

อธิบดีมหาวิทยาลัย



สำนักหอสมุด



การเตรียมฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีน
PREPARATION OF SEMI-BIODEGRADABLE FILM FROM THERMOPLASTIC
STARCH AND LOW DENSITY POLY (ETHYLENE)

นางสาวประภาภรณ์ ศรีธิวงศ์ รหัส 55365418

นางสาวเพชรรัตน์ พุ่มเฟื่อง รหัส 55365432

นางสาววันวิสา กอนแก้ว รหัส 55365494

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน - 7 ก.พ. 2561
เลขทะเบียน 17224941
เลขเรียกหนังสือ 45

ป342 ก
2558

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2558



ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงการ	การเตรียมฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งคัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ		
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวประภาภรณ์ ศรีธวัช	รหัส	55365418
	นางสาวเพชรรัตน์ พุ่มเพื่อง	รหัส	55365432
	นางสาววันวิสา กองแก้ว	รหัส	55365494
ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์ณฤมล สีพลไกร		
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2558		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี อนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(อาจารย์ณฤมล สีพลไกร)

.....กรรมการ
(อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ทศพล ตริวจิราภางค์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุบลรัตน์ นาครักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การเตรียมฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ		
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวประภาภรณ์	ศรีธิวงศ์	รหัส 55365418
	นางสาวเพชรรัตน์	พุ่มเฟื่อง	รหัส 55365432
	นางสาววันวิสา	กอนแก้ว	รหัส 55365494
ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์ณมล สีพลไกร		
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2558		

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการเตรียมฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งข้าวโพดดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ โดยทำการเตรียมแป้งดัดแปรจากแป้งข้าวโพดผสมกลีเซอรอล สกัดส่วนกลีเซอรอล:แป้งข้าวโพดที่ทำการเตรียมคือ 25:75 นำไปผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียว หนอนเดียว ในการผสมแป้งดัดแปรใช้อุณหภูมิที่ 120 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที จากนั้นนำพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ผสมกับแป้งดัดแปร อุณหภูมิที่ใช้คือ 150 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที โดยสัดส่วนผสมแป้งดัดแปรกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ที่ 0:100, 5:95, 7.5:92.5, 10:90, และ 20:80 แล้วนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มโดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูป จากการทดสอบสมบัติเชิงกลได้แก่สมบัติต้านทานแรงดึง พบว่าสัดส่วนแป้งดัดแปรกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ที่ 10:90 ฟิล์มมีความสามารถในการรับแรงดึงได้สูงสุด และการผสมกันระหว่างแป้งดัดแปรกับพอลิเอทิลีน มีความสามารถเข้ากันได้เป็นอย่างดี เมื่อทำการเพิ่มปริมาณแป้งดัดแปรลงไป ส่งผลให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น โดยสัดส่วน ที่ 10:90 ให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด และให้ค่าร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด ที่สูงสุดซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสัดส่วนของ LDPE บริสุทธิ์ ที่ 0:100 จากนั้นทดสอบสมบัติการละลายน้ำพบว่าฟิล์มมีน้ำหนักลดลง ฟิล์มที่สัดส่วน 10:90 มีค่าร้อยละการละลายต่ำสุด และวัดค่าความเข้มการส่องสว่างของฟิล์ม พบว่าสัดส่วน 5: 95 มีค่าความเข้มการส่องสว่างสูงสุด ใกล้เคียงกับ LDPE ที่ 0:100 ฟิล์มมีลักษณะโปร่งใสใกล้เคียงกับ LDPE บริสุทธิ์ จากการทดสอบพบว่าสัดส่วน 10:90 มีสมบัติโดยรวมดีกว่าพอลิเมอร์ที่เตรียมจากสูตรอื่นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาพัฒนาเพื่อทดแทนการใช้พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเพียงอย่างเดียว สามารถลดปริมาณพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และใช้แป้งที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพมาทดแทน

Project title	Preperation of Semi-Biodegradable Film from Thermoplastic Starch And Low Density Poly (Ethylene)		
Name	Miss. Prapaporn	Sritiwong	ID. 55361298
	Miss. Phetcharat	Foomfuang	ID. 55365289
	Miss. Wanwisa	Konkeaw	ID. 55365326
Project advisor	Miss.Narumon Seeponkai		
Major	Material Engineering		
Department	Industrial Engineering		
Academic year	2015		

Abstract

In this research study on preparation of semi-biodegradable film from thermoplastic starch (TPS) and low density polyethylene (LDPE). Thermoplastic starch (TPS) prepared from mixing of glycerol and corn starch at ratio of 25:75. Compounding was carried out using single screw extruder at the temperature of 120°C at the speed of 50 rpm for min; Then mixing of density polyethylene (LDPE) and TPCS with various ratio at 0:100, 5:95, 7.5: 92.5, 10:90 and 20:80, were prepared using single screw extruder for compounding at the temperature of 150°C at speed of 250 rpm for min. Compress to the film by compression molding. From the result show that, at ratio of TPS/LDPE 10:90 films has a highest tensile strength. Moreover, the value of elongation at break is similar to LDPE film and percentage of film dissolved at 10:90 has a lowest. And found that at ratio of TPS/LDPE at 5:95 films has more translucent than. From the result found that, it is possible to use this film from TPS/LDPE (10:90) instant using pure LDPE. From this research, it maybe decrease the consumed of non-degradable polymer in the future trend.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ณฤมล สืพลไกร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ในการให้ความรู้ คำปรึกษา และข้อแนะนำเกี่ยวกับการค้นหาข้อมูล และแนวทางการวิเคราะห์ต่าง ๆ ตลอดจนสละเวลาให้คำแนะนำทั้งภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ รวมถึงอาจารย์ทศพล ตริรุจิราภาพงศ์ อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์อุบลัมภ์ นาครักษ์ ที่กรุณาสละเวลาเป็นอาจารย์สอบโครงการ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขโครงการครูช่าง ประเทือง โมรราราย และอาจารย์อิสริย์ วัฒนฤภาพ ที่คอยเอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ในการทำโครงการ อีกทั้งยังคอยแนะนำการนำอุปกรณ์ และเครื่องมือวัดอย่างถูกต้องอีกด้วย

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และอบรมสั่งสอนให้ผู้จัดทำเป็นคนที่ดีของสังคมคุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากโครงการนี้ ทางผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ดำเนินโครงการ

นางสาวประภาภรณ์	ศรีธิวงศ์
นางสาวเพชรรัตน์	ฟุ่มเฟื่อง
นางสาววันวิสา	กอนแก้ว

พฤษภาคม 2559

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาบัตร.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
สัญลักษณ์	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตการทำโครงการ.....	2
1.5 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย	2
1.6 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ.....	2
1.7 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	3
2.1 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ	3
2.2 แป้งดัดแปร (Modified Starch).....	4
2.3 เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic Starch)	7
2.4 แป้งข้าวโพด (Corn Strach).....	7
2.5 ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้	8
2.6 กระบวนการผสม.....	10
2.7 กระบวนการขึ้นรูป	11
2.8 วิธีการทดสอบ	11
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ	17
3.1 สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในโครงการ.....	17
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	17
3.3 วิธีการทดลอง.....	19
3.4 วิธีการทดสอบ	19
บทที่ 4 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดลอง	21
4.1 การศึกษาสภาวะที่ใช้ในการเตรียมแป้งดัดแปร.....	21
4.2 การผสมแป้งดัดแปร (TPS) กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) โดยใช้เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวและขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป.....	22
4.3 การศึกษาสมบัติการทนต่อแรงดึงของแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิด ความหนาแน่นต่ำที่สัดส่วนผสมต่าง ๆ	22
4.4 การศึกษาความเข้มการส่องสว่างของฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจาก แป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ.....	25
4.5 การละลายน้ำของฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสม พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	27
5.1. สรุปผลการทดลอง	27
5.2. ข้อเสนอแนะ	28
เอกสารอ้างอิง.....	29
ภาคผนวก ก.....	30
ภาคผนวก ข.....	34
ประวัติผู้เขียนโครงการ.....	37

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน.....	2
ก.1 แสดงปริมาณการ TPS:LDPE ที่ใช้ในการทดลอง.....	31
ข.1 สมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม TPS:LDPE ที่สัດส่วนต่าง ๆ	34
ข.2 ค่าความเข้มการส่องสว่างของแผ่นฟิล์ม TPS:LDPE ที่สัດส่วนต่าง ๆ	34
ข.3 การละลายน้ำของแผ่นฟิล์ม TPS:LDPE ที่สัດส่วนต่าง ๆ	35



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างทางเคมีของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ.....	3
2.2 โครงสร้างทางเคมีของพอลิเอทิลีน	4
2.3 โครงสร้างของแป้งข้าวโพด (Corn Starch).....	8
2.4 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single Screw Extruder).....	10
2.5 เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding)	11
2.6 การทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile Testing).....	12
2.7 กราฟความเค้น-ความเครียด	13
2.8 เครื่องวัดความเข้มแสง (Lux Meter)	15
3.1 ขั้นตอนการเตรียมและทดสอบฟิล์มจากแป้งดัดแปรผสม LDPE.....	18
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสมบัติแรงดึงของ TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ.....	22
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาดของ TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ	23
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความเข้มการส่องสว่างของ TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ.....	24
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของร้อยละการละลายน้ำของ TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ.....	25
ก.1 ลักษณะของกลีเซอรอลผสมแป้งข้าวโพด (25:75).....	30
ก.2 แป้งดัดแปรที่เตรียมได้จากกลีเซอรอลผสมแป้งข้าวโพดที่สัดส่วน 25:75 ผ่านกระบวนการผลิตด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยว	30
ก.3 แป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่สัดส่วนต่าง ๆ โดยผ่านกระบวนการผลิตด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยว	21
ก.4 ตัวอย่างแผ่นฟิล์ม TPS : LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ.....	32
ก.5 ลักษณะของแผ่นฟิล์ม TPS บริสุทธิ์ ที่ 100:0.....	32
ก.6 ตัวอย่างขนาดของแผ่นฟิล์ม TPS : LDPE ที่นำไปทดสอบแรงดึง.....	32

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

LDPE	=	Low-Density Polyethylene
DP	=	Degree of polymerization
TPRS	=	Thermoplastic rice starch
TPMBS	=	Thermoplastic mung bean starch
TPS	=	Thermoplastic starch



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันพอลิเมอร์กำลังเป็นวัสดุทางเลือกมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยดูได้จากปริมาณการผลิตพลาสติกของบริษัทชั้นนำต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการใช้พลาสติกในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเกษตร แม้ว่าพอลิเมอร์จะเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง ไม่เกิดสนิม มีน้ำหนักเบา สามารถแต่งเติมสีส่นได้ และสามารถขึ้นรูปได้ง่ายแต่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ จึงเกิดการสะสมของขยะพอลิเมอร์ขึ้นถ้าไม่นำขยะพอลิเมอร์ไปทำลายโดยการเผาจะก่อให้เกิดมลพิษซึ่งก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นเหตุหนึ่งของการเกิดสภาวะโลกร้อน

เพื่อลดปริมาณขยะพอลิเมอร์ดังกล่าว จึงได้ศึกษาการเตรียมฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยเตรียมได้จากแป้งดัดแปรผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) เพื่อลดปริมาณการใช้พอลิเอทิลีนและเพิ่มความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ เนื่องจากแป้งเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติด้วยจุลินทรีย์ และแป้งผลิตจากธัญพืชธรรมชาติหลากหลายชนิด ซึ่งในโครงการนี้ได้เลือกใช้แป้งข้าวโพดมาทำการดัดแปร เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีปริมาณอะไมโลสพหุที่จะสามารถย่อยสลายได้ง่าย ซึ่งแป้งที่มีสายโซ่ของอะไมโลสที่ยาวมากจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retro gradation) ลดลงหรือการคืนตัวของแป้ง (Starch) ลดลง

จากที่กล่าวมาจะเห็นถึงประโยชน์ของการนำแป้งดัดแปรมาใช้ผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ เพื่อลดปริมาณการใช้พอลิเอทิลีน โดยคาดว่าจะทำให้สามารถขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์และใช้งานได้ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาสัดส่วนของแป้งดัดแปรผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่เหมาะสม ศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติการละลายน้ำ และความเข้มการส่องสว่างของฟิล์ม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 สามารถเตรียมแป้งดัดแปรได้

1.2.2 สามารถเตรียมฟิล์มจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ที่สัดส่วนต่าง ๆ

1.2.3 ศึกษาสมบัติเชิงกลของฟิล์ม สมบัติการละลายน้ำ และความเข้มการส่องสว่างของฟิล์ม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบสภาวะในการเตรียมแป้งดัดแปร

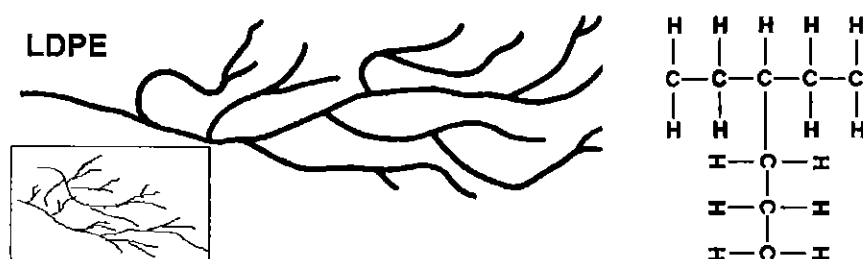
1.3.2 สามารถเตรียมฟิล์มจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ที่สัดส่วนต่าง ๆ

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

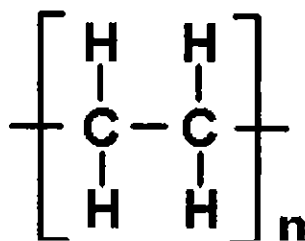
พอลิเอทิลีน (Polyethylene หรือ Polythene) ถูกค้นพบในปี 1933 โดย Reginald Gibson And Eric Fawcett แห่งบริษัท Imperial Chemical Industries (ICI) ในประเทศอังกฤษ วัสดุประเภทนี้มี 2 รูปแบบ คือ LDPE และ HDPE โดย LDPE ใช้ผลิตแผ่นฟิล์ม และวัสดุสำหรับบรรจุภัณฑ์ ส่วน HDPE มีความแข็งแรงกว่า ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์ ท่อน้ำ และอุปกรณ์ยานยนต์ LDPE เป็นวัสดุประเภท Polyethylene Thermoplastic ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียม จัดเป็นพลาสติกที่ ได้รับสัญลักษณ์เลข 4 ซึ่งหมายถึง Resin Identification Code 4 เพื่อความสะดวกสำหรับการ จำแนกชนิดของพลาสติกในการนำกลับไปเวียนทำใหม่ (Recycled) LDPE เป็นพอลิเอทิลีนความ หนาแน่นต่ำ (0.910 - 0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่ผลิตโดยใช้แรงดันสูงจากกระบวนการ Free Radical Polymerization มีความเหนียว และยืดหยุ่นได้ดี ทนต่อการกรอบแตก มีความนิ่ม ความใสแต่มีความใสไม่เท่าพลาสติกชนิด PP (Polypropylene, สัญลักษณ์เลข 5) ซึ่งมีโครงสร้างทาง เคมีเป็นกิ่งสาขา (Branching) มากกว่าโครงสร้างทางเคมีของ HDPE (High-density Polyethylene, สัญลักษณ์เลข 2) จึงมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ต่ำกว่า มีความแข็งแรงทนทานน้อยกว่า HDPE และ LDPE ทนความร้อนได้ไม่มากนัก แต่ทนสารเคมีได้ดี โดยทนความร้อน (ทนอุณหภูมิสูงถึง 80 องศาเซลเซียส และทนอุณหภูมิสูงถึง 95 องศาเซลเซียสในช่วงสั้น ๆ) แต่ไม่สามารถทนอุณหภูมิสูง ในหม้อนึ่งไอน้ำ (Autoclave) เท่าพลาสติกชนิด PP และทนต่อสารเคมีน้อยกว่า HDPE เริ่มหลอมตัว ที่ 120 องศาเซลเซียส ทนความเย็นได้ถึง - 50 องศาเซลเซียส ทนต่อสภาพอากาศได้ดีพอสมควร แต่ อากาศสามารถซึมผ่านได้ LDPE จะมีสีขาวขุ่น โปร่งแสง มีความลื่นมันในตัว มีความเหนียว และ ยืดหยุ่น ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส มีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำจึงลอยน้ำได้ สามารถผสมให้มีสีต่าง ๆ ได้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ [1]

2.1.1 สูตรโครงสร้างทางเคมี

พอลิเอทิลีนผลิตจากแก๊สเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการเติมสารที่ทำให้สามารถจับตัวกันเป็นพอลิเมอร์ได้ภายใต้แรงดันขนาดต่าง ๆ ทำให้ได้พอลิเมอร์ที่มีขนาดตั้งแต่น้ำหนักโมเลกุลต่ำ (ลักษณะเป็นน้ำมันหรือไขข้น) ไปจนถึงขนาดโมเลกุลสูง (ลักษณะเป็นของแข็งที่ยืดหยุ่นได้)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของพอลิเอทิลีน [2]

2.1.2 การใช้งาน

LDPE มีความเหนียว และมีความยืดหยุ่น เหมาะสำหรับผลิตแผ่นฟิล์มต่าง ๆ เช่น วัสดุสำหรับบรรจุหีบห่ออาหาร ซองอาหาร ถุงใส่ของ และเคลือบด้านในของถังขยะ

2.1.3 ความปลอดภัย

เนื่องจากภาชนะที่ใช้ในการบรรจุอาหารต้องสัมผัสกับอาหารโดยตรง ผู้บริโภคจึงควรคำนึงถึงความปลอดภัยของภาชนะเหล่านั้น ว่ามีการทำปฏิกิริยากับอาหารที่บรรจุอยู่หรือไม่ และมีการปลดปล่อยสารต่าง ๆ ออกมาสู่อาหารหรือไม่ สำหรับถุงพลาสติกที่ทำจาก LDPE ซึ่งมีสีต่าง ๆ ผู้ใช้อาจได้รับอันตรายจากตะกั่ว และแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในเม็ดสีที่เติมเข้าไปในการผลิต อย่างไรก็ตามสารเคมีอันตรายหลายตัวที่ถูกนำมาใช้ในระหว่างกระบวนการผลิต และการนำกลับไปเวียนทำใหม่ของ LDPE ได้แก่ เบนซีน ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลาย มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง เช่น มึนงง คลื่นไส้ นอนไม่หลับ บิวทิล ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ และคิวมินไฮโดรเพอร์ออกไซด์ ใช้ในกระบวนการจับตัวเป็นพอลิเมอร์ของพอลิเอทิลีน สารนี้อาจแสดงอันตรายหากกลืนกิน หายใจหรือซึมผ่านผิวหนัง โครเมียมออกไซด์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการจับตัวเป็นพอลิเมอร์ของพอลิเอทิลีนทั้งชนิดความหนาแน่นสูง และต่ำ

2.2 แป้งดัดแปร (Modified Starch)

แป้งดัดแปร (Modified Starch) หมายถึงแป้ง (Starch) ที่ได้จากการนำแป้งดิบ (Native Starch) มาผ่านกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทำให้สมบัติเปลี่ยนไปตามที่ต้องการ เช่น ความหนืด (Viscosity) ลดลงคงตัวต่อความร้อน กรด และแรงเฉือน กรรมวิธีการผลิตแป้งดัดแปรโดยวิธี

ทางเคมีกายภาพเอนไซม์หรือโดยจุลินทรีย์สตาร์ชที่นำมาใช้แปรรูปเป็นแป้งดัดแปร ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า

การใช้แป้งในผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่จะใช้แป้งเพื่อเป็นสารให้ความข้นหนืด และผู้บริโภคจะรับประทานแป้งในรูปของแป้งสุก แต่ในการใช้แป้งในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ลักษณะการใช้จะแตกต่างจากการใช้ในอาหารกล่าวคือ แป้งจะถูกทำให้สุกก่อนจากนั้นจะทำให้แป้ง อยู่ในรูปของฟิล์ม หรือสารเคลือบ เช่น การใช้แป้งสุกเคลือบกระดาษหรือเส้นด้ายในสิ่งทอ หรือใช้แป้งในรูป Adhesive Film เพื่อเชื่อมพื้นผิวเข้าด้วยกัน ความแตกต่างที่เด่นชัดอีกประการคือ การใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ นอกเหนือจากอาหารจะมีการใช้แป้งที่ผ่านการดัดแปรที่มีความหลากหลายมาก [3]

2.2.1 แป้งเม็ด และแป้งฝุ่น (Pearl And Powdered Starches)

ลักษณะทางกายภาพของแป้งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการนำแป้งไปใช้ ในบางกรณีอาจต้องการ ใช้แป้งในรูปที่เป็นเม็ดหรือที่เกาะตัวกันเป็นก้อนเล็ก ๆ เนื่องจากมีข้อดีคือไม่ค่อยมีฝุ่นกระจายตัวได้เร็วในน้ำ ส่วนแป้งฝุ่นอาจใช้เพื่อเป็นตัวหล่อลื่นในแม่พิมพ์ต่าง ๆ ใช้ในเครื่องสำอาง หรือใช้เพื่อเคลือบกระดาษเพื่อกันการซึมของหมึก ใช้เคลือบกระดาษที่ไม่มีคาร์บอน การใช้ในลักษณะนี้ต้องการแป้งฝุ่นที่มีเม็ดแป้งขนาดเล็ก สามารถกระจายตัวเป็น Granule เดียว ๆ ในน้ำได้ดี ไม่มีส่วนที่จับกันเป็นก้อนเจือปนอยู่ เช่น แป้งข้าวเจ้า

2.2.2 แป้งพรีเจลาติไนซ์ (Pregelatinized Starches)

แป้งพรีเจลาติไนซ์เป็นแป้งดัดแปรแบบง่าย ๆ ทำโดยการให้ความร้อนกับแป้งที่แขวนลอยในน้ำ จากนั้นทำให้แห้งโดยอาจใช้ Spray-Dryer หรือ Heated Roll แป้งพรีเจลาติไนซ์เป็นแป้ง ที่สะดวกสำหรับผู้บริโภคที่ไม่มีอุปกรณ์ในการเตรียมแป้งสุก ตัวอย่างการใช้เช่น ใช้เป็น Bodying Agent ในการขุดเจาะน้ำมัน ใช้เป็น Sizing Agent ในสิ่งทอ และใช้เป็น Binder เป็นต้น แป้งพรีเจลาติไนซ์จะมีความหนืด และ Adhesiveness ต่ำกว่าแป้งสุกที่เตรียมใหม่ ๆ

2.2.3 แป้งที่ดัดแปรโดยใช้กรด (Acid-Modified Thin-Cooking Starches)

เตรียมโดยใช้กรดอินทรีย์เจือจางทำปฏิกิริยากับแป้งในน้ำอุ่น ซึ่งจะทำให้พันธะบางส่วนในเม็ดแป้ง ถูกทำลาย ทำให้ได้แป้งที่มีคุณสมบัติมีความหนืดลดลงทำให้สามารถใช้แป้งในความเข้มข้นที่สูงขึ้นประมาณ 5 เท่าของแป้งที่ไม่ดัดแปรมีความหนืดของแป้งสุกต่ำ และเกิด Breakdown ได้ง่ายน้ำแป้งที่ความเข้มข้นสูงพบว่าแป้งจะเกิดการคืนตัวสูงมาก และเริ่มเกิดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากจากการจับตัวกันของโมเลกุลแป้งสายตรงที่มีขนาดเล็ก ที่อยู่ใกล้ชิดกันมากเนื่องจากแป้งมีความเข้มข้นสูงแป้งดัดแปรด้วยกรดมักใช้เป็นสารเคลือบ เช่น ในสิ่งทอจะใช้เคลือบเส้นด้ายเพื่อเพิ่มความแข็งแรง และป้องกันการพันกันของด้ายระหว่างทอ คุณสมบัติในการละลายได้ดี และให้ความหนืดต่ำจะทำให้ได้ฟิล์มที่แข็งแรงเคลือบบนผิวด้าย

2.2.4 แป้งตัดแปรโดยเอนไซม์ (Enzyme-Thinned Starches)

เตรียมโดยใช้เอนไซม์ A - Amylase ย่อยแป้งสุกทำให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ดังนั้นความหนืดจะลดลง และละลายได้ง่ายขึ้น มีการใช้แป้งตัดแปรนี้ในอุตสาหกรรมกระดาษ และสิ่งทอ

2.2.5 White Dextrins

จะคล้าย ๆ กับแป้งตัดแปรด้วยกรดแต่ระดับการย่อยสลายพันธะกลูโคซิดิกจะสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จะละลายได้ดีในน้ำเย็น การเตรียม White Dextrin จะไม่ทำในสภาพที่เป็นสารแขวนลอยของแป้ง เนื่องจากจะมีการสูญเสียแป้งบางส่วนไปในขณะกรอง แต่จะให้ความร้อนกับแป้งในสภาพแห้งโดยมีกรดอินทรีย์อยู่ด้วย และทำในภาชนะที่มีการหมุนกวนตลอดเวลา White Dextrin มีความหนืดต่ำ และละลายได้อย่างสมบูรณ์ในน้ำร้อน การใช้งานหลัก ๆ คือใช้เป็น Paste Adhesives

2.2.6 Yellow dextrin

วิธีการจะเตรียมคล้าย ๆ กับ White Dextrin แต่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า เมื่อความชื้นลดลงต่ำกว่า 3% จะไม่เกิดการตัดพันธะอีกต่อไป สิ่งที่เกิดขึ้นที่จุดนี้คือโมเลกุลที่ถูกตัดออกจะกลับมารวมตัวกัน มีโครงสร้างเป็นกึ่งก้านเป็นพุ่ม ๆ การสร้างพันธะใหม่จะเป็นแบบสุ่มคือเกิดได้ทั้งที่ 1-2, 1-3, 1-4, 1-5 และ 1-6 พบว่า Yellow Dextrins ที่ได้มีขนาดโมเลกุล (DP) ใหญ่กว่าโมเลกุลแป้งเดิม แต่ปริมาตรของโมเลกุลจะเล็กกว่ามากเนื่องจากมีการจัดตัวกันแน่น และเป็นพุ่ม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนืดต่ำมาก Yellow Dextrin ไม่เกิดการคืบตัวหรือคืบตัวน้อยมากแม้ในสภาวะที่มีความเข้มข้นสูง ๆ เนื่องจากสายกิ่งจะสั้นมาก แป้งตัดแปรชนิดนี้มักจะใช้เพื่อเป็น Remoistening Adhesive ในแสตมป์ กระดาษกาว และบนซองจดหมาย

2.2.7 แป้งออกซิไดซ์ (Oxidized Starches)

มักเตรียมโดยใช้ Alkaline Appochlorite ในสารแขวนลอยแป้ง ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะทำให้โมเลกุล แป้งเปลี่ยนแปลงไปโดยมีการเติมหมู่คาร์บอกซิล และคาร์บอนิลเข้าไปทำให้แป้งที่ได้เกิดการคืบตัวน้อยหรือไม่เกิดการคืบตัวเลย ในขณะเดียวกันโมเลกุลจะถูกตัดด้วยทำให้แป้งมีความหนืดลดลง แป้งออกซิไดซ์ละลายได้อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส ซึ่งบ่งชี้ว่าพันธะภายในเม็ดแป้งมีความแข็งแรงลดลงมาก แป้งออกซิไดซ์มีการคืบตัวต่ำ และให้สารละลายแป้งที่ใส และเมื่อนำไปเคลือบจะได้ฟิล์มที่โปร่งแสง มีการใช้แป้งออกซิไดซ์ในการเคลือบกระดาษที่มีคุณภาพสูง นอกจากนี้แป้งออกซิไดซ์ยังมีคุณสมบัติเป็น Polyelectrolyte เนื่องจากมีหมู่คาร์บอกซิลจำนวนมาก ดังนั้นจึงอาจใช้เพื่อช่วยในการกระจายตัวของสารได้

2.2.8 แป้งอีเทอร์และเอสเทอร์

ที่สำคัญที่สุดคือแป้งไฮดรอกซีเอทิล และแป้งอะซิเตต เตรียมโดยทำปฏิกิริยาระหว่างสารแขวนลอยแป้งในสภาพต่างกับ Ethylene Oxide หรือ Acetic Anhydride ที่ระดับการแทนที่ต่ำ (0.03-0.10) โมเลกุลแป้งไม่ถูกทำลาย ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีความหนืดสูง บางครั้งถ้าต้องการให้ความหนืดลดลงอาจตัดแปรต่อด้วยกรด แป้งอีเทอร์ และเอสเทอร์จะให้ฟิล์มที่แข็งแรง ใส มักใช้เป็น

สารเคลือบผ้าฝ้าย และเคลือบกระดาษ ความใสของแป้งสูงจะไม่สูงเท่ากับแป้ง Waxy แต่ถ้าระดับการแทนที่สูงขึ้นจะยับยั้งการคืนตัวได้อย่างสมบูรณ์ และได้สารละลายที่ใสในทางการแพทย์ใช้แป้งไฮดรอกซีเอทิลเป็นตัวเพิ่มพลาสมาในเลือด (Blood Plasma Estender) โดยหน้าที่ของ Extender คือรักษาความหนืด และแรงดันออสโมติกในเลือด เอนไซม์ย่อยแป้งที่อยู่ในเลือดจะย่อยแป้งไฮดรอกซีเอทิลได้ช้า ดังนั้นแป้งดัดแปรนี้จะอยู่ได้นานจึงมีประสิทธิภาพที่ดี

2.2.9 Ationic Starch Ethers

แป้งแคทไอออนิกเป็นแป้งที่มีประจุบวกโดยการเติมหมู่ Quaternary Ammonium เข้าไปทำให้แป้งมีลักษณะเป็น Polyelectrolyte สามารถนำไปใช้ในการตกตะกอน (Flocculation) การกระจาย (Dispersion) และการดูดซับ (Adsorption) ตัวอย่างเช่น ใช้เติมลงในถังตีเยื่อกระดาษ ในกระบวนการทำกระดาษ ใช้เป็นตัวช่วยให้ไททาเนียมไดออกไซด์จับตัวกันหรือดูดซับบนกระดาษที่มีประจุลบ

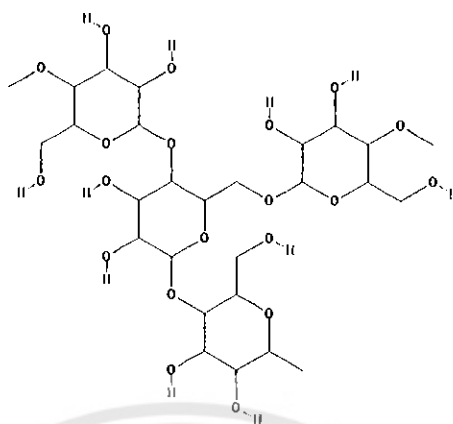
2.3 เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic Starch)

เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic Starch หรือเรียกย่อว่า TPS) เม็ดพลาสติก TPS ที่ผลิตได้สามารถนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องมือ และกระบวนการผลิตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพลาสติกทั่วไป เช่น เอ็กซ์ทรูเดอร์เครื่องฉีด และเครื่องเป่าฟิล์มเป็นต้นถึงแม้ว่าจะทำหน้าที่เป็นสารเสริมสภาพความเป็นพลาสติก (Plasticizer) ของแป้งได้ดีแต่เนื่องจากน้ำระเหยได้ง่ายทำให้พลาสติกที่ได้มีลักษณะเปราะจึงไม่นิยมใช้น้ำในการผลิต TPS สารที่นิยมใช้เป็น Plasticizer ในการผลิต TPS ได้แก่ กลีเซอรอลเนื่องจาก TPS สามารถหลอมตัวได้เมื่อได้รับความร้อน และแรงกลที่เหมาะสมจึงสามารถใช้ TPS เป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตพลาสติกอย่างใดก็ได้พลาสติกที่ผลิตจาก TPS มีข้อจำกัดที่สำคัญสองประการคือมีสมบัติเชิงกลต่ำ (Poor Mechanical Properties) และไม่ทนน้ำ งานวิจัยและพัฒนาส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นเพื่อปรับปรุงสมบัติทั้งสองด้านของ TPS ให้ดีขึ้นซึ่งแนวทางที่นิยม ได้แก่ การดัดแปรโครงสร้างของแป้งด้วยกระบวนการทางเคมี และการผสม TPS กับพลาสติกสังเคราะห์ชนิดอื่น

2.4 แป้งข้าวโพด (Corn Starch)

แป้งข้าวโพด (Corn Starch) เป็นแป้งที่ได้จากเมล็ดข้าวโพด นิยมใช้ในการเพิ่มความเข้มข้นของซอสหรือซูป เนื่องจากให้เนื้อที่ใสกว่าแป้งชนิดอื่น และเป็นวัตถุดิบในการทำน้ำเชื่อม ข้าวโพดอีกด้วย แป้งข้าวโพดเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ซึ่งเป็นแหล่งสะสมอาหารของพืช โมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (Glycosidic bond) ซึ่งมีโครงสร้างของโมเลกุล 2 รูปแบบคือ อะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพกติน (Amylopectin) โดยรวมตัวกันเป็นเม็ดแข็ง ซึ่งในแป้งข้าวโพดมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 29.4 โดยน้ำหนักแห้ง โครงสร้างจะมี Pinhole

ช่วยให้แป้งย่อยสลายง่ายด้วยเอนไซม์ ในทางด้านอุตสาหกรรมจะใช้แป้งข้าวโพดเป็นกาวที่ต้องระวังในการขึ้นรา



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของแป้งข้าวโพด (Corn Starch) [4]

2.5 ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้

โดยทั่วไป เราสามารถแบ่งกลไกการย่อยสลายของพลาสติกเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.5.1 การย่อยสลายได้โดยแสง (Photodegradation)

การย่อยสลายโดยแสงมักเกิดจากการเติมสารเติมแต่งที่มีความไวต่อแสงลงในพลาสติกหรือสังเคราะห์โพลีเมอร์ให้มีหมู่ฟังก์ชันหรือพันธะเคมีที่ไม่แข็งแรง แตกหักง่ายภายใต้รังสียูวี (UV) เช่น หมู่คีโตน (Ketone Group) อยู่ในโครงสร้าง เมื่อสารหรือหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวสัมผัสกับรังสียูวีจะเกิดการแตกของพันธะกลายเป็นอนุมูลอิสระ (Free Radical) ซึ่งไม่เสถียร จึงเข้าทำปฏิกิริยาต่ออย่างรวดเร็วที่พันธะเคมีบนตำแหน่งคาร์บอนในสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้เกิดการขาดของสายโซ่ แต่การย่อยสลายนี้อาจไม่เกิดขึ้นภายในบ่อฝังกลบขยะหรือสภาวะแวดล้อมอื่นที่มีดีหรือแม้กระทั่งชิ้นพลาสติกที่มีการด้วยหมึกที่หนาบบนพื้นผิว เนื่องจากพลาสติกจะไม่ได้สัมผัสกับรังสียูวีโดยตรง

2.5.2 การย่อยสลายทางกล (Mechanical Degradation)

โดยการให้แรงกระทำแก่ชิ้นพลาสติกทำให้ชิ้นส่วนพลาสติกแตกออกเป็นชิ้น ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้โดยทั่วไปในการทำให้พลาสติกแตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ

2.5.3 การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Degradation)

การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันของพลาสติก เป็นปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนลงในโมเลกุลของพอลิเมอร์เกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติอย่างช้า ๆ โดยมีออกซิเจน และความร้อน แสงยูวี หรือแรงทางกลเป็นปัจจัยสำคัญที่เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide ROOH) ในพลาสติกที่ไม่มีการเติมสารเติมแต่งที่ทำหน้าที่เพิ่มความเสถียร (Stabilizing Additive)

แสง และความร้อนจะทำให้ ROOH แตกตัวกลายเป็นอนุมูลอิสระ RO และ OH ที่ไม่เสถียร และเข้าทำปฏิกิริยาต่อที่พันธะเคมีบนตำแหน่งคาร์บอนในสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้เกิดการแตกหัก และสูญเสียสมบัติเชิงกลอย่างรวดเร็ว แต่ด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่ได้รับการวิจัย และพัฒนาขึ้นในปัจจุบันทำให้พอลิโอเลฟินเกิดการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนได้เร็วขึ้นภายในช่วงเวลาที่กำหนด โดยการเติมสารเติมแต่งที่เป็นเกลือของโลหะทรานสิชัน ซึ่งทำหน้าที่เป็นคะตะลิสต์เร่งการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide; ROOH) ที่เป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เกิดการแตกหัก และสูญเสียสมบัติเชิงกลรวดเร็วยิ่งขึ้น

2.5.4 การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic Degradation)

การย่อยสลายของพอลิเมอร์ที่มีหมู่เอสเทอร์ หรือเอไมด์ เช่น แป้ง พอลิเอสเทอร์ พอลิ-แอนไฮดรายด์ พอลิคาร์บอเนต และพอลิยูรีเทน ผ่านปฏิกิริยาก่อให้เกิดการแตกหักของสายโซ่พอลิเมอร์ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบที่ใช้คะตะลิสต์ (Catalytic Hydrolysis) และไม่ใช่คะตะลิสต์ (Non-catalytic Hydrolysis) ซึ่งประเภทแรกยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบที่ใช้คะตะลิสต์จากภายนอกโมเลกุลของพอลิเมอร์เร่งให้เกิดการย่อยสลาย (External Catalytic Degradation) และแบบที่ใช้คะตะลิสต์จากภายในโมเลกุลของพอลิเมอร์เองในการเร่งให้เกิดการย่อยสลาย (Internal Catalytic Degradation) โดยคะตะลิสต์จากภายนอกมี 2 ชนิด คือ คะตะลิสต์ที่เป็นเอนไซม์ต่างๆ (Enzyme) เช่น Depolymerase Lipase Esterase และ Glycohydrolase ในกรณีนี้จัดเป็นการย่อยสลายทางชีวภาพ และคะตะลิสต์ที่ไม่ใช่เอนไซม์ (Non-enzyme) เช่น โลหะแอลคาไลด์ (Alkaline Metal) เบส (Base) และ กรด (Acid) ที่มีอยู่ในสภาวะแวดล้อมในธรรมชาติ ในกรณีนี้จัดเป็นการย่อยสลายทางเคมี สำหรับปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแบบที่ใช้คะตะลิสต์จากภายในโมเลกุลของพอลิเมอร์นั้นใช้หมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl Group) ของหมู่เอสเทอร์ หรือเอไมด์ที่ปลายของสายโซ่พอลิเมอร์ในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

2.5.5 การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation)

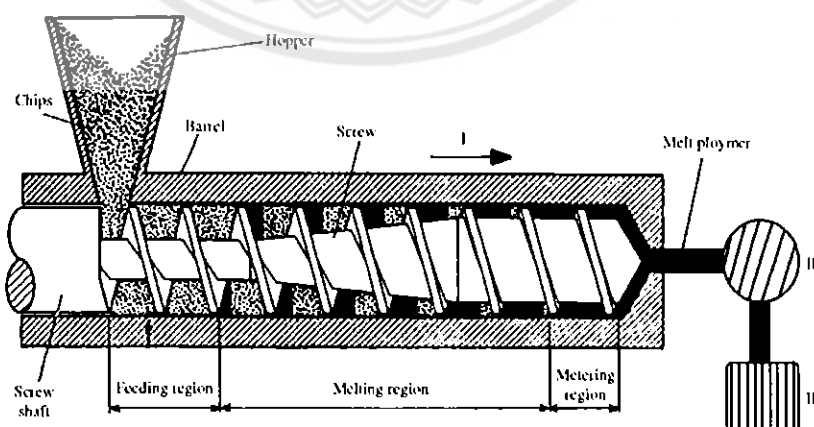
การย่อยสลายของพอลิเมอร์จากการทำงานของจุลินทรีย์โดยทั่วไปมีกระบวนการ 2 ขั้นตอน เนื่องจากขนาดของสายพอลิเมอร์ยังมีขนาดใหญ่ และไม่ละลายน้ำ ในขั้นตอนแรกของการย่อยสลายจึงเกิดขึ้นภายนอกเซลล์โดยการปลดปล่อยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ซึ่งเกิดได้ทั้งแบบใช้ Endo-Enzyme หรือเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะภายในสายโซ่พอลิเมอร์อย่างไม่เป็นระเบียบ และแบบ Exo-Enzyme หรือเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการแตกหักของพันธะที่ละหน่วยจากหน่วยซ้ำที่เล็กที่สุดที่อยู่ด้านปลายของสายโซ่พอลิเมอร์เมื่อพอลิเมอร์แตกตัวจนมีขนาดเล็กพอจะแพร่ผ่านผนังเซลล์เข้าไปในเซลล์ และเกิดย่อยสลายต่อในขั้นตอนที่ 2 ได้ผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (Ultimate-Biodegradation) คือ พลังงาน และสารประกอบขนาดเล็กที่เสถียรในธรรมชาติ (Mineralization) เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน น้ำ เกลือ แร่ธาตุต่าง ๆ และมวลชีวภาพ (Biomass) มวลชีวภาพหมายถึง มวลรวมของสสารที่เกิดขึ้นจากกระบวนการในการดำรงชีวิต และเติบโตของสิ่งมีชีวิต ซึ่งรวมถึงพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบว่า มีการใช้คำว่าพลาสติคย่อยสลายได้ในสภาวะ

แวดล้อมธรรมชาติ (Environmentally Degradable Plastics ; EDP) ซึ่งหมายถึง พลาสติกที่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ในสภาวะแวดล้อม เช่น กรด ต่าง น้ำ และออกซิเจนในธรรมชาติ แสงจากดวงอาทิตย์ แรงเค้นจากการกระทบของเม็ดฝน และแรงลมหรือจากเอนไซม์ของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีกลายเป็นสารที่ถูกดูดซึม และย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์โดยจุลินทรีย์ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ สารอนินทรีย์ และมวลชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย โดยการย่อยสลาย และการดูดซึมนี้นี้ต้องเกิดขึ้นได้รวดเร็วเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดการสะสมในสภาวะแวดล้อม และคำว่าพลาสติกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Friendly Plastics) หรือพลาสติกสีเขียว (Green Plastics) หมายถึง พลาสติกที่ทำให้ภาระในการจัดการขยะลดลง และส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมน้อยกว่าพลาสติกที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน

2.6 กระบวนการผสม

เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single Screw Extruder)

ทำโดยการให้พลาสติก (Plastic) หรือเม็ด (Pellets) หลอมเป็นเนื้อเดียวแล้วผลักดันโดยแกนหมุนของสกรูให้พลาสติกหลอมไหลผ่านหัวฉีด (Die) ที่มีรูปร่างตามลักษณะชิ้นงานที่ต้องการผลิต พลาสติกหลอมจะแข็งตัวเมื่อออกจากหัวฉีด แสดงดังรูปที่ 2.4 เนื่องจากการหล่อเย็น การอัดรีดพลาสติกในกลุ่มเทอร์โมเซตบางตัวก็สามารถกระทำได้แต่พอลิเมอร์ในกลุ่มนี้จะเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงเนื่องจากความร้อนในขณะที่ทำการอัดรีด นอกจากนี้เครื่องอัดรีดมีความสำคัญในการแปรรูปพลาสติกแล้ว ยังมีความสำคัญในการใช้เป็นเครื่องผสมเพื่อการผลิตพลาสติก โดยการผสมพลาสติกกับสารเติมแต่ง (Additives) และสารตัวเติม (Fillers) ชนิดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเป็นการเตรียมวัสดุสำหรับการแปรรูปโดยเทคนิคต่าง ๆ

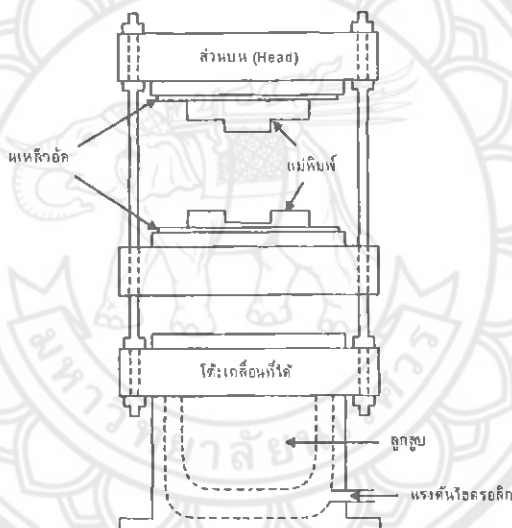


รูปที่ 2.4 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single Screw Extruder) [5]

2.7 กระบวนการขึ้นรูป

เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding)

การอัดขึ้นรูป (Compression Molding) เป็นเทคนิคการขึ้นรูปพลาสติกที่มีใช้กันมานานอย่างกว้างขวางโดยพลาสติกที่นิยมใช้การขึ้นรูปด้วยวิธีการนี้จะเป็นพลาสติกในกลุ่มของเทอร์โมเซต (Thermoset) และยาง (Rubber) นอกจากนี้ในกลุ่มของเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการอื่น ๆ ได้ยาก เช่นเทอร์โมพลาสติก (Thermoset) ที่มีการผสมไฟเบอร์ (Fiber) เทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์ (Thermoplastic Elastomers) เป็นต้น ซึ่งนิยมใช้การขึ้นรูปด้วยวิธีการนี้เช่นกัน การขึ้นรูปจะใช้เครื่องอัดแสดงดังภาพที่ 2.5 โดยเริ่มจากการยัดแม่พิมพ์ติดกับแผ่นเหล็กอัดทั้งสองแผ่นแล้วทำการให้ความร้อนโดยการตั้งอุณหภูมิที่อุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยง (Cross-linking Reaction) ตามชนิดของพลาสติก จากนั้นผสมสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในลักษณะผงหรือเม็ดลงไปในเบ้าตัวเมีย และเลื่อนเบ้าตัวผู้ลงมาปิดโดยใช้แรงอัดที่เหมาะสมเมื่อผสมที่อุณหภูมิร้อนจะเกิดการอ่อนตัว และไหลเข้าในช่องว่างของเบ้าทั้งสองตัวหลังจากนั้นก็ปล่อยให้ปฏิกิริยา



รูปที่ 2.5 เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding) [5]

2.8 วิธีการทดสอบ

2.8.1 การทดสอบแรงดึง (Tensile Test)

ชิ้นงานทดสอบซึ่งส่วนใหญ่จะมีรูปทรง Dumbbell จะได้จากการเตรียมชิ้นงานแบบต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุ เช่นกรณีชิ้นงานที่เป็นยางก็จะได้จากการตีแผ่ยางรูป Dumbbell ด้วย Die (จากแผ่นยางที่ได้จากการวัลคาไนซ์ใน Compression Mould) ส่วนในกรณีของพลาสติก อาจจะได้จากกระบวนการฉีด (Injection Moulding) หรือได้จากการตัดแผ่นพลาสติกด้วย Die ในขณะที่ทดสอบจะใช้เครื่อง Universal Testing Machine โดยจะทำการจับชิ้นงานที่

ตำแหน่งปลายทั้งสองด้านด้วยระยะคงที่ (ตามมาตรฐานกำหนด) แล้วทำการดึงยืดชิ้นงานด้วยอัตรา
การดึงที่คงที่ทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของแรง และระยะยืดของชิ้นงานบริเวณตรงกลาง

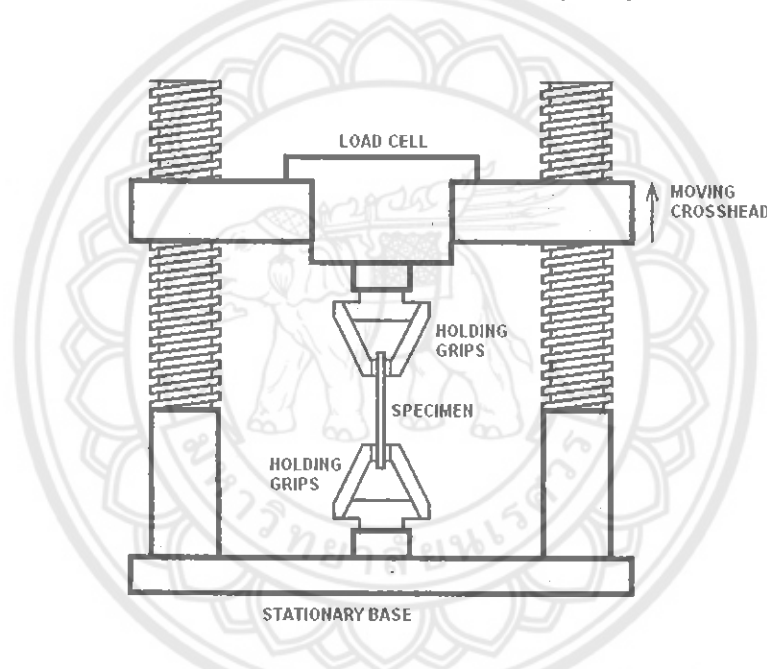
ความแข็งแรงดึง (Tensile Strength ; σ)

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

เมื่อ σ = ความเค้นเนื่องจากการดึงชิ้นงาน (MPa)

F = แรงสูงสุดที่ใช้ในการดึง (N)

A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน (mm^2)



รูปที่ 2.6 การทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile Testing) [6]

มอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus Of Elasticity ; E)

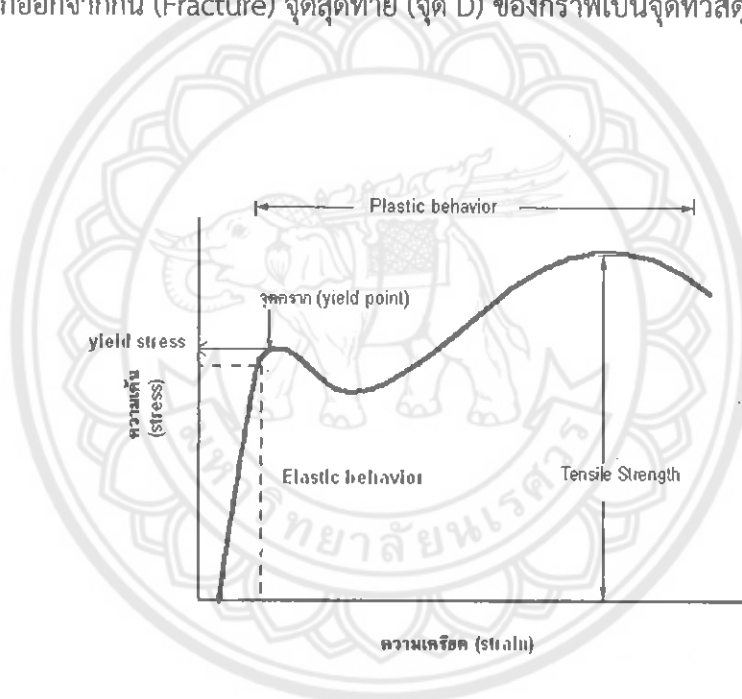
$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (2.2)$$

เมื่อ E = มอดูลัสยืดหยุ่น (MPa)

σ = ความเค้น (MPa)

e = ความเครียด

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดจะเป็นสัดส่วนคงที่จึงได้กราฟเป็นเส้นตรงเรียกจุด A ว่าพิภักตสัดส่วน (Proportional Limit) และภายใต้พิภักตสัดส่วนนี้ วัสดุจะแสดงพฤติกรรมการคืนรูปแบบยืดหยุ่น นั่นคือเมื่อปล่อยแรงกระทำชิ้นงานทดสอบจะกลับไปมีขนาดเท่าเดิมเมื่อเพิ่มแรงกระทำต่อไปจนเกินพิภักตสัดส่วนเส้นกราฟจะค่อย ๆ โค้งออกจากเส้นตรง วัสดุหลายชนิดจะยังคงแสดงพฤติกรรมการคืนรูปได้อีกเล็กน้อยจนถึงจุด B ซึ่งเป็นจุดที่เกิดการเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก เรียกว่าจุดคราก (Yield Point) และค่าความเค้นที่จุดนี้เรียกว่า ความเค้นจุดคราก (Yield Stress) หรือความแข็งแรงจุดคราก (Yield Strength) เป็นจุดแบ่งระหว่างพฤติกรรมการคืนรูปกับการคงรูปของวัสดุ หลังจากจุดครากไปแล้ววัสดุจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างด้วยความเค้นจะเพิ่มอย่างขึ้นช้า ๆ อาจจะมีจุดจนถึงจุดสูงสุด (จุด C) ค่าความเค้นที่จุดนี้เรียกว่าความแข็งแรงสูงสุด (Ultimate Strength) หรือความเค้นแรงดึง (Tensile Strength) เป็นความเค้นสูงสุดที่วัสดุทนได้ก่อนที่จะเริ่มขาดหรือแตกออกจากกัน (Fracture) จุดสุดท้าย (จุด D) ของกราฟเป็นจุดที่วัสดุเกิดการแตกหรือขาดออกจากกัน



รูปที่ 2.7 กราฟความเค้น-ความเครียด [7]

ค่าการยืดตัว (Elongation at break)

$$\begin{aligned} \text{การยืดตัว (Elongation)} &= \text{ระยะยืด } (\Delta L), \text{ mm} \\ \text{พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานรูปดัมเบล} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว } (\text{m}^2) \end{aligned} \quad (2.3)$$

โดยในการคำนวณค่าความเครียด ΔL ต่อ L_0 ซึ่งต้องระวังด้วยว่าค่าที่ใช้ต้องเป็นค่าที่มาตรฐาน คือ ΔL ควรวัดโดยใช้ Extensometer จะแม่นยำกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่วัสดุ

ทดสอบเป็นยางที่จะยืดตัวได้มากจนเข้าสู่บริเวณรอยคอดของชิ้นงาน อย่างไรก็ตามกรณีที่เป็นพลาสติกแข็งอาจจะใช้ระยะเดินทางของมือจับ (Grip) เป็น ΔL แทนได้ เนื่องจากพลาสติกแข็งมักจะยืดตัวได้น้อย และฉีกขาดก่อนจะเกิดการยืดบริเวณรอยคอด ส่วนค่า L_0 นั้นต้องดูตามมาตรฐานของ Standard Method ที่ใช้ทดสอบ (ASTM D638, JIS 2000 ISO, DIN) ซึ่งแต่ละมาตรฐานจะมีขนาดชิ้นงานไม่เท่ากัน และมีระยะ Gauge ไม่เท่ากัน ถ้าใช้ค่า L_0 ในการคำนวณ Strain ไม่ถูกต้อง จะทำให้ค่า Strain และ Modulus ที่ได้คลาดเคลื่อน

2.8.2 การทดสอบสมบัติการละลาย (Solubility Test)

พอลิเมอร์แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการละลายที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพขั้ว (Polarity) และค่า Solubility Parameter ของพอลิเมอร์ และตัวทำละลายที่นำมาพิจารณาว่ามีค่าใกล้เคียงกันมากน้อยแค่ไหน ดังนั้นตัวทำละลายที่สามารถละลายพอลิเมอร์ชนิดหนึ่ง ๆ ได้ อาจจะไม่สามารถละลายพอลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ ได้ ดังนั้นในแต่ละชนิดของพอลิเมอร์จะมีทั้ง Solvents และ Non-Solvents ที่เกี่ยวข้องเสมอ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อยืนยันว่าสาร Unknown นั้น ๆ เป็นพอลิเมอร์ที่สงสัยหรือไม่ ข้อควรระวังในการทดสอบการละลาย คือ ในบางครั้งพอลิเมอร์บางตัวจะละลายได้ที่อุณหภูมิสูง นอกจากนั้นพอลิเมอร์บางตัวอาจจะละลายไม่ได้ เนื่องจากข้อจำกัดของโครงสร้าง เช่น ยางที่ผ่านการวัลคาไรซ์หรือ Thermoset ที่มีโครงสร้างแบบร่างแหจะไม่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายใด ๆ เลยหรือพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างความเป็นผลึกสูง เช่น Nylon, PP, PTFE ก็จะสามารถละลายได้ยากหรือแทบไม่ละลายเลย ยกเว้นจะให้ความร้อนเพิ่มขึ้น สำหรับขั้นตอนการทดสอบการละลายของพอลิเมอร์นั้น สามารถทำได้ง่าย ๆ โดยการตัดตัวอย่างออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ พอที่จะใส่ลงไปในหลอด Test Tube ได้ จากนั้นเติมตัวทำละลายที่สนใจลงไป เขย่า กวนหรือแช่ ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เวลาในการทดสอบนานพอสมควร ในกรณีที่พอลิเมอร์บางตัวละลายได้ยาก สังเกตการเปลี่ยนแปลง เช่น ขนาดชิ้นงานเล็กลง สารละลายมีความขุ่นหรือมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น โดยหาร้อยละของการละลายน้ำตามสมการ [8]

$$\% \text{Film dissolved} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (2.4)$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักแห้งก่อนแช่น้ำของชิ้นงาน (กรัม)
 W_2 = น้ำหนักแห้งหลังแช่น้ำของชิ้นงาน (กรัม)

2.8.3 การทดสอบการวัดแสง (Lux meter)

คือเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสว่างของแสงมีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล (fc), ลักซ์ (lux) หรือ cd/m^2 เครื่องวัดแสงบางประเภทจะมีการติดตั้งหน่วยความจำเอาไว้ภายในตัวเครื่องเพื่อบันทึกข้อมูล (Datalogger) และนำเข้าข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ การวัดความเข้มของแสงภายในสำนักงาน โรงงาน สถานศึกษา สถานประกอบการต่าง ๆ การถ่ายภาพมักจะใช้เครื่องวัดแสงเพื่อกำหนดการเปิดรับแสงที่เหมาะสม เครื่องวัดแสงทั้งแบบดิจิตอลหรืออะนาล็อกซึ่งจะช่วยให้ช่างถ่ายภาพกำหนดความเร็วของชัตเตอร์ และ F-number สำหรับการเปิดรับแสงที่เหมาะสม นอกจากนี้เครื่องวัดแสงยังถูกใช้ในทางด้านภาพยนตร์ และการออกแบบฉากเพื่อกำหนดระดับแสงที่เหมาะสมสำหรับฉากหรืองานด้านการจัดแสงเพื่อลดปริมาณของแสงที่ไม่ต้องการทั้งภายในอาคารและนอกอาคาร



รูปที่ 2.8 เครื่องวัดความเข้มแสง (Lux Meter) [9]

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฑารัตน์ ปรัชญารากร (2553) [10] ได้ทำการศึกษา และปรับปรุงสมบัติของเทอร์โมพลาสติกจากแป้งถั่วเขียวโดยใช้เส้นใยฝ้าย และLDPE โดยผสมแป้งถั่วเขียว และกลีเซอรอล อัตราส่วน 1:1 ด้วยเครื่องความเร็วสูง (High Speed Mixer) ผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปอัดขึ้นรูป ดัดแปรสมบัติของ TPMBs ที่อัตราส่วนผสมตามสูตร (เส้นใยฝ้าย และLDPE) 10:0 7:3 5:5 3:7 และ 0:10 จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล สันฐานวิทยา การดูดซึมน้ำ สมบัติทางความร้อน และการย่อยสลายทางชีวภาพพบว่าฝ้ายอย่างเดียว (10:0) สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน การย่อยสลายทางชีวภาพสูงขึ้น LDPE อย่างเดียว (0:10) สมบัติเชิงกลดีขึ้น ฝ้าย:LDPE (7:3) สมบัติเชิงกล,สมบัติทางความร้อน,ย่อยสลายทางชีวภาพสูงขึ้น อัตราส่วนของฝ้าย และLDPE 10:0 3:7 7:3 ที่ Load สูงสุดจะมีความเค้น และมอดูลัสเพิ่มขึ้น การดูดซึมน้ำของ TPMBs ดัดแปรทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับ TPMBs บริสุทธิ์

จุฑารัตน์ ปรัชญารากร (2552) [11] ได้ศึกษาสมบัติของเทอร์โมพลาสติกจากแป้งข้าวเจ้า โดยใช้เส้นใยฝ้าย และ LDPE โดยผสมแป้งข้าวเจ้า และกลีเซอรอล อัตราส่วน 1:1 ด้วยเครื่องความเร็วสูง (High Speed Mixer) ผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปอัดขึ้นรูป ดัดแปรสมบัติของ TPRS โดยการผสมเส้นใยฝ้ายผสม LDPE และเติมสารช่วยผสมมาลิอิกแอนไฮโดรด์กราฟท์พอลิเอทิลีน (MAPE) และไวนิลไตรเมทอกซีไซเลน (VTMS) จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล สันฐานวิทยา การดูดซึมน้ำ สมบัติทางความร้อน และการย่อยสลายทางชีวภาพพบว่า การเติม MAPE และ VTMS ทำให้การย่อยสลายของ TPRS มีแนวโน้มลดลง การดูดซับความชื้นของ TPRS ผสมเส้นใยฝ้ายลดลง เสถียรภาพทางความร้อนสูงขึ้น การดัดแปรสมบัติของ TPRS ผสมเส้นใยฝ้ายจะได้สมบัติโดยรวมที่ดีที่สุด สมบัติเชิงกลจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยฝ้ายที่ผสมเข้าไป

สุชลี รอดทั้ง (2548) [12] ได้ศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์ผสมจาก MDPE แป้ง และแป้งดัดที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างแป้ง และMAPE โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารเร่งปฏิกิริยา และน้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยการดัดแปรแป้งข้าวเหนียวใช้ MAPE ร้อยละ 35 โดยโมล เวลา 30 นาที ส่วนการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังใช้ MAPE ร้อยละ 25 โดยโมล เวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำ MDPE แป้ง และแป้งดัดแปรมาผสมกันขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที พบว่าพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมจาก MDPE กับแป้งข้าวเหนียวที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักเป็น 80:20 และแป้งข้าวเหนียวดัดแปร 5 phr กับที่เตรียมจาก MDPE กับแป้งมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 90:10 และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร 5 phr มีสมบัติโดยรวมดีกว่าพอลิเมอร์จากสูตรอื่น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

การดำเนินโครงการกำหนดไว้ 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ค้นหาเอกสารโครงการ ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่าง ๆ เช่น หนังสือ ข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต

ขั้นตอนที่ 2 วางแผนการดำเนินโครงการ กำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน ศึกษาวิธีการทดลอง และกระบวนการต่าง ๆ ที่ใช้ในโครงการ

ขั้นตอนที่ 3 เตรียมวัตถุดิบ และอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินงานวิจัยโดยการเตรียมเม็ดพลาสติก LDPE แบ่งข้าวโพด ขึ้นรูปชิ้นงาน ทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติการละลายน้ำ และวัดค่าความเข้มการส่องสว่าง

ขั้นตอนที่ 5 นำผลที่ได้จากโครงการมาวิเคราะห์ สรุปผล และเขียนปริญญานิพนธ์

3.1 สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในโครงการ

3.1.1 LDPE

3.1.2 แบ่งข้าวโพด

3.1.3 กลีเซอรอล

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single Screw Extruder)

3.2.2 เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression)

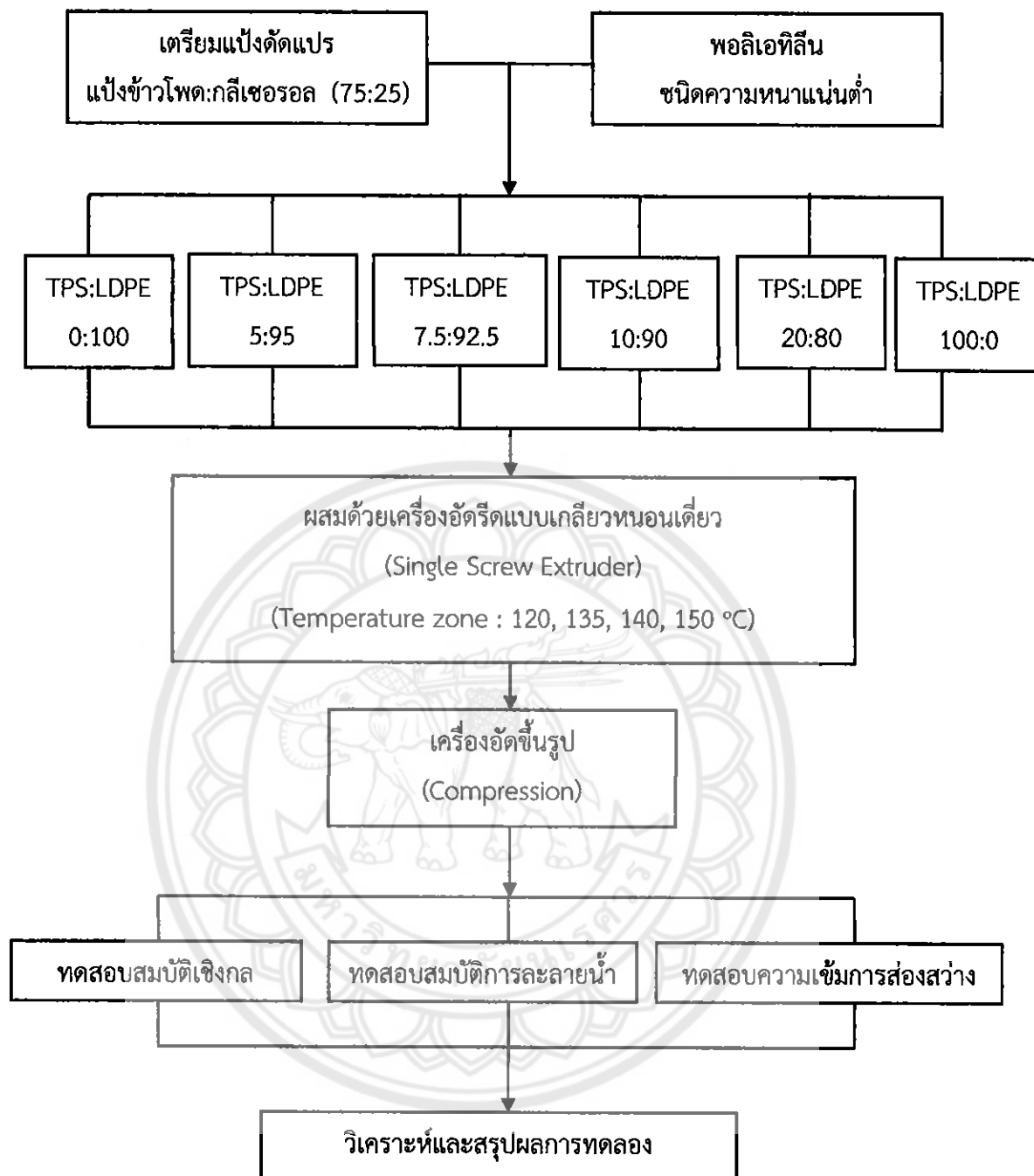
3.2.3 เครื่องทดสอบความแข็งแรงดึง (Universal Testing)

3.2.4 เครื่องวัดความเข้มแสง (Lux Meter)

3.2.5 หลอดไฟ ขนาด 8 วัตต์

3.2.6 เครื่องชั่ง

3.2.7 ตะแกรง



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียม และทดสอบฟิล์มจากแป้งดัดแปร และ LDPE

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ผสมแป้งข้าวโพดกับกลีเซอรอล ในถุงพลาสติกที่ค้ำคั้นไว้ โดยใช้สัดส่วน 75:25

3.3.2 ทำการผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว ทำโดยระบบปิดที่อุณหภูมิทั้งหมด 4 zone ที่ 90°C, 100°C, 110°C และ 120°C ที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที

3.3.3 ทำการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3.3.4 นำแป้งตัดแปรที่ได้มาผสมกับ LDPE ในสัดส่วนต่าง ๆ ดังนี้ 0:100, 5:95, 7.5:92.5, 10:90, 20:80 และ 100:0 ทำการผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว ทำโดยระบบปิดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ที่ความเร็ว 250 รอบต่อนาที

3.3.5 เมื่อผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำมาตัดเป็นเม็ด

3.3.6 ทำการอัดขึ้นรูปชิ้นงานเป็นแผ่นฟิล์มด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression) ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

3.4 วิธีการทดสอบ

3.4.1 ทดสอบสมบัติเชิงกล

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D-638 โดยให้ชิ้นงานแต่ละชิ้นมีลักษณะเป็นรูปดัมเบล ทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยเครื่อง Universal Testing ด้วยน้ำหนัก Load 100 นิวตันความเร็วในการดึง 1 มิลลิเมตรต่อนาที สมบัติเชิงกลของชิ้นงานสังเกตค่าวัดโดยเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

3.4.2 ทดสอบการละลายน้ำ

เตรียมตัวอย่างแผ่นฟิล์มนำมาตัดออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร นำมาชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบ จากนั้นแช่ฟิล์มในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักเปียกหลังทดสอบของฟิล์ม โดยหาเปอร์เซ็นต์ของการละลายน้ำตามสมการ

$$\% \text{Film dissolved} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (2.5)$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักแห้งก่อนแช่น้ำของชิ้นงาน

W_2 = น้ำหนักแห้งหลังแช่น้ำของชิ้นงาน

3.4.3 ทดสอบความเข้มการส่องสว่าง

ทดสอบความเข้มการส่องสว่างของฟิล์ม โดยใช้หลอดไฟขนาด 8 วัตต์ จำนวน 1 หลอด โดยมีขนาดพื้นที่วงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ที่แสงจากหลอดไฟทะลุผ่านออกมา กำหนดระยะวัดค่าความเข้มการส่องสว่างจากหลอดไฟถึงแผ่นฟิล์ม 7 เซนติเมตร วัดความเข้มการส่องสว่างด้วยเครื่อง Lux Meter โดยวางตำแหน่งเครื่องให้มีระยะห่างจากหลอดไฟ 15 เซนติเมตร ค่าความเข้มการส่องสว่างของชิ้นงานสังเกตโดยการอ่านค่าจากเครื่องทดสอบ

3.5 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลทดสอบของฟิล์มจากการผสมระหว่างแป้งข้าวโพด และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่อัตราส่วนต่าง ๆ 0:100, 5:95, 7.5:92.5, 10:90, 20:80 และ 100:0

3.6 สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลองของการเตรียมฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งข้าวโพดผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำแล้วนำข้อมูลที่ได้จัดทำรูปเล่มเพื่อรายงานผลการทดลอง

บทที่ 4

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดลอง

โครงการวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ เพื่อลดปริมาณของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมาใช้ในการขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน และได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 การศึกษาสภาวะที่ใช้ในการเตรียมแป้งดัดแปร

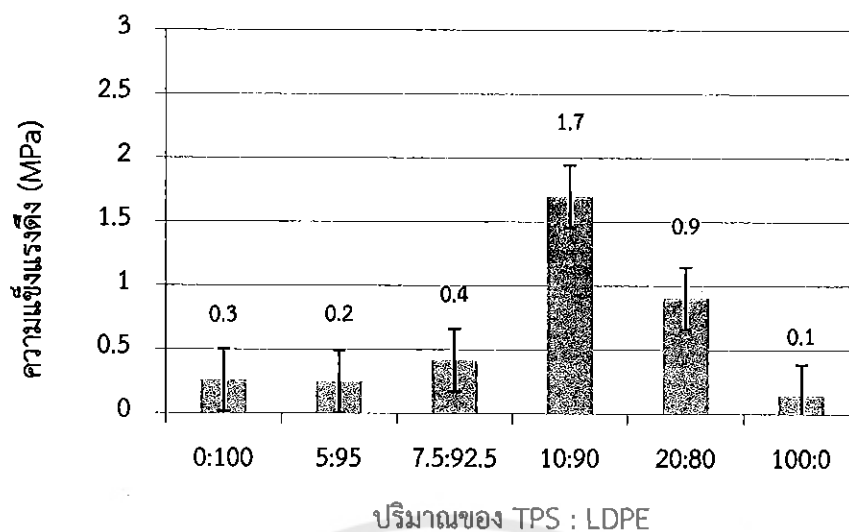
จากการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการเตรียมแป้งดัดแปร โดยทำการผสมระหว่างแป้งข้าวโพดและกลีเซอรอล โดยเตรียมจากแป้งข้าวโพด 75 กรัมต่อกลีเซอรอล 25 กรัม กวนอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้กลีเซอรอลที่เป็นพลาสติกไซเซอร์กระจายตัวเข้าไปในเม็ดแป้งเพิ่มการไหล และความเป็นพลาสติกให้กับแป้ง จากนั้นดัดแปรแป้งจะใช้วิธีทางความร้อนร่วมกับการให้แรงทางกล ให้เม็ดแป้งแปรสภาพและเกิดการแตกออกจะได้แป้งจากผงสีขาวเป็นของแข็งลักษณะหนืดใส เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีปริมาณอะไมโลสสูง และโมเลกุลของเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแหยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจนจำนวนมาก ทำการดัดแปรด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยว ใช้สภาวะการเตรียมแป้งดัดแปรโดยใช้อุณหภูมิโซน 1, 2, 3 และ 4 ของเครื่องอยู่ที่อุณหภูมิ 90, 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส พบว่าส่วนผสมที่ได้จะมีลักษณะเป็นเม็ด แป้งไม่เกิดการสลายตัวมีลักษณะหนืด สีขุ่นใส ผิวเรียบ และเหนียว เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนกับแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง แป้งจะมีความหนืดและใสขึ้น ซึ่งเป็นการเกิดเจลลาติไนซ์ของแป้งที่แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่างโมเลกุลยืดหยุ่นได้อย่างจำกัด เม็ดแป้งยังรักษารูปร่าง และโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ (Birefringence) ระยะที่ 2 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็วแบบผันกลับไม่ได้ เม็ดแป้งจะเปลี่ยนรูปร่าง และโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ (Birefringence) ร่างแหระหว่างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งจะอ่อนลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย ทำให้มีความหนืดของแป้งเพิ่มขึ้น ระยะที่ 3 คือแป้งจะมีรูปร่างไม่แน่นอน แป้งจะละลายเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจลทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งทำปฏิกิริยากับสารอื่นได้ดี

4.2 การผสมแป้งดัดแปร (TPS) กับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) โดยใช้เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวและขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป

สำหรับการเตรียมฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพทำได้โดยผสมระหว่าง TPS และ LDPE ในสัดส่วนที่ 0:100, 5:95, 7.5:92.5, 10:90, 20:80 และ 100:0 ผสมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single Screw Extruder) โดยใช้อุณหภูมิโซน 1, 2, 3 และ 4 ของเครื่องที่อุณหภูมิ 120, 135, 145 และ 150 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที พลาสติกที่ได้จากการผสมระหว่างแป้งดัดแปร และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่สัดส่วนต่าง ๆ จะได้พลาสติกผสมที่มีลักษณะเป็นเม็ดกลม เป็นเนื้อเดียวกัน โดยทุกสัดส่วนผสมต่างๆเมื่อเทียบกับ LDPE บริสุทธิ์ (0:100) เม็ดพลาสติกผสมจะมีสีเทาอ่อน มีความใส บริเวณผิวของเม็ดพลาสติกผสมค่อนข้างเรียบ จากนั้นทำการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression) ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส จะพบว่าสัดส่วนที่ 5:95, 7.5:92.5, 10:90 และ 20:80 เมื่อเพิ่มปริมาณ TPS ลงใน LDPE แผ่นฟิล์มที่ได้จะมีสีขาวขุ่นเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับ LDPE ที่ 0:100 และมีความเป็นเนื้อเดียวกัน เหนียว มีความมันเงา และมีผิวเรียบ แต่ TPS บริสุทธิ์ ที่ 100:0 เมื่อนำมาอัดขึ้นรูปขึ้นงานที่ได้จะมีความแข็ง เปราะ และมีความขุ่นเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของแป้งดัดแปรมีอัตราการคืบตัวสูง และโครงสร้างของแป้งดัดแปรที่เข้าไปแทรกใน LDPE ทำให้ขนาดของผลึกเปลี่ยนแปลงมากขึ้น จึงทำให้แป้งดัดแปรมีสีขุ่น

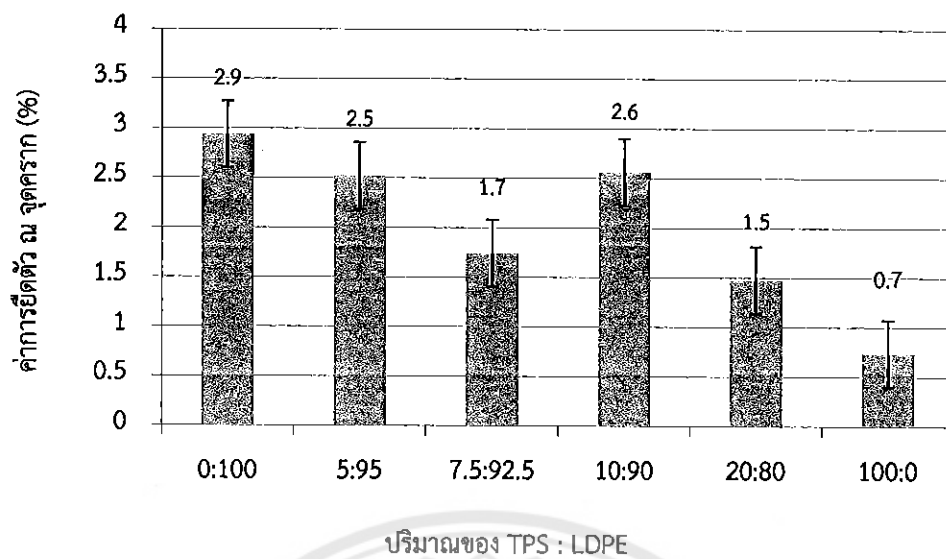
4.3 การศึกษาสมบัติการทนต่อแรงดึงของแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่สัดส่วนผสมต่าง ๆ

จากการศึกษาสถานะที่ใช้ในการเตรียมแป้งดัดแปร และการเตรียมฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่สัดส่วนผสมต่าง ๆ พบว่าสามารถทำการขึ้นรูปได้ในทุกสัดส่วน จากนั้นนำฟิล์มมาตัดให้ชิ้นงานมีขนาดตามมาตรฐาน ASTM D-638 ให้มีลักษณะเป็นรูปดัมเบล และนำมาทดสอบแรงดึงเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสมบัติแรงดึงระหว่าง TPS:LDPE ที่สัดส่วน 0:100, 5:95, 7.5:92.5, 10:90, 20:80 และ 100:0



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสมบัติแรงดึงของ TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสมบัติแรงดึงของ TPS:LDPE ที่สัดส่วน 0:100, 5:95, 7.5:92.5, 10:90, 20:80 และ 100:0 พบว่าสัดส่วน TPS:LDPE ที่ 5:95 มีความสามารถในการรับแรงดึงต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับ LDPE บริสุทธิ์ และ TPS บริสุทธิ์ เนื่องจาก LDPE มีการจัดเรียงตัวแบบ Amorphous โครงสร้างแบบกิ่ง (Branched polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์ยัดกันแตกกิ่งก้านสาขา มีทั้งสายโซ่สั้น และสายโซ่ยาวทำให้ไม่สามารถจัดเรียงสายโซ่พอลิเมอร์ให้ชิดกันได้มากจึงมีความหนาแน่นต่ำ มีจุดหลอมเหลวต่ำยืดหยุ่นได้ ความเหนียวต่ำโครงสร้างจะเปลี่ยนรูปได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และมีการผสมเข้ากันได้ไม่ค่อยดีระหว่าง TPS และ LDPE เมื่อเพิ่มปริมาณ TPS ลงไป พบว่าสัดส่วนของ TPS:LDPE ที่ 7.5:92.5 และ TPS:LDPE ที่ 20:80 ส่งผลให้ค่าต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) เพิ่มขึ้น และสัดส่วน TPS:LDPE ที่ 10:90 สามารถรับแรงดึงได้สูงสุดซึ่งไปเพิ่มความแข็งแรงได้ดีกว่า LDPE ที่ 0:100 เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของแป้งดัดแปรที่มีโครงสร้างร่างแหและมีปริมาณอะไมโลสสูง มีผลทำให้ไปเพิ่มความแข็งแรงให้แก่โครงสร้างของพอลิเมอร์ และกระจายตัวของ TPS ในฟิล์มได้ดีจะช่วยให้ฟิล์มทนต่อแรงดึงได้มากขึ้น



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของร้อยละการดึงยืด ณ จุดครากของ TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ

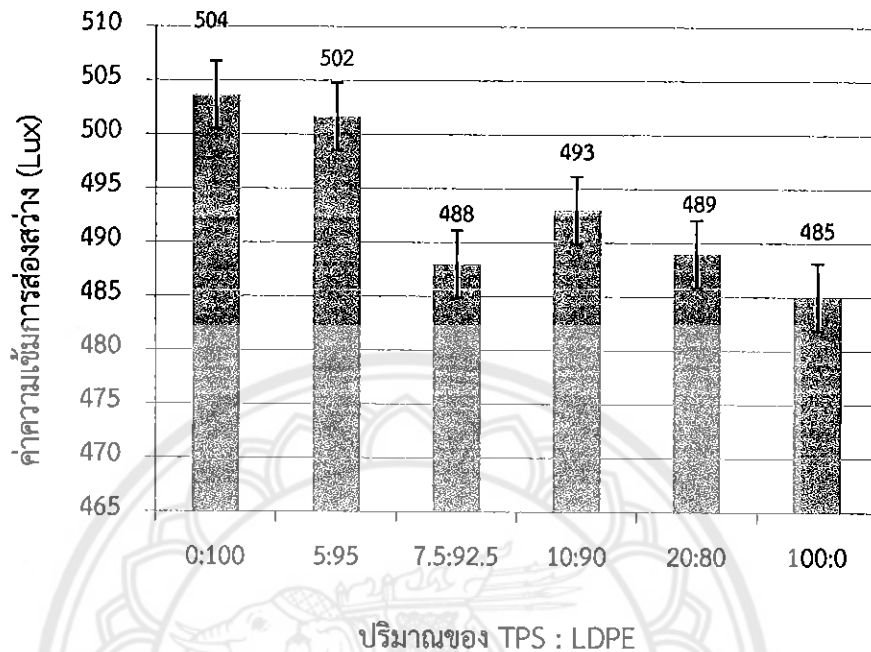
จากรูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของร้อยละการดึงยืด ณ จุดครากของ TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ เมื่อทำการศึกษาค่าการยืดตัว ณ จุดคราก พบว่าสัดส่วน TPS:LDPE ที่สัดส่วน 5:95, 7.5:92.5, 20:80 และ 100:0 มีค่าความสามารถในการยืดตัวของฟิล์มมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการเพิ่มแบ่งตัดแปรที่มีกลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ ไม่เพียงพอสอดคล้องกับการเข้าไปจับกับพอลิเมอร์ จึงเข้าไปลดความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ได้น้อย ทำให้ฟิล์มยืดหยุ่นได้ลดลง และการกระจายตัวของแบ่งตัดแปรที่ไม่สม่ำเสมออาจทำให้ฟิล์มมีการยืดตัวที่ลดลงโดย แต่สัดส่วนที่ 10:90 พบว่าจะมีค่าการยืดตัว ณ จุดครากสูงสุด เมื่อเทียบกับ LDPE ที่ 0:100 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากสัดส่วนของ TPS ที่เติมเข้าไปใน LDPE มากพอสอดคล้องระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ให้อ่อนตัวลง ทำให้เพิ่มความยืดหยุ่น และการยืดตัวของฟิล์ม

17224941



4.4 การศึกษาความเข้มการส่องสว่างของฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

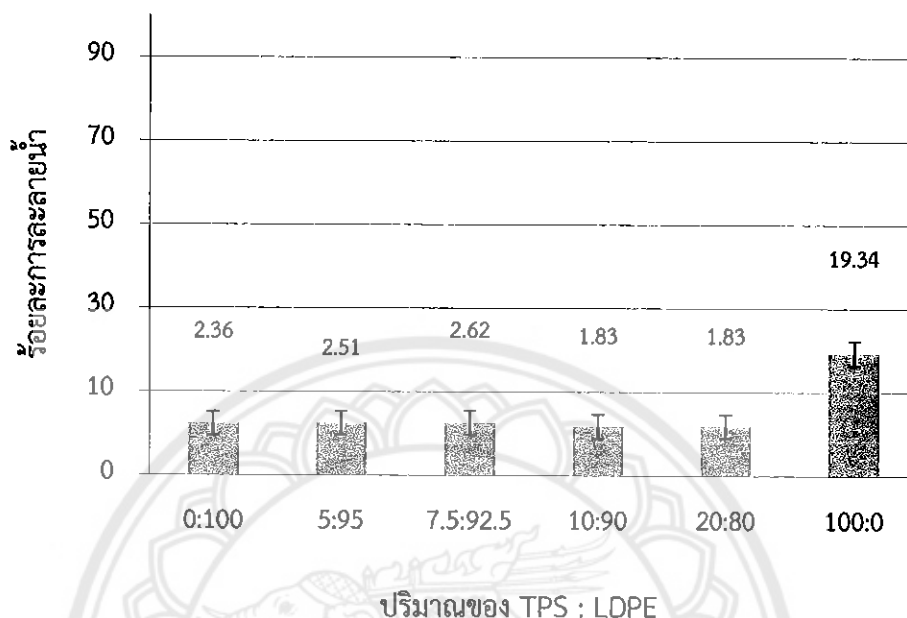
คณิศร อสมุท
- 7 ก.พ. 2561



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความเข้มการส่องสว่างของ TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ

การศึกษาความเข้มการส่องสว่างของฟิล์มที่สัดส่วนต่าง ๆ โดยใช้หลอดไฟขนาด 8 วัตต์ จำนวน 1 หลอด ระยะที่วัดค่าความเข้มการส่องสว่างจากหลอดไฟถึงแผ่นฟิล์ม 7 เซนติเมตร จากรูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความเข้มการส่องสว่างของ TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ พบว่า สัดส่วนที่ 5:95 แสงจากหลอดไฟสามารถส่องผ่านแผ่นฟิล์มสูงที่สุด ค่าความเข้มการส่องสว่างเท่ากับ 502 ลักซ์ และมีค่าใกล้เคียงกับ LDPE บริสุทธิ์ (0:100) และพบว่าที่สัดส่วน TPS:LDPE ที่ 7.5:92.5 แสงสามารถผ่านแผ่นฟิล์มได้น้อยที่สุด มีค่าความเข้มการส่องสว่างเท่ากับ 485 ลักซ์ จะเห็นได้ว่าบาง สัดส่วนเมื่อปริมาณ TPS เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความสามารถที่แสงจะส่องผ่านแผ่นฟิล์มมีแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับ LDPE บริสุทธิ์ (0:100) เนื่องจากโมเลกุลของแป้งมีโครงสร้างแบบอสัณฐานเมื่อนำแป้ง ดัดแปรผสมกับ LDPE จะเกิดการเข้าแทรกระหว่างผลึกใน LDPE ทำให้ขนาดของผลึกใหญ่ขึ้น ส่งผลให้แสงผ่านแผ่นฟิล์มได้น้อยลง ฟิล์มจะมีลักษณะขุ่น

4.5 การละลายน้ำของฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของร้อยละการละลายน้ำของ TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ

จากการศึกษาการละลายน้ำของฟิล์มจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่สัดส่วนต่าง ๆ นำฟิล์มมาตัดเป็นชิ้นงานขนาดกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร ชิ้นงานทดสอบชนิดละ 3 ตัวอย่าง แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าฟิล์มหลังการทดสอบมีน้ำหนักลดลงเนื่องจากการละลายออกของโมเลกุลแป้งบางส่วน ทำให้ชิ้นงานมีน้ำหนักเบาลง ซึ่งฟิล์มที่สัดส่วน 7.5:92.5 มีค่าร้อยละการละลายน้ำสูงสุด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสัดส่วน LDPE ที่ 0:100 ในขณะที่สัดส่วน 10:90 และ 20:80 มีค่าร้อยละการละลายน้ำต่ำสุด เนื่องจากแป้งมีปริมาณอะไมโลสที่กระจายออกมากทำให้โครงสร้างการจับกันภายในโมเลกุลมีความแข็งแรงมากขึ้น และมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ ๆ เชื่อมต่อกัน ส่งผลให้ค่าการละลายน้ำต่ำกว่าสัดส่วนอื่น ๆ เมื่อเพิ่มปริมาณ TPS ผสมใน LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ มีแนวโน้มการละลายน้ำต่ำกว่า TPS บริสุทธิ์ ซึ่งสัดส่วน 100:0 พบว่ามีการละลายน้ำมากเนื่องจากแป้งมีคุณสมบัติชอบน้ำ โมเลกุลของน้ำสามารถแทรกเข้าสู่แป้งได้ดี ทำให้ละลายน้ำได้มาก

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการนี้เป็นการเตรียมวัสดุเชิงประกอบที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ซึ่งทำการศึกษาวิเคราะห์มาทั้งหมด ได้ข้อสรุปดังนี้

5.1.1 สามารถเตรียมแป้งดัดแปรได้

จากการศึกษาสภาวะที่ใช้ในการเตรียมแป้งดัดแปรผสมระหว่างแป้งข้าวโพด:กลีเซอรอล พบว่า สภาวะการเตรียมแป้งดัดแปรที่อุณหภูมิหัวฉีด 120 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ที่แป้งไม่เกิดการสลายตัว โดยสัดส่วนผสมระหว่างแป้งข้าวโพด และกลีเซอรอลที่ทำการเตรียม คือ 75:25

5.1.2 สามารถเตรียมฟิล์มจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ที่สัดส่วนต่าง ๆ

โดยการศึกษาปริมาณการเตรียม TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ พบว่าสัดส่วนผสมระหว่าง TPS:LDPE ที่ 10:90 ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความเข้ากันได้สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ โดยแผ่นฟิล์มที่ได้เป็นเนื้อเดียวกัน

5.1.3 ศึกษาสมบัติเชิงกลของฟิล์มที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสม LDPE

เมื่อนำมาทดสอบแรงดึง พบว่าสัดส่วนที่ให้ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดคือ 10:90 โดยพบว่าจะมีค่าสูงกว่า LDPE ที่ 0:100 ในขณะเดียวกันสัดส่วนนี้ให้ค่าการยืดตัว ณ จุดครากใกล้เคียงกับ LDPE ที่ 0:100 มีความเป็นไปได้ที่จะนำสัดส่วน 10:90 มาใช้งานแทน LDPE สามารถลดปริมาณ LDPE และใช้แป้งที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพมาทดแทน

5.1.4 การศึกษาความเข้มการส่องสว่างของฟิล์มที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

เมื่อนำมาทดสอบความเข้มการส่องสว่างของแผ่นฟิล์ม พบว่าสัดส่วน 5: 95 มีค่าความเข้มการส่องสว่างสูงสุด ใกล้เคียงกับ LDPE ที่ 0:100 ฟิล์มมีลักษณะโปร่งใสที่แสงสามารถส่องผ่านได้ดีกว่าสัดส่วนผสมอื่น ๆ

5.1.5 การละลายน้ำของฟิล์มที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

เมื่อนำมาทดสอบการละลายน้ำของแผ่นฟิล์ม พบว่าฟิล์มหลังการทดสอบมีน้ำหนักลดลง เนื่องจากการละลายออกของโมเลกุลแป้งบางส่วน ทำให้ชิ้นงานมีน้ำหนักเบาลง และพบว่าฟิล์มที่สัดส่วน 7.5:92.5 มีค่าร้อยละการละลายน้ำสูงสุดในขณะที่สัดส่วน 10:90 และ 20:80 มีค่าร้อยละการละลายต่ำสุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเตรียมฟิล์มกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำโดยการเติมเส้นใยจากธรรมชาติ เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรง และนำมาปรับปรุงสมบัติเชิงกลในการผลิตบรรจุภัณฑ์

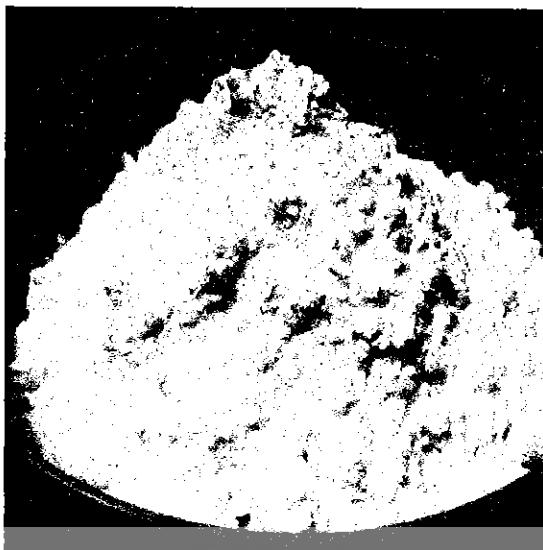


เอกสารอ้างอิง

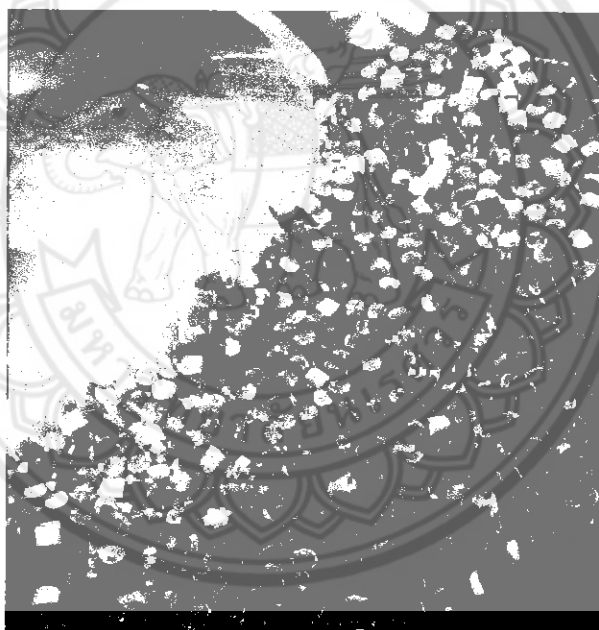
- [1] Daniel TietzRoda. (2557). LOW DENSITY POLYETHYLENE. สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://www.tudosobreplasticos.com/en/materiais/polietileno.asp>.
- [2] Daniel TietzRoda. (2557). POLYETHYLENE PE. สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://www.tudosobreplasticos.com/en/materiais/polietileno.asp>.
- [3] กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. (2543). เทคโนโลยีของแป้ง. (ครั้งที่พิมพ์ 2) กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] Corn Starch. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2558, จาก <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24836924#section=Top>
- [5] เจริญ นาคะสรรค์. (2542). กระบวนการแปรรูปพลาสติก. (ครั้งที่พิมพ์ 1). กรุงเทพฯ : นิติธรรม.
- [6] Engineering Archives. (2551). Tensile Test. สืบค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2558, จาก http://www.engineeringarchives.com/les_mom_tensiletest.html
- [7] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2556). ระยะการเปลี่ยนรูป. สืบค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2558, จาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0628/deformation>
- [8] จตุพร วุฒิกนกกาญจน์. เอกสารประกอบการสอนวิชา Polymer Characterizations and Analysis., สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2559, จาก <http://www.seem.kmutt.ac.th/research/pentec/download/MTT-656%20%20Chapter%203%20Molecular%20weight%20analysis.pdf>
- [9] เครื่องวัดแสง. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม 2559, จาก <http://www.comcube.co.th/lux-meter.html>
- [10] จุฑารัตน์ ปรัชญาวรรกร. (2548). การปรับปรุงสมบัติของเทอร์โมพลาสติกจากแป้งถั่วเขียว โดยใช้เส้นใยฝ้าย และLDPE. วิทยานิพนธ์วท.ม., สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2558, จาก www.starch-journal.com
- [11] จุฑารัตน์ ปรัชญาวรรกร. (2552). การศึกษาสมบัติของเทอร์โมพลาสติกจากแป้งข้าวเจ้าโดยใช้เส้นใยฝ้าย และLDPE. วิทยานิพนธ์ วท.ม., สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2558, จาก www.starch-journal.com
- [12] สุชลี รอดทั้ง. (2548). การเตรียมพอลิเมอร์ผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง แป้ง และแป้งดัดแปร. วิทยานิพนธ์ วท.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2558, จาก <http://thaitesis.org/detail.php?id=1082548000778>

ภาคผนวก ก
ข้อมูลการทดลองที่ใช้ในการทดสอบ





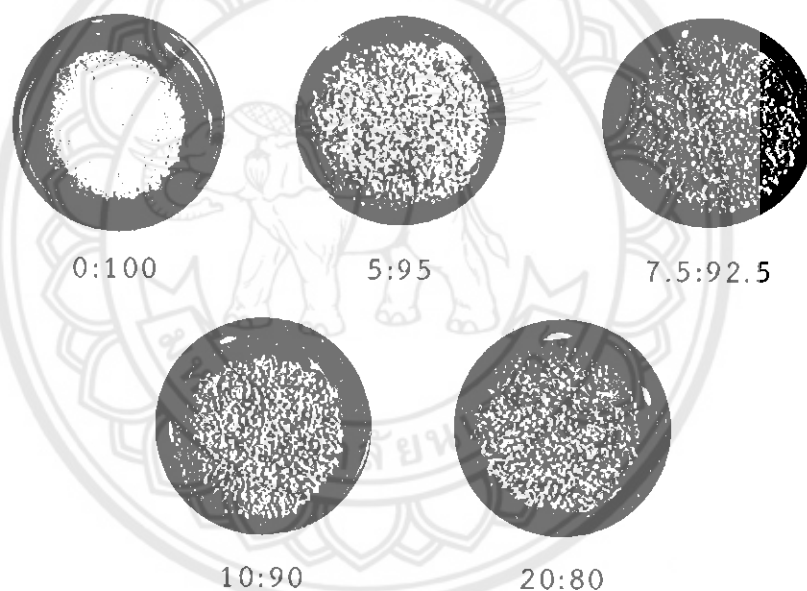
รูปที่ ก.1 ลักษณะของกลีเซอรอลผสมแป้งข้าวโพด (25:75)



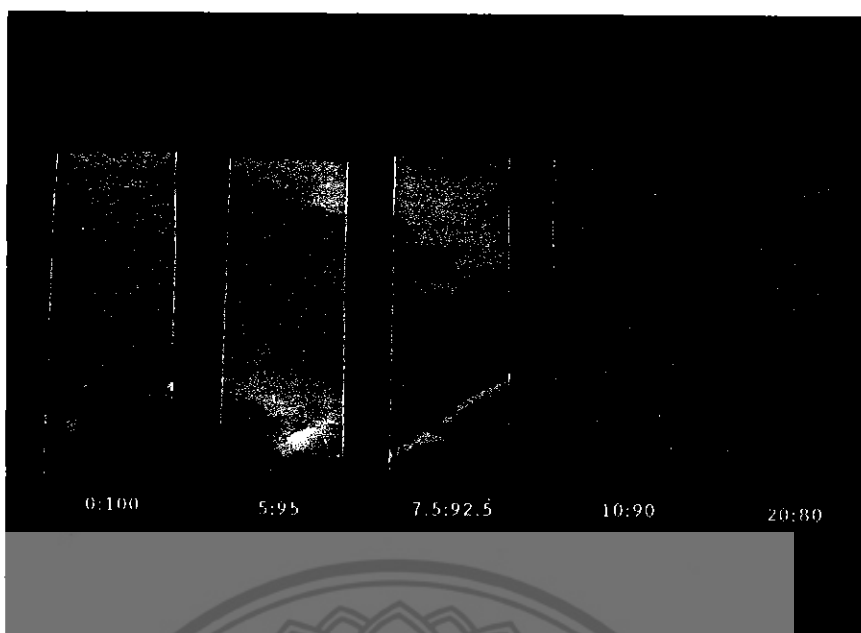
รูปที่ ก.2 แป้งดัดแปรที่เตรียมได้จากกลีเซอรอลผสมแป้งข้าวโพดที่สัดส่วน 25:75 ผ่านกระบวนการผลิตด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดียว

ตารางที่ ก.1 แสดงปริมาณการ TPS:LDPE ที่ใช้ในการทดลอง

สูตร	ปริมาณแป้งดัดแปร (กรัม)	ปริมาณLDPE (กรัม)
1	0	100
2	5	95
3	7.5	92.5
4	10	90
5	20	80
6	100	0



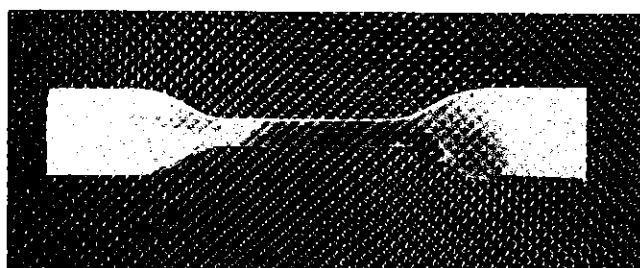
รูปที่ ก.3 แป้งดัดแปรผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่สัดส่วนต่าง ๆ โดยผ่านกระบวนการผลิตด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดียว



รูปที่ ก.4 ตัวอย่างแผ่นฟิล์ม TPS : LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ



รูปที่ ก.5 ลักษณะของแผ่นฟิล์ม TPS บริสุทธิ์ ที่ 100:0



รูปที่ ก.6 ตัวอย่างขนาดของแผ่นฟิล์ม TPS : LDPE ที่นำไปทดสอบแรงดึง

ภาคผนวก ข
ข้อมูลผลการทดลอง



ตารางที่ ข.1 สมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ

Composition (%)		Tensile Strength (MPa)	% Elongation at break
TPS	LDPE	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
0	100	0.260502	2.938194
5	95	0.248065	2.523839
7.5	92.5	0.418120	1.742399
10	90	1.699996	2.560640
20	80	0.903053	1.475563
100	0	0.141678	0.735324

ตารางที่ ข.2 ค่าความเข้มการส่องสว่างของแผ่นฟิล์ม TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ

Composition (%)		ความเข้มการส่องสว่างเริ่มต้น (Lux)	ความเข้มการส่องสว่างผ่านฟิล์ม (Lux)
TPS	LDPE		
0	100	567	504
5	95	570	502
7.5	92.5	565	488
10	90	567	493
20	80	565	489
100	0	572	485

ตารางที่ ข.3 การละลายน้ำของแผ่นฟิล์ม TPS:LDPE ที่สัดส่วนต่าง ๆ

Composition (%)		ก่อนแช่น้ำ	หลังแช่น้ำ	%การละลายน้ำเฉลี่ย	
TPS	LDPE	(กรัม)	(กรัม)		
0	100	0.081	0.079	2.46914	2.35561
		0.087	0.083	4.5977	
		0.079	0.079	0	
5	95	0.091	0.085	6.59341	2.51227
		0.106	0.105	0.9434	
		0.093	0.089	4.30108	
7.5	92.5	0.083	0.081	2.40964	2.61922
		0.09	0.088	2.22222	
		0.124	0.12	3.22581	
10	90	0.08	0.078	2.5	1.83018
		0.112	0.11	1.78571	
		0.083	0.082	1.20482	
20	80	0.117	0.116	0.8547	1.82753
		0.089	0.084	5.61798	
		0.101	0.102	-0.990099	
100	0	0.502	0.849	18.7251	19.3402
		0.506	0.975	1.78571	
		0.496	0.956	1.20482	

ประวัติผู้เขียนโครงการ



ชื่อ นางสาวประภาภรณ์ ศรีธวังศ์

ภูมิลำเนา 1/42645 ต. บ้านคลอง อ. เมือง จ. พิจิตร 65000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนมหารพาราม กรุงเทพฯ
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : jom_042@hotmail.com



ชื่อ นางสาวเพชรรัตน์ พุ่มเฟื่อง

ภูมิลำเนา 99/308 ต. สันทรายน้อย อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50210

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพระหฤทัยเชียงใหม่
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : nongcreamqiqi@hotmail.com



ชื่อ นางสาววันวิสา กอนแก้ว

ภูมิลำเนา 207 ต. แม่แฝก อ. สันทราย จ. เชียงใหม่ 50290

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนน้ำปาดชนูปถัมภ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Wave_cub@hotmail.co.th