



โครงการวิจัยระดับปริญญาตรี

ฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด
(Flim Starch from Sangyod Rice)

จัดทำโดย

นางสาวศศิธร คงยอด รหัสนิต 612091042

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.เสาวณีย์ สิงห์สโรทัย

โครงการวิจัยเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
ปีการศึกษา 2564



โครงการวิจัยระดับปริญญาตรี

ฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด
(Flim Starch from Sangyod Rice)

จัดทำโดย

นางสาวศศิธร คงยอด รหัสบัณฑิต 612091042

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.เสาวณีย์ สิงห์สโรทัย

โครงการวิจัยเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ปีการศึกษา 2564



ใบรับรองรายวิชาโครงการ
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์
มหาวิทยาลัยทักษิณ

ชื่อโครงการ : फिल्मเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด

ชื่อ-ชื่อสกุล ผู้ทำโครงการ : นางสาวศศิธร คงยอด

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

คณะกรรมการสอบปากเปล่าโครงการ

(อาจารย์ ดร.เสาวณีย์ สิงห์สร้อย)

(อาจารย์ ดร.อนิตา เพ็ชรแก้ว)

ประธานที่ปรึกษา

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎา พ็ชรสิทธิ์)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร. .ศุภชัย สัตยานุรักษ์)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.กรกนก อุบลชลเขต)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยทักษิณ อนุมัติให้รับโครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาโครงการฯ ตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ ของมหาวิทยาลัยทักษิณ

(อาจารย์ ดร.อนิดา เพ็ชรแก้ว)

ประธานหลักสูตร

วันที่ เดือน พ.ศ. 2565

ฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด
(Flim Starch from Sangyod Rice)

นางสาวศศิธร คงยอด รหัสนิต 612091042
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์ ดร.เสาวณีย์ สิงห์สโรทัย

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด โดยการเตรียมสตาร์ชข้าวสังข์หยดด้วยวิธีการต้มเปียกและนำไปเตรียมเป็นเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช ด้วยการผสมกับกลีเซอรอลในสัดส่วนร้อยละ 60 โดยน้ำหนักต่อสตาร์ชข้าวสังข์หยดร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 hr และ 90 °C เป็นเวลา 30 min เพื่อให้สตาร์ชเกิดการเจล จากนั้นจึงนำสตาร์ชไปหล่อขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางและนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 24 hr สุดท้ายเมื่อได้ฟิล์มตัวอย่างจึงนำไปศึกษาลักษณะทางกายภาพและสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ปริมาณความชื้น (Moisture content) การละลาย (Solubility) การดูดซับน้ำ (Water absorption) การซึมผ่านของน้ำมันหรือไขมัน (Oil or grease permeability) และการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยการฝังกลบในดิน (Biodegradability test by landfill)

คำสำคัญ: สตาร์ช ฟิล์ม การต้มเปียก พลาสติกชีวภาพ ข้าวสังข์หยด

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการวิจัยฉบับนี้ทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้ต่างๆ มากมายเกี่ยวกับฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาบิลที่มีการนำข้าวสังข์หยด ข้าวพื้นเมืองของจังหวัดพัทลุงมาองค์ประกอบหลักในการทำฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาบิล ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.เสาวณีย์ สิงห์สโรทัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนความช่วยเหลือต่างๆ มาโดยตลอด จนโครงการฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ เกี่ยวกับโครงการนี้

ขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ และผู้ปกครอง ที่ให้คำปรึกษา รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณงานวิจัยทุกงานและแหล่งข้อมูลที่ข้าพเจ้าได้นำมาศึกษาและใช้เป็นอ้างอิงในการทำโครงการวิจัยฉบับนี้

ศศิธร คงยอด

ผู้จัดทำ

คำนำ

โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช จากข้าวสังข์หยด เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวพื้นเมืองของจังหวัดพัทลุง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา วิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ 2 รหัสวิชา 1002402 หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมยางและพอลิเมอร์ โดยผู้จัดทำมีเป้าหมายหลักเพื่อที่จะนำข้าวพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดพัทลุงมาศึกษาและพัฒนาให้ได้เป็นฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชที่สามารถย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติ

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเนื้อหาในโครงการวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ หากโครงการฉบับนี้ผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ศศิธร คงยอด

ผู้จัดทำ

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
ใบรับรองรายวิชาโครงการ.....	ก
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
คำนำ	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	12
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	12
1.2 วัตถุประสงค์.....	13
1.3 ขอบเขตของโครงการ	14
1.4 ระยะเวลาดำเนินงาน.....	14
1.4.1 ระยะเวลาการทำโครงการและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการ.....	14
1.4.2. แผนการดำเนินงานวิจัย	15
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	16
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.1 ทฤษฎี.....	17
2.1.1 ข้าว (Rice)	17
2.1.1.1 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว.....	17

2.1.1.2 การจำแนกชนิดของข้าวตามลักษณะส่วนประกอบของอะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพกติน (Amylopectin).....	19
2.1.2 ข้าวสังข์หยด (Songyod rice).....	20
2.1.3 สตาร์ช (Starch).....	20
2.1.3.1 องค์ประกอบโครงสร้างของสตาร์ช.....	21
2.1.3.2 อะไมโลส (Amylose).....	21
2.1.3.3 อะไมโลเพกติน (Amylopectin).....	22
2.1.3.4 ขนาดและรูปร่าง.....	23
2.1.3.5 โครงสร้างผลึก.....	24
2.1.4 เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch; TPS).....	25
2.1.5 เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal testing machine; UTM).....	26
2.1.5.2 ลักษณะตัวอย่างที่ทำการทดสอบ.....	27
2.1.6 กลีเซอรอล (Glycerol).....	27
2.1.7 การเกิดเจลาตีไนเซชัน (Gelatinization).....	28
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	34
3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ.....	34
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์.....	34
3.1.2 เครื่องมือ.....	35
3.2 สารเคมี.....	37
3.3 การสังเคราะห์สตาร์ชจากข้าวสังข์หยด.....	38
3.4 การเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด.....	38
3.4.1 การเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวเจ้า.....	38

3.4.2 การเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งสังข์หยด.....	39
3.5 การศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช	39
3.5.1 การศึกษาลักษณะเฉพาะทางกายภาพด้วยกล้องดิจิตอล	39
3.5.2 การทดสอบแรงดึง (Tensile testing)	39
3.5.3 การทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content: MC).....	39
3.5.4 การทดสอบการละลาย (Solubility).....	40
3.5.5 การทดสอบการดูดซับน้ำ (Water absorption).....	40
3.5.6 การทดสอบการย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยการฝังกลบในดิน (Biodegradability test by landfill).....	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปรายผล.....	41
4.1 การเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวเจ้า	41
4.1.1. การแปรสัดส่วนน้ำหนักของสตาร์ชข้าว.....	41
4.1.2. การแปรสัดส่วนน้ำหนักกลีเซอรอล.....	42
4.2 การเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งสังข์หยด	43
4.3 การศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช	44
4.3.1 การทดสอบแรงดึง (Tensile testing)	44
4.3.2 การทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content: MC).....	46
4.3.4 การทดสอบการดูดซับน้ำ (Water absorption)	48
4.3.5 การทดสอบการย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยการฝังกลบในดิน (Biodegradability test by landfill).....	49
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	51
บรรณานุกรม	53
ประวัติย่อผู้จัดทำ.....	54

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของข้าว.....	18
ภาพที่ 2 เมล็ดข้าวสังหยด.....	20
ภาพที่ 3 โครงสร้างของสตาร์ช.....	21
ภาพที่ 4 โครงสร้างของอะไมโลส.....	22
ภาพที่ 5 โครงสร้างของอะไมโลเพกทิน.....	23
ภาพที่ 6 ลักษณะโครงสร้างแบบกิ่งผลึกของเม็ดสตาร์ช	25
ภาพที่ 7 โครงสร้างของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช.....	26
ภาพที่ 8 เครื่องทดสอบแรงดึงและแรงกดแบบเสาคู่.....	26
ภาพที่ 9 รูปร่างและขนาดชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 882	27
ภาพที่ 10 โครงสร้างของกลีเซอรอล.....	28
ภาพที่ 11 การเกิดเจลลาตินในเซชัน	29
ภาพที่ 12 ปีกเกอร์.....	34
ภาพที่ 13 จานเพาะเชื้อ.....	34
ภาพที่ 14 โถดูดความชื้น	34
ภาพที่ 15 ตะแกรงร่อนเบอร์ 325 mesh.....	35
ภาพที่ 16 เครื่องบดผสมไฟฟ้า.....	35
ภาพที่ 17 เครื่องโม่เปียก	35
ภาพที่ 18 ตู้อบลมร้อน	36
ภาพที่ 19 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ทศนิยม 2 ตำแหน่ง.....	36
ภาพที่ 20 เครื่องกวนสารละลาย	36
ภาพที่ 21 เครื่องวัดความหนา	37
ภาพที่ 22 UNIVERSAL TESTING MACHINE1 (เครื่องทดสอบแรงดึงและแรงกดแบบเสาคู่).....	37
ภาพที่ 23 ลักษณะฟิล์มที่ได้เมื่อแปรสัตส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของสตาร์ช ที่ (a) 50 (b) 100 (c) 150 และ (d) 200 ตามลำดับ	41

- ภาพที่ 24 ลักษณะฟิล์มที่ได้เมื่อแปรสัณฐานน้ำหนักรวมของกลีเซอรอล ที่ (a) 30 (b) 40 (c) 50 และ (d) 60 ตามลำดับ42
- ภาพที่ 25 ลักษณะฟิล์มที่ได้เมื่อแปรความร้อนควบคู่กับความหนาของแผ่นฟิล์ม (a) อุณหภูมิ 90 °C ที่ความหนา 0.08 mm (b) อุณหภูมิ 90 °C ที่ความหนา 0.14 mm (c) อุณหภูมิ 90 °C ที่ความหนา 0.17 mm (d) อุณหภูมิ 80 °C ที่ความหนา 0.08 mm (e) อุณหภูมิ 80 °C ที่ความหนา 0.14 mm (f) อุณหภูมิ 80 °C ที่ความหนา 0.17 mm43
- ภาพที่ 26 ลักษณะฟิล์มที่แปรขนาดของผงสตาร์ชข้าวสังข์หยดควบคู่ (a) ที่ใหญ่กว่า 325 μm และหนา 0.08 mm (b) ที่ใหญ่กว่า 325 μm และหนา 0.14 mm (c) ที่ใหญ่กว่า 325 μm และหนา 0.17 mm (d) ที่เล็กกว่า 325 μm และหนา 0.08 mm (e) ที่เล็กกว่า 325 μm และหนา 0.14 mm (f) ที่เล็กกว่า 325 μm และหนา 0.17 mm.....44

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1	15
ตารางที่ 2	16
ตารางที่ 3	18
ตารางที่ 4	19
ตารางที่ 5	45
ตารางที่ 6	46
ตารางที่ 7	47
ตารางที่ 8	48
ตารางที่ 9	49
ตารางที่ 10	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันมีจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกและโฟมเพิ่มมากขึ้นไปด้วย ซึ่งทำให้ภาคอุตสาหกรรมมีการผลิตผลิตภัณฑ์จากพลาสติกและโฟมเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการที่หลากหลาย เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากพลาสติกและโฟมนั้นมีน้ำหนักเบา มีสมบัติทางกลที่ดี ทนต่อความชื้น และง่ายต่อการขึ้นรูป เมื่อเทียบกับวัสดุอื่นๆ โดยบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากพลาสติกและโฟมส่วนใหญ่จะถูกใช้งานครั้งเดียวแล้วทิ้ง จนเกิดขยะในปริมาณมาก ส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งในประเทศไทยมีปริมาณขยะประเภทพลาสติกและโฟมเฉลี่ยต่อปีสูงถึง 3 ล้านตัน พลาสติกและโฟมที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีเหล่านี้ต้องใช้เวลาในการย่อยสลายนานหลายร้อยปี ขยะพลาสติกหลายประเภทไม่นิยมนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ เนื่องจากไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน จึงจำเป็นต้องกำจัดขยะเหล่านี้ด้วยการเผาทำลายหรือฝังกลบ และหากนำขยะพลาสติกและโฟมไปเผาทำลายก็จะก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก นำไปสู่ปัญหาภาวะโลกร้อน หากนำไปฝังกลบจะทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ ปัญหาเหล่านี้ล้วนแต่เป็นสิ่งที่ต้องเร่งแก้ไขโดยด่วน

ทำให้ในหลายประเทศเริ่มตระหนักถึงผลกระทบดังกล่าว จึงหันมาใช้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา ต่างมีการรณรงค์ทั้งเชิงนโยบายการวิจัยและการพัฒนาสร้างผลิตภัณฑ์จากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพออกมาทดแทนพลาสติกที่ย่อยสลายไม่ได้ พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพนั้น มีทั้งที่ผลิตจากปิโตรเคมี และผลิตจากชีวมวล โดยพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก คือ เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch; TPS) พอลิคาโพรแลคโตน (Polycaprolactone; PCL) พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinylalcohol; PVA) พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต (Polyhydroxyalkanoates; PHAs) และพอลิแลคติกแอซิด (Polylacticacid; PLA) เป็นต้น แต่พลาสติกสังเคราะห์เหล่านี้มีข้อจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากราคาที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับพลาสติกทั่วไป และต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นจึงมีการศึกษาถึงการนำพอลิเมอร์จากธรรมชาติ เช่น แป้ง เส้นใย หรือสารเติมแต่ง

ที่สามารถย่อยสลายได้ ซึ่งเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่หาได้ง่ายและราคาถูกเหมาะสม หรือนำมาใช้ในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตข้าวได้ในปริมาณมาก และมีความสามารถในการผลิตข้าวได้หลายชนิด จากสถิติและแนวโน้มพบว่า มีพื้นที่ปลูกข้าวของประเทศไทยเพิ่มขึ้นทุกปี ในอนาคตจึงต้องมีแนวคิดในการจัดการการผลิต และการใช้ประโยชน์จากข้าวให้สมดุล จากแนวโน้มปริมาณการผลิตข้าวที่เกินความต้องการนี้เอง จึงมีรายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มมูลค่าของข้าวอยู่หลากหลาย เพื่อแสดงให้เห็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากข้าวโดยทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายมากขึ้น ประกอบกับปัญหาภาวะโลกร้อน ปัญหามลพิษต่างๆ และสถานการณ์การขาดแคลนแหล่งเชื้อเพลิง และวัตถุดิบจากแหล่งปิโตรเคมีที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน ทำให้ในทุกภาคส่วนมีการคำนึงถึง และตื่นตัวในเรื่องการรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างมาก แนวทางหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจเพิ่มมากขึ้น คือ แนวทางในการพัฒนาวัสดุเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการนำวัสดุทางธรรมชาติมาทดแทนวัสดุจากแหล่งปิโตรเคมี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุจากธรรมชาติทั้งหลายแล้ว แป้งนับเป็นวัตถุดิบหนึ่งที่น่าสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีปริมาณมาก หาง่าย ราคาถูก และสามารถย่อยสลายได้ แป้งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เมล็ดหัว ราก พืชที่มีปริมาณแป้งมากได้แก่ ข้าว มันฝรั่ง มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวสาลี ซึ่งผลผลิตของพืชเหล่านี้มีปริมาณที่มาก หาได้ง่าย ราคาถูก และสามารถปลูกทดแทนได้ และพืชต่างๆ เหล่านี้ที่เป็นแหล่งวัตถุดิบของแป้งล้วนแต่เป็นพืชเศรษฐกิจของไทย

งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาเรช จากพืชและเนื่องจากพื้นที่ในจังหวัดพัทลุงมีพันธุ์ข้าวประจำถิ่นอยู่ นั่นคือ ข้าวสังข์หยด งานวิจัยนี้จึงนำข้าวพื้นเมืองของจังหวัดที่ตั้งมหาวิทยาลัยมาศึกษาและพัฒนาให้ได้เป็นฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาเรชที่สามารถย่อยสลายเองได้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์สตาเรชจากข้าวสังข์หยด
2. เพื่อศึกษาการเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาเรชจากข้าวสังข์หยด
3. เพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติต่างๆ ของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาเรชจากข้าวสังข์หยด

1.3 ขอบเขตของโครงการงาน

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในกระบวนการสังเคราะห์สตาร์ชจากข้าวสังข์หยดโดยวิธีการไม่เปียก
2. ศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด โดยการใช้สตาร์ชข้าวสังข์หยดร้อยละ 50 โดยน้ำหนักต่อกลีเซอรอลร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก และกวนให้ความร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกันที่ 80 °C เป็นเวลา 1 hr และ 90 °C เป็นเวลา 30 min
3. ศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ปริมาณความชื้น (Moisture content) การละลาย (Solubility) การดูดซับน้ำ (Water absorption) และการย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยการฝังกลบในดิน (Biodegradability test by landfill)

1.4 ระยะเวลาดำเนินงาน

1.4.1 ระยะเวลาการทำโครงการงานและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการงาน

ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัยเป็นเวลา 8 เดือน ศึกษา/รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ออกแบบการทดลอง เตรียมอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย ทำการสังเคราะห์และขึ้นรูปฟิล์มเพื่อนำไปศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติต่างๆ วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผล และจัดทำเล่มโครงการ โดยดำเนินงานตามแผนกิจกรรมต่อไปนี้

กิจกรรมที่ 1

ศึกษา/รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ออกแบบการทดลอง และเตรียมวัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

กิจกรรมที่ 2

ศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด โดยการใช้สตาร์ชข้าวสังข์หยดร้อยละ 50 โดยน้ำหนักต่อกลีเซอรอลร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก และกวนให้ความร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกันที่ 80 °C เป็นเวลา 1 hr และ 90 °C เป็นเวลา 30 min

กิจกรรมที่ 3

ศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ปริมาณความชื้น (Moisture content) การละลาย (Solubility) การดูดซับน้ำ (Water absorption) และการย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยการฝังกลบในดิน (Biodegradability test by landfill)

กิจกรรมที่ 4

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 5

จัดทำและนำเสนอรายงานโครงการฉบับสมบูรณ์

1.4.2. แผนการดำเนินงานวิจัย

เริ่มตั้งแต่วันที่ 16 กรกฎาคม 2564 จนถึงวันที่ 6 เมษายน 2565 ซึ่งอยู่ในภาคการศึกษาที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา และมีแผนการดำเนินงานวิจัยดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงานวิจัยในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

ขั้นตอนการทำงาน/เดือน	พ.ศ. 2564			
	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม
1. ศึกษา/รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง				
2. ออกแบบการทดลอง				
3. เตรียมวัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย				

ตารางที่ 2 แผนการดำเนินงานวิจัยในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2564

ขั้นตอนการทำงาน/เดือน	พ.ศ. 2564 - 2565				
	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
1. ศึกษากระบวนการสังเคราะห์สตาร์ชจากข้าวสังข์หยดโดยกรรมวิธีไม่เปียก					
2. ศึกษาความเป็นไปได้ในการเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด					
3. ศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง ปริมาณความชื้น การละลาย การดูดซับน้ำ การซึมผ่านของน้ำมันหรือไขมัน และการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ โดยการฝังกลบในดิน					
4. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง					
5. จัดทำและนำเสนอรายงานโครงการฉบับสมบูรณ์					

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบกระบวนการสังเคราะห์สตาร์ชจากข้าวสังข์หยด
2. ได้ทราบการเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด
3. ได้ทราบลักษณะเฉพาะและสมบัติต่างๆ ของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 ข้าว (Rice)

ข้าวเป็นธัญพืชอยู่ในวงศ์หญ้า มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. เป็นแหล่งอาหารหลักที่ให้คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)

2.1.1.1 องค์ประกอบของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวเป็นผลชนิดคาริออปซิส (Caryopsis) เป็นเมล็ดเดี่ยว (Single seed) ติดแน่นอยู่กับผนังของรังไข่หรือเยื่อหุ้มผล (Pericarp) เมล็ดข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่

1. เปลือกข้าวหรือเรียกว่าแกลบ (Hull or Husk) ประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (Lemma) เปลือกเล็ก (Pallca) หาง (Awn) ขั้วเมล็ด (Rachilla) และกลีบรองเมล็ด (Sterile lemmas) เปลือกข้าวมีน้ำหนักประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก

2. ส่วนของเมล็ดหรือข้าวกล้อง (Caryopsis or brown rice) เป็นส่วนที่เอาเปลือกหรือแกลบออกไปแล้ว ยังไม่ทำการขัดสีเป็นส่วนที่รับประทานได้ ประกอบด้วย

- เยื่อหุ้มผล (Pericarp) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ เพอริคาร์ป (Epicarp) มีโซคาร์ป (Mesocarp) และเอนโดคาร์ป (Endocarp) มีลักษณะเป็นเส้นใยผนังเซลล์ ประกอบด้วยโปรตีน (Protein) เซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses)

- เยื่อหุ้มเมล็ด (Seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผล (Pericarp) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น เรียงกันเป็นแถว และเป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน (Fat)

- เยื่อแอลิวโรน (Aleuronic layer) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด (Seed coat) ซึ่งทำหน้าที่ห่อหุ้มเนื้อเมล็ด (Endosperm) และจุมูกข้าว (Embryo) องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีน (Protein) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยไขมัน (Fat) เซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses)

- เนื้อเมล็ด (Endosperm) อยู่ชั้นในสุดของเมล็ด ประกอบด้วยแบ่งเป็นส่วนใหญ่ แบ่งในเมล็ดข้าวมีอยู่ 2 ชนิด คือ อะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin)

ซึ่งมีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดของข้าว นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยโปรตีน (Protein) ไขมัน (Fat) และเส้นใย (Fiber) ประมาณร้อยละ 7.8 0.5 และ 0.4 ตามลำดับ

- **จมูกข้าว (Embryo)** อยู่ติดกับเนื้อเมล็ดทางด้านเปลือกใหญ่ จมูกข้าวประกอบด้วยต้นอ่อน (Plumule) รากอ่อน (Radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (Coleoptiles) เยื่อหุ้มรากอ่อน (Coleorhizae) ท่อน้ำอาหาร (Epiblast) และใบเลี้ยง (Scutellum) จมูกข้าวเป็นส่วนที่มีโปรตีน (Protein) และไขมัน (Fat) สูง



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของข้าว

(ที่มา : <http://b-natural.lnwshop.com>)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบภายในเมล็ดข้าว

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	12.00
แป้ง	79.20
โปรตีน	7.00
ไขมัน	0.40
เถ้า	0.50
ส่วนที่เหลือ	0.90

2.1.1.2 การจำแนกชนิดของข้าวตามลักษณะส่วนประกอบของอะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin)

1. ข้าวเหนียว (Glutinous rice) ประกอบด้วยอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ร้อยละ 95 มีอะไมโลส (Amylose) น้อยจนถึงไม่มีเลย เมล็ดข้าวมีสีขาวขุ่น เมื่อข้าวสุกจะจับตัวกันเหนียวแน่น และมีลักษณะใส ข้าวเหนียวมี 2 สี คือ สีขาว และสีดำ ซึ่งในข้าวเหนียวดำมีรงควัตถุที่ทำให้เกิดสี คือ แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

2. ข้าวเจ้า (Non-glutinous rice) เมล็ดข้าวจะมีสีขาวใส มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) เป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 20-34 ที่เหลือเป็นอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ทำให้ข้าวที่หุงสุกมีสีขาวขุ่น ร่วน ไม่เกาะติดกัน อัตราส่วนของส่วนประกอบของอะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ทั้งสองชนิดนี้ ทำให้การหุงสุกของข้าวต่างกัน ข้าวที่มีอะไมโลส (Amylose) สูง จะดูดน้ำและขยายตัวในระหว่างการหุงได้มากกว่าข้าวที่มีอะไมโลส (Amylose) ต่ำ ทำให้ข้าวที่สุกแล้วมีลักษณะร่วน ส่วนข้าวที่มีอะไมโลส (Amylose) ต่ำ จะดูดน้ำและขยายตัวในระหว่างการหุงได้น้อยกว่าข้าวที่มีอะไมโลส (Amylose) สูง ซึ่งข้าวที่สุกแล้วจะมีลักษณะเหนียวและนุ่มกว่า

ตารางที่ 4 ปริมาณอะไมโลส (Amylose) อะไมโลเพคติน (Amylopectin) และอุณหภูมิการเกิดเจลลาติไนเซชัน (Gelatinization) ของแป้ง

แหล่งอาหาร	ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละ)	ปริมาณอะไมโลเพคติน (ร้อยละ)	อุณหภูมิในการเกิดเจลลาติไนเซชัน (°C)
ข้าวเหนียว	1	83	55-65
ข้าวเจ้า	14-23	83	61-78
ข้าวโพด	28	72	62-70
ข้าวสาลี	16-31	72	53-65
มันฝรั่ง	23	79	58-66
มันสำปะหลัง	17	83	52-64

2.1.2 ข้าวสังข์หยด (Songyod rice)

ข้าวสังข์หยดเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมือง มีแหล่งปลูกดั้งเดิมอยู่ในจังหวัดพัทลุง ลักษณะข้าวกล้องมักมีสีแดง รูปร่างเมล็ดเรียวยาว ความยาวเมล็ดข้าวกล้อง 6.70 mm ข้าวซ้อมมือมีสีแดงปนขาว ข้าวจากรวงเดียวกันเมื่อขัดสีแล้วบางเมล็ดมีสีขาวใส แต่ส่วนใหญ่มีลักษณะขาวขุ่น คุณสมบัติการหุง ข้าวหุงสุกนุ่ม จะมีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน (94 mm) ปริมาณอะไมโลสต่ำ (15.28 ± 2.08 %) ต้นสูงประมาณ 140 cm ทรงกอตั้ง



ภาพที่ 2 เมล็ดข้าวสังข์หยด

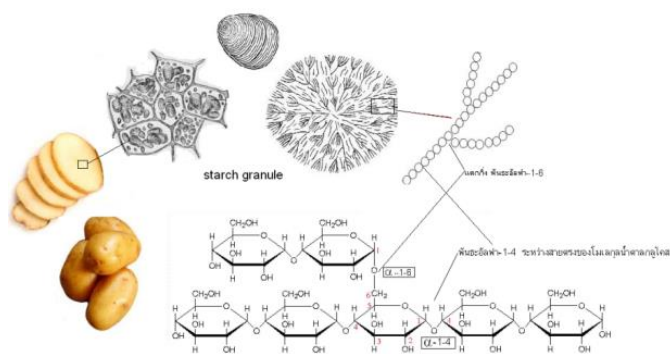
(ที่มา : <http://tcpall.com>)

2.1.3 สตาร์ช (Starch)

เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพประเภทพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharide) สามารถใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตพลาสติกชีวฐานหลายชนิด เช่น เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch; TPS) และพอลิแลคติกแอซิด (Poly(lactic acid); PLA) นอกจากนี้ยังถูกใช้เป็นสารเติมแต่งสำหรับพลาสติก เพื่อเพิ่มเนื้อพลาสติกหรือลดต้นทุนการผลิตพลาสติก และปรับปรุงสมบัติการแตกสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradation) ของพลาสติกชีวภาพบางชนิดอีกด้วย มีปริมาณมากในธรรมชาติ มักพบได้ในธัญพืช เช่น ข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าวชนิดอื่น ๆ พืชหัว เช่น มันฝรั่ง มันแกว มันสำปะหลัง และแห้ว พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วลันเตา ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำฟลาว (Flour) มาผ่านกระบวนการกำจัดส่วนประกอบทางเคมีอื่นที่อยู่ร่วมกับสตาร์ชออก เพื่อให้สตาร์ชมีความบริสุทธิ์มากขึ้น เช่น สตาร์ชข้าวโพด (Corn starch) สตาร์ชข้าวสาลี (Wheat starch) และสตาร์ชข้าว (Rice starch)

2.1.3.1 องค์ประกอบโครงสร้างของสตาร์ช

มีสูตรทางเคมีโดยทั่วไป คือ $C_6H_{10}O_5$ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคส (Glucose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (Glucosidic linkage) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางตอนปลายของสายพอลิเมอร์ มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (Aldehyde group) เรียกว่า ปลายรีดิวซ์ (Reducing end group) สตาร์ชประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส (Glucose) 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้นหรืออะไมโลส (Amylose) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (Branched polymer) หรืออะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ซึ่งสตาร์ชจากแหล่งที่ต่างกันจะทำให้สมบัติของสตาร์ชแต่ละชนิดแตกต่างกัน



ภาพที่ 3 โครงสร้างของสตาร์ช

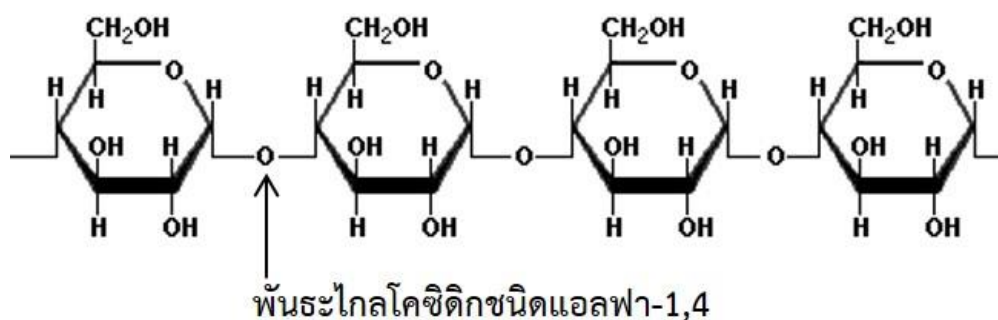
(ที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com>)

2.1.3.2 อะไมโลส (Amylose)

เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นของกลูโคส (Glucose) ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส (Glucose) ประมาณ 200 ถึง 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก ชนิดแอลฟา -1,4 (α -1,4-Glycosidic linkage) น้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลส (Amylose) อยู่ในช่วง 10^5 ถึง 10^6 ดาลตัน อะไมโลส (Amylose) ในสตาร์ชแต่ละชนิดมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกัน และมีค่าระดับขั้นของพอลิเมอร์ไรเซชัน (Degree of polymerization; DP) ที่แตกต่างกันอีกด้วย สำหรับตำแหน่งของอะไมโลส (Amylose) ภายในเม็ดสตาร์ชจะขึ้นอยู่กับชนิดของสตาร์ช โดยอะไมโลส (Amylose) บางส่วนอยู่ในกลุ่มของอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) กระจายอยู่ทั้งในส่วนของอสัณฐาน (Amorphous regions) และส่วนของผลึก (Crystalline regions) อะไมโลส (Amylose) ที่มีขนาด

โมเลกุลใหญ่จะเป็นเกลียวคู่กับอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) อยู่กลางเม็ดสตาร์ช ส่วนอะมิโลส (Amylose) ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กจะพบอยู่ตามขอบของเม็ดสตาร์ช

อะไมโลส (Amylose) สามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex compound) กับไอโอดีนและสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ ได้ เช่น บิวทานอล (Butanol) กรดไขมัน (Fatty acids) ฟีนอล (Phenol) สารลดแรงตึงผิวหลายชนิด และไฮโดรคาร์บอน โดยสารประกอบเชิงซ้อนจะไม่ละลายในน้ำ เนื่องจากอะไมโลส (Amylose) จะพันเป็นเกลียวล้อมรอบสารละลายอินทรีย์ แต่เมื่ออยู่ในสารละลายโครงสร้างอะไมโลส (Amylose) จะมีหลายรูปแบบ คือ เป็นเกลียวม้วน (Helix) เกลียวที่คลายตัว (Interrupted helix) หรือม้วนที่จัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ (Random coil) การที่อะไมโลส (Amylose) จะอยู่ในรูปแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลาย อุณหภูมิ และขนาดโมเลกุลของอะไมโลส (Amylose)



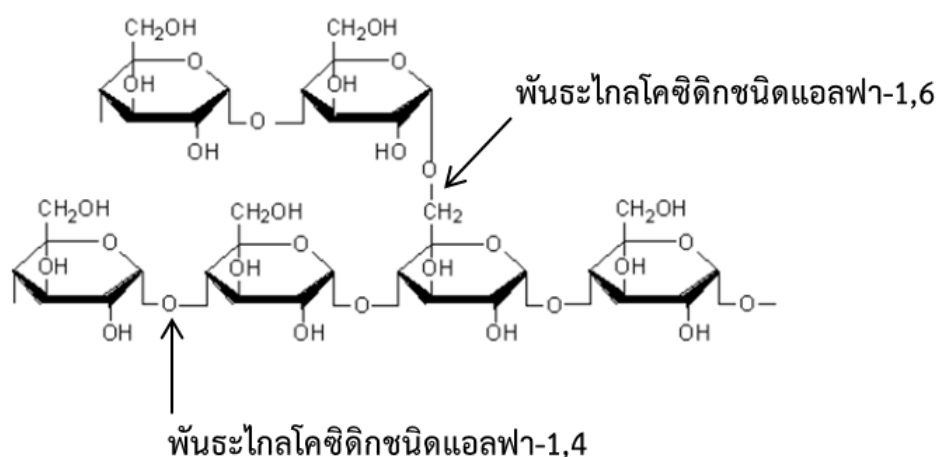
ภาพที่ 4 โครงสร้างของอะไมโลส

(ที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com>)

2.1.3.3 อะไมโลเพกทิน (Amylopectin)

เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (Branched polymer) โครงสร้างประกอบไปด้วยส่วนเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก ชนิดแอลฟา -1,4 (α -1,4 Glucosidic linkage) และส่วนที่เป็นกิ่ง เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มีขนาดโมเลกุลอยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก ชนิดแอลฟา -1,6 (α -1,6 Glucosidic linkage) หน่วยย่อยของกลูโคสที่มีพันธะไกลโคซิดิก ชนิดแอลฟา -1,6 (α -1,6 Glucosidic linkage) มีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณกลูโคสในอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ทั้งหมด ขนาดโมเลกุลของอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ในสตาร์ชแต่ละชนิดจะมีค่าประมาณ 2 ล้านหน่วย และมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 10^7 ถึง 10^9 ดาลตัน

มีอัตราในการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) มีโครงสร้างเป็นแบบกิ่ง โครงสร้างแบบกิ่งของอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ประกอบด้วยสายโซ่ 3 ชนิด คือ สาย A (A-chain) เป็นสายโซ่ที่เชื่อมต่อกับสายอื่นที่ตำแหน่งเดียวไม่มีกิ่งเชื่อมต่อออกจากสาย (Unbranched structure) สาย B (B-chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่นอีก 2 สายหรือมากกว่า และสาย C (C-chain) เป็นสายแกนประกอบด้วยหมู่รีดิวซิง 1 หมู่ ที่เป็นอิสระ ซึ่งในอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) แต่ละโมเลกุลจะประกอบด้วยสาย C หนึ่งสายเท่านั้น เนื่องจากการเชื่อมต่อ A-chain B-chain และ C-chain ภายในโมเลกุลของอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ด้วยพันธะไกลโคซิดิกชนิดแอลฟา-1,6 (α -1,6 Glucosidic linkage) ดังนั้นอัตราส่วนของ A-chain และ B-chain จึงมีความสำคัญเนื่องจากการแสดงถึงระดับการแตกตัวของโมเลกุล ซึ่งอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) หนึ่งโมเลกุลจะมีอัตราส่วนของ A-chain ต่อ B-chain ประมาณ 1.5-2.6 : 1



ภาพที่ 5 โครงสร้างของอะไมโลเพกทิน

(ที่มา : <https://writer.dek-d.com>)

2.1.3.4 ขนาดและรูปร่าง

สตาร์ชที่พบในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของเม็ดสตาร์ชขนาดเล็ก ภายในเม็ดสตาร์ชประกอบด้วยวงแหวน (Growth) ศึกษาลักษณะของเม็ดสตาร์ชชนิดต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) พบว่าเม็ดสตาร์ชจะมีขนาดรูปร่าง และลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแหล่งของสตาร์ช ในส่วนของเม็ดสตาร์ชข้าวเจ้าจะมี

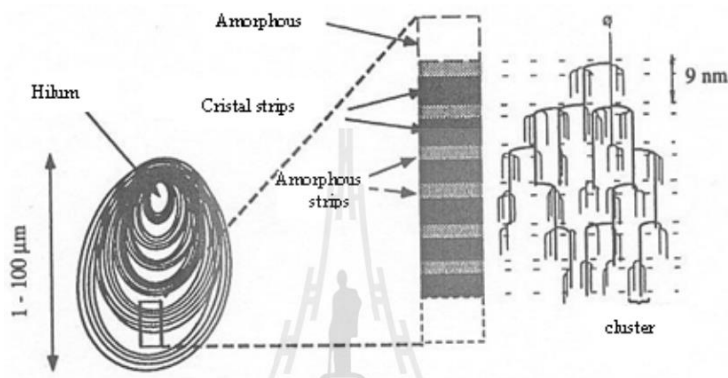
ลักษณะแบน มีหลายเหลี่ยม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ในช่วง 3-5 μm สตาร์ชข้าวจะมีขนาดอนุภาคเล็กที่สุดในบรรดาสตาร์ชธัญพืช

2.1.3.5 โครงสร้างผลึก

เม็ดสตาร์ชมีโครงสร้างแบบกึ่งผลึก (Semi-crystalline) โดยโมเลกุลของอะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) มีการจัดเรียงตัวในเม็ดสตาร์ชเป็นโครงสร้างทั้งส่วนที่เป็นผลึก (Crystallite) และส่วนที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) ส่วนอสัณฐานของเม็ดสตาร์ชประกอบด้วยโมเลกุลของอะไมโลส (Amylose) และสายโซ่ยาวของอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ส่วนที่เป็นผลึกเกิดจากการจัดเรียงตัวของสายโซ่ในโมเลกุลของอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ในแนวรัศมีต่อกันของคลัสเตอร์อะไมโลเพกทิน (Series of stacked amylopectin clusters) ในแต่ละคลัสเตอร์ประกอบด้วยชั้นผลึก (Crystalline lamellae) ซึ่งเกิดจากสายโซ่สั้นของอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ที่จัดเรียงตัวในลักษณะเกลียวม้วนคู่ (Double helix) อย่างเป็นระเบียบสลับกับชั้นอสัณฐาน (Amorphous lamellae) ซึ่งจะเกิดบริเวณที่เป็นกิ่งของสายอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ที่มีการจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ สายอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) จะเป็นส่วนประกอบในส่วนที่เป็นผลึกและส่วนที่เป็นอสัณฐาน ซึ่งพบว่าร้อยละ 80-90 ของจำนวนอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) จะอยู่ในส่วนของชั้นผลึกร้อยละ 10-20 ที่เหลือจะอยู่ในส่วนอสัณฐาน โดยส่วนที่เป็นผลึกจะเป็นส่วนที่ทำให้เม็ดสตาร์ชมีความแข็งแรงในการคงรูปร่างของเม็ดสตาร์ชไว้ ในส่วนอสัณฐานจะเป็นส่วนที่ยืดเกาะส่วนที่เป็นผลึกไว้ด้วยกัน และเป็นส่วนที่สร้างความยืดหยุ่นให้กับเม็ดสตาร์ช

เม็ดสตาร์ชจะมีโครงสร้างผลึก 3 แบบ ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นในการจัดเรียงตัวของเกลียวคู่ ถ้าการจัดเรียงตัวหนาแน่นจะเกิดเป็นผลึกแบบ A (A-type) เช่น สตาร์ชจากธัญพืชและรากพืช ถ้าจัดเรียงตัวอย่างหลวมๆ จะเกิดผลึกแบบ B (B-type) เช่น สตาร์ชจากพืชหัว และถ้ามีการจัดเรียงตัวแบบผสมทั้งแบบ A (A-type) และ B (B-type) จะเกิดผลึกแบบ C (C-type) เช่น สตาร์ชจากพืชตระกูลถั่ว นอกจากผลึกแบบ A (A-type) B (B-type) และ C (C-type) แล้ว บางครั้งยังปรากฏลักษณะการจัดเรียงตัวของผลึกแบบ V (V-type) ซึ่งแสดงถึงโครงสร้างผลึกที่ซับซ้อนที่เกิดจากการจับกันของอะไมโลส (Amylose) และแอลกอฮอล์ที่เป็นเส้นตรง ไอโอดีนหรือกรดไขมัน ซึ่งลักษณะการจัดเรียงตัวของผลึกแบบ V (V-type) จะพบใน

สตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 40 เช่น ในสตาร์ช ข้าวโพดที่มีการดัดแปลงพันธุกรรม

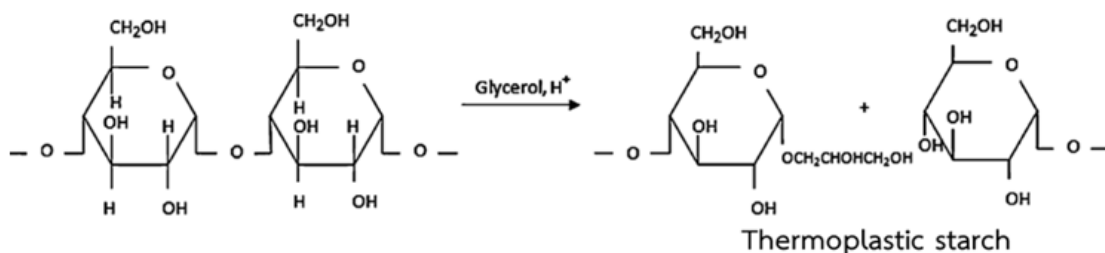


ภาพที่ 6 ลักษณะโครงสร้างแบบกึ่งผลึกของเม็ดสตาร์ช

(ที่มา : นางสาวอริญา ลากโคกสูง. 2555)

2.1.4 เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch; TPS)

เป็นพลาสติกที่ใช้วัตถุดิบตั้งต้นที่มาจากพืชและสัตว์โดยตรง เป็นวัตถุดิบหมุนเวียนหรือสามารถหาใหม่ทดแทนได้ สามารถขึ้นรูปด้วยเทคนิคการขึ้นรูปตามที่นิยมใช้กับพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียมได้เช่นกัน ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และมีความอุดมสมบูรณ์ในเรื่องของวัตถุดิบทางการเกษตร เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง และถั่วต่างๆ และเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch; TPS) โดยปกติแป้งไม่สามารถขึ้นรูปได้โดยกระบวนการทางความร้อนเหมือนกับพลาสติกทั่วไป เนื่องจากอุณหภูมิการหลอมเหลวของเม็ดแป้งอยู่ที่ประมาณ 220–240 °C สูงกว่าอุณหภูมิสลายตัว ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 220 °C ส่งผลให้เม็ดสตาร์ชสลายตัวก่อนที่จะหลอมเหลว ดังนั้นการพัฒนาแป้งเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) หรือให้สามารถขึ้นรูปได้โดยกระบวนการทางความร้อน สามารถทำได้โดยการผสมแป้งที่อยู่ในรูปของฟลาว (Flour) หรือสตาร์ช (Starch) กับพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizer) เช่น น้ำ ซอร์บิทอล (Sorbitol) กลีเซอรอล (Glycerol) เอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol) เป็นต้น ในสถานะที่มีการให้ความร้อน ความดัน และแรงเฉือน เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างกึ่งผลึกของแป้งให้เป็นโครงสร้างอสัณฐาน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า เทอร์โมพลาสติกฟลาวร์ (Thermoplastic flour) หรือเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch) ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้โดยกระบวนการเดียวกันกับพลาสติกทั่วไป



ภาพที่ 7 โครงสร้างของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช

(ที่มา : <http://asp.plastics.or.th>)

2.1.5 เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal testing machine; UTM)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบทางกล คือ ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) ระยะยืด ณ จุดขาด (Elongation at break) ค่าโมดูลัส (Modulus of elasticity or Yong's modulus) ของชิ้นงานคงรูป



ภาพที่ 8 เครื่องทดสอบแรงดึงและแรงกดแบบเสาคู่

(ที่มา : <https://osit.psu.ac.th/th>)

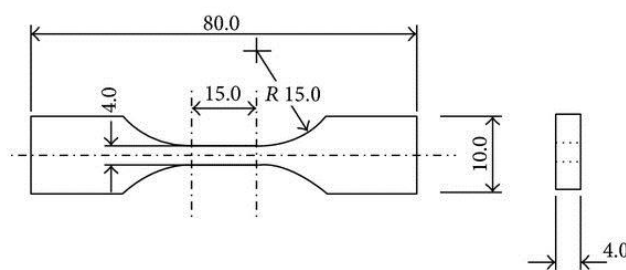
2.1.5.1 หลักการทำงาน

ให้แรงดึงกับชิ้นทดสอบด้วยอัตราเร็วในการดึงคงที่และบันทึกค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะการยืดตัวของชิ้นทดสอบ โดยขณะชิ้นทดสอบยืดออกจะมีแรงต้าน ซึ่งแรงต้านของชิ้นทดสอบจะมีผลทำให้ตัววัดแรงสามารถวัดแรงออกมาได้ แรงที่วัดออกมามีหน่วยเป็นกิโลกรัมหรือนิวตัน การทดสอบจะต้องดึงชิ้นทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน ซึ่งแรงต้านสูงสุด

ของชิ้นทดสอบเป็นผลที่ได้จากการวัดแรง แสดงให้เห็นว่าชิ้นทดสอบสามารถทนแรงดึงสูงสุดเท่ากับแรงต้านของชิ้นงานที่ทนได้ก่อนขาดจากกัน จะได้ผลเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (Stress) กับความเครียด (Strain)

2.1.5.2 ลักษณะตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

ตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์จะอยู่ในรูปแบบของแข็ง ตัดแต่งชิ้นทดสอบให้ได้ขนาดตามมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง เช่น ASTM D 882 เป็นต้น



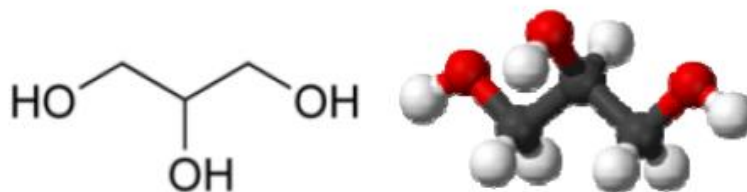
ภาพที่ 9 รูปร่างและขนาดชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 882

(ที่มา : <https://www.researchgate.net>)

2.1.6 กลีเซอรอล (Glycerol)

กลีเซอรอลเป็นของเหลวใสหนืด ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีพิษ มีรสหวานเล็กน้อย กลีเซอรอลเป็นสารจำพวกพอลิไฮดรอลิกแอลกอฮอล์ (Polyhydric alcohol) ที่มีสูตรโมเลกุล คือ $C_3H_8O_3$ มีน้ำหนักโมเลกุล 92.09 g/mol และมีชื่อทางเคมีว่า 1,2,3-โพรเพนไตรออล (1,2,3-Propanetriol) ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) 3 หมู่ ซึ่งเป็นหมู่ของไฮดรอกซิลปฐมภูมิ (Primary hydroxyl) 1 หมู่ และเป็นหมู่ไฮดรอกซิลทุติยภูมิ (Secondary hydroxyl group) 1 หมู่ สมบัติทางกายภาพ (Physical properties) และสมบัติทางเคมีของกลีเซอรอล ละลายได้ดีทั้งในน้ำ เมทานอล (Methanol) เอทานอล (Ethanol) ไอโซเมอร์ของโพรพานอล (Propanol isomers) บิวทานอล (Butanol) เพนทานอล (Pentanol) รวมทั้งฟีนอลไกลคอล (Phenol glycol) โพรเพนไดออลเอมีน (Propandiolamine) และสารประกอบที่เป็นเฮเทอโรไซคลิก ไดเอทิลอีเทอร์ (Heterocyclic diethyl ether) เอทิลเอสเทอร์ (Ethyl ester) และไดออกเซน (Dioxin) ไม่ละลายในตัวทำละลายจำพวกเฮโลเจน (Halogen) เช่น คลอโรฟอร์ม (Chloroform) เป็นต้น

กลีเซอรอลดิบจะมีความบริสุทธิ์ประมาณ 70-80 % และความบริสุทธิ์มากกว่า 80 % มักเป็นผลิตภัณฑ์ค้าขายในเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 10 โครงสร้างของกลีเซอรอล

(ที่มา : ภิเชก รุ่งโรจน์ชยพร. 2557)

2.1.7 การเกิดเจลาตินในเซชัน (Gelatinization)

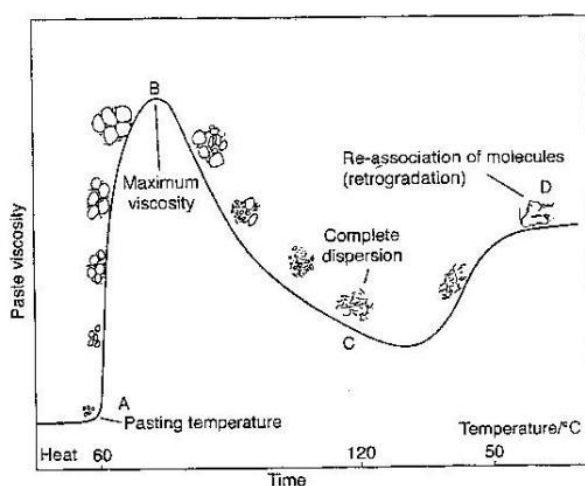
โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) มีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปโครงสร้างร่างแห ดังนั้นการจัดเรียงตัวจะทำให้แป้งไม่ละลายในน้ำเย็น แป้งที่อยู่ในน้ำเย็นจะดูดซับน้ำและพองตัวเล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำแป้งพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) จะคลายตัว เม็ดแป้งจะดูดน้ำละพองตัว น้ำแป้งจะมีความหนืดและความใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่อยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนที่ได้ช้าทำให้เกิดความหนืดปรากฏการณ์นี้เรียกว่า เจลาตินในเซชัน (Gelatinization) การเกิดเจลาตินในเซชันของเม็ดแป้งแป้งได้ 3 ระยะ คือ

ระยะแรก น้ำจะถูกดูดซึมอย่างช้า ๆ เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้น้อยและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากโครงสร้างร่างแหระหว่างไมเซลล์ (Micelle) ยึดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยไม่เพิ่มขึ้น เม็ดแป้งยังรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบไบรีฟริงเจนซ์ (Birefringence) ได้

ระยะที่สอง เมื่อมีการเติมสารเคมีหรือเพิ่มอุณหภูมิให้แก่สารละลายแป้งจนถึงประมาณ 65 °C เม็ดแป้งจะพองตัวได้อย่างรวดเร็วระหว่างโครงร่างแหและไมเซลล์ (Micelle) ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำได้มากและเกิดการพองตัวแบบผันกลับ เรียกว่า การเกิดเจลาตินในเซชัน (Gelatinization) เม็ดแป้งจะเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้างไบรีฟริงเจนซ์ (Birefringence) ความหนืดของสารละลายแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ระยะที่สาม เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง รูปร่างเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล (Gel)

ความหนืดสูงสุดของสารละลายแป้งในระหว่างเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) จะเปลี่ยนไปตามชนิดของแป้ง ระดับอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันจะแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบของแป้ง เช่น ปริมาณไขมัน สัดส่วนของอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) การจัดเรียงตัว และขนาดของเม็ดแป้ง



ภาพที่ 11 การเกิดเจลาติไนเซชัน

(ที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com>)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปริญญา ไกรวุฒินันท์ และจรงค์ อินยา (2560) ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตพลาสติกชีวภาพแบบเทอร์โมพลาสติกสตาเรช และทดสอบสมบัติของพลาสติกชีวภาพแบบเทอร์โมพลาสติกสตาเรชที่ผลิตได้ โดยในการศึกษาจะใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นส่วนผสมหลัก 40 g ต่อน้ำ 100 ml และใช้แป้งข้าวโพด (Corn starch) กลีเซอรอล (Glycerol) และซอร์บิทอล (Sorbitol) เป็นส่วนผสมรองในอัตราส่วน 0 10 20 และ 30 g ต่อน้ำ 100 ml เพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตแผ่นพลาสติกชีวภาพ จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนผสมที่ดีที่สุดคือ แป้งข้าวโพด:ซอร์บิทอล (Corn:Sorbitol) ในอัตราส่วน 30:10 g ต่อน้ำ 100 ml โดยมีความหนาเท่ากับ 0.808 mm การยืดตัวเท่ากับ 1.783 % และการต้านทานแรงดึงเท่ากับ 0.342 kg ต่อ cm^2 และการดูดซับน้ำ (Water absorption) ของแผ่นพลาสติกชีวภาพมีค่าเท่ากับ 9.211 % เมื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานแผ่นพลาสติกชีวภาพที่ผลิตได้ พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจถึง ร้อยละ

87.50 และแผ่นพลาสติกชีวภาพที่ผลิตได้มีรูปแบบและโครงสร้างใกล้เคียงกับแผ่นพลาสติก ที่น่าจะนำไปประยุกต์หรือต่อยอดได้ในอนาคต

มณฑกกาญจน์ บุญเพิ่มผล และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาผลของพันธุ์ข้าวและองค์ประกอบต่อวัสดุผสมฐานเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช โดยปริมาณกลีเซอรอล (Glycerol) ที่เหมาะสำหรับการใช้เป็นพลาสติกไซเซเซอร์ (Plasticizer) ในการผลิตเม็ดเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว โดยกลุ่มพันธุ์ข้าวเหนียว (กข 6 และสันป่าตอง 1) และกลุ่มพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) ต่ำ (ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1) ใช้กลีเซอรอล (Glycerol) ในปริมาณที่ต่ำกว่ากลุ่มพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) ปานกลาง (กข 55 และขาวตาแห้ง 17) และกลุ่มพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) สูง (พิชญ์โลก 2 และอยุธยา 1) โดยปริมาณกลีเซอรอล (Glycerol) ที่ใช้ในการผลิตเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช จากกลุ่มพันธุ์ข้าวเหนียวกลุ่มพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) ต่ำ ปานกลางและสูง เท่ากับ 40 43 48 และ 48 ส่วนต่อฟลาว 100 ส่วน ตามลำดับ ความสามารถในการผลิตเป็นเม็ดและแผ่นวัสดุผสมเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic Starch Compound) พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid) พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene succinate) ด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูปขึ้นอยู่กับปริมาณกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (Glycerol monostearate) และอัตราส่วนพอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid) ต่อพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene succinate) โดยการเติมกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (Glycerol monostearate) และการเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (Glycerol monostearate) จาก 1 เป็น 2 pph ส่งผลให้วัสดุผสมมีการไหลในระหว่างกระบวนการอัดขึ้นรูปสม่ำเสมอมากขึ้น และการเปลี่ยนอัตราส่วนจาก 50:0 เป็น 40:10 และ 30:20 ส่งผลให้ผลิตเม็ดและแผ่นวัสดุผสมเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch compound) พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid) พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene succinate) ได้เพิ่มขึ้น สำหรับเม็ดวัสดุผสมเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch compound) พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid) พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene succinate) ที่เตรียมโดยใช้ข้าวในกลุ่มพันธุ์ข้าวเหนียว พบว่า มีดัชนีการหลอมไหล (Melt flow index) สูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) ต่ำและปานกลาง และต่ำที่สุดเป็นพันธุ์ข้าวในกลุ่มที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) สูง ผลการตรวจสอบสมบัติเชิงกลในโหมดแรงดึงแสดงให้เห็นว่า วัสดุผสมผสมเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch compound) พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid) พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene succinate) ที่เตรียมโดยใช้ข้าวในกลุ่มข้าวเหนียวมีความแข็งแรงสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) ต่ำและปาน

กลาง และต่ำที่สุดในกลุ่มพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) สูง เนื่องจากกลุ่มพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) สูงจำเป็นต้องใช้พลาสติกไซเซอร์ ในกระบวนการผลิตสูง ส่งผลให้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของวัสดุผสมลดลง โดยทั่วไปความสามารถในการต้านทานแรงดึงของวัสดุผสมผสมเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch compound) พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid) พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene succinate) มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene succinate) และกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (Glycerol monostearate) ส่วนค่าร้อยละการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของวัสดุผสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณพอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Polybutylene succinate) นอกจากนี้ พบว่าอัตราการซึมผ่านและสภาพการซึมผ่านไอน้ำ (Water vapor permeability) ของวัสดุผสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเตรียมวัสดุผสมจากกลุ่มพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส (Amylose) สูง

นันทยา เก่งเขตรกิจ และเรจินภรณ์ ไม้พวง (2562) ได้ทำการศึกษาสมบัติของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชของแป้งข้าว (Thermoplastic rice starch) ที่ถูกเตรียมจากการไอน้ำ แป้งข้าวที่ใช้ในการศึกษานี้มี 3 ชนิด ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว (อัตราส่วน 1:1) ทำการเตรียมเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช โดยผสมแป้งและกลีเซอรอล (Glycerol) อัตราส่วน 60: 40 ในถุงพอลิเอทิลีน (Polyethylene) ที่งัดไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เวลา 24 hr นำส่วนผสมมาให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ 1,000 w เป็นเวลา 30 sec จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องกดอัดเป็นเวลา 15 min ที่อุณหภูมิ 170 °C และความดัน 1,000 psi จากผลการศึกษาร่วมกันขององค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวแต่ละชนิดพบว่า แป้งแต่ละชนิดมีปริมาณอะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) ที่แตกต่างกัน โดยแป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลส (Amylose) สูงสุด ในขณะที่แป้งข้าวเหนียว มีปริมาณอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) สูงสุด จากการทดสอบสมบัติของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชพบว่า ค่าความหนาแน่น (Density) ของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 1.3583-1.3665 g/cm³ ค่าดัชนีการไหล (Melt flow index) ของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวเหนียว มีค่าดัชนีการไหล (Melt flow index) สูงสุด รองลงมาคือเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งผสมและแป้งข้าวเจ้า ตามลำดับ จากการทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่า ค่าความต้านทานแรงดึง และค่าความทนแรงดึงสูงสุดของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวเจ้ามีค่าสูงกว่าของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชแป้งข้าวเหนียวและแป้งผสมตามลำดับ

อัจฉิมา อุ่นแก้ว และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาสมบัติของฟิล์มบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยเตรียมฟิล์มได้จากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก กลีเซอรอลร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก กรดมาลิก (Malic acid) ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol) ร้อยละ 0-9 โดยน้ำหนัก จากการทดลองค่าสีของฟิล์มที่ทดสอบด้วยเครื่อง HunterLab colorquest XE มีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol) ในฟิล์มเพิ่มขึ้น ความหนา (Thickness) ปริมาณความชื้น (Moisture content) และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapor permeability) มีค่าการเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่อปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol) เพิ่มขึ้น มีการปลดปล่อยสารต้านอนุมูลอิสระของฟิล์มในสารจำลอง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น เอทานอล (Ethanol) เข้มข้นร้อยละ 10 และเอทานอล (Ethanol) เข้มข้นร้อยละ 95 มีแนวโน้มการปลดปล่อยที่ใกล้เคียงกันในทุกๆ สารจำลอง ค่าต้านทานแรงดึง (Tensile strength) สูงสุดในฟิล์มที่มีพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol) ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก เมื่อนำฟิล์มที่ได้ในงานวิจัยนี้ไปทดสอบบรรจุมะเขือเทศ พบว่า ฟิล์มจากข้าวไรซ์เบอร์รี่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก และชะลอระยะเวลาเหี่ยวของผิวมะเขือเทศได้ จากผลการวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol) มีศักยภาพเพียงพอต่อการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายทางชีวภาพสำหรับอาหารได้

พิมภิญญา กันทาดง และคณะ (2563) ได้ทำการศึกษาการเตรียมฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเทอร์โมพลาสติกและผักตบชวา ด้วยเทคนิคการหล่อขึ้นรูปแบบสารละลาย แป้งมันสำปะหลังเทอร์โมพลาสติกคอมโพสิต (Thermoplastic composite tapioca starch) เตรียมโดยใช้พลาสติกไซเซอรอลผสมกลีเซอรอล-ยูเรีย (Glycerol-Urea) และใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย พร้อมการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 °C โดยใช้สัดส่วนน้ำหนักของผักตบชวาที่แตกต่างกันตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึง 40 ผลการศึกษาพบว่าแป้งมันสำปะหลังเทอร์โมพลาสติกเสริมแรงด้วยผักตบชวาในสัดส่วนน้ำหนักร้อยละ 10-20 สามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้และมีการกระจายตัวของเส้นใยผักตบชวาในเนื้อพื้นแป้งมันสำปะหลังเทอร์โมพลาสติกได้อย่างสม่ำเสมอ โดยฟิล์มคอมโพสิตแป้งมันสำปะหลังเทอร์โมพลาสติก:ผักตบชวา อัตราส่วน 80:20 ที่มีองค์ประกอบของพลาสติกไซเซอรอลผสมกลีเซอรอล-ยูเรีย (Glycerol-Urea) 10 pph นั้นให้สมบัติเชิงกลโดยรวมที่ดีเมื่อเทียบกับคอมพาวด์ (Compound) จากสัดส่วนอื่นๆ นอกจากนั้นการใช้ผักตบชวาเป็นตัวเสริมแรงยังทำให้ฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพมีความต้านทานน้ำ (Water resistance) เพิ่มขึ้นอีกด้วยเมื่อเทียบกับฟิล์ม 10 TPS และลำดับสุดท้ายศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างดินหลังการย่อยสลาย

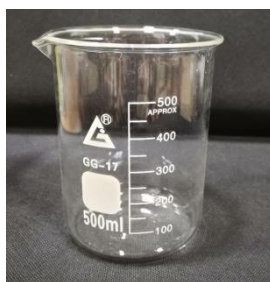
ทางชีวภาพในดินของฟิล์มคอมโพสิต พบว่าดินตัวอย่างมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งพิจารณาได้จาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารหลัก ที่เพิ่มสูงขึ้น ได้แก่ อินทรีย์ (Organic) ไนโตรเจน (Nitrogen) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) และโพแทสเซียม (Potassium)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์



ภาพที่ 12 ปีกเกอร์

(ที่มา: <https://cf.shopee.co.th>)



ภาพที่ 13 จานเพาะเชื้อ

(ที่มา: <https://inwfile.com>)



ภาพที่ 14 โถดูดความชื้น

(ที่มา: <https://www.myskinrecipes.com>)



ภาพที่ 15 ตะแกรงร่อนเบอร์ 325 mesh
(ที่มา: <https://inwfile.com>)

3.1.2 เครื่องมือ



ภาพที่ 16 เครื่องบดผสมไฟฟ้า
(ที่มา: <https://aumento.officemate.co.th>)



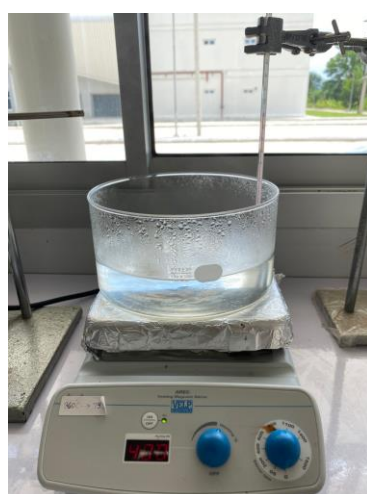
ภาพที่ 17 เครื่องโม่เปียก



ภาพที่ 18 ตู้อบลมร้อน



ภาพที่ 19 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ทศนิยม 2 ตำแหน่ง



ภาพที่ 20 เครื่องกวนสารละลาย



ภาพที่ 21 เครื่องวัดความหนา



ภาพที่ 22 UNIVERSAL TESTING MACHINE1 (เครื่องทดสอบแรงดึงและแรงกดแบบเสาคู่)
(ที่มา: <https://osit.psu.ac.th>)

3.2 สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. น้ำมันพืช
3. กลิเซอรอลบริสุทธิ์ 99.5% (Loba Chemie LOBA CHEMIE PVT.LTD)
4. แป้งข้าวเจ้า (ยี่ห้อช้างสามเศียร ผลิตจากบริษัทโรงเส้นหมี่ขอเฮง ประเทศไทย)
5. ข้าวสังข์หยด (ผลิตจากจังหวัดพัทลุง)

3.3 การสังเคราะห์สสารจากข้าวสังข์หยด

1. เตรียมเป็นฟลาวจากข้าวสังข์หยดด้วยเครื่องบดโม้เปียก
2. ทิ้งฟลาวข้าวที่ได้ให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 hr
3. นำตะกอนฟลาวข้าวที่ได้ไปอบให้แห้งที่ 50 °C
4. นำฟลาวข้าวที่อบแห้งแล้วมาบดให้ได้เป็นผงละเอียด
5. เก็บผงฟลาวข้าวที่ได้ในตู้ดูดความชื้น เตรียมนำไปใช้ในการเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสสาร

3.4 การเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสสารจากข้าวสังข์หยด

3.4.1 การเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสสารจากแป้งข้าวเจ้า ดำเนินการเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงให้กับกรเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสสารจากข้าวสังข์หยดในหัวข้อต่อไป โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. ทำการแปรสัดส่วนน้ำหนักของสสารข้าวที่ร้อยละ 50 100 150 และ 200 โดยน้ำหนัก เพื่อหาสัดส่วนน้ำหนักของสสารข้าวที่เหมาะสม 2. ทำการแปรสัดส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลที่ร้อยละ 30 40 50 และ 60 โดยน้ำหนัก เพื่อหาสัดส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลที่จะนำมาผสมกับสสารข้าวที่ได้จากการศึกษาส่วนที่ 1 ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. เตรียมชั่งสัดส่วนน้ำหนักแป้งข้าวเจ้าที่ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก มาผสมกับน้ำกลั่นในน้ำหนัก 100 g
2. นำส่วนผสมจากข้อที่ 1 มากรนให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนสารละลายที่ความเร็ว 600 rpm ที่อุณหภูมิ 80 °C
3. เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีแล้ว นำลงมาพักให้เย็นตัวลง แล้วเติมกลีเซอรอลตามสัดส่วนที่ออกแบบไว้ แล้วคนให้เป็นเนื้อเดียวกัน
4. นำเทอร์โมพลาสติกสสารข้าวเจ้าที่ได้เทหล่อขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางในงานเพราะเชื้อ
5. นำไปอบแห้งเพื่อให้เกิดการเจลาติไนเซชัน ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 24 hr จะไดตัวอย่างฟิล์มที่จะนำไปศึกษาลักษณะเฉพาะและทดสอบสมบัติต่อไป

3.4.2 การเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาบิลจากแป้งสังข์หยด ดำเนินการศึกษาตามสัดส่วนของสตาบิลข้าวเจ้าและกลีเซอรอลที่เหมาะสมตามการศึกษาที่หัวข้อ 3.4.1 ซึ่งแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 การแปรความร้อนที่ใช้ในการผสมสตาบิลข้าวสังข์หยด โดยใช้อุณหภูมิที่ 80 °C และ 90 °C ควบคุมกับการแปรความหนาของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาบิลจากแป้งสังข์หยดที่ 0.08 mm 0.14 mm และ 0.17 mm

ชุดที่ 2 การแปรขนาดของผงสตาบิลข้าว โดยใช้ขนาดแตกต่างกัน 2 ช่วง คือ ใหญ่และเล็กกว่า 325 µm ควบคุมกับการแปรความหนาของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาบิลจากแป้งสังข์หยดที่ 0.08 mm 0.14 mm และ 0.17 mm

3.5 การศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาบิล

3.5.1 การศึกษาลักษณะเฉพาะทางกายภาพด้วยกล้องดิจิตอล ดำเนินการโดยการถ่ายภาพชิ้นงานตัวอย่างทุกๆ เงื่อนไข ด้วยกำลังขยายที่เท่าๆ กัน

3.5.2 การทดสอบแรงดึง (Tensile testing) ดัดแปลงการทดสอบมาจากมาตรฐาน ASTM D882 โดยทำการตัดชิ้นตัวอย่าง และนำมาทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงด้วยน้ำหนัก (Load cell) ขนาด 1 kN และอัตราการดึง 50 mm/min

3.5.3 การทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content: MC) ดัดแปลงการทดสอบมาจาก มอก. 2867 เล่ม 1 โดยนำชิ้นงานมาตัดให้ได้ขนาดกว้าง 2 cm ยาว 2 cm ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นและบันทึกค่า จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างใส่ในจานเพาะเชื้อและนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 hr หลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วจึงนำค่าไปคำนวณหาปริมาณความชื้นดังสมการ %Moisture

$$\% \text{Moisture} = \frac{\text{Difference of sample weight before and after baking (g)}}{\text{Initial sample weight (g)}} \times 100 \quad (1)$$

3.5.4 การทดสอบการละลาย (Solubility) ดัดแปลงการทดสอบมาจากวิธีของ Oh, et al. (2004) โดยนำชิ้นตัวอย่างขนาดกว้าง 2 cm ยาว 2 cm จำนวน 3 ชิ้น ไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า จากนั้นนำไปใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่นอยู่ แล้วกวนด้วยเครื่องกวนสารละลายที่ความเร็ว 500 rpm เป็นเวลา 30 min ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง นำกระดาษกรองที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24 hr เมื่อครบเวลานำกระดาษกรองไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหา ร้อยละของการละลายดังสมการ

$$\% \text{Solution} = \frac{\text{Initial sample weight} - \text{Sample weight after testing}}{\text{Initial sample weight}} \times 100 \quad (2)$$

3.5.5 การทดสอบการดูดซับน้ำ (Water absorption) ดัดแปลงการทดสอบมาจากมาตรฐาน ASTM D570 นำชิ้นตัวอย่างมาตัดเป็นแผ่นขนาดกว้าง 2.5 cm ยาว 2.5 cm จำนวน 3 ชิ้น ชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่า นำชิ้นตัวอย่างทั้ง 3 ชิ้น แช่น้ำในอ่างเป็นเวลา 1 min เมื่อครบเวลานำชิ้นตัวอย่างขึ้นมาซับ น้ำด้วยผ้าให้แห้งพอหมาดแล้ววัดขนาดความหนา พร้อมกับทำการชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนไปและบันทึกค่า และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำดังสมการ

$$\% \text{Water absorption} = \frac{\text{Sample weight after testing} - \text{Initial sample weight}}{\text{Initial sample weight}} \times 100 \quad (3)$$

3.5.6 การทดสอบการย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยการฝังกลบในดิน (Biodegradability test by landfill) ดัดแปลงการทดสอบมาจากมาตรฐาน ASTM 5338 โดยเตรียมชิ้นตัวอย่างขนาด กว้าง 5 cm ยาว 5 cm นำชิ้นตัวอย่างไปอบไล่ความชื้นในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 3 hr ชั่ง น้ำหนักชิ้นตัวอย่าง นำชิ้นตัวอย่างฝังให้ลึกจากผิวดิน ประมาณ 25-30 cm กลบด้วยดิน ควบคุม อุณหภูมิดินอยู่ในช่วง 25-30 °C รดน้ำแบบพ่นฝอยให้แก่ดินจนชุ่ม วันละ 1 ครั้ง ติดตามการย่อย สลายทางชีวภาพตามระยะเวลา 3 5 7 และ 9 วัน โดยการนำชิ้นตัวอย่างที่ขึ้นมาทำความสะอาดและ อบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 50 °C และชั่งน้ำหนักชิ้นตัวอย่าง เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ สูญเสียไปดังสมการ

$$\% \text{lost weight} = \frac{\text{Sample weight after testing}}{\text{Initial sample weight}} \times 100 \quad (4)$$

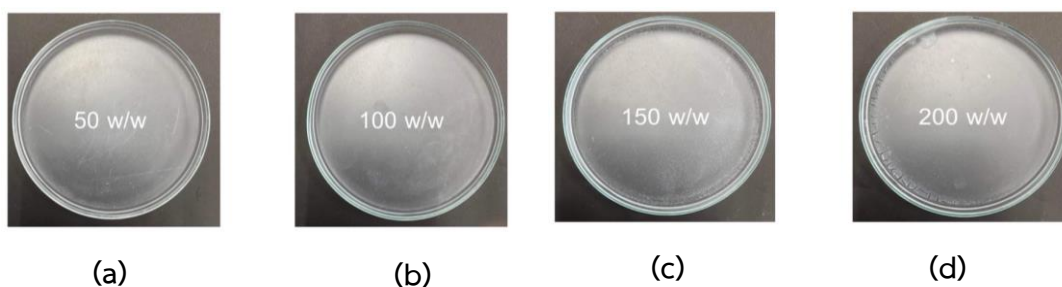
บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1 การเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งข้าวเจ้า

4.1.1. การแปรสัดส่วนน้ำหนักของสตาร์ชข้าว

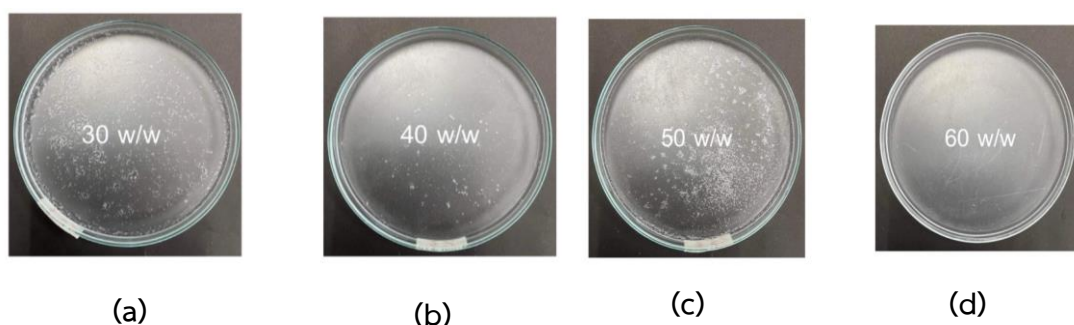
จากผลการทดลองแปรสัดส่วนน้ำหนักของสตาร์ชข้าวที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชที่ร้อยละ 50 100 150 และ 200 โดยน้ำหนัก ดังภาพที่ 23 พบว่าฟิล์มที่ได้มีลักษณะฟิล์มที่ได้แตกต่างกัน โดยที่สัดส่วนร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก (ภาพที่ 23 (a)) ฟิล์มมีลักษณะผิวเรียบ มีความชุ่มชื้นของเนื้อฟิล์มไม่แห้งกรอบ เมื่อกดฟิล์มมีลักษณะสมบูรณ์และไม่ฉีกขาด ที่สัดส่วนร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก (ภาพที่ 23 (b)) ฟิล์มมีลักษณะผิวเรียบ แต่ไม่มีความชุ่มชื้น เมื่อกดฟิล์มมีลักษณะไม่สมบูรณ์และมีการฉีกขาด ที่สัดส่วนร้อยละ 150 โดยน้ำหนัก (ภาพที่ 23 (c)) ฟิล์มมีลักษณะแห้ง ขอบของฟิล์มกรอบและแตก เมื่อกดฟิล์มมีลักษณะไม่สมบูรณ์และฉีกขาด ที่สัดส่วนร้อยละ 200 โดยน้ำหนัก (ภาพที่ 23 (d)) ฟิล์มมีลักษณะแห้ง กรอบและไม่สามารถลอกฟิล์มได้ ดังนั้นจึงเลือกน้ำหนักสตาร์ชข้าวที่สัดส่วนร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ไปใช้ในการศึกษาหัวข้อถัดไป



ภาพที่ 23 ลักษณะฟิล์มที่ได้เมื่อแปรสัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของสตาร์ช ที่ (a) 50 (b) 100 (c) 150 และ (d) 200 ตามลำดับ

4.1.2. การแปรสัดส่วนน้ำหนักกลีเซอรอล

จากผลการทดลองแปรสัดส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชที่ร้อยละ 30 40 50 และ 60 โดยน้ำหนัก ดังภาพที่ 24 พบว่าฟิล์มสตาร์ชที่ได้มีลักษณะแตกต่างกัน โดยที่สัดส่วนร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก (ภาพที่ 24 (a)) ฟิล์มมีลักษณะผิวเรียบ มีความชุ่มชื้น เหนียวหนึบ ภายในมีฟองอากาศจำนวนมาก เมื่อดอกฟิล์มมีลักษณะไม่สมบูรณ์และเหนียวติดกันเป็นก้อน ที่สัดส่วนร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก (ภาพที่ 24 (b)) ฟิล์มมีลักษณะผิวเรียบ มีความชุ่มชื้น เหนียวหนึบ ภายในมีฟองอากาศ เมื่อดอกฟิล์มมีลักษณะไม่สมบูรณ์และเหนียวติดกันเป็นก้อน ที่สัดส่วนร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก (ภาพที่ 24 (c)) ฟิล์มมีลักษณะผิวเรียบ มีความชุ่มชื้น ภายในมีฟองอากาศ เมื่อดอกฟิล์มมีลักษณะสมบูรณ์และไม่ฉีกขาด ที่สัดส่วนร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก (ภาพที่ 24 (d)) ฟิล์มมีลักษณะผิวเรียบสวย มีความชุ่มชื้น ไม่เหนียวหนึบ ภายในไม่มีฟองอากาศ เมื่อดอกฟิล์มมีลักษณะสมบูรณ์และไม่ฉีกขาด ดังนั้นจึงเลือกน้ำหนักกลีเซอรอลที่สัดส่วนร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ไปใช้ในการเตรียมเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด



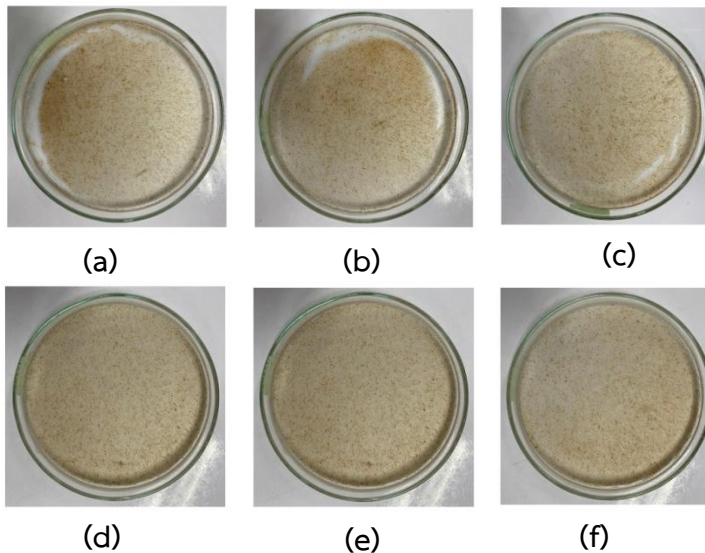
ภาพที่ 24 ลักษณะฟิล์มที่ได้เมื่อแปรสัดส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอล ที่ (a) 30 (b) 40 (c) 50 และ (d) 60 ตามลำดับ

4.2 การเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งสังข์หยด

จากการศึกษาสัดส่วนของสตาร์ชข้าวเจ้าและกลีเซอรอลที่เหมาะสมตามการศึกษาจากหัวข้อ 4.1 จึงทำการศึกษาต่อโดยใช้ข้าวสังข์หยด โดยใช้สัดส่วนของข้าวสังข์หยดที่ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก และเติมกลีเซอรอลที่ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ในทุกการศึกษา ซึ่งแบ่งการศึกษออกเป็น 2 ชุด ดังต่อไปนี้

ชุดที่ 1 การแปรความร้อนที่ใช้ในการผสมสตาร์ชข้าวสังข์หยด

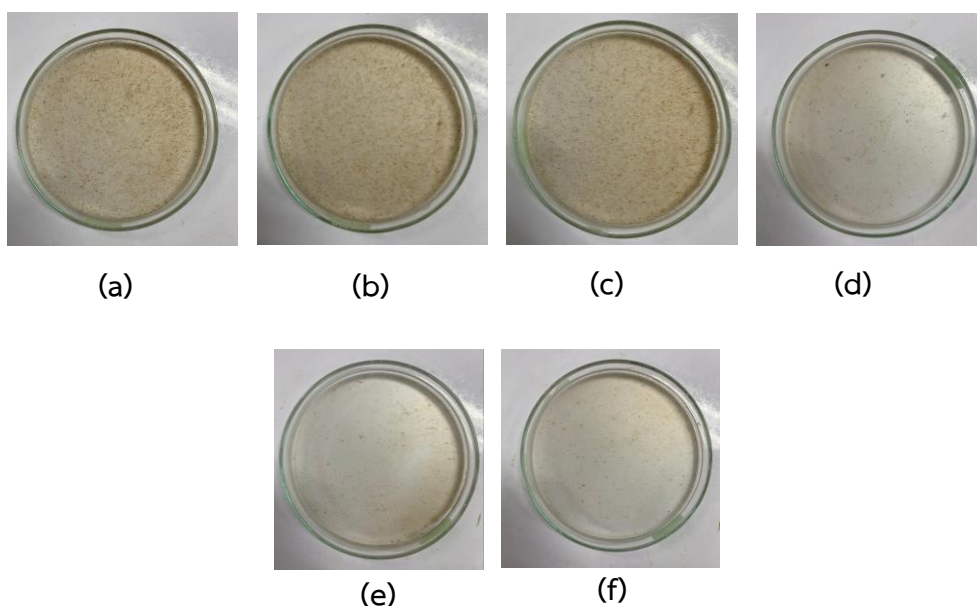
จากการทดลองหาความร้อนของอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชที่ 80 °C และ 90 °C ควบคู่กับการแปรความหนาของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งสังข์หยดที่ 0.08 mm 0.14 mm และ 0.17 mm ดังภาพที่ 25 พบว่าเมื่อใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C ทุกๆ ความหนาของฟิล์มที่ได้มีลักษณะคล้ายกันคือ ผิวเรียบ มีความชุ่มชื้น แต่เมื่อลอกฟิล์มมีลักษณะไม่สมบูรณ์และฉีกขาด (ภาพที่ 25 (a-c)) และเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C ฟิล์มที่ได้มีลักษณะผิวเรียบ มีความชุ่มชื้น เมื่อลอกฟิล์มมีลักษณะสมบูรณ์ในทุกความหนาและความสมบูรณ์ของฟิล์มเป็นไปตามความหนาของฟิล์มที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 25 (d-f))



ภาพที่ 25 ลักษณะฟิล์มที่ได้เมื่อแปรความร้อนควบคู่กับความหนาของแผ่นฟิล์ม (a) อุณหภูมิ 90 °C ที่ความหนา 0.08 mm (b) อุณหภูมิ 90 °C ที่ความหนา 0.14 mm (c) อุณหภูมิ 90 °C ที่ความหนา 0.17 mm (d) อุณหภูมิ 80 °C ที่ความหนา 0.08 mm (e) อุณหภูมิ 80 °C ที่ความหนา 0.14 mm (f) อุณหภูมิ 80 °C ที่ความหนา 0.17 mm

ชุดที่ 2 การแปรขนาดของผงสตาร์ชข้าวสังข์หยด

จากการทดลองแปรขนาดของผงสตาร์ชที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช ควบคู่กับการแปรความหนาของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากแป้งสังข์หยดที่ 0.08 mm 0.14 mm และ 0.17 mm ดังภาพที่ 26 พบว่าเมื่อใช้ผงสตาร์ชที่มีขนาดใหญ่กว่า 325 μm ที่ความหนาแตกต่างกัน ฟิล์มที่ได้มีลักษณะผิวเรียบ มีความชุ่มชื้น และเมื่อลอกฟิล์มมีลักษณะสมบูรณ์ (ภาพที่ 26 (a-c)) ผงสตาร์ชที่ขนาดเล็กกว่า 325 μm ฟิล์มที่ลอกได้มีลักษณะไม่ค่อยสมบูรณ์และมักเหนียวติดกันเป็นก้อน



ภาพที่ 26 ลักษณะฟิล์มที่แปรขนาดของผงสตาร์ชข้าวสังข์หยดควบคู่ (a) ที่ใหญ่กว่า 325 μm และหนา 0.08 mm (b) ที่ใหญ่กว่า 325 μm และหนา 0.14 mm (c) ที่ใหญ่กว่า 325 μm และหนา 0.17 mm (d) ที่เล็กกว่า 325 μm และหนา 0.08 mm (e) ที่เล็กกว่า 325 μm และหนา 0.14 mm (f) ที่เล็กกว่า 325 μm และหนา 0.17 mm

4.3 การศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช

4.3.1 การทดสอบแรงดึง (Tensile testing)

จากผลการทดสอบแรงดึงของชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านการกวนผสมที่อุณหภูมิ 80 °C และ 90 °C ที่ขนาดผงแตกต่างกัน ในตารางที่ 5 พบว่า ค่าต้านทานต่อแรงดึงและค่าระยะยืด ณ จุดขาดของชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการกวนผสมที่ 90 °C และใช้ผงสตาร์ชที่มีเล็กกว่า 325 mash มีค่าสูงที่สุด อาจเป็นผลอันเนื่องมาจากแผ่นฟิล์มที่ได้จากเงื่อนไขนี้ มีความชุ่มชื้น และเหนียวหนึบ ซึ่งมีค่าความต้านทานต่อแรงดึงสูงถึง 1.60 MPa และค่าระยะยืด ณ จุดขาด สูงถึง 34%

ตารางที่ 5 แสดงค่าความต้านทานต่อแรงดึง และค่าระยะยืด ณ จุดขาด

ชิ้นงานตัวอย่าง	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)
80 °C ขนาดผงสตาร์ชเล็กกว่า 325 µm	0.89	20
80 °C ขนาดผงสตาร์ชใหญ่กว่า 325 µm	1.05	21
90 °C ขนาดผงสตาร์ชเล็กกว่า 325 µm	1.60	34
90 °C ขนาดผงสตาร์ชใหญ่กว่า 325 µm	1.15	22

4.3.2 การทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture content: MC)

จากการทดสอบปริมาณความชื้นของชิ้นตัวอย่าง ในตารางที่ 6 พบว่าที่ความหนา 0.17 mm ในทุกเงื่อนไข มีปริมาณความชื้นมากที่สุด อันเนื่องมาจากความหนาที่มากขึ้น ทำให้ความชื้นสามารถสะสมอยู่ในชิ้นงานตัวอย่างมากขึ้นนั่นเอง

ตารางที่ 6 ค่าปริมาณความชื้น

ชิ้นตัวอย่าง	ความหนา (mm)	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	ปริมาณความชื้น (%)
80 °C ขนาดผงสตาร์ช เล็กกว่า 325 μm	0.08	0.04	0.03	25.00
	0.14	0.05	0.04	20.00
	0.17	0.07	0.03	57.14
80 °C ขนาดผงสตาร์ช ใหญ่กว่า 325 μm	0.08	0.04	0.03	25.00
	0.14	0.05	0.02	60.00
	0.17	0.08	0.03	62.50
90 °C ขนาดผงสตาร์ช เล็กกว่า 325 μm	0.08	0.04	0.02	50.00
	0.14	0.07	0.03	57.14
	0.17	0.09	0.03	66.67
90 °C ขนาดผงสตาร์ช ใหญ่กว่า 325 μm	0.08	0.05	0.03	40.00
	0.14	0.06	0.03	50.00
	0.17	0.07	0.02	71.43

4.3.3 การทดสอบการละลาย (Solubility)

จากการทดสอบการละลายของชิ้นตัวอย่าง ในตารางที่ 7 พบว่าเมื่อความหนาของชิ้นตัวอย่างยิ่งเพิ่มขึ้น ค่าการละลายของชิ้นตัวอย่างยิ่งน้อยลง ในทุกเงื่อนไข อันเนื่องมาจากความหนาที่มากขึ้น ทำการละลายเกิดได้ยากและต้องใช้เวลาานาน เพราะมีพื้นที่ในการสัมผัสกับตัวทำละลายน้อย

ตารางที่ 7 ค่าการละลาย

ชิ้นตัวอย่าง	ความหนา (mm)	น้ำหนักก่อนละลาย (g)	น้ำหนักหลังละลาย (g)	การละลาย (%)
80 °C ขนาดผงสตาร์ช เล็กกว่า 325 µm	0.08	0.07	0.03	57.14
	0.14	0.10	0.05	50.00
	0.17	0.14	0.08	42.86
80 °C ขนาดผงสตาร์ช ใหญ่กว่า 325 µm	0.08	0.12	0.02	83.33
	0.14	0.13	0.06	53.85
	0.17	0.15	0.08	46.86
90 °C ขนาดผงสตาร์ช เล็กกว่า 325 µm	0.08	0.06	0.03	50.00
	0.14	0.07	0.05	28.57
	0.17	0.09	0.07	22.22
90 °C ขนาดผงสตาร์ช ใหญ่กว่า 325 µm	0.08	0.12	0.03	75.00
	0.14	0.14	0.07	50.00
	0.17	0.17	0.10	41.18

4.3.4 การทดสอบการดูดซับน้ำ (Water absorption)

จากการทดสอบการดูดซับน้ำของชิ้นตัวอย่าง ในตารางที่ 8 พบว่าเมื่อความหนาของชิ้นงานยิ่งเพิ่มขึ้น ค่าการดูดซับน้ำของชิ้นตัวอย่างยิ่งเพิ่มมากขึ้น ในทุกเงื่อนไข อันเนื่องมาจากความหนาที่มากขึ้น ทำการดูดซับน้ำยิ่งเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย













ตารางที่ 8 การดูดซับน้ำ

ชิ้นตัวอย่าง	ความหนา (mm)	น้ำหนักก่อนแช่ (g)	น้ำหนักหลังแช่ (g)	การดูดซับน้ำ (%)
80 °C ขนาดผงสตาร์ช เล็กกว่า 325 µm	0.08	0.06	0.08	25.00
	0.14	0.08	0.12	33.33
	0.17	0.12	0.19	36.84
80 °C ขนาดผงสตาร์ช ใหญ่กว่า 325 µm	0.08	0.05	0.07	28.57
	0.14	0.11	0.17	35.29
	0.17	0.14	0.23	39.13
90 °C ขนาดผงสตาร์ช เล็กกว่า 325 µm	0.08	0.08	0.11	27.27
	0.14	0.10	0.16	37.50
	0.17	0.16	0.27	40.74
90 °C ขนาดผงสตาร์ช ใหญ่กว่า 325 µm	0.08	0.07	0.10	30.00
	0.14	0.09	0.15	40.00
	0.17	0.17	0.29	41.38













4.3.5 การทดสอบการย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยการฝังกลบในดิน (Biodegradability test by landfill)

จากการทดสอบการย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยการฝังกลบในดินของชิ้นตัวอย่าง เมื่อผ่านไป 5 และ 7 วัน ดังภาพที่ 27 และ 28 ตามลำดับ พบว่าเมื่อระยะเวลาการย่อยสลายเพิ่มขึ้น ชิ้นตัวอย่างมีการย่อยสลายที่เพิ่มมากขึ้น และชิ้นตัวอย่างที่มีความหนาน้อยเกิดการย่อยสลายได้ไวและดีกว่า ชิ้นตัวอย่างที่มีความหนามาก ในทุกเงื่อนไขการเตรียมฟิล์ม

ตารางที่ 9 ลักษณะฟิล์มที่ย่อยสลายที่ระยะเวลา 5 วัน

ชิ้นตัวอย่าง	ความหนา (mm)		
	0.08	0.14	0.17
80 °C ขนาดผงสตาร์ช เล็กกว่า 325 μm			
80 °C ขนาดผงสตาร์ช ใหญ่กว่า 325 μm			
90 °C ขนาดผงสตาร์ช เล็กกว่า 325 μm			
90 °C ขนาดผงสตาร์ช ใหญ่กว่า 325 μm			

ตารางที่ 10 ลักษณะฟิล์มที่ย่อยสลายที่ระยะเวลา 7 วัน

ชิ้นตัวอย่าง	ความหนา (mm)		
	0.08	0.14	0.17
80 °C ขนาดผงสตาร์ช เล็กกว่า 325 μm			
80 °C ขนาดผงสตาร์ช ใหญ่กว่า 325 μm			
90 °C ขนาดผงสตาร์ช เล็กกว่า 325 μm			
90 °C ขนาดผงสตาร์ช ใหญ่กว่า 325 μm			

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเตรียมฟิล์มเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชจากข้าวสังข์หยด พบว่า สัดส่วนน้ำหนักของสตาร์ชข้าวที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก และสัดส่วนน้ำหนักของกลีเซอรอลที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก เพราะฟิล์มที่ได้มีผิวเรียบชุ่มชื้นและฟิล์มที่ลอกได้สมบูรณ์

จากการศึกษาการแปรความร้อนของการผสมเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชควบคู่กับการแปรความหนา พบว่า ที่อุณหภูมิ 80 °C ให้แผ่นฟิล์มที่มีลักษณะสมบูรณ์กว่าที่อุณหภูมิ 90 °C ในทุกเงื่อนไข เพราะฟิล์มที่ได้มีผิวเรียบชุ่มชื้นและฟิล์มที่ลอกได้สมบูรณ์

จากการศึกษาการแปรขนาดของผงสตาร์ชข้าวที่แตกต่างกัน พบว่า พบว่าเมื่อใช้ผงสตาร์ชที่มีขนาดใหญ่กว่า 325 μm ที่ความหนาแตกต่างกัน ฟิล์มที่ได้มีลักษณะผิวเรียบ มีความชุ่มชื้น และเมื่อลอกฟิล์มมีลักษณะสมบูรณ์ (ภาพที่ 26 (a-c)) ผงสตาร์ชที่ขนาดเล็กกว่า 325 μm ฟิล์มที่ลอกได้มีลักษณะไม่ค่อยสมบูรณ์และมักเหนียวติดกันเป็นก้อน

จากการศึกษาผลของการทดสอบแรงดึง พบว่า ที่อุณหภูมิ 90 °C ขนาดผงสตาร์ชเล็กกว่า 325 μm มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงและค่าของระยะยืด ณ จุดขาด สูงที่สุด

จากการศึกษาผลของปริมาณความชื้น พบว่า ที่ความหนา 0.17 mm ในทุกเงื่อนไข มีปริมาณความชื้นมากที่สุด อันเนื่องมาจากความหนาที่มากขึ้น ทำให้ความชื้นสามารถสะสมอยู่ในชิ้นงานตัวอย่างมากขึ้นนั่นเอง

จากการศึกษาผลของการละลาย พบว่าเมื่อความหนาของชิ้นตัวอย่างยิ่งเพิ่มขึ้น ค่าการละลายของชิ้นตัวอย่างยิ่งน้อยลง ในทุกเงื่อนไข อันเนื่องมาจากความหนาที่มากขึ้น ทำการละลายเกิดได้ยากและต้องใช้เวลานาน เพราะมีพื้นที่ในการสัมผัสกับตัวทำละลายน้อย

จากการศึกษาผลของการดูดซับน้ำ พบว่า เมื่อความหนาของชั้นตัวอย่างยิ่งเพิ่มขึ้น ค่าการดูดซับน้ำของชั้นตัวอย่างยิ่งเพิ่มมากขึ้น ในทุกเงื่อนไข อันเนื่องมาจากความหนาที่มากขึ้น ทำการดูดซับน้ำยิ่งเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย และจากผลของขนาดผงสตาร์ชข้าวมีขนาดใหญ่ยิ่งทำให้การดูดซับน้ำได้มากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาผลของการย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยการฝังกลบในดิน พบว่า เมื่อระยะเวลาการย่อยสลายมากขึ้น ชั้นตัวอย่างในทุกๆ ความหนามีการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และในชั้นตัวอย่างที่มีความหนาน้อยจะมีการย่อยสลายได้ดีและมากกว่าชั้นตัวอย่างที่มีความหนามากกว่า แต่เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ชั้นตัวอย่างย่อยสลายเกือบหมดในทุกเงื่อนไข

บรรณานุกรม

- นันทยา เก่งเขตร์กิจ และ เรืองภรณ์ ไม้พวง. (2562). “สมบัติทางกายภาพและเชิงกลของเทอร์โมพลาสติกสตาarchจากแป้งข้าวที่เตรียมโดยการโม่แป้ง (Physical and mechanical properties of thermoplastic starches from wet milled rice flours)”, ว.วิทยาศาสตร์เกษตร. 50 (1), 442-448.
- มณฑกาญจน์ บุญเพิ่มผล, วิไลลักษณ์ สุขปรากฏ, สุคนธ์ ท้วมมา, อุมภาพร ชนะสิทธิ์, ยูพา อนานันท์, สุนันทา วงศ์ปิยชน, อำพร เสน่ห์. (2561). “ผลของพันธุ์ข้าวและองค์ประกอบต่อวัสดุผสมฐานเทอร์โมพลาสติกสตาarch (Effect of rice varieties and compositions on thermoplastic starch-based blends)”, วารสารวิชาการข้าว. 9 (2), 85-99.
- อัจฉิมา อุ่นแก้ว, เจนจิรา รอดสุขโข, ดร.พรนภา เกษมศิริ, วลัยพร เหมโส. (2563). “การศึกษาคุณลักษณะของฟิล์มบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Characterization of Biodegradable Packaging Film Based Riceberry Rice)”, วารสารวิจัย มข.(ฉบับบัณฑิตศึกษา). 20 (4), 81-92.
- ปริญญา ไกรวุฒินันท์, จงรัก อินยา. (2560). การผลิตและศึกษาลักษณะของพลาสติกชีวภาพชนิดเทอร์โมพลาสติกสตาarch (Production and characterization of thermoplastic starch). อดตรดิตถ์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์.
- พิมพ์นิจภา กันทาตง, ชัยยศ จันทรแก้ว, ฉัตรชัชชญาณ์ โชติชญาพงษ์. (2563). “ฟิล์มคอมโพสิตชีวภาพแป้งมันสำปะหลัง เทอร์โมพลาสติก/ผักตบชวาที่เพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน (Soil nutrients rich thermoplastic tapioca starch/Water hyacinth bio-composite films)”, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 30 (1), 104-117.
- เชาวนิพร ชิพประสพ, ฤทัยทิพย์ อโนมูณี, หาสันต์ สาเหล็ก. (2558). “องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณอะไมโลสในข้าวพันธุ์พื้นเมือง จังหวัดพัทลุง (Chemical Composition and Amylose Content in Local Rice Variety of Phatthalung Province)”, รายงานวิจัย ฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2558. 1-40.
- วรรณฯ ชันธชัย. (2555). “การพัฒนาฟิล์มและสารเคลือบรับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้ามาประยุกต์ใช้ในทอพีพีผลไม้ (Development edible films and coatings based On rice flour and application of Toffee fru)”, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

ประวัติย่อผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล : นางสาวศศิธร คงยอด รหัสนิสิต 612091042

วันเดือนปีเกิด : 1 ตุลาคม 2542

สถานที่อยู่ปัจจุบัน : 222 ม.2 ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93210

ระดับการศึกษา : อุดมศึกษาปีที่ 4

สถานที่ศึกษา : มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

