

ผลของปริมาณพลาสติกไซเซอร์ต่อการขึ้นรูปและสมบัติของ
แผ่นฟิล์มจากแป้งมันแกว เพื่อผลิตถุงเพาะชำย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
Effect of plasticizer content on the formation and
properties of the film formed from Jicama starch
(*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) for a biodegradable
plant bag application

ดร. ภาวิณี เทียมดี

สาขาวิชาเคมี (ค.บ.) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2562

หัวข้อโครงการวิจัย	ผลของปริมาณพลาสติกไซเซอร์ต่อการขึ้นรูปและสมบัติของแผ่นฟิล์มจากแป้งมันแกว เพื่อผลิตถุงเพาะชำย่อยสลายได้ทางชีวภาพ Effect of plasticizer content on the formation and properties of the film formed from Jicama starch (<i>Pachyrhizus erosus</i> (L.) Urban) for a biodegradable plant bag application
ชื่อและนามสกุลผู้วิจัย	อาจารย์ ดร. ภาวิณี เทียมดี
โปรแกรมการศึกษา	เคมี (คบ.)
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ต่อสมบัติทางกายภาพ และทางกลของฟิล์มย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจากแป้งมันแกวเพื่อผลิตถุงเพาะชำ เตรียมฟิล์มโดยการละลายแป้งมันเทศในน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และศึกษาผลของปริมาณกลีเซอรอล 6 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนักของแป้ง ขึ้นรูปแผ่นฟิล์มโดยการทำแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าแผ่นฟิล์มมีความหนาอยู่ในช่วง 0.16-0.28 มิลลิเมตร ค่า a_w ของแผ่นฟิล์มอยู่ระหว่าง 0.36-0.49 การละลายน้ำ อัตราการซึมผ่านไอน้ำ และความอ่อนนุ่มเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าการต้านทานแรงดึงและค่าต้านทานแรงเฉือนของฟิล์มแป้งมันแกวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของกลีเซอรอลลดลง ผลทดสอบการย่อยสลายโดยการฝังในดินลึกประมาณ 8-10 เซนติเมตร พบว่าฟิล์มสามารถย่อยสลายได้ร้อยละ 100 ในระยะเวลา 12 สัปดาห์

คำสำคัญ: แป้งมันแกว ฟิล์มย่อยสลายได้ กลีเซอรอล พลาสติกไซเซอร์

Abstract

This research aimed to study the effect of using glycerol as a plasticizer on physical and mechanical properties of a biodegradable film made from Jicama starch. This film was used to make biodegradable plastic plant bags. The film was prepared by dissolving Jicama starch in water to the concentration of 5 wt%. To study the effect of the glycerol content, the glycerol was added at 6 levels; 0, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 wt%. The film was casted in a mold and dried at 60 °C for 24 h. The thickness of the films was in the range of 0.16-0.28 mm. The a_w of films ranged from 0.36-0.49. The water solubility, water vapor permeability and softness of the film increased with the increasing of glycerol content. Tensile and puncture strength of the flour films increased with the decrease of the glycerol content. After the films were buried under the ground (8-10 cm depth) for 12 weeks, they were degraded by 100%.

Keywords: Jicama starch, biodegradable film, glycerol, plasticizer

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญ	
สารบัญตาราง	
สารบัญรูป	
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
สมมุติฐานของการวิจัย	2
กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
มันแกว	4
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแป้ง	4
การพองตัวและการละลาย	5
การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization)	6
การคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation)	6
แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ (Biodegradable films)	7
การย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม	7
การใช้งานผลิตภัณฑ์พลาสติกย่อยสลายได้	8
การเตรียมพลาสติกชีวภาพจากแป้ง	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	11
วัตถุประสงค์	11
สารเคมี	11
อุปกรณ์และเครื่องมือ	11
เครื่องมือในการวิเคราะห์	11
การเตรียมแป้งมันแกว	12
การเตรียมแผ่นฟิล์ม	12
การทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์ม	12
ศึกษาการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกว	14

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	15
แสดงลักษณะภายนอกของฟิล์ม	15
การวัดคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกว	16
การวัดคุณสมบัติทางเชิงกลของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกว	18
การศึกษาสภาวะการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกว	19
ลักษณะถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันแกว	21
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	22
สรุปผล	22
ข้อเสนอแนะ	22
บรรณานุกรม	23
ภาคผนวก	28
ภาคผนวก ก วิธีการสกัดแป้งจากมันแกว	29
ภาคผนวก ข วิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มจากแป้งมันแกว	31
ภาคผนวก ค เครื่องมือวิเคราะห์	33
ภาคผนวก ง การคำนวณ	34
ประวัติผู้วิจัย	35

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มแข็งมันแกว	16
2	แสดงค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ (WVTR) ของแผ่นฟิล์มแข็งมันแกว	17
3	แสดงคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มแข็งมันแกว	19
4	การย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแข็งมันแกว	20

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	แสดงลักษณะภายนอกแผ่นฟิล์มแสดงลักษณะภายนอกแผ่นฟิล์ม (A-G) แผ่นฟิล์มแป้งมันแกวที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60	15
2	สเปกตรัม FTIR ของแป้งมันแกว (A), กลีเซอรอล (B) และแผ่นฟิล์มแป้งมันแกวที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอล ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 (C-I)	18
3	แสดงลักษณะถุงเพาะชำทางพาณิชย์ (A) ถุงเพาะชำที่ทำจากฟิล์มแป้งมันแกวผสมกลีเซอรอลร้อยละ 30 (B) และถุงเพาะชำที่ทำจากฟิล์มแป้งมันแกวผสมกลีเซอรอลร้อยละ 40 (B) และถุงเพาะชำที่ทำจากฟิล์มแป้งมันแกวผสมกลีเซอรอลร้อยละ 50 (B) ไสดินสำหรับนำไปปลูก	21

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทุกวันนี้ปัญหาเรื่องการจัดการขยะถือเป็นหนึ่งปัญหาที่สำคัญระดับโลก โดยเฉพาะขยะพลาสติกที่ผลิตจากพอลิเมอร์สังเคราะห์จากปิโตรเคมี ได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก อีกทั้งปริมาณการใช้พลาสติกของแต่ละปีจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง พลาสติกที่ใช้งานโดยทั่วไปส่วนหนึ่งสามารถนำกลับมาใช้ได้ อีกในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป และอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำมากำจัดทิ้งโดยวิธีการต่างๆ เช่น การนำขยะพลาสติกไปเผาในที่โล่งทำให้มีของเหลวที่เป็นอันตรายซึมผ่านออกมาแล้ว เมื่อเกิดการหมักยังทำให้เกิดก๊าซที่ส่งผลกระทบต่อมลภาวะทางอากาศได้ ส่วนการนำขยะพลาสติกไปกำจัดทิ้งโดยการฝังกลบเป็นวิธีที่สะดวกอย่างยิ่ง แต่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก โดยส่วนใหญ่แล้วพลาสติกนั้นเกิดการย่อยสลายในธรรมชาติได้ยากและใช้เวลานานมากในการย่อยสลายพลาสติกในแต่ละครั้งจึงเกิดการทับถมอยู่ในดินเป็นจำนวนมากทำให้มีกองขยะพลาสติกที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ จนถึงขั้นวิกฤตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก วิธีการแก้ปัญหาขยะพลาสติกโดยการนำพลาสติกเหล่านี้มาใช้ซ้ำ (reuse) แต่การนำพลาสติกมารีไซเคิลใหม่ (recycle) นั้นมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและต้องใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก จึงได้เกิดการคิดค้นวิธีการที่จะช่วยลดปริมาณขยะเหล่านี้ลง ซึ่งหนึ่งในนี้ก็คือการผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ที่ได้จากผลผลิตทางการเกษตร สามารถช่วยลดปัญหาขยะพลาสติกได้

พอลิเมอร์จากธรรมชาติเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับลดการใช้วัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายและไม่หมุนเวียนในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ได้ วัสดุธรรมชาติที่นำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพนั้นมีหลายชนิดส่วนใหญ่จะได้ออกมาจากพืช เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วไม่หมดไป อีกทั้งยังย่อยสลายทางธรรมชาติได้ ถือว่าเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่นอกเหนือจากจะนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารแล้วยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพลาสติกได้อีกด้วย ส่วนใหญ่จะนิยมใช้แป้งในการนำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมากที่สุด โดยเฉพาะแป้งมันสำปะหลังที่ได้รับความนิยมในเรื่องของความใสของแป้ง การเจลาตไนซ์ต่ำ และความคงตัวของเจลที่ดี นอกจากนี้แป้งมันสำปะหลังได้รับการอธิบายไว้ว่าไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ไม่เป็นพิษ และสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพได้ แต่อย่างไรก็ตามพลาสติกที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังนั้นมีความเปราะและสามารถที่จะดูดซึมน้ำและความชื้นได้ภายหลังจากกระบวนการขึ้นรูปแล้ว ซึ่งมีอยู่หลายวิธีที่จะแก้ปัญหาความเปราะและการดูดซึมน้ำของพลาสติกที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลัง โดยการเติมพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) เช่น กลีเซอรอล (glycerol) และซอร์บิทอล (sorbitol) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มความเหนียวและยืดหยุ่นของพลาสติกที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังได้โดยสมบัติด้านความยืดหยุ่นจะแปรผันตามปริมาณของพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้ อย่างไรก็ตามการเติมพลาสติกไซเซอร์จะลดความแข็งแรงของพลาสติกอย่างมาก

ปัจจุบันมีการคิดค้นผลิตภัณฑ์จากพลาสติกย่อยสลายได้ เช่น ผลิตถ้วย แก้ว จาน เป็นส่วนใหญ่และผู้วิจัยได้เห็นว่า การเพาะปลูกทางการเกษตรมีการใช้ปุ๋ยเพาะซ้ำกันเป็นจำนวนมากเมื่อนำต้นไม้ไปปลูกลงในกระถาง กุ๋ยเพาะซ้ำก็ถูกทิ้งกลายเป็นขยะ ซึ่งการปลูกพืชเพาะซ้ำในถุงพลาสติกสีดำทั่วไป เกษตรกรจำเป็นต้องดึงต้นกล้าออกจากถุงก่อนนำไปลงดิน ถ้าไม่ทำอย่างระมัดระวังรากมักจะขาดเมื่อนำไปปลูกลงดิน ต้นไม้จะชะงักการเจริญเติบโตได้ แต่ถ้าใช้ถุงเพาะซ้ำที่ทำมาจากพลาสติกย่อยสลายได้ เกษตรกรไม่ต้องดึงต้นกล้าออกจากถุงเพาะซ้ำ สามารถนำถุงเพาะซ้ำไปฝังลงดินได้เลย และที่สำคัญจุลินทรีย์ในดินยังช่วยย่อยสลายถุงเพาะซ้ำให้กลายเป็นปุ๋ยบำรุงพืชได้อีกด้วย

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาผลของปริมาณพลาสติกไซเซอร์ต่อการขึ้นรูปและสมบัติของแผ่นฟิล์มจากแป้งมันแกว เพื่อผลิตถุงเพาะชำย่อยสลายได้ทางชีวภาพ แป้งมันแกว เนื่องจากมีราคาถูก มีฤดูกาลปลูกได้ตลอดทั้งปี ปลูกมากในช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม มีมากในอำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาอัตราส่วนความเข้มข้นของแป้งและพลาสติกไซเซอร์ที่เหมาะสม โดยส่วนใหญ่แล้ว มักจะใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์มจากแป้งโดยการเพิ่มความยืดหยุ่นหรือลดความเปราะ เพื่อให้ได้คุณสมบัติเชิงกลและทางกายภาพที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงศึกษาสภาวะการย่อยสลายตามธรรมชาติของการทำงานจริงเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมต่อการไปประยุกต์ใช้ในการนำมาผลิตเป็นถุงเพาะชำย่อยสลายทางชีวภาพ

1.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเตรียมแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งมันแกว โดยเติมกลีเซอรอลซึ่งเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ความเข้มข้นต่างกัน คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนักของแป้ง
2. เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
3. เพื่อศึกษาสภาวะการย่อยสลายของถุงเพาะชำย่อยสลายได้ที่เตรียมได้จากแป้งแกว ในสภาวะการปลูกจริง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาการเตรียมแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งมันแกว โดยเติมกลีเซอรอลซึ่งเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ความเข้มข้นต่างกัน คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนักของแป้ง
2. วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายและสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
3. ศึกษาสภาวะการย่อยสลายของถุงเพาะชำย่อยสลายได้ที่เตรียมได้จากแป้งมันแกว ในสภาวะการปลูกจริง

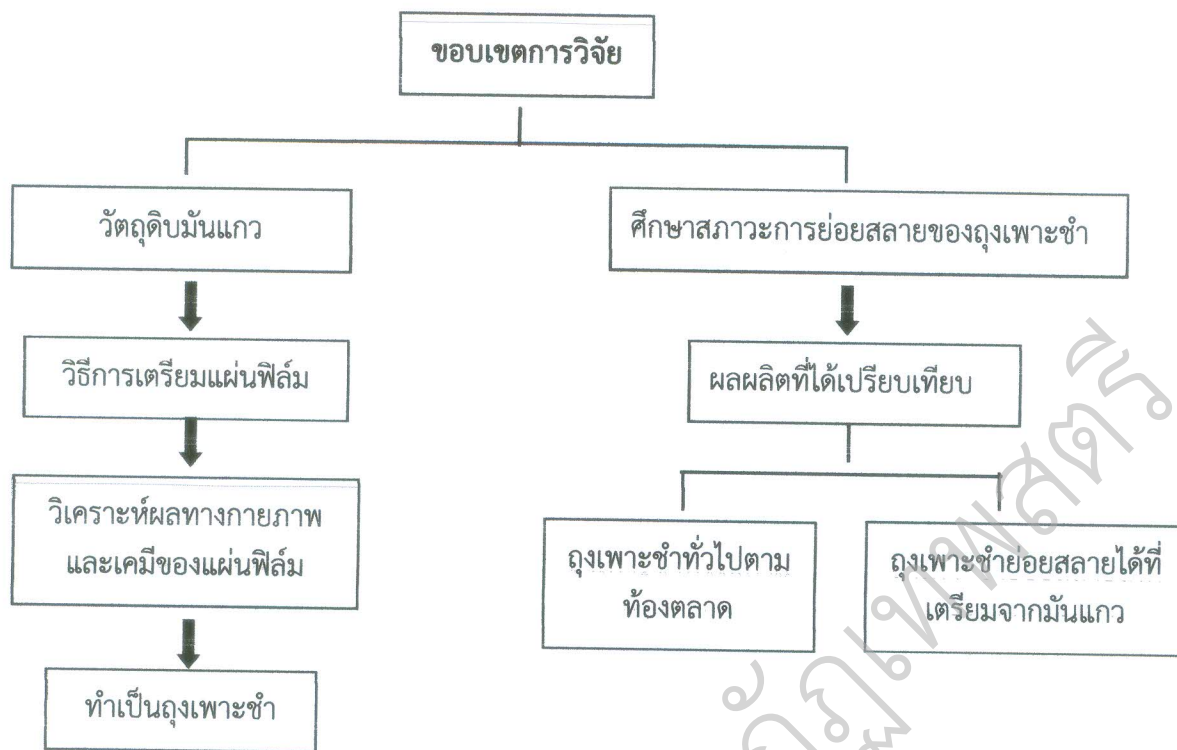
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradation) คือ สารเคมีที่สลายตัวของวัสดุจากเชื้อแบคทีเรียหรือทางชีวภาพอื่นๆ โดยมีความสัมพันธ์กับระบบนิเวศ การจัดการขยะชีวการแพทย์และสภาพแวดล้อมทางชีวภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่สามารถย่อยสลายกลับไปเป็นธาตุตามธรรมชาติ สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายด้วยออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจน

1.5 สมมุติฐานของการวิจัย

1. แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ที่เตรียมได้จากแป้งมันแกว โดยเติมกลีเซอรอลซึ่งเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ความเข้มข้นต่างกัน คือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนักของแป้งมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ดีกว่าแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ที่ไม่ได้ผสมกลีเซอรอล
2. แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ที่เตรียมจากแป้งมันแกวสามารถย่อยสลายได้

1.6 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามหัวข้อเรียงลำดับดังนี้

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

มันแกว (Jicama) เป็นพืชตระกูลถั่ว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า "*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban" มันแกวเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในหลายพื้นที่เช่นในแถบอเมริกากลาง แอฟริกาตะวันออกและในประเทศแถบทวีปเอเชียคือฟิลิปปินส์ อินเดีย จีน อินโดจีน อินโดนีเซีย มาเลเซีย ในประเทศไทยมันแกวมียู 2 ชนิดคือ พันธุ์หัวใหญ่และพันธุ์หัวเล็ก [1] อาจจะมีชื่อเรียกต่างกันไปตามแต่ภูมิภาคได้แก่ ภาคใต้เรียกว่า "หัวแปะก๊วย" ภาคเหนือเรียกว่า "มันละแวก" "มันลาว" ส่วนภาคอีสานเรียกว่า "มันเผา" นอกจากนี้ยังอาจเรียกด้วยชื่ออื่นๆ เช่น "เครือเขาน" "ถั่วบัง" และ "ถั่วกินหัว" ส่วนหัวของมันแกว (รากแก้ว) เป็นส่วนที่ใช้รับประทาน ลักษณะภายนอกมีสีน้ำตาลอ่อนภายในมีสีขาว เมื่อเคี้ยวจะรู้สึกกรอบคล้ายลูกสาส์สด อีกทั้งยังมีรสคล้ายแป้งแต่ออกหวาน โดยทั่วไปจะรับประทานสดๆ หรือจิ้มกับพริกเกลือ และยังสามารถนำไปประกอบอาหารได้ทั้งคาวและหวานอีกด้วย เช่น แกงส้ม แกงป่า ผัดเปรี้ยวหวาน ผัดไข่ เป็นส่วนผสมของไส้ซาลาเปา และทับทิมกรอบ แต่ในทางกลับกัน ต้นมันแกวสามารถใช้เป็นยากำจัดศัตรูพืช โดยใช้ส่วนของเมล็ด ผักแก่ ลำต้น และราก แต่ส่วนเมล็ดจะมีสารพิษมากที่สุด ทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงดีที่สุด นอกจากนั้นถ้ามนุษย์รับประทานเมล็ดเข้าไปจะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ซึ่งถ้าได้รับในปริมาณมาก สารพิษ Rourinone จะกระตุ้นระบบหายใจ แล้วเกิดการหายใจ ชัก และอาจเสียชีวิตได้ คุณค่าทางอาหารของมันแกวนั้นประกอบด้วยน้ำ 90.5% โปรตีน 0.9% คาร์โบไฮเดรต 7.6% [2]

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแป้ง

แป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆอยู่มากจะเรียกว่า ฟลาวร์ (flour) ตัวอย่างเช่น แป้งข้าวโพด (corn flour) และ แป้งข้าวสาลี (wheat flour) แต่เมื่อสิ่งเจือปนอันหมายถึง โปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่นๆ ถูกสกัดออกไปจนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่จึงเรียกว่าเป็น แป้งสตาร์ช (starch) [3-4]

แป้ง มีสูตรเคมีโดยทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นพอลิเมอร์กลูโคสซึ่งประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic linkage) แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (อะไมโลส, amylose) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (อะไมโลเพคติน, amylopectin) ซึ่งแป้งจากแหล่งที่แตกต่างกัน จึงทำให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน [5-6] 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 ของอะไมโลสในช่วง 200 ถึง 1,200 แป้งที่มีสายของอะไมโลสยาวมากจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ลดลง [7-8] ปริมาณและสมบัติของอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิด

อะไมโลส (amylose) มีโมเลกุลค่อนข้างเล็ก 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 [9]

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 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6-glycosidic linkage [10-11] คุณสมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

การพองตัวและการละลาย (Swelling and solubility)

แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณ 25-30 % และพองตัวน้อยมากจนไม่สังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวกันระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน (intermixed) ภายในเม็ดแป้ง ในส่วนผลึก (crystallite) โมเลกุลอยู่กันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ช่วยป้องกันการกระจายตัวและทำให้ไม่ละลายในน้ำเย็น ส่วนของที่ไม่เป็นผลึก (amorphous) ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบและมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็น [12-13]

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งมีรูปแบบในการพองตัวและการละลายที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามความสามารถในการพองตัวและการละลายของเม็ดแป้งแล้ว สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ แป้งจากธัญพืช แป้งจากราก และแป้งจากส่วนหัว

1. แป้งจากธัญพืชมีการพองตัว และการละลาย 2 ชั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณผลึก และบริเวณสัณฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มี

การพองตัวและการละลายต่ำสุด เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสสูงซึ่งอะไมโลสจะทำให้โครงร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้นทำให้พองตัวได้น้อย [14]

2. แป้งจากส่วนรากหรือส่วนกลางลำต้น เช่น แป้งมันสำปะหลังมีการพองตัวเพียงชั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งธัญพืช เนื่องจากมีพันธะจำนวนน้อยกว่า แป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลลาติไนซ์ (gelatinized) ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช [15]

3. แป้งจากส่วนหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูงเนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งมันฝรั่งยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้น เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้า การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดเพียงชั้นเดียว และเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำรูปแบบนี้จะเป็นลักษณะของแป้งที่เป็นพอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte) [16]

สิ่งเจือปนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง เช่น แป้งข้าวโพดที่ถูกสกัดไขมันออกจะมีการพองตัวอย่างอิสระและเป็นรูปแบบเดียวกันดีกว่าแป้งข้าวโพดปกติ เนื่องจากกรดไขมันจากธรรมชาติของแป้งข้าวโพดจะยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้งโดยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะไมโลส (lipid - amylase complex) นอกจากนี้การใส่สารลดแรงตึงผิวในแป้งจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง การใส่โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate) และซีตริลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรมไนด์ (cetyltrimethyl ammonium bromide) จะเพิ่มกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง [17]

การเกิดเจลลาติไนเซชัน (Gelatinization)

การที่น้ำแป้งเมื่อได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งประมาณ 60-75 °C เช่น ให้ความร้อน 60 °C แป้งจะมีผลทำให้การจับยึดกันระหว่างโมเลกุลของแป้งในส่วนผลึกลดลง เกิดปฏิกิริยาการรับน้ำและการพองตัวของเม็ดแป้งซึ่งไม่สามารถผันกลับได้ (irreversible) และทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้เรียกว่า “เจลลาติไนเซชัน” ซึ่งเมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่สำคัญขึ้นคือ มีการพองตัวของเม็ดแป้ง [18-19] อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของแป้ง เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดมีโครงสร้างส่วนผลึกที่แตกต่างกัน แม้แต่ในแป้งชนิดเดียวกันจากแหล่งเดียวกันก็ตาม อาจมีช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลลาติไนเซชันที่ห่างกันถึง 8-10 °C โดยทั่วไปเม็ดแป้งขนาดใหญ่จะเกิดเจลลาติไนเซชันได้ก่อนขนาดเล็ก [20] แป้งอาจเกิดเจลลาติไนเซชันได้ที่อุณหภูมิ 25 °C โดยการละลายในตัวทำละลาย เช่น alkali, liquid ammonia, DMS [21]

การคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation)

การคืนตัวของแป้งสุกเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำแป้งสุกซึ่งร้อนมีอุณหภูมิลดต่ำลงขณะที่อุณหภูมิลดลง โมเลกุลอิสระของอะไมโลสซึ่งอยู่ใกล้กันจะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันและจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้เกิดสภาพการจัดเรียงตัวของโมเลกุลขึ้นใหม่ โดยเปลี่ยนจากลักษณะการกระจายตัวของโมเลกุลมาเป็นส่วนที่เป็นผลึก ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้ X-ray diffraction (XRD) [22] การคืนตัวของน้ำแป้งโดยทั่วไปจะเกิดได้ดีเมื่อน้ำแป้งมีความเข้มข้นสูง และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิต่ำแป้งแต่ละชนิดมีอัตราการคืนตัวของน้ำแป้งสุกที่ต่างกัน โดยทั่วไปแป้งที่ได้จากราก หัวมีอัตราการคืนตัวที่ช้ากว่าแป้งจากธัญพืช ทั้งนี้เป็นเพราะแป้งจากราก หัว เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวมากและเร็วและเม็ดแป้งแตกง่ายทำให้โมเลกุลแป้งทั้งหมดกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำแป้งยากกว่าเม็ดแป้งแตกน้อยโมเลกุลที่คลายตัวยังอยู่ใกล้ชิดกันจึงเคลื่อนที่จับกันใหม่ได้ง่าย การที่มีอะไมโลเพคตินอยู่ด้วยทำ

ให้อัตราการคืบตัวของน้ำแป้งสุกช้าลง เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลเพคตินมีกิ่งก้านสาขาทำให้เกาะกั ยากที่ โมเลกุลจะเคลื่อนที่เข้ามาจับตัวกันใหม่ได้ ขนาดของอะไมโลสในแป้งแต่ละชนิดมีผลในการเกิดการคืบตัวของน้ำ แป้งสุกด้วยโมเลกุลอะไมโลสที่มีขนาดพอเหมาะในการเคลื่อนที่มาจับกันคือในช่วง 100-200 หน่วย กลูโคสถ้า โมเลกุลใหญ่ เช่น แป้งมันฝรั่งมีอะไมโลสขนาดใหญ่ประมาณ 1,000-6,000 หน่วย กลูโคสจะเคลื่อนที่เข้ามาจับกัน ได้ยาก และถ้าโมเลกุลสั้นเกินไปจะเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา (Brownian movement) ทำให้จับกันยากเช่นกัน [23-25] Ottenhof และคณะ (2005) ได้ศึกษาการเกิดการคืบตัวของแป้งสุกจากแป้งข้าวโพด ข้าวเหนียว แป้งข้าว สาลี และ แป้งมันฝรั่ง พบว่า แป้งมันฝรั่งมีอัตราการเกิดการคืบตัวของแป้งสุกสูงที่สุด รองลงมาคือ แป้งข้าวโพด ข้าวเหนียว และแป้งสาลีมีค่าต่ำที่สุด [26]

แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

เนื่องจากปัจจุบันพลาสติกก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อนำไปฝังดินจะย่อยสลายยาก และใช้ เวลานานทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ หรือถ้านำไปเผาทำลายจะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ และมลสารที่ปนเปื้อนใน อากาศนี้อาจเป็นสารก่อมะเร็งอีกด้วย ด้วยเหตุนี้นักวิทยาศาสตร์จึงได้ศึกษาค้นคว้าและผลิตพลาสติกชนิดใหม่ ขึ้นมาทดแทนเพื่อช่วยลดปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อม โดยเรียกพลาสติกชนิดใหม่นี้ว่า พลาสติกชีวภาพ (Bioplastic) หรือพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้ (Biodegradable plastic)

พลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้เป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติและย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการ ทางชีวภาพ วัสดุธรรมชาติที่นำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมีหลายชนิดส่วนใหญ่จะได้มาจากพืช เช่น เซลลูโลส (cellulose) คอลลาเจน (collagen) เคซีน (casein) พอลิเอสเทอร์ (polyester) แป้ง (starch) และโปรตีนจากถั่ว (soy protein) [27-28] เป็นต้น ซึ่งแป้งเป็นวัสดุธรรมชาติที่นิยมนำมาผลิตพลาสติกชีวภาพมากที่สุดเพราะหาได้ ง่าย มีปริมาณมากและราคาถูก เนื่องจากสามารถผลิตแป้งได้จากพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด มันเทศ มัน สำปะหลัง เป็นต้น สำหรับประเทศไทยพืชที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชีวภาพคือ ข้าวโพดและ มันสำปะหลัง เนื่องจากเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีปริมาณมากและราคาถูก

การย่อยสลายของพลาสติก

จุลินทรีย์ทั้งแบบที่เรีย และรา สามารถย่อยสลายพลาสติกได้โดยอาศัยเอนไซม์ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการ สลายสายของพอลิเมอร์ให้กลายเป็นโอลิโกเมอร์ (oligomer) หรือโมโนเมอร์ (monomer) ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการ สลายสารอาหารภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งถ้าเป็นการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน จะได้ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย ในขณะที่การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะได้ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และยังได้ก๊าซมีเทนกลับเข้าสู่สิ่งแวดล้อมอีกด้วย การย่อยสลายพลาสติกโดยจุลินทรีย์ถือ เป็นการย่อยสลายที่สมบูรณ์เพราะไม่มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม ซึ่งแตกต่างจากพลาสติกที่เกิดการ ย่อยสลายได้เองจาก แสง หรือความร้อน ซึ่งยังเหลือผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ ที่ไม่สามารถย่อยสลายต่อไปได้ตกค้างอยู่ ในสิ่งแวดล้อม [29]

การย่อยสลายทางชีวภาพเป็นการย่อยสลายสายโซ่ของแป้งจากการทำงานของจุลินทรีย์โดยทั่วไปมี กระบวนการ 2 ขั้นตอน เนื่องจากขนาดสายโซ่แป้งยังมีขนาดใหญ่อยู่และไม่ละลายน้ำ ในขั้นตอนแรกของการย่อย สลายจะเกิดขึ้นภายนอกเซลล์ โดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์จะเข้าไปทำให้เกิดการแตกหักของพันธะที่ละหน่วยซึ่งอยู่ ปลายนอกสุดของสายโซ่ เมื่อสายโซ่แตกจนมีขนาดเล็กพอที่จะแพร่ผ่านเข้าไปและทำให้เกิดการย่อยสลายต่อไป ใน

ขั้นที่สองได้ผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (ultimate biodegradation) คือ พลังงานและสารประกอบขนาดเล็กที่เสถียรในธรรมชาติ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน น้ำ เกลือ แร่ธาตุ และมวลชีวภาพ [30]

การใช้งานผลิตภัณฑ์พลาสติกย่อยสลายได้

ปัจจุบันมีการนำเอาพลาสติกชีวภาพมาใช้ประโยชน์ในหลากหลายด้าน โดยมุ่งไปที่ประโยชน์ 3 ด้านหลักด้วยกัน คือนำ มาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ทางด้านการเกษตร และทางด้านบรรจุภัณฑ์ [31-33]

ประโยชน์ทางการแพทย์ พลาสติกย่อยสลายได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตวัสดุทางการแพทย์ เช่น ผิวน้ำแข็งเทียม ยาที่ถูกออกแบบมาให้สามารถควบคุมการปลดปล่อยตัวยาอย่างช้าๆ ภายในร่างกายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หรือไหมละลาย อุปกรณ์ประเภทสกรู และแผ่นดามกระดูกที่ได้รับการผ่าตัดและฝังอยู่ในร่างกายที่สามารถย่อยสลายได้เองภายหลังจากการทำหน้าที่ตามที่ได้รับออกแบบไว้แล้วเสร็จสิ้น ทำให้ไม่ต้องทำการผ่าตัดซ้ำเพื่อนำวัสดุที่ใช้ในการรักษาเสร็จแล้วออกจากร่างกายผู้ป่วย

ประโยชน์ทางการเกษตร เช่น พลาสติกคลุมดินสำหรับการเกษตรเป็นอุปกรณ์ทางการเกษตรที่สำคัญในการเพาะปลูกพืชบางชนิด เช่น มะเขือเทศ ซึ่งแผ่นฟิล์มจะช่วยป้องกันการเติบโตของวัชพืช และรักษาความชื้นในดิน การใช้ฟิล์มสามารถผลิตได้จากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพจะช่วยลดขั้นตอนการเก็บและกำจัดฟิล์มภายหลังเสร็จสิ้นการใช้งาน เนื่องจากสามารถกำจัดโดยการไถพรวนลงดินได้โดยตรง ช่วยป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุและสารอาหารบริเวณหน้าดินซึ่งมักเกิดขึ้นในขั้นตอนการเก็บและกำจัดฟิล์ม นอกจากนี้ยังมีการนำพลาสติกย่อยสลายได้มาใช้เป็นวัสดุควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญ เช่น ตัวยา บัญ สารเคมีสำหรับการเกษตร วัสดุกักเก็บน้ำสำหรับการเพาะปลูกพืชในทะเลทราย รวมถึงถุงหรือกระถางสำหรับเพาะต้นกล้า

ประโยชน์ทางด้านบรรจุภัณฑ์เพื่อการบริโภคเช่น ถาดย่อยสลายได้สำหรับอาหารสำเร็จรูปและอาหารจานด่วน จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาด้านการจัดการขยะบรรจุภัณฑ์ลงได้

การเตรียมพลาสติกชีวภาพจากแป้ง

พลาสติกชีวภาพเป็นพลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติและสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ วัสดุธรรมชาติที่นำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพมีหลายชนิดส่วนใหญ่จะได้อาจมาจากพืช ซึ่งแบ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่นิยมนำมาผลิตพลาสติกชีวภาพมากที่สุดเพราะหาได้ง่าย มีปริมาณมากและราคาถูก สำหรับประเทศไทยพืชที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชีวภาพคือ ข้าวโพดและมันสำปะหลังเนื่องจากเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีปริมาณมากและราคาถูก

การเตรียมพลาสติกชีวภาพจากแป้ง แป้งฟิล์มจะมีสมบัติเฉพาะตัวขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง โดยเฉพาะความสามารถในการละลายน้ำและฟิล์มจากปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกตินมีสมบัติที่แตกต่างกันโดยฟิล์มจากอะไมโลสจะมีความแข็งแรงสูง ส่วนฟิล์มจากอะไมโลเพกตินซึ่งมีโครงสร้างเป็นกิ่งก้านจะมีสมบัติเชิงกลที่แตกต่างออกไป โดยมีค่าความเค้นต่ำ [34] โดยเฉพาะสมบัติเชิงกลและสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของสาร ฟิล์มจากแป้งมีสมบัติชอบน้ำมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี แต่มีข้อด้อยคือไอน้ำซึมผ่านได้ง่าย [35] โดยทั่วไปมักเติมสารจำพวกพลาสติกไซเซอร์ เช่น กลีเซอรอล เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์มจากแป้งโดยการเพิ่มความยืดหยุ่นหรือลดความเปราะของแผ่นฟิล์ม อย่างไรก็ตามพลาสติกไซเซอร์มักส่งผลกระทบต่อความสามารถในการซึมผ่านของน้ำและอากาศ ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มและมีความยืดหยุ่น โดยสมบัติด้านความยืดหยุ่นจะแปรผันตามปริมาณของพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อค่าความทนทานต่อแรงดึง ลักษณะ

ของฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ได้ แต่จะมีลักษณะที่ค่อนข้างเปราะ ความยืดหยุ่นน้อยและความคงตัวต่อความชื้นน้อย [36-37] ดังนั้นจึงมีงานวิจัยนี้ขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีผู้ทำการศึกษาไว้มากมาย จากแบ่งหลายชนิด

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 [38] เมื่อนำมาศึกษาสมบัติเชิงกลพบว่าผลความหนาแน่นของฟิล์มแตกต่างกัน คือ 0.07, 0.09 และ 0.11 มิลลิเมตร จากการทดสอบความหนาที่เพิ่มขึ้น แรงดึงผิวก็เพิ่มมากขึ้น ส่วนความแข็งแรงนี้ขึ้นอยู่กับการใช้กลีเซอรอล ถ้าหากใช้กลีเซอรอลมากก็จะมีแรงดึงผิวมากขึ้น และฟิล์มก็จะมี ความยืดหยุ่นที่เพิ่มมากขึ้น [39]

หลังจากนั้นมีงานวิจัยของผดุงขวัญ และคณะ (2011) ที่ศึกษาผลของสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อคุณสมบัติเชิงกลและการต้านทานการซึมผ่านน้ำของแผ่นฟิล์มแป้งถั่วเขียวตัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์ (AMS) โดยใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่น พบว่าแผ่นฟิล์ม AMS และแผ่นฟิล์ม AMS ที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นในปริมาณที่ต่างกัน มีลักษณะโปร่งใส ผิวเรียบ ค่อนข้างมันวาว ความหนาของแผ่นฟิล์ม AMS และแผ่นฟิล์ม AMS ที่มีสารเพิ่มความยืดหยุ่นในปริมาณที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากสารเพิ่มความยืดหยุ่นที่ใช้มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจึงสามารถแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ได้ดี อีกทั้งมีการใช้สารเพิ่มความยืดหยุ่นในปริมาณน้อย ความสามารถในการต้านทานแรงเจาะของแผ่นฟิล์ม AMS มีค่าค่อนข้างมาก เนื่องจาก AMS เตรียมจากแป้งถั่วเขียวซึ่งมีปริมาณอะมิโลสสูง ทำให้ฟิล์มที่ได้มีลักษณะแข็งแรง เมื่อมีการใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลเข้าไปแทรกจับพันธะระหว่างสายโมเลกุลของแป้ง จึงทำให้ความแข็งแรงของฟิล์มลดลงส่งผลให้ความสามารถในการต้านทานแรงเจาะลดลง ผลการศึกษาความสามารถในการยึดตัว พบว่าการใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอล ทำให้ความสามารถในการยึดตัวของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้น และความสามารถในการยึดตัวของแผ่นฟิล์ม AMS ที่ใช้กลีเซอรอลในปริมาณ 30% มีความสามารถในการยึดตัวมากกว่าแผ่นฟิล์ม AMS ที่ใช้ซอร์บิทอลในปริมาณ 30% แผ่นฟิล์ม AMS ที่ใช้กลีเซอรอลเป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นมีค่าการดูดความชื้นมากกว่าแผ่นฟิล์ม AMS ที่ใช้ซอร์บิทอล เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นมากกว่าซอร์บิทอล ผลการต้านทานการซึมผ่านน้ำของแผ่นฟิล์มได้ดี จึงมีความเป็นไปได้ในการนำแผ่นฟิล์ม AMS ดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในด้านการห่อหุ้ม [40] ต่อมาในปี 2014 ศึกษาผลของสารก่อฟิล์มร่วมและสารเพิ่มความยืดหยุ่นต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นฟิล์มเนื้อเมลิตมะขาม (TSX) โดยใช้โซเดียมอัลจิเนต (Alg) ในอัตราส่วน 1:1 เป็น และใช้กลีเซอรอล (Gly) และซอร์บิทอล (Sor) เป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่น 20% w/w ผลการศึกษาพบว่า แผ่นฟิล์ม TSK ผสม Alg และ Gly มีความสามารถในการต้านทานแรงเจาะ ความสามารถในการยึด และความสามารถใน

การยืดเกาะ มีค่ามากกว่าแผ่นฟิล์ม TSK ผสม Alg และ Sor แต่มีความสามารถในการต้านการซึมผ่านไอน้ำได้ดี จึงมีความเป็นไปได้สำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับแผ่นฟิล์มและการเคลือบฟิล์ม สำหรับแผ่นฟิล์ม TSK ผสม Alg และ Gly มีลักษณะทางกายภาพที่ดี คุณสมบัติเชิงกลดี คุณค่าความชื้นดี ความสามารถในการยืดเกาะกับผิวหนังได้ดี จึงมีความเป็นไปได้ในการนำแผ่นฟิล์มมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์สำหรับผิวหนัง แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์การใช้งานด้วย [41]

จากงานวิจัยของเมธา และคณะ (2017); ได้ทำการศึกษาถุงเพาะปลูกสตอร์เบอร์รี่และพริกพันธุ์ซูเปอร์ฮอทโดยการตัดแปรงโครงสร้างทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังและยางธรรมชาติ เพื่อความเข้ากันได้ขององค์ประกอบในสารผสม มีการศึกษาผลของปริมาณแป้งและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีต่อสมบัติการทนแรงดึง สมบัติพื้นผิว และสมบัติเชิงความร้อน พัฒนาการขึ้นรูปของสารผสมระหว่าง LDPE และแป้งให้เป็นแผ่นฟิล์ม จนได้ถุงพลาสติกต้นแบบเพื่อใช้ในการปลูกพริกและสตอร์เบอร์รี่ และวิเคราะห์การย่อยสลายของถุงพลาสติกในระดับห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่าถุงที่มีแป้งร้อยละ 50 ย่อยสลายได้ดีที่สุด (ร้อยละ 39.97) ส่วนถุงที่มีแป้ง ร้อยละ 40 ย่อยสลายได้ร้อยละ 24.77 ในขณะที่ถุงปลูกปกติ (LDPE) ไม่มีการย่อยสลาย การทดสอบถุงตัวอย่างที่มีปริมาณแป้งต่างกันเพื่อเป็นถุงเพาะกล้าพริก ถุงปลูกพริก พร้อมกับการศึกษาการย่อยสลายของถุงตัวอย่างทั้งคุณสมบัติเชิงกล สมบัติพื้นผิว และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักถุง ผลการศึกษาให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาในห้องปฏิบัติการ การศึกษาผลของการใช้ถุงตัวอย่างที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบต่อการเจริญเติบโตของพริก และสตอร์เบอร์รี่พบว่า ผลการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 2 ชนิดระหว่างการปลูกในถุงที่พัฒนาขึ้น และถุงปลูกปกติไม่แตกต่างกัน แต่มีการเปลี่ยนสีของรากพริกจากสีขาวเป็นสีน้ำตาล ในกรณีที่มีการใช้ถุงเพาะกล้าที่มีแป้งสูง อาจเนื่องมาจากเกิดกระบวนการหมักและมีการเกิดขึ้นในระหว่างการปลูกและมีผลต่อการเจริญเติบโตของราก ซึ่งการวิเคราะห์ราคาต้นทุนต่อถุงของถุงพลาสติกที่พัฒนาขึ้นพบว่า ยังมีราคาสูงกว่าถุงที่ใช้กันอยู่ทั่วไป (3-5 เท่า) และหากเก็บรักษาถุงในสภาวะเปิดจะพบว่าถุงมีลักษณะติดกัน และมีราเกิดขึ้น ดังนั้น จึงต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงสูตรเพิ่มเติมเพื่อลดต้นทุนการผลิต และป้องกันการเกิดเชื้อราต่อไป ปัจจุบันบริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) ได้ให้ความสนใจในการนำผลจากโครงการวิจัยไปต่อยอด เพื่อขยายผลเชิงธุรกิจ และขยายการใช้ประโยชน์แก่เกษตรกรให้กว้างขวางขึ้นเป็นการช่วยลดการนำเข้าถุงพลาสติกจากต่างประเทศ และลดปริมาณขยะให้กับสิ่งแวดล้อมต่อไป [42]

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- มันแกว จากบ้านม่วงเจ็ดต้น ตำบลวังเพลิง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

3.1.2 สารเคมี

- กลีเซอรอล (Glycerol; บริษัท Gammaco (Thailand) Co.Ltd)
- โซเดียม เมตาไบซัลไฟต์ (Sodium Metabisulfite)
- เอทานอล (Ethyl Alcohol 95%)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide pellets)
- แผ่นพาราฟิน

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 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)
- เครื่องชั่งสีตำแหน่ง (ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AG 204)
- เครื่องปั่นละเอียด (ยี่ห้อ SHARP รุ่น EM-ICE 2)
- เครื่องซีลถุง (ยี่ห้อ Power Goldex รุ่น PFS-200)
- เครื่องปั่น (SHARP รุ่น EM-ICE2)
- เครื่องเขย่าสาร (ยี่ห้อ Scientific Promotion Co.Ltd.)
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (ยี่ห้อ Hettich รุ่น Universal 32)

3.1.4 เครื่องมือในการวิเคราะห์

- เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex EZ, ประเทศไทย)
- เครื่องวัดความหนา (Micrometer) (ยี่ห้อ Mitutoyo Scientifica รุ่น M110-25)
- เครื่องวัดค่าแอกติวิตี (Water activity meter) (ยี่ห้อ Aqualab รุ่น Series 4TE)
- เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) (PerkinElmer รุ่น Universal

ATR Sampling Accessory)

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

TA.XT.plus)

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

3.2.1 การเตรียมแป้งมันแกว

แป้งมันแกว นำมาจาก ต.เกาะแก้ว อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี โดยมีวิธีการเตรียมแป้งมันแกวดังนี้

3.2.1.1 การเตรียมแป้งดิบจากมันแกว

ล้างทำความสะอาดแป้งมันแกวเพื่อขจัดเศษดิน และสิ่งสกปรก ปลูกเปลือกแล้วล้างด้วยน้ำอีกครั้ง หั่นให้เป็นแผ่นบางๆ นำไปปั่นละเอียดโดยผสมน้ำในอัตราส่วนหัวมันต่อน้ำเท่ากับ 1:2 ด้วยเครื่องปั่นผสมไฟฟ้า (SHARP, EM-ICE 2, ประเทศไทย) เป็นเวลา 2 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง ทิ้งไว้ให้แป้งตกตะกอน จากนั้นเทของเหลวส่วนบนออก แล้วล้างตะกอนแป้งด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 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

เตรียมฟิล์มแป้งมันแกว โดยดัดแปลงจากวิธีของ Noiduang และคณะ (2015)[43] โดยละลายแป้งในน้ำกลั่น ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร กวนผสมพร้อมกับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเติมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนักของแป้ง กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันนาน 5 นาที ขึ้นรูปโดยเทสารละลายน้ำแป้ง ลงในแม่พิมพ์เทอร์พอน ขนาด ขนาด 32x26 เซนติเมตร อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 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) [44]

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

การต้านทานแรงดึง (Tensile strength, TS) และการต้านทานแรงเจาะ ตามวิธีของ กมลทิพย์ และคณะ (2553) [45] 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 Ghasemlou และคณะ (2011) [46] 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) เป็นค่าความชื้นที่มีผลต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาของฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งมันแกว มีหลักการ คือ ให้ความร้อนกับตัวอย่างที่บรรจุอยู่ในบริเวณที่ปิดสนิทจนกระทั่งความชื้นสัมพัทธ์บริเวณเหนือตัวอย่างคงที่ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับค่า a_w ของตัวอย่าง [47] ค่า a_w ที่น้อยที่สุดที่ทำให้แบคทีเรีย ยีสต์ และราเติบโตได้เท่ากับ 0.90, 0.83 และ 0.80 ตามลำดับ [48]

3.2.2.6 อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability, WVP)

อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability, WVP) ใช้วิธีการทดสอบตามวิธีของ Jomlapeeratkiul และ คณะ [49] โดยใช้ถ้วยทดสอบเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร สูง 3.2 เซนติเมตร บรรจุด้วยซิลิกาเจล (silica gel) ตัดแผ่นฟิล์มเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ปิดบนถ้วยทดสอบ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแผ่นฟิล์มรวมกับถ้วยทดสอบ นำถ้วยทดสอบใส่ในโถควบคุมความชื้นที่ร้อยละ 75 RH ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) ชั่งน้ำหนักถ้วยทดสอบ (แผ่นฟิล์ม silica gel และถ้วยทดสอบ) เมื่อเวลาผ่านไป 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมง คำนวณหาค่า โดยใช้สูตร

$$WVP = (WVTR * t) / \Delta P$$

เมื่อ WVTR คือความชันของกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียบอกกับเวลา ($g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$) ต่อพื้นที่ของฟิล์มที่ไอน้ำผ่าน (m^2)

t คือ ความหนาของแผ่นฟิล์ม (mm)

ΔP คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัว (Pa)

3.2.3 ศึกษาการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งแกว

ตัดแผ่นฟิล์มแป้งให้มีขนาด 2×5 เซนติเมตร นำมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปฝังลงในดินที่นำมาจากแปลงปลูกมันสำปะหลัง ลักษณะเป็นดินร่วน ทำการฝังในกระถางเพาะชำ โดยนำดินบรรจุในถางเพาะชำขนาด 17.5×46.5 เซนติเมตร และฝังแผ่นฟิล์มให้มีความลึกประมาณ 8-10 เซนติเมตร วางในที่ร่ม ไม่มีการให้น้ำ และความชื้นเริ่มต้นของดินเท่ากับร้อยละ 21 โดยน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์มทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ บันทึกผลการทดลองและคำนวณการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้ง โดยมีแผ่นฟิล์มพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (PE) เป็นชุดควบคุม [50]

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

เมื่อ $A =$ น้ำหนักของแผ่นฟิล์มเริ่มต้น (กรัม)

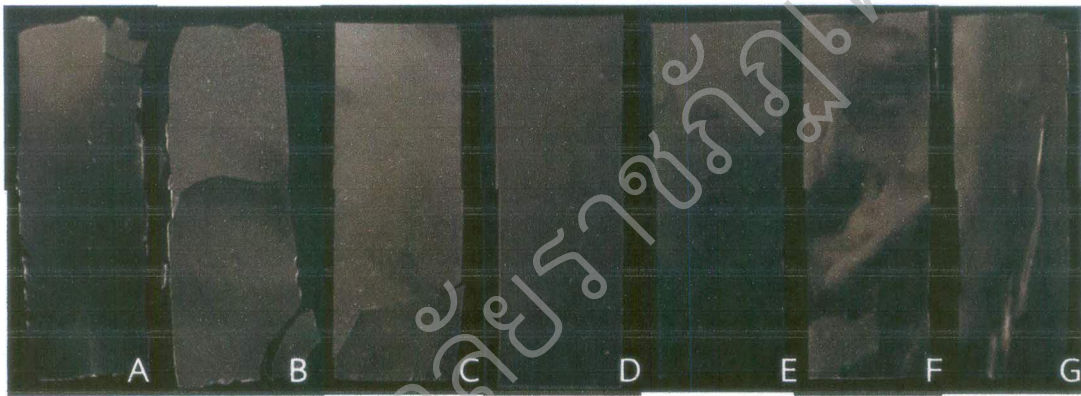
$B =$ น้ำหนักของแผ่นฟิล์มหลังการย่อยสลาย (กรัม)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากรูปที่ 1 การสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าแผ่นฟิล์มแข็งมันแกวที่มีกลีเซอรอลในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10 และ 20 (รูปที่ A-C) มีลักษณะเปราะ และแตกหักง่าย ในขณะที่แผ่นฟิล์มแข็งมันแกวที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลร้อยละ 30 และ 40 (รูปที่ D-E) มีลักษณะโปร่งใส ผิวเรียบ ค่อนข้างมัน สามารถขึ้นรูปได้ดี ส่วนแผ่นฟิล์มแข็งมันแกวที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลร้อยละ 50-60 (รูปที่ F-G) ลักษณะ ผิวไม่ค่อยเรียบ เหนียว และขาดง่าย พบว่ากลีเซอรอลมีผลทำให้แผ่นฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอล (hydrophilic plasticizer) เป็นสารประเภท polyol ที่ชอบน้ำ จึงสามารถเข้าจับกับ hydrophilic sites บนโมเลกุลของแป้งได้ง่าย กลีเซอรอลจะเข้าไปเชื่อมระหว่างโมเลกุลของแป้งกับแป้ง ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของแป้งอ่อนตัวลงมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น จึงสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้โดยไม่แข็งจนเปราะ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้ใส่กลีเซอรอลซึ่งมีลักษณะแข็งกรอบ และแตกง่าย



รูปที่ 1 แสดงลักษณะภายนอกแผ่นฟิล์มแสดงลักษณะภายนอกแผ่นฟิล์ม (A-G) แผ่นฟิล์มแข็งมันแกวที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60

แผ่นฟิล์มแข็งมันแกวที่เตรียมได้มีความหนาอยู่ในช่วง 0.16-0.28 ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยที่ความหนาของแผ่นฟิล์มจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอล เนื่องจากแผ่นฟิล์มมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งกลีเซอรอลทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์แทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลอะไมโลสในแป้ง ทำให้ความหนาโดยรวมของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Noiduang et al. (2015) เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L^*) คือ ค่าความสว่างของสี มีค่าสีอยู่ในช่วง 0-100 โดยที่ 0 คือสีดำ และ 100 คือ สีขาว ค่าสีของแผ่นฟิล์มแข็งมันแกว ที่มีกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มีค่าความสว่างใกล้เคียงกันซึ่งอยู่ในช่วง 23-29

ค่าแอกติวิตีของน้ำ (a_w) ของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกว อยู่ระหว่าง 0.36-0.49 ไม่อยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากจุลินทรีย์จะเติบโตได้ที่ a_w ประมาณ 0.70-0.99

ค่าการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกวมักมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ ละลายน้ำได้ดี ส่งผลให้ค่าการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกวที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกว

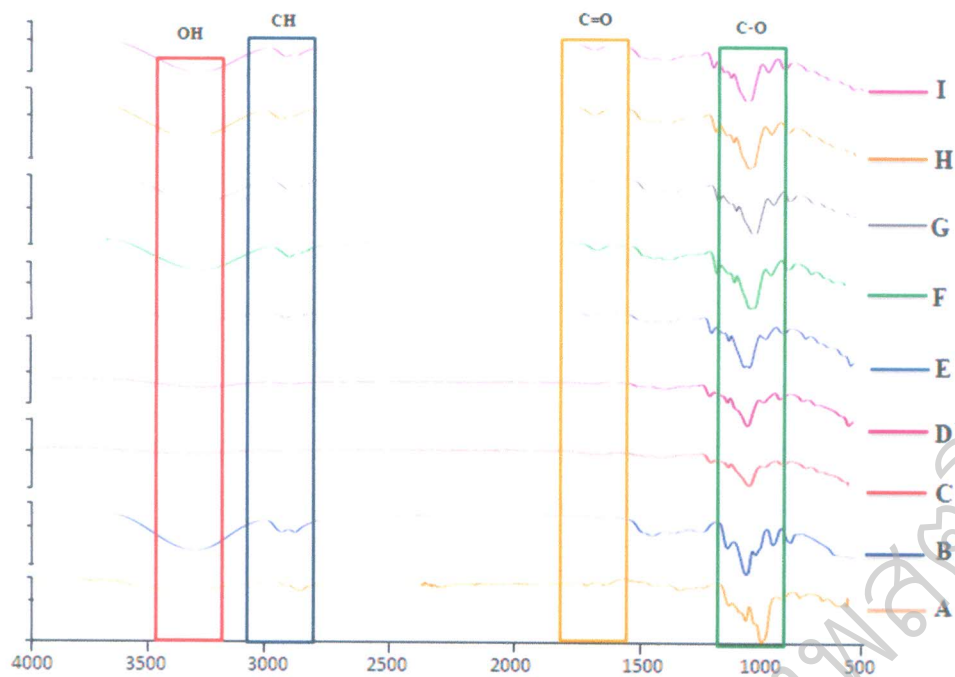
ปริมาณ กลีเซอรอล (%)	ความหนา (mm)	ความสว่าง L^*	ค่าแอกติวิตีของน้ำ (a_w)	ค่าการละลาย (%)
0	0.16±0.01	23.25±1.83	0.36±0.01	12.88±0.18
10	0.19±0.01	24.10±3.29	0.37±0.01	16.59±0.63
20	0.21±0.03	25.16±0.60	0.39±0.01	22.04±0.19
30	0.22±0.02	26.51±1.89	0.41±0.01	23.27±1.24
40	0.26±0.01	26.55±2.46	0.43±0.01	23.53±0.22
50	0.27±0.02	28.16±0.88	0.44±0.01	25.27±1.52
60	0.28±0.01	28.97±0.97	0.49±0.01	31.57±1.61

เมื่อทำการศึกษาอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) ของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกวที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ดังตารางที่ 2 พบว่ามีค่า WVTR เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกลีเซอรอลสูงขึ้นตามลำดับของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกวที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 30, 40, 50 และ 60 (190.32, 319.93, 337.11 และ 466.56 $g/m^2/Kpa/hr$ ตามลำดับ) เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำจึงเข้าไปแทรกตัวกับโมเลกุลของแป้งทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์อ่อนแอลง เพิ่มช่องว่างระหว่างโมเลกุล ส่งผลต่อความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gontard et al. (1993) และ Mali et al. (2006) [51-52] อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์หัตถการการซึมผ่านของไอน้ำไม่ได้ทำการทดสอบฟิล์มแป้งมันแกวที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10 และ 20 เนื่องจากแผ่นฟิล์มมีความเปราะ และแตกหักง่าย จึงไม่สามารถทดสอบด้วยวิธีนี้ได้

ตารางที่ 2 แสดงค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ (WVTR) ของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกว

ปริมาณ กลีเซอรอล (%)	อัตราการซึมผ่านไอน้ำ $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{kPa} \cdot \text{hr})$
0	-
10	-
20	-
30	190.32
40	319.93
50	337.11
60	466.56

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ผลการศึกษาแสดงเป็นสเปกตรัมของแป้งมันแกว (รูปที่ 2A), กลีเซอรอล (Figure 2B) แผ่นฟิล์มแป้งมันแกวที่มีกลีเซอรอลร้อยละ 0 (รูปที่ 2C), 10 (รูปที่ 2D) 20 (รูปที่ 2E), 30 (รูปที่ 2F), 40 (รูปที่ 2G), 50 (รูปที่ 2H) และ 60 (รูปที่ 2I) สเปกตรัม FTIR แสดงให้เห็นว่าแป้งมันแกวมีพีคที่เลขคลื่น 3300 cm^{-1} (O-H stretching), 2900 cm^{-1} (C-H stretching), 1600 cm^{-1} (C-O stretching), 1000 และ 860 cm^{-1} (C-O-C stretching) และ 996 และ 927 cm^{-1} (COH bending) [53] และพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนกลีเซอรอลมากขึ้นที่เลขคลื่น 3300 cm^{-1} (O-H stretching) ทำให้ค่าการดูดกลืนของหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิลมีค่ามากขึ้น [54]



รูปที่ 2 สเปกตรัม FTIR ของแป้งมันแกว (A), กลีเซอรอล (B) และแผ่นฟิล์มแป้งมันแกวที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 (C-I)

ผลการทดสอบสมบัติทางกลของฟิล์มแป้งมันแกวที่มีกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ดังตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ากลีเซอรอลส่งผลให้แผ่นฟิล์มแป้งมันแกวอ่อนนุ่มขึ้น เนื่องจากการผสมกลีเซอรอลร้อยละ 100 ในแผ่นฟิล์มมีค่าการต้านทานแรงดึง (TS) ต่ำที่สุด พบว่าเมื่อปริมาณกลีเซอรอลมากขึ้น มีค่าต้านทานการดึงขาดลดลง เนื่องจากกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นจะไปจับกับสายโซ่พอลิเมอร์ของแป้ง ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์อยู่ใกล้กันอ่อนตัวลง ฟิล์มจึงมีความยืดหยุ่นมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chillo และคณะ [55]

ค่าความสามารถในการต้านทานแรงเฉาะ ของฟิล์มแป้งมันแกวที่มีกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ดังตารางที่ 3 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลค่าต้านทานแรงเฉาะลดลงตามลำดับ เนื่องจากผลของกลีเซอรอลมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำซึ่งแทรกอยู่ระหว่างสายโซ่โมเลกุลของแป้ง เป็นการเพิ่มช่องว่างระหว่างโมเลกุลเป็นเหตุให้ความสามารถในการต้านทานแรงเฉาะลดลง [56] จากค่าความต้านทานแรงเฉาะมีความสัมพันธ์กับการใช้งานจริงกับถุงเพาะชำ เนื่องจากค่าต้านทานแรงเฉาะมากเกินไปรากของพืชจะเฉาะทะลุถุงได้ยากทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต แต่ถ้าค่าต้านทานแรงเฉาะน้อยเกินไป ถุงเพาะชำอาจจะเกิดการฉีกขาดได้ง่าย [57]

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกว

ปริมาณ กลีเซอรอล (%)	ค่าต้านทานแรงดึงขาด (N/mm)	ค่าต้านทานแรงเฉาะ (N/mm)
0	14.56±0.45	81.45±0.36
10	9.23±0.23	75.56±0.66
20	8.89±0.54	67.43±0.58
30	6.76±0.78	43.52±0.85
40	4.54±0.25	33.67±0.52
50	1.59±0.11	28.68±0.92
60	0.30±0.95	21.54±0.75

ศึกษาอัตราการย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม

จากการทดสอบการย่อยสลายโดยธรรมชาติของแผ่นฟิล์มที่ฝังดินเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ดังตารางที่ 4 พบว่าฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (ชุดควบคุม) ไม่เกิดการย่อยสลาย ในขณะที่แผ่นฟิล์มแป้งมันแกวผสมกลีเซอรอล ร้อย 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มีการย่อยสลายได้ร้อยละ 58.93, 67.85, 68.56, 83.01, 92.85, 98.25 และ 100 ตามลำดับ พบว่าแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้มากขึ้นเมื่อปริมาณกลีเซอรอลมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากแป้งเป็น โม่เลกุลชีวภาพจึงย่อยสลายได้ง่าย ประกอบกับกลีเซอรอลที่เป็นส่วนผสมของฟิล์มสามารถละลายน้ำได้ดีจึงช่วยให้ แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 4 การย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันแกว

ตัวอย่าง	ลักษณะทางกายภาพ		ร้อยละของการย่อยสลาย
	ก่อนการย่อยสลาย	หลังการย่อยสลาย	
พลาสติกพอลิเอทิลีน (ชุดควบคุม)			0.00
แป้งมันแกว ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0			58.93±5.53
แป้งมันแกว ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 10			67.85±3.65
แป้งมันแกว ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 20			68.56±2.52
แป้งมันแกว ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 30			83.01±9.74
แป้งมันแกว ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 40			92.85±6.94
แป้งมันแกว ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 50			98.25±1.55
แป้งมันแกว ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 60			100

แสดงผลของการขึ้นรูปถุงเพาะชำจากแผ่นฟิล์มแบงมันแกว จากที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น แผ่นฟิล์มที่ผสมอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10 และ 20 แผ่นฟิล์มที่ได้นั้นมีลักษณะเปราะ แตกง่าย ส่วนอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 60 ลักษณะ ผิวไม่ค่อยเรียบ และขาดง่าย ไม่สามารถขึ้นรูปได้ ซึ่งอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30, 40 และ 50 สามารถขึ้นรูปได้ดี จึงนำมาขึ้นรูปเป็นถุงเพาะชำเพื่อนำไปใช้ในการปลูกพืช ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงลักษณะถุงเพาะชำทางพาณิชย์ (A) ถุงเพาะชำที่ทำจากฟิล์มแบงมันแกวผสมกลีเซอรอลร้อยละ 30 (B) และถุงเพาะชำที่ทำจากฟิล์มแบงมันแกวผสมกลีเซอรอลร้อยละ 40 (B) และถุงเพาะชำที่ทำจากฟิล์มแบงมันแกวผสมกลีเซอรอลร้อยละ 50 (B) ใส่ดินสำหรับนำไปปลูก

จากการทดลองดังกล่าวซึ่งนำมาเป็นประโยชน์ให้กับเกษตรกรเนื่องจากการปลูกพืชเพาะชำในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนเกษตรกรจำเป็นต้องตั้งต้นกล้าออกจากถุงเพาะชำก่อนนำไปลงในดินและก็ต้องระมัดระวังในการดึงพืชที่จะเพาะออกเพราะถ้าไม่ทำอย่างระมัดระวังรากของพืชอาจจะเกิดการขาดเมื่อนำไปสู่ดิน ต้นไม้จะชะงักการเจริญเติบโตได้ แต่ถ้าใช้ถุงเพาะชำที่ทำมาจากพลาสติกย่อยสลายได้ เกษตรกรไม่ต้องตั้งต้นกล้าออกจากถุงเพาะชำให้กลายเป็นปุ๋ยบำรุงพืชได้อีกด้วย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการผลิตฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งมันแกว เป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เมื่อศึกษาสภาวะการเตรียมแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ โดยใช้แป้ง 5% (w/v) และแปรปริมาณกลีเซอรอลซึ่งเป็นพลาสติกไซเซอร 6 ระดับคือ ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง (w/v) จากการศึกษการผลิตฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งมันแกว พบว่าการเติมกลีเซอรอลสามารถช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น การละลายน้ำให้กับแผ่นฟิล์ม ส่วนสมบัติทางกล พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลมากขึ้น มีผลทำให้ค่าต้านทานแรงดึงขาดและค่าต้านทานแรงเจาะลดลง จากการศึกษาการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มจากแป้งมันแกวที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มีการย่อยสลายได้ร้อยละ 58-100 ภายใน 12 สัปดาห์ เมื่อนำแผ่นฟิล์มมาขึ้นรูปเป็นถุงเพาะข้าว พบว่าแผ่นฟิล์มแป้งมันแกวที่ผสมอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30, 40 และ 50 สามารถขึ้นรูปถุงเพาะข้าวได้ดี จึงสามารถนำฟิล์มแป้งมันแกวไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ใช้กับผลิตผลทางการเกษตรชนิดอื่น ๆ ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. การผลิตแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดของพลาสติกไซเซอร
2. ศึกษาการนำถุงเพาะข้าวย่อยสลายได้จากแป้งมันแกวไปปลูกพืช
3. ควรมีการศึกษาการย่อยสลายด้วยแสง เพราะเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการสลายตัวของฟิล์มย่อยสลายได้

บรรณานุกรม

1. มันแกว. [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 25 มิถุนายน 2562]. เข้าถึงจาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/มันแกว>
2. มันแกวและการปลูกมันแกว. [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 25 มิถุนายน 2562]. เข้าถึงจาก: <http://puechkaset.com/มันแกว>
3. โครงการเผยแพร่ข้อมูลทรัพยากรชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นบนพื้นที่สูง, สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง (องค์การมหาชน). "Sweet potato". อ้างอิงใน: หนังสือชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (เต็ม สมิตินันทน์). สืบค้นจาก eherb.hrds.or.th. (สืบค้นเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน 2562)
4. พืชให้แป้งหรือน้ำตาล, สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. "มันเทศ". สืบค้นจาก www.rspg.or.th/plants_data/use/powder_sugar.htm (สืบค้นเมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2561)
5. กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 303 หน้า
6. Sajilata, M.G. Singhal, R.S. and Kulkarni, P.R. (2006). Resistant Starch - A Review, *Food Science and Food Safety*, 5, 1-17
7. กล้าณรงค์ ศรีรอด, กาญจนา กุโรจนวงศ์ และวิไล สันติโสภาคี, 2541, "โครงสร้างของอะไมโลส อะไมโลเพคตินและคุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่สกัดได้จากเกษตรศาสตร์ 50 ในอายุต่างๆกัน", ในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36, 3-5 กุมภาพันธ์ 2541, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
8. 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
9. กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543, เทคโนโลยีของแป้ง, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 292 หน้า
10. 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.
11. 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
12. Beynum, G.M.A. van, and Roels, J.A. (1985). Starch Conversion Technology, Marcel Dekker, Inc., New York, 326

13. 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
14. Tester, R.F., Karkalas, J. and Qi, X. (2004). Starch-composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39, 151-165
15. 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
16. Jane, J. and Shen, J.J. (1993). Internal Structure of the Potato Starch Revealed by Chemical Gelatinization. *Carbohydrate Research*, 247, 279-290
17. 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
18. 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
19. Collison, R. (1968). Swelling and Gelation of Starch. In Radley, J.A. (ed.), *Starch and Its Derivatives*, Chapman and Hall Ltd., London. 168-193
20. 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
21. 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
22. 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
23. 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
24. 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

25. 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
26. 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
27. Karim, A. A., Norziah, M.H. and Seow, C.C. (2000). Methods for the study of starch retrogradation. *Food Chemistry*, 71, 9-36
28. 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
29. 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
30. González, A. Strumia, M.C. Ines, Cecilia. and Igarzabal, A. (2011). Cross-linked soy protein as material for biodegradable films: Synthesis, characterization and biodegradation, *Journal of Food Engineering*, 106, 331-338
31. Yuksel, O., Jasna, H. and Hanife, B. (2004). Biodegradation of plastic compost bags under controlled soil conditions. *Acta Chirurgiae Plasticae*, 51, 579-588
32. Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A. and Ahmed, S. (2008). Biological degradation of plastic: A comprehensive review. *Biotechnol Advances*, 26, 246-265
33. Chandra, R. and RENU, R. (1998). Biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science*, 1273-1335
34. 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.
35. Lucas, P., Bienaime, C., Belloy. C., Queneudec, M., Silvestre, F., and Nava-saucedo, J. (2008). Polymer prehensive review. *Biotechnology Advances*, 246-265.
36. 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.
37. 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

38. 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
39. 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
40. Mali, S. Victo´ria, M. Grossmann, E., Garcia, M. A., Martino, M. N and Zaritzky, N. E. (2002). Microstructural characterization of yam starch films. *Carbohydrate Polymers*, 50, 379-386
41. 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
42. รศ.ดร.เมธา รัตนกรพิทักษ์. “แผ่นฟิล์มพลาสติกผสมทำถุงเพาะปลูกพืชย่อยสลายได้” สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. สืบค้นจาก <https://www.trf.or.th/index.php?option> (สืบค้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2561)
43. Noiduang, P., Thawla, L., & Pa-ai, O. (2015). Study on Edible Film Production from Chinese Water Chestnuts Starch. *Agricultural Science Journal*, 46(3), 665-668.
44. Li, M. and 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.
45. Choi, W. S. and Jung H. H. 2001. “Physical and Mechanical Properties of Pea-Protein-Base Edible Film”. *Journal Food Science*. 66(2): 319-322.
46. Ghasemlou, M., Khodaiyan, F. and Oromiemi, A. 2011. “Physical, Mechanical, Barrier, and Thermal Properties of Polyol-Plasticized Biodegradable Edible Film Made from Kefiran”. *Carbohydrate Polymers*. 84: 477-483.
47. Sperber WH. Influence of water activity on foodborne bacteria - a review, *Journal of Food Protection*. 1983; 46(2): 142-150.
48. Jomlapeeratkiul P, Poomsa-ad N, Wiset L. The Effects of drying temperatures and oil contents on properties of biodegradable film from konjac flour, *Journal of the Thai Society of Agricultural Engineering*. 2014; 20(2): 1-7.
49. Jomlapeeratkiul P, Poomsa-ad N, Wiset L. The Effects of drying temperatures and oil contents on properties of biodegradable film from konjac flour, *Journal of the Thai Society of Agricultural Engineering*. 2014; 20(2): 1-7.

50. Tsou, C. H. and et al. 2014. "Preparation and Characterization of Bioplastic-Based Green Renewable Composites from Tapioca with Acetyl Tributyl Citrate as a Plasticizer". **Materials**. 7: 5617-5632.
51. Gontard N, Guillbert S, Cuq JL. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapour barrier properties of an edible film, *The Journal of Food Science*. 1993; 55(1): 206-211.
52. Mali S, Grossmann MVE, Garcia MA. et al. Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized films from different starch sources, *Journal of Food Engineering*. 2006; 75: 453-460.
53.] Seo, J. and et al. 2016. "Step-Reduced Synthesis of Starch-Silver Nanoparticles" **International Journal of Biological Macromolecules**. 80: 126-128.
54. Melo, C. P. B. and et al. 2011. "Effect of Manufacturing Process and Xanthan Gum Addition on the Properties of Cassava Starch Films". **Journal Polymer Environment**. 19:739-749.
55. Chillo, S. and et al. 2008. "Influence of Glycerol and Chitosan on Tapioca Starch-Based Edible Film Properties". **Journal of Food Engineering**. 88: 159-168.
56. Mali, S. and et al. 2005. "Water Sorption and Mechanical Properties of Cassava Starch Films and Their Relation to Plasticizing Effect". **Carbohydrate Polymers**. 60: 283-289.
57. Bilck, A. P. and et al. 2014. "Biodegradable Bags for the Production of Plant Seedlings". **Polímeros**. 24(5): 547-553.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการสกัดแป้งจากมันแกว

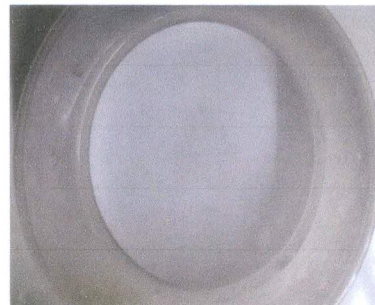
1. นำมันแกวที่ปอกเปลือกแล้ว ไปล้างน้ำให้สะอาด และหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ



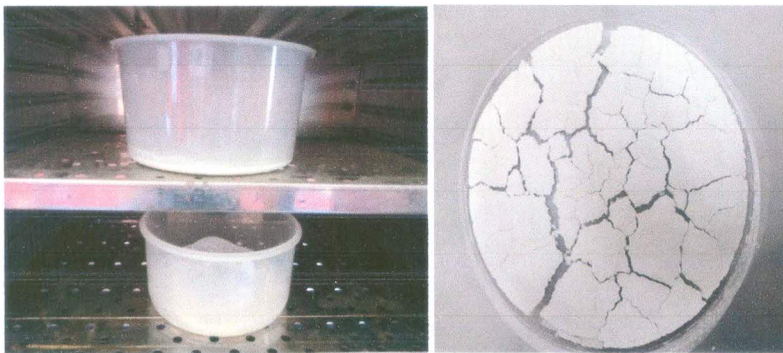
2. นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นในอัตราส่วนมันแกวต่อน้ำเท่ากับ 1:2 จนเนื้อมันแกวละเอียดเท่ากัน
ทุกส่วน



3. นำตัวอย่างที่ได้จากการปั่นละเอียดไปกรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อเอากากมันแกวออก และตั้งทิ้งไว้ให้
แป้งตกตะกอน แล้วเทน้ำส่วนบนออกให้เหลือแต่ตะกอนแป้ง



4. นำตะกอนแป้งมันแกวที่ได้ไปอบที่ตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าตะกอนแป้งมันแกวแห้งสนิท

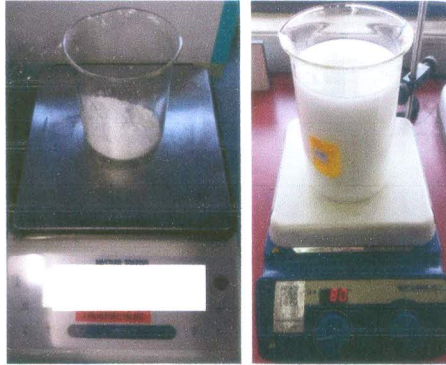


5. นำตะกอนแป้งมันแกวมานำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นเก็บลงในภาชนะที่มีฝาปิดเก็บในโถดูดความชื้นเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป



ภาคผนวก ข
วิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มจากแป้งมันแกว

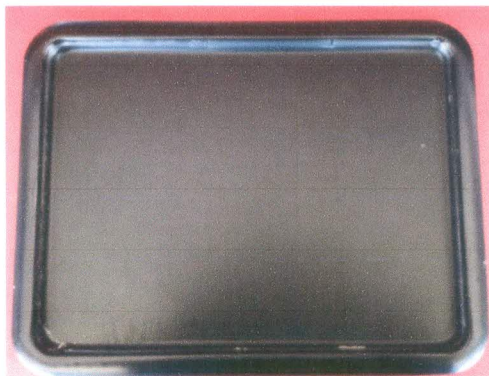
1. เตรียมสารละลายแป้งมันแกว 5% (w/v) ซึ่งแป้ง 50 g ละลายในน้ำ DI 1000 ml นำไปต้มให้แป้งละลายเป็นเนื้อเดียวกัน กวนโดยให้ความร้อน 80 องศาเซลเซียส



2. เติมสารละลายกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ปริมาตร 0, 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 ml และคนให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน



3. นำสารตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าสารตัวอย่างจากแป้งมันแกวจะแห้งสนิทจนเป็นแผ่นฟิล์มที่มีลักษณะสีใสๆ



4. นำฟิล์มที่อบจนแห้งแล้วมาแกะออกจากถาด แล้วเก็บใส่ภาชนะ



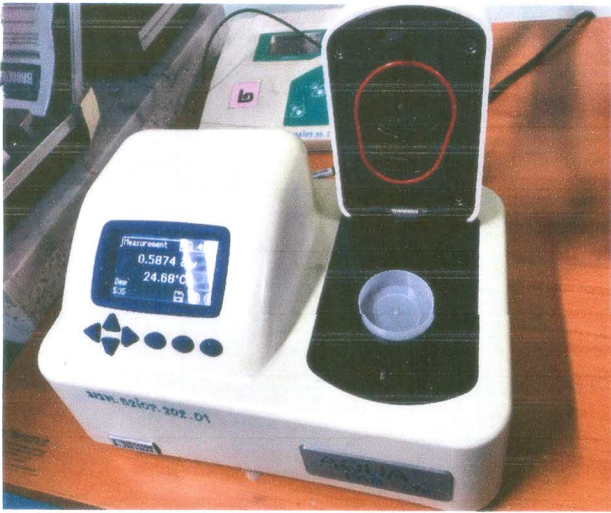
การเตรียมถุงเพาะชำย่อยสลายจากแป้งมันแกว

1. นำฟิล์มจากแป้งมันแกวมาทำเป็นถุงเพาะชำ โดยวัดขนาดให้มีความกว้างขนาด 3 เซนติเมตร และมีความสูง 6 เซนติเมตร และซีลด้วยเครื่องซีลให้มีลักษณะเป็นถุงเพื่อนำไปใช้งาน



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาคผนวก ค
เครื่องมือวิเคราะห์



เครื่องวัดค่า Water Activity รุ่น 4TE (ไทย)



เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex EZ, ประเทศ



เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis; TPA)



FTIR ยี่ห้อ Prekin Elmer รุ่น Frontier FT-IR

ภาคผนวก ง
การคำนวณ

การเตรียมสารละลาย 5% w/v แปะมันแกว

ในการทดลองใช้สารละลายแปะมันแกว 5% w/v ซึ่งทำได้โดยการชั่งแปะมันแกว 50 g ละลายด้วยน้ำ DI 1000 ml จากนั้นเติมกลีเซอรอล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละโดยมวล} = \frac{\text{มวลของตัวถูกละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 100$$

โดยจะเตรียมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ดังนี้

การเตรียมแผ่นฟิล์มแปะมันแกว

ฟิล์มแปะมันแกว (%)	แปะมันแกว (g)	น้ำ DI	กลีเซอรอล (%)
0%	50	1000	0
10%	50	1000	3
20%	50	1000	6
30%	50	1000	9
40%	50	1000	12
50%	50	1000	15
60%	50	1000	18

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ- นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวภาวิณี เทียมดี
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Pawinee Theamdee
2. ตำแหน่งปัจจุบัน
- อาจารย์
3. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์
-สาขาเคมี (คบ.) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี 321 ถนน
นารายณ์มหาราช ต.ทะเลชุบศร อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000
อิเล็กทรอนิกส์ E-mail : ampchem_169@hotmail.com
4. 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
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) เคมีพอลิเมอร์