การพัฒนาฟิล์มเคลือบบริโภคได้เพื่อปรับปรุงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยตาก

Development of edible films to improve the shelf-life for dried banana

ขวัญดาว มากจีน [1] และ พรดรัล จุลกัลป์ [2*]

Khwandaw Makjeen[1] and Phondaran Chunlakan[2*]

[1]นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2]คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[*]Corresponding author: E-mail: porndarun1975@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มเคลือบบริโภคได้สำหรับผลิตภัณฑ์กล้วยตาก ผลการศึกษาพบว่า สูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มเคลือบกล้วยตากประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้าผสมผงวุ้นร้อยละ 4 กลีเซอรอลร้อยละ 3 และน้ำร้อยละ 93 ตามลำดับ กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตคือ เทแป้งลงไปในน้ำที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส คนตลอดเวลาจนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วเติมผงวุ้น คนให้เข้ากันจนอุณหภูมิถึง 75 องศาเซลเซียส เติมกลีเซอรอล แล้วคนให้เข้ากันจนอุณหภูมิถึง 80 องศาเซลเซียส เทลงแผ่นกระจกขนาด 21 × 31 ตารางเซนติเมตร ที่วางบนแผ่นพลาสติกบนหม้อน้ำเดือด นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง เมื่อนำแผ่นฟิล์มที่ได้ไปวัดค่าคุณภาพพบว่า มีค่าความชื้นร้อยละ 22.79 ปริมาณน้ำอิสระ 0.55 ค่าสี (L* a* b*) 86.18 0.56 1.10 ตามลำดับ แผ่นฟิล์มมีความหนา 0.11 มิลลิเมตร ความสามารถในการต้านแรงดึง 236.72 นิวตัน/เมตร เปอร์เซ็นต์การยืด 60.97 และค่าการซึมผ่านของไอน้ำ 0.034 (g/hr/m^2) ผลการวัดค่าคุณภาพของกล้วยตากธรรมชาติชนิดแบนที่เคลือบด้วยฟิล์มบริโภคได้บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) พบว่า เมื่อเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณความชื้นร้อยละ 20.65 ปริมาณน้ำอิสระ 0.76 และค่าสี (L* a* b*) 25.14 0.07 0.02 ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ในการนำฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้ามาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หลังผ่านกระบวนการแปรรูป

คำสำคัญ : ฟิล์มบริโภคได้ กล้วยตาก แป้งข้าวเจ้า

Abstract

The objective of this research was to develop the optimum formula and process of edible coating films for dried banana. The research found that the optimum formula of this product consisted of mixed rice flour and agar, glycerol and water were 4.0% 3.0% and 93.0% respectively. Edible coating films was prepared by pouring rice flour into the water at 50°C, stirring homogeneous until 60°C, adding agar and stir well until 75°C, adding glycerol and stir well. The mixture was spreaded on a glass 21 × 31 cm with placed on a plastic sheet upper the boiling pot and dried at

50°C for 20 hours. The quality of edible coating films were moisture content 22.79%, aw 0.55, color (L* a* b*) 86.18 0.56 1.10 respectively, thickness 0.11 mm, tensile strength 236.72 N/m, %elongation 60.97 and water vapor transmission rate 0.034 g/hr/m^2. Natural flat dried banana with edible coating films after storage in the aluminum foil bag at room temperature (28±2°C) were moisture content 20.65%, aw 0.76, color (L* a* b*) 25.14 0.07 0.02 respectively. Therefore, there is the possibility of using the edible film from rice flour to extend the shelf life of the products after food processing

Keywords : Edible Film, Dried Banana, Rice Flour

บทนำ

กล้วยตากเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของจังหวัดพิษณุโลก นิยมใช้กล้วยน้ำว้าเนื่องจากมีรสหวานและสามารถทำได้ตลอดทั้งปี แต่กระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ยังประสบปัญหาเนื่องจากแม้ผลิตภัณฑ์จะผ่านกระบวนการแปรรูปมาอย่างดี แต่หากวิธีการและสภาวะการเก็บรักษาไม่เหมาะสมอาจมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงขึ้น ทำให้เกิดการเสื่อมเสียโดยเกิดเชื้อราหรือทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำหรือดำทำให้ผลิตภัณฑ์ต่ำกว่ามาตรฐาน ปัจจุบันเทคโนโลยีการใช้ฟิล์มเคลือบบริโภคได้ถูกนำมาใช้ในอุสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย โดยฟิล์มบริโภคส่วนใหญ่ทำมาจากสารสกัดธรรมชาติจึงมีผลให้ผู้บริโภคยอมรับและรู้สึกปลอดภัยเมื่อบริโภคผลิตภัณฑ์ ฟิล์มที่บริโภคได้ สามารถเตรียมได้จากวัตถุดิบหลายชนิด ได้แก่ ฟิล์มโปรตีน ซึ่งผลิตจากโปรตีนจะมีความแข็งแรง มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ และไอน้ำได้ดี ฟิล์มไขมัน ฟิล์มบริโภคได้ที่ผลิตจากไขมันจะมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี นิยมนำมาใช้เป็นสารเคลือบมากกว่านำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มโดยเฉพาะ ใช้เคลือบผลไม้เพื่อให้เกิดเงาทดแทนไขที่มีอยู่ตามธรรมชาติ และฟิล์มพอลิแซคคาไรด์ ซึ่งถูกนำมาใช้ผลิตฟิล์มหรือสารเคลือบบริโภคได้ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาฟิล์มเคลือบบริโภคได้สำหรับผลิตภัณฑ์กล้วยตากเพื่อช่วยยืดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคยุคใหม่ในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มเคลือบบริโภคได้
2. เพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยตากธรรมชาติเคลือบฟิล์มบริโภคได้

วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กล้วยตากเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผลไม้สุกเป็นภูมิปัญญาของบรรพบุรุษไทยซึ่งสันนิษฐานได้ว่าภูมิปัญญาการทำกล้วยตากเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2470 หรือเมื่อประมาณ 85 ปีที่ผ่านมา จากหลักฐานการก่อตั้งอำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก การแปรรูปกล้วยตากในสมัยโบราณไม่ได้เน้นในเชิงพาณิชย์ แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาต่อยอดและมีการผลิตเพื่อจำหน่ายไปยังพื้นที่ห่างไกลมากขึ้น (สำนักงานส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่นและวิสาหกิจชุมชน กรมการพัฒนาชุมชน, 2558)

ฟิล์มบริโภคได้ (edible film) เป็นวัสดุแผ่นบางที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการบรรจุหรือห่อหุ้มอาหารและสามารถรับประทานพร้อมอาหารได้โดยไม่ต้องทิ้งบรรจุภัณฑ์หรือสามารถปรุงไปพร้อมกับอาหารซึ่งฟิล์มจะกลายเป็นส่วนหนึ่งของอาหารหรือหากไม่บริโภคก็สามารถลอกออกทิ้งซึ่งก็จะสลายได้ง่าย การใช้บรรจุภัณฑ์บริโภคได้มีส่วนช่วยในการลดปริมาณขยะจากบรรจุภัณฑ์และยังมีประโยชน์ในการจัดเก็บอาหาร ชะลอการเสื่อมเสียของอาหาร และชะลอการถ่ายเทสารระหว่างอาหารที่มีสมบัติต่างกัน เช่น ความชื้น ไขมัน และกลิ่น ได้ด้วย อีกด้วย นอกจากนั้นยังพบว่า สมบัติของฟิล์มบริโภคได้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ (โพลีแซคคาไรด์ โปรตีน หรือไขมัน) ซึ่งอาจใช้วัตถุดิบเพียงชนิดเดียวหรือผสมกัน สภาวะในการขึ้นรูปฟิล์ม (การให้ความร้อน, pH, ความเข้มข้น และความหนา) การเติมสารพลาสติไซเซอร์ (plasticizer) (ซอร์บิทอล, กลีเซอรอล และโพลิเอทิลีนไกลคอล) ลงในส่วนผสมอื่นเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของฟิล์มให้มีความยืดหยุ่นพอ ไม่แตกหักระหว่างการนำไปใช้และการเก็บรักษา รวมทั้งการใช้สารช่วยในการเกิดโครงสร้างและสภาพแวดล้อมทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Cuq *et al*., 1996)

ฟิล์มที่บริโภคได้ สามารถเตรียมได้จากวัตถุดิบหลายชนิด (กลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีการเผยแพร่สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555) ได้แก่ ฟิล์มโปรตีน ฟิล์มบริโภคได้ที่ผลิตจากโปรตีนจะมีความแข็งแรง มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ และไอน้ำได้ดี ตัวอย่างของฟิล์มในกลุ่มนี้ได้แก่ ฟิล์มจากโปรตีนข้าวสาลี หรือ กลูเตน ซึ่งพบว่าเป็นฟิล์มที่ไวต่อความชื้นแต่มีความแข็งแรงและกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี ฟิล์มไขมันฟิล์มบริโภคได้ที่ผลิตจากไขมัน มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี นิยมนำมาใช้เป็นสารเคลือบมากกว่านำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มโดยเฉพาะ ใช้เคลือบผลไม้เพื่อให้เกิดเงาทดแทนไขที่มีอยู่ตามธรรมชาติ และพอลิแซคคาไรด์ พอลิแซคคาไรด์หลายชนิดสามารถนำมาใช้ผลิตฟิล์มหรือสารเคลือบบริโภคได้ แต่ธรรมชาติของพอลิเมอร์เหล่านี้ชอบน้ำ จึงไม่เหมาะสำหรับป้องกันการสูญเสียความชื้น จึงสามารถชะลอการสูญเสียความชื้นของอาหารที่มีช่วงอายุการเก็บสั้น

อรัญญา มิ่งเมือง (2552) ได้พัฒนาสูตรสำหรับการผลิตฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าผสมวุ้นและแป้งข้าวเจ้าสกัดผสมวุ้น ผลการศึกษาพบว่า ฟิล์มที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าสกัดมีความสามารถในการต้านทานแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดตัวมากกว่าฟิล์มที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าเล็กน้อย แต่มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มไม่แตกต่างกัน การเติมกรดแอสคอร์บิคมีผลทำให้สีของฟิล์มเข้มขึ้น และทำให้ความสามารถในการต้านทานแรงดึง และเปอร์เซ็นต์การยืดตัวลดลง แต่ไม่มีผลต่ออัตราการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม ผลจากการใช้ฟิล์มที่เติมกรดแอสคอร์บิคปริมาณร้อยละ 0.5 เคลือบเม็ดมะม่วงหิมพานต์จะสามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ นอกจากนั้นหากใช้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 จะสามารถทำให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีขึ้นตามลำดับ

อภิตา บุญศิริ และคณะ (2551) ได้ศึกษาผลของการใช้ฟิล์มบริโภคได้จากเจลลาตินผสมไคโตซานเคลือบเนื้อส้มโอก่อนเก็บรักษาไว้ที่ 5 องศาองศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 $\pm$ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 21 วัน ผลการศึกษาพบว่า เนื้อส้มโอที่เคลือบด้วยฟิล์มบริโภคมีแนวโน้มว่าสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ การเคลือบฟิล์มยังมีผลให้ทำให้อัตราการหายใจ อัตราการผลิตเทลีน การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ปริมานของแข็งละลายน้ำได้ และปริมาณกรด ไม่แตกต่างจากจากเดิม นอกจากนั้นยังไม่ทำให้เกิดกลิ่นและรสธรรมชาติผิดไปจากเดิมและเป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มเคลือบบริโภคได้

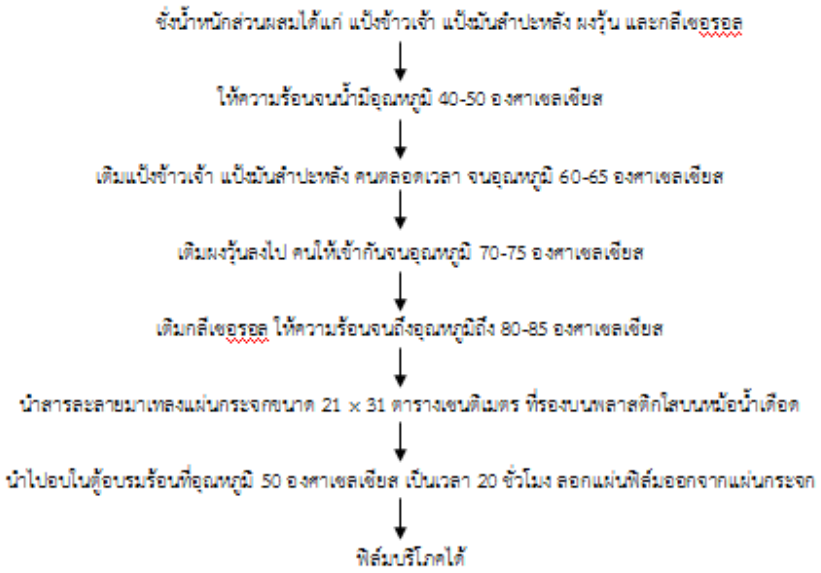
การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มเคลือบบริโภคได้ ดัดแปลงจากกรรมวิธีของอรัญญา มิ่งเมือง (2552) โดยจัดการทดลองแบบ Factorial in CRD เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการขึ้นรูปของแผ่นฟิล์มและคุณภาพของแผ่นฟิล์ม ซึ่งมีปัจจัยในการศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของแป้ง จะทำการศึกษา 2 ระดับ คือ แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง และปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณกลีเซอรอล ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารพลาสติไซเซอร์ จะทำการศึกษา 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1 2 และ 3 สิ่งทดลองทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 1 และกรรมวิธีการผลิตแผ่นฟิล์มเคลือบบริโภคได้ แสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 สิ่งทดลองจากการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD สำหรับ 2 ปัจจัยในพัฒนาสูตรแผ่นฟิล์มเคลือบบริโภคได้

ประเภทแป้ง	สูตรที่	ปริมาณส่วนผสม (กรัม/สารละลายฟิล์ม 100 กรัม)		
		แป้ง+วุ้น	กลีเซอรอล	น้ำ
แป้งข้าวเจ้า	1	3	1	96
	2	3	2	95
	3	3	3	94
	4	4	1	95
	5	4	2	94
	6	4	3	93
แป้งมันสำปะหลัง	7	3	1	96
	8	3	2	95
	9	3	3	94
	10	4	1	95
	11	4	2	94
	12	4	3	93

หมายเหตุ : ใช้อัตราส่วนของแป้งผสมวุ้นเป็น 1:1 ตลอดการทดลอง

ที่มา : ดัดแปลงจากกรรมวิธีของอรัญญา มิ่งเมือง (2552)



ภาพที่ 1 กรรมวิธีการผลิตฟิล์มเคลือบบริโภคได้
ที่มา: ดัดแปลงจากกรรมวิธีของอรัญญา มิ่งเมือง (2552)

นำแผ่นฟิล์มเคลือบบริโภคได้ มาวัดค่าคุณภาพ ได้แก่
- ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) (A.O.A.C., 2005)
- ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ด้วยเครื่อง Pre AquaLab (รุ่น AquaLab, สหรัฐอเมริกา)
- ความหนา ด้วยเครื่อง Micrometer (รุ่น Winton® บริษัทแกมมาโก้, ประเทศไทย จำกัด)
- ความต้านทานแรงดึง ด้วยเครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส Texture analyzer (รุ่น TA.XT. plus, ประเทศอังกฤษ) (อรัญญา มิ่งเมือง 2552)
- อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate) ใช้ Gravimetric Technique แบบ Desiccant method (อรัญญา มิ่งเมือง, 2552)

นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD เพื่อคัดเลือกสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มเคลือบบริโภคได้

2. การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยตากธรรมชาติเคลือบฟิล์มบริโภคได้

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยตากธรรมชาติเคลือบฟิล์มบริโภคได้ จะทำการศึกษาโดยนำฟิล์มเคลือบบริโภคได้ที่คัดเลือกจากข้อ 1. ไปเคลือบกล้วยตากธรรมชาติชนิดแบน โดยการนำกล้วยตากจุ่มลงในส่วนผสมของฟิล์มแล้วยกขึ้น นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง นำกล้วยตากที่

เคลือบฟิล์มบริโภคได้บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ 1 ชิ้นต่อถุง ปิดผนึก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) นำไปวัดค่าคุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2005) ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสี ทุกๆ สัปดาห์เป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มเคลือบบริโภคได้

ผลการศึกษาสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มบริโภคได้จากปัจจัยที่ทำการศึกษา 2 ปัจจัยคือ ชนิดของแป้ง (แป้งข้าวเจ้า และแป้งสาลี) และปริมาณกลีเซอรอล (ร้อยละ 1 2 และ 3) พบว่า ชนิดของแป้งและปริมาณกลีเซอรอลมีผลต่อความสามารถในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสามารถในการขึ้นรูปของแผ่นฟิล์มเคลือบบริโภคได้

ประเภทแป้ง	สูตรที่	ความสามารถในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม
แป้งข้าวเจ้า	1	ขึ้นรูปได้
	2	ขึ้นรูปได้
	3	ขึ้นรูปได้
	4	ขึ้นรูปได้
	5	ขึ้นรูปได้
	6	ขึ้นรูปได้
แป้งมันสำปะหลัง	7	ไม่สามารถขึ้นรูปฟิล์ม
	8	ไม่สามารถขึ้นรูปฟิล์ม
	9	ไม่สามารถขึ้นรูปฟิล์ม
	10	ไม่สามารถขึ้นรูปฟิล์ม
	11	ขึ้นรูปได้
	12	ขึ้นรูปได้

จากตารางที่ 2 พบว่า ฟิล์มเคลือบบริโภคได้ที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ในทุกการทดลอง ในขณะที่การทดลองที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมีเพียง 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 11 และ 12 (ใช้แป้งมันสำปะหลังต่อวุ้นในอัตรา 2: 2 และกลีเซอรอล ร้อยละ 2 และ 3 ตามลำดับ) ที่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ ดังนั้นจึงนำแผ่นฟิล์มจากสูตรที่สามารถขึ้นรูปได้มาวัดค่าคุณภาพ ผลการประเมินคุณภาพของฟิล์มเคลือบบริโภคได้ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพของฟิล์มเคลือบบริโภคได้ที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง

การทดลอง	ชนิดแป้ง	ค่าสี [ns]			ความหนา (มม.)	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ความชื้น (ร้อยละ)
		L*	a*	b*			
1	ข้าวเจ้า	85.29±2.12	0.52±0.05	1.11±1.33	0.07±0.03^{b}	0.75±0.07^{a}	28.14±0.60^{a}
2	ข้าวเจ้า	85.27±0.59	0.51±0.59	1.14±1.29	0.08±0.04^{b}	0.69±0.08^{b}	25.17±0.65^{b}
3	ข้าวเจ้า	85.26±0.45	0.55±0.65	1.16±1.15	0.07±0.04^{b}	0.65±0.05^{bc}	24.27±0.87^{bc}
4	ข้าวเจ้า	85.50±0.00	0.53±0.03	1.10±0.02	0.10±0.03^{a}	0.63±0.03^{c}	23.76±0.89^{c}
5	ข้าวเจ้า	85.53±0.01	0.51±0.04	1.10±0.03	0.11±0.02^{a}	0.61±0.02^{c}	23.35±0.66^{c}
6	ข้าวเจ้า	85.68±0.01	0.54±0.03	1.10±0.02	0.11±0.04^{a}	0.55±0.08^{d}	22.79±0.83^{d}
7	มันสำปะหลัง	86.18±0.01	0.56±0.03	1.10±0.01	0.05±0.02^{c}	0.60±0.04^{c}	22.94±0.88^{d}
8	มันสำปะหลัง	86.19±0.00	0.51±0.07	1.08±0.01	0.04±0.03^{c}	0.61±0.03^{c}	22.16±0.72^{d}

หมายเหตุ [a-d] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
[ns] ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 3 พบว่า ชนิดของแป้งและปริมาณกลีเซอรอลไม่มีผลต่อค่าสีของแผ่นฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยแผ่นฟิล์มที่ได้จะมีลักษณะค่อนข้างใสเมื่อมองด้วยตาเปล่า มีสีขาวขุ่นเล็กน้อย แต่จะมีผลต่อปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และความหนาของแผ่นฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระจะลดลงเมื่อแผ่นฟิล์มมีปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นซึ่งผลการศึกษาเป็นไปในลักษณะเดียวกันทั้งแผ่นฟิล์มที่ใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง แต่หากพิจารณาชนิดของแป้งพบว่า ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของแผ่นฟิล์มที่ใช้ปริมาณแป้งที่สัดส่วนเดียวกันแผ่นฟิล์มที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าจะมีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระมากกว่า ชนิดของแป้งจะมีผลต่อความหนาของแผ่นฟิล์มโดยแผ่นฟิล์มที่ใช้แป้งข้าวเจ้าจะวัดค่าความหนาได้มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แป้งมันสำปะหลัง ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มเคลือบบริโภคได้จึงประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้าผสมผงวุ้นร้อยละ 4 กลีเซอรอลร้อยละ 3 น้ำร้อยละ 93 การเตรียมฟิล์มเคลือบบริโภคได้สามารถทำได้โดย นำส่วนผสมเทในน้ำที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส คนตลอดเวลาจนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เติมผงวุ้น คนให้เข้ากันจนอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติมกลีเซอรอล คนตลอดเวลาจนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นำสารละลายมาเทลงมาเทลงบนแผ่นกระจกขนาด 21×30 ตารางเซนติเมตร ที่รองไว้บนแผ่นพลาสติกใสอยู่บนหม้อน้ำเดือด นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง โดยค่าคุณภาพของฟิล์มเคลือบบริโภคได้ที่คัดเลือกแสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพของฟิล์มเคลือบบริโภคได้ที่ได้จากการคัดเลือกสูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสม

คุณภาพ	ค่าที่วัดได้
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	22.79±0.86
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.55±0.08
ค่าสี	
L*	86.18±0.01
a*	0.56±0.03
b*	1.10±0.01
ความหนา (มม.)	0.11±0.04
ความต้านทานแรงดึง (N/m)	236.72±2.54
การยืดตัว (%)	60.97±1.54
อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (g/hr/m^2)	0.034±0.31

2. การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยตากธรรมชาติเคลือบฟิล์มบริโภคได้

ผลการศึกษาการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยตากธรรมชาติชนิดแบนเคลือบด้วยฟิล์มบริโภคได้จากสูตรที่คัดเลือก แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณภาพของกล้วยตากธรรมชาติชนิดแบนเคลือบฟิล์มบริโภคได้ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0-4 สัปดาห์

ค่าคุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
ความชื้น (ร้อยละ)	16.53±0.65^{e} (17.75±0.75)	17.56±0.61^{d} (19.53±0.95)	18.85±0.03^{c} (21.09±0.98)	19.95±0.65^{b} (29.53±0.64)	20.65±0.71^{a} (34.14±0.86)
ปริมาณน้ำอิสระ	0.61±0.01^{c} (0.69±0.04)	0.62±0.01^{c} (0.73±0.05)	0.65±0.03^{b} (0.76±0.10)	0.66±0.03^{b} (0.82±0.25)	0.76±0.23^{a} (0.87±0.22)
ค่าสี					
L*	25.63±0.01^{a} (26.23±0.67)	25.57±0.08^{a} (26.16±0.24)	25.57±0.01^{a} (25.90±0.55)	25.25±0.08^{b} (25.82±0.49)	25.14±0.56^{b} (25.43±0.67)
a*	0.05±0.03^{c} (0.05±0.12)	0.05±0.03^{c} (0.05±0.15)	0.06±0.07^{b} (0.08±0.14)	0.06±0.01^{b} (1.12±0.05)	0.07±0.07^{a} (2.53±0.06)
b*	0.06±0.01^{a} (0.06±0.05)	0.06±0.04^{a} (0.06±0.04)	0.04±0.03^{b} (0.04±0.12)	0.04±0.02^{b} (-0.02±0.09)	0.02±0.03^{c} (-0.10±0.16)

หมายเหตุ $^{a-e}$ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ตัวเลขที่แสดงในวงเล็บ ( ) คือ ค่าคุณภาพของตัวอย่างกล้วยตากธรรมชาติที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม

บริโภคได้และไม่ได้เปรียบเทียบทางสถิติ

จากตารางที่ 5 พบว่า ฟิล์มเคลือบบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้ามีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะมีผลให้ผลิตภัณฑ์กล้วยตากธรรมชาติชนิดแบนเคลือบฟิล์มบริโภคได้มีค่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มขึ้นจะชัดเจนมากขึ้นหากเก็บรักษานานตั้งแต่ 3 สัปดาห์ ขึ้นไป และเมื่อพิจารณาค่าคุณภาพด้านสีพบว่า เมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะมีผลให้ค่าความสว่าง (lightness, L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (yellowness, b*) ของกล้วยตากธรรมชาติชนิดแบนเคลือบฟิล์มบริโภคได้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตรงกันข้ามกับค่าความเป็นสีแดง (redness, a*) จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นั่นแสดงให้เห็นว่า เมื่อเวลาอายุการเก็บรักษานานขึ้นจะมีผลให้กล้วยตากธรรมชาติเคลือบฟิล์มบริโภคได้มีสีเข้มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยตากที่เก็บรักษาที่วันที่ 0 กล้วยตากธรรมชาติชนิดแบนเคลือบฟิล์มบริโภคได้เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 4 สัปดาห์ จะมีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าสี (L* a* b*) คือ ร้อยละ 20.65 0.76 25.14 0.07 และ 0.02 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่าคุณภาพของกล้วยตากธรรมชาติที่เคลือบฟิล์มบริโภคได้กับกล้วยตากธรรมชาติที่ไม่เคลือบฟิล์มบริโภคได้พบว่า กล้วยตากธรรมชาติที่เคลือบฟิล์มบริโภคได้มีค่าคุณภาพทุกด้านดีกว่ากล้วยตากธรรมชาติที่ไม่เคลือบฟิล์มบริโภค

สรุปและวิจารณ์ผล

ชนิดของแป้งและปริมาณกลีเซอรอลมีผลต่อความสามารถในการขึ้นรูปของแผ่นฟิล์ม โดยแป้งข้าวเจ้าสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ทุกสูตร ตรงกันข้ามกับการใช้แป้งมันสำปะหลังซึ่งพบว่า มีเพียงสูตรที่แป้งมันสำปะหลังต่อวุ้นในอัตรา 2: 2 และกลีเซอรอลร้อยละ 2 และ 3 เท่านั้น ที่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ ทั้งนี้เนื่องจากส่วนผสมที่ได้มีปริมาณของแข็ง (แป้งและผงวุ้น) มากพอเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำ จึงทำให้สามารถเทลงบนแผ่นกระจกและขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ฟิล์มเคลือบบริโภคได้ที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้ามีความสามารถในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ดีกว่าแป้งมันสำปะหลัง และปริมาณกลีเซอรอลไม่มีผลต่อความสามารถในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มแต่มีผลต่อคุณภาพของแผ่นฟิล์ม ดังนั้นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์มเคลือบบริโภคได้จึงประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้าผสมผงวุ้นร้อยละ 4 และกลีเซอรอลร้อยละ 3 โดยกรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตทำได้โดยนำส่วนผสมเทลงในน้ำ คนตลอดเวลาจนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เติมผงวุ้น คนให้ส่วนผสมเข้ากันจนมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติมกลีเซอรอล จนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นำสารละลายมาเทลงมาเทลงบนแผ่นกระจกที่รองไว้บนแผ่นพลาสติกใสอยู่บนหม้อน้ำเดือดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง แผ่นฟิล์มที่ได้มีค่าคุณภาพคือ มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุด ซึ่งจะเป็นผลดีสำหรับการใช้ประโยชน์ในขั้นตอนถัดไป การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยตากธรรมชาติชนิดแบนเคลือบฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าสูตรที่คัดเลือกเมื่อเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้น ในขณะที่คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์จะมีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองลดลง แต่มีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น และมีค่าคุณภาพทุกด้านดีกว่ากล้วยตากธรรมชาติที่ไม่เคลือบฟิล์มบริโภคได้ ผลการศึกษาที่ได้จึงแสดงให้เห็นว่า สามารถนำฟิล์มเคลือบบริโภคได้ที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้ามาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยตากหลังผ่านกระบวนการแปรรูปได้ โดยผลิตภัณฑ์จะมีค่าคุณภาพดีกว่าเมื่อ

เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ทำการเคลือบด้วยฟิล์มบริโภคได้ นอกจากนั้นผลการวิจัยจะเป็นแนวทางการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปอื่นๆ ได้ต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการประเมินความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค
2. ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับชนิดของบรรจุภัณฑ์และเทคโนโลยีการบรรจุเพราะอาจทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอกราบขอบพระคุณโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มพัฒนาเทคโนโลยีการเผยแพร่สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีกรมส่งเสริมการเกษตร. 2555. ฟิล์มและสารเคลือบทางเลือกของบรรจุภัณฑ์ผักและผลไม้. (ออนไลน์) แหล่งที่มา: www.actech.agritech.doae.go.th. สืบค้นเมื่อ วันที่ 17 พฤศจิกายน 2558

สำนักงานส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่นและวิสาหกิจชุมชน กรมการพัฒนาชุมชน. 2558. กล้วยตาก. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: www.otoptoday.com. กล้วยตากพิษณุโลก. สืบค้นเมื่อ วันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

อภิตา บุญศิริ. 2551. ฟิล์มเคลือบบริโภคได้จากไคโตซานและเจลาตินสำหรับรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บ รักษาส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งแปรรูปพร้อมบริโภค. แหล่งที่มา: www.research.trf.or.th. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน 2558

อรัญญา มิ่งเมือง. 2552. กรรมวิธีในการผลิตฟิล์ม. แหล่งที่มา : www.ir.swu.ac.th. สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 พฤศจิกายน 2558

อรัญญา มิ่งเมือง. 2552. ผลของการเติมกรดแอสคอร์บิคต่อคุณภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าสกัด. แหล่งที่มา : www.ir.swu.ac.t. สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 พฤศจิกายน 2558

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official Method of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. 18 th (ed.), The Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. Gaithersburg, MD, USA.

Cuq, B., Gontard, N., Cuq, J. and Guilbert, S. 1996. Functional properties of myofibrillar proteinbased biopackaging as affected by film thickness. J Food Sci. 61(3): 580-584.