

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กระบวนการเป่าฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิด
ความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลัง



T107760



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107760
วัน,เดือน,ปี 10 พ.ค. 2553

b. 12210791
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการเป่าฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิด
ความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลัง



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Blown-film Process of LDPE and Cassava Starch Blend



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree

of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

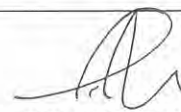
Academic Year 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง กระบวนการเป่าฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิด
 ความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลัง
นักศึกษา นางสาวนพรัตน์ มีป่า
 นายสินวัฒน์ กานต์ดา
 นางสาววงศิยา กอบกิจวัฒนา
ภาควิชา เคมี
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธุ์	
กรรมการ ดร.สามาตร คงทวีเลิศ	
กรรมการ รศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย	



(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง กระบวนการเป่าฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลัง

นักศึกษา	1. นางสาวนพรัตน์ มีปา	มีปา
	2. นายสินวัฒน์ กานต์ดา	กานต์ดา
	3. นางสาววงศิยา กอบกิจวัฒนา	กอบกิจวัฒนา
ภาควิชา	เคมี	คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2548	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.สมศักดิ์	วรมงคลชัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการเป่าฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลัง โดยมีกิลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ แคลเซียม-ซิงค์เป็นสารเสถียรภาพทางความร้อน และกรดสเตียริกเป็นสารหล่อลื่นในกระบวนการผลิต โดยแบ่งการทดลองเป็นสองขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกจะทำการหาส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและ พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้เครื่องผสมความเร็วสูงและเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่เพื่อหาภาวะการทดลองที่เหมาะสม และตอนที่สองเป็นการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลังเพื่อใช้ในการขึ้นรูปโดยใช้กระบวนการเป่าฟิล์ม รวมทั้งหาภาวะการทดลองที่เหมาะสม จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี สัมฐานวิทยา และการย่อยสลาย

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังกับพลาสติกไซเซอร์ในปริมาณ 50% จะได้เป่าผสมที่มีลักษณะเหมาะสมในการนำไปขึ้นรูปมากที่สุด และเมื่อนำแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมได้มาผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ผสมกับสารช่วยผสม 10% โดยน้ำหนัก พบว่า ที่อุณหภูมิและความเร็วรอบต่างกันจะส่งผลต่อสมบัติของฟิล์มเป่า จากการทดสอบทางสัมฐานวิทยาพบว่า ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 30% โดยน้ำหนัก มีการกระจายตัวของแป้งอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากสารช่วยผสม ทำให้เพิ่มสมบัติเชิงกลทางด้านความแข็งแรงดึง, ค่ามอดูลัสและค่าความต้านทานการฉีกขาด เมื่อพิจารณาถึงการทดสอบการย่อยสลายพบว่า ฟิล์มสามารถย่อยสลายได้โดยเชื้อราที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เนื่องจากฟิล์มมีแป้งมันสำปะหลังเป็นองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Blown-film Process of LDPE and Cassava Starch Blend	
Name	1. Miss Nopparat	Meepa
	2. Mr. Leenawat	Kanda
	3. Miss Wongsiya	Kopkitwatana
Department	Chemistry	Faculty of Science
Program	Industrial Chemistry	
Academic Year	2005	
Special Project Advisor	Assoc.Prof.Dr.Somsak	Woramongkolchai

Abstract

This research aims to study the blown-film process of polymer blend between low density polyethylene (LDPE) and Cassava Starch by using glycerol as plasticizer, calcium-zinc as heat stabilizer and stearic acid as a lubricant. There are two parts for this research, first is to find the optimum mixture between Cassava Starch and glycerol by using high speed intensive mixer and twin-screw extruder, second is to investigate the optimum ratio between LDPE and Cassava Starch for blown-film forming process including optimum conditions are also studied. Then, the final specimens were tested in mechanical, physical, chemical, morphology and biodegradable properties. It was found that cassava starch and 50% plasticizer was a suitable ratio for mixing optimum shaping, then the modified cassava starch was blends with low density polyethylene (LDPE) and 10% w/w compatibilizer. It was indicated that the properties were influenced by different temperature and screw speed. As the morphology study was specified that cassava starch with 30% w/w showed a greatest dispersion due to the effect of compatibilizer cassava starch contents and compatibilizer on film properties. In term of mechanical properties; tensile strength, tear strength and modulus were significantly increased as biological properties of film could be naturally decomposed by fungi, according to cassava starch composition was in the blend structure.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้จะไม่สามารถล่องไปได้หากปราศจากคำชี้แนะและการสนับสนุนจากบุคคลเหล่านี้

ขอขอบคุณ รศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยตลอดมา

ขอขอบคุณคณะกรรมการ รศ.ดร. มานินี ชัยสุภกิจสินธุ์ และ ดร. สามารถ คงทวีเลิศ ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขในข้อผิดพลาดต่างๆ

ขอขอบคุณภาควิชาเคมี และเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือในการติดต่อขอใช้เครื่องมือและอาคารปฏิบัติการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีพอลิเมอร์ ทั้งในเวลาราชการและนอกเวลาราชการ

ขอขอบคุณ คุณกฤษณะ เกษประดิษฐ์ และคุณสุจิต สอนสะอาด เจ้าหน้าที่อาคารปฏิบัติการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีพอลิเมอร์ ที่อำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาในการใช้เครื่องมือ

ขอขอบคุณ ผศ. วิณา ชูโชติ และ รศ.ดร. นवलพรรณ ณ ระนอง ภาควิชาชีววิทยา ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการย่อยสลายของชิ้นงานโดยใช้เชื้อรา

ขอขอบคุณ อาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมี ที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณ น.ศ. สุภมาส สุขโสสม และเพื่อน ๆ สาขาจุลชีววิทยา ที่ช่วยเหลือในส่วนของปฏิบัติการการทดสอบเรื่องการย่อยสลาย

ขอขอบคุณ บิดา มารดา พี่น้อง และเพื่อน ๆ ทุกท่านเป็นกำลังใจในการดำเนินงานวิจัยนี้ตลอดมา

นอกจากนี้ยังมีบุคคลท่านอื่นอีกมากมายที่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือต่างๆ ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

นางสาวนพรัตน์

มีปา

นายสินวัฒน์

กานต์ดา

นางสาววงศิยา

กอบกิจวัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ โครงการงานพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อ โครงการงานพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
สารบัญภาคผนวก	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	6
2.1 พอลิเมอร์ผสม	6
2.2 พอลิเอทิลีน	8
2.3 แป้ง	9
2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง	10
2.3.2 โครงสร้างทางเคมีของแป้ง	10
2.3.3 แป้งมันสำปะหลัง	11
2.4 สารเติมแต่ง	15
2.4.1 สารหล่อลื่น	15
2.4.2 พลาสติไซเซอร์	16
2.5 กระบวนการอัดรีด	17
2.5.1 เครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว	18
2.5.2 เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่	19
2.6 กระบวนการเป่าฟิล์ม	20
2.6.1 หลักการของฟิล์มเป่า	21
2.6.2 สมบัติของฟิล์มเป่า	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	24
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	24
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.3 วิธีการทดลอง	25
บทที่4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	32
4.1 การศึกษาพื้นฐานวิทยา	32
4.2 สมบัติทางเคมี	34
4.3 การศึกษาสมบัติเชิงกล	35
4.3.1 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงดึง	35
4.3.2 ผลการทดสอบค่ามอดูลัส	37
4.3.3 ผลการทดสอบความต้านทานการหักขาด	39
4.3.4 ผลการทดสอบความแข็งแรงกระแทกตก	41
4.4 สมบัติทางกายภาพ	43
4.4.1 สมบัติการดูดซับน้ำ	43
4.4.2 รายละเอียดของชิ้นงาน	44
4.5 การทดสอบการย่อยสลาย	44
บทที่5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สมบัติบางประการของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	9
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังโดยทั่วไป	11
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังและปริมาณพลาสติกไซเซอร์	25
ตารางที่ 3.2 อุณหภูมิที่ใช้ในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่สำหรับแป้งมันสำปะหลัง	26
ตารางที่ 3.3 อุณหภูมิที่ใช้ในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่สำหรับ LDPE	26
ตารางที่ 3.4 อัตราส่วนระหว่าง LDPE กับแป้งมันสำปะหลัง	27
ตารางที่ 3.5 อุณหภูมิที่ใช้ในเครื่องเป่าฟิล์ม	27
ตารางที่ 4.1 สูตรที่มีสมบัติเชิงกลโดดเด่น	41
ตารางที่ 4.2 สูตรที่เลือกมาเพื่อทดสอบการย่อยสลาย	44
ตารางที่ 4.3 ค่าความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมด	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของอะไมโลส	10
รูปที่ 2.2 อะไมโลเพคติน	11
รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของแป้ง	12
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของกลีเซอรอล	17
รูปที่ 2.5 เครื่องอัดรีด (Extruder)	18
รูปที่ 2.6 ลักษณะของสกรู	19
รูปที่ 2.7 ความดันในส่วนต่าง ๆ ของสกรู	19
รูปที่ 2.8 กระบวนการเป่าฟิล์ม	22
รูปที่ 4.1 รูป SEM แสดงการกระจายตัวของแป้งมันสำปะหลังในชิ้นงาน	32
รูปที่ 4.2 อินฟราเรดสเปกตรัม	34
รูปที่ 4.3 ค่าความแข็งแรงดึงที่แป้งปริมาณต่างๆ	35
รูปที่ 4.4 ค่ามอดูลัสที่แป้งปริมาณต่างๆ	37
รูปที่ 4.5 ค่าความต้านทานการฉีกขาด	39
รูปที่ 4.6 ค่าความแข็งแรงกระแทกตกที่ปริมาณแป้ง 20% โดยน้ำหนัก	41
รูปที่ 4.7 ค่าความแข็งแรงกระแทกตกที่ปริมาณแป้ง 30% โดยน้ำหนัก	42
รูปที่ 4.8 ค่าความแข็งแรงกระแทกตกที่ปริมาณแป้ง 40% โดยน้ำหนัก	42
รูปที่ 4.9 ผลการดูดซับน้ำ	43
รูปที่ 4.10 รูป SEM แสดงการกระจายตัวของแป้งมันสำปะหลังในชิ้นงานหลังการย่อยสลาย	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ตารางภาคผนวกที่ 1 ความแข็งแรงดึง	53
ตารางภาคผนวกที่ 2 มอดูลัส	54
ตารางภาคผนวกที่ 3 ความแข็งแรงฉีกขาด	55
ตารางภาคผนวกที่ 4 ความแข็งแรงดึงของ LDPE	56
ตารางภาคผนวกที่ 5 มอดูลัสของ LDPE	56
ตารางภาคผนวกที่ 6 ความต้านทานการฉีกขาดของ LDPE	57
ตารางภาคผนวกที่ 7 ความหนาของฟิล์ม	57
ตารางภาคผนวกที่ 8 เปอร์เซ็นดูดซับน้ำ	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ปัจจุบันนี้โลกมีการเปลี่ยนแปลงไปมากทั้งทางวัฒนธรรมและชีวิตความเป็นอยู่ ในชีวิตประจำวันต้องแข่งขันกับเวลามากขึ้นจึงนิยมใช้ของที่สามารหาได้ง่าย โดยเฉพาะพลาสติกถูกนำมาใช้เนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ราคาไม่แพง และใช้งานได้นาน แต่เนื่องจากพลาสติกเป็นปัญหากับสิ่งแวดล้อม เพราะพลาสติกย่อยสลายยากและใช้เวลานานมากในการเสื่อมสลาย มีการทำลายพลาสติกที่ใช้แล้วหลายวิธี เช่น การฝังดิน การเผา การนำมารีไซเคิล ซึ่งวิธีเหล่านี้ก็มีข้อจำกัด การฝังดินต้องใช้เนื้อที่มากในการฝังและใช้เวลานานมากในการย่อยสลาย การเผาสามารถทำให้พลาสติกสลายได้รวดเร็วแต่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเกิดก๊าซที่มีผลกระทบต่อร่างกาย การนำมารีไซเคิลทำได้ยากขึ้นเพราะปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีการผลิตพลาสติกที่ทำให้มีสมบัติดีขึ้น เช่น การนำมาผสมกัน ทำให้เมื่อนำมาขึ้นรูปใหม่ทำได้ยากขึ้น และพลาสติกบางชนิดก็ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ตลอดจนภาวะวิกฤตของน้ำมันส่งผลให้ราคาของพลาสติกรีไซเคิลมีราคาสูงขึ้นด้วยเหตุผลต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้ต้องมีการคิดค้นวิธีที่จะหาวัสดุอื่นมาทดแทนพลาสติกหรือทำให้พลาสติกย่อยสลายได้เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมให้คงอยู่ต่อไป

งานวิจัยนี้ผู้ทดลองได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญของปัญหาพลาสติกที่ย่อยสลายยากจึงมีการทดลองโดยนำแป้งมันสำปะหลังมาผสมกับพอลิเมอร์แล้วนำไปขึ้นรูปโดยอาศัยกระบวนการเป่าฟิล์ม (Blown-film process) เนื่องจากถุงพลาสติกมีการใช้ในชีวิตประจำวันเป็นจำนวนมากรวมถึงการนำแป้งมันสำปะหลังมาใช้เป็นพอลิเมอร์ผสมเพื่อให้เกิดการย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติการใช้งานไปนาน ๆ จะทำให้แป้งมันสำปะหลังย่อยสลายก่อน เกิดจุดบกร่องในชิ้นงาน ทำให้โครงสร้างสายโซ่พอลิเมอร์เกิดการเสถียรภาพย่อยสลายได้เร็วขึ้น การใช้แป้งมันสำปะหลังนี้ นอกจากจะเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมแล้วยังเป็นการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตด้วยเพราะแป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง เป็นสิ่งที่เกิดตามธรรมชาติทั่วไป สามารถสร้างขึ้นมาใหม่ได้ และลดการใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์ที่ราคาสูงตามราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE)กับแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการนำมาขึ้นรูปโดยใช้กระบวนการเป่าฟิล์ม
2. ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปฟิล์มเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์
3. ปรับปรุงฟิล์มเป่าที่ได้ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้ในการขึ้นรูปโดยใช้กระบวนการเป่าฟิล์ม
2. ทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) กับ สารช่วยผสม ที่ใช้ในการขึ้นรูป
3. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) กับแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการนำมาขึ้นรูปโดยใช้กระบวนการเป่าฟิล์ม
4. ทำการหาภาวะเครื่องที่เหมาะสมในการขึ้นรูปโดยใช้กระบวนการเป่าฟิล์ม
5. ทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของชิ้นงานที่ได้

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

1. ทำการผสมแป้งและพลาสติกไซเซอร์ในอัตราส่วนที่เหมาะสมและนำไปผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนคู่ (twin screw extruder)
2. ทำการผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) กับ สารช่วยผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนคู่ (twin screw extruder)
3. นำส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) มาทำการขึ้นรูปโดยวิธีการเป่าขึ้นรูป
4. ทำการศึกษาตัวแปรที่มีบทบาทต่อกระบวนการเป่าฟิล์ม
5. นำชิ้นงานที่ได้ไปทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี สัมฐานวิทยา และการย่อยสลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE)กับแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในการขึ้นรูปโดยใช้กระบวนการเป่าฟิล์ม
2. เพื่อทราบถึงตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการเป่าฟิล์มที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์
3. เพื่อทราบถึงสมบัติที่เหมาะสมในการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน
4. ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kester และ Fennema [1] ขึ้นรูปฟิล์มจากเซลลูโลสอีเทอร์และไขมันบนแผ่นกระจก โดยวิธีโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบาง แล้วนำไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ฟิล์มที่ได้มีความหนาเฉลี่ย 0.01 มิลลิเมตร

Park และคณะ [2] ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของพลาสติกไซเซอรต์ต่อฟิล์มเมทิลเซลลูโลส และฟิล์มไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส โดยใช้พลาสติกไซเซอรต์ 3 ชนิด ได้แก่ พอลิเอทิลีนไกลคอล พรอพิลีนไกลคอล และกลีเซอรอล ที่มีความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0.17 0.33 0.50 และ 0.66 มิลลิพลาสติกไซเซอรต์ต่อกรัมเซลลูโลส และควบคุมความหนาของฟิล์มพบว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นพลาสติกไซเซอรต์เพิ่มขึ้น ค่าการต้านทานแรงดึงขนาดของฟิล์มทั้งสองชนิดจะลดลง แต่การยืดตัวเพิ่มขึ้นและการเพิ่มความเข้มข้นพอลิเอทิลีนไกลคอลมีผลต่อการเพิ่มความยืดหยุ่นของฟิล์มมากกว่าพลาสติกไซเซอรต์อีก 2 ชนิด ส่วนสมบัติในการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของพรอพิลีนไกลคอล สำหรับกลีเซอรอล เมื่อเพิ่มความเข้มข้นจนถึง 0.33 มิลลิพลาสติกไซเซอรต์ต่อกรัมเซลลูโลส ค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใช้ความเข้มข้นมากกว่านี้จะมีค่าลดลง

เกศินี และคณะ [3] ศึกษาลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าหรือแป้งมันสำปะหลังผสมกลีเซอรอลหรือกลีเซอรอลโมโนสเตียเรตในปริมาณร้อยละ 0.2 5 และ 10 ซึ่งผ่านการตัดแปลงโดยกระบวนการอัดรีดพบว่า ปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นทำให้แผ่นฟิล์มมีความเรียบ และคงทนต่อการแตกเมื่อพับลดลง การผสมกลีเซอรอลโมโนสเตียเรตในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 ไม่ทำให้แผ่นฟิล์มมีลักษณะดีขึ้น ฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังผสมกลีเซอรอลมีลักษณะใสและยืดหยุ่นดี ส่วนฟิล์มจากแป้งข้าวเจ้าผสมกลีเซอรอลมีลักษณะขุ่น

ปนัดดา [4] ศึกษาฟิล์มบริโภคน้ำที่ได้จากแป้งมันสำปะหลัง และทดสอบสมบัติ โดยพบว่า ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่มีสมบัติเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ได้จากการเตรียมน้ำแป้งที่มี

ความเข้มข้นร้อยละ 5 และเติมเซอร์บิทอลร้อยละ 30 เป็นพลาสติกไซเซอรต์ แผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะใส เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวเรียบ ความหนาเฉลี่ย 0.063 มิลลิเมตร มีค่าการต้านทานแรงดึงขาด 1.77 กิโลกรัมต่อตาราง มิลลิเมตร การยืดตัวร้อยละ 10.13 ค่าการซึมผ่านออกซิเจน 6 ตารางมิลลิเมตรต่อตารางเมตร สามารถต้านทานน้ำมันได้ 120 วัน ย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ

Funke และคณะ [5] ศึกษากระบวนการผสมของแป้งชนิดต่าง ๆ กับพลาสติกไซเซออร์ ธรรมชาติและเส้นใยอุตสาหกรรมโดยทำการอัดรีดและฉีดขึ้นรูป ได้ภาวะของกระบวนการและคุณภาพผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไปตามชนิดของแป้งและสารตัวเติมที่ใช้ จากการทดลองพบว่าปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมที่สุดคือ 2-7 % เพื่อเพิ่มความแข็งแรงดึงและการทนน้ำของผลิตภัณฑ์

Willett และคณะ [6] ทำการทดลองผสมแป้งชนิดต่างๆ และเทอร์โมพลาสติกชนิดต่างๆ เพื่อนำมาทำการอัดรีดในรูปของโฟมด้วยเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนคู่ เรซินที่ใช้ประกอบด้วย กรดพอลิแลคติก (PLA) พอลิไฮดรอกซีเอสเทอร์อีเทอร์ (PHEE) เซลลูโลสอะซิเตด (CA) พอลิไวนิล แอลกอฮอล์ จากการทดลองพบว่า โฟมจากแป้งข้าวโพด กับ PLA และ PHEE มีความหนาแน่นน้อยกว่าและมีการขยายตัวมากกว่าแป้งชนิดอื่น โฟมที่ทำการอัดรีดระหว่างแป้งอะไมโลสสูง(70%) แป้งข้าวเจ้า แป้งมันฝรั่ง เมื่อใส่อีเทอร์ลงไปจะเพิ่มความหนาแน่นและการขยายตัวแต่เมื่อใส่เรซินจะลดความว่องไวกับน้ำเพิ่มเวลาการละลายน้ำให้มากขึ้น

Milaninov และคณะ [7] ทำการศึกษาสมบัติของแป้งอะซิเตดที่มีปริมาณการแทนที่เท่ากับ 2 และ 3 ที่อัดรีดด้วยน้ำและเอทานอลด้วยเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนคู่พบว่าแป้งที่ผสมกับน้ำจะมีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแป้งที่ผสมกับเอทานอลและแป้งที่มีปริมาณการแทนที่เท่ากับ 2 ต้องการพลังงานและให้ค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าแป้งที่มีปริมาณการแทนที่เท่ากับ 3

Dzenis และคณะ [8] ได้ศึกษาการขึ้นรูปของแป้งโฟมที่สามารถย่อยสลายได้จากธรรมชาติแทนการใช้โฟมจากพอลิสไตรีน (EPS) เพื่อเป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์เพราะว่าแป้งสามารถย่อยสลายได้และราคาถูก แต่แป้งมีสมบัติการดูดซึมน้ำที่ดีและสมบัติเชิงกลไม่ดี ดังนั้นจึงได้ทำการใช้แป้งอะซิเตด ซึ่งเป็นแป้งที่มีปริมาณการแทนที่ แทนแป้งที่มีปริมาณการแทนที่เท่ากับ 1.11, 1.68 และ 2.23 นำมาอัดรีดกับน้ำหรือเอทานอลซึ่งเป็นตัวทำละลาย เพื่อศึกษาผลของปริมาณการแทนที่กับค่าการดูดซึมน้ำพบว่าในแป้งที่ใช้น้ำจะมีอัตราการย่อยสลายลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่เพิ่มขึ้น สำหรับแป้งที่ใช้ เอทานอลจะมีอัตราการเสื่อมสลายที่ดีเมื่อมีปริมาณการแทนที่ เท่ากับ 1.11 และ 2.23

Mumma และคณะ [9] ศึกษาผลของอุณหภูมิและสารทำให้เกิดฟองซึ่งเป็นปัจจัยและมีอิทธิพลต่อสมบัติของวัสดุโฟมในกระบวนการอัดรีด แป้งที่นำมาใช้คือแป้งอะซิเตดที่มีปริมาณ อะไมโลสสูงและทำการอัดรีดกับเอทานอลที่อุณหภูมิ 120 ต่อ 160 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียสจะมีความหนาแน่นต่ำและการทนการกดน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุคา และคณะ [10] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงแป้งมันสำปะหลังด้วยกระบวนการทางเคมี (Modified starch: MS) จากนั้นนำมาผสมกับ LDPE เพื่อทดสอบสมบัติเชิงกล โดยการผสม LDPE/MS และ LDPE/ST (starch) ในอัตราส่วนแบ่ง 1, 5, 10, 20 % โดยน้ำหนัก ทำการผสมโดยใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้งและนำชิ้นงานเข้าเครื่องกดอัดด้วยความร้อน (compression molding) เมื่อนำมาทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่า การผสม LDPE กับแป้งไม่ทำให้สมบัติเชิงกลดีขึ้น เนื่องจากมีความแข็งแรงดิ่งน้อยกว่า LDPE บริสุทธิ์ แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะ LDPE กับแป้ง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของแป้ง หรือ MS จะทำให้มีความแข็งแรงดิ่งและความแข็งแรงมากขึ้น ความต้านทานความร้อนในการสลายตัวลดลงจาก 350 °C เป็น 300 °C การย่อยสลายในดินใช้เวลาสั้นเพราะดูดซับน้ำได้น้อยเพียง 2.5 %

Nakamura E.M. และคณะ [11] ทำการผสมแป้งชนิดต่าง ๆ กับ LDPE เพื่อเป็นสารประกอบที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โดยการนำแป้งปริมาณ 5, 10, 20 % โดยน้ำหนัก ผสมกับ LDPE จากนั้นนำไปขึ้นรูปโดยกระบวนการฉีดขึ้นรูป (injection molding) เมื่อนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่าความแข็งแรงดิ่งจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้ง แต่สมบัติอื่น ๆ เช่น เปอร์เซนต์การดึงยืดและความแข็งแรงโค้งงอลดลง สารประกอบระหว่าง LDPE กับแป้งในอัตราส่วน 20 % โดยน้ำหนัก มีมอดูลัส (Modulus) มากที่สุดและจากการทดลองกับแป้งหลาย ๆ ชนิดพบว่าแป้งมันสำปะหลังมีคุณสมบัติเชิงกลดีที่สุด เมื่อใส่ในปริมาณ 5 และ 10 % โดยน้ำหนัก

Mali และคณะ [12] ศึกษาผลของปริมาณพลาสติกไซเซอรอล คือ กลีเซอรอล, ซอร์บิทอลและกลีเซอรอลผสมกับซอร์บิทอล ในอัตราส่วน 1:1 โดยใส่ในปริมาณ 0, 20 และ 40% ต่อแป้ง 100 กรัม นำไปขึ้นรูปด้วยกระบวนการ casting จากนั้นนำไปทดสอบการดูดซึ่มความชื้น พบว่า ชนิดและความหนาแน่นของพลาสติกไซเซอรอลจะมีผลต่อปริมาณการดูดซึ่มความชื้นและอัตราการดูดซึ่มความชื้น ซึ่งพบว่า กลีเซอรอล มีความสามารถในการดูดซึ่มความชื้นดีที่สุด และถ้าใส่ในปริมาณมากกว่า 40% จะไม่ค่อยมีผลต่อสมบัติเชิงกล

Chi-Yuan Huang และคณะ [13] ศึกษาผลของสารช่วยผสมที่มีต่อสมบัติเชิงกลและการย่อยสลายของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำกับแป้งสาธู ทำการทดลองทั้งหมด 4 สูตร โดยทำการผสมด้วยเครื่องอัดรีด พบว่าสูตรที่ทำการผสม maleic anhydride, glycerol, compatibilizer (LDPE-g-MA) ให้เข้ากันก่อน แล้วจึงนำไปผสมกับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและแป้งสาธู เมื่อทดสอบสมบัติต่าง ๆ พบว่า มี MFI, %การดึงยืด และ % wt. loss สูงที่สุด ซึ่งหมายความว่าเมื่ออัตราการสลายตัวดีที่สุด แต่ค่าความแข็งแรงดิ่งต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พอลิเมอร์ผสม (Polymer Blend) [14]

ในอดีตมีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิดใหม่เพื่อตอบสนองการนำไปใช้ประโยชน์เฉพาะทาง แต่ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มมีการนำพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่มาทำการผสมแทนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิดใหม่ และเป็นที่รู้จักกันในชื่อของ *พอลิเมอร์ผสม* ซึ่งหมายถึงการนำพอลิเมอร์ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมาผสมกันทั้งนี้มีประโยชน์หลายประการด้วยกันคือ

- หลีกเลี่ยงปัญหาของความยุ่งยากจากการสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิดใหม่
- ไม่ต้องลงทุนผลิตพอลิเมอร์ใหม่เพื่อนำไปใช้ประโยชน์เฉพาะทาง
- สามารถนำพอลิเมอร์ที่มีสมบัติเด่นแต่ละชนิดมาผสมกัน เช่น การทำพอลิเมอร์ผสม

ของเทอร์โมพลาสติกซึ่งมีความเปราะและมีความทนทานแรงกระแทกได้สูง กับอีลาสโตเมอร์ซึ่งไม่เปราะแต่มีความแข็งต่ำ (Stiffness) เพื่อให้ได้พอลิเมอร์ใหม่ที่มีสมบัติรวมของพอลิเมอร์ที่นำมาผสม ซึ่งจะแตกต่างจากสมบัติของพอลิเมอร์หลักที่นำมาผสมกัน โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สถานะในการผสม สมบัติการไหล สถานะวิทยา ซึ่งมีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ผสมที่ได้และการนำไปใช้งานของพอลิเมอร์ผสมตามต้องการ

2.1.1 การแบ่งชนิดของพอลิเมอร์ผสม

พอลิเมอร์ผสมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.1.1.1 พอลิเมอร์ผสมรวมเป็นเนื้อเดียว (Miscible blend) หมายถึงพอลิเมอร์ที่นำมาผสมมีค่าบ่งชี้ความสามารถในการละลาย (Solubility parameter, δ) ใกล้เคียงกันเป็นผลให้พอลิเมอร์ผสมรวมเป็นเนื้อเดียว

2.1.1.2 พอลิเมอร์ผสมไม่รวมเป็นเนื้อเดียว (Immiscible blend) สามารถอธิบายได้จากสมการทางเทอร์โมไดนามิกส์

$$\Delta G_{\text{mix}} = \Delta H_{\text{mix}} - T\Delta S_{\text{mix}}$$

เมื่อ ΔG คือ พลังงานอิสระกิบส์

ΔH คือ การเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีในการผสม

ΔS คือ การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีในการผสม

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากพอลิเมอร์ส่วนมากเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ (Macromolecule) มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เป็นสาเหตุทำให้มีค่าการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีในการผสมต่ำ ส่วนค่าการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีในการผสมมักมีค่าเป็นบวก ดังนั้นทำให้ค่าพลังงานอิสระกิบส์ของพอลิเมอร์ผสมมีค่ามากกว่าศูนย์เป็นผลให้พอลิเมอร์ผสมไม่รวมเป็นเนื้อเดียว หรือกล่าวได้ว่าพอลิเมอร์ที่นำมาผสมนั้นมีค่าบ่งชี้ความสามารถในการละลาย (Solubility parameter, δ) ต่างกันมาก เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบของพอลิเมอร์ผสมที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียว สามารถแบ่งได้เป็น 2 ภูมิภาค คือพอลิเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบหลักของพอลิเมอร์ผสมเรียกว่า *ภูมิภาคหลัก* (Matrix phase) ส่วนพอลิเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบส่วนน้อยเรียกว่า *ภูมิภาคกระจาย* (Dispersed phase) ซึ่งสามารถตรวจวิเคราะห์สัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

2.1.2 ความสามารถในการเข้ากันได้

จากการศึกษาพบว่าพอลิเมอร์ผสมส่วนใหญ่เป็นแบบพอลิเมอร์ผสมที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวจึงเป็นผลให้พอลิเมอร์ผสมมีข้อบกพร่องดังนี้

- มีสมบัติการยึดติดที่พื้นผิวระหว่างภูมิภาคที่ไม่ดี
- มีค่าความตึงผิวที่พื้นผิวระหว่างสองภูมิภาค (Interfacial tension) สูง
- มีสัณฐานวิทยา (Morphology) ที่ไม่เสถียรขณะผ่านกระบวนการแปรรูป

จากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นนั้นทำให้นักวิทยาศาสตร์มีความสนใจในการแก้ไขข้อบกพร่องเหล่านั้น โดยมีการนำสารช่วยผสม (Compatibiliser) มาใช้เพื่อเพิ่มความสามารถในการเข้ากันได้ (Compatibility) และให้ผลในการช่วยลดความตึงผิวที่พื้นผิวระหว่างสองภูมิภาค ทำให้พอลิเมอร์ผสมมีสัณฐานวิทยาที่เสถียรขณะผ่านกระบวนการแปรรูป มีภูมิภาคกระจาย (Dispersed phase) ที่มีขนาดเล็ก และทำให้มีสมบัติการยึดติดที่พื้นผิวระหว่างภูมิภาคดีขึ้น ซึ่งวิธีการที่สามารถทำให้พอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้ดีขึ้น แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

2.1.2.1 *Non-reactive Blending* คือการเติมสารช่วยผสมลงในพอลิเมอร์ผสมแบบไม่เกิดปฏิกิริยา ทั้งนี้สารช่วยผสมที่ใช้ควรมีสูตร โครงสร้างที่เหมือนกับพอลิเมอร์ที่นำมาผสมกัน เพื่อให้เกิดการเกี่ยวพัน (Entanglement) กับภูมิภาคทั้งสองของพอลิเมอร์ผสม ดังนั้นสารช่วยผสมที่นิยมใช้คือ พอลิเมอร์ร่วม ซึ่งมีหลายชนิดคือพอลิเมอร์ร่วมแบบโคปอลิเมอร์ แบบไตรบลิค แบบกราฟท์ หรือแบบส้อม

2.1.2.2 *Reactive Blending* เป็นวิธีการที่เติมสารช่วยผสมลงในพอลิเมอร์ผสมแบบเกิดปฏิกิริยาเนื่องจากพอลิเมอร์ที่นำมาผสมนั้นมีหมู่ที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยาเคมีขณะทำการผสม หรือทำให้เกิดการกราฟท์พอลิเมอร์ชนิดหนึ่งให้มีหมู่ว่องไวในการทำปฏิกิริยาเคมีกับพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเติมสารช่วยผสมเป็นการเพิ่มความสามารถในการเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม แต่ไม่ใช่การทำให้พอลิเมอร์ผสมรวมเป็นเนื้อเดียว เนื่องจากสารช่วยผสมมีการจัดเรียงตัวระหว่างวัฏภาคของพอลิเมอร์ผสมทำหน้าที่เหมือนเป็นสะพานเชื่อมทั้งสองวัฏภาคให้ดีขึ้น ทำให้พอลิเมอร์ผสมมีการยึดติดระหว่างวัฏภาค ทำให้วัฏภาคกระจายมีการกระจายตัวที่ดี และมีขนาดของวัฏภาคกระจายที่เล็กขณะผ่านกระบวนการแปรรูป

2.2 พอลิเอทิลีน (Polyethylene) [15]

พอลิเอทิลีนพบโดย W.H. Carother และเพื่อนร่วมงานสังเคราะห์จากพอลิเมอโรเซซินของเอทิลีนมีตั้งแต่น้ำหนักโมเลกุลต่ำมีลักษณะเป็นไข จนถึงมีน้ำหนักโมเลกุลสูงและมีความเป็นผลึกสูง

พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) เป็นพอลิโอเลฟินเชิงพานิชย์ตัวแรกมีความเป็นผลึกต่ำ โครงสร้างมีโซกิ่งสาขายาว มีความหนาแน่น $0.91-0.93 \text{ g.cm}^{-3}$ ผลิตโดย Imperial Chemical Industries (ICI) ในประเทศอังกฤษ พอลิเมอโรเซซินผ่านกลไกอนุมูลอิสระมีออกซิเจนหรือเปอร์ออกไซด์เป็นตัวริเริ่ม อุณหภูมิใกล้ 250 องศาเซลเซียส ความดัน 3000 บรรยากาศ

พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 6,000-40,000 ในเชิงพานิชย์นิยมระบุน้ำหนักโมเลกุลด้วยค่า ดัชนีการหลอมเหลว (ASTM 1238) ซึ่งหมายถึงน้ำหนักเป็นกรัมของพอลิเมอร์ที่ไหลออกจากหลอดรูเล็กมาตรฐานที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ในเวลา 10 นาที สำหรับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) มีค่า ดัชนีการหลอมเหลว อยู่ในช่วง 0.1-109.0

พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE) มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก เฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี ทนกรดและเบส เกือบครึ่งหนึ่งของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) นำไปทำแผ่นฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ทำถุงใส่พลาสติกใสของ ฝ้ายปุ้โตะ บางส่วนนำไปทำภาชนะบรรจุ เช่น ภาชนะบรรจุกรด-เบส เคมีภัณฑ์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สมบัติบางประการของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) [15]

สมบัติ	ASTM	LDPE
ความถ่วงจำเพาะ	D792	0.91-0.93
ความเป็นผลึก, %	-	50.0-70.0
อุณหภูมิหลอมเหลว, °C	-	98.0-120.0
ความแข็งแรงดึง, MPa ^a	D638	4.10-16.0
มอดุลัส, GPa ^b	D638	0.10-0.26
เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด, %	D638	90.0-800.0
ความแข็งแรงกระแทก, Notch Izod, J.m ⁻¹	D256	No break
อุณหภูมิเบี่ยงเบนทางความร้อน, °C	D648	38.0-49.0

เปลี่ยนหน่วยจาก MPa เป็น psi โดยการคูณด้วย 145

เปลี่ยนหน่วยจาก J.m⁻¹ เป็น lb_f.in⁻¹ โดยการหารด้วย 53.38

เปลี่ยนหน่วยจาก GPa เป็น psi โดยการคูณด้วย 1.45×10^5

2.3 แป้ง [16]

แป้งเป็นสารประกอบพอลิแซคคาไรด์ มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ประกอบไปด้วยกลูโคส เป็นสารแขวนลอยที่รวมตัวกับน้ำได้ดี แต่ไม่ละลายในน้ำเย็น สามารถพบได้ในพืชทุกชนิดโดยพืชจะสะสมแป้งไว้ในเซลล์ เช่น ในเมล็ด เนื้อไม้ และรากพืช เป็นต้น

กระบวนการผลิตแป้งนั้นมีหลายวิธีขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ หลักการโดยทั่วไปคือ แยกเมล็ดแป้งออกจากองค์ประกอบอื่นๆ เช่น เส้นใย โปรตีน และเกลือแร่ จากนั้นทำให้บริสุทธิ์โดยการล้างน้ำ ทำการปั่นแยกและอบแห้งต่อไป ในกระบวนการผลิตเหล่านี้จะได้แป้งแขวนลอยอยู่ในน้ำเนื่องจากแป้งไม่ละลายในน้ำเย็น

แป้งสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมหรือใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เช่น สารยึดติด สี ทอ กระดาษ อาหาร และยารักษาโรค เป็นต้น ประโยชน์ของแป้งเกิดจากสมบัติความข้นเหนียว การเกิดเป็นเจล การยึดติด และการเกิดฟิล์ม คุณภาพสามารถควบคุมได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่หาง่ายและราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

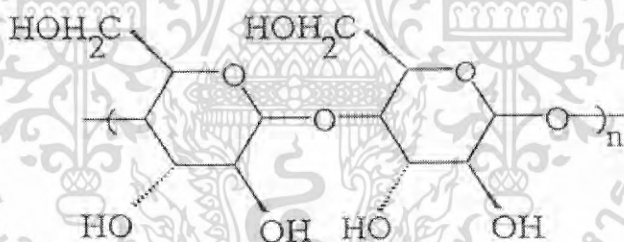
2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6: 10: 5 มีสูตรเคมีโดยทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยของแอนไฮโดรกลูโคส (anhydroglucose unit) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (Glucosidic linkage) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางด้านตอนปลายของสายพอลิเมอร์มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่อัลดีไฮด์ (aldehyde group) เรียกว่ากลุ่มปลายด้านที่มีสมบัติรีดิวซ์ (reducing end group) แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ อะไมโลส (amylose) และ อะไมโลเพกติน (amylopectin)

2.3.2 โครงสร้างทางเคมีของแป้ง

แป้งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติประกอบด้วยโมเลกุล 2 ชนิดคือ อะไมโลสและอะไมโลเพกติน

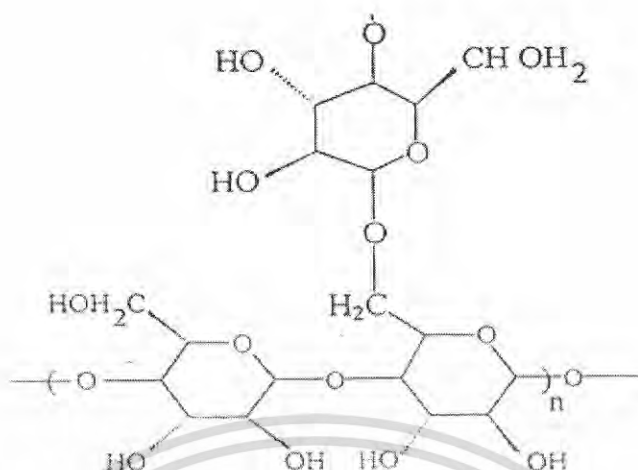
- อะไมโลส เป็นพอลิเมอร์ที่มีสายตรง ประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสประมาณ 200-2000 หน่วย เชื่อมกันด้วยพันธะ α -1, 4 glucosidic linkage โดยแป้งส่วนใหญ่จะมีอะไมโลสเป็นองค์ประกอบประมาณ 15-25 % มีสูตรโครงสร้างดังนี้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของอะไมโลส [16]

- อะไมโลเพกติน เป็นพอลิเมอร์โซ่กิ่ง ประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส เชื่อมกันด้วยพันธะ α -1, 4 glucosidic linkage และพันธะ α -1, 6 glucosidic linkage แต่ละโซ่กิ่งในโมเลกุลอะไมโลเพกตินมีหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส ประมาณ 20-30 หน่วย โดยโครงสร้างที่เป็น อะไมโลเพกตินจะมีประมาณ 75 %ของแป้ง มีสูตร โครงสร้างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 อะไมโลเพคติน [16]

2.3.3 แป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลังผลิตได้จากรากที่มีลักษณะคล้ายหัวของต้นมันสำปะหลัง มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot utilisima* ในภาษาอังกฤษจะเรียกแป้งมันสำปะหลังว่า Tapioca starch, Casava starch หรือ Monioc starch โดยมีองค์ประกอบดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังโดยทั่วไป [16]

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	12.59
แป้ง	87.0
ไขมัน	0.1
โปรตีน	0.1
เถ้า	0.2
ฟอสฟอรัส	0.01

2.3.3.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งมันสำปะหลัง

เม็ดแป้งมันสำปะหลังมีลักษณะคล้ายถ้วยมีความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-35 ไมครอน เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยโดยจำนวน (Number average diameter) เท่ากับ 20 ไมครอน เมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงโพลาไรซ์จะเห็นลักษณะกากบาทสีดำเรียกว่า Birefringence ภายในเม็ดแป้งประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ซึ่งมีการจัดเรียงตัวต่างกันแบ่งได้เป็น 2 แบบ แบบแรกสายพอลิเมอร์ของอะไมโลสเรียงตัวขนานกันอย่างเป็นระเบียบมีอะไมโลสบางส่วนเรียงขนานกับส่วนที่เป็นสายตรงส่วนนอกของอะไมโลเพคตินและยึดติดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้ออกสสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลบริเวณนี้จับกันอย่างหนาแน่น และมีแรงยึดเหนี่ยวสูง บริเวณนี้เรียกว่า Crystalline regions หรือ Micelles เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดลักษณะ Birefringence ของเม็ดแป้ง Crystalline regions นี้มีความสามารถในการดูดน้ำและพองตัวต่ำมาก ส่วนแบบที่สองโมเลกุลเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ แรงดึงดูดระหว่างสายพอลิเมอร์ของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินต่ำกว่าแบบแรก บริเวณที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบนี้เรียกว่า Amorphous regions เป็นส่วนที่ดูดน้ำได้ดีและพองตัวได้ง่าย



รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของแป้ง [16]

2.3.3.2 การย่อยสลายของแป้ง

2.3.3.2.1 การย่อยสลายทางชีวภาพโดยใช้เชื้อรา (Biodegradation by Fungi)

เชื้อราสามารถเข้าทำลาย หรือสร้างความเสียหายให้แก่วัสดุได้ 3 วิธีคือ ทางกายภาพ ทางเคมี และการก่อให้เกิดรอยดำ

1. การทำลายทางกายภาพ (Mechanical damage)

การทำลายนี้เกิดขึ้นเมื่อจุลินทรีย์สามารถทำลายวัสดุในทางกายภาพ เช่นการกัดแทะของเปลือกไม้โดยมด การเจาะผิวของแผ่นพลาสติกบางๆโดยปลวกซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในทางอายุศาสตร์ของพืช เชื้อราสามารถเจาะผิวหน้าและผนังเซลล์ได้

2. การทำลายทางเคมี (Chemical damage)

การทำลายทางเคมีเกิดขึ้นได้โดยตัวการทางเคมี ซึ่งเชื้อราเองเป็นสาเหตุหลักหรือการที่เชื้อราเองเข้าทำลายวัสดุ โดยการปลดปล่อยสารเคมีเข้าไปยังวัสดุ เช่นผลิตภัณฑ์ของ mycotoxin โดยเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราที่เติบโตบนอาหาร เช่น alfatoin ที่ผลิตมาจาก *Aspergillus flavus* หรือรอยด่างดำที่เกิดขึ้นบนสิ่งทอ

3.การเกิดรอยดำ (Soiling)

ความเสียหายสุดท้ายคือการเกิดรอยด่างดำ ซึ่งเป็นผลมาจากเส้นใยของเชื้อราเอง และเชื้อราก็ทำให้เกิดสปอร์ที่มีสีได้ตั้งแต่โปร่งแสงจนทึบ หรือสีน้ำตาลแก่เกือบดำ รอยด่างดำเช่นนี้มักเกิดในสถานะซึ่งไม่มีการแข่งขันจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ เช่นแบคทีเรีย ดังนั้นการเกิดรอยด่างดำของเครื่องมือทางไฟฟ้าหรือผิวหนังของแก้ว โดยการเจริญของเส้นใยเชื้อรา สืบเนื่องมาจากการที่เชื้อราสามารถผลิตเส้นใยเฉพาะ จากที่ได้รับจากอาหารเลี้ยงเชื้อตามชนิดต่างๆ และโดยความสามารถผลิตเส้นใยที่จะเชื่อมต่อกันในช่องว่างของอากาศ

เอนไซม์สำคัญที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายแป้งและน้ำตาลมีดังนี้

- แอลฟา-อะไมเลส เป็น endo-enzyme ซึ่งไฮโดรไลซ์พันธะ 1, 4 ไกลโคซิดิกของอะไมโลเพกติน

- กลูโคส-อะไมเลส เอนไซม์ชนิดนี้สามารถไฮโดรไลซ์พันธะ 1, 4 ไกลโคซิดิกของหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส ในโมเลกุลของแป้งซึ่งสามารถดึงหน่วยกลูโคสจากปลายโซ่ non-reducing และสามารถไฮโดรไลซ์พันธะ 1,6 ไกลโคซิดิกของอะไมโลเพกติน ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนแป้งและเดกทรินไปเป็นกลูโคสได้

- เบต้า-อะไมเลส เอนไซม์ชนิดนี้สามารถไฮโดรไลซ์พันธะ 1, 4 ไกลโคซิดิกของหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส ในโมเลกุลของแป้ง ได้มอลโตสจากปลายโซ่ non-reducing การย่อยสลายโดยเอนไซม์ (enzymatical hydrolysis)

เมื่อพิจารณาตามลักษณะของการทำงานของเอนไซม์ จะแบ่งได้ 3 กลุ่มคือ

2.3.3.2.2 เอนไซม์ย่อยภายนอก (exo-enzyme)

1.เบต้าอะไมเลส (β -amylase; 1,4- α -D-glucan maltohydrolase:EC3.2.1.2) พบเอนไซม์นี้ในพืชชั้นสูง เช่น ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี และพบได้ในถั่วหรือมันฝรั่งหวานจัดเป็น extracellular enzyme ในเชื้อจุลินทรีย์ เช่น *Bacillus cereus* เป็นต้น เบต้าอะไมเลสเป็นเอนไซม์ที่ตัดพันธะจากด้านนอกเข้ามาด้านใน โดยเริ่มจากปลายของอะไมโลสหรืออะไมโลเพกตินจากปลายด้านที่ไม่มีคุณสมบัติรีดิวซ์ เอนไซม์จะตัดพันธะแอลฟา-1,4 ไกลโคซิดิกของโมเลกุลกลูโคสเป็นคู่ๆ ไป ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลมอลโตส เอนไซม์ชนิดนี้มีมวลโมเลกุลประมาณ 50 กิโลดาลตัน การทำงานของเอนไซม์ต้องการแคลเซียมไอออน ร่วมทำงาน

2.เอนไซม์กลูโคอะไมเลส (glucoamylase; 1,4- α -D-glucan glucohydrolase:EC 3.2.1.3)

สามารถผลิตได้จากเชื้อราในสกุล *Aspergillus*, *Penicillium* และ *Rhizopus* ยีสต์และแบคทีเรีย กลูเอกซารีนเป็นเอนไซม์ที่สังวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคอะไมเลสเป็นเอนไซม์ที่ตัดน้ำตาลกลูโคสที่จับกันด้วย พันธะแอลฟา-1,4 ไกลโคซิดิกและพันธะกิ่งแอลฟา-1,6 ไกลโคซิดิก โดยการตัดพันธะกิ่งจะเกิดขึ้นช้ากว่าการตัดพันธะแอลฟา-1,4 ไกลโคซิดิก ถ้าการย่อยเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์จะได้ผลิตภัณฑ์ คือกลูโคส เอนไซม์ชนิดนี้มีมวลโมเลกุลประมาณ 50-110 กิโลดาลตัน มีความเสถียรที่ pH 3.5-5.0 และที่อุณหภูมิ ± 55 องศาเซลเซียส

2.3.3.2.3 เอนไซม์ย่อยภายใน (endo-enzyme)

1. แอลฟาอะไมเลส(alpha-amylase;endo-1,4- α -D-glucan glucohydrolase:EC3.2.1.1) จัดเป็น extracellular enzyme คือเอนไซม์ที่ผลิตขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตแล้วถูกขับออกมานอกเซลล์ พบได้ในสัตว์ พืช และจุลินทรีย์หลายชนิด เป็นเอนไซม์ที่ทำงานภายในโมเลกุลแป้ง โดยจะย่อยแป้งแบบสุ่มที่ตำแหน่ง พันธะแอลฟา-1,4 ไกลโคซิดิกแต่ไม่สามารถย่อย พันธะแอลฟา-1,6 ไกลโคซิดิก ที่ตำแหน่งกิ่งก้านของแป้งได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยแป้ง คือมอลโตส (maltose) กลูโคส (glucose) และลิมิตเดกซ์ตริน (limitdextrin) เอนไซม์ชนิดนี้มีมวลโมเลกุลประมาณ 50 กิโลดาลตัน การทำงานของเอนไซม์ต้องการแคลเซียมไอออน ร่วมทำงาน มีความเสถียรที่ pH 5.5-9.0 และที่อุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ในทางอุตสาหกรรมจะใช้เอนไซม์ที่ได้จากเชื้อราและแบคทีเรีย เมื่อใช้แอลฟาอะไมเลสในการย่อยแป้งจะทำให้ความหนืดและความสามารถในการย้อมติดสีไอโอดีนลดลงอย่างรวดเร็ว และทำให้ reducing power เพิ่มขึ้นด้วย

2.3.3.2.4 เอนไซม์ย่อยพันธะกิ่ง (debranching enzyme)

1. ไอโซอะไมเลส (Isoamylase; glucogen-6-glucanohydrolase: EC 3.2.1.68) เป็นเอนไซม์ที่ย่อยจุดที่เป็นกิ่งก้านของไกลโคเจนและอะไมโลเพคตินได้ดี ไอโซอะไมเลสไม่ต้องการโคแฟกเตอร์ในการทำงาน สามารถดำเนินกิจกรรมได้ดีในช่วง pH 3.0-4.0 และมีความเสถียรที่อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส เอนไซม์ชนิดนี้สามารถแยกได้จากพืช สัตว์ และจุลินทรีย์

2. พูลูลานเนส (Pullulanase; Pullulan 6-glucanohydrolase) เป็นเอนไซม์ที่ใช้ตัดพันธะแอลฟา-1,6 ไกลโคซิดิก ของพูลูลาน และอะไมโลเพคติน แต่การทำกิจกรรมไม่สมบูรณ์เท่ากับการย่อยโดยไอโซอะไมเลส และทำกิจกรรมกับไกลโคเจนได้จากสามารถย่อยได้สายกลูโคสที่มีความยาว 2-3 หน่วย ไม่สามารถย่อยจนได้กลูโคส 1 หน่วย เอนไซม์ชนิดนี้พบได้ในพืช สัตว์ และแบคทีเรีย เอนไซม์มีความเสถียรที่ pH 4.5-5.5 และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สารเติมแต่ง [17]

การใช้สารเติมแต่งผสมในพอลิเมอร์มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติให้เหมาะกับการใช้งานและความต้องการของตลาดมากยิ่งขึ้น อาจกล่าวได้ว่าถ้าไม่มีการใช้สารเติมแต่ง อาจจะไม่พอลิเมอร์ที่มีสมบัติเหมาะกับการประยุกต์ใช้งานมากชนิดและอุตสาหกรรมพอลิเมอร์อาจจะไม่มีความสำคัญมากดังเช่นเป็นอยู่ทุกวันนี้

สารเติมแต่ง คือ สารเคมีที่เติมหรือผสมลงในพอลิเมอร์เพื่อปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงสมบัติทั้งสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงฟิสิกส์ และสมบัติเชิงเคมี ให้เหมาะกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น สารเติมแต่งที่ผสมลงไปจะทำหน้าที่ปกป้องพอลิเมอร์จากการเสื่อมสภาพเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น จากแสง ความร้อน และจากแบคทีเรีย สมบัติอื่น ๆ ที่สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยการใช้สารเติมแต่ง เช่น ความหนาแน่น ความลื่น การทนทานต่อการขีดไฟ ลดการขยายตัวเนื่องจากความร้อน การทำให้สีของพอลิเมอร์มีความคงทน นอกจากนี้ยังสามารถใช้สารเติมแต่งในการปรับเปลี่ยนพอลิเมอร์ให้มีสมบัติเฉพาะ เช่น ทำให้พอลิเมอร์สามารถถูกย่อยสลายได้โดยชีวภาพ(Biodegradability) หรือ เพิ่มการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) และเพิ่มความทนไฟ เป็นต้น

2.4.1 สารหล่อลื่น (Lubricants) [17]

สารหล่อลื่น เป็นสารเติมแต่งที่ผสมลงในพอลิเมอร์เพียงปริมาณเล็กน้อย เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างพอลิเมอร์หลอมกับเครื่องแปรรูป เบ้าหรือแม่พิมพ์ หรือหัวดายในขณะที่ทำการขึ้นรูปและลดแรงเสียดทานระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ มีผลทำให้การเคลื่อนตัวของโมเลกุลหรือส่วนของโมเลกุลง่ายขึ้น ทำให้เกิดการไหลได้ง่ายขึ้น สมบัติอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากนี้จะไม่เปลี่ยนแปลง

สารหล่อลื่นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. สารหล่อลื่นภายใน (Internal lubricant) เป็นสารเติมแต่งที่ช่วยให้สายโซ่พอลิเมอร์เคลื่อนตัวได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้พอลิเมอร์ไหลได้ง่ายและแปรรูปได้ง่าย

2. สารหล่อลื่นภายนอก (External lubricant) เป็นสารเติมแต่งที่ลดแรงเสียดทานระหว่างผิวของเครื่องแปรรูปกับพอลิเมอร์ขณะทำการแปรรูป ทำให้แปรรูปได้ง่ายขึ้น และเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องจักร

การแบ่งสารหล่อลื่นออกเป็น 2 กลุ่มข้างต้นไม่ครอบคลุมชนิดของสารหล่อลื่นทั้งหมด กล่าวคือ มีสารหล่อลื่นบางพวกทำหน้าที่ได้ทั้งสารหล่อลื่นภายในและภายนอก เช่น ใน PVC จะเป็นสารหล่อลื่นภายนอก แต่จะเป็นสารหล่อลื่นภายในของ PE จึงได้มีการให้คำนิยามสารหล่อลื่นกลุ่มใหม่นี้ว่าเป็น สารหล่อลื่นผสม (combination lubricants) ตัวอย่างการใช้งานสารหล่อลื่นชนิดต่าง ๆ กับพอลิโเอเลฟินส์ พอลิเมอร์ในกลุ่มสไตรีน และ PVC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 พลาสติไซเซอร์ (Plasticizer) [3]

พลาสติไซเซอร์ ตามนิยามของ IUPAC หมายถึงสารที่เข้าไปรวมอยู่กับพลาสติก หรือ อีลาสโตเมอร์ แล้วช่วยเพิ่มความอ่อนตัว ความคงทนการใช้งานและการยืดตัวแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ พลาสติไซเซอร์ภายนอก (External plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปในการสร้างพอลิเมอร์แล้ว ทำให้เกิดสารเชิงซ้อนหรือการจับกลุ่มของโมเลกุล เนื่องจากพลาสติไซเซอร์ไปจับยึดกับพอลิเมอร์ ด้วยพันธะโควาเลนต์ทุติยภูมิ (secondary covalent) ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของสายโซ่พอลิเมอร์ ที่อยู่ใกล้เคียงกันอ่อนลง เกิดโครงสร้างที่อ่อนตัว ส่วนพลาสติไซเซอร์ภายใน (Internal plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปแล้วทำหน้าที่เป็นสารร่วมช่วยในการเกิดพอลิเมอร์ (copolymerization)

สมบัติของพลาสติไซเซอร์ที่ดีต้องรวมเป็นเนื้อเดียวกับพอลิเมอร์ที่ใช้ โดยมีแรงระหว่างโมเลกุลของสารทั้งสองคล้ายคลึงกัน มีจุดเดือดสูง ระเหยยาก ละลายในตัวทำละลายที่ใช้ได้ดี นอกจากนี้ไม่ควรมีสี กลิ่น รส ไม่เป็นพิษ และไม่ติดไฟ ถ้าใช้พลาสติไซเซอร์ที่มีสมบัติเหมาะสมจะ ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการแยกตัวระหว่างการทำผลิตภัณฑ์ให้แห้ง พลาสติกที่ได้จะมีลักษณะทางกายภาพที่ดี สามารถทนความยืดหยุ่นตลอดการใช้งาน

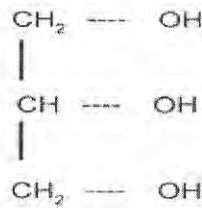
พลาสติไซเซอร์ที่นำมาใช้กับพลาสติกจากแป้งมีหลายประเภท ได้แก่ มอนอ โด และโอลิ โโกแซ็กคาไรด์ พอลิแอลกอฮอล์หรืออนุพันธ์ของลิพิด

พอลิแอลกอฮอล์ (Polyols) พอลิไฮดรอกซีแอลกอฮอล์เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลซึ่งหมู่คีโตนหรือ อัลดีไฮด์ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล พอลิแอลกอฮอล์พบในน้ำผลไม้ โดยเฉพาะพวกที่มีคาร์บอน 6 อะตอม เช่นซอร์บิทอล หรือสามารถผลิตจากปฏิกิริยาเติมไฮโดรเจนให้กับน้ำตาล (hydrogenation) พอลิแอลกอฮอล์มีสมบัติคงทนต่อสารเคมีและความร้อนได้ดีจึงไม่สลายตัวง่าย ดูดซับน้ำและเก็บความชื้นได้ดี ละลายน้ำได้ มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาล เนื่องจากถูกดูดซึมน้ำได้ช้ำมาก จึงสามารถใช้กับผู้ที่เป็โรคนเบาหวานได้

กลีเซอรอล (Glycerol) หรือ กลีเซอริน (glycerin) เป็นพอลิแอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอน 3 อะตอม มีสูตรโมเลกุล $C_3H_8O_3$ โครงสร้างโมเลกุลแสดงดังรูปที่ 2.4 มีน้ำหนักโมเลกุล 92 เป็นผลพลอยได้จากการผลิตสบู่และกรดไขมัน มีสมบัติเป็นของเหลวที่มีความหนืด มีรสหวาน 0.6 เท่าของน้ำตาล สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำและแอลกอฮอล์ได้ดีมาก เป็นสารที่ละลายน้ำมันได้ดีพอสมควร ดูดความชื้นจากอากาศได้ปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค้ำหนักหอสมุคกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

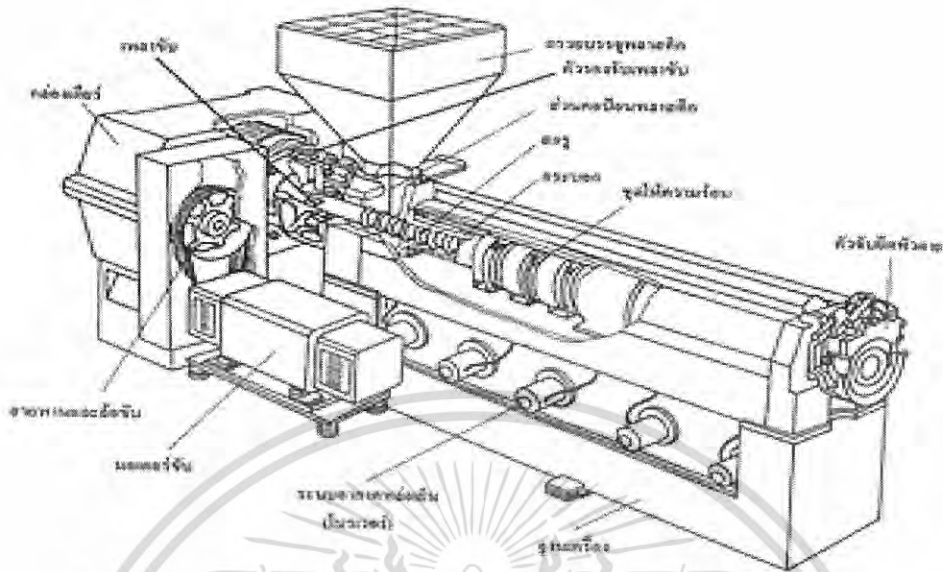


รูปที่ 2.4 โครงสร้างของกลีเซอรอล [3]

2.5 การอัดรีด (Extrusion Process) [18]

การอัดรีดเป็นกระบวนการแปรรูปหลักของอุตสาหกรรมพลาสติกชนิดหนึ่ง เป็นการทำให้วัสดุมีรูปร่างตามต้องการโดยการอัดพลาสติกหลอมไหลผ่านหัวคายที่มีรูปร่างที่เหมาะสม การแปรรูปพลาสติกโดยการอัดรีดจัดเป็นกระบวนการต่อเนื่อง และผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป ที่ต้องนำไปเข้ากระบวนการชนิดอื่นต่อเพื่อผลิตเป็นชิ้นงานขั้นสุดท้าย ก่อนจะนำไปใช้งาน การอัดรีดเทอร์โมพลาสติก ทำโดยการทำให้พลาสติกผง (Powder) หรือเม็ด (Pellets) หลอมเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วผลักดันโดยการหมุนของสกรูให้พลาสติกหลอมไหลผ่านหัวคายที่มีรูปร่างตามลักษณะชิ้นงานที่ต้องการผลิต พลาสติกหลอมจะแข็งตัวเมื่อออกจากหัวคาย เนื่องจากการหล่อเย็น

การอัดรีดสามารถใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ผลิตเส้นใย (fiber) ท่อขนาดเล็ก (tube) ท่อขนาดกลางและใหญ่ (pipe) แผ่นพลาสติก (sheet) พิล์มพลาสติก (film) และชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นโพรไฟล์ (profile) รูปแบบต่าง ๆ นอกจากนี้เครื่องอัดรีดมีความสำคัญในการแปรรูปพลาสติกแล้ว ยังมีความสำคัญในการใช้เป็นเครื่องผสมเพื่อเตรียมคอมปาวด์พลาสติก โดยการผสมพลาสติกกับสารเติมแต่ง (Additives) และสารตัวเติม (fillers) ชนิดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเป็นการเตรียมวัสดุสำหรับการแปรรูปโดยเทคนิคต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมการผลิตพอลิเมอร์และการแปรรูปพลาสติก นิยมใช้เครื่องอัดรีดสองชนิดคือ เครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว (Single - Screw Extruder) และเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin - Screw Extruder) คอมปาวด์พลาสติก โดยการผสมพลาสติกกับสารเติมแต่ง (Additives) และสารตัวเติม (fillers) ชนิดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเป็นการเตรียมวัสดุสำหรับการแปรรูปโดยเทคนิคต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมการผลิตพอลิเมอร์และการแปรรูปพลาสติก นิยมใช้เครื่องอัดรีดสองชนิดคือ เครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว (Single - Screw Extruder) และเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin - Screw Extruder)



รูปที่ 2.5 เครื่องอัดรีด (Extruder) [18]

2.5.1 เครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว (Single - Screw Extruder)

สกรูของเครื่องอัดรีดเป็นสกรูแบบอาร์คิมิดีส (Archimedean screw) สกรูที่ใช้ในการแปรรูปเทอร์โมพลาสติก มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 25-200 มิลลิเมตร มีความยาวเป็น 20-40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง และใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนในช่วง 5-500 กิโลวัตต์ หน้าที่หลักของสกรู สรุปดังนี้

- รับเม็ดพลาสติกจากกรวยเติมพลาสติกเข้ามาในกระบอก
- ผสมส่วนผสมต่าง ๆ คือพลาสติกและสารเติมแต่งเข้าด้วยกัน
- ทำให้พลาสติกเกิดการหลอมเป็นเนื้อเดียว
- ช่วยเพิ่มความดันของพลาสติกหลอม เพื่อเอาชนะแรงต้านทำให้สามารถส่งพลาสติกหลอมไปยังส่วนอื่น ๆ ของสกรูและหัวตายได้

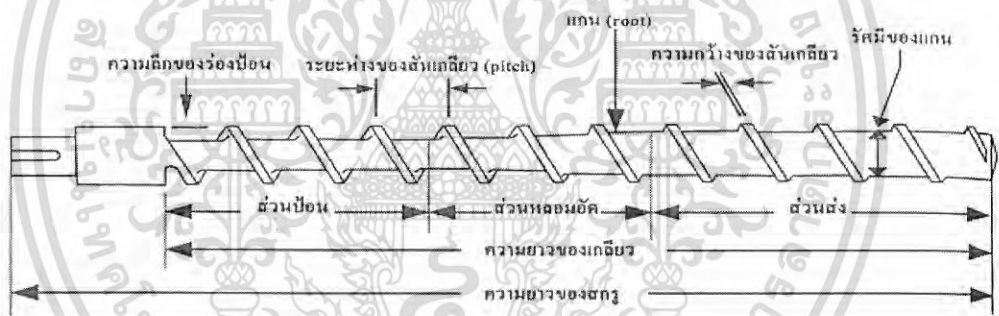
สกรูของเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยวแยกออกเป็น 3 ส่วนคือส่วนป้อน (feed or solid conveying section) เป็นส่วนที่มีความลึกของร่องสกรูมากที่สุด มีหน้าที่หลักคือ การดึงเม็ดพลาสติกหรือผงพลาสติกจากกรวยเติมพลาสติก (hopper) ลงในกระบอก (barrel) เริ่มให้ความร้อนแก่พลาสติกทำให้เกิดการผสมของพลาสติกกับสารตัวเติมและสารเติมแต่งต่าง ๆ และทำหน้าที่ส่งพลาสติกไปยังส่วนต่อไปของสกรูส่วนหลอมอัด (compression or transition or plasticating zone) ความลึกของร่องสกรูจะค่อย ๆ ลดลงเพื่อให้เกิดแรงดันของพลาสติกหลอม และทำให้ความหนาของชั้นพลาสติกที่ห่อหุ้มสกรูลดลงจึงเกิดการส่งผ่านความร้อนจากกระบอก (barrel) ได้ดีขึ้นความร้อนและแรงเสียดทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

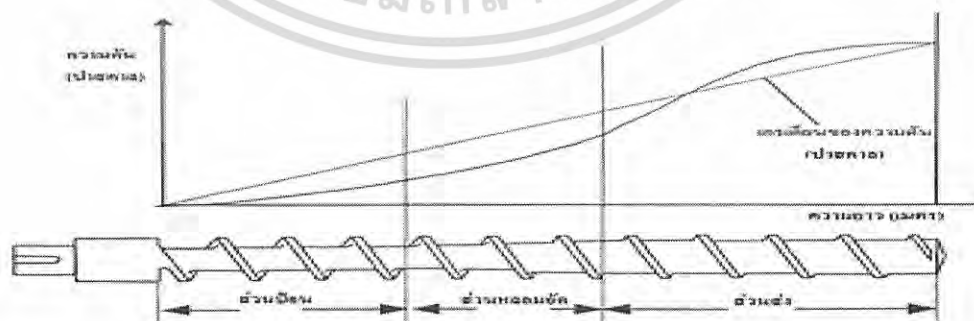
เนื่องจากการหมุนของสกรูในช่วงนี้จะสูงมาก ทำให้พลาสติกเกิดการหลอมผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนสุดท้ายคือส่วนส่งพลาสติกหลอม (metering or melt pumping section) สกรูจะมีความลึกของร่องสกรูคงที่แต่มีความลึกน้อยกว่าส่วนป้อนพลาสติกหลอมในช่วงนี้จะมี ความดันเพิ่มขึ้นและมีความเป็นเนื้อเดียวสมบูรณ์และจะเสถียรอยู่ภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่ ใกล้เคียงกัน

2.5.2 เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin Screw Extruder)

จัดเป็นเครื่องอัดรีดที่มีสกรูสองตัว อยู่ในกระบอกเดียวกันซึ่งมีภาพตัดขวางเป็นรูปเลขแปด การแบ่งเครื่องอัดรีดที่มีสกรูคู่จะแบ่งตามทิศทางการหมุนและระดับของการอินเทอร์เมท (Intermeshing) ซึ่งหมายถึงการหมุนของสกรูในลักษณะที่สันเกลียวของสกรูตัวหนึ่งแทรกตัวอยู่ใน ร่องเกลียวของสกรูอีกตัวหนึ่ง ทิศทางการหมุนของสกรูคู่มีสองแบบ คือ หมุนตรงข้ามกัน (counter-rotating) และหมุนในทางเดียวกัน (co-rotating)



รูปที่ 2.6 ลักษณะของสกรู [18]



รูปที่ 2.7 ความดันในส่วนต่างๆของสกรู [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 กระบวนการเป่าฟิล์ม (Blown - Film Process) [19]

การเป่าฟิล์มเป็นกระบวนการแปรรูปพลาสติกแบบต่อเนื่องเช่นเดียวกับกระบวนการอัดรีดอื่น ๆ การผลิตเริ่มต้นจากการอัดรีดท่อเทอร์โมพลาสติกหลอม คายที่ใช้เป็นแบบวงแหวนสองชั้น (Annular die) โดยการอัดรีดในแนวตั้งฉากกับแนวของเครื่องอัดรีดหลังจากนั้นทำการดึงท่อพลาสติกในแนวแกนของการอัดรีด (axial direction) แล้วใช้ลมเป่าท่อนี้ในขณะเดียวกันทำให้พลาสติกหลอมพองตัวออกในแนวรัศมี(radial direction)เกิดเป็นลูกโป่ง ที่มีผนังบาง(thin-walled bubble) เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกโป่งจะมีค่ามากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวคายหลายเท่า ลูกโป่งที่ร้อนจะถูกหล่อเย็นด้วยลมเป่าที่ผิวด้านนอกของลูกโป่ง โดยมีหัวเป่าเป็นลักษณะวงแหวนอยู่ด้านนอกของหัวคาย (เรียกว่า air ring) วงแหวนจะเป็นตัวปรับทิศทางของลมเป่าให้กระทบลูกโป่งในแนวตั้งฉาก และทำให้กระแสลมเป่ามีความสม่ำเสมอไม่พุ่งออกไปตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง ทำให้การหล่อเย็นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ลักษณะของเครื่องและกระบวนการเป่าฟิล์มแสดงดังรูปที่ 2.8 [19] ลูกโป่งจะถูกปรับให้มีขนาดที่เหมาะสมและถูกจำกัดอยู่ในส่วนที่ช่วยพองฟิล์ม (sizing basket or calibration unit) หลังจากนั้น รวบลูกโป่งโดยป้อนให้ลูกโป่งเคลื่อนที่ผ่านแผ่นโลหะหุ้มกำมะหยี่ที่ตีบเข้า (collapsing boards) และป้อนเข้าในช่องว่างของลูกกลิ้งสองตัว(nip rolls) ทำให้ลูกโป่งแบนลงเป็นฟิล์มสองชั้น หลังจากนั้นทำการดึงฟิล์ม โดยใช้หน่วยดึง(haul-off unit) และตอนสุดท้ายฟิล์มจะถูกพันเป็นม้วนด้วยตัวม้วนฟิล์ม(winder) แล้วนำไปทำเป็นถุงหรือนำไปทำผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆต่อไป

ปัจจัยที่สำคัญต่อการเป่าฟิล์ม เช่น ความเร็วของสกรู อัตราการดึง และขนาดของลูกโป่งที่เหมาะสมกับส่วนพองฟิล์ม การเปิดอากาศที่ใช้เป่าเข้าภายในลูกโป่ง มีการใช้เทอมที่สำคัญในการอธิบายกระบวนการแปรรูปพลาสติกโดยการเป่าฟิล์ม เช่น อัตราการพองตัวของลูกโป่ง(Blow-up ratio) และอัตราการดึง (Draw-down ratio)

อัตราการพองตัวของลูกโป่ง(Blow-up ratio) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกโป่งกับเส้นผ่านศูนย์กลางของคาย โดยทั่วไปอัตราการพองตัวของลูกโป่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 2:1 ถึง 6:1 ซึ่งหมายความว่า คายตัวหนึ่งสามารถทำถุงได้หลายขนาด

อัตราการดึง(Draw-down ratio) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความเร็วของฟิล์มที่ดึงโดยลูกกลิ้ง (หรือ โดยหน่วยดึง) กับความเร็วของการอัดรีดซึ่งความเร็วของการอัดรีดคำนวณได้จากน้ำหนักของพลาสติกที่ผลิตได้ต่อหน่วยเวลา แล้วแปรให้เป็นปริมาตรแล้วค่อนำปริมาตรหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของคาย

วัสดุที่ใช้ในการเป่าฟิล์มพลาสติกเป็นเทอร์โมพลาสติก เช่น พลาสติกในกลุ่มพอลิโอเลฟินส์ (LDPE, LLDPE, HDPE และ HMW-HDPE) จะเป็นพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการเป่าฟิล์ม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากที่สุด ในบรรดาพอลิเอทิลีนส์ มีการใช้ LDPE มากที่สุด นอกจากนี้พลาสติกอื่น ๆ ที่ใช้ในการเป่าฟิล์ม เช่น ไนลอน พอลิคาร์บอเนต พอลิไวนิลคลอไรด์ PET และ PP

เทอร์โมพลาสติกที่ใช้ในการเป่าฟิล์ม ต้องมีค่าความหนืดสูง และมีค่าดัชนีการไหลต่ำกว่าวัสดุที่ใช้ในการผลิตฟิล์มโดยกระบวนการอัดรีดแบบธรรมดา ตัวอย่างกรณี LDPE ที่ใช้ในการเป่าฟิล์ม มีค่าดัชนีการหลอมอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 1.0 กรัม/10 นาที (โดยทำการทดสอบตัวอย่างที่ 190 °C และใช้น้ำหนักกด 2.16 กิโลกรัม) ในขณะที่ LDPE ที่ใช้ในการผลิตฟิล์มโดยกระบวนการอัดรีดแบบธรรมดามีค่าดัชนีการหลอม อยู่ในช่วง 0.5 ถึง 6 กรัม/10 นาที

2.6.1 หลักการของฟิล์มเป่า

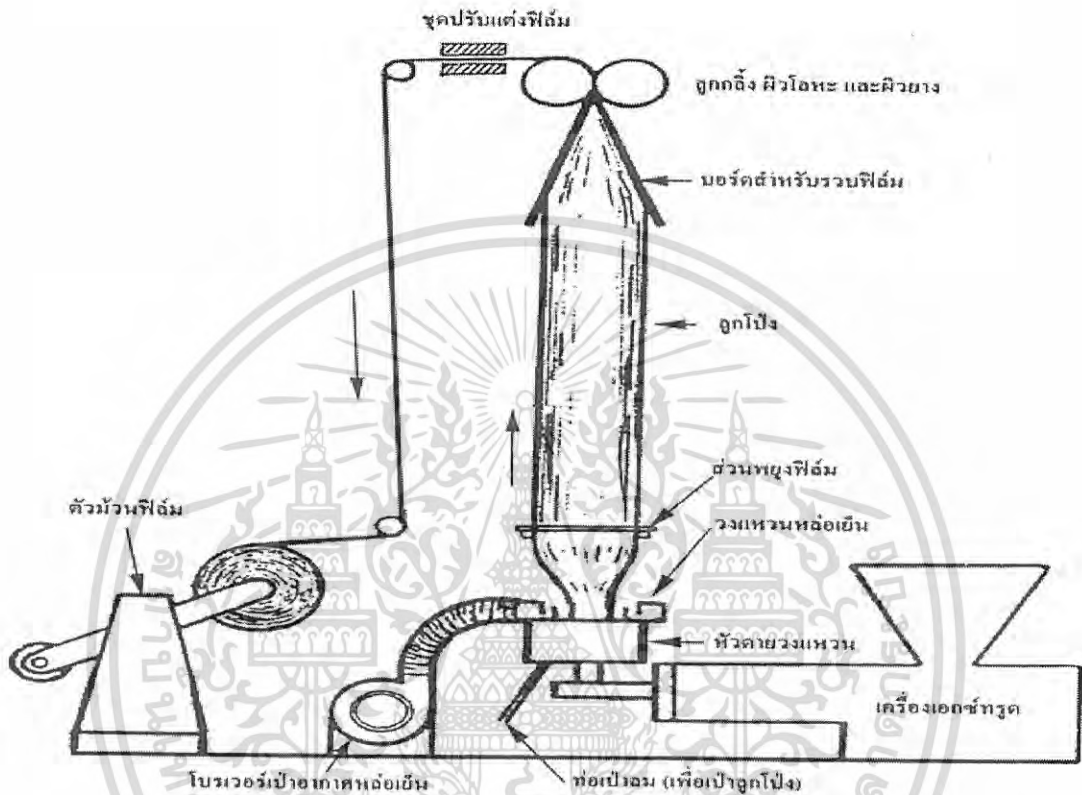
ฟิล์มเป่ามีความหนาน้อยกว่า 0.020 นิ้ว (0.05 เซนติเมตร) โดยอุปกรณ์ที่ใช้ทำฟิล์มประกอบด้วยเครื่องอัดรีดต่ออยู่กับคายนประเทวงแหวน (annular die) ซึ่งโดยปกติจะมีทิศอยู่ในแนวตั้ง การผลิตฟิล์มเป่าแบบท่อ(tubular blown film) จะใช้อากาศและการดึงขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยอากาศที่อยู่ภายในจะช่วยทำให้เกิดพองขนาดใหญ่ และมีส่วนของลูกกึ่งช่วยรวบฟิล์มอยู่ทางด้านบน ฟิล์มจะขยายออกประมาณ 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเดิมตามแนวขนานและขณะเดียวกันจะถูกดึงในทิศทางตั้งฉาก ผลที่ได้ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวในสองทิศทาง(biaxial orientation) เกิดการตกผลึก(crystallization) และแข็งตัว(freeze) อยู่ในทิศทางการจัดเรียงตัวนั้น

ฟิล์มที่เกิดการขยายตัวเนื่องจากการเป่ามีกระบวนการเป็นแบบแรงดึง (Tensile force) มากกว่าที่จะเป็นแรงเฉือน (shear force) เพราะความเค้นเฉือนมีลักษณะการตอบสนองเป็นแบบวิสโคอีลาสติกทำให้ความหนืดเนื่องจากแรงดึงมีค่าสูง ถ้าความหนืดเนื่องจากแรงดึงไม่ขึ้นอยู่กับอัตราความเครียด เรียกว่า เทราโตเนียน(Troutonian) ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมความเค้นในนิวโตเนียน ซึ่งแบ่งออกเป็นการทำให้งแข็งเนื่องจากการดึง (Tension stiffening) และการทำให้บางเนื่องจากการดึง (tension thinning) เช่น พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำแบบกึ่งมีการตอบสนองแบบอีลาสติกจะเป็นการทำให้งแข็งเนื่องจากการดึง พอลิโพลีเอทิลีนส์แบบเส้นตรงและพอลิพรอพิลีนเป็นแบบการทำให้งบางเนื่องจากการดึง เป็นต้น

เมื่อพอลิเมอร์หลอมเหลวออกจากคายนจะค่อย ๆ บางลง ความเค้นจะมากขึ้นและวัสดุที่ยังไม่แข็งพอจะเกิดความเครียดต่อไปเรื่อย ๆ จนในที่สุดเกิดการแตกของฟิล์ม การทำให้แข็งเนื่องจากการดึงทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นหรือมีการตอบสนองแบบอีลาสติกมากพอที่จะชดเชยการเพิ่มของความเค้น ทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น อัตราการตกผลึกเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อเสถียรภาพ กล่าวคือการผลิตฟิล์มโดยวิธีนี้จะมีลักษณะที่เรียกว่า แนวเส้นการแข็งตัว(Freeze line or frost line) เกิดขึ้นตามทางที่เกิดพองซึ่งเป็นบริเวณที่พอลิเมอร์ตกผลึกทำให้ความใส (transparent) ลดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของแนวเส้นแข็งตัวนี้จะเหนี่ยวนำให้เกิดการดึงและทำให้เกิดการแข็งขึ้นด้วยเหตุนี้อัตราการตกผลึกจึงไม่ควรสูงเกินไปจนทำให้ไม่เกิดการจัดเรียงตัวในสองทิศทาง



รูปที่ 2.8 กระบวนการเป่าฟิล์ม [19]

2.6.2 สมบัติของฟิล์มเป่า

สมบัติของฟิล์มเป่าได้แก่ ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด [ทั้งในทิศทางตามเครื่องจักรและทิศทางตามขวาง โดยใช้วิธีทดสอบของ เอลเมนดอร์ฟ (Elmendorf)] ความทนทานต่อแรงกระแทก ความใส(ความขุ่น) ความเงาของผิว ความแข็งแรงดึง (ทั้งในทิศทางตามเครื่องจักรและทิศทางตามขวาง) เปอร์เซ็นต์การยืดออก ความหนา การจัดเรียงตัว และเปอร์เซ็นต์ความเป็นผลึก เป็นต้น ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อสมบัติเหล่านี้ได้แก่ อุณหภูมิการหลอมเหลว ความหนาของฟิล์ม ความสม่ำเสมอของความหนาแผ่นฟิล์ม(วัดโดยใช้เครื่องวัดความหนา) อัตราส่วนการดึงลง อัตราส่วนการเป่า ความสูงของแนวเส้นแข็งตัว(frost line height) และความสม่ำเสมอของความดันซึ่งช่วยลดหรือกำจัดการเกิดเป็นคลื่น(surging)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาขึ้นอยู่กับช่องว่างของคาย อุณหภูมิของการหลอมเหลว อัตราส่วนการเป่าและ อัตราการดึงลง ส่วนความสูงของแนวเส้นแข็งตัวคือระยะทางเหนือดายที่เกิดความขุ่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเกิดการตกผลึกในขณะที่ของหลอมเหลวเย็นตัวลง จัดเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมากต่อความ หนาของฟิล์ม พบว่าถ้าเพิ่มความสูงของแนวเส้นแข็งตัว เปอร์เซ็นต์ของความขุ่นจะเพิ่มขึ้น ความเงา ของผิวจะเพิ่มขึ้น แต่ความใสจะลดลง ความไม่สมบูรณ์ของผิวลดลง และความแข็งแรงต่อแรง กระแทกลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าความสูงของแนวเส้นแข็งตัวยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการ หลอมเหลวและอัตราของการอัดรีดอีกด้วย โดยตัวแปรทั้งสองเมื่อเพิ่มขึ้น ความสูงของแนวเส้น แข็งตัวจะเพิ่มขึ้น อัตราส่วนการเป่าจะมีผลต่อความแข็งแรงต่อการดึง โดยจะเพิ่มขึ้นในทิศทางตาม ขวางและลดลงในทิศทางตามเครื่อง แต่จะมีผลตรงข้ามต่อความแข็งแรงต่อการฉีกขาด นอกจากนี้ยัง พบว่าอัตราส่วนการเป่าที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนาทนทานต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตรา ส่วน การดึงลงที่เพิ่มขึ้นจะให้ผลตรงกันข้าม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. แป้งมันสำปะหลังไม่คัดขนาด (cassava starch) บริษัท แป้งมัน ไทยท่า ชลบุรี
2. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(LDPE) เกรดการค้า 1905F Thai Polyethylene (1993) Co., LTD.
3. กรดสเตียริก (Stearic acid) เกรดการค้า Flora sawita chemindo Co., LTD.
4. กลีเซอรอล (Glycerol) เกรดอุตสาหกรรม บริษัท แล๊ป ซิสเต็ม จำกัด
5. สารป้องกันความร้อน (Heat Stabilizer) แคลเซียม-ซิงค์ (Ca-Zn) GALLEON BRAND .,LTD.
6. สารช่วยผสม (Compatibilizer) Fusabond MB-226D Creative Polymer LTD.
7. สูตรอาหาร PDA, Potato Dextrose Agar
8. เชื้อรา *Aspergillus* sp.
9. สารละลายฟีนอลเข้มข้น 5%
10. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
11. สารละลายมาตรฐานน้ำตาลสมอลโตส

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง (Electronic balance)
2. ตู้อบ (Oven)
3. เครื่องแก้ว - แท่งแก้วคน
- บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
- กระจกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร
- กระจกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
- จานเพาะเชื้อ
4. เครื่องทดสอบแรงดึง(Universal testing machine) รุ่น LR30K: Llyod Instrument Ltd.
5. เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin screw extruder) รุ่น Melchers-Ferrostaal, Brabender PL2100 C.Melchers & Co. (Thailand) Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single screw extruder) Thermo Haake Poly Drive รุ่น R252 LMS instrument.
7. เครื่องเป่าฟิล์ม (Blown – Film) รุ่น Type LF 400 LAB TECH Engineering company,.LTD.
8. เครื่องวัดความทนทานต่อแรงกระแทก (Falling dart impact tester) รุ่น D-2085AB-P บริษัท Dynisco polymer test
9. เครื่องผสมความเร็วสูง (High Speed Mixer) รุ่น Model 3000 LAB TECH Engineering Company,.LTD.
10. เครื่องบด (Grinder)

3.3 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของปริมาณพลาสติกไซเซอรส์ที่มีบทบาทต่อเป่ามันสำปะหลังและ LDPE

1. นำเป่ามันสำปะหลัง กลิเซอรอล กรดสเตียริก และ Ca-Zn มาผสมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนระหว่างเป่ามันสำปะหลังกับปริมาณพลาสติกไซเซอรส์

เป่ามันสำปะหลัง(g)	กลีเซอรอล(phr)	กรดสเตียริก(phr)	Ca-Zn (phr)
100	30	2	2
100	40	2	2
100	50	2	2

2. นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 1 ไปผสมด้วยเครื่องผสมความเร็วสูง (High Speed Mixer) โดยใช้ความเร็วรอบ 3000 รอบ/นาที

3. นำส่วนผสมของเป่าที่เตรียมไว้ไปผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin - Screw Extruder) โดยตั้งอุณหภูมิตามตารางที่ 3.2 และใช้ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 อุณหภูมิที่ใช้ในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่สำหรับแป้งมันสำปะหลัง

โซนสกรู	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)
โซนที่1	90
โซนที่2	95
โซนที่3	100
หัวตาย (Die)	110

4. สังเกตลักษณะทางกายภาพของแป้งที่ได้โดยให้มีสีใกล้เคียงกับต่อนก่อนผ่านความร้อนในเครื่องให้มากที่สุด โดยอาศัยการควบคุมภาวะเครื่องให้เหมาะสม

5. ทำการบดแป้งที่ได้ให้เป็นผงเพื่อใช้ในการขึ้นรูป

6. ทำการผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) กับสารช่วยผสม, Fusabond MB-226D 10 % โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin - Screw Extruder) โดยอาศัยการควบคุมสภาวะเครื่องให้เหมาะสมและใช้ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที

ตารางที่ 3.3 อุณหภูมิที่ใช้ในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่สำหรับ LDPE

โซนสกรู	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)
โซนที่1	100
โซนที่2	110
โซนที่3	120
หัวฉีด(Nozzle)	130

7. นำพอลิเมอร์ที่ได้ในข้อ 6 ไปบดให้เป็นผงเพื่อใช้ในการขึ้นรูป

8. นำส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมไว้มาผสมกับพอลิเมอร์ LDPE ที่เตรียมไว้ในอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วนำไปขึ้นรูปโดยใช้กระบวนการเป่าฟิล์ม โดยมีการควบคุมภาวะเครื่องให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง LDPE: แป้งมันสำปะหลัง และบทบาทของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลในกระบวนการเป่าฟิล์ม

1. ศึกษาอัตราส่วนระหว่าง LDPE: แป้งมันสำปะหลัง โดยทำการผสม LDPE และแป้งมันสำปะหลังตามตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 อัตราส่วนระหว่าง LDPE: แป้งมันสำปะหลัง

LDPE (%)	แป้งมันสำปะหลัง(%)	สารช่วยผสม(%)
60	40	10
70	30	10
80	20	10

2. ทำการเป่าฟิล์ม โดยตั้งภาวะเครื่องดังตารางที่ 3.5 และใช้ความเร็วรอบของสกรูในแต่ละสูตรที่ 50, 60 และ 70 รอบต่อนาที

ตารางที่ 3.5 อุณหภูมิที่ใช้ในเครื่องเป่าฟิล์ม

โซนสกรู	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
โซนที่ 1	130	140	150
โซนที่ 2	140	150	160
โซนที่ 3	150	160	170
หัวคาย (Die)	160	170	180

ตอนที่ 3 ศึกษาสมบัติของฟิล์ม

1. การวิเคราะห์สัณฐานวิทยา (Morphology)

การศึกษาสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) เป็นการส่องดูพื้นผิวของวัสดุอย่างละเอียดที่กำลังขยายสูง การเตรียมตัวอย่างทำได้โดยนำตัวอย่างแช่ในไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen) เป็นเวลา 10 นาที และทำการหักชิ้นงานทันที จากนั้นนำตัวอย่างมาเคลือบด้วยทองและนำเข้าเครื่อง SEM ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทดสอบสมบัติทางเคมี

ทดสอบโดยใช้เครื่องฟูเรียทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคป

- ตัดชิ้นงานตัวอย่างให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 4X8 ซม²
- มาติดไว้บนหน้าตาข่ายเซลล์ จากนั้นบรรจุลงในที่บรรจุเซลล์ (Cell holder)
- ดำเนินการวัดหาค่าหมู่ฟังก์ชันของสารตัวอย่างโดยใช้เครื่องฟูเรียทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคป เลขคลื่นช่วง 4000-400 ซม⁻¹

3. ทดสอบสมบัติเชิงกล

3.1 การทดสอบค่าความแข็งแรงดึง (tensile strength) และมอดุลัส (Modulus) (ตามมาตรฐาน ASTM D882)

นำชิ้นงานรูปดัมเบล (Dumbbell) มาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงและต้านทานการฉีกขาด (Universal testing machine) โดยมีสภาวะการทดสอบ ดังนี้

ความเร็วของแท่นตัดขวาง (Crosshead speed)	100	MPa
ระยะห่างของชิ้นงาน (Gauge length)	25.0	mm
น้ำหนักสูงสุดที่รับแรง (Load cell)	5	kN
จำนวนชิ้นงานที่ทดสอบ	10	ชิ้นต่อสูตร

นำผลที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณค่าสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ได้จากสมการดังนี้

ความแข็งแรงดึง (Tensile strength)	=	F/A
มอดุลัส (Modulus)	=	ความเค้น/ความเครียด
ร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด	=	$((L-L_0)/L_0) \times 100$

เมื่อ	F	คือ	แรงดึงยึดชิ้นงานตัวอย่าง (หน่วยเป็นนิวตัน: N)
	A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานตัวอย่าง (หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร; mm ²)
	L	คือ	ระยะระหว่างจุดสองจุดหลังทำการดึงชิ้นงานตัวอย่าง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร ; mm)
	L ₀	คือ	ระยะห่างระหว่างจุดสองจุดก่อนทำการดึงชิ้นงานเป็นระยะที่แคบที่สุด และมีพื้นที่ขนานกัน (Gauge Length หน่วยเป็นมิลลิเมตร; mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดสอบการฉีกขาด (ตามมาตรฐาน ASTM D 1004)

ตัดตัวอย่างชิ้นงานตามแบบ ASTM Die C โดยตัดชิ้นงานทิศทางตามเครื่องจักรและทิศทางตามขวางทิศทางละ 10 ชิ้นต่อ 1 สูตร จากนั้นทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงและด้านทานการฉีกขาด (Universal testing machine) โดยมีสภาวะการทดสอบ ดังนี้

ความเร็วของแท่นตัดขวาง (Crosshead speed)	100	MPa
น้ำหนักสูงสุดที่รับแรง (Load cell)	5	kN
จำนวนชิ้นงานที่ทดสอบ	10	ชิ้น/สูตร/ทิศทางการจัดเรียงตัว

3.3 การทดสอบความแข็งแรงกระแทกตก (ตามมาตรฐาน ASTM D 1709)

ทำการตัดชิ้นงานตัวอย่างเป็นรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว จำนวน 20 ชิ้นงานต่อหนึ่งสูตรวัดความหนาของแต่ละชิ้นงานให้มีความหนาใกล้เคียง 0.001 นิ้ว นำชิ้นงานจับยึดกับ Stationary clamp ring อย่างระมัดระวังไม่ให้เกิดรอยย่น ทำการปล่อยลูกตุ้มที่มีน้ำหนักต่างกันที่ระดับความสูง 26 นิ้วลงบนชิ้นงาน บันทึกผล นำผลที่ได้ไปคำนวณหาความแข็งแรงกระแทกตก

$$W_f = W_i - [W(S/100 - 1/2)]$$

เมื่อ	W_f = impact failure weight
	W = uniform weight increment (g)
	W_i = lowest dart weight at 100% failure (g)
	S = sum of percentages of breaks at each dart weight (from 0%- 100% failure)

4. สมบัติทางกายภาพ

4.1 การทดสอบความหนา

ทำการวัดความหนาของชิ้นงานจำนวน 10 จุดต่อชิ้นงานโดยใช้ไมโครมิเตอร์ บันทึกผลและหาค่าเฉลี่ยความหนาของแต่ละชิ้นงาน

4.2 การทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำ (ตามมาตรฐาน ASTM D 570)

ทำการตัดชิ้นงานตัวอย่างขนาดกว้าง 1 นิ้วยาว 3 นิ้ว จำนวน 10 ชิ้นต่อหนึ่งสูตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 24 ชม. นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผล จากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชม. เช็ดชิ้นงานให้แห้ง ทำความสะอาดชิ้นงานให้เรียบร้อย นำไปชั่งน้ำหนักบันทึกผล นำผลที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการดูดซับน้ำจากสมการดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักหลังแช่ในน้ำกลั่น} - \text{น้ำหนักก่อนแช่ในน้ำกลั่น}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่ในน้ำกลั่น}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การทดสอบการย่อยสลาย (Biodegradable)

ทำการวิเคราะห์การย่อยสลายโดยใช้เชื้อรา *Aspergillus* sp. โดยที่เชื้อราจะใช้น้ำตาลจากแป้งในชิ้นงานในการดำรงชีวิต ทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำตาลก่อนย่อยและหลังย่อยที่แน่นอน ซึ่งทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยวิธี Phenol-sulfuric acid [20] ตามวิธีของ Dubois *et al.* (1956) โดยใช้กรดเข้มข้นย่อยพอลิแซ็กคาไรด์เป็นโมเลกุลเดี่ยวซึ่งสามารถวัดปริมาณน้ำตาลได้ประมาณ 1-100 ไมโครกรัม และเป็นวิธีการที่รวดเร็วสามารถวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดอย่างไม่เฉพาะเจาะจงโดยที่น้ำตาลนั้นอาจอยู่ในรูปน้ำตาลรีดิวซ์หรือ neutral sugar ทั้งชนิดที่เป็นโมโนแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งสามารถตรวจวัดได้โดยเทคนิคการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer

-การเตรียมสูตรอาหาร PDA* ประกอบด้วย

มันฝรั่ง(Potato)	200	กรัม
เด็กโตรส(Dextrose)	20	กรัม
วุ้น(Agar)	15	กรัม

หั่นมันฝรั่งเป็นก้อนขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร หนัก 200 กรัม ต้มให้เดือดจนมันฝรั่งนุ่ม กรองเอาแต่น้ำตาลเด็กโตรส ผสมวุ้นและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1000 มิลลิลิตร ละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วนาน 12 นาที

หมายเหตุ PDA ใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อราในช่วงแรกสำหรับทดสอบความสามารถในการย่อยสลาย

วิธีการวัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

1. นำตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง
2. เติมน้ำตาลละลายฟีนอล 5% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองในข้อ 1 ผสมให้เข้ากัน แล้วนำหลอดทดลองไปแช่ในน้ำเย็น
3. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองในข้อ 2 ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
4. นำไปวัดสีที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร
5. ทำแบลนด์โดยใช้น้ำกลั่นแทนและดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1-4
6. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของน้ำตาลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำสารละลายมาตรฐานน้ำตาลมอลโตสความเข้มข้นต่าง ๆ กันคือ 20 – 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มาวิเคราะห์โดยดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 1-4
8. นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานมอลโตสมาเขียนกราฟมาตรฐานของน้ำตาลทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

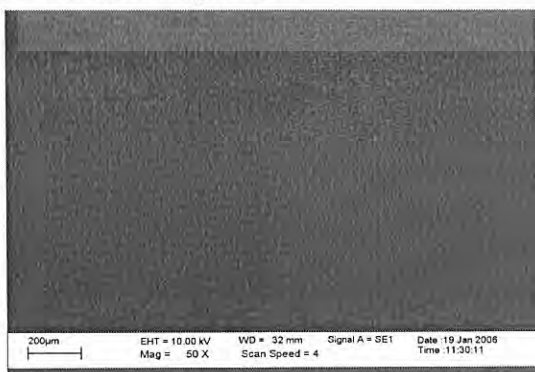
ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกไซเซออร์ โดยผสมพลาสติกไซเซออร์ในปริมาณ 30, 40 และ 50 phr ภาวะเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ที่ใช้ในการผสม คือ อุณหภูมิหัวคาย 110 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบในการผสม 20 รอบ/นาที จากนั้นผสมพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำกับสารช่วยผสม Fusabond MB-226D10% โดยน้ำหนัก ที่ภาวะเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ที่ใช้ในการผสม คือ อุณหภูมิหัวคาย 130 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบในการผสม 20 รอบ/นาที ขั้นตอนต่อมา นำพอลิเมอร์ที่ผสมสารช่วยผสมแล้วมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมไว้ในอัตราส่วน 20%, 30% และ 40% โดยน้ำหนัก นำไปขึ้นรูปด้วยกระบวนการเป่าฟิล์ม โดยภาวะเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวที่ใช้ในการเป่าฟิล์ม คือ อุณหภูมิหัวคาย 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบในการผสม 50, 60 และ 70 รอบ/นาที จากนั้นนำฟิล์มที่ได้ไปทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี สัณฐานวิทยา และการย่อยสลาย

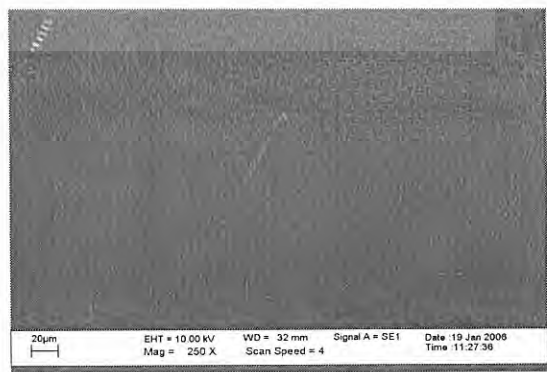
4.1 ปริมาณพลาสติกไซเซออร์ที่เหมาะสม

เมื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกไซเซออร์ โดยผสมพลาสติกไซเซออร์ในปริมาณ 30, 40 และ 50 phr พบว่าการใช้พลาสติกไซเซออร์ในปริมาณ 50 phr จะทำให้ได้แป้งที่มีสีใกล้เคียงกับสีของแป้งก่อนทำการผสมมากที่สุด และที่ปริมาณพลาสติกไซเซออร์ 30 และ 40 phr แป้งที่ได้จะมีลักษณะสีเข้มขึ้นเนื่องจากแป้งอยู่ในสกรูนานเกินไป เราจึงเลือกใช้แป้งมันสำปะหลังที่ผสมพลาสติกไซเซออร์ 50 phr ในการขึ้นรูปชิ้นงาน

4.2 การศึกษาสัณฐานวิทยา

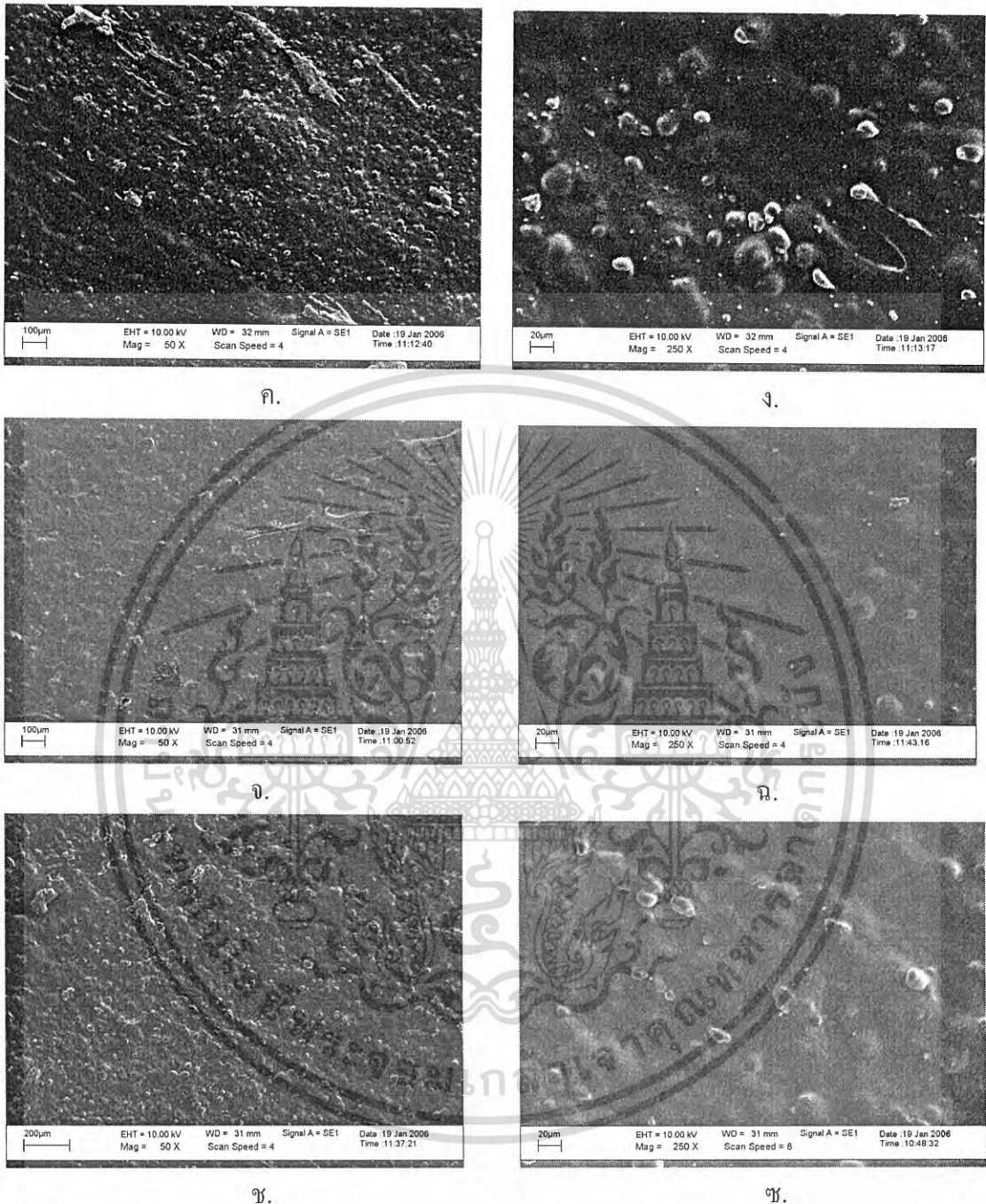


ก.



ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



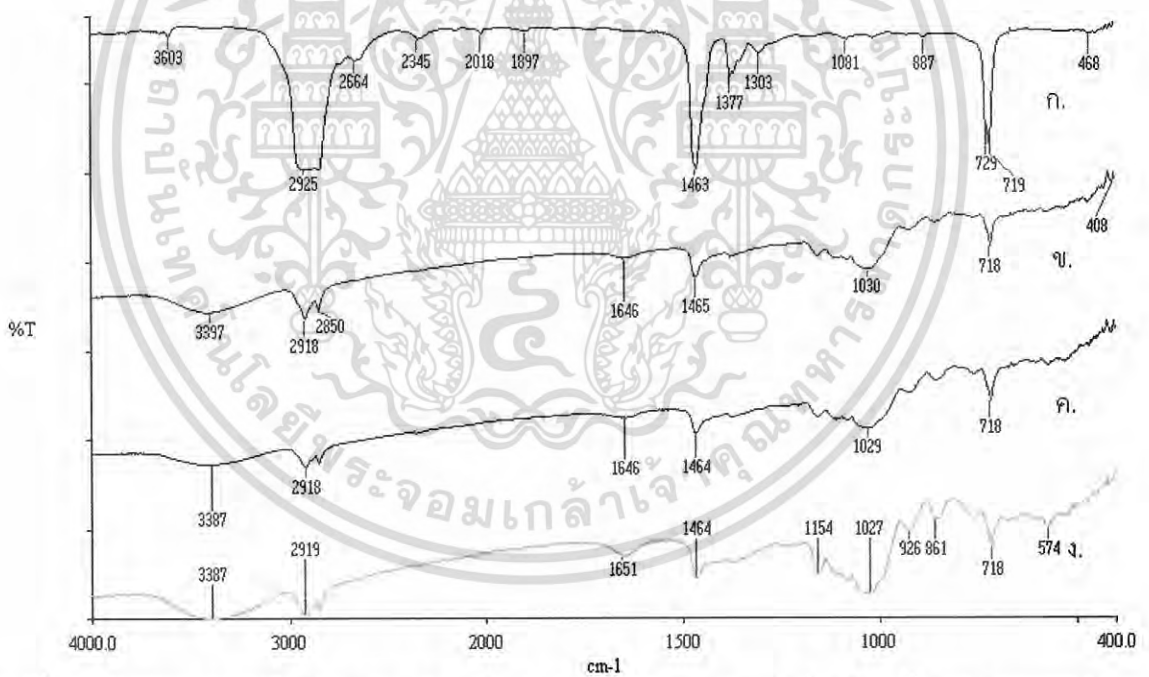
รูปที่ 4.1.รูป SEM แสดงผลของการกระจายตัวของแป้งมันสำปะหลัง รูป (ก.) และ (ข.) ปริมาณแป้ง 0 % โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 50 และ 250 เท่าตามลำดับ, รูป (ค.) และ (ง.) ปริมาณแป้ง 20 % โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 50 และ 250 เท่าตามลำดับ, รูป (จ.) และ (ฉ.) ปริมาณแป้ง 30 % โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 50 และ 250 เท่าตามลำดับ, รูป (ข.) และ (ซ.) ปริมาณแป้ง 40 % โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 50 และ 250 เท่าตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 แสดงการกระจายตัวของแป้งมันสำปะหลังในพอลิเมอร์ที่ผสมแป้งมันสำปะหลัง 20%, 30% และ 40% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ พบว่ามีการกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ แต่ที่ 20% โดยน้ำหนัก มีบางบริเวณที่มีแป้งมันสำปะหลังเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน ทั้งนี้เนื่องมาจากบทบาทของสารช่วยผสมที่จะยึดส่วนของแป้งมันสำปะหลังกับพอลิเมอร์เข้าด้วยกันไม่เด่นชัด ในขณะที่ปริมาณแป้งที่ 30% และ 40% โดยน้ำหนัก จะเด่นชัดขึ้น

4.2 สมบัติทางเคมี

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำบริสุทธิ์ และพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลัง ที่ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 20%, 30% และ 40% โดยน้ำหนัก ด้วยเทคนิค FTIR โดยใช้เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrometer ในช่วงเลขคลื่น $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ แสดงได้ดังรูปที่ 4.2



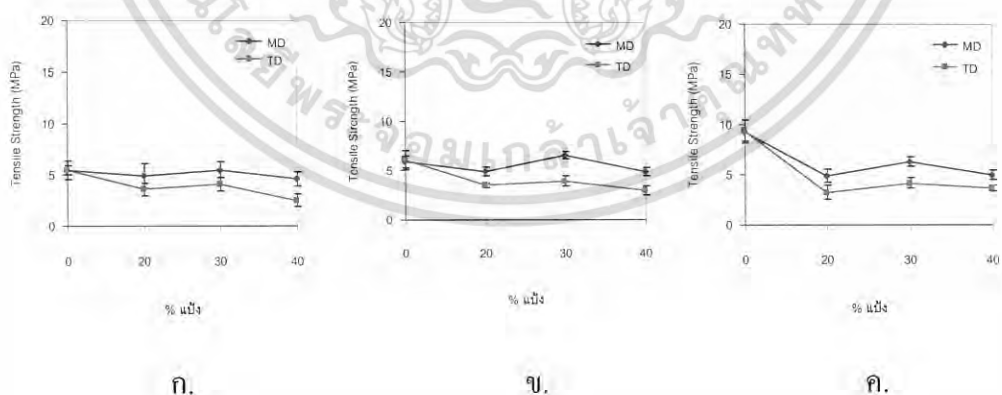
รูปที่ 4.2 อินฟราเรดสเปกตรัมของ (ก.) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำบริสุทธิ์, (ข.), (ค.) และ (ง.) พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและแป้งมันสำปะหลัง ที่ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 20%, 30% และ 40% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

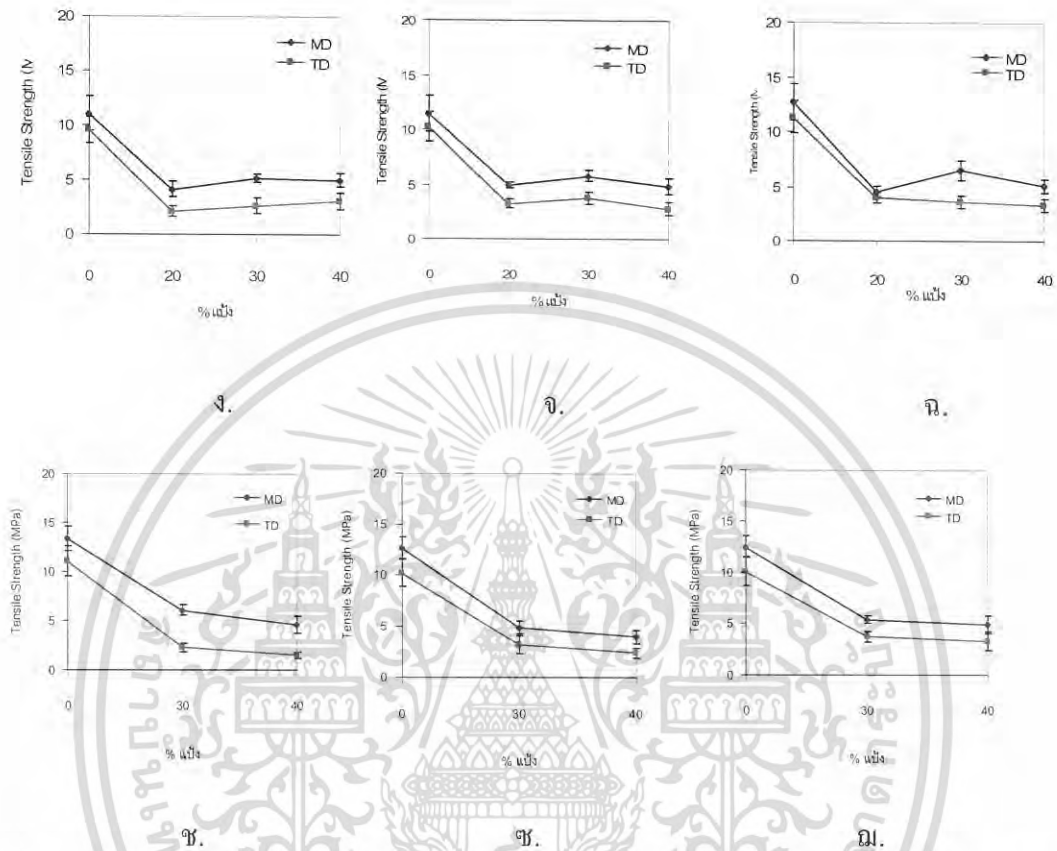
จากอินฟราเรดสเปกตรัม รูปที่ 4.2 (ก.) พบหมู่ฟังก์ชันที่เป็นของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำบริสุทธิ์ ดังนี้ ที่ 2925 cm^{-1} เป็นการสั่นของ C-H stretching ของโซ่คาร์บอนอิ่มตัว, ที่ 1470 และ 1377 cm^{-1} เป็นการสั่นของ CH_2 bending และ CH_3 bending ตามลำดับ, ที่ประมาณ 720 cm^{-1} เป็นการสั่นของ CH_2 rock และเมื่อมาพิจารณา รูปที่ 4.2 (ข.) ซึ่งเป็นการเติมแป้งมันสำปะหลังในปริมาณต่าง ๆ จากอินฟราเรดสเปกตรัม พบว่า ที่ 3397 cm^{-1} เป็นการสั่นของหมู่ O-H stretching ของหมู่ไฮดรอกซิล, ที่ 1640 cm^{-1} เป็นการสั่นของ C=O ซึ่งเป็นหมู่ carbonyl ของ maleic anhydride, ที่ 1158 cm^{-1} เป็นการสั่นของ C-O-C stretching, ที่ 1030 cm^{-1} เป็นการสั่นของ C-O stretching แสดงว่ามีหมู่ของ primary alcohol อยู่ในโครงสร้าง จากพิกที่เพิ่มขึ้นมาจากพิกของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำบริสุทธิ์เป็นการบ่งบอกได้อย่างชัดเจนว่าพอลิเมอร์ผสมที่ผลิตได้มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบ ซึ่งการสั่นของหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ มาจากโครงสร้างของ อะไมโลสและอะไมโลเพกติน ส่วนพิกของการสั่นของ C-H ของโซ่ไฮโดรคาร์บอนอื่น ๆ ก็มีลักษณะเหมือนพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำบริสุทธิ์แต่มีปริมาณน้อยลงตามเปอร์เซ็นต์แป้งที่มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบอินฟราเรดสเปกตรัม รูปที่ 4.2 (ข.), (ค.) และ (ง.) พบว่ามีความคล้ายคลึงกันแต่จะแตกต่างกันตรงบริเวณพิกของ O-H stretching จะกว้างขึ้น ซึ่งแสดงถึงการที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลังมากขึ้นตามลำดับ [21]

4.3 การศึกษาสมบัติเชิงกล

4.3.1 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงดึง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ค่าความแข็งแรงดึงที่ปริมาณแฉ่งต่าง ๆ กัน โดยรูป (ก.), (ข.), (ค.) ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 50, 60 และ 70 รอบ/นาที ตามลำดับ, รูป (ง.), (จ.), (ฉ.) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 50, 60 และ 70 รอบ/นาที ตามลำดับ, รูป (ช.), (ซ.), (ฅ.) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 50, 60 และ 70 รอบ/นาที ตามลำดับ
 หมายเหตุ MD คือทิศทางตามเครื่อง, TD คือทิศทางขวางเครื่อง

จากรูปที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบค่าความแข็งแรงดึง เมื่อพิจารณาถึงปริมาณแฉ่งมันสำปะหลังพบว่าพอลิเมอร์ที่ผสมแฉ่งมันสำปะหลังจะมีค่าความแข็งแรงดึงต่ำกว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำแต่เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ผสมแฉ่งมันสำปะหลังด้วยกัน พบว่าการผสมแฉ่งในปริมาณ 30 % โดยน้ำหนัก จะทำให้มีค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด จากผลการทดสอบทางสัณฐานวิทยาพบว่าที่ปริมาณแฉ่ง 30% โดยน้ำหนักมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ โดยมีสารช่วยผสมเป็นตัวเชื่อมทำให้เกิดการส่งผ่านแรงที่ดี แต่เมื่อปริมาณแฉ่งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นเป็น 40% โดยน้ำหนัก จะทำให้ค่าความแข็งแรงดึงมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากปริมาณแฉ่งมีมากขึ้นอนุภาคของแฉ่งมันเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

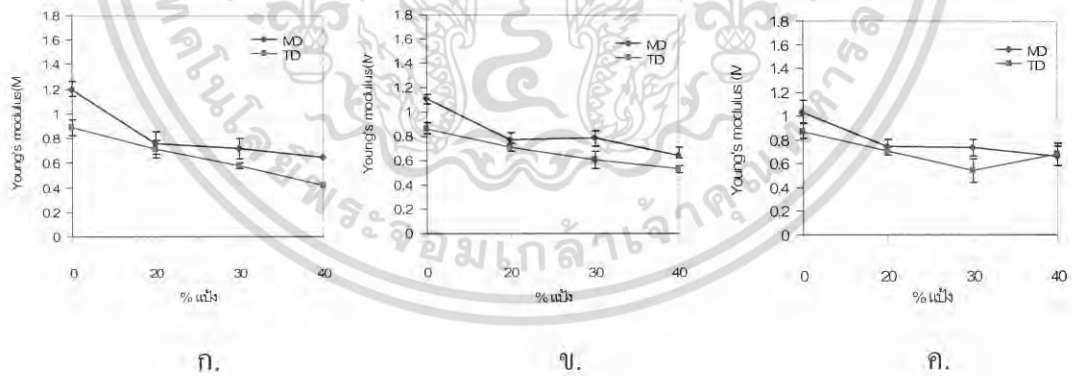
สำปะหลังจึงเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้สายโซ่ของพอลิเมอร์มีความไม่ต่อเนื่องจึงเคลื่อนที่ออกจากกันได้ง่าย ทำให้แรงที่ใช้ในการทำให้พอลิเมอร์หลุดออกจากกันมีค่าน้อยลง [22]

เมื่อพิจารณาถึงทิศทางในการจัดเรียงตัวพบว่าความแข็งแรงดึงในแนวตามเครื่องจะมีค่ามากกว่าแนวขวางเครื่องเนื่องจากกระบวนการเป่าฟิล์มมีเป้่งมันสำปะหลังเข้าไปผสม ซึ่งส่งผลให้มีการจัดเรียงตัวต่างกัน โดยแนวตามเครื่องจะมีการจัดเรียงตัวที่ดีกว่า ทำให้ค่าความแข็งแรงดึงมากกว่า

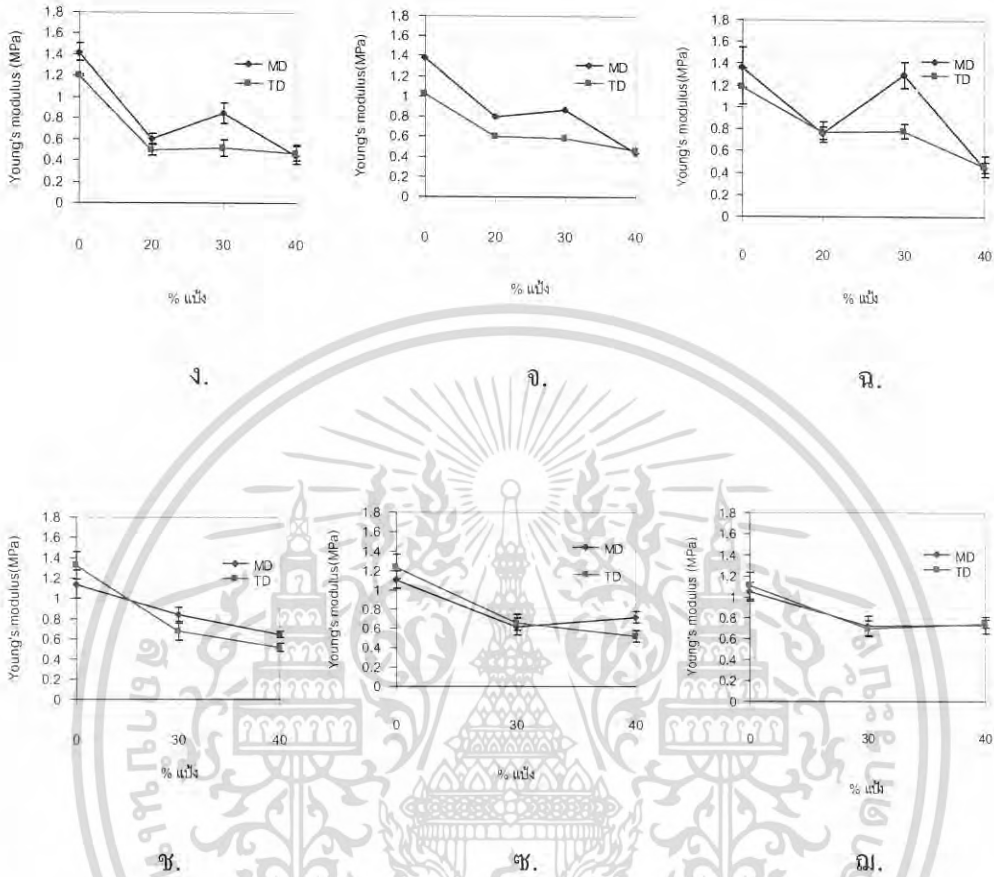
เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิ 160 และ 170 องศาเซลเซียสที่เป้่งมันสำปะหลังในปริมาณต่าง ๆ จะมีค่าความแข็งแรงดึงใกล้เคียงกัน เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้เกิดการผสมที่ดีขึ้น แต่ที่ 180 องศาเซลเซียส จะมีค่าความแข็งแรงดึงที่น้อยลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปทำให้เป้่งมันสำปะหลังเกิดการเสียสภาพได้ง่ายขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงความเร็วรอบ พบว่าที่ความเร็วรอบ 70 รอบ/นาที ให้ค่าความแข็งแรงดึงที่ดี เนื่องจากการเพิ่มความเร็วนจะช่วยลดเวลาที่จะอยู่ในสกรูน้อยลงส่งผลให้เกิดการป้องกันการเสียสภาพของเป้่งมันสำปะหลังได้ดี

4.3.2 ผลการทดสอบค่ามอดุลัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ค่ามอดุลัสที่ปริมาณแฉ่งต่าง ๆ กันโดยรูป (ก.), (ข.), (ค.) ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 50, 60 และ 70 รอบ/นาที ตามลำดับ, รูป (ง.), (จ.), (ฉ.) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 50, 60 และ 70 รอบ/นาที ตามลำดับ, รูป (ช.), (ซ.), (ด.) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 50, 60 และ 70 รอบ/นาที ตามลำดับ
 หมายเหตุ MD คือทิศทางตามเครื่อง, TD คือทิศทางขวางเครื่อง

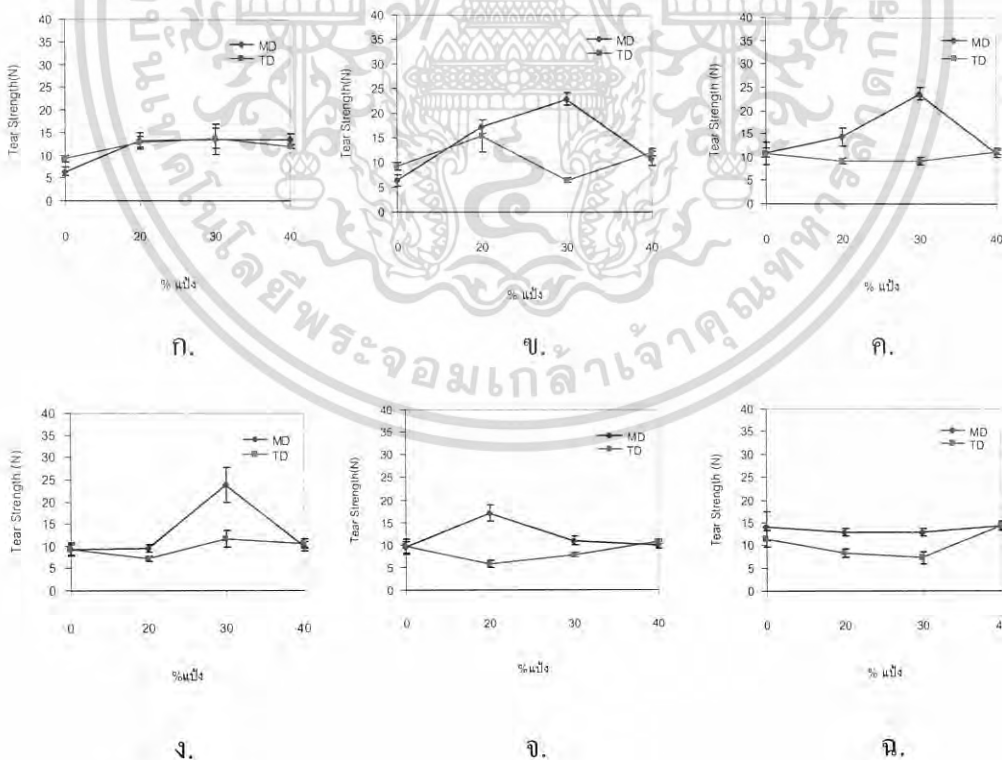
จากรูปที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบค่ามอดุลัสพบว่าพอลิเมอร์ที่มีส่วนผสมของแฉ่งมันสำปะหลังอยู่จะมีค่ามอดุลัสต่ำกว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ผสมแฉ่งมันสำปะหลังด้วยกัน พบว่าปริมาณแฉ่งมันสำปะหลัง 30% โดยน้ำหนัก ให้ค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นเนื่องจากแฉ่งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลสสูง ซึ่งสามารถเกิดการจัดเรียงตัวเป็นผลึกได้ [22] และเมื่อเพิ่มปริมาณแฉ่งเป็น 40% โดยน้ำหนัก พบว่าค่ามอดุลัสจึงลดลง เป็นผลเนื่องจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็งมันสำปะหลังมีปริมาณที่มากเกินไปเป็งจึงจับตัวกันเป็งกลุ่มโดยไม่มีส่วนที่จับกับพอลิเมอร์ กลุ่มเป็งจะเข้าไปแทรกตัวในสายโซ่พอลิเมอร์จึงทำให้ค่ามอดูลัสลดลง จากสัณฐานวิทยาพบว่าที่ ปริมาณเป็ง 40% โดยน้ำหนัก มีลักษณะพื้นผิวไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่มีปริมาณสาร ช่วยผสมที่น้อยกว่าปริมาณเป็งมันสำปะหลังจึงทำให้มีเป็งมันสำปะหลังบางส่วนแยกตัวออกมาอยู่ บริเวณพื้นผิว

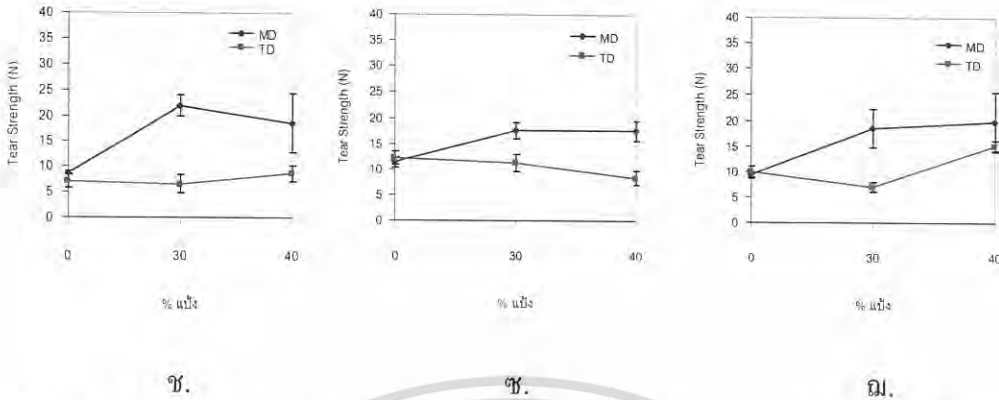
เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิ 160 และ 170 องศาเซลเซียสที่เป็งมันสำปะหลัง ในปริมาณต่าง ๆ จะมีค่ามอดูลัสใกล้เคียงกัน เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้เกิดการผสมที่ดีขึ้น แต่ที่ 180 องศาเซลเซียส จะมีค่ามอดูลัสน้อยลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปทำให้เป็ง มันสำปะหลังเกิดการเสียสภาพได้ง่ายขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงความเร็วรอบ พบว่าที่ความเร็วรอบ 70 รอบ/นาที ให้ค่ามอดูลัสที่ดีเนื่องจากการเพิ่มความเร็วยรอบจะช่วยลดเวลาที่อยู่ในสกรูน้อยลงส่งผลให้เกิดการป้องกันการเสียสภาพ ของเป็งมันสำปะหลังได้ดี

4.3.3 ผลการทดสอบความต้านทานการฉีกขาด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ค่าความต้านทานการฉีกขาดที่ปริมาณแป้งต่าง ๆ กัน โดยรูป (ก.), (ข.), (ค.) ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 50, 60 และ 70 รอบ/นาที ตามลำดับ, รูป (ง.), (จ.), (ฉ.) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 50, 60 และ 70 รอบ/นาที ตามลำดับ, รูป (ช.), (ซ.), (ฅ.) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 50, 60 และ 70 รอบ/นาที ตามลำดับ
 หมายเหตุ MD คือทิศทางการเครื่อง, TD คือทิศทางการขวางเครื่อง

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นจะทำให้ฟิล์มมีความต้านทานการฉีกขาดมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากตัวสารช่วยผสมเข้าไปช่วยทำให้แป้งมันสำปะหลังกับพอลิเมอร์เข้ากันได้ดี [14] สารช่วยผสมจะทำหน้าที่เหมือนเป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคทั้งสอง เมื่อให้แรงเพื่อทำให้เกิดการฉีกขาดจึงต้องใช้แรงมาก เนื่องจากการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมีความแข็งแรงมากขึ้น จะเกิดการส่งผ่านแรงได้ดี ทำให้ไม่เกิดการฉีกขาดได้ง่าย อีกทั้งสารช่วยผสมที่ใช้มีส่วนของพอลิเอทิลีน ซึ่งมีสมบัติในด้านความเหนียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางสัณฐานวิทยาพบว่าที่ปริมาณแป้ง 30% โดยน้ำหนัก มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ โดยมีสารช่วยผสมเป็นตัวเชื่อมทำให้เกิดการส่งผ่านแรงที่ดี

เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิ 160 และ 170 องศาเซลเซียสที่แป้งมันสำปะหลังในปริมาณต่าง ๆ จะมีค่าความต้านทานการฉีกขาดใกล้เคียงกัน เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้เกิดการผสมที่ดีขึ้น แต่ที่ 180 องศาเซลเซียส จะมีค่าความต้านทานการฉีกขาดน้อยลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปทำให้แป้งมันสำปะหลังเกิดการเสียสภาพได้ง่ายขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงความเร็วรอบ พบว่าที่ความเร็วรอบ 70 รอบ/นาที ให้ค่าความต้านทานการฉีกขาดที่ดี เนื่องจากการเพิ่มความเร็วรอบจะช่วยลดเวลาที่จะอยู่ในสกรูนี้ลดลงส่งผลให้เกิดการป้องกันการเสียสภาพของแป้งมันสำปะหลังได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

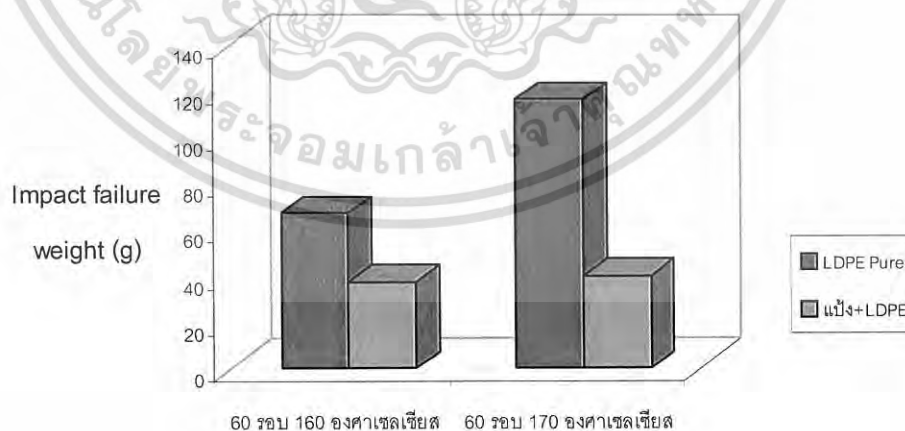
เมื่อทำการทดสอบสมบัติเชิงกลทางด้านค่าความแข็งแรงดึง, ค่ามอดูลัสและความต้านทานการฉีกขาดแล้ว จึงเลือกสูตรที่มีสมบัติเชิงกลที่โดดเด่นในภาวะต่าง ๆ มาทำการทดสอบความแข็งแรงกระแทกตก ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สูตรที่มีสมบัติเชิงกลที่โดดเด่น

ปริมาณแป้ง (%โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)
20	160	60
20	170	60
30	160	60
30	170	70
40	160	70
40	170	70
40	180	70

4.3.4 ผลการทดสอบความแข็งแรงกระแทกตก

จากสมบัติเชิงกลที่ได้ เลือกสูตรที่มีสมบัติเชิงกลดีที่สุดมาทดสอบความแข็งแรงกระแทกตก ได้ผลการทดลองดังนี้

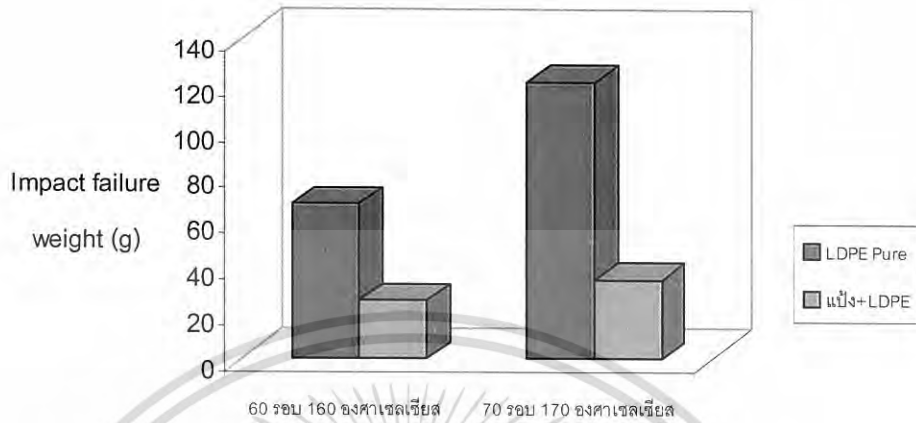


แป้งมันสำปะหลัง 20%

รูปที่ 4.6 ค่าความแข็งแรงกระแทกตกที่ปริมาณแป้ง 20% โดยน้ำหนัก ที่สภาวะการทดลอง 160

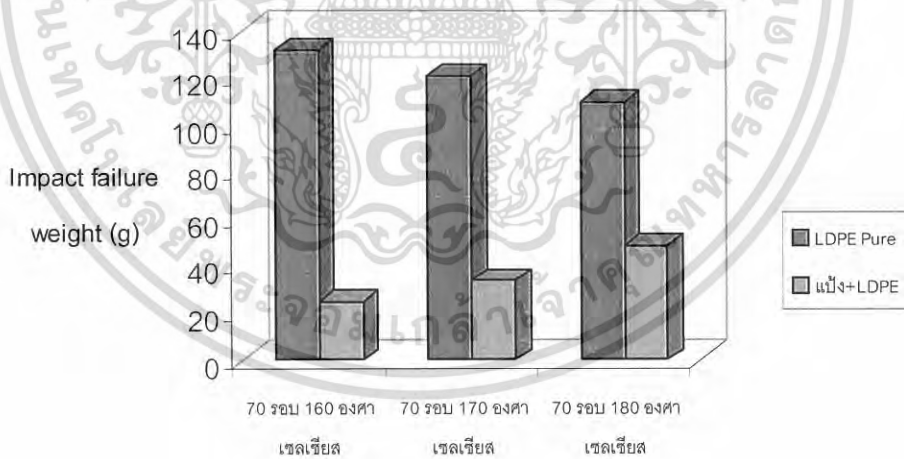
องศาเซลเซียส 60 รอบ/นาที, 170 องศาเซลเซียส 60 รอบ/นาที และ LDPE ที่สภาวะเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



น้ำมันสาปะหลัง 30%

รูปที่ 4.7 ค่าความแข็งแรงกระแทกตกที่ปริมาณน้ำมัน 30% โดยน้ำหนัก ที่สภาวะการทดลอง 160 องศาเซลเซียส 60 รอบ/นาที, 160 องศาเซลเซียส 70 รอบ/นาที และ LDPE ที่สภาวะเดียวกัน



น้ำมันสาปะหลัง 40%

รูปที่ 4.8 ค่าความแข็งแรงกระแทกตกที่ปริมาณน้ำมัน 40% โดยน้ำหนักที่สภาวะการทดลอง 160 องศาเซลเซียส 70 รอบ/นาที, 170 องศาเซลเซียส 70 รอบ/ นาที, 180 องศาเซลเซียส 70 รอบ/นาที และ LDPE ที่สภาวะเดียวกัน

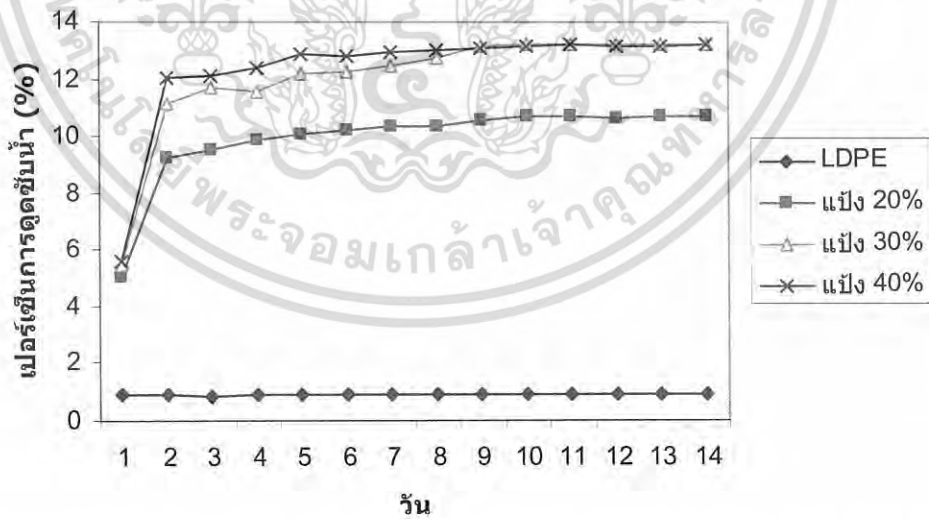
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงกระแทกตกของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมีค่ามากกว่าพอลิเมอร์ผสมแป้งมันสำปะหลัง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ผสมด้วยกันแล้วพบว่าเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นทำให้มีค่าความแข็งแรงกระแทกตกเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากแป้งมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งยังมีสารช่วยผสมซึ่งทำหน้าที่เหมือนเป็นสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคทั้งสอง ทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างวัฏภาคมีความแข็งแรงมากขึ้น จะเกิดการส่งผ่านแรงได้ดีจึงทำให้ทนต่อแรงกระแทกตกได้มาก และจากผลการทดสอบทางสัณฐานวิทยาพบว่าการที่ใส่แป้งมันสำปะหลังในปริมาณน้อยทำให้มีพอลิเมอร์ในปริมาณที่มากกว่าจึงชอบที่จะอยู่รวมกันทำให้แป้งมันสำปะหลังที่มีอยู่เข้าไปแทรกเป็นกลุ่ม ๆ กลายเป็นจุดบกพร่องของชิ้นงาน ส่งผลให้ชิ้นงานที่ได้มีความไม่ต่อเนื่องความทนทานต่อแรงกระแทกตกจึงน้อยกว่า 30% และ 40% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงผลของอุณหภูมิและความเร็วรอบ พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้เกิดการผสมที่ดีขึ้น แต่เพื่อเป็นการป้องกันการเสียดสีของแป้งมันสำปะหลัง จึงต้องเพิ่มความเร็วรอบให้มากขึ้นในอัตราการจัดยึดที่เท่าเดิมจึงทำให้ฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้นค่าความแข็งแรงกระแทกตกจึงเพิ่มขึ้น

4.4 สมบัติทางกายภาพ

4.4.1 สมบัติการดูดซับน้ำ



รูปที่ 4.9 ผลการดูดซับน้ำของ LDPE, แป้ง 20%, แป้ง 30% และ แป้ง 40 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่าพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำมีการดูดซับน้ำน้อยที่สุดซึ่งแสดงถึงสมบัติความไม่มีขั้ว (Hydrophobicity) จึงไม่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ แต่เมื่อปริมาณแอม้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากใน โครงสร้างของแอม้งมีอะไมโลสและอะไมโลเพกตินอยู่ทำให้โครงสร้างนี้แสดงสมบัติความมีขั้ว (Hydrophilicity) เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้มากขึ้น ความสามารถในการดูดซับน้ำจึงเพิ่มขึ้น [11]

4.4.2 รายละเอียดของชิ้นงาน

จากชิ้นงานที่ได้เลือกสูตรที่มีอัตราส่วนการเป่าที่ใกล้เคียงกัน ทำการวัดชิ้นงาน โดยใช้เครื่องไมโครมิเตอร์ พบว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ผสมแอม้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 0%, 20%, 30% และ 40% โดยน้ำหนัก เมื่อใช้อุณหภูมิและความเร็วรอบที่มากขึ้นทำให้พอลิเมอร์หลอมไหลออกมาที่หัวดายอย่างรวดเร็ว โดยมีอัตราการดึงที่คงที่ ส่งผลให้ฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิ 160 และ 170 องศาเซลเซียส ชิ้นงานที่ได้มีสีใกล้เคียงกับสีของแอม้งก่อนทำการขึ้นรูปมากที่สุด แต่ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ชิ้นงานมีสีที่เข้มขึ้นซึ่งแสดงถึงการเสถียรภาพของแอม้งมันสำปะหลัง

ลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานที่ได้ จะเป็นแผ่นฟิล์มที่มีความโปร่งแสงเมื่อสัมผัสจะมีความสม่ำเสมอในทุกเปอร์เซ็นต์แอม้งมันสำปะหลัง แต่เมื่อสัมผัสฟิล์มที่มีปริมาณแอม้งมันสำปะหลัง 40% โดยน้ำหนัก พบว่าจะมีผงขาว ๆ ติดมือมา ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่มีปริมาณสารช่วยผสมที่น้อยกว่าปริมาณแอม้งมันสำปะหลังจึงทำให้มีแอม้งมันสำปะหลังบางส่วนแยกตัวออกมาอยู่บริเวณพื้นผิว

4.5 การทดสอบการย่อยสลาย

การทดลองนี้ไม่ได้ทำการทดลองทุกสูตร จะเลือกเฉพาะสูตรที่มีสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดของปริมาณแอม้ง 0%, 20%, 30% และ 40% โดยน้ำหนักมาทดลอง ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สูตรที่เลือกมาเพื่อทดสอบการย่อยสลาย

ปริมาณแอม้ง (% โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วรอบ(รอบ/นาที)
LDPE	170	70
20	170	60
30	170	70
40	170	70

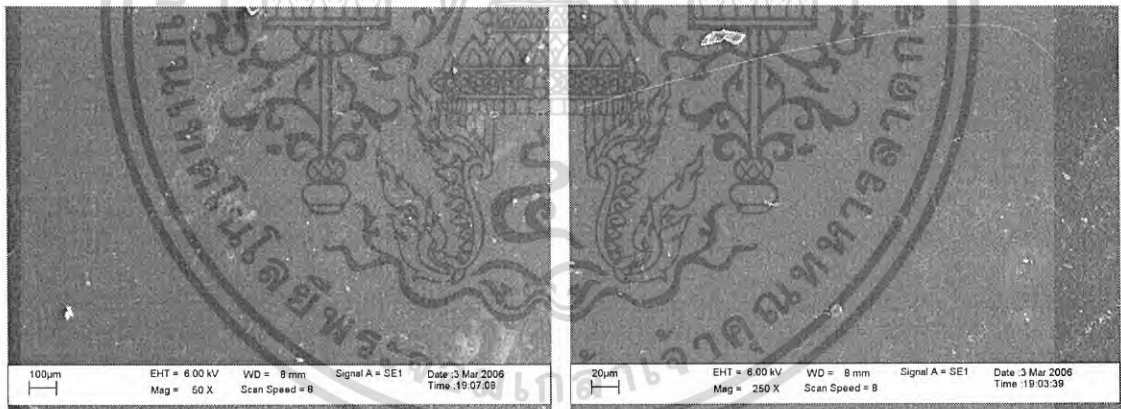
จากนั้นนำมาทดสอบการย่อยสลายเป็นเวลา 15 วัน ได้ผลดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมด

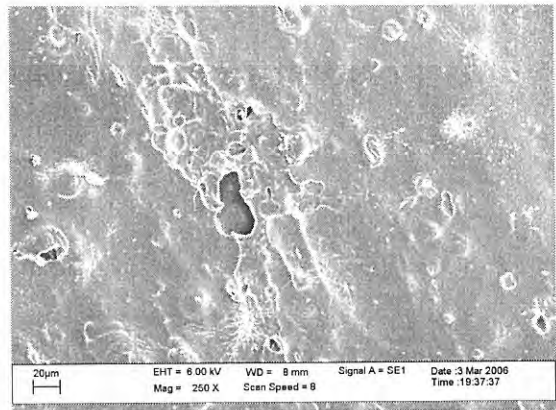
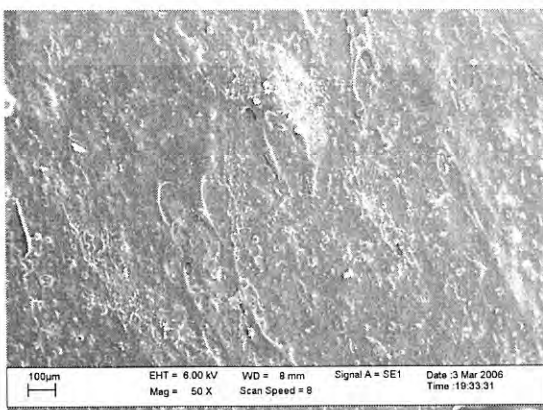
ปริมาณแป้ง(% โดยน้ำหนัก)	ความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมด ($\mu\text{g/ml}$)	
	ก่อนย่อย	หลังย่อย
0	0	0
20	291.4	13.1
30	338.4	22.8
40	387.4	24.0

จากผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดหลังทำการย่อยสลายมีค่าน้อยกว่าความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดก่อนทำการย่อยสลาย โดยที่ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 40% โดยน้ำหนัก จะมีความเข้มข้นของน้ำตาลลดลงมากที่สุด เนื่องจากมีปริมาณแป้งมากที่สุด เป็นผลเนื่องมาจากการที่เชื้อราสามารถใช้แป้งมันสำปะหลังที่อยู่ในฟิล์มเป็นอาหารได้ [23]



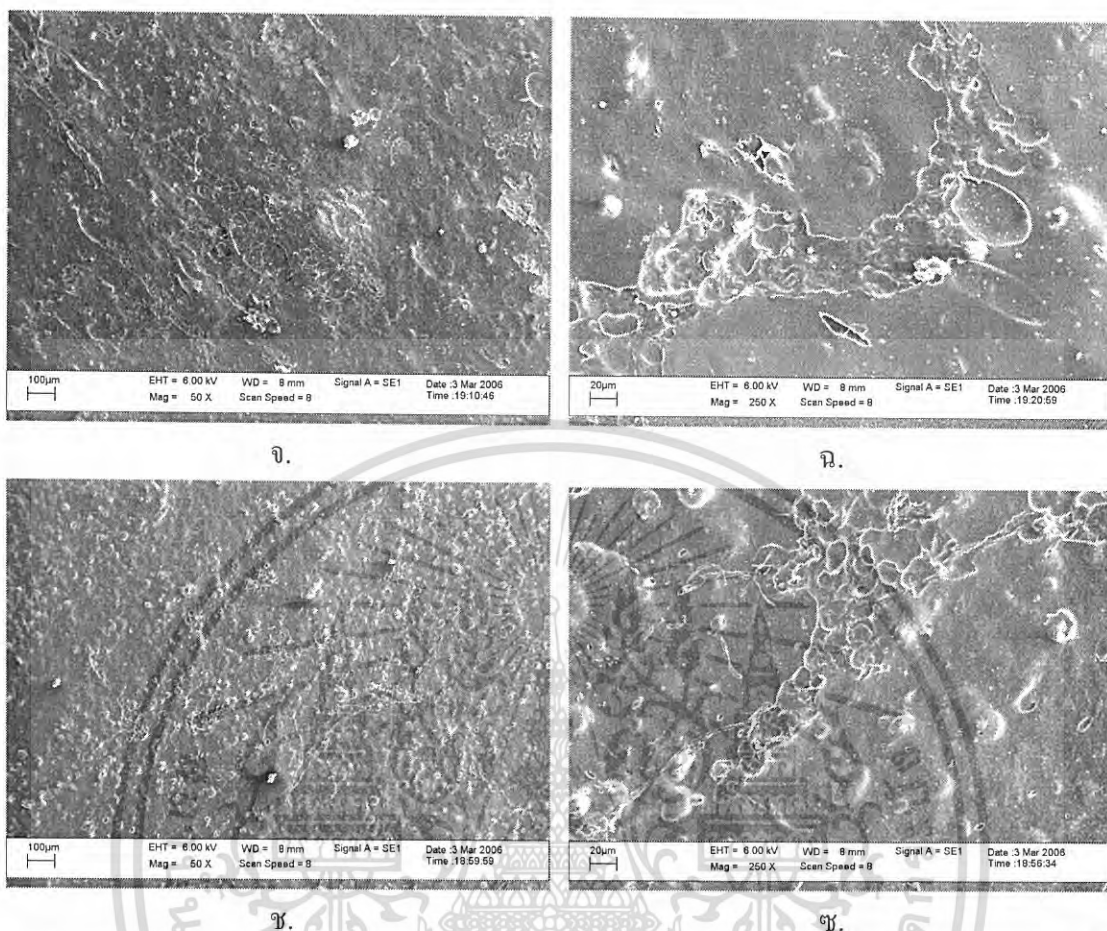
ก.

ข.



ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 รูป SEM แสดงผลของการกระจายตัวของเป็งมันสำปะหลังหลังทำการย่อยสลายด้วยเชื้อรา รูป (ก.) และ (ข.) ปริมาณเป็ง 0 % โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 50 และ 250 เท่าตามลำดับ, รูป (ค.) และ (ง.) ปริมาณเป็ง 20 % โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 50 และ 250 เท่าตามลำดับ, รูป (จ.) และ (ฉ.) ปริมาณเป็ง 30 % โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 50 และ 250 เท่าตามลำดับ, รูป (ช.) และ (ซ.) ปริมาณเป็ง 40 % โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 50 และ 250 เท่าตามลำดับ

จากการทดสอบทางสัณฐานวิทยาหลังทำการย่อยสลายพบว่า ในแต่ละชิ้นงานจะมีบางส่วนของเป็งมันสำปะหลังหายไปเนื่องจากเชื้อรานำเป็งมันสำปะหลังไปใช้เป็นอาหาร จากผลการทดลองทางด้านเคมีและสัณฐานวิทยา จึงสามารถสรุปได้ว่าฟิล์มที่ผลิตได้นี้สามารถย่อยสลายได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังและพลาสติกไซเซอร်พบว่า พลาสติกไซเซอร် 50 %เหมาะสมที่สุด และภาวะเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ที่ใช้ในการผสมแป้งมันสำปะหลัง คือ อุณหภูมิหัวคाय 110 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบในการผสม 20 รอบ/นาที ซึ่งจะทำให้ได้แป้งที่มีสีใกล้เคียงกับสีของแป้งก่อนทำการผสมและนำไปคั่วให้มีขนาดประมาณ 8-12 Mesh จากนั้นนำพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมาผสมกับสารช่วยผสม Fusabond MB-226D 10% โดยน้ำหนัก โดยภาวะเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ที่ใช้ในการผสม คือ อุณหภูมิหัวคाय 130 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบในการผสม 20 รอบ/นาที นำพอลิเมอร์ที่ผสมสารช่วยผสมแล้วมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมได้ในอัตราส่วน 20%, 30% และ 40% โดยน้ำหนัก นำไปขึ้นรูปโดยกระบวนการเป่าฟิล์มภายใต้อุณหภูมิ 160, 170, 180 องศาเซลเซียสและความเร็วรอบ 50, 60, 70 รอบ/นาที จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี สัณฐานวิทยา และการย่อยสลาย

จากการทดสอบทางสัณฐานวิทยาพบว่าพอลิเมอร์ผสมแป้งมันสำปะหลัง 20%, 30% และ 40% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ มีการกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ แต่ที่ 20% โดยน้ำหนัก มีบางบริเวณที่มีแป้งมันสำปะหลังเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน และที่ปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 40% โดยน้ำหนัก พบว่าจะมีผงขาว ๆ หลุดออกมาอยู่นอกวิภาคของผสม ทั้งนี้เนื่องมาจากมีปริมาณสารช่วยผสมที่น้อยกว่าปริมาณแป้งมันสำปะหลัง ทำให้มีแป้งมันสำปะหลังบางส่วนแยกตัวออกมาอยู่บริเวณพื้นผิว และปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 30% โดยน้ำหนัก มีการกระจายตัวของแป้งที่ดี เนื่องจากมีสารช่วยผสมเป็นสะพานเชื่อมระหว่างวิภาค ทำให้มีการส่งผ่านแรงได้ดี จึงทำให้มีค่าความแข็งแรงดึง, โมดูลัส และค่าความต้านทานการฉีกขาดสูงกว่าพอลิเมอร์ผสมที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 20% และ 40% โดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาถึงค่าความแข็งแรงกระแทกตกพบว่า พอลิเมอร์ผสมที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 40% โดยน้ำหนัก มีค่าความแข็งแรงกระแทกตกมากกว่าพอลิเมอร์ผสมที่มีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง 20% และ 30% โดยน้ำหนัก เนื่องจากมีความหนาแน่นมากที่สุด จึงทนต่อแรงกระแทกตกได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิล์มที่ได้มีลักษณะโปร่งแสงมีสีใกล้เคียงกับสีของแป้งมันสำปะหลังก่อนทำการขึ้นรูป จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพพบว่า ความหนาของฟิล์มจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและความเร็วรอบเพิ่มขึ้นและเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นจะทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีขึ้น

จากการทดสอบการย่อยสลายพบว่าฟิล์มผสมแป้งมันสำปะหลังสามารถย่อยสลายได้พิจารณาจากค่าความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดหลังทำการย่อยสลายซึ่งมีค่าน้อยกว่าความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดก่อนทำการย่อยสลาย และเมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นก็จะทำให้เกิดการย่อยสลายได้มากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ปรับปรุงการเข้ากันได้ของพอลิเมอร์กับแป้งมันสำปะหลังโดยการเพิ่มปริมาณสารช่วยผสม
2. เคลือบฟิล์มด้วยวัสดุกันน้ำ เนื่องจากเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นจะส่งผลเสียต่อการใช้งาน
3. ปรับปรุงความใสของฟิล์ม โดยการใส่สาร Clearing agent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. J.J. Kester, O.K. Fennema. 1986. Edible films and coating: review. **J.Food Technol.** 47-59.
2. H.J. PARK, C.L. Weller, P.J. Vergano. 1993. Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. **J. Food Sci.** 58: 1361-1364.
3. เกศศิณี ตระกูลทิวากรม วิชา สุโรจนะเมธากุล, ประชา บุญญศิริกุล. 2539. การทำฟิล์มบรีโกลด์จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
4. ปนัดดา พวงเกษม. 2540. การเตรียมฟิล์มบรีโกลด์จากแป้งมันสำปะหลังและแนวทางการใช้ประโยชน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
5. U. Funke, W. Bergthaller. 1997. Processing and characterization of biodegradable product based on starch. **J. Poly. Degrad.** 59: 293-296.
6. J.L. Willett, R.L. Shogren. 2002. Processing and properties of extruded starch/polymer foams. **J.Polymer.** 43: 5935-5947.
7. V.D. Miladinov, M.A. Hanna. 1999. Physical and Molecular Properties of Starch Acetates Extruded with Water and Ethanol. **Ind. Eng. Chem. REs.** 38: 3892-3897.
8. Y.X.Xu, Y. Dzenis, M.A. Hanna, Water solubility. 2004. Thermal characteristics and biodegradability of extruded starch acetate foams. **J. Ind. Cro. Pro.**
9. C.E. Mumma. Development of extruded amylase packaging film. **Cereal. Sci. Today.** 12(1): 4.
10. S. Kiatkamjornwong, P Thakeow, M Somsuk. 2001. Chemical modification of cassava starch for degradable polyethylene sheets. **Polymer Degradation and Stability.** 73:363-375.
11. E.M. Nakamura, L. Cordi, G.S.G. Almeida, N. Duran, L.H.I. Mei. 2005. Study and development of LDPE/starch partially biodegradable compounds. **Journal of Materials Processing Technology.** (Article in press).
12. S. Mali L.S, Sakanaka, F. Yamashita, M.V.E. Grossmann. 2005. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect **Carbohydrate Polymers** 60 :283-289.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Chi-Yuan Huang, Ming-Lih Roan, Mei-Chuan Kuo, Wan-Ling Lu. 2005. Effect of compatibiliser on the biodegradation and mechanical properties of high-content starch / low-density polyethylene blends. **Polymer Degradation and Stability** 90: 95-105.
14. สมศักดิ์ วรมงคลชัย, อธิพิพล แจ่มชัด, ชลลดา ฤตวิรุฬห์ และสุภารัตน์ รักชลธิ. 2546. **ปฏิบัติการเทคโนโลยีพอลิเมอร์**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
15. มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์. 2546. **เคมีพอลิเมอร์**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
16. กล้าณรงค์ ศรีรอด, เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
17. เจริญ นาคะสรณ์. 2546. **เทคโนโลยีเบื้องต้นทางพลาสติก**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โพธิ์เพชร.
18. เจริญ นาคะสรณ์. 2544. **กระบวนการแปรรูปพลาสติก**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โพธิ์เพชร.
19. สมศักดิ์ วรมงคลชัย. 2548. **เทคโนโลยีพอลิเมอร์ 1**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: บริษัทบู๊คเน็ต จำกัด.
20. วรณี สุวรรณเวช. 2546. **การผลิตกรดโคจิกโดยเชื้อ *Aspergillus oryzae* NRRL 484 จากน้ำอ้อย**. วิทยานิพนธ์. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
21. ตะวัน สุขน้อย. 2547. **การแปรผลข้อมูลทางสเปกโตรสโคปี**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
22. กิติวุฒิชัย รัตนพัฒนกิจ, พชร เทียมชารา และราชวัลลภ แจ่มมงคล. 2547. **การศึกษาพลาสติกย่อยสลายได้เพื่อใช้ในการฉีดขึ้นรูป**. โครงการงานพิเศษ. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
23. Shujun Wang, Jiugao Yu, Jinglin Yu. 2003. Influence of Maleic Anhydride on the Compatibility of Thermal Plasticized Starch and Linear Low-Density Polyethylene. **Wiley InterScience** : 686-695.
24. บัญญัติ สุขศรีงาม. 2537. **จุลชีววิทยา เล่ม 2**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ความแข็งแรงดึง

สูตร	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วรอบ	แนวตามเครื่อง	แนวขวางเครื่อง
เป็ง 20%	160	50	4.925±1.183	3.588±0.6165
		60	4.904±0.4838	3.487±0.2384
		70	4.900±0.6225	3.216±0.7156
	170	50	4.166±0.6954	2.140±0.4633
		60	4.933±0.2783	3.251±0.4467
		70	4.605±0.4885	3.998±0.4769
	180	50		
		60		
		70		
เป็ง 30%	160	50	5.501±0.7968	4.091±0.6717
		60	6.557±0.3550	3.905±0.5161
		70	6.294±0.4838	4.171±0.5185
	170	50	5.205±0.4097	2.616±0.7203
		60	5.801±0.5129	3.748±0.5364
		70	30.75±4.926	3.590±0.5814
	180	50	6.095±0.4955	2.293±0.4454
		60	4.876±0.5984	3.192±0.8699
		70	5.354±0.3653	3.714±0.5043
เป็ง 40%	160	50	4.588±0.6885	2.545±0.5894
		60	4.875±0.4023	2.927±0.4637
		70	4.999±0.4522	3.661±0.2805
	170	50	5.038±0.6365	3.068±0.8023
		60	4.872±0.7529	2.772±0.5808
		70	5.097±0.5857	3.366±0.5613
	180	50	4.615±0.8694	1.493±0.3253
		60	3.963±0.6718	2.375±0.4812
		70	4.895±0.8509	3.295±0.9164

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 มอดูลัส

สูตร	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วรอบ	แนวตามเครื่อง	แนวขวางเครื่อง
แบ่ง 20%	160	50	0.7641±0.0608	0.7124±0.0625
		60	0.7790±0.0541	0.7131±0.0344
		70	0.7533±0.0567	0.7080±0.0296
	170	50	0.6073±0.0512	0.5009±0.0499
		60	0.8009±0.0471	0.6035±0.0663
		70	0.7619±0.0549	0.7731±0.0901
	180	50		
		60		
		70		
แบ่ง 30%	160	50	0.7177±0.0889	0.5770±0.0735
		60	0.7915±0.0594	0.6076±0.0745
		70	0.7405±0.0688	0.5483±0.0975
	170	50	0.8495±0.0975	0.5201±0.0771
		60	0.8687±0.0564	0.5851±0.0905
		70	1.296±0.1150	0.7850±0.0658
	180	50	0.8461±0.0705	0.6719±0.0828
		60	0.6179±0.0894	0.6650±0.0815
		70	0.7231±0.0914	0.6939±0.0734
แบ่ง 40%	160	50	0.6508±0.0843	0.4237±0.0235
		60	0.6513±0.0594	0.5327±0.0303
		70	0.6646±0.0819	0.6806±0.0943
	170	50	0.4507±0.0831	0.4732±0.0762
		60	0.4428±0.0976	0.4615±0.0794
		70	0.4508±0.0502	0.4618±0.0909
	180	50	0.6477±0.0268	0.5169±0.0432
		60	0.7209±0.0571	0.5186±0.0566
		70	0.7302±0.0790	0.7429±0.0426

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 ความแข็งแรงน้ึกขาด

สูตร	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วรอบ	แนวตามเครื่อง	แนวขวางเครื่อง
เป้่ง 20%	160	50	13.33±1.522	12.83±1.379
		60	17.34±1.377	15.32±3.238
		70	14.35±1.964	9.085±0.5652
	170	50	9.459±0.8288	7.152±0.6274
		60	17.17±1.804	5.803±0.7987
		70	12.90±0.8442	8.315±0.9741
	180	50		
		60		
		70		
เป้่ง 30%	160	50	13.37±3.365	13.74±2.169
		60	22.95±1.259	6.416±0.5356
		70	23.64±1.354	9.095±0.7924
	170	50	23.88±3.883	11.62±1.897
		60	10.94±0.9147	7.857±0.5082
		70	12.97±0.8466	7.304±1.299
	180	50	21.88±2.050	6.593±1.805
		60	17.62±1.514	11.24±1.731
		70	18.53±3.804	6.951±0.9263
เป้่ง 40%	160	50	13.56±1.233	11.97±0.3759
		60	10.85±1.418	12.08±0.7327
		70	10.96±1.057	11.12±0.5235
	170	50	9.993±1.011	10.59±1.005
		60	9.991±0.8184	10.71±0.5013
		70	14.39±1.033	14.29±0.7951
	180	50	18.60±5.769	8.688±1.590
		60	17.62±1.869	8.369±1.387
		70	19.99±5.708	15.11±1.177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 ความแข็งแรงดึงของ LDPE

สูตร	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วรอบ	แนวตามเครื่อง	แนวขวางเครื่อง
LDPE	160	50	5.482±0.4831	5.443±0.9352
		60	5.902±0.5921	6.067±0.9562
		70	9.351±1.154	9.426±1.054
	170	50	11.08±1.563	9.568±1.212
		60	11.44±1.653	10.28±1.345
		70	12.72±1.699	11.38±1.514
	180	50	13.38±1.229	11.04±1.515
		60	12.67±1.036	10.16±1.330
		70	12.46±1.058	10.08±1.438

ตารางภาคผนวกที่ 5 มอดุลัสของ LDPE

สูตร	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วรอบ	แนวตามเครื่อง	แนวขวางเครื่อง
LDPE	160	50	1.201±0.0864	0.8853±0.0810
		60	1.110±0.0307	0.8667±0.0466
		70	1.038±0.0958	0.8750±0.0608
	170	50	1.421±0.0852	1.201±0.0096
		60	1.383±0.0746	1.029±0.1098
		70	1.363±0.1866	1.191±0.1681
	180	50	1.145±0.1405	1.328±0.1328
		60	1.113±0.0904	1.243±0.1231
		70	1.054±0.0879	1.109±0.1331

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6 ความต้านทานการฉีกขาดของ LDPE

สูตร	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วรอบ	แนวตามเครื่อง	แนวขวางเครื่อง
LDPE	160	50	6.384±0.9954	9.179±0.6913
		60	6.403±1.116	9.269±0.7579
		70	11.03±0.9799	10.80±2.407
	170	50	9.276±1.134	9.359±1.523
		60	9.489±1.286	9.679±1.692
		70	14.24±3.161	11.47±1.888
	180	50	8.819±0.3725	7.136±1.444
		60	9.434±0.0564	9.863±1.119
		70	11.39±0.9844	12.17±1.274

ตารางภาคผนวกที่ 7 ความหนาของฟิล์ม (mm)

สูตร	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเร็วรอบ		
		50 รอบ	60 รอบ	70 รอบ
LDPE	160	0.1008	0.1072	0.1353
	170	0.1079	0.1167	0.1401
	180	0.0992	0.1253	0.1439
แป้ง 20 %	160	0.2637	0.2704	0.2783
	170	0.2793	0.2878	0.2935
	180			
แป้ง 30 %	160	0.3514	0.3670	0.3694
	170	0.3701	0.3791	0.3812
	180	0.3865	0.4118	0.4197
แป้ง 40 %	160	0.4207	0.4289	0.4301
	170	0.4372	0.4393	0.4415
	180	0.4509	0.4615	0.4827

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8 เปร็รเห็นดูตซึบนำ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
LDPE	0.8976	0.8991	0.8655	0.8773	0.8998	0.8985	0.8965	0.8975	0.8995	0.8982	0.8994	0.8993	0.9002	0.9001
แข็ง 20%	5.0088	9.248	9.549	9.868	10.09	10.24	10.33	10.35	10.57	10.73	10.68	10.67	10.71	10.68
แข็ง 30%	5.491	11.16	11.66	11.57	12.18	12.24	12.46	12.73	13.16	13.24	13.22	13.26	13.24	13.23
แข็ง 40%	5.616	12.05	12.09	12.41	12.85	12.83	12.98	13.04	13.12	13.15	13.21	13.19	13.18	13.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



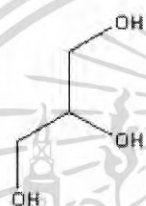
ภาคผนวก ข
ข้อมูลสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Glycerol

ชื่อเคมี IUPAC	1,2,3-Propanetriol ; 1,2,3-Trihydroxypropane
ชื่อเคมีทั่วไป	Glycerol ; Glycerin
ชื่อพ้องอื่นๆ	Glycerol; D-glycerol; L-glycerol ; Glyceritol; Glycyl alcohol; Trihydroxypropane;Glycerin mist; Polyhydric alcohols; Propanetriol
สูตรโมเลกุล	$C_3H_5(OH)_3$

สูตรโครงสร้าง



สมบัติทางกายภาพและเคมี

สถานะ	ของเหลว
สี	ใสคล้ายน้ำมัน
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น
น้ำหนักโมเลกุล	92.09
จุดเดือด (°C)	290
จุดหลอมเหลว (°C)	18
ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ=1)	1.26
ความหนืด (mPa.sec)	1400
ความดันไอ (มม.ปรอท)	0.0025
ความหนาแน่นไอสัมพัทธ์ (อากาศ=1)	3.1
ความสามารถในการละลายน้ำ (กรัม/100 มล.)	ละลายน้ำได้ที่ 20°C
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5 ที่ 20°C
จุดวาบไฟ (°C)	199
จุดลุกติดไฟได้เอง (°C)	370
แฟกเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm=3.77 มก./ม ³ หรือ 1มก./ม ³ =2.27 ที่ 25°C	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษา/ขนส่ง

- เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด
- เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง
- เก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอ
- เก็บโดยมีการป้องกันความเสียหายทางกายภาพ
- เก็บห่างจาก สารที่เข้ากันไม่ได้
- ภาชนะบรรจุของสารที่เป็นถังเปล่า แต่มีกากสารเคมีตกค้างอยู่ เช่น ไอร์อะเฮยของเหลวอาจเป็นอันตรายได้
- ให้สังเกตคำเตือนและข้อควรระวังทั้งหมดที่ให้ไว้สำหรับสารนี้

อันตรายต่อสุขภาพอนามัย

ทางเดินหายใจ - การหายใจเข้าไป - เนื่องจากไอร์อะเฮยมีความดันค่าการสูดดมไอร์อะเฮยที่อุณหภูมิห้องจะไม่เกิดขึ้น การสูดดมละออง/ไอของสารนี้เข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ

ทางผิวหนัง - การสัมผัสผิวหนัง จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง

กินหรือกลืนเข้าไป - การกลืนหรือกินเข้าไป มีความเป็นพิษต่ำ อาจจะทำให้คลื่นไส้ ปวดศีรษะ ท้องร่วง

สัมผัสดวงตา - การสัมผัสดวงตา จะทำให้เกิดการระคายเคืองตา

การปฐมพยาบาล

การหายใจเข้าไป - ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกมาสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจติดขัดให้ออกซิเจนช่วยให้นำส่งไปพบแพทย์

การกินหรือกลืนเข้าไป - ถ้ากลืนกินเข้าไป กระตุ้นให้อาเจียน ห้ามให้สิ่งใดเข้าปากผู้ป่วยที่หมดสติ และนำส่งไปพบแพทย์ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสัมผัสตูกผิวหนัง - ถ้าสัมผัสตูกผิวหนัง ให้ล้างออกด้วยน้ำและสบู่ ปริมาณมาก ๆ อย่างน้อย 15 นาที พร้อมกับถอดเสื้อผ้าที่เปื้อนสารเคมีออก ทำความสะอาดเสื้อผ้าและรองเท้าก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ นำส่งไปพบแพทย์

การสัมผัสตูกตา - ถ้าสัมผัสตูกตา ให้ล้างออกด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ อย่างน้อย 15 นาที พร้อมกระพริบตาถี่ ๆ ขณะทำการล้าง นำส่งไปพบแพทย์

การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด

- สารดับเพลิง : ใช้วิธีที่เหมาะสมสำหรับการดับเพลิงโดยรอบ
- ฉีดน้ำให้เป็นฝอยสามารถดับเพลิงบริเวณ โดยรอบและใช้ในการหล่อเย็นภาชนะที่ถูกเพลิงเผาไหม้
- ฉีดน้ำให้เป็นฝอยจะช่วยลดไอและก๊าซที่ทำให้เกิดการระคายเคือง
- ข้อมูลพิเศษในเหตุการณ์เกิดเพลิงไหม้ : สวมใส่ชุดป้องกันสารเคมีและอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมกับหน้ากากแบบเต็มหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stearic acid

ชื่อเคมี IUPAC	N-octadecanoate
ชื่อเคมีทั่วไป	Stearic acid
ชื่อพ้องอื่นๆ	1-Heptadecanecarboxylic acid; Stearophanic acid; N-octadecylic acid; Cetylacetic acid

สูตรโมเลกุล $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$

สูตรโครงสร้าง



สมบัติทางกายภาพและเคมี

สถานะ	ของแข็ง,ผง
สี	ขาวจนถึงเหลือง
กลิ่น	คล้ายน้ำมันพืช
น้ำหนักโมเลกุล	284.48
จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	383
จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	69-70
ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ=1)	0.94
ความหนืด (mPa.sec)	-
ความดันไอ (มม.ปรอท)	1 ที่ 173.7°C
ความหนาแน่นไอสัมพัทธ์ (อากาศ=1)	9.8
ความสามารถในการละลายน้ำ (กรัม/100 มล.)	ไม่ละลาย
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-
จุดวาบไฟ ($^{\circ}\text{C}$)	113
จุดลุกติดไฟได้เอง ($^{\circ}\text{C}$)	395
แฟกเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm=11.635 มก./ m^3 หรือ 1มก./ m^3 =0.085 ที่ 25°C	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอื่นๆ

- ละลายในแอกอซอล อีเทอร์ อะซีโตน และคลอโรฟอร์ม

การใช้ประโยชน์

- เป็นสารเคมีให้ห้องปฏิบัติการ
- ใช้เป็นสารหล่อลื่น (lubricant)

ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา

- ความคงตัวทางเคมี : สารนี้มีความเสถียรภายใต้สภาวะปกติของการใช้และการเก็บ
- สารที่เข้ากันไม่ได้ : สารออกซิไดซ์รุนแรง เบสแก่
- สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : ความร้อน , เปลวไฟ, แหล่งจุดติดไฟ การทำให้เกิดฝุ่น และสารที่เข้ากันไม่ได้
- สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว : คาร์บอน ไดออกไซด์, คาบอนมอนนอกไซด์
- อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ : ไม่เกิดขึ้น

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

- เมื่อสารนี้ถูกปล่อยลงสู่ดิน, น้ำ จะเกิดการย่อยสลาย

การเก็บรักษา/ขนส่ง

- ในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด
- เก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอ
- ภาชนะบรรจุของสารที่เป็นถังเปล่า แต่มีกากสารเคมีตกค้างอยู่ เช่น ฝุ่น และของแข็ง
- ให้สังเกตคำเตือนและข้อควรระวังทั้งหมดที่ให้ไว้สำหรับสารนี้
- ให้ล้างทำความสะอาดร่างกาย ให้ทั่วถึงภายหลังทำการเคลื่อนย้าย
- หลีกเลี่ยงการเกิดฝุ่น

อันตรายต่อสุขภาพอนามัย

ทางเดินหายใจ - การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองทางเดินหายใจ ทำให้เกิดการไอ
เจ็บคอ หายใจลำบาก และเจ็บหน้าอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางผิวหนัง - การสัมผัสวัตถุผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคืองผิวหนัง เป็นผื่นแดง และปวดแสบปวดร้อน

กินเข้าไป - การกลืนหรือกินเข้าไป จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อกระเพาะอาหารและลำไส้ และอาจไปรบกวนการทำงานของลำไส้

สัมผัสวัตถุตา - การสัมผัสวัตถุตาจะก่อให้เกิดการระคายเคืองตา ตาแดง

การปฐมพยาบาล

การหายใจเข้าไป - ถ้าหายใจเข้าไปให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ นำส่งไปพบแพทย์ ถ้าเกินหายใจลำบาก

การกินหรือกลืนเข้าไป - ถ้ากลืนหรือกินเข้าไป ให้ผู้ป่วยดื่มน้ำปริมาณมาก ห้ามไม่ให้สิ่งใดเข้าปาก ผู้ป่วยที่หมดสติ นำส่งไปพบแพทย์ ทันที

การสัมผัสผิวหนัง - ถ้าสัมผัสผิวหนัง ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่ปนเปื้อนสารเคมีออก นำส่งไปพบแพทย์ถ้าเกิดอาการระคายเคือง

การสัมผัสวัตถุตา - ถ้าสัมผัสวัตถุตาให้ฉีดล้างตาทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที กระทบรีบตาถี่ ๆ ขณะทำการล้างนำส่งไปพบแพทย์ ถ้าเกิดอาการระคายเคืองขึ้น

การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด

- สารนี้ติดไฟเมื่อมีอุณหภูมิสูง หรือสัมผัสกับแหล่งจุดติดไฟ
- ความเข้มข้นของฝุ่นที่กระจายอยู่ในอากาศ และมีแหล่งจุดติดไฟจะก่อให้เกิดการระเบิดได้
- สารดับเพลิง : ใช้ผงเคมีแห้ง โฟม หรือ คาร์บอนไดออกไซด์
- อย่าใช้น้ำฉีดเป็นเส้นตรงในการดับเพลิง เพราะจะทำให้สารเกิดหลอมเหลวและลอยตัวขึ้นมาอยู่บนผิวน้ำ
- กรณีเกิดเพลิงไหม้ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า และชุดป้องกันสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fusabond MB-226D

Property	Unit	Nominal Values	Test Method
Density	g/cm ³	0.93	ASTM D1505
Melt flow rate	g/10 min	1.5	ASTM D1238 -ISO 1133
Melting Point	°C	120	ASTM D3418 -ISO 3146
Brittle Temperature	°C	-70	ASTM D746
Vicat Softening Point	°C	103	ASTM D1525 -ISO 306
Heat Deflection Temperature	°C	41	ASTM D648
Durometer Hardness	-	60	ASTM D2240 -ISO 868
MANh Grafted	wt %	0.90	FTIR (Dupont)
Residual	Ppm	< 500	GC (Dupont)
YI-1	-	< 25	ASTM 1925-70
Base Resin Type	-	LLDPE	-
FDA Status	-	21CFR175.105	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ประโยชน์

- ใช้เป็นสารคู่ควบ (Coupling agent)
- ใช้เป็นสารช่วยผสม (Compatibilizer)

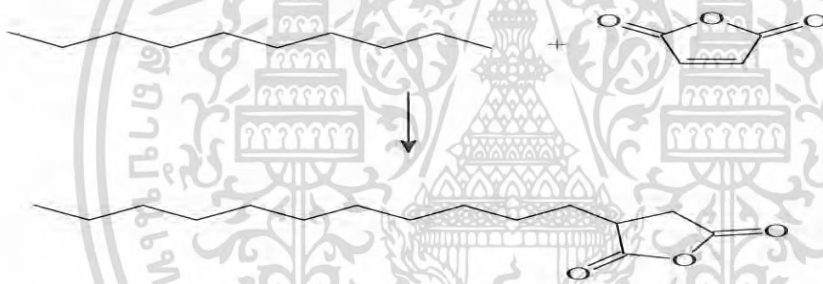
ข้อมูลอื่นๆ

- ใช้เป็นสารคู่ควบในพอลิเมอร์ผสมระหว่าง เส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยแก้วในพอลิเอทีลีน
- ใช้เป็นตัวปรับปรุงสมบัติด้านการทนทานต่อแรงกระแทกในเทอร์โมพลาสติก

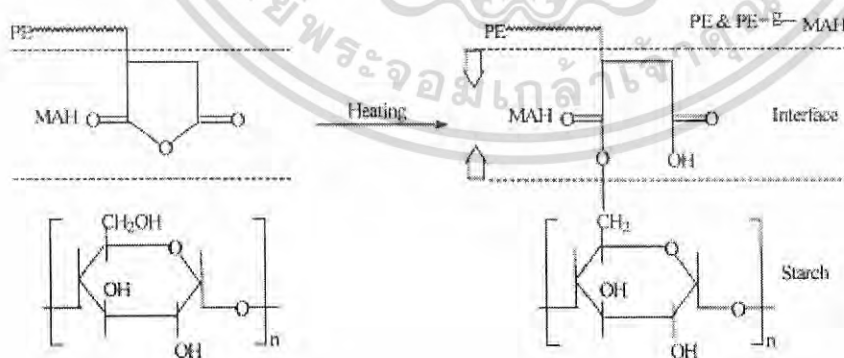
การป้องกันอันตราย

- หลีกเลี่ยงการสูดดมฝุ่นหรือไอระเหย โดยเฉพาะเวลาเปิดใช้ในครั้งแรก

ลักษณะโครงสร้างเป็น Maleic anhydride ต่อกิ่งกับ PE



การเกิดปฏิกิริยาระหว่าง MAH กับ หมู่ OH ในแป้งมันสำปะหลัง [23]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อรา *Aspergillus* sp. [24]

1. ลักษณะที่สำคัญของเชื้อ *Aspergillus* sp .

- เส้นใยมีผนังกัน
- สปอร์ไม่เคลื่อนที่
- สปอร์แบบอาศัยเพศ (sexual spore) สร้างภายในแอสคัส(ascus) มีจำนวน 8 แอสโคสปอร์ (ascospore)
- สปอร์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual spore) ไม่สร้างภายในแอสคัส (ascus)
- ไม่ต้องการความชื้นมากในการเจริญ
- การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเกิดได้หลายวิธีดังนี้ คือ fission budding fragmentation chlamydospore และ conidia
- การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ โดยการสร้างสปอร์มีหลักการโดยนิวเคลียสเข้าไปอยู่ในเซลล์เดียวกันแต่ยังไม่รวมกัน ทำให้เป็นลักษณะ 1 เซลล์มี 2 นิวเคลียส ที่เรียกว่า dikaryon และนิวเคลียสแบ่งตัวหลายๆครั้งได้ dikaryotic cell ใหม่อีกหลายอัน ต่อมานิวเคลียสทั้ง 2 อันในเซลล์จะรวมกันในส่วนที่จะเจริญเป็นแอสคัส (ascus) จากนั้นนิวเคลียสจะเกิดการแบ่งตัวไมโอซิสและได้นิวเคลียส 4 ต่อมา haploid nucleus ทั้ง 4 นี้จะแบ่งแบบไมโทซิสอีกครั้งหนึ่งได้ 8 นิวเคลียส ซึ่งจะเจริญไปเป็นแอสโคสปอร์ (ascospore) 8 อันอยู่ภายในแอสคัส

2. ประโยชน์ของเชื้อรา *Aspergillus* sp.

1. ด้านอุตสาหกรรม ได้นำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่นทำเต้าเจี้ยวใช้ *Aspergillus wendtii* ผลิตกรดซิตริกและกลูโคนิก ใช้ *Aspergillus* sp. เหล้าสาเกจากข้าวใช้ *Aspergillus oryzae*
2. ใช้ทดสอบธาตุโลหะ โดยเฉพาะทองแดงในดินใช้ *Aspergillus niger* ซึ่งถ้าในดินขาดทองแดงสีจะคล้ำ ถ้าไม่มีทองแดงเลยจะมีสีเหลือง

3. โทษของเชื้อรา *Aspergillus* sp.

ทำให้อาหารเป็นพิษ เชื้อ *Aspergillus* sp. หลายชนิด โดยเฉพาะ *A. flavus* เมื่อเจริญในอาหารพวกถั่วต่างๆจะสร้างสารพิษที่เรียกว่า อัลฟาทอกซิน ทำให้เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ได้ ทำให้เกิดโรค และทำลายอาหารและผลผลิตต่างๆทางเกษตรกรรม เช่น *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp. ทำลายอาหารพวกเนื้อสัตว์และไขมันได้ดี (Uhlrig, 1998)

4. การผลิตเอนไซม์อะไมเลสและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1. การผลิตเอนไซม์อะไมเลสบนอาหารแข็ง (solid state fermentation)

การผลิตบนอาหารแข็ง หรือเรียกอีกอย่างว่าการหมักแบบอาหารแห้ง หมายถึงระบบการหมักที่อาศัยการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนอาหารในสภาพที่ไม่มีน้ำอิสระอยู่ในระบบ อย่างไรก็ตามน้ำที่อยู่ในระบบจะอยู่ในสภาพความชื้นที่ถูกดูดซับกับวัตถุดิบเท่านั้น ดังนั้นระบบการหมักแบบอาหารแข็งนี้จึงไม่รวมถึงการหมักของแข็งในอาหารชื้นเหลว การหมักบนอาหารแข็งนิยมใช้ในการผลิตเอนไซม์จากเชื้อรามากกว่าแบคทีเรีย โดยเชื้อรามีความสำคัญในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส และมีการศึกษากันมาก คือเชื้อราในสกุล *Aspergillus* โดยจะใช้ราข้าวสาลีหรือราข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบ ในบางครั้งอาจมีอาหารเสริมพวก โปรตีน หรือเกลือแร่ที่จำเป็น การเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็งต้องมีการปรับความชื้นเริ่มต้นให้เหมาะสม เพื่อให้เชื้อเจริญได้ดีและเกิดการพองตัวของอนุภาคอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์นำอาหาร ไปใช้ได้ง่าย และมีการถ่ายเทของน้ำและออกซิเจนได้ดี (คุยณี, 2534)

ข้อดีของการผลิตเอนไซม์บนอาหารแข็ง

1. สามารถผลิตเอนไซม์ได้หลายชนิด
2. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสูงและคงที่
3. ผลิตภัณฑ์สามารถสกัดได้โดยตรง ใช้วิธีที่ง่ายและสะดวก
4. สภาพการเจริญของจุลินทรีย์มีลักษณะ ใกล้เคียงกับธรรมชาติ
5. อาหารเลี้ยงเชื้อเตรียมได้ง่าย ใช้เนื้อที่น้อย
6. อาหารมีปริมาณความชื้นต่ำทำให้ลดปัญหาในการปนเปื้อน

ข้อเสียของการผลิตเอนไซม์บนอาหารแข็ง

1. มีต้นทุนในการผลิตสูงกว่าอาหารเหลว
2. ใช้ปริมาณสปอร์เริ่มต้นมาก ดังนั้นการเตรียมสปอร์จึงต้องใช้วิธีปลอดเชื้อ

4.2. การผลิตเอนไซม์ในอาหารเหลว (Submerged fermentation)

การหมักในอาหารเหลวนิยมใช้ในการผลิตเอนไซม์อะไมเลสจากเชื้อแบคทีเรียและเอนไซม์กลูโคอะไมเลสจากเชื้อรา โดยทำการเลี้ยงเชื้อในถังหมักขนาดใหญ่ อาหารที่ใช้เลี้ยงจะนำไปฆ่าเชื้อด้วยการให้ความร้อนขึ้นที่อุณหภูมิ 110 ถึง 115 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 ถึง 30 นาที โดยมีปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นประมาณร้อยละ 3 ถึง 5 น้ำหนักต่อปริมาตร ต้องควบคุมการให้อากาศและการกวน (คุยณี, 2534)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการผลิตเอนไซม์บนอาหารเหลว

1. ใช้ระยะเวลาสั้นในการเพิ่มปริมาณการผลิต
2. ควบคุมภาวะการผลิตได้ง่าย

ข้อเสียของการผลิตเอนไซม์บนอาหารเหลว

1. มีโอกาสปนเปื้อนจากเชื้ออื่นได้ง่าย
2. ประสิทธิภาพของหัวเชื้อเริ่มต้นจะลดลงจึงจำเป็นต้องคัดเลือกเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงอยู่เสมอ

5. การนำเอนไซม์อะไมเลสมาใช้ประโยชน์

ปัจจุบันเอนไซม์อะไมเลสถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เป็นส่วนใหญ่ เช่น ในอุตสาหกรรมทอผ้า กรรมวิธีในการทอผ้าจะต้องนำด้ายดิบมาจึงให้ตั้งบนเครื่องทอซึ่งจะทำให้ด้ายดิบขาดง่าย ดังนั้นก่อนที่จะนำมาทอต้องนำเส้นด้ายไปชุบน้ำแป้งเพื่อให้เส้นด้ายมีความทนต่อแรงดึง หลังจากทอผ้าเป็นผืนแล้วใช้เอนไซม์อะไมเลสย่อยแป้งที่ติดอยู่บนผ้าทอแล้วจึงนำไปซักด้วยน้ำร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์ วิธีนี้ใช้ได้กับผ้าที่ทอจากฝ้าย ขนแกะ และแพรวเทียม ในอุตสาหกรรมทำขนมปัง จะเติมเอนไซม์อะไมเลสชนิดเด็กทริโนจีนิก (dextrinogenic enzyme) ลงไปในแป้งเพื่อย่อยโมเลกุลของแป้งที่ใหญ่ให้เล็กลง แล้วเติมเอนไซม์อะไมเลสชนิดแซคคาโรจีนิก (saccharogenic enzyme) ลงไปเพื่อเปลี่ยนแป้งบางส่วนให้เป็นน้ำตาล ช่วยให้ขนมปังนุ่มและไม่มีรูพรุนของอากาศ ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้ ใช้เอนไซม์อะไมเลสสำหรับกำจัดของแข็งที่มีลักษณะเป็นก้อนที่เกิดจากแป้ง (cloudiness) ปกติน้ำผลไม้ที่คั้นมีความขุ่นเพราะมีปริมาณแป้งสูง จึงใส่เอนไซม์อะไมเลสลงไป บ่มไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 ถึง 90 องศาฟาเรนไฮต์ หลังจากนั้นก็กรองเอาน้ำตาลซึ่งสามารถนำไปทำเป็นเยลลี่ได้ สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์ ในอดีตประเทศจีนเป็นประเทศแรกที่ผลิตแอลกอฮอล์จากเชื้อราที่ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล ส่วนในยุโรปและอเมริกาใช้เอนไซม์อะไมเลสจากข้างมอลต์ในระยะแรกของการผลิตแอลกอฮอล์ แต่ในปัจจุบันได้ใช้เอนไซม์อะไมเลสจากเชื้อราแทน และในการผลิตกลูโคสและน้ำเชื่อมจากแป้ง ระยะแรกการผลิตกลูโคสและน้ำตาลอื่นๆจะใช้วิธีย่อยแป้งด้วยกรด ทำให้ได้น้ำตาลหลายชนิด แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นรสไม่ดี ปัจจุบันการผลิตน้ำเชื่อมจากแป้งด้วยการใช้เอนไซม์เป็นที่นิยมกันมาก โดยเฉพาะการผลิตกลูโคสและน้ำเชื่อมกลูโคส รวมถึงน้ำเชื่อมมอลโตสและน้ำเชื่อมฟรุคโตส ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเชื่อมจากแป้งเหล่านี้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมผลิตขนมปัง อุตสาหกรรมผลิตลูกอม ลูกกวาด และขนมหวาน เป็นต้น โดยกระบวนการย่อยแป้งไปเป็นน้ำตาล ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนเพื่อลดความหนืดของแป้งที่เกิดการเจลาติไนเซชันแล้ว (Liquefaction) โดยการย่อยโมเลกุลของแป้งแบบสุ่มของไซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลูโคสโดยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส เมื่อการย่อยเกิดขึ้นจะทำให้โมเลกุลของแป้งแยกเป็นสายสั้นๆ มีขนาดเล็กลงและความหนืดลดลงด้วย และ การย่อยแป้งให้เป็นโมเลกุลของน้ำตาล (Saccharification) ด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส ดังนั้นหลังการย่อยแล้วจะได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือน้ำตาลโมเลกุลคู่ หรือน้ำตาลที่มีโมเลกุลสูงกว่าเล็กน้อยซึ่งอาจเป็น กลูโคส มอลโตส หรือมอลโตไตรโอส (Gupta *et al.*,2003)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้