



การประยุกต์ใช้แป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ เพื่อผลิตถุงเพาะชำ
พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

The Application of two cultivars of the cassava
(*Manihot esculenta*
Crantz) starch as biodegradable plastic products

ดร.ภาวิณี เทียมดี

สาขาวิชาเคมี (ค.บ.) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2561

หัวข้อโครงการวิจัย	การประยุกต์ใช้แป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ เพื่อผลิตถุงเพาะชำพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ The Application of two cultivars of the cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) starch as biodegradable plastic products
ชื่อและนามสกุลผู้วิจัย	อาจารย์ ดร. ภาวิณี เทียมดี
โปรแกรมวิชา	เคมี (คบ.)
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไฮเซอรต์ต่อสมบัติทางกายภาพ และทางกลของการผลิตแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 2 สายพันธุ์ (พันธุ์ 5 นาที และ พันธุ์ระยอง 2) โดยฟิล์มนี้เตรียมโดยการละลายแป้งมันสำปะหลังในน้ำ ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และศึกษาผลของปริมาณกลีเซอรอล 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักของแป้ง ขึ้นรูปแผ่นฟิล์มโดยการทำให้แห้งที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง นำแผ่นฟิล์มที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ได้แก่ ความหนา ค่าแอกติวิตีของน้ำ (a_w) ค่าการละลาย ค่าต้านทานการดึงขาด ค่าต้านทานแรงเฉาะ และศึกษาการย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม พบว่าความหนาของฟิล์มมีค่าระหว่าง 0.20-0.30 มิลลิเมตร สำหรับค่า a_w ของแผ่นฟิล์มอยู่ระหว่าง 0.40-0.50 และพบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ ที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไฮเซอรต์สามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ดีและมีความยืดหยุ่น ส่วนค่าการละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ค่าการต้านทานแรงดึงและค่าต้านทานแรงเฉาะของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของกลีเซอรอลลดลง ผลทดสอบการย่อยสลายโดยการฝังในดินพบว่า ฟิล์มสามารถย่อยสลายได้ร้อยละ 55-58 ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยแผ่นฟิล์มจะย่อยสลายได้เร็วขึ้นตามปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ เป็นฟิล์มธรรมชาติย่อยสลายได้เองโดยธรรมชาติซึ่งช่วยลดปริมาณขยะย่อยสลายยากได้อีกทางหนึ่ง

คำสำคัญ แป้งมันสำปะหลัง ฟิล์มย่อยสลายได้ กลีเซอรอล พลาสติกไฮเซอรต์

Abstract

This research studied the effect of using glycerol as a plasticizer on physical and mechanical properties of the film made of cassava starch. Two cultivars of the cassava, Ha-Na-Tee and Rayong 2, were used in this study. The preparation of the film was done by dissolving cassava starch in water to the concentration of 5 wt% and the glycerol was added at 4 levels; 0, 20, 30 and 40 wt%. The film was casted in a mold and dried at 60 °C for 18 h. The properties; thickness, water activity (a_w), solubility, tensile strength (TS), puncture strength, and the degradation of films were evaluated. The thickness of the films was in the range of 0.20-0.30 mm. The a_w value of films ranged from 0.40 to 0.50. Two cultivars of the cassava starch could form a flexible film by using glycerol as a plasticizer. The solubility of the film was increased with the increase of glycerol content. Tensile and puncture strength of the starch film were increased with the decrease of the glycerol content. After the films were buried under the ground for 2 weeks, they were degraded by 55-58 %. This degradation increased with the increasing of glycerol content. These results indicated that cassava starch biodegradable film can help reduce the amount of the non-biodegradable packaging waste.

Keywords: Cassava starch, Biodegradable film, Glycerol, Plasticizer, Physical properties

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญ	
สารบัญตาราง	
สารบัญรูป	
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย	1
ขอบเขตการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
สมมุติฐานของการวิจัย	2
กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
มันสำปะหลัง	3
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแป้ง	3
สมบัติของแป้ง	5
การเกิดเจลาตินในเซชัน (Gelatinization)	6
การคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation)	7
แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ (Biodegradable films)	7
การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม	8
การใช้งานผลิตภัณฑ์พลาสติกย่อยสลายได้	8
การเตรียมพลาสติกชีวภาพจากแป้ง	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
วัตถุประสงค์	12
สารเคมี	12
อุปกรณ์และเครื่องมือ	12
เครื่องมือในการวิเคราะห์	12
การเตรียมแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์	13
การเตรียมแผ่นฟิล์ม	13
การทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์ม	13
ศึกษาการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังทั้ง 2 สายพันธุ์	14

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
แสดงลักษณะภายนอกของฟิล์ม	15
การวัดคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์	16
การวัดคุณสมบัติทางเชิงกลของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์	17
การศึกษาสภาวะการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที	18
การศึกษาสภาวะการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ระยะของ 2	19
ลักษณะถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์	20
แสดงผลการปลูกพืชจริงของถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์	21
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	
สรุปผล	22
ข้อเสนอแนะ	22
บรรณานุกรม	23
ภาคผนวก	29
ภาคผนวก ก วิธีการสกัดแป้งจากมันสำปะหลังทั้ง 2 สายพันธุ์	30
ภาคผนวก ข วิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์	31
ภาคผนวก ค เครื่องมือวิเคราะห์	34
ภาคผนวก ง การคำนวณ	35
ประวัติผู้วิจัย	37

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ปริมาณของอะมิโลสในแป้งชนิดต่างๆ	4
2	สมบัติที่แตกต่างกันของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน	5
3	แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ (พันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2)	16
4	แสดงคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ (พันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2)	17
5	การย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที	18
6	การย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2	19

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	แสดงลักษณะภายนอกแผ่นฟิล์ม (1ก-1ง) แผ่นฟิล์มแข็งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ ที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 และ (2ก-2ง) แผ่นฟิล์มแข็งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2 ที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40	15
2	แสดงลักษณะถุงเพาะชำที่ทำจากแข็งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ (2ก) และพันธุ์ระยอง 2 (2ค) ที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 และถุงเพาะชำที่ทำจากแข็งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ (2ข) และพันธุ์ระยอง 2 (2ง) ใส่น้ำสำหรับนำไปปลูกจริง	20
3	แสดงลักษณะการปลูกพืชจริงของถุงเพาะชำพลาสติกพอลิเอทิลีน (3ก) ถุงเพาะชำที่ทำจากแข็งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ (3ค) และพันธุ์ระยอง 2 (3จ) ที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 และลักษณะของการปลูกพืชเมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ ของถุงเพาะชำที่ทำจากแข็งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ (3ข) และพันธุ์ระยอง 2 (3ง) ที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 (3ฉ)	21

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หลายหน่วยงานให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นโดยพยายามหาวัสดุย่อยสลายได้มาทดแทนวัสดุสังเคราะห์ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ดังนั้นการใช้ฟิล์มที่ย่อยสลายได้ (biodegradable film) เป็นทางเลือกหนึ่งในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม การเตรียมฟิล์มสามารถเตรียมได้จากพอลิเมอร์จากธรรมชาติหลายชนิด เช่น พอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีน และไขมัน [1-2] ซึ่งฟิล์มที่สามารถย่อยสลายเองได้ตามธรรมชาติที่ได้รับความนิยมมากที่สุดชนิดหนึ่งคือพอลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่พบมากที่สุดในการผลิตทางการเกษตร ซึ่งแบ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่สามารถนำมาผลิตแผ่นฟิล์มได้ โดยแบ่งมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยอะมิโลส และอะมิโลเพคติน [3] เมื่อนำมาผลิตเป็นฟิล์มแล้วสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ สามารถพองตัวขึ้นแผ่นฟิล์มได้ มีปริมาณมาก ราคาถูกและหาได้ง่ายในท้องถิ่น

มันสำปะหลัง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* (L.) Crantz อยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae สายพันธุ์ 5 นาที และสายพันธุ์ระยอง 2 เป็นมันสำปะหลังชนิดหวาน (Sweet type) เป็นพืชที่เพาะปลูกมากในตำบลแก่งผักกูด อำเภอท่าหลวงและพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี เป็นผลไม้เศรษฐกิจ ดังนั้นควรมีการนำมันสำปะหลังมาผลิตเป็นแป้งเนื่องจากเป็นพืชที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง [4-5] และยังช่วยเพิ่มมูลค่าและลดการสูญเสียผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตเป็นแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ จากการศึกษาเบื้องต้นการนำแป้งมันสำปะหลังมาผสมกับน้ำให้ความร้อนได้ของเหลวที่มีความหนืด ขึ้นรูปเป็นฟิล์มด้วยวิธีการเท (casting) และฟิล์มที่ได้มีลักษณะเรียบ เปราะ จึงจำเป็นต้องมีการเติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น สารเพิ่มความยืดหยุ่นที่นิยมใช้ในการเตรียมฟิล์มจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ เช่น ซูโครส, ซอร์บิทอล และกลีเซอรอล [6] โดยกลีเซอรอลมีคุณสมบัติที่เหมาะสมแก่การนำมาใช้เป็นพลาสติกไซเซอรในการผลิตฟิล์มที่ทำจากแป้งธรรมชาติ เนื่องจากสามารถละลายน้ำ และอัตราการซึมผ่านไอน้ำได้ดี ปลอดภัย ราคาถูก

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของปริมาณกลีเซอรอล ในการทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร ต่อสมบัติทางกายภาพ และทางกลของฟิล์มย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ พร้อมทั้งศึกษาพฤติกรรมการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์

1.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเตรียมแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ (พันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2) โดยเติมกลีเซอรอลซึ่งเป็นพลาสติกไซเซอรที่ความเข้มข้นต่างกัน คือ ร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลัง
2. เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
3. เพื่อศึกษาสถานะการย่อยสลายของถุงเพาะชำย่อยสลายได้ที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์

พันธุ์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาการเตรียมแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ (พันธุ์ 5 นาที่ และพันธุ์ 2) โดยเติมกลีเซอรอลซึ่งเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ความเข้มข้นต่างกัน คือ ร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลัง
2. วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
3. ศึกษาสภาวะการย่อยสลายของถุงเพาะชำย่อยสลายได้ที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradation) คือ สารเคมีที่สลายตัวของวัสดุจากเชื้อแบคทีเรียหรือทางชีวภาพอื่นๆ โดยมีความสัมพันธ์กับระบบนิเวศ การจัดการขยะชีวการแพทย์และสภาพแวดล้อมทางชีวภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่สามารถย่อยสลายกลับไปเป็นธาตุตามธรรมชาติ สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายด้วยออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจน

1.5 สมมุติฐานของการวิจัย

1. แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลังมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ดีกว่าแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ที่ไม่ได้ผสมกลีเซอรอล
2. แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ สามารถย่อยสลายได้

1.6 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามหัวข้อเรียงลำดับดังนี้

- 2.1 มันสำปะหลัง
- 2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแป้ง
- 2.3 สมบัติของแป้ง
- 2.4 การเกิดเจลาตินในเซชัน (Gelatinization)
- 2.5 การคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation)
- 2.6 แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ (Biodegradable films)
- 2.7 การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม
- 2.8 การใช้งานผลิตภัณฑ์พลาสติกย่อยสลายได้
- 2.9 การเตรียมพลาสติกชีวภาพจากแป้ง
- 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มันสำปะหลังเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งมีชื่อเรียกกันทั่วไปในภาษาอังกฤษว่า แคสซาวา (Cassava) หรือ ทาปิโอก้า (Tapioca) ประเทศแถบแอฟริกา เรียกชื่อ ภาษาฝรั่งเศสว่า แมนิออค (Manioc) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* (L) Crantz ชื่อไทย มันสำปะหลัง มีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน (Lowland tropics) มีหลักฐานแสดงว่าปลูกกันในโคลัมเบีย และเวเนซุเอลา ไม่มีหลักฐานปรากฏแน่นอนว่า มีการนำมันสำปะหลังมาสู่ประเทศไทยเมื่อไร แต่สันนิษฐานกันว่าคงมีผู้นำเข้ามาจากประเทศมาเลเซีย [7] มันสำปะหลังที่ปลูกเชิงเกษตรกรรม มีสองชนิด คือ ชนิดหวาน มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำ ไม่มีรสขมและสามารถใช้ทำอาหารได้โดยตรง เช่น พันธุ์ 5 นาที, พันธุ์ระยอง 2 และ ชนิดขม มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคสูง ต้องนำไปแปรรูปก่อน เช่น พันธุ์ระยอง 1, 3, 5, 60, 90 พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และ พันธุ์ห้วยบง 60 [8] ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ มีลักษณะเป็นไม้พุ่ม สูง 1-5 เมตร ลำต้นมีรอยแผลใบ ทุกส่วนถ้าสับจะมียางขาวไหลออกมา รากเป็นที่สะสมอาหาร มี 5-10 ราก รากที่สะสมอาหารมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-15 เซนติเมตร ยาว 15-100 เซนติเมตร [9]

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแป้ง

คำว่า “แป้ง” หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ มีสิ่งอื่นเจือปนเช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่เล็กน้อย ส่วนแป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆอยู่มากจะเรียกว่า ฟลาวัวร์ (flour) ตัวอย่างเช่น แป้งข้าวโพด (corn flour) และ แป้งข้าวสาลี (wheat flour) ถ้ายังมีส่วนประกอบของโปรตีนสูง ก็จะจัดอยู่ในประเภทฟลาวัวร์ เช่นเดียวกับแป้งข้าวเจ้าที่ยังมีโปรตีน 7-8 % ก็เรียกว่า rice flour แต่เมื่อสิ่งเจือปนอันหมายถึง โปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่นๆ ถูกสกัดออกไปจนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่จึงเรียกว่าเป็น แป้งสตาร์ช (starch) สำหรับแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตในประเทศไทย ปัจจุบันผลิตโดยกรรมวิธีที่ทันสมัย มีความบริสุทธิ์สูง จัดเป็นแป้งสตาร์ช (cassava starch) [10] และเนื่องจากแป้งสตาร์ชมีความบริสุทธิ์สูง แป้งสตาร์ชที่ยังไม่ได้ถูกการดัดแปลงหรือแปรรูป นิยมเรียกว่าแป้งดิบ (raw starch) ซึ่งจะตรงข้ามกับแป้งที่ถูกดัดแปลงหรือแปรรูปแล้วที่เรียกว่า โมดิฟายด์สตาร์ช (modified starch) หรือแป้งดัดแปลง [11]

แป้ง มีสูตรเคมีโดยทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นพอลิเมอร์กลูโคสซึ่งประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic linkage) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางตอนปลายของสายพอลิเมอร์ มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde group) เรียกว่า ปลายรีดิวซิง (reducing end group) แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (อะไมโลส, amylose) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (อะไมโลเพคติน, amylopectin) ซึ่งแป้งจากแหล่งที่แตกต่างกัน จึงทำให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน [12-13] โดยทั่วไปแป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะไมโลสสูง ประมาณ 22-30 % ส่วนแป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาकुจะมีปริมาณ อะไมโลสต่ำกว่าคืออยู่ในช่วง 18-24 % โดยอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมี อันดับการเกิดพอลิเมอร์ (degree of polymerization; DP) ของอะไมโลสแตกต่างกัน แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมี DP ของอะไมโลส อยู่ในช่วง 1,000 ถึง 6,000 สูงกว่าแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีซึ่งมี DP ของอะไมโลส ในช่วง 200 ถึง 1,200 แป้งที่มีสายของอะไมโลสยาวมากจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ลดลง [14-15] ปริมาณและสมบัติของอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดแสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ปริมาณของอะไมโลสในแป้งชนิดต่างๆ [16]

แป้ง	ปริมาณอะไมโลส (% น.น. แห้ง) Apparent	ปริมาณอะไมโลส (% น.น. แห้ง) Absolute
ข้าวสาลี	28.8	25.8
ข้าวโพด	29.4	22.5
ข้าวเจ้า	25.0	20.5
ข้าวบาร์เลย์	25.5	23.6
มันฝรั่ง	36.0	16.9
มันสำปะหลัง	23.5	17.8
พุทธรักษา	43.2	22.7
ถั่วเขียว	37.9	30.7

ที่มา : Kasemsuwan และคณะ (1999)

อะไมโลส (amylose) มีโมเลกุลค่อนข้างเล็ก มีน้ำหนักโมเลกุล 3,000-5,000,000 มีลักษณะเป็นสายยาวไม่มีแขนง ประกอบด้วยกลูโคสมาต่อกันด้วยพันธะพันธะไกลโคซิดิก ชนิด α -1,4 ประมาณ 200-2,000 หน่วย มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 150,000 ถึง 1,000,000 โดยจะผันแปรไปตามชนิดของแป้งขนาดและน้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลส มีผลมาจาก DP ของอะไมโลสที่แตกต่างกัน อะไมโลสในแป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมี DP ของอะไมโลสอยู่ในช่วง 1,000 ถึง 6,000 จะมีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าในแป้งข้าวโพดและข้าวสาลี ที่มี DP ของอะไมโลสอยู่ในช่วง 200 ถึง 1,200 [17]

อะไมโลเพคติน (amylopectin) คือ พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ประเภทโฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ (homopolysaccharide) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเม็ดแป้ง (starch granule) เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส (glucose) ที่จัดเรียงตัวเป็นสายตรงและสายแขนง โดยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) คือส่วนที่เป็นพันธะสายตรง อะไมโลเพคตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วย พันธะ α -1,4- glycosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้นมี DP อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6-glycosidic linkage [18-19] คุณสมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
1. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ α -1,4	1. โมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ α -1,4 และมีการแตกกิ่งด้วยพันธะ α -1,6
2. ประกอบด้วยกลูโคส 200-6000 หน่วย	2. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
3. ละลายน้ำได้น้อยกว่า	3. ละลายน้ำได้ดีกว่า
4. เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อย	4. ข้นหนืดมากและใส
5. ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	5. ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็งได้	6. ไม่จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง

ที่มา : Beynum and Roels (1985)

สมบัติของแป้ง

การพองตัวและการละลาย (Swelling and solubility)

แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณ 25-30 % และพองตัวน้อยมากจนไม่สังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วนผลึก(crystallite) โมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัวและทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของที่ไม่เป็นผลึก (amorphous) ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบและมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็น [20-21]

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งมีหลายประการ ได้แก่ ชนิดแป้ง แป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบในการพองตัวและการละลายที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามความสามารถในการพองตัว

และการละลายของเม็ดแป้งแล้ว สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ แบ่งจากธัญพืช แบ่งจากส่วนราก และแบ่งจากส่วนหัว

1. แบ่งจากธัญพืชมีการพองตัว และการละลาย 2 ชั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณเปลือก และบริเวณสัณฐานของเม็ดแป้ง แบ่งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีการพองตัวและการละลายต่ำสุด เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสสูงซึ่งอะไมโลสจะทำให้โครงร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้นทำให้พองตัวได้ต่ำ [22]

2. แบ่งจากส่วนรากหรือส่วนกลางลำต้น เช่น แป้งมันสำปะหลังมีการพองตัวเพียงชั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งธัญพืช เนื่องจากมีพันธะจำนวนน้อยกว่า แป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลาติน (gelatinized) ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช [23]

3. แบ่งจากส่วนหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูงเนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งมันฝรั่งยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้น เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้า การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดเพียงชั้นเดียว และเกิดชั้นที่อุณหภูมิต่ำรูปแบบนี้จะเป็นลักษณะของแป้งที่เป็นพอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte) [24]

สิ่งเจือปนในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต สิ่งเจือปนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง เช่น แป้งข้าวโพดที่ถูกสกัดไขมันออกจะมีการพองตัวอย่างอิสระและเป็นรูปแบบเดียวกันดีกว่าแป้งข้าวโพดปกติ เนื่องจากกรดไขมันจากธรรมชาติของแป้งข้าวโพดจะยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้งโดยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะไมโลส (lipid - amylase complex) นอกจากนี้การใส่สารลดแรงตึงผิวในแป้งจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง การใส่โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate) และซิติลไตรเม

ทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (cetyltrimethyl ammonium bromide) จะเพิ่มกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง [25]

ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง

ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง หรืออีกนัยหนึ่งคือ จำนวนและชนิดของพันธะภายในเม็ดแป้ง ในระดับโมเลกุลมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจำนวนของพันธะ ได้แก่ อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ถ้าโมเลกุลอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในส่วนที่เป็นผลึกจับตัวกันอย่างหนาแน่นความแข็งแรงจะมากไม่ละลายในน้ำเย็นได้ [26]

การเกิดเจลาตินเซชัน (Gelatinization)

การที่น้ำแป้งเมื่อได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งประมาณ 60-75 °C เช่น ให้ความร้อน 60 °C แป้งจะมีผลทำให้การจับยึดกันระหว่างโมเลกุลของแป้งในส่วนผลึกลดลง เกิดปฏิกิริยาการรับน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้งซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (irreversible) และทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้เรียกว่า “เจลาตินเซชัน” ซึ่งเมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญขึ้นคือ มีการพองตัวของเม็ดแป้ง [27-28] อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของแป้ง เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมีโครงสร้างส่วนผลึกที่แตกต่างกัน แม้แต่ในแป้งชนิดเดียวกันจากแหล่งเดียวกันก็ตาม อาจมีช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาตินเซชันที่ห่างกันถึง 8-10 °C โดยทั่วไปเม็ด

แป้งขนาดใหญ่จะเกิดเจลาตินไนซ์ได้ก่อนขนาดเล็ก [29] แป้งอาจเกิดเจลาตินไนซ์ได้ที่อุณหภูมิ 25 °C โดยการละลายในตัวทำละลาย เช่น alkali, liquid ammonia, DMS [30]

การคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation)

การคืนตัวของแป้งสุกเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งสุกซึ่งร้อนมีอุณหภูมิต่ำลงขณะที่อุณหภูมิลดลง โมเลกุลอิสระของอะไมโลสซึ่งอยู่ใกล้กันจะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันและจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้เกิดสภาพการจัดเรียงตัวของโมเลกุลขึ้นใหม่ โดยเปลี่ยนจากลักษณะการกระจายตัวของโมเลกุลมาเป็นส่วนที่เป็นผลึก ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้ X-ray diffraction (XRD) [31] การคืนตัวของน้ำแป้งโดยทั่วไปจะเกิดได้ดีเมื่อน้ำแป้งมีความเข้มข้นสูง และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิต่ำแป้งแต่ละชนิดมีอัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกที่ต่างกัน โดยทั่วไปแป้งที่ได้จากราก หัวมีอัตราการคืนตัวที่ช้ากว่าแป้งจากธัญพืช ทั้งนี้เป็นเพราะแป้งจากราก หัว เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวมากและเร็วและเม็ดแป้งแตกง่ายทำให้โมเลกุลแป้งทั้งหมดกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำแป้งมากกว่าเม็ดแป้งแตกน้อยโมเลกุลที่คลายตัวยังอยู่ใกล้ชิดกันจึงเคลื่อนที่จับกันใหม่ได้ง่าย การที่มีอะไมโลเพคตินอยู่ด้วยทำให้อัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกช้าลง เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลเพคตินมีกิ่งก้านสาขาทำให้เกาะเกาะ ยากที่โมเลกุลจะเคลื่อนที่เข้ามาจับตัวกันใหม่ได้ ขนาดของอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดมีผลในการเกิดการคืนตัวของน้ำแป้งสุกด้วยโมเลกุลอะไมโลสที่มีขนาดพอเหมาะในการเคลื่อนที่มาจับกันคือในช่วง 100-200 หน่วย กลูโคสถ้าโมเลกุลใหญ่ เช่น แป้งมันฝรั่งมีอะไมโลสขนาดใหญ่ประมาณ 1,000-6,000 หน่วย กลูโคสจะเคลื่อนที่เข้ามาจับกันได้ยาก และถ้าโมเลกุลสั้นเกินไปจะเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา (Brownian movement) ทำให้จับกันยากเช่นกัน [32-34] Ottenhof และคณะ (2005) ได้ศึกษาการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกจากแป้งข้าวโพด ข้าวเหนียว แป้งข้าวสาลี และ แป้งมันฝรั่ง พบว่า แป้งมันฝรั่งมีอัตราการเกิดการคืนตัวของแป้งสุกสูงที่สุด รองลงมาคือ แป้งข้าวโพด ข้าวเหนียว และแป้งสาลีมีค่าต่ำที่สุด [35]

แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ (Biodegradable films)

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพในอนาคตมีการใช้งานพลาสติกย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น มีการค้นพบและพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ๆ ทำให้พลาสติกมีราคาต่ำลงและมีสมบัติต่าง ๆ ดีขึ้น รวมถึงการที่มีค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะที่สูงขึ้นซึ่งเป็นพลาสติกที่ถูกออกแบบมาให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนดไว้โดยเฉพาะจึงทำให้สมบัติต่าง ๆ ของพลาสติกลดลงภายในช่วงเวลาหนึ่ง โดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีดังกล่าวต้องเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ในธรรมชาติเท่านั้น สามารถวัดได้โดยวิธีการทดสอบมาตรฐาน ซึ่งวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นดังนั้นพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้ (biodegradable plastic) จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาวัสดุสำหรับการใช้งานเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ทั้งในด้านวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและกระบวนการกำจัด ปัจจุบันพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้ ได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่งจากนักวิทยาศาสตร์ ตลอดจนนักอุตสาหกรรมชั้นนำทั่วโลก โดยพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้นั้นผลิตมาจากวัตถุดิบที่สามารถผลิตทดแทนขึ้นใหม่ได้ในธรรมชาติ (renewable resource) ใช้พลังงานในกระบวนการผลิตต่ำ และสามารถย่อยสลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ได้ด้วยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ ภายหลังจากการใช้งาน โดยพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้นั้นจะมีคุณสมบัติในการใช้งานได้เทียบเท่า

พลาสติกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีแบบดั้งเดิม (Commodity Plastics) และสามารถทดแทนการใช้งานที่มีอยู่ได้ [36]

การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม

จุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย และรา สามารถย่อยสลายพลาสติกได้โดยอาศัยเอนไซม์ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการสลายสายของพอลิเมอร์ให้กลายเป็นโอลิโกเมอร์ (oligomer) หรือโมโนเมอร์ (monomer) ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการสลายสารอาหารภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งถ้าเป็นการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน จะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย ในขณะที่การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และยังได้ก๊าซมีเทนกลับเข้าสู่สิ่งแวดล้อมอีกด้วย การย่อยสลายพลาสติกโดยจุลินทรีย์ถือเป็นการย่อยสลายที่สมบูรณ์เพราะไม่มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ซึ่งแตกต่างจากพลาสติกที่เกิดการย่อยสลายได้เองจาก แสง หรือความร้อน ซึ่งยังเหลือผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ที่ไม่สามารถย่อยสลายต่อไปได้ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม [37]

การย่อยสลายทางชีวภาพเป็นการย่อยสลายสายโซ่ของแป้งจากการทำงานของจุลินทรีย์โดยทั่วไปมีกระบวนการ 2 ขั้นตอน เนื่องจากขนาดสายโซ่แป้งยังมีขนาดใหญ่อยู่และไม่ละลายน้ำ ในขั้นตอนแรกของการย่อยสลายจะเกิดขึ้นภายนอกเซลล์ โดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์จะเข้าไปทำให้เกิดการแตกหักของพันธะที่ละหน่วยซึ่งอยู่ปลายนอกสุดของสายโซ่ เมื่อสายโซ่แตกจนมีขนาดเล็กพอที่จะแพร่ผ่านเข้าไปและทำให้เกิดการย่อยสลายต่อไป ในขั้นที่สองได้ผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (ultimate biodegradation) คือ พลังงานและสารประกอบขนาดเล็กที่เสถียรในธรรมชาติ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน น้ำ เกลือ แร่ธาตุ และมวลชีวภาพ [38]

การใช้งานผลิตภัณฑ์พลาสติกย่อยสลายได้

ปัจจุบันมีการนำเอาพลาสติกชีวภาพมาใช้ประโยชน์ในหลากหลายด้าน โดยมุ่งไปที่ประโยชน์ 3 ด้านหลักด้วยกัน คือนำ มาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ทางด้านการเกษตร และทางด้านบรรจุภัณฑ์ [39-41]

ประโยชน์ทางการแพทย์ พลาสติกย่อยสลายได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตวัสดุทางการแพทย์ เช่น ผิวน้ำเทียม ยาที่ถูกออกแบบมาให้สามารถควบคุมการปลดปล่อยตัวยาอย่างช้าๆ ภายในร่างกายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หรือไหมละลาย อุปกรณ์ประสาทศัลยกรรม และแผ่นตามกระดูกที่ได้รับการผ่าตัดและฝังอยู่ในร่างกายที่สามารถย่อยสลายได้เองภายหลังจากการทำหน้าที่ตามที่ได้รับออกแบบไว้แล้วเสร็จสิ้น ทำให้ไม่ต้องทำการผ่าตัดซ้ำเพื่อนำวัสดุที่ใช้ในการรักษาเสร็จแล้วออกจากร่างกายผู้ป่วย

ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น ฟิล์มคลุมดินสำหรับการเกษตรเป็นอุปกรณ์ทางการเกษตรที่สำคัญในการเพาะปลูกพืชบางชนิด เช่น มะเขือเทศ ซึ่งแผ่นฟิล์มจะช่วยป้องกันการเติบโตของวัชพืช และรักษาความชื้นในดิน การใช้ฟิล์มสามารถผลิตได้จากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพจะช่วยลดขั้นตอนการเก็บและกำจัดฟิล์มภายหลังจากเสร็จสิ้นการใช้งาน เนื่องจากสามารถกำจัดโดยการไถพรวนลงดินได้โดยตรง ช่วยป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุและสารอาหารบริเวณหน้าดินซึ่งมักเกิดขึ้นในขั้นตอนการเก็บและกำจัดฟิล์ม นอกจากนี้ยังมีการนำพลาสติกย่อยสลายได้มาใช้เป็นวัสดุควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญ เช่น ตัวยา ปุ๋ย สารเคมีสำหรับการเกษตร วัสดุกักเก็บน้ำสำหรับการเพาะปลูกพืชในทะเลทราย รวมถึงถุงหรือกระถางสำหรับเพาะต้นกล้า

ประโยชน์ทางด้านบรรจุภัณฑ์เพื่อการบริโภคเช่น ถาดย่อยสลายได้สำหรับอาหารสำเร็จรูปและอาหารจานด่วน จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาด้านการจัดการขยะบรรจุภัณฑ์ลงได้

การเตรียมพลาสติกชีวภาพจากแป้ง

พลาสติกชีวภาพเป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติและสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ วัสดุธรรมชาติที่นำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมีหลายชนิดส่วนใหญ่จะได้มาจากพืช ซึ่งแบ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่นิยมนำมาผลิตพลาสติกชีวภาพมากที่สุดเพราะหาได้ง่าย มีปริมาณมากและราคาถูก สำหรับประเทศไทยพืชที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชีวภาพคือ ข้าวโพดและมันสำปะหลังเนื่องจากเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีปริมาณมากและราคาถูก

การเตรียมพลาสติกชีวภาพจากแป้ง แป้งฟิล์มจะมีสมบัติเฉพาะตัวขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง โดยเฉพาะความสามารถในการละลายน้ำและฟิล์มจากปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกตินมีสมบัติที่แตกต่างกันโดยฟิล์มจากอะไมโลสจะมีความแข็งแรงสูง ส่วนฟิล์มจากอะไมโลเพกตินซึ่งมีโครงสร้างเป็นกิ่งก้านจะมีสมบัติเชิงกลที่แตกต่างออกไป โดยมีค่าความเค้นต่ำ [42] โดยเฉพาะสมบัติเชิงกลและสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของสาร ฟิล์มจากแป้งมีสมบัติชอบน้ำมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี แต่มีข้อด้อยคือไอน้ำซึมผ่านได้ง่าย [43] โดยทั่วไปมักเติมสารจำพวกพลาสติกไซเซอร์ เช่น กลีเซอรอล เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์มจากแป้งโดยการเพิ่มความยืดหยุ่นหรือลดความเปราะของแผ่นฟิล์ม อย่างไรก็ตามพลาสติกไซเซอร์มักส่งผลกระทบต่อความสามารถในการซึมผ่านของน้ำและอากาศ ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มและมีความยืดหยุ่น โดยสมบัติด้านความยืดหยุ่นจะแปรผันตามปริมาณของพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อค่าความทนทานต่อแรงดึง ลักษณะของฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ได้ แต่จะมีลักษณะที่ค่อนข้างเปราะ ความยืดหยุ่นน้อยและความคงตัวต่อความชื้นน้อย [44-45] ดังนั้นจึงมีงานวิจัยนี้ขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีผู้ทำการศึกษาไว้มากมาย จากแป้งหลายชนิด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Mali *et.al.* (2002) ศึกษาสมบัติแผ่นฟิล์มที่เตรียมจากแป้งมันเสา (*Dioscorea alata*) ฟิล์มถูกเตรียมขึ้นโดยใช้วิธีความร้อน ใช้ส่วนผสมของกลีเซอรอลใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) โดยใช้อัตราส่วนกลีเซอรอล คือ 1.30, 1.65 และ 2.00 กรัม/100 ของส่วนผสม และแป้ง คือ 3.30, 3.65 และ 4.00 กรัม/100 ของส่วนผสม จากผลการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบแผ่นฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลและไม่เติมกลีเซอรอล ซึ่งกลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์มีผลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability) พบว่าเมื่อแผ่นฟิล์มที่เติมกลีเซอรอล อัตราการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มมีค่ามากกว่าแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้เติมกลีเซอรอล เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดีกว่า ทำการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม (scanning electron microscopy : SEM) พบว่าแผ่นฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลตามอัตราส่วนต่างๆ ผลไม่แตกต่างกันมากนัก โดยพื้นผิวของแผ่นฟิล์มมีความเรียบ ไม่มีรูและรอยแตกแยก เนื้อแผ่นฟิล์มมีความเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นตัวบ่งชี้ว่าแผ่นฟิล์มมีความสมบูรณ์ทางโครงสร้างและเคลือบว่ามีสมบัติเชิงกลที่ดี [46] เมื่อนำมาศึกษาสมบัติเชิงกลพบว่าผลความหนาแน่นของฟิล์มแตกต่างกัน คือ 0.07, 0.09 และ 0.11 มิลลิเมตร จากการ

ทดสอบความหนาที่เพิ่มขึ้น แรงตึงผิวก็เพิ่มมากขึ้น ส่วนความแข็งแรงนี้ขึ้นอยู่กับการใช้กลีเซอรอล ถ้าหากใช้กลีเซอรอลมากก็จะมีแรงตึงผิวมากขึ้น และฟิล์มก็จะมีความยืดหยุ่นที่เพิ่มมากขึ้น [47]

หลังจากนั้นจึงมีงานวิจัยที่ศึกษาการเตรียมแผ่นฟิล์มจากแป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันเสา โดยใช้แป้งชนิดต่างๆ 3 กรัม ใช้อัตราส่วนกลีเซอรอลที่แตกต่างกันคือ คือ 0, 20 และ 40 กรัม/100 กรัมของแป้ง เมื่อนำไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยหาปริมาณอะไมโลส (amylose) ของแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งมันเสา มีปริมาณอะไมโลส 19%, 25% และ 29% ตามลำดับ ซึ่งปริมาณอะไมโลสมีความสำคัญต่อการขึ้นรูปของแผ่นฟิล์ม เมื่อนำไปศึกษาสมบัติเชิงกลโดยการทดสอบการต้านทานแรงดึง (tensile strength:TS) ของแผ่นฟิล์มจากแป้งทั้งสามชนิด พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลมากขึ้น มีผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดลดลง เนื่องจากกลีเซอรอลมีผลทำให้แผ่นฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จากค่าของแป้งทั้ง 3 ชนิด แผ่นฟิล์มที่ทำมาจากแป้งมันเสามีค่าต้านทานแรงดึงมากที่สุด รองลงมาคือแผ่นฟิล์มจากแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง เพราะว่าแป้งมันเสามีปริมาณอะไมโลสมากที่สุด ทำให้สามารถเกิดโครงสร้างตาข่ายเชื่อมโมเลกุลแป้งเข้าด้วยกันและต่อเนื่อง ทำให้เกิดแผ่นฟิล์มที่มีความแข็งแรงมากขึ้น ทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อนำแผ่นฟิล์มที่เตรียมจากแป้งทั้ง 3 ชนิด ไปทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนักมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนกลีเซอรอลมากขึ้นค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มมีค่ามากกว่าแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้เติมกลีเซอรอล เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำสามารถดูดความชื้นจากอากาศได้ดีกว่า [48]

ต่อมาได้มีการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและทางกายภาพของแผ่นฟิล์มจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง โดยการเตรียมฟิล์มแป้งมันสำปะหลังและฟิล์มแป้งข้าวเจ้า ใช้ความเข้มข้นแป้ง 3 ระดับ คือ แป้ง 5, 10 และ 15 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตร เติมพลาสติกไซเซอร์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักแป้ง ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ได้ใส โปร่งแสง มันวาวเรียบทั้งสองด้าน ยืดหยุ่นและนุ่ม แต่ฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะขุ่น โปร่งแสง ด้านหนึ่งเรียบมันวาวอีกด้านหนึ่งไม่มันวาว เนื่องจากสมบัติของแป้งข้าวเจ้ามีการพองตัวสองชั้น จากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลพบว่าฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังคุณสมบัติโดยรวมดีกว่าฟิล์มแป้งข้าวเจ้า ซึ่งฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5 มีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำที่ดี และเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแป้งเพิ่มมากขึ้น และที่ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 15 ฟิล์มนั้นสามารถยึดตัว และมีความต้านทานต่อแรงดึงขาดที่สูงกว่า เนื่องจากในโมเลกุลของแป้งประกอบด้วยอะไมโลส ทำให้สามารถเกิดโครงสร้างตาข่ายเชื่อมโมเลกุลแป้งเข้าด้วยกันมีขนาดใหญ่ขึ้น จึงทำให้แผ่นฟิล์มที่มีความเข้มข้นของแป้งสูงมีความสามารถในการยึดตัวและทนทานต่อแรงดึงขาดได้ดีขึ้น [49]

ทำการศึกษาการผลิตฟิล์มจากแป้งหัวจิ้น [50] โดยใช้ความเข้มข้นแป้งหัวจิ้นเป็น 3 ระดับ คือ แป้งร้อยละ 5, 7.5 และ 10 โดยน้ำหนัก และเติมอัตราส่วนกลีเซอรอล 3 ระดับ คือ ร้อยละ 30, 60 และ 90 โดยน้ำหนักของแป้ง นำแผ่นฟิล์มที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางเคมี, กายภาพ และเชิงกล จากการทดลองพบว่าความหนาของฟิล์มจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งและกลีเซอรอล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวัฒนา (2539) [51] ผลการทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของแผ่นฟิล์ม เมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอล จะทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำมากขึ้น ในขณะที่การเพิ่มปริมาณแป้ง มีผลทำให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณแป้ง มีผลทำให้ปริมาณอะไมโลสสูงขึ้น จึงเกิดโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรง ทำให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มจะลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของกษิตติ และคณะ (2553) [52] ในขณะที่การเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอล จะมีผลทำให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ

[53] ทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำมากขึ้น จากนั้นนำแผ่นฟิล์มมาศึกษาสมบัติเชิงกล พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของกลีเซอรอลมากขึ้น มีผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดลดลง เนื่องจากกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นทำให้แรงระหว่างโมเลกุลอ่อนตัวลง ฟิล์มจึงมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดจึงลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chillo และคณะ (2008) [54] และเมื่อเพิ่มปริมาณแบ้งมากขึ้น โครงสร้างของพอลิเมอร์เกิดเป็นร่างแหที่แข็งแรงมากขึ้น มีผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการยืดตัวของแผ่นฟิล์ม (elongation: %E) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของแบ้งและกลีเซอรอลมากขึ้น จะทำให้มีค่าการยืดตัวของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอล สามารถลดลักษณะที่เปราะของฟิล์ม โดยเพิ่มลักษณะการยืดหยุ่น โค้งงอ ทำให้ฟิล์มจับกันเป็นแผ่น เพิ่มการยืดตัวของฟิล์ม [55-56] และเมื่อศึกษาค่าการต้านทานน้ำมันของแผ่นฟิล์ม พบว่ามีความต้านทานน้ำมันได้มากกว่า 720 ชั่วโมงหรือ 30 วัน ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้นั้นใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์เป็นส่วนหนึ่งของโมเลกุลที่ชอบน้ำ เมื่อนำมาทดสอบการต้านทานน้ำมัน ซึ่งน้ำมันมีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ จึงทำให้น้ำมันไม่สามารถซึมผ่านแผ่นฟิล์มได้ สามารถนำไปผลิตเป็นภาชนะบรรจุอาหารที่มีไขมันได้ ซึ่งก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการประยุกต์ใช้ประโยชน์

รศ.ดร.เมธา รัตนารพิทักษ์ และคณะ (2560); ได้ทำการศึกษาถุงเพาะปลูกสตอร์วเบอร์รี่และพริกพันธุ์ซูเปอร์ฮอทโดยการตัดแปรงโครงสร้างทางเคมีของแบ้งมันสำปะหลังและยางธรรมชาติ เพื่อความเข้ากันได้ขององค์ประกอบในสารผสม มีการศึกษาผลของปริมาณแบ้งและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีต่อสมบัติการทนแรงดึง สมบัติพื้นผิว และสมบัติเชิงความร้อน พัฒนาการขึ้นรูปของสารผสมระหว่าง LDPE และแบ้งให้เป็นแผ่นฟิล์ม จนได้ถุงพลาสติกต้นแบบเพื่อใช้ในการปลูกพริกและสตอร์วเบอร์รี่ และวิเคราะห์การย่อยสลายของถุงพลาสติกในระดับห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่าถุงที่มีแบ้งร้อยละ 50 ย่อยสลายได้ดีที่สุด (ร้อยละ 39.97) ส่วนถุงที่มีแบ้ง ร้อยละ 40 ย่อยสลายได้ร้อยละ 24.77 ในขณะที่ถุงปลูกปกติ (LDPE) ไม่มีการย่อยสลาย การทดสอบถุงตัวอย่างที่มีปริมาณแบ้งต่างกันเพื่อเป็นถุงเพาะกล้าพริก ถุงปลูกพริก พร้อมกับการศึกษาการย่อยสลายของถุงตัวอย่างทั้งคุณสมบัติเชิงกล สมบัติพื้นผิว และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักถุง ผลการศึกษาให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาในห้องปฏิบัติการ การศึกษาผลของการใช้ถุงตัวอย่างที่มีแบ้งเป็นองค์ประกอบต่อการเจริญเติบโตของพริก และสตอร์วเบอร์รี่พบว่า ผลการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 2 ชนิดระหว่างการปลูกในถุงที่พัฒนาขึ้น และถุงปลูกปกติไม่แตกต่างกัน แต่มีการเปลี่ยนสีของรากพริกจากสีขาวเป็นสีน้ำตาล ในกรณีที่มีการใช้ถุงเพาะกล้าที่มีแบ้งสูง อาจเนื่องมาจากเกิดกระบวนการหมักและมีการเกิดขึ้นในระหว่างการปลูกและมีผลต่อการเจริญเติบโตของราก ซึ่งการวิเคราะห์ราคาต้นทุนต่อถุงของถุงพลาสติกที่พัฒนาขึ้นพบว่า ยังมีราคาสูงกว่าถุงที่ใช้กันอยู่ทั่วไป (3-5 เท่า) และหากเก็บรักษาถุงในสภาวะเปิดจะพบว่าถุงมีลักษณะติดกัน และมีราเกิดขึ้น ดังนั้น จึงต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงสูตรเพิ่มเติมเพื่อลดต้นทุนการผลิต และป้องกันการเกิดเชื้อราต่อไป ปัจจุบันบริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) ได้ให้ความสนใจในการนำผลจากโครงการวิจัยไปต่อยอด เพื่อขยายผลเชิงธุรกิจ และขยายการใช้ประโยชน์แก่เกษตรกรให้กว้างขวางขึ้นเป็นการช่วยลดการนำเข้าถุงพลาสติกจากต่างประเทศ และลดปริมาณขยะให้กับสิ่งแวดล้อมต่อไป [57]

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- มันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาฮี และ พันธุ์ระยอง 2, จาก ต.แก่งผักกูด อ. ท่าหลวง จ. ลพบุรี และพันธุ์ระยอง 2 จาก ต. โคกสลุง อ. พัฒนานิคม จ. ลพบุรี

3.1.2 สารเคมี

- กลีเซอรอล (Glycerol) (บริษัท อินเตอร์เอ็ดดูเคชั่น ซัพพลายส์ จำกัด)
- โซเดียม เมตาไบซัลไฟต์ (Sodium Metabisulfite)
- เอทานอล (Ethyl Alcohol 95%)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide pellets)

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- ถ้วยอะลูมิเนียม

ฮีทเตอร์ (ยี่ห้อ Velp Scientifica รุ่น JLT6)

- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven ยี่ห้อ Memmert รุ่น UN 110)

- โถดูดความชื้น (glass type desiccator)

- ตู้ดูดควัน

- เครื่องชั่งสองตำแหน่ง (ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น ML 802/01)

- เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) (ยี่ห้อ Hettich รุ่น Universal 32)

- เครื่องปั่นละเอียด (ยี่ห้อ SHARP รุ่น EM-ICE 2)

- เครื่องชั่งสูง (ยี่ห้อ Power Goldex รุ่น PFS-200)

- เครื่องเขย่าสาร (ยี่ห้อ NEW BRUNSWICK SCIENTIFIC รุ่น innova2100)

3.1.4 เครื่องมือในการวิเคราะห์

- เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex EZ, ประเทศไทย)

- เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis; TPA) (Texture Analyzer รุ่น

TA.XT.plus)

- เครื่องวัดความหนา (Micrometer) (ยี่ห้อ Mitutoyo Scientifica รุ่น M110-25)

- เครื่องวัดค่าแอกติวิตี (Water activity meter) (ยี่ห้อ Aqualab รุ่น Series 4TE)

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

3.2.1 การเตรียมแป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ 5 นาที่ และ พันธุ์ระยอง 2 นำมาจาก ต.แก่งฝักกูด อ.ท่าหลวง จ. ลพบุรี โดยมีวิธีการเตรียมแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ ดังนี้

3.2.1.1 การเตรียมแป้งดิบจากมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์

ล้างทำความสะอาดแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ เพื่อขจัดเศษดิน และสิ่งสกปรก ปลอกเปลือกแล้วล้างด้วยน้ำอีกครั้ง หั่นให้เป็นแผ่นบางๆ นำไปปั่นละเอียดโดยผสมน้ำในอัตราส่วนหัวมันต่อน้ำเท่ากับ 1:2 ด้วยเครื่องปั่นผสมไฟฟ้า (SHARP, EM-ICE 2, ประเทศไทย) เป็นเวลา 2 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง ทิ้งไว้ให้แป้งตกตะกอน จากนั้นเทของเหลวส่วนบนออกแล้วล้างตะกอนแป้งด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ 0.5% 2 ครั้ง และน้ำสะอาด 3 ครั้ง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 2000 rpm เป็นเวลา 15 นาที นำตะกอนแป้งที่ได้ไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อน (Memmert, UN 110, ประเทศเยอรมัน) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง บดตะกอนแป้งให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมไฟฟ้า ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุผงแป้งในภาชนะที่มีฝาปิด และเก็บรักษาในโถดูดความชื้น

3.2.1.2 การเตรียมแผ่นฟิล์ม

เตรียมฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ โดยละลายแป้งในน้ำกลั่น ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร กวนผสมพร้อมกับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเติมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักของแป้ง กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันนาน 5 นาที ขึ้นรูปโดยเทสารละลายน้ำแป้ง ลงในแม่พิมพ์เทอร์พอนขนาด ขนาด 32x26 เซนติเมตร อบที่แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง หรือจนแห้งสนิท จากนั้นลอกแผ่นฟิล์มออกจากแม่พิมพ์ และเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

3.2.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์ม

3.2.2.1 ความหนา (Thickness)

วัดความหนาของฟิล์มแป้ง ด้วยเครื่องมือไมโครมิเตอร์ (Mitutoyo, ญี่ปุ่น) โดยหาค่าเฉลี่ยของการวัดทั้งหมด 5 จุด

3.2.2.2 ค่าสี

วัดสีของฟิล์มแป้ง โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color Flex Z2, ญี่ปุ่น) แสดงเป็นค่า L* (ความสว่าง 0 หมายถึงสีดำ และ 100 หมายถึงสีขาว) a* (ค่าสีแดง-เขียว +a* หมายถึงสีแดง และ -a* หมายถึงสีเขียว) และ b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน +b* หมายถึงสีเหลือง -b* หมายถึงสีน้ำเงิน) [58]

3.2.2.3 การศึกษาคุณสมบัติการต้านทานแรงดึง (Tensile strength, TS) และการต้านทานแรงเจาะ (Puncture strength)

การต้านทานแรงดึง (Tensile strength, TS) และการต้านทานแรงเจาะ ตามวิธีของ กมลทิพย์ และคณะ (2553) [59] โดยใช้เครื่อง Texture Analyser (Stable microsystems, TA-XT2, ประเทศอังกฤษ) ตัดแผ่นฟิล์มให้มีขนาด 25 x 100 มิลลิเมตร วัดค่า Tensile Grip รายงานผลเป็นค่าการต้านทานแรงดึง

3.2.2.4 การละลายน้ำ (Water solubility)

ทดสอบการละลายน้ำตามวิธีของ Ekthamasut และคณะ (2001) [60] โดยนำแผ่นฟิล์มมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก (W_1) แล้วนำไปละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยกวนด้วยแท่งกวนแม่เหล็ก (magnetic stirrer) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.4 ที่ชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว (a_1) จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที ชั่งน้ำหนักของกระดาษกรอง (a_2) บันทึกผลและคำนวณ ดังนี้

$$\% \text{ water solubility} = \{(W_1 - (a_2 - a_1)) / W_1\} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของแผ่นฟิล์ม

a_1 = น้ำหนักของกระดาษกรองก่อนอบ

a_2 = น้ำหนักของกระดาษกรองหลังอบ

3.2.2.5 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity, a_w)

วัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า a_w (Aqualab model series 4, Decagon device inc, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.2.3 ศึกษาการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังทั้ง 2 สายพันธุ์

ตัดแผ่นฟิล์มแป้งให้มีขนาด 2 x 5 เซนติเมตร นำมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปฝังลงในดินที่นำมาจากแปลงปลูกมันสำปะหลัง ลักษณะเป็นดินร่วน ทำการฝังในกระถางเพาะชำ โดยนำดินบรรจุในถาดเพาะชำขนาด 17.5 x 46.5 เซนติเมตร และฝังแผ่นฟิล์มให้มีความลึกประมาณ 8-10 เซนติเมตร วางในที่ร่ม ไม่มีการให้น้ำ และความชื้นเริ่มต้นของดินเท่ากับร้อยละ 21 โดยน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์มทุกสัปดาห์ บันทึกผลการทดลองและคำนวณการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้ง โดยมีแผ่นฟิล์มพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (PE) เป็นชุดควบคุม

$$\% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (2)$$

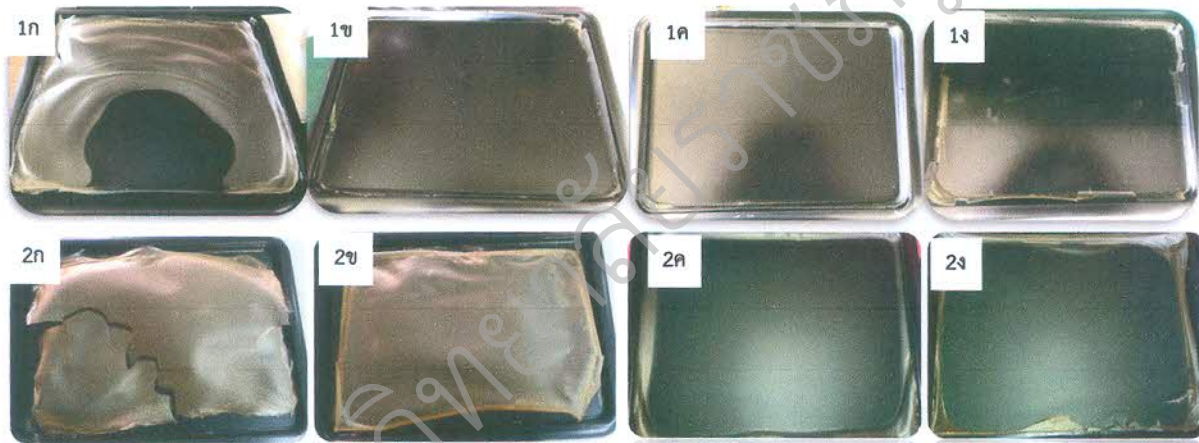
เมื่อ A = น้ำหนักของแผ่นฟิล์มเริ่มต้น (กรัม)

B = น้ำหนักของแผ่นฟิล์มหลังการย่อยสลาย (กรัม)

บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากรูปที่ 1 การสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าแผ่นฟิล์มแข็งมันสำหรับหลังพันธุ 5 นาที ที่มีกลีเซอรอลในอัตราส่วนร้อยละ 0 (รูปที่ 1ก) มีลักษณะเปราะ และแตกหักง่าย ในขณะที่แผ่นฟิล์มแข็งมันสำหรับหลังพันธุ 5 นาที ที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลร้อยละ 20 (รูปที่ 1ข) มีลักษณะโปร่งใส ผิวเรียบ ค่อนข้างมัน มีความเปราะเล็กน้อย แผ่นฟิล์มแข็งมันสำหรับหลังพันธุ 5 นาที ที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลร้อยละ 30 (รูปที่ 1ค) มีลักษณะโปร่งใส ผิวเรียบ ค่อนข้างมัน สามารถขึ้นรูปได้ดี ส่วนแผ่นฟิล์มแข็งมันสำหรับหลังพันธุ 5 นาที ที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลร้อยละ 40 มี (รูปที่ 1ง) ลักษณะขุ่นเล็กน้อย ผิวไม่ค่อยเรียบ และขาดง่าย ส่วนแผ่นฟิล์มแข็งมันสำหรับหลังพันธุ ระยะ 2 ที่มีกลีเซอรอลในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 (รูปที่ 2ก-2ง) มีลักษณะเช่นเดียวกับแผ่นฟิล์มแข็งมันสำหรับหลังพันธุ 5 นาที จากการสังเกตเบื้องต้นสรุปได้ว่ากลีเซอรอลมีผลทำให้แผ่นฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารประเภท polyol ที่ชอบน้ำ (hydrophilic plasticizer) จึงสามารถเข้าจับกับ hydrophilic sites บนโมเลกุลของแข็งมันได้ง่าย กลีเซอรอลจะเข้าไปเชื่อมระหว่างโมเลกุลของแข็งมันกับแข็งมัน ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของแข็งมันอ่อนตัวลงมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น จึงสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้โดยไม่แข็งจนเปราะ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้ใส่กลีเซอรอลซึ่งมีลักษณะแข็งกรอบ และแตกง่าย



รูปที่ 1 แสดงลักษณะภายนอกแผ่นฟิล์ม (1ก-1ง) แผ่นฟิล์มแข็งมันสำหรับหลังพันธุ 5 นาที ที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 และ (2ก-2ง) แผ่นฟิล์มแข็งมันสำหรับหลังพันธุระยะ 2 ที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40

แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ และพันธุ์ระยอง 2 ที่เตรียมได้มีความหนาอยู่ในช่วง 0.20-0.31 และ 0.20-0.30 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยที่ความหนาของแผ่นฟิล์มจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวัฒน์ และคณะ, 2539 [61] เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L^*) ของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ และพันธุ์ระยอง 2 ที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 มีค่าความสว่างใกล้เคียงกันซึ่งอยู่ในช่วง 14-19 ค่าแอกติวิตีของน้ำ (a_w) ของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ และพันธุ์ระยอง 2 อยู่ระหว่าง 0.40-0.50 ไม่อยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากจุลินทรีย์จะเติบโตได้ที่ a_w ประมาณ 0.70-0.99

ค่าการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ และพันธุ์ระยอง 2 มีค่าสูงขึ้นตามปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ ละลายน้ำได้ดี [62] ส่งผลให้ค่าการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ และพันธุ์ระยอง 2 ที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ (พันธุ์ 5 นาที่ และพันธุ์ระยอง 2)

ปริมาณ กลีเซอรอล (%)	ความหนา (mm)	ความสว่าง L^*	ค่าแอกติวิตีของน้ำ (a_w)	ค่าการละลาย (%)
แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่				
0	0.20±0.01	14.47±0.72	0.40±0.01	33.10±0.02
20	0.22±0.02	15.47±1.06	0.49±0.01	47.83±2.95
30	0.26±0.02	18.42±2.02	0.42±0.02	50.10±1.95
40	0.31±0.01	18.33±0.82	0.44±0.01	61.90±6.82
แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2				
0	0.21±0.01	15.42±0.52	0.41±0.01	34.15±0.01
20	0.23±0.02	16.71±1.00	0.43±0.02	48.31±1.95
30	0.24±0.02	19.33±1.12	0.44±0.01	49.10±0.75
40	0.30±0.02	19.10±0.72	0.42±0.01	60.10±1.82

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลดังแสดงในตารางที่ 4 จากค่าต้านทานการดึงขาด พบว่าแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ ด้านทานการดึงขาดมากกว่าแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยะยง 2 จากการผสมกลีเซอรอลร้อยละ 40 ในแผ่นฟิล์มมีค่าการต้านทานแรงดึง (TS) ต่ำที่สุด รองลงมาคือแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 30, 20 และ 0 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น ตามลำดับ พบว่ากลีเซอรอลมีผลทำให้ค่า TS ของฟิล์มแป้งลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chillo และคณะ, 2008 [63] ทั้งนี้เนื่องมาจากโมเลกุลกลีเซอรอลแทรกตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลสายโซ่อะไมโลสของแป้ง ซึ่งลดการเกิดโครงสร้างผลึกของอะไมโลสในแป้ง ทำให้ความแข็งแรงของฟิล์มแป้งลดลง

จากค่าความสามารถในการต้านทานแรงเฉียดดังแสดงในตารางที่ 2 แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ ด้านทานแรงเฉียดน้อยกว่าแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยะยง 2 และเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอล พบว่าค่าต้านทานแรงเฉียดลดลงตามลำดับ เนื่องจากผลของกลีเซอรอล มีผลทำให้ความแข็งแรงของฟิล์มที่ได้ลดลง ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณกลีเซอรอลแทรกจับพันธะระหว่างสายโซ่โมเลกุลแป้ง จึงทำให้แผ่นฟิล์มมีความแข็งแรงลดลง [64]

ตารางที่ 4 แสดงคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ (พันธุ์ 5 นาที่ และพันธุ์ระยะยง 2)

ปริมาณ กลีเซอรอล (%)	ค่าต้านทานการดึงขาด (N/mm)	ค่าต้านทานแรงเฉียด (N/mm)
แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่		
0	1.39±0.56	81.40±0.26
20	0.63±0.01	60.85±0.32
30	0.61±0.33	54.11±0.45
40	0.31±0.09	52.31±0.21
แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยะยง 2		
0	1.86±0.45	71.10±0.06
20	0.49±0.01	66.05±0.30
30	0.39±0.15	63.11±0.75
40	0.30±0.04	62.71±0.41

จากตารางที่ 5 และ 6 ศึกษาการย่อยสลายโดยธรรมชาติของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที่ และพันธุ์ระยะยง 2 ตามลำดับ โดยทำการฝังดินเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ทุก ๆ สัปดาห์เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (ชุดควบคุม) ไม่เกิดการย่อยสลาย ในขณะที่แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที่ ที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 มีการย่อยสลายได้ร้อยละ 12.82, 14.92, 55.20 และ 57.94 ตามลำดับ ส่วนแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ระยะยง 2 ที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 มีการย่อยสลายได้ร้อยละ

ละ 12.28, 29.03, 33.82 และ 55.38 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากแป้งเป็นโมเลกุลชีวภาพจึงย่อยสลายได้ง่าย ประกอบกับกลีเซอรอลที่เป็นส่วนผสมของฟิล์มสามารถละลายน้ำได้ดีจึงช่วยให้แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ดียิ่งขึ้น

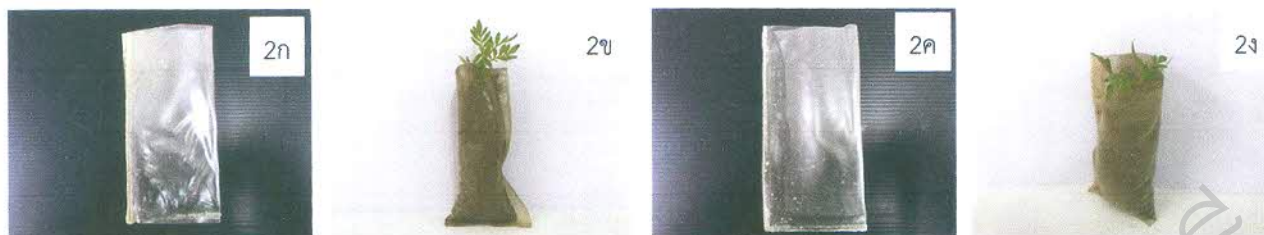
ตารางที่ 5 การย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที

ตัวอย่าง	ลักษณะทางกายภาพ		ร้อยละของการย่อยสลาย
	ก่อนการย่อยสลาย	หลังการย่อยสลาย	
พลาสติกพอลิเอทิลีน (ชุดควบคุม)			0.00
แป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที ผสม กลีเซอรอลร้อยละ 0			12.82
แป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที ผสม กลีเซอรอลร้อยละ 20			14.92
แป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที ผสม กลีเซอรอลร้อยละ 30			55.20
แป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที ผสม กลีเซอรอลร้อยละ 40			57.94

ตารางที่ 6 การย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2

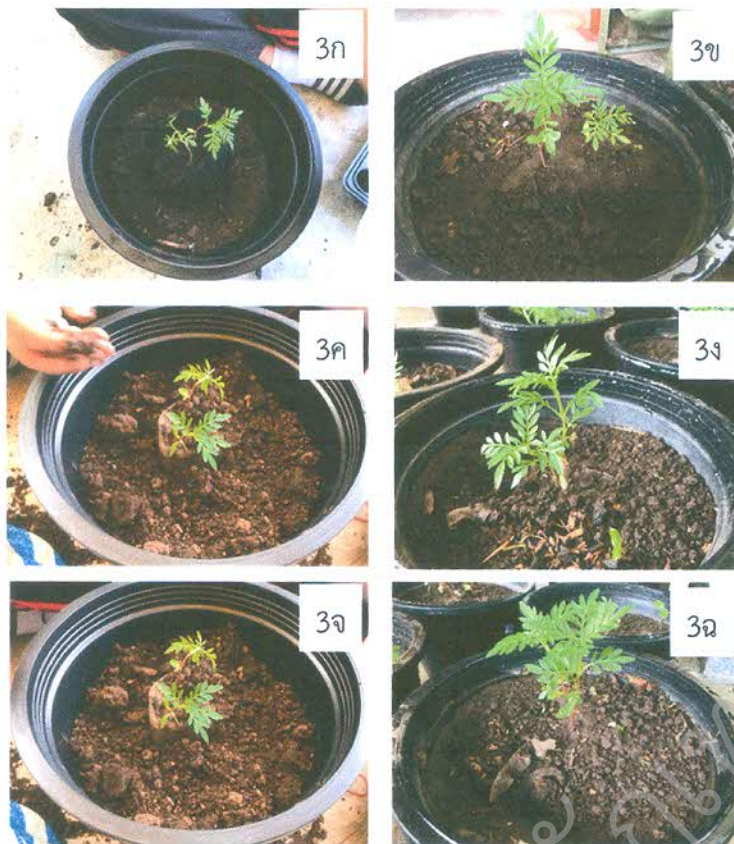
ตัวอย่าง	ลักษณะทางกายภาพ		ร้อยละของการย่อยสลาย
	ก่อนการย่อยสลาย	หลังการย่อยสลาย	
พลาสติกพอลิเอทิลีน (ชุดควบคุม)			0.00
แป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 2 ผสม กลีเซอรอลร้อยละ 0			12.28
แป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 2 ผสม กลีเซอรอลร้อยละ 20			29.03
แป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 2 ผสม กลีเซอรอลร้อยละ 30			33.82
แป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 2 ผสม กลีเซอรอลร้อยละ 40			55.38

จากผลของการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยะยง 2 จากที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น แผ่นฟิล์มที่ผสมอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 0 และ 20 แผ่นฟิล์มที่ได้นั้นมีลักษณะเปราะ แตกง่าย ส่วนอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 40 ลักษณะ ผิวไม่ค่อยเรียบ และขาดง่าย ซึ่งอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 สามารถขึ้นรูปได้ดี จึงนำมาขึ้นรูปเป็นถุงเพาะชำเพื่อนำไปใช้ในสภาวะการปลูกจริง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงลักษณะถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที (2ก) และพันธุ์ระยะยง 2 (2ค) ที่อัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 และถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที (2ข) และพันธุ์ระยะยง 2 (2ง) ใส่ดินสำหรับนำไปปลูกจริง

จากรูปที่ 3 นำถุงเพาะชำมาทดลองปลูกพืช พืชที่ใช้ปลูกในงานวิจัยนี้คือดาวเรือง เนื่องจากดาวเรืองเป็นพืชที่เกษตรกรอำเภอโคกสำโรงนิยมปลูกเพื่อสร้างรายได้ โดยแบ่งถุงออกเป็น 3 ชนิด คือ ถุงเพาะชำพลาสติกพอลิเอทิลีน (ชุดควบคุม) (รูปที่ 3ก) ถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที (รูปที่ 3ค) และพันธุ์ระยะยง 2 (รูปที่ 3จ) เมื่อเพาะปลูกพืชเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ของถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที (รูปที่ 3ข) และพันธุ์ระยะยง 2 (รูปที่ 3ง) ที่อัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 (รูปที่ 3ฉ) พบว่าพืชที่ปลูกโดยใช้ถุงเพาะชำจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตที่ดีไม่ต่างกับพืชที่ปลูกด้วยถุงเพาะชำพลาสติกพอลิเอทิลีน จากการทดลองดังกล่าวซึ่งนำมาเป็นประโยชน์ให้กับเกษตรกรเนื่องจากการปลูกพืชเพาะชำในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนเกษตรกรจำเป็นต้องตั้งต้นกล้าออกจากถุงเพาะชำก่อนนำไปลงในดินและก็ต้องระมัดระวังในการตั้งพืชที่จะเพาะออกเพราะถ้าไม่ทำอย่างระมัดระวังรากของพืชอาจเกิดการขาดเมื่อนำไปสู่ดิน ต้นไม้จะชะงักการเจริญเติบโตได้ แต่ถ้าใช้ถุงเพาะชำที่ทำมาจากพลาสติกย่อยสลายได้ เกษตรกรไม่ต้องตั้งต้นกล้าออกจากถุงเพาะชำให้กลายเป็นปุ๋ยบำรุงพืชได้อีกด้วย



รูปที่ 3 แสดงลักษณะการปลูกพืชจริงของถุงเพาะชำพลาสติกพอลิเอทิลีน (3ก) ถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที (3ค) และพันธุ์ระยอง 2 (3จ) ที่อัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 และลักษณะของการปลูกพืชเมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ ของถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที (3ข) และพันธุ์ระยอง 2 (3ง) ที่อัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 (3ฉ)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการผลิตฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ 5 นาที่ และพันธุ์ระยะยง 2 เป็นวัตถุดิบราคาถูกและหาได้ง่ายในท้องถิ่น เมื่อศึกษาสภาวะการเตรียมแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ โดยใช้แป้ง 5% (w/v) และแปรปริมาณกลีเซอรอลซึ่งเป็นพลาสติกไซเซอร์ 4 ระดับคือ ร้อยละ 0 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง (w/v) พบว่าการเติมกลีเซอรอลสามารถช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น การละลายน้ำให้กับแผ่นฟิล์ม ส่วนสมบัติทางกล พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลมากขึ้น มีผลทำให้ค่าต้านทานแรงดึงขาดและค่าต้านทานแรงเฉาะลดลง ในการเปรียบเทียบการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ ที่มีกลีเซอรอลเป็นส่วนผสมสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ โดยแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที่ มีการย่อยสลายได้ร้อยละ 12-57 ส่วนแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ระยะยง 2 มีการย่อยสลายได้ร้อยละ 12-55 ภายใน 2 สัปดาห์ และเมื่อนำแผ่นฟิล์มมาขึ้นรูปเป็นถุงเพาะชำ พบว่าแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ ที่ผสมอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 สามารถขึ้นรูปถุงเพาะชำได้ดีที่สุด จึงนำไปศึกษาการเพาะปลูกพืชสภาวะจริง พบว่าพืชที่ปลูกโดยใช้ถุงเพาะชำจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตที่ดีไม่ต่างกับพืชที่ปลูกด้วยถุงเพาะชำพลาสติกพอลิเอทิลีน

ข้อเสนอแนะ

1. การผลิตแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดของพลาสติกไซเซอร์
2. การผลิตฟิล์มแป้งมันสำปะหลังสายพันธุ์ระยะยง 2 ค่อนข้างหายาก เนื่องจากเกษตรกรไม่ค่อยนิยมปลูกกันเพราะว่าได้ผลผลิตน้อย จึงหันไปปลูกสายพันธุ์อื่น ทำให้หาวัตถุดิบยาก ควรที่จะศึกษาการผลิตแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากมันสำปะหลังสายพันธุ์อื่นแทน

บรรณานุกรม

1. Abdou, E.S. and Sorour, M.A. (2014). Preparation and characterization of Starch/carrageenan Edible Films, *International Food Research Journal*, 21(1), 189-193
2. Pena, D.C. and Torres, J.A. (1991). Sorbic Acid and Potassium Sorbate Permeability of an Edible Methylcellulose–Palmitic Acid Films Water Activity and pH Effects, *Journal of Food Science*, 56, 497-499
3. กล้าณรงค์ ศรีรอด, กาญจนา กุ์โรจนวงศ์ และวิไล สันติโสภาศรี. (2541). โครงสร้างของอะไมโลส อะไมโลเพคตินและคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่สกัดได้จากเกษตรศาสตร์ 50 ในอายุต่างๆกัน ในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36, 3-5 กุมภาพันธ์ 2541, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
4. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2558 <https://th.wikipedia.org> (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2561)
5. มติชนกรู๊ป: หนังสือพิมพ์และนิตยสารในเครือมติชน, 15 กันยายน พ.ศ. 2554 มั่นทานาที่ <http://info.matichon.co.th> (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2560)
6. Jiménez, A., Fabra, M. J., Talens, P., & Chiralt, Amparo. (2012). Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 2058-2076.
7. เต็ม สมิตินันท์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ
8. สมพร ภูติยานันต์. 2546. สมุนไพรใกล้ตัว เล่ม 6: สมุนไพรที่เป็นพืช. วิทยาศาสตร์เกษตรกรรม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ศูนย์การพิมพ์, เชียงใหม่
9. ลีนา ผู้พัฒนาพงศ์. 2530. สมุนไพรไทยตอนที่ 5. ฝ่ายพฤกษศาสตร์ป่าไม้ กองบำรุง กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ
10. กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 303 หน้า
11. Sajilata, M.G., Singhal, R.S. and Kulkarni, P.R. (2006). Resistant Starch - A Review. *Food Science and Food Safety*, 5, 1-17
12. กล้าณรงค์ ศรีรอด, กาญจนา กุ์โรจนวงศ์ และวิไล สันติโสภาศรี, 2541, "โครงสร้างของอะไมโลส อะไมโลเพคตินและคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่สกัดได้จากเกษตรศาสตร์ 50 ในอายุต่างๆกัน", ในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36, 3-5 กุมภาพันธ์ 2541, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
13. Xie, F., Yu, L., Su, B., Liu, P., Wang, Jun., Liu, H. and Chen, L. (2009). Rheological properties of starches with different amylose/amylopectin ratios. *Journal of Cereal Science*, 49, 371-377
14. Fredriksson, H., Silverio, J., Andemon, R., Eliasson, A.C. and Aman, P. (1998). The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches. *Carbohydrate Polymers*, 35(1), 19-134

15. กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543, เทคโนโลยีของแป้ง, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 292 หน้า
16. Kasemsuwan, T., Jane, J., Chen, Y.Y., Lee, L.F., McPherson, A.E., Wong, K.S. and Radosavljevic, M. (1999). Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch. *Cereal Chemistry*, 76(5), 629-637.
17. Pavlovic, S. and Brandao, P.R.G. (2003). Adsorption of starch, amylose, amylopectin and glucose monomer and their effect on the flotation of hematite and quartz. *Minerals Engineering*, 16, 1117-1122
18. Beynum, G.M.A. and Roels, J.A. (1985). Starch Conversion Technology, Marcel Dekker, Inc., New York, 326
19. Hizukuri, S. (1985). Relationship between the Distribution of the Chain Length of Amylopectin and the Crystallite Structure of Starch Granules. *Carbohydrate Research*, 141, 295-306
20. Tester, R.F., Karkalas, J. and Qi, X. (2004). Starch-composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39, 151-165
21. Jane, J., Xu, A., Radosavljevic, M. and Seib, P.A. (1992). Location of Amylose in Normal Starch Granules. I. Susceptibility of Amylose and Amylopectin to Cross-Linking Reagents. *Cereal Chemistry*, 69, 405-409
22. Jane, J. and Shen, J.J. (1993). Internal Structure of the Potato Starch Revealed by Chemical Gelatinization. *Carbohydrate Research*, 247, 279-290
23. Cooke, D. and Gidley, M. J. (1992). Loss of crystalline and molecular order during starch gelatinisation: origin of the enthalpic transition. *Carbohydrate Research*, 227, 103-112
24. Assaad, E., Wang, Y.J., Zhu, X.X. and Mateescu, M. A. (2011). Polyelectrolyte complex of carboxymethyl starch and chitosan as drug carrier for oral administration. *Carbohydrate Polymers*, 84, 1399-1407
25. Collison, R. (1968). Swelling and Gelation of Starch. In Radley, J.A. (ed.), Starch and Its Derivatives, Chapman and Hall Ltd., London. 168-193
26. Akerberg, A., Liljeberg, H. and Björck, I. (1998). Effects of Amylose/ Amylopectin Ratio and Baking Conditions on Resistant Starch Formation and Glycaemic Indices. *Journal of Cereal Science*, 28, 71-80

27. Goering, K.J., Fritts, D.H. and Allen, K.G. (1974). A Comparison of Loss of Birefringence with the Percent Gelatinization and Viscosity on Potato Wheat Rice Corn Cow Cackle and Several Barley Starches. *Cereal Chemistry*, 51, 764-771
28. Morrison, W.R. and Laignelet, B. (1983). An Improved Colorimetric Procedure for Determining Apparent and Total Amylose in Cereal and Other Starches. *Journal of Cereal Science*, 1, 9-20
29. Eliasson, A.-C. and Karlsson, R. (1983). Gelatinization Properties of Different Size Classes of Wheat Starch Granules Measured with Differential Scanning Calorimetry. *Biosynthesis Nutrition Biomedical*, 35(4), 130-133
30. Madihah, M.S., Ariff, A.B., Sahaid, K.M., Suraini, A.A. and Karim M.I.A. (2001). Direct fermentation of gelatinized sago starch to acetone-butanol-ethanol by *Clostridium acetobutylicum*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17(6), 567-576
31. Eerlingen, R.C., Crombez, M. and Delcour, J.A. (1993). Enzyme-resistant starch. I. Qualitative influence of incubation time and temperature of autoclaved starch on resistant starch formation. *Cereal Chemistry*, 70, 339-344
32. Yuan, R.C., Thompson, D.B. and Boyer, C.D. (1993). Fine Structure of Amylopectin in Relation to Gelatinization and Retrogradation Behavior of Maize Starches from Three wx-Containing Genotypes in Two Inbred Lines. *Cereal Chemistry*, 70(1), 81-89
33. Eerlingen, R. C. and Delcour, J.A. (1995). Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. *Journal of Cereal Science*, 22(2), 129-138
34. Karim, A. A., Norziah, M.H. and Seow, C.C. (2000). Methods for the study of starch retrogradation. *Food Chemistry*, 71, 9-36
35. Ottenhof, M.A., Hill, S.E. Farhat, I.A. (2005). Comparative study of the retrogradation of Intermediate Water content waxy maize, wheat, and potato starches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(3), 631-638
36. Jiménez, A, Fabra, M.J. Talens, P. and Chiralt, A. (2012). Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. *Food Bioprocess Technol*, 5, 2058-2076
37. Yuksel, O., Jasna, H. and Hanife, B. (2004). Biodegradation of plastic compost bags under controlled soil conditions. *Acta Chirurgiae Plasticae*, 51, 579-588
38. Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A. and Ahmed, S. (2008). Biological degradation of plastic: A comprehensive review. *Biotechnol Advances*, 26, 246-265
39. Chandra, R. and RENU, R. (1998). Biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science*, 1273-1335

40. Vieira, M., Gurgel, A., Mariana, A. S., Lucielen, O. S. and Marisa, M. B. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, 254-263.
41. Lucas, P., Bienaime, C., Belloy, C., Queneudec, M., Silvestre, F., and Nava-saucedo, J. (2008). Polymer prehensive review. *Biotechnology Advances*, 246-265.
42. Jane, J., Ao, Z., Duvick, S.A., Wiklund, M., Yoo, S., Wong, K. and Gardner, C. (2003). Structure of Amylopectin and Starch Granules: How Are They Synthesised?. *Journal of Applied Glycoscience*, 50, 167-172.
43. Petersson, M. and Stading, M. (2005). Water vapour permeability and mechanical properties of mixed starch monoglyceride films and effect of film forming conditions. *Food Hydrocolloids*, 19, 123-132
44. Alves, V.D., Mali, S., Beleia, A. and Grossman. M. V. E. (2007). Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch film properties. *Journal of Food Engineering*, 78, 941-946
45. Chang, Y.P., Karim, A.A. and Seow, C.C. (2006). Interactive plasticizing-antiplasticizing effect of water and glycerol on the tensile properties of tapioca starch films. *Food Hydrocolloids*, 20, 1-8
46. Mali, S. Victo'ria, M. Grossmann, E., Garcia, M. A., Martino, M. N., Zaritzky, N. E. (2002). Microstructural characterization of yam starch films. *Carbohydrate Polymers*, 50, 379-386
47. Mali, S., Victo'ria. M., Grossmanna, E., Maria A., Garcia, M. A., Martino, M. N., Zaritzky, N. E. (2005). Mechanical and thermal properties of yam starch films. *Food Hydrocolloids*, 19, 157-164
48. Mali, S., Victo'ria. M., Grossmanna, E., Maria A., Garcia, M. A., Martino, M. N., Zaritzky, N. E. (2006). Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized films from different starch sources. *Journal of Food Engineering*, 75, 453-460
49. Imprapai, K., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N. (2010). Investigation Physical and Mechanical Properties of Edible Film from Cassava Starch and Rice Starch. *Agricultural Science Journal*. 41(3/1)(Suppl.), 609-612
50. Noiduang, P., Thawla, L. and Pa-ai, O. (2015). Study on Edible Film Production from Chinese Water Chestnuts Starch. *Agricultural Science Journal*, 46(3), 665-668
51. สุวัฒน์ พฤกษ์ศรี, 2539, การผลิตฟิล์มที่บริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและการประยุกต์ใช้, งานวิจัยปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 37 หน้า

52. กษิตศ อิมประไพ, อรพิน เกิดชูชื่นม และณัฐรา เลหากุลจิตต์. (2553). การศึกษาคุณสมบัติทางกลและกายภาพของฟิล์มบรีโกลด์ได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41(3/1)(พิเศษ), 609-612
53. Guilbert, S. and Gontard, N. (1995). Edible and Biodegradable Food Packaging, In food and Packaging Materials-Chemical Interaction, Ackermann, P., Jagerstad, M. and Ohlsson, T. (Eds.), *The Royal Society of Chemistry, Cambridge, England*, 159-168.
54. Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L. and Nobile, M.A.D. (2008). Influence of Glycerol and Chitosan on Tapioca Starch-based Edible Film Properties. *Journal of Food Engineering*, 88, 159-168
55. Laohakunjit, N. and Noomhorm, A. (2004). Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch film. *Starch/Starke*, 56(8), 348-356
56. Mali, S., Sakanaka, L.S., Yamashita, F. and Grossmann, M.V.E. (2005). Water Sorption and Mechanical Properties of Cassava Starch Films and Their Relation to Plasticizing Effect. *Carbohydrate Polymers*, 60, 283-289
57. รศ.ดร.เมธา รัตนกรพิทักษ์. “แผ่นฟิล์มพลาสติกผสมทำถุงเพาะปลูกพืชย่อยสลายได้” สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. สืบค้นจาก <https://www.trf.or.th/index.php?option> (สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2561)
58. Li, M., & Lee, T. C. (1996). Effect of cysteine on the functional properties and microstructure of wheat flour extrudates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 1871-1880.
59. กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ. (2553). ผลของซิน ไฮโดรไลเซทต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์ม บรีโกลด์ได้จากแป้งบุก, วารสาร มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 30 (1): 8189.
60. Ekthamasut, K., & Akesowan, A. (2001). Effect of Vegetable Oils on Physical Characteristics of Edible Konjac Films. *AU Journal of Technology*. 5, 73-78.
61. Guilbert, S., & Gontard, N. (1995). Edible and Biodegradable Food Packaging, In: food and Packaging Materials-Chemical Interaction, Ackermann, P., Jagerstad, M. and Ohlsson, T. (Eds.), *The Royal Society of Chemistry, Cambridge, England*, 159-168.
62. Veiga, S. P. (2007). Sucrose and Inverted Sugar as Plasticizer. Effect on Cassava Starch-Gelatin Film Mechanical Properties Hydrophilicity and Water Activity. *Food Chemistry*, 103, 255-262.
63. Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L., & Nobile, M. A. D. (2008). Influence of Glycerol and Chitosan on Tapioca Starch-based Edible Film Properties. *Journal of Food Engineering*, 88, 159-168.

64. Laohakunjit, N. & Noomhorm, A. (2004). Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch film. *Starch/Starke*, 56(8), 348-356.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก

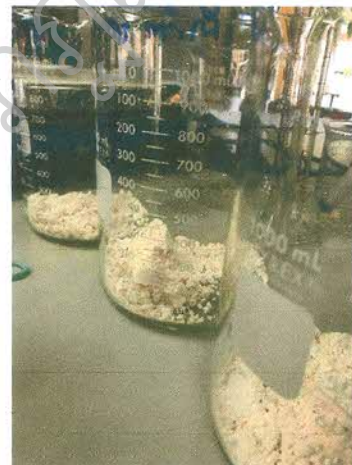
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก ก
วิธีการสกัดแป้งจากมันสำปะหลังทั้ง 2 สายพันธุ์

1. นำหัวมันสำปะหลังทั้ง 2 สายพันธุ์ มาปอกเปลือก ล้างทำความสะอาด และหั่นเป็นชิ้นเล็ก



2. ปั่นมันสำปะหลังให้ละเอียดพร้อมกบกรองแล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน เมื่อได้ตะกอนแล้วให้นำไปอบ



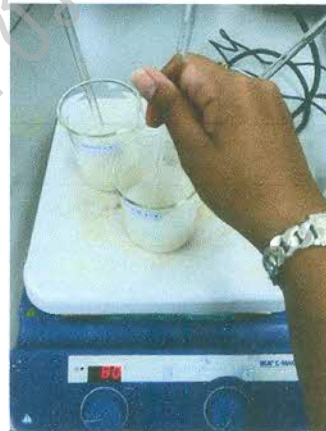
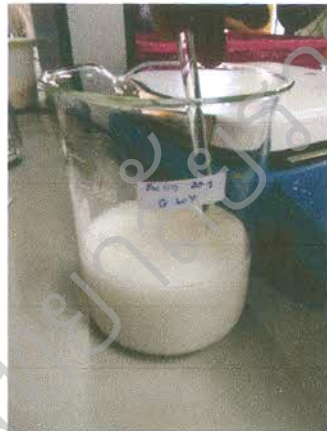
3. นำส่วนของตะกอนแป้งที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศา จนได้แป้งที่แห้ง. ทำการบดให้ละเอียดแล้วเก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดและนำไปไว้ที่ตู้ดูดความชื้นเพื่อลดการทดสอบต่อไป



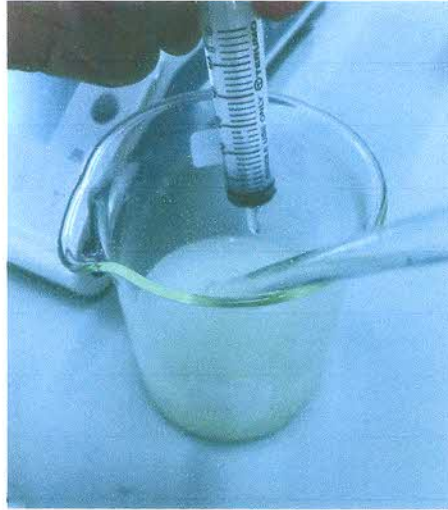
ภาคผนวก ข

วิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์

1. ระดับความเข้มข้นแป้ง 5 %w/v ใส่น้ำปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร กวนผสมให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 °C เป็น



3. เติมกลีเซอรอลใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 20 30 และ 40 กวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน เป็นเวลา 5 นาที



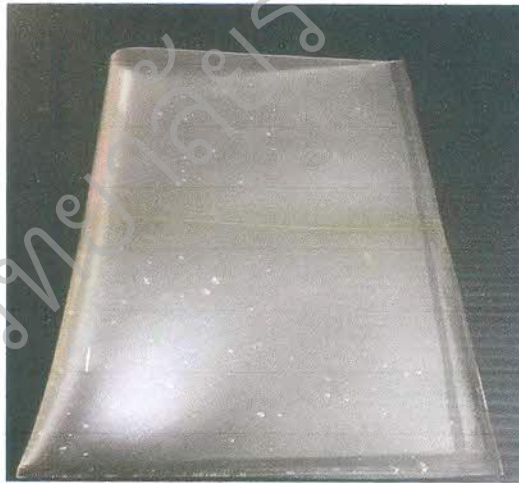
3. เทใส่ภาชนะขึ้นรูป



4. นำแผ่นฟิล์มที่แห้งแล้วลอกออกจาก plate แล้วนำไปเก็บในตู้ดูดความชื้นเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป



5. การขึ้นรูปถุงแพะซ่า



ภาคผนวก ค เครื่องมือวิเคราะห์



เครื่องวัดค่า Water Activity รุ่น 4TE
(ไทย)



เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex EZ, ประเทศ



เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis; TPA)



เครื่องวัดค่าอัตราการซึมน้ำ รุ่น DE-

ภาคผนวก ง การคำนวณ

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายในระยะเวลา 2 สัปดาห์ ของแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที

$$\% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} = \frac{(A - B) \times 100}{A}$$

พลาสติกเอทิลีน (ชุดควบคุม)

$$\begin{aligned} \% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} &= \frac{0.08 - 0.08}{0.08} \times 100 \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

0%

$$\begin{aligned} \% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} &= \frac{0.78 - 0.68}{0.78} \times 100 \\ &= 12.82\% \end{aligned}$$

20%

$$\begin{aligned} \% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} &= \frac{0.67 - 0.57}{0.67} \times 100 \\ &= 14.92\% \end{aligned}$$

30%

$$\begin{aligned} \% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} &= \frac{0.96 - 0.43}{0.96} \times 100 \\ &= 55.20\% \end{aligned}$$

40%

$$\begin{aligned} \% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} &= \frac{1.26 - 0.55}{1.26} \times 100 \\ &= 57.94\% \end{aligned}$$

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายในระยะเวลา 2 สัปดาห์ ของแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2

$$\% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} = \frac{(A - B) \times 100}{A}$$

พลาสติกเอทิลีน (ชุดควบคุม)

$$\begin{aligned} \% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} &= \frac{0.08 - 0.08}{0.08} \times 100 \\ &= 0 \% \end{aligned}$$

0%

$$\begin{aligned} \% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} &= \frac{0.57 - 0.50}{0.57} \times 100 \\ &= 12.28\% \end{aligned}$$

20%

$$\begin{aligned} \% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} &= \frac{0.62 - 0.44}{0.62} \times 100 \\ &= 29.03\% \end{aligned}$$

30%

$$\begin{aligned} \% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} &= \frac{0.68 - 0.45}{0.68} \times 100 \\ &= 33.82\% \end{aligned}$$

40%

$$\begin{aligned} \% \text{ การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม} &= \frac{0.65 - 0.29}{0.65} \times 100 \\ &= 55.38\% \end{aligned}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ- นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวภาวิณี เทียมดี
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Pawinee Theamdee
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1640100021011
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
- อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์
-สาขาเคมี (คป.) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี 321 ถนน
นารายณ์มหาราช ต.ทะเลชุบศร อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000
อิเล็กทรอนิกส์ E-mail : ampchem_169@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา
 - 5.1 ปี 2553-2558 วุฒิการศึกษาปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเคมี สถานศึกษา
มหาวิทยาลัยนเรศวร
 - 5.2 ปี 2550-2553 วุฒิการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมี
อุตสาหกรรม สถานศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร
 - 5.3 ปี 2546-2550 วุฒิการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี สถานศึกษา
มหาวิทยาลัยนเรศวร
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) เคมีพอลิเมอร์