บทความวิจัย

การประยุกต์ใช้แป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ เพื่อผลิตถุงเพาะชำพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

THE APPLICATION OF CASSAVA STARCH FROM TWO CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz) CULTIVARS AS A BIODEGRADABLE PLASTIC PRODUCT.

ภาวิณี เทียมดี[1*] และ บวรรัตน์ บิ้งสลุง[2]

[1*, 2]สาขาวิชาเคมี (ค.บ.) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี 15000

Pawinee Theamdee[1*] and Bawonrut Bungsalung[2]

[1*, 2]Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Lopburi 15000

[*]E-mail: pawinee.t169@gmail.com

Received: 2018--09-28

Revised: 2018-01-16

Accepted: 2019-01-30

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์ต่อสมบัติทางกายภาพ และทางกลของแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ (พันธุ์ 5 นาที และ ระยอง 2) โดยฟิล์มนี้เตรียมโดยการละลายแป้งมันสำปะหลังในน้ำ ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และศึกษาผลของปริมาณกลีเซอรอล 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักของแป้ง ขึ้นรูปแผ่นฟิล์มโดยการทำแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง นำแผ่นฟิล์มที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ได้แก่ ความหนา ค่าแอคติวิตีของน้ำ (a_w) ค่าการละลาย ค่าต้านทานแรงดึง ค่าต้านทานแรงเจาะ และศึกษาการย่อยสลายของแผ่นฟิล์ม พบว่าความหนาของฟิล์มมีค่าระหว่าง 0.20-0.30 มิลลิเมตร สำหรับค่า a_w ของแผ่นฟิล์มอยู่ระหว่าง 0.40-0.50 และพบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลังทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์สามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ดีและมีความยืดหยุ่น โดยมีค่าการละลายน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ค่าต้านทานแรงดึงและค่าต้านทานแรงเจาะของฟิล์มแป้งสำปะหลังทั้ง 2 สายพันธุ์ เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของกลีเซอรอลลดลง ผลทดสอบการย่อยสลายโดยการฝังในดินพบว่า ฟิล์มสามารถย่อยสลายได้ร้อยละ 55 - 58 ในระยะเวลา

2 สัปดาห์ โดยแผ่นฟิล์มจะย่อยสลายได้เร็วขึ้นตามปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าฟิล์มจากแป้งสำปะหลังทั้ง 2 สายพันธุ์ เป็นฟิล์มธรรมชาติย่อยสลายได้เองโดยธรรมชาติ ซึ่งช่วยลดปริมาณขยะย่อยสลายยากได้อีกทางหนึ่ง

คำสำคัญ: แป้งมันสำปะหลัง ฟิล์มย่อยสลายได้ กลีเซอรอล พลาสติไซเซอร์

ABSTRACT

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

Keywords: Cassava starch, Biodegradable film, Glycerol, Plasticizer

บทนำ

หลายหน่วยงานให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นโดยพยายามหาวัสดุย่อยสลายได้มาทดแทนวัสดุสังเคราะห์ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ดังนั้นการใช้ฟิล์มที่ย่อยสลายได้ (biodegradable film) เป็นทางเลือกหนึ่งในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม การเตรียมฟิล์มสามารถ

เตรียมได้จากพอลิเมอร์จากธรรมชาติหลายชนิด เช่น พอลิแซคคาไรด์ โปรตีน และไขมัน (Abdou & Sorour, 2014; Pena & Torres, 1991) ซึ่งฟิล์มที่สามารถย่อยสลายเองได้ตามธรรมชาติที่ได้รับความสนใจมากที่สุดชนิดหนึ่งคือพอลิแซคคาไรด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่พบมากที่สุดในผลผลิตทางการเกษตร แป้งเป็นพอลิแซคคาไรด์ ที่สามารถนำมาผลิตแผ่นฟิล์มได้ โดยแป้งมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยอะมิโลส และอะมิโลเพคติน (Alves et al., 2007; Laurindo et al., 2008) เมื่อนำมาผลิตเป็นฟิล์มแล้วสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ สามารถพองตัวขึ้นแผ่นฟิล์มได้ มีปริมาณมาก ราคาถูกและหาได้ง่ายในท้องถิ่น จากข้อดีของแป้งดังกล่าวจึงสนใจนำแป้งมาผลิตเป็นฟิล์มย่อยสลายได้ มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* (L.) Crantz) สายพันธุ์ 5 นาที และสายพันธุ์ระยอง เป็นพืชที่เพาะปลูกมากในตำบลแก่งผักกูด อำเภอท่าหลวง และพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี เป็นผลไม้เศรษฐกิจ เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง (Guilbert, 2016) และยังช่วยเพิ่มมูลค่าและลดการสูญเสียผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตเป็นแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ แต่อย่างไรก็ตามพลาสติกที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังนั้นมีความเปราะและสามารถที่จะดูดซึมน้ำและความชื้นได้ภายหลังจากกระบวนการขึ้นรูปแล้ว ซึ่งมีอยู่หลายวิธีที่จะแก้ปัญหาความเปราะและการดูดซึมน้ำของพลาสติกที่เตรียมจากแป้งมันสำหลัง โดยการเติมพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) เช่น กลีเซอรอล (glycerol) และซอร์บิทอล (sorbitol) (Jiménez et al., 2012) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มความเหนียวและยืดหยุ่นของพลาสติกที่เตรียมจากแป้งมันสำปะหลังได้โดยสมบัติด้านความยืดหยุ่นจะแปรผันตามปริมาณของพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้ โดยกลีเซอรอลมีคุณสมบัติที่เหมาะสมแก่การนำมาใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์ในการผลิตฟิล์มที่ทำจากแป้งธรรมชาติ เนื่องจากสามารถละลายน้ำ และอัตราการซึมผ่านไอน้ำได้ดี ปลอดภัย ราคาถูก (Gontard et al., 1993) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจะศึกษาผลของปริมาณกลีเซอรอล ทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ ต่อสมบัติทางกายภาพ และทางกลของฟิล์มย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ พร้อมทั้งศึกษาการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ เพื่อผลิตถุงเพาะชำย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

วิธีการ

1. การเตรียมแป้งมันสำปะหลัง

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

1.1 การเตรียมแป้งดิบจากมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์

ล้างทำความสะอาดแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ เพื่อขจัดเศษดิน และสิ่งสกปรก

ปอกเปลือกแล้วล้างด้วยน้ำอีกครั้ง หั่นให้เป็นแผ่นบาง ๆ นำไปปั่นละเอียดโดยผสมน้ำในอัตราส่วนหัวมันต่อน้ำเท่ากับ 1:2 ด้วยเครื่องปั่นผสมไฟฟ้า (SHARP, EM-ICE 2, ประเทศไทย) เป็นเวลา 2 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง ทิ้งไว้ให้แป้งตกตะกอน จากนั้นเทของเหลวส่วนบนออก แล้วล้างตะกอนแป้งด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (98-100.5%, Sigma-Aldrich) ร้อยละ 0.5 (อัตราส่วน 1:5 โดยน้ำหนัก) นาน 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 8000 rpm เป็นเวลา 15 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น 2 รอบ แล้วนำแป้งที่ได้ไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (Memmert, UN 110, ประเทศเยอรมัน) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำมาบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช บรรจุผงแป้งในภาชนะที่มีฝาปิด และเก็บรักษาในโถดูดความชื้น (Bobbio et al., 1978)

1.2 การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์

เตรียมฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ โดยละลายแป้งในน้ำกลั่น ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร กวนผสมพร้อมกับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเติมกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักของแป้ง กวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันนาน 5 นาที ขึ้นรูปโดยเทสารละลายน้ำแป้ง ลงในแม่พิมพ์เทฟรอนขนาด ขนาด 32×26 เซนติเมตร อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง หรือจนแห้งสนิท จากนั้นลอกแผ่นฟิล์มออกจากแม่พิมพ์และเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

1.3 การทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์ม

1.3.1 ความหนา (Thickness) วัดความหนาของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ ด้วยเครื่องไมโครมิเตอร์ (Mitutoyo, ญี่ปุ่น) โดยหาค่าเฉลี่ยของการวัดทั้งหมด 5 จุด

1.3.2 ค่าความสว่าง วัดค่าความสว่างและสีของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color Flex Z2, ญี่ปุ่น) แสดงเป็นค่า L* (ความสว่าง 0 หมายถึง สีดำ และ 100 หมายถึง ขาว) a* (ค่าสีแดง-เขียว +a* หมายถึง สีแดง และ -a* หมายถึง สีเขียว) และ b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน +b* หมายถึงสีเหลือง -b* หมายถึงสีน้ำเงิน) (Li & Lee, 1996)

1.3.3 การศึกษาคุณสมบัติการต้านทานแรงดึง และการต้านทานแรงเจาะ (Tensile and Puncture strength) ค่าต้านทานแรงดึง และค่าต้านทานแรงเจาะ (Ekthamasut & Akesowan, 2001) โดยใช้เครื่อง Texture Analyser (Stable microsystems, TA-XT2, ประเทศอังกฤษ) โดยตัดแผ่นฟิล์มให้มีขนาด 2.5 x 10 เซนติเมตร หัววัด Tensile Grips Rig ส่วนทดสอบการต้านทานแรงเจาะ ตัดแผ่นฟิล์มขนาด 6 x 6 นิ้ว หัววัด HDP/TPB Tortilla/Pastry Burst Rig

1.3.4 การละลายน้ำ (Water solubility) โดยนำแผ่นฟิล์มมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก (W_1) แล้วนำไปละลายในน้ำกลั่น

ปริมาตร 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 (Oh, 2004)

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

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของแผ่นฟิล์ม

a_1 = น้ำหนักของกระดาษกรองก่อนอบ

a_2 = น้ำหนักของกระดาษกรองหลังอบ

1.3.5 ค่าแอคติวิตีของน้ำ (Water activity, a_w) วัดค่าแอคติวิตีของน้ำ (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่า a_w (Aqualab model series 4, Decagon device inc, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

1.3.6 ศึกษาการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังทั้ง 2 สายพันธุ์

ตัดแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ ให้มีขนาด 2 x 5 เซนติเมตร นำมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปฝังลงในดิน ลักษณะเป็นดินร่วน ทำการฝังในกระถังเพาะชำ โดยนำดินบรรจุในถังเพาะชำขนาด 17.5 x 46.5 เซนติเมตร และฝังแผ่นฟิล์มให้มีความลึกประมาณ 8 - 10 เซนติเมตร เป็นเวลา 2 สัปดาห์ วางในที่ร่ม ไม่มีการให้น้ำ และความชื้นเริ่มต้นของดินเท่ากับร้อยละ 21 โดยน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์มทุกสัปดาห์ บันทึกผลการทดลองและคำนวณการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังทั้ง 2 สายพันธุ์โดยมีแผ่นฟิล์มพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (PE) เป็นชุดควบคุม (Tsou, 2014)

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

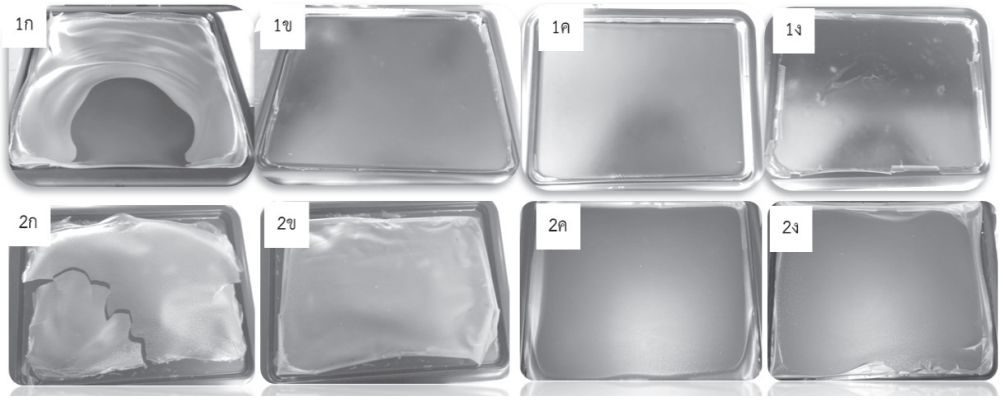
เมื่อ A = น้ำหนักของแผ่นฟิล์มเริ่มต้น (กรัม)

B = น้ำหนักของแผ่นฟิล์มหลังการย่อยสลาย (กรัม)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที ที่มีกลีเซอรอลในอัตราส่วนร้อยละ 0 (รูปที่ 1ก) มีลักษณะเปราะ และแตกหักง่าย ในขณะที่แผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที ที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลร้อยละ 20 (รูปที่ 1ข) มีลักษณะโปร่งใส ผิวเรียบ ค่อนข้างมัน มีความเปราะเล็กน้อย แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที ที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลร้อยละ 30 (รูปที่ 1ค) มีลักษณะโปร่งใส ผิวเรียบ ค่อนข้างมัน สามารถขึ้นรูปได้ดี ส่วนแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที ที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลร้อยละ 40 มี (รูปที่ 1ง) ลักษณะขุ่นเล็กน้อย ผิวไม่ค่อยเรียบ และขาดง่าย ส่วนแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2 ที่มีกลีเซอรอลในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 (รูปที่ 2ก-2ง) มีลักษณะเช่นเดียวกับ

แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที จากการสังเกตเบื้องต้นสรุปได้ว่ากลีเซอรอลมีผลทำให้แผ่นฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นสารประเภท polyol ที่ชอบน้ำ (hydrophilic plasticizer) จึงสามารถเข้าจับกับ hydrophilic sites บนโมเลกุลของแป้งได้ง่าย กลีเซอรอลจะเข้าไปเชื่อมระหว่างโมเลกุลของแป้งกับแป้ง ทำให้แรงระหว่างโมลกุลของแป้งอ่อนตัวลงมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น จึงสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้โดยไม่แข็งจนเปราะ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้ใส่กลีเซอรอลซึ่งมีลักษณะแข็งกรอบ และแตกง่าย



รูปที่ 1 แสดงลักษณะภายนอกแผ่นฟิล์ม (1ก-1ง) แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที ที่มีอัตราส่วน กลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 และ (2ก-2ง) แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2 ที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40

แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2 ที่เตรียมได้มีความหนาอยู่ในช่วง 0.20-0.31 และ 0.20 - 0.30 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยที่ความหนาของแผ่นฟิล์มจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอล (Noiduang et al., 2015) เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L*) ของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2 ที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 14-19 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มมีสีไปโทนสีขาว ค่าแอคติวิตีของน้ำ (a_w) ของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2 อยู่ระหว่าง 0.40 - 0.50 ไม่อยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากจุลินทรีย์จะเติบโตได้ที่ a_w ประมาณ 0.70-0.99 (Veiga, 2007) แสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มแป้งผสมกลีเซอรอลเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ยาก การละลายน้ำของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2 มีค่าสูงขึ้นตามปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ ละลายน้ำได้ดี (Laohakunjit & Noomhorm, 2004) ส่งผลให้ค่าการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2 ที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ (พันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2)

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

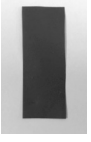
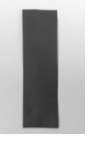
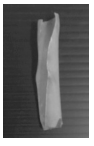
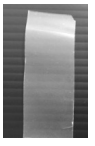
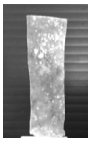
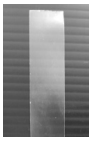
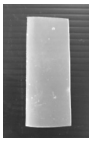
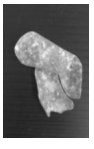
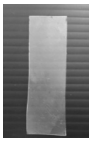
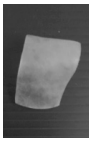
ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่ากลีเซอรอลส่งผลให้แผ่นฟิล์มแป้งอ่อนนุ่มขึ้น จากค่าต้านทานแรงดึง พบว่าแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที มีค่าต้านทานแรงดึงมากกว่าแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2 เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที อาจมีปริมาณอะมิโลสที่มากกว่าส่งผลให้มีค่าต้านทานการดึงสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sierakowski และคณะ, 2004 และเมื่อทำการผสมกลีเซอรอล ร้อยละ 40 ในแผ่นฟิล์มมีค่าการต้านทานแรงดึงขาด (TS) ต่ำที่สุด รองลงมาคือแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 30, 20 และ 0 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น ตามลำดับ พบว่ากลีเซอรอลมีผลทำให้ค่า TS ของฟิล์มแป้งลดลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chillo และคณะ, 2008 ทั้งนี้เนื่องมาจากโมเลกุลกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น จะไปลดความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแป้ง ขัดขวางการเรียงตัวและการจับของสายโซ่ ทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงลดลง (Chillo et al., 2008; Lieberman & Gilbert, 1973) ค่าต้านทานแรงเจาะดังแสดงในตารางที่ 2 แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที ค่าต้านทานแรงเจาะน้อยกว่าแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2 อาจเนื่องมาจากแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที มีฟองอากาศในแผ่นฟิล์มบางจุด ดังแสดงลักษณะของแผ่นฟิล์มในรูปที่1ก-1ง จึงทำให้มีค่าต้านทานแรงเจาะที่น้อยกว่า และเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอล พบว่าค่าต้านทานแรงเจาะลดลงตามลำดับ เนื่องจากผลของกลีเซอรอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำซึ่งอยู่ระหว่างสายโซ่โมเลกุลของแป้ง เป็นการเพิ่ม

ช่องว่างระหว่างโมเลกุล เป็นเหตุให้ความสามารถในการต้านทานแรงเจาะลดลง (Mali et al., 2005) เมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติทางกลของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์กับฟิล์มชนิดอื่น พบว่าฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์มีค่าต่ำกว่าฟิล์ม high amylose corn starch (56.8 N/m^2) (Ryu et al., 2002) และเมื่อเปรียบเทียบฟิล์มจากพลาสติกมีค่าที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพอลิเมอร์ (10-175 N/m^2) (Briston, 1998)

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ (พันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2)

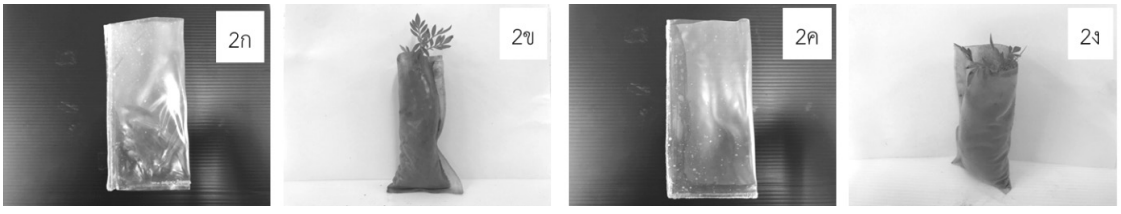
ปริมาณกลีเซอรอล (%)	**ค่าต้านทานแรงดึง (N/mm)**	**ค่าต้านทานแรงเจาะ (N/mm)**
แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที		
0	1.39 ± 0.56	81.40 ± 0.26
20	0.63 ± 0.01	60.85 ± 0.32
30	0.61 ± 0.33	54.11 ± 0.45
40	0.31 ± 0.09	52.31 ± 0.21
แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2		
0	1.86 ± 0.45	71.10 ± 0.06
20	0.49 ± 0.01	66.05 ± 0.30
30	0.39 ± 0.15	63.11 ± 0.75
40	0.30 ± 0.04	62.71 ± 0.41

ตารางที่ 3 การย่อยสลายของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที

ปริมาณกลีเซอรอล (%)	ลักษณะทางกายภาพแป้งมันสำปะหลัง					
	พันธุ์ 5 นาที			พันธุ์ระยอง 2		
	ก่อนการย่อยสลาย	หลังการย่อยสลาย	ร้อยละของการย่อยสลาย	ก่อนการย่อยสลาย	หลังการย่อยสลาย	ร้อยละของการย่อยสลาย
พลาสติกพอลิเอทิลีน (ชุดควบคุม)			0.00			0.00
0			12.82			12.28
20			14.92			29.03
30			55.20			33.82
40			57.94			55.38

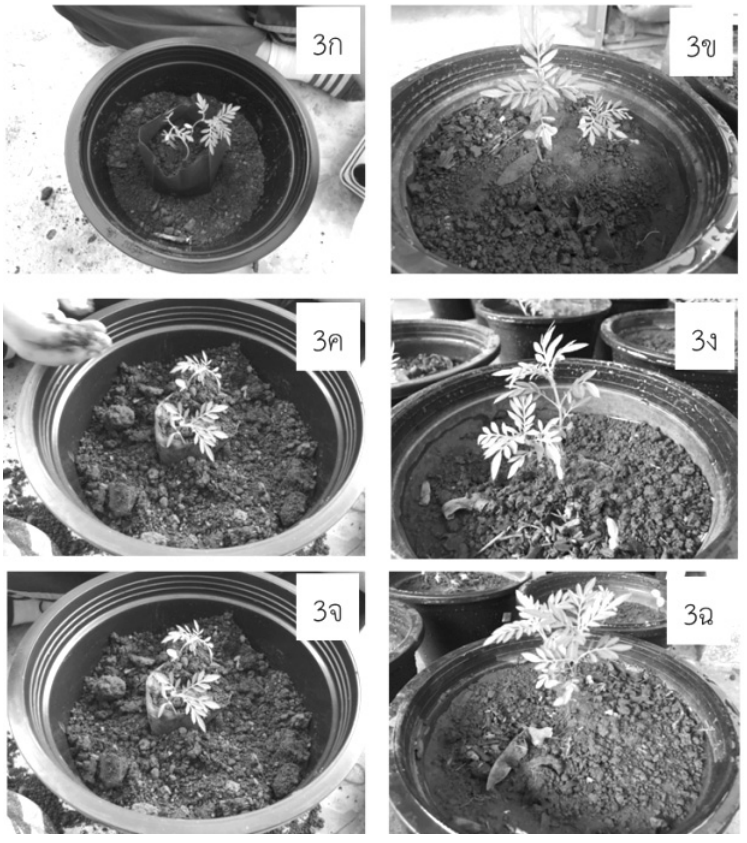
จากตารางที่ 3 ศึกษาการย่อยสลายโดยธรรมชาติของแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที และ พันธุ์ระยอง 2 ตามลำดับ โดยทำการฝังดิน เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ทุก ๆ สัปดาห์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน (ชุดควบคุม) ไม่เกิดการย่อยสลาย ในขณะที่แผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที ที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 มีการย่อยสลายได้ร้อยละ 12.82, 14.92, 55.20 และ 57.94 ตามลำดับ ส่วนแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ระยอง 2 ที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 มีการย่อยสลายได้ร้อยละ 12.28, 29.03, 33.82 และ 55.38 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากแป้งเป็นโมเลกุลชีวภาพจึงย่อยสลายได้ง่าย ประกอบกับกลีเซอรอลที่เป็นส่วนผสมของฟิล์มสามารถละลายน้ำได้ดีจึงช่วยให้แผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ดียิ่งขึ้น

จากผลของการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2 จากที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น แผ่นฟิล์มที่ผสมอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 0 และ 20 แผ่นฟิล์มที่ได้นั้นมีลักษณะเปราะ แตกง่าย ส่วนอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 40 ลักษณะ ผิวไม่ค่อยเรียบและขาดง่าย ซึ่งอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 สามารถขึ้นรูปได้ดี จึงนำมาขึ้นรูปเป็นถุงเพาะชำเพื่อนำไปใช้ในสภาวะการปลูกจริง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงลักษณะถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที (2ก) และพันธุ์ระยอง 2 (2ค) ที่ผสมอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 และถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที (2ข) และพันธุ์ระยอง 2 (2ง) ใส่ดินสำหรับนำไปปลูกจริง

จากรูปที่ 3 นำถุงเพาะชำมาทดลองปลูกพืช พืชที่ใช้ปลูกในงานวิจัยนี้คือดาวเรือง เนื่องจากดาวเรืองเป็นพืชที่เกษตรกรอำเภอโคกสำโรงนิยมปลูกเพื่อสร้างรายได้ โดยแบ่งถุงเพาะชำที่ผสมอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 คือ ถุงเพาะชำพลาสติกพอลิเอทิลีน (ชุดควบคุม) (รูปที่ 3ก) ถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์5นาที (รูปที่3ค) และพันธุ์ระยอง2 (รูปที่3จ) เมื่อปลูกพืชเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที (รูปที่ 3ง) และพันธุ์ระยอง 2 (รูปที่ 3ฉ) พบว่าพืชที่ปลูกโดยใช้ถุงเพาะชำจากแป้งมันสำปะหลังทั้ง 2 สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตที่ดีไม่ต่างกับพืชที่ปลูกด้วยถุงเพาะชำพลาสติกพอลิเอทิลีน อย่างไรก็ตาม แป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตฟิล์มเพื่อผลิตเป็นถุงเพาะชำมากกว่า เนื่องจากพบว่าในขั้นตอนการเตรียมแป้ง มันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที (ปริมาณแป้งร้อยละ 3.7) ได้อัตราส่วนปริมาณแป้งต่อหัวมันดิบมากกว่ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2 ประกอบกับฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที มีค่าร้อยละการย่อยสลายที่สูงกว่าฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2 จากการทดลองดังกล่าวเป็นประโยชน์ให้กับเกษตรกรเนื่องจากการปลูกพืชเพาะชำในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนเกษตรกรจำเป็นต้องดึงต้นกล้าออกจากถุงเพาะชำก่อนนำไปลงในดินและก็ต้องระมัดระวังในการดึงพืชที่จะเพาะออกเพราะถ้าไม่ทำอย่างระมัดระวังรากของพืชอาจจะเกิดการขาดเมื่อนำไปสู่ดิน ต้นไม้จะชะงักการเจริญเติบโตได้ แต่ถ้าใช้ถุงเพาะชำที่ทำมาจากพลาสติกย่อยสลายได้ เกษตรกรไม่ต้องดึงต้นกล้าออกจากถุงเพาะชำให้กลายเป็นปุ๋ยบำรุงพืชได้อีกด้วย



รูปที่ 3 แสดงลักษณะการปลูกพืชจริงของถุงเพาะชำพลาสติกพอลิเอทิลีน (3ก)
ถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ 5 นาที
ที่ผสมอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 (3ค) และพันธุ์ระยอง 2 (3จ)
และลักษณะของการปลูกพืชเมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์
ของถุงเพาะชำพลาสติกพอลิเอทิลีน (3ข) ถุงเพาะชำที่ทำจากแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที
ที่ผสมอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 (3ง) และพันธุ์ระยอง 2 (3ฉ)

สรุป

จากการศึกษาการผลิตฟิล์มย่อยสลายได้จากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ 5 นาที และพันธุ์ระยอง 2 พบว่าการเติมกลีเซอรอลสามารถช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น การละลายน้ำให้กับแผ่นฟิล์ม ส่วนสมบัติทางกล พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลมากขึ้น มีผลทำให้ค่าต้านทานแรงดึงและค่าต้านทานแรงเจาะลดลง จากการศึกษาการย่อยสลาย ของแผ่นฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ และแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ 5 นาที และ พันธุ์ระยอง 2 ที่ผสมกลีเซอรอลร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 มีการย่อยสลายได้ร้อยละ 12 - 57 และร้อยละ 12 - 55 ตามลำดับ ภายใน 2 สัปดาห์ เมื่อนำแผ่นฟิล์มมาขึ้นรูปเป็นถุงเพาะชำ

พบว่าแผ่นฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ ที่ผสมอัตราส่วนกลีเซอรอลร้อยละ 30 สามารถขึ้นรูปถุงเพาะชำได้ดีที่สุด จึงนำไปศึกษาการเพาะปลูกพืชสภาวะจริง พบว่าพืชที่ปลูกโดยใช้ถุงเพาะชำจากแป้งมันสำปะหลัง 2 สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตที่ดีไม่ต่างกับพืชที่ปลูกด้วยถุงเพาะชำพลาสติกพอลิเอทิลีน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ได้อุดหนุนทุนวิจัย มา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

Abdou, E. S. & Sorour, M. A. (2014). Preparation and characterization of starch/carrageenan Edible Films. **International Food Research Journal**. 21(1), 189-193.

Alves, V. D., Mali, S., Bele´ia, A. & Grossmann, M. V. E. (2007). Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch film properties. **Journal of Food Engineering**. 78, 941-946.

Bobbio, F. O., El-Dash, A. A., Bobbio, P. A. & Rodrigues, L. R. (1978). Isolation and characterization of the physiochemical properties of the starch of jackfruit seeds (Artocarpus heterophyllus). **Cereal Chemistry**. 55, 505-511.

Briston, J. H. (1988). **Plastic Films** (3rd ed.), Wiley, New York.

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.

Ekthamasut, K. & Akesowan, A. (2001). Effect of vegetable oils on physical characteristics of edible konjac films. **AU Journal of Technology**. 5, 73-78.

Guilbert, S. (1986). Technology and application of edible film. Food packaging and preservation theory and practice. London. **Elsevier Application Science Publisher**.

Gontard, N., Guillbert, S & Cuq, J. L. (1993). Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapour barrier properties of an edible film. **The Journal of Food Science**. 55(1), 206-211.

Jiménez, A., Fabra, M. J., Talens, P. & Chiralt, Amparo. (2012). Edible and biodegradable starch films: A Review. **Food and Bioprocess Technology**. *5*, 2058-2076.

Laohakunjit, N. & Noomhorm, A. (2004). Effect of plasticizers on mechanical and barrier properties of rice starch film. **Starch/Starke**. 56(8), 348-356.

Li, M. & Lee, T. C. (1996). Effect of cysteine on the functional properties and microstructure of wheat flour extrudates. **Journal of Agricultural and FoodChemistry**. 44, 1871-1880.

Lieberman, E. R. & Gilbert, S. G. (1973). Gas Permeationof collagen films as affected by cross-linkage, moisture, and plasticizer content. **Journal of Polymer Science**. 41, 33-43.

Mali, S., Sakanaka, L. S., Yamashita, F. & Grossmann, M. V. E. (2005). Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. **Carbohydrate Polymers**. 60, 283-289.

Muller, C. M. O., Yamashita, F. & Laurindo, J. B. (2008). Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. **Carbohydrate Polymers**. 72, 82-87.

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.

Oh, J.H., Wang, B., Field, P. D. & Aglan, H. A. (2004). Characteristics of edible films made from dairy protein and zein hydrolysate cross-linked with transglutaminase. **International Journal of Food Science and Technology**. 39, 287-294.

Pena, D.C. & Torres, J.A. (1991). Sorbic acid and potassium sorbate permeability of an edible methylcellulose-palmitic acid films water activity and pH effects. **Journal of Food Science**. 56, 497-499.

Ryu, S. Y., Rhim, J. W., Roh, H. J. & Kim, S. S. (2002). Preparation and physical properties of zein-coated High-amylose corn starch film. **Lebensm-Wiss. U.-Technol**. 35, 680-686.

Sierakowski, M.-R., Freitas, R. A., Paula, R. C., Feitosa, J. P. A. & Rocha, S. (2004). Amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Dioscorea alata*) and cassava (*Manihot utilissima*) starches. **Carbohydrate Polymers**. 55, 3-8.

Tsou, C. H., Suen, M. C. , Yao, W. H., Yeh, J. T., Wu, C. S., Tsou, C. Y., Chiu, S. H., Chen, J. C., Wang, R. Y., Lin, S. M., Hung, W. S., Guzman, M. D., Hu, C. C. & Lee, K. R. (2014). Preparation and characterization of bioplastic-based green renewable composites from tapioca with acetyl tributyl citrate as a plasticizer. **Materials**. 7, 5617-5632.

Veiga, S. P. (2007). Sucrose and inverted sugar as plasticizer effect on cassava starch-gelatin film mechanical properties hydrophilicity and water activity. **Food Chemistry**. 103, 255-262.