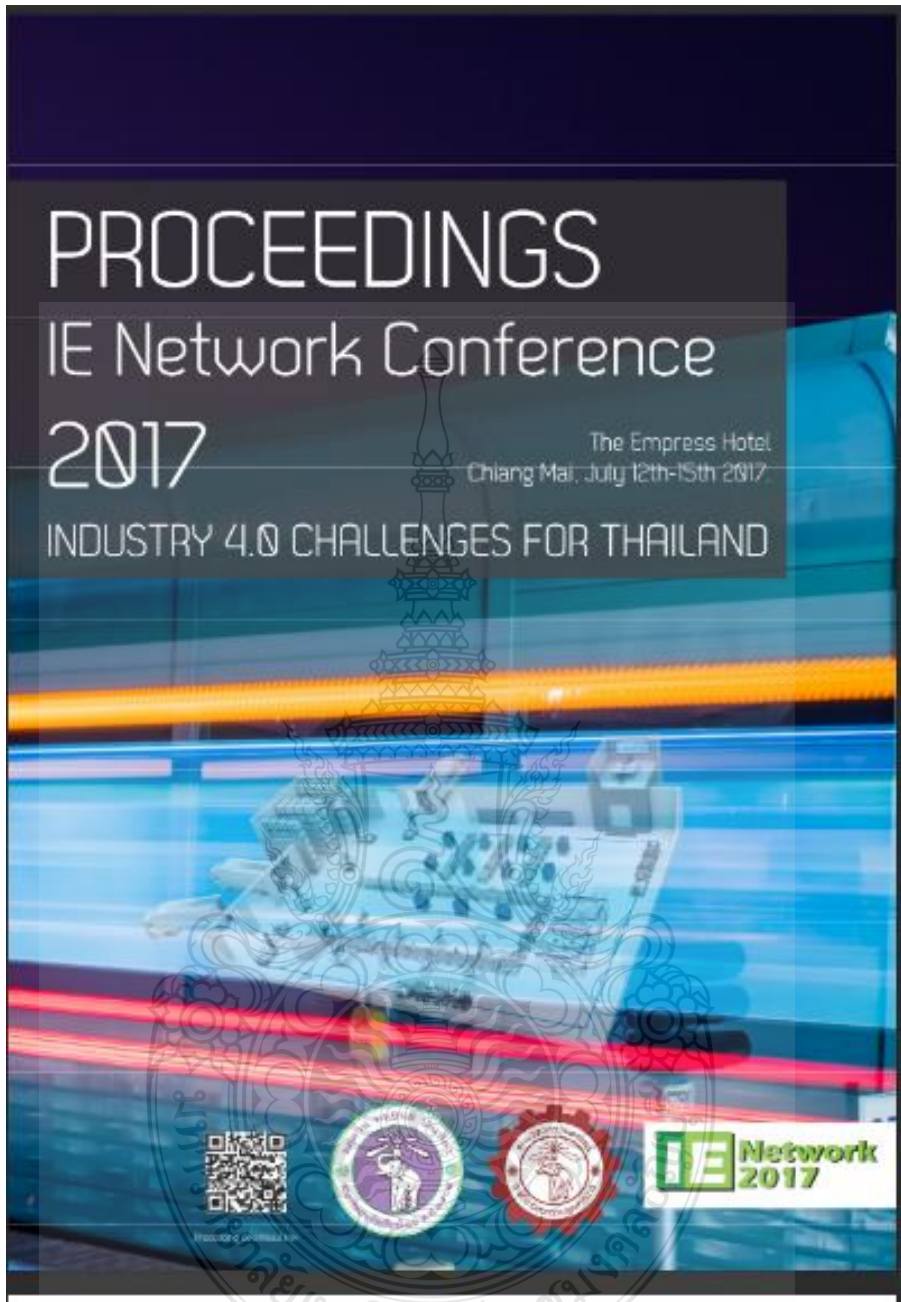
Sample	Hardness
100/0	79.9
90/10	80.6
90/10/1	79.5
90/10/3	80.7
90/10/5	80.4
90/10/1T	80.5
90/10/3T	81.6
90/10/5T	80.4
0/100	67.4



ภาคผนวก ข

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่





รายชื่อคณะกรรมการจัดประชุม

1.	รองศาสตราจารย์ ดร. อภิชาติ	โสภาค	ประธานกรรมการจัดงาน
2.	รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์เกษม	ระมิงค์วงศ์	ประธานกรรมการวิชาการ
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรกฎ โยบัวเทศ	ทิพย์าวงค์	ประธานกรรมการฝ่ายพิธีการต้อนรับและสถานที่
4.	รองศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์	สัมภัตตะกุล	ประธานกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์และสารสนเทศ
5.	รองศาสตราจารย์ ดร.เสริมเกียรติ	จอมจันทร์ย่อง	กรรมการ
6.	รองศาสตราจารย์ ดร.นิวิธ	เจริญใจ	กรรมการ
7.	รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย	ฉัตรทินวัฒน์	กรรมการ
8.	รองศาสตราจารย์ ดร.วิสนัย	วรรณจรรย์ยา	กรรมการ
9.	รองศาสตราจารย์ ดร.คมกฤต	เล็กสกุล	กรรมการ
10.	รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลน	เหล่าศิริฉวีวรร	กรรมการ
11.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรรุติชัย	ชีวิสุทธิศิลป์	กรรมการ
12.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรณพล	สมหุศุบัติ	กรรมการ
13.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณณ์	เสรีรัฐ	กรรมการ
14.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งฉัตร	ชมนุอินไหว	กรรมการ
15.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสุวัชร	นาคเขียว	กรรมการ
16.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันรุท	ไชยจาวุณิช	กรรมการ
17.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช	วิสิทธิ์พานิช	กรรมการ
18.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมนุท	เกษมเศรษฐ์	กรรมการ
19.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญาภาท	อานันท์นะ	กรรมการ
20.	อาจารย์ ดร.ไปตี้	เจ้า	กรรมการ
21.	อาจารย์ ดร.สาลินี	สันติจิรากุล	กรรมการ
22.	อาจารย์ ดร.อลงกต	สัมเจริญ	กรรมการ
23.	อาจารย์ ดร.ชนม์เจริญ	แสงรัตน์	กรรมการ
24.	อาจารย์อรรณพจน์	วงศ์พิงไชย	กรรมการ
25.	อาจารย์ณรงค์	เพชรขารี	กรรมการ

เลขานุการ ประสานงานและสนับสนุนการดำเนินงาน

1. นางสาวศศิธร ฉิมสวัสดิ์
2. นางสาวศุภารัตน์ แก้วแสงใจ
3. นางสาววิมูทิตา ปัญญาใหญ่
4. นางสาวนัยนา ยะสิงห์สาร
5. นางสาวพรพรรณ คำมัน
6. นางสาวลินีนุช พรหมมิจิตร
7. นางสาวปรียาภัทร ปาคำ
8. นางสาวณัฐนรี เชื้อนแก้ว
9. นายจิรวัดน์ ตียามคม
10. นายสนธยา สุขสามัคคี
11. นางวุดินันท์ อินทยศ
12. นายณัฐวุฒิ รินโน
13. นายนรินทร์ จักรปิ่น

รายชื่อผู้ประเมินบทความ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

(ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา)

1. ผศ. ดร. ชัยวัฒน์ นุ่มทอง
2. ผศ. ดร. นัฐวิภา จันทร์ศรี
3. ผศ. ดร. ศิริรัตน์ ชุตติเดช
4. ผศ.ดร. สีรางค์ กลั่นคำสอน
5. ดร. เพ็ญสุตา พันฤทธิ์ดำ
6. ผศ.ดร. รุติกร พัฒนพิบูล
7. ดร. เชษฐา ชำนาญหล่อ
8. ดร. จิราภรณ์ ประดับวงษ์

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

1. อ.จรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ
2. อ.จิตลดา หมายมัน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

1. ดร.กิตติชัย อธิกุลรัตน์
2. อ.ปริญญา พัฒนวิสันต์พร
3. ดร.วราญา เนื่องมีจฉา
4. ดร.อธิวัฒน์ บุญมี
5. ดร.เลิศเลขา ศรีรัตน์นะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

1. ผศ.ดร.สุรัตน์ วรรณศรี
2. รศ.ดร.ณรงค์ศักดิ์ ธรรมโชติ
3. ผศ.ดร.พีรเดช สุวิทยารักษ์
4. ผศ.ดร.เฉลิมเกียรติ ศรีศิลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

1. รศ. ดร.ไพโรจน์ เนียมมาศ
2. รศ.ดร.สฤกษ์น พรมสายใจ
3. ผศ. ดร.นพคุณ ชูทัน
4. ผศ.ดร.วิษณุ บัวเทศ
5. ดร.เทพ เกื้อทวีกุล
6. ดร.สุรเชษฐ์ ตุ่มมี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

1. อาจารย์ พัฒนพงษ์ แสงหัตถ์วัฒนา
2. อาจารย์ อรณิชา อนุชิตชาญชัย
3. อาจารย์ ธนกฤต โชติภาววิศ
4. อาจารย์ วรินทร์ เกียรติบุญกุล
5. ดร.ชนิภา สุনারักษ์
6. อาจารย์ ศุภพัฒน์ ปิงตา

สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

1. ผศ.ดร.ไพฑูรย์ ศิริโอหาร
2. อ.ชลิตา ชาญวิจิตร
3. อ.จุฑาทิพย์ สีลาธนาพิพัฒน์
4. อ.สุคนธ์ทิพย์ เพิ่มศิลป์

มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมป์ฟอร์ด

1. ดร.อัคนันท์ พงศธรวิวัฒน์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

1. ผศ.ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์
2. รศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร
3. อ.ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

1. ดร.บรรเจิด แสงจันทร์
2. ผศ.ดร.ภาคภูมิ จารุภูมิ
3. ผศ.มนวิภา อารีพันธุ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

1. ผศ.ดร.จันทร์ศิริ สิงห์เถื่อน
2. ผศ.ดร.วิสุทธิ์ สุทธิรักษ์
3. อ.ดร.รมิตาญ์ อยู่สุข
4. ผศ.ดร.สุวิษกรณ์ วิชกุล
5. ผศ.ดร.จักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์

มหาวิทยาลัยมหิดล

1. ผศ.ดร.สรนาถ ไกรภู
2. ผศ.ดร.ศุภชัย ราชภู่ศิริ
3. ผศ.ธนา สาตรา
4. รศ.ศุภชัย นาทะพันธ์
5. อ.ดร.จิรพรรณ เสี่ยงโรคาพาธ
6. อ.ดร.รณชัย ศิริเวธบุญกุล
7. อ.ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีตระกูลชัย

กองวิชาวิศวกรรมสรรพาวุธ ส่วนการศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

1. พ.อ.หญิง อัญพัชร คงพัฒนานันท์
2. พ.ต.เสกสรรค์ หมอยาคี

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

1. ผศ.ดร.ชนะ เขี้ยงกมลสิงห์
2. รศ.ดร.สถาพร อมรสวัสดิ์วัฒนา
3. ดร.รวินกานต์ ศรีรินทร์

มหาวิทยาลัยรังสิต

1. ดร.พิชญ มนัสปิติ
2. ผศ.ดร. ธนวรรณ อัสวไพบูลย์
3. อาจารย์ พรรคพงษ์ แก่นณรงค์
4. อาจารย์ สายสุนีย์ พงษ์พัฒนศึกษา
5. อาจารย์ ประพล จิระพรทิพย์
6. ผศ.ดร.เพ็ญจันทร์ โกญจนาท

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

1. รศ.ดร.นันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

1. ผศ.อวิยพงษ์ พลัวพันธ์
2. ผศ.นราธิป ภาวะวี

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

1. ดร.จรรยาพร แสนทวีสุข
2. ผศ.ดร.ธารชуда พันธนิกุล
3. ผศ.ดร.คณิศร ภูนิคม
4. ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์
5. ดร.กิตติมา ศิลปะษา
6. ดร.กสิณ รังสิกรพุม
7. ผศ.ดร.นลิน เพ็ชรทอง
8. รศ.ดร.บุษสรา เกรียงกรกฎ
9. รศ.ดร.ปรีชา เกรียงกรกฎ
10. ผศ.ดร.สมบัติ สินธุเชาวน์
11. อาจารย์ ถนัดกิจ ศรีโชค

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1. ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ เหล่านภากุล
2. อ.ดร.ปนิทัศน์ สุริยนาภาส

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

1. ผศ.ดร.อภิวัฒน์ มุตตามระ
2. ผศ.ดร.สวัสดี ภาระราช
3. รศ.ดร.เสมอจิตร์ หอมรสสุนธ์
4. รศ.ดร.วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร
5. รศ.ดร.ศุภชัย สุรพันธ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. รศ.ดร.ภวรรณชัย กัลยาศิริ
2. รศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล
3. รศ.ดร.สกันธ์ คล่องบุญจิต
4. รศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล
5. ผศ.ดร.วิภา ศรีสืบสาย
6. ผศ.ดร.ชุมพล ยวงโย
7. ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข
8. ผศ.ดร.กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข
9. ดร.เชาวลิต หามนตรี
10. ดร.นิรันดร์ พิสุทธอานนท์
11. ดร.เพชรพล ตันทวีรุฬห์
12. ดร.จรัสวรรณ โกยวานิช
13. ดร.นพดล สุกแสงปัญญา
14. อาจารย์รณณ เจียรตระกูล

มหาวิทยาลัยพะเยา

1. ผศ.จักรทอง ทองจัต
2. ดร.อัจฉราวดี แก้ววรรณดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

1. ผศ.ดร.เจริญชัย โขมพัตราภรณ์
2. ผศ.ดร.อภิรักษ์ อุดมศักดิ์กุล
3. ผศ.พจมาน เตียวัฒนรัฐติกาล
4. ดร.ไพบุลย์ ช่างทอง
5. ดร.อุษณีย์ คำพูล
6. ดร.ศุภฤกษ์ บุญเทียร
7. ดร.วิบูลย์ ตั้งวัชรธรรมกุล

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

1. ผศ.ดร.ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ
2. อ.ดร.พงษ์เพ็ญ จันทนะ
3. อ.ร.ท.ดร.รัฐวุฒิ วงษ์วิทย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ศ.ดร.ปารเมศ ชูติมา
2. รศ.ดร.จิตรา รุ้กกิจการพานิช
3. รศ.ดร.ปวีณา เขาวลิตวงศ์
4. ผศ.ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล
5. อ.ดร.พิศิษฐ์ จารุมณีโรจน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

1. ผศ.ดร.ภาสพิรุฬห์ วัชรศรีสำเร็จ
2. ผศ.ร่ำพี้ง เจริญยศ
3. ผศ.จักรินทร์ น่วมทิม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

1. รศ.ดร.ธเนศ รัตนวิไล
2. ผศ.ดร.อรุณ สังข์พงศ์
3. ผศ.ดร.นภัสพร มีมงคล
4. ผศ.ดร.รัฐชญา สิ้นชวาลัย

โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

1. น.อ. รศ.ปัญญารักษ์ โกศลวัฒน์

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

1. ผศ.ดร.สุพัฒตรา เกษราพงศ์
2. ผศ. พัฒนพงศ์ อริยสิทธิ์
3. อ.จักรพันธ์ กัณหา

มหาวิทยาลัยสยาม

1. อ.ชานิดา พิทยานนท์
2. อ.ธนารักษ์ ทิบบแก้ว
3. อ.ณัฐพล พุฒยางกูร
4. อ.อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. ผศ. สุรัตน์ ตริยานพงศ์
2. ผศ. ดร. ศิริชัย ต่อสกุล
3. รศ. ดร. อนุชา คุปต์เชษฐาร
4. ผศ.ประจักษ์ อ่างบุญตา
5. ผศ.ศุภเอก ประมุขมาก
6. ผศ. ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงษ์
7. ผศ. ดร. ชัยยะ ประณีตพลกรัง
8. ดร. ประภส สิริสุวรรณ
9. ผศ. ดร. ระพี กาญจนะ
10. ดร. กุลชาติ จุลเพ็ญ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

1. ผศ.ดร.ภาณุ บุรณจารุกร
2. ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ
3. ผศ.ดร.ศรีสัจจา วิทย์ศักดิ์
4. ผศ.ดร.สมลักษณ์ วรรณฤมล กิเยลาโรว่า
5. ผศ.ดร.โพธิ์งาม สมกุล
6. ดร.สุนิตย์ พุทธพนม
6. รศ.ดร.อภิชัย ฤทธิวิทย์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1. รศ.ดร.เสริมเกียรติ จอมจันทร์ยอง
2. รศ.ดร.ชนนารถ กฤตวรกาญจน์
3. รศ.ดร.นิวิท เจริญใจ
4. รศ.ดร.อภิชาติ โสภางค์
5. รศ.ดร.วิชัย ฉัตรทิววัฒน์
6. รศ.ดร.คมกฤต เล็กสกุล
7. รศ.ดร.วิมลีน เหล่าศิริถาวร
8. รศ.ดร.วัสสนัย วรรณจรรย์ยา
9. รศ.ดร.ศักดิ์เกษม รมิ่งคังค์
10. ผศ.ดร.สรรฐดิษฐ์ ชิวสุทธิศิลป์
11. ผศ.ดร.อรุณพล สมทคุปต์
12. ผศ.ดร.รุ่งฉัตร ชมภูอินไหว
13. ผศ.ดร.กรกฎ ไบบัวเทศ ทิพย์าวงค์
14. ผศ.ดร.ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์
15. ผศ.ดร.วรรณจัน เสรีรัฐ
16. ผศ.ดร.วสวัชร นาคเขียว
17. ผศ.ดร.วริษา วิสิทธิ์พานิช
18. ผศ.ดร.อนิรุท ไชยจากรุณิช
19. อ.ดร.โปตี เจ้า
20. อ.ดร.ชนมเจริญ แสงวรัตน์
21. อ.ดร.อลงกต ลิมเจริญ
22. อ.ดร.สาลินี สันติธรรมากุล
23. อาจารย์ณรงค์ เพชรขารี

มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

1. ผศ.ชานนท์ มุลวรรณ
2. รศ.ดร.ปราโมทย์ ศรีน้อย

Code	Title	Page
ME023	Effect of Coupling Agent Contents on Mechanical Properties of Plastic Composites Reinforced with Rubberwood Flour and Latex Sludge Waste	339-345
ME024	The Influence of Mixed Polypropylene and Silane with the Steam Affecting Mechanical Properties	346-350
ME027	The study on elastic modulus of recycled polyoxymethylene by adding silane coupling agent	351-357
ME028	Factors affecting the properties of tensile strength of recycled polyoxymethylene by adding silane coupling agent	358-364
ME029	The study of Impact mechanical properties of r-PET:PET blends by adding Vinyl-Trimethoxy Silane coupling agents	365-370
ME032	The Influence of Silicone (Si) and Chromium (Cr) Coated for End mill Wear Protection in Milling Stainless Steel AISI 304	371-377
ME033	Reduction of Defects in Roller Assembly Process for Conveyor	378-385
ME034	The Influence Infrared Radiation with Shrimp Paste Drying	386-391
ME035	Design and Construction of Semi-automatic Bottle Filling Machine Case Study: M & Ho Drinking Water Plant	392-398
ME036	Study the Mechanical Properties of Aluminum Alloy A356 with Semi Solid (Stir Casting) Process and Heat Treatments T6	399-405
ME038	Aluminum Surface Composite by Friction Stir Processing	406-412
ME039	Photo Degradation Direct Dye Activity of Nanosheets from Thai Magnetic Leucoxene Mineral	413-418
ME040	Effect of Bunch Palm Fiber Addition in Polymer Blends Polylactic acid and Polybutylene succiness(PLA/PBS) on Mechanical Properties	419-424
ME041	THE COPPER THICKNESS CONTROLLING ON PRINTED CIRCUITE BOARD IN PLATING PROCESS	425-431
ME043	Study of Hot Tearing Resistance in Cast Aluminum-Copper Alloy by Semi-Solid Metal Casting Technology	432-437
ME044	Effect of Surface Modification with Titanate Coupling Agent of Polypropylene/Boron Nitride/Carbon Fibers composites	438-443
ME046	The Development Physical of KARSAESIN Woven Fabrics	444-449



ผลกระทบของการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มในพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและ
พอลิบิวทิลีนซัคซิเนตต่อสมบัติเชิงกล

Effect of Bunch Palm Fiber Addition in Polymer Blends Polylactic acid and
Polybutylene succiness(PLA/PBS) on Mechanical Properties

สรวิทย์ มีศักดิ์สยาม¹ นที ศรีสวัสดิ์² และ สรพงษ์ ภาวสุปรีดิ์^{1*}
¹ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
²ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
E-mail: sorapong.p@en.rmutt.ac.th*

Saravee Meesaksiam¹ Natee Srisawat² and Sorapong Pavasupree^{1*}
¹Department of Materials and Metallurgical Engineering, Faculty of Engineering,
²Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
E-mail: sorapong.p@en.rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

ปาล์มเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันปาล์มซึ่งใช้ในการอุปโภคบริโภค ทำให้มีทะเลลายปาล์มและเส้นใยปาล์มเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้เส้นใยทะเลลายปาล์มผสมลงในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด PLA และ พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต PBS เพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม โดยใช้อัตราส่วน PLA/PBS ที่ 90:10 แล้วเติมเส้นใยปาล์มที่อัตราส่วน 1, 3, 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก %wt โดยใช้เส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% และไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการผสมพอลิเมอร์ด้วยกระบวนการหลอมเหลวด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส และทำการอัดขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า การเติมเส้นใยปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ อัตราส่วนปาล์ม 3% มีผลทำให้ PLA/PBS มีค่าความคงทนต่อแรงกระแทกและค่า Young's modulus สูงขึ้นแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็ง เมื่อศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่า การเติมเส้นใยปาล์มลงใน PLA/PBS ไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางความร้อน

คำหลัก พอลิแลคติกแอซิด พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต พอลิเมอร์ผสม เส้นใยทะเลลายปาล์ม

Abstract

Palm is an agriculture economy of Thailand. Palm is a raw material to produce palm oil for the consumption. The wastes of palm oil production were empty fruit bunch palm fibers. The aim in this research is to study polymer blends between poly(lactic acid)(PLA), poly(butylene succiness)(PBS) and empty fruit bunch palm fibers on mechanical properties and thermal property of polymer blends. The mixing ratio between poly(lactic acid)(PLA), poly(butylene succiness)(PBS) at 90:10 were added with empty fruit bunch palm fibers in mixing ratio contents at 1, 3 and 5 (wt%). The empty fruit bunch palm fibers surface were treated using sodiumhydroxide (NaOH) 5% at 100 °C for 1 h. The polymer blends were mixed by twin screw extruder at 190 °C then the specimens were prepared by compression molding at 190 °C. The result revealed that the polymer blends of treated empty fruit



bunch palm fibers and addition at 3% showed high impact strength, young modulus and hardness in the mechanical properties. The effect of palm fiber contents did not significant on thermal properties of polymer blends.

Keywords: Poly(lactic acid), Poly(butylene succines), Polymer blends, empty fruit bunch palm fibers

1. บทนำ

ปาล์มน้ำมัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (Scientific name): *Elaeis Guineensis* Jacq. เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในวงศ์ปาล์ม(Palmae) ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็น (Arecaceae) จัดอยู่ในพืชตระกูลเดียวกับมะพร้าวมีลักษณะเป็นต้นเดี่ยวตั้งตรงรูปร่างทรงกระบอก ลำต้นมีข้อ ปล้อง ลื่น ๆ เป็นที่เกิดของใบ และเป็นพืชยืนต้นที่สามารถให้ผลผลิตทะลายน้ำมันได้ตลอดปี ทะลายน้ำมันปาล์มหลังจากการนำลูกปาล์มมาทำการสกัดเอาน้ำมันปาล์มแล้ว ยังสามารถนำมาทำปุ๋ย ใช้เป็นเชื้อเพลิงและใช้เพาะเห็ดฟาง เป็นต้น เนื่องจากทะลายน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งของเส้นใยซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญในปาล์มน้ำมันที่มีสมบัติทางกลเช่น ค่าความแข็งแรงดึง ค่าระยะยืดเมื่อขาด และค่าความเหนียว ที่ดีกว่าส่วนอื่นๆอีกทั้งยังมีความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพและเนื่องจากปริมาณปาล์มน้ำมันที่มีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากหลังจากการนำมากำใช้ประโยชน์ดังกล่าวมาข้างต้นแล้วก็ต้องเผาทำลายเพื่อกำจัดเป็นจำนวนมากนับว่าเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นทะลายน้ำมันปาล์มจึงเหมาะสมกับการนำมาพัฒนาเพิ่มมูลค่าเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ [1]

ปัจจุบันการใช้งานพอลิเมอร์มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะจากพลาสติก เนื่องจากพลาสติกมีชื่อคือ น้ำหนักเบา มีความแข็งแรงสูง ทนทานต่อสารเคมีต่างๆและสามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ และยังได้มีการพัฒนาพอลิเมอร์ผสมกับเส้นใยธรรมชาติ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติอื่นๆให้ดียิ่งขึ้นเมื่อปริมาณการผลิตเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณขยะมากขึ้นเช่นกัน เนื่องจากพลาสติกไม่สามารถย่อยสลายได้ ดังนั้นการใช้พลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้จึงเป็นการลดปัญหาดังกล่าว

พอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพในกลุ่มพอลิเอสเทอร์ เช่น Poly (Lactic acid,PLA) และ Poly (Butylene Succinate,PBS) เป็นพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางนับตั้งแต่ปี 1970 เป็นผลจากการตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดจากขยะพลาสติกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เมื่อพิจารณาพร้อมกับปัญหาการขาดแคลนปิโตรเลียมที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้จึงมีความพยายามที่จะผลิตพอลิเมอร์ย่อยสลายทางชีวภาพจากวัสดุที่สามารถทดแทนใหม่ได้ [2]

จากงานวิจัยของ Tadashi Yokohara และคณะ [3] ซึ่งศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS พบว่าพอลิเมอร์ผสมดังกล่าวเป็นระบบพอลิเมอร์ผสมที่ไม่สามารถเข้ากันได้ ในทุกสัดส่วนการผสมทำให้เกิดการแยกเฟสซึ่งส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ จากงานวิจัยของ สลิตา จอมแปง และคณะ [4] ซึ่งทำการศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด (PLA) กับพอลิบิวทีลีนซัคซิเนต (PBS) พบว่าพอลิเมอร์ผสมดังกล่าวเป็นระบบพอลิเมอร์ผสมที่ไม่สามารถเข้ากันได้ในทุกสัดส่วนการผสมทำให้เกิดการแยกเฟสซึ่งส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ และที่อัตราส่วนผสม 90/10 พอลิเมอร์ผสมสามารถเข้ากันได้ดีกว่าที่อัตราส่วนอื่นๆโดยที่ยังไม่เกิดการแยกเฟสอย่างชัดเจนมากนักงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อการศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS ด้วยการนำเส้นใยทะลายน้ำมันปาล์มมาผสมและทำการศึกษามลของสัดส่วนการผสมเส้นใยทะลายน้ำมันปาล์มต่อสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ผสมที่ขึ้นรูปได้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลให้สูงขึ้น

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ

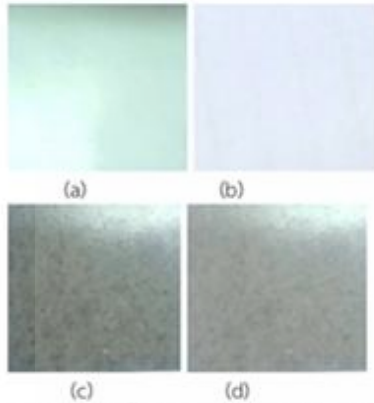
- PLA เกรด 6100D (Nature Works, LLC, USA) ค่าดัชนีการไหล (MFR) 13.02 g/10min
- PBS เกรด FZ91PD (Mitsubishi Chemical Corporation, Japan) ค่าดัชนีการไหล (MFR) 4.56 g/10min
- เส้นใยทะลายน้ำมันปาล์ม

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมพอลิเมอร์ผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวทวนคู่ [4] โดยใช้อัตราส่วน PLA/PBS ที่ 100:0, 90:10 แล้วเติมเส้นใยปาล์มที่อัตราส่วน 1, 3, 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (%wt) โดยใช้เส้นใยทะลายน้ำมันปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 5% และไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 5% ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง [5] อุณหภูมิในการขึ้นรูป 160-190 °C ความเร็วรอบของสกรู 50 rpm และทำการขึ้นรูป



ด้วยวิธีการอัด (Compression Molding) [4] ที่อุณหภูมิ 190 °C



รูปที่ 1 ลักษณะโครงสร้างของชิ้นงาน PLA (a) 100/0 และพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS (b) 90/10, PLA/PBS/PALM FIBER (c) 90/10/3 (d) 90/10/3T โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วย NaOH

รูปที่ 1 แสดงชิ้นงานของพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยวิธีการอัด (Compression Molding) จะเห็นได้ว่าลักษณะชิ้นงานของพอลิเมอร์มีสีที่แตกต่างกันโดยที่ PLA (a) 100/0 มีสีขาวใสและพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS (b) 90/10 มีสีขาวขุ่นและเมื่อมีการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วย NaOH ลงในพอลิเมอร์ผสม 3% ดังรูป (d) และ (c) จะเห็นได้ว่าชิ้นงานมีสีน้ำตาลเข้ม โดยที่การเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิว เมื่อทำการขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมด้วยวิธีการอัด ชิ้นงานที่ได้มีความสมบูรณ์และการเข้ากันระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์ดีกว่าการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ไม่ผ่านการเตรียมผิวด้วย NaOH

2.3 วิธีการทดสอบและวิเคราะห์ผล

- ทดสอบด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (Differential Scanning Calorimeter, DSC) รุ่น 200F ที่อุณหภูมิ 30-190 °C ที่อัตราการให้ความร้อน 10 °C/min และอัตราการเย็นตัว 5 °C /min
- ทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) ตามมาตรฐาน ASTM D 638 ที่อัตราการดึง 5 mm/min เครื่องทดสอบบริษัท อินโทรเอ็นเตอร์พรี จำกัด
- ทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก (Izod Impact) ตามมาตรฐาน ASTM D 256 เครื่องทดสอบยี่ห้อ CEAST

การประชุมวิชาการหน่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2560
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
12-15 กรกฎาคม 2560 เชียงใหม่

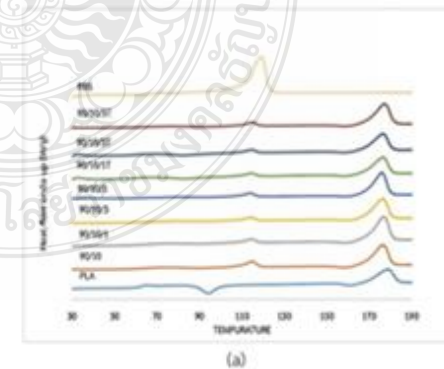
- ทดสอบความแข็ง (Hardness) ชนิด Shore D ตามมาตรฐาน ASTM D224 เครื่องทดสอบยี่ห้อ PTC@INSTRUMENTS

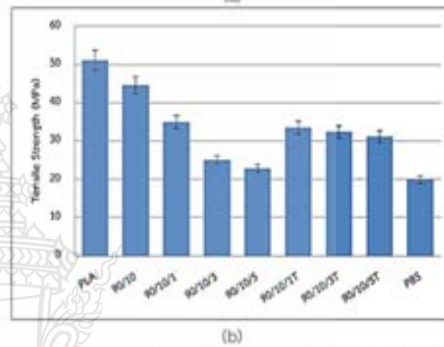
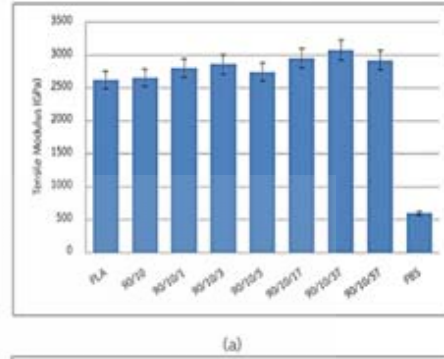
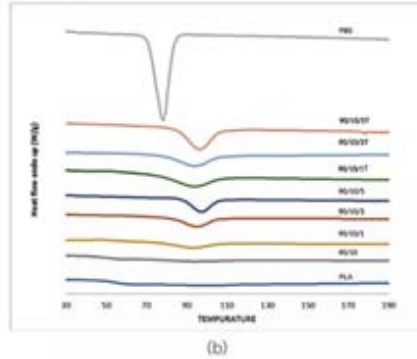
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS

รูปที่ 2 (a) แสดงกราฟการทดสอบทางความร้อนจากเทคนิค Differential Scanning Calorimeter (DSC) ของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS จากรูปที่ 2 (a) เป็นกราฟ DSC ของการดูดความร้อนที่แสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิเมอร์ (Melting Temperature, T_m) ได้แก่ PLA และ PBS จากผลการทดลองค่า T_m ของ PBS และ PLA อยู่ที่ 114.9 °C และ 178.7 °C ตามลำดับในกราฟ DSC แสดงให้เห็นค่า T_m ของ PBS และ PLA ว่าไม่มีการเลื่อนเข้าหากันแสดงว่าพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS เป็นพอลิเมอร์ผสมแบบไม่เข้ากันและเมื่อเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มลงไป ในพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS จะเห็นได้ว่าไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางความร้อน เนื่องจากปริมาณเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผสมลงไปมีปริมาณไม่มาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สติลา จอมแปงและคณะ [4] ซึ่งทำการศึกษารีดริมพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS ที่อัตราส่วนต่างๆพบว่า PLA/PBS เป็นพอลิเมอร์ผสมแบบไม่เข้ากัน

เมื่อพิจารณากราฟของการคายความร้อนของพอลิเมอร์ในรูปที่ 2 (b) จะเห็นกราฟที่แสดงอุณหภูมิการเกิดผลึกของพอลิเมอร์ จากกราฟทดลองพบว่าค่าการเกิดผลึกของ PBS และ PLA อยู่ที่ 78.2 °C และ 94.0 °C โดยที่จะพบอุณหภูมิของการเกิดผลึกทั้งของ PBS และ PLA ในพอลิเมอร์ผสม ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ผสมลงไปมีปริมาณไม่มาก





รูปที่ 2 กราฟ DSC ของพอลิเมอร์และพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS, PLA/PBS/PALM FIBER โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วย NaOH (a) กราฟของการให้ความร้อน (b) กราฟของการเย็นตัว

3.2 สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS

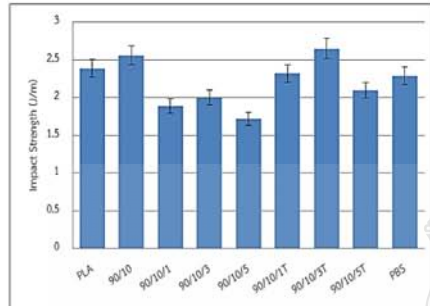
3.2.1 ทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง

รูปที่ 3 แสดงสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS จากการทดสอบชิ้นงานจากการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดความร้อนรูปที่ 3 แสดงค่าโมดูลัส (Tensile Modulus) และค่าความแข็งแรงดึง (Tensile Strength) ของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS ผสมเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่อัตราส่วนต่างๆ จากรูปพบว่าค่าโมดูลัสของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS ที่มีการเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วย NaOH มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยการเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่อัตราส่วน 3 % มีค่าสูงที่สุด เนื่องจาก NaOH มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มการยึดเกาะระหว่าง PLA/PBS กับเส้นใยทะเลสาบปาล์มได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abdullah A. Mamun และคณะ [6] ซึ่งทำการศึกษาการผสมเส้นใยปาล์มที่ผ่านปรับปรุงผิวด้วย NaOH และไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วย NaOH ลงใน PLA และ PP พบว่าเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงผิวทำให้ค่าโมดูลัสของ PLA และ PP เพิ่มสูงขึ้นกว่าเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงผิวด้วย NaOH ในขณะที่ความแข็งแรงดึง (Tensile Strength) ของพอลิเมอร์ผสมลดลง การลดลงของค่าความแข็งแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม น่าจะเป็นผลมาจากความไม่แข็งแรง และความยืดหยุ่นของ PBS [4] และปริมาณเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ผสมลงใน PLA/PBS ไม่มากจึงทำให้สมบัติเชิงกลด้านความแข็งแรงดึงลดลง

รูปที่ 3 สมบัติเชิงกลของ PLA และพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS, PLA/PBS/PALM FIBER โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วย NaOH. (a) โมดูลัส (Tensile Modulus) (b) ความแข็งแรงดึง (Tensile Strength)

3.2.2 ทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก

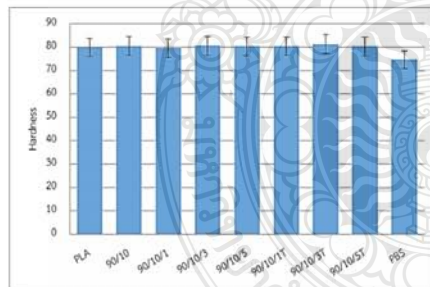
รูปที่ 4 แสดงความทนทานต่อแรงกระแทก (Izod Impact) ของพอลิเมอร์ผสม จากรูปพบว่าค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS ที่มีการเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วย NaOH มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยการเติมเส้นใยทะเลสาบปาล์มที่อัตราส่วน 3 % มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากเส้นใยทะเลสาบปาล์มเข้าไปเพิ่มคุณสมบัติความเหนียวให้กับพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS และ NaOH ยังมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มการยึดเกาะระหว่าง PLA/PBS กับเส้นใยทะเลสาบปาล์ม ทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความทนทานต่อแรงกระแทกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alireza Dehghani และคณะ [5] ซึ่งทำการศึกษาการผสมเส้นใยปาล์มที่ผ่านปรับปรุงผิวด้วย NaOH ลงใน PET พบว่าเส้นใยปาล์มมีคุณสมบัติทำให้ PET มีความทนทานต่อแรงกระแทกเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของ PLA และพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS, PLA/PBS/PALM FIBER โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วย NaOH

3.2.3 ทดสอบความแข็ง

รูปที่ 5 แสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของพอลิเมอร์ผสม จากรูปพบว่าพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS เมื่อมีการเติมเส้นใยทะเลลายปาล์มที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆโดยที่ปาล์มผ่านและไม่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วย NaOH ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็งมากนัก เนื่องจากเส้นใยทะเลลายปาล์มที่ใส่ลงไปมีปริมาณไม่มากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ A. Shalwan, B.F. Yousif [7] ซึ่งทำการศึกษาอิทธิพลของเส้นใยมีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมอีพอกซี จากการทดลองเมื่อทำการเติมเส้นใยปาล์มลงไปวัสดุผสมพบว่าค่าความแข็งของวัสดุผสมมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



รูปที่ 5 แสดงค่าความแข็งของ PLA และพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS, PLA/PBS/PALM FIBER โดยที่ T คือเส้นใยปาล์มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วย NaOH

4. สรุป

บทความนี้ศึกษาผลกระทบของเส้นใยทะเลลายปาล์มต่อสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ผสม PLA/PBS จากการศึกษาพบว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างPLA/PBS เป็นพอลิเมอร์ผสม

แบบไม่เข้ากัน อนุภาคของ PBS มีการยึดเกาะที่ไม่ดีกับโครงสร้างหลักของ PLA และพบว่าการผสมเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในปริมาณ 3% ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็งและสมบัติทางความร้อนแต่มีผลทำให้ความทนทานต่อแรงกระแทกและมอดูลัสของพอลิเมอร์ผสมสูงขึ้น เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสมบัติพอลิเมอร์ผสมและในการใช้ประโยชน์ทะเลลายปาล์ม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560 มทร. รัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ทุกส่วนของปาล์มน้ำมันล้วนนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หน้า 25-37 (2554)
- [2] บุญจมาส บัณฑิต “การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการลามไฟของพอลิบิวทีลีนซัคซิเนตสำหรับใช้ทำกรอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (2554)
- [3] Tadashi Yokohara, and Masayuki Yamaguchi. (2008). “Structure and properties for biomass-based polyester blends of PLA and PBS.” European Polymer Journal 44 (January): 677-685.
- [4] สลิตา จอมแบ่ง การเตรียมเส้นใยของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและพอลิบิวทีลีนซัคซิเนตสำหรับงานด้านสิ่งทอ “ Preparation of Polymer Blends Fiber Between Poly (lactic acid) and Poly (butylene succinate) for Textile Applications”(2554) 50-55
- [5] Alireza Dehghani and et. “ Mechanical and Thermal properties of date palm leaf fiber reinforced recycled poly(ethylene terephthalate) composites” Materials and Design 52(2013) 841-848
- [6] Abdullah A. Mamun, Hans-Peter Heim, Dalour Hossen Beg, Tan S. Kim, Sahrim H. Ahmad



"PLA and PP composites with enzyme modified oil palm fibre: A comparative study" journal homepage: www.elsevier.com/locate/compositesa: composites: Part A 53 (2013) 160–167.

[7] Shalwan A., B.F. Yousif "Influence of date palm fibre and graphite filler on mechanical and wear characteristics of epoxy composites" journal :Materials and Design 59 (2014) 264–273



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวสรวิทย์ มีศักดิ์สยาม
วัน เดือน ปีเกิด	15 มิถุนายน 2528
ที่อยู่	37/3 หมู่ 5 ตำบลบางกุ่ม อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ การผลิตเส้นใยสังเคราะห์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกย้อมด้าย ฝ่ายผลิตเส้นด้าย บริษัท เอเชียไฟเบอร์ จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่พ.ศ. 2554-2559
เบอร์โทรศัพท์	099-1840-0066
อีเมล	soravee_m@mail.rmutt.ac.th

