



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (PROCEEDING)
การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ
“ราชภัฏวิจัยครั้งที่ 5”

PBRU



DECEMBER 2-5, 2018

RUNIRAC V

Phetchaburi Rajabhat University

สหวิทยาการกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อขับเคลื่อน
งานวิจัยฐานรากสู่สากลในศตวรรษที่ ๒๑

วันที่ ๑ – ๕ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๑

ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Address : 38 Moo 8, Tambon Nawung, Amphoe Mueang, Phetchaburi 76000

E-mail : research@mail.pbru.ac.th

Tel : 032-708-608 , 032-493-277

Fax : 032-708-608 , 032-493-277



RUNIRAC V

December 2-5, 2018 PERU
Phetchaburi Rajabhat University



การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ และระดับชาติ
ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 5

วันที่ 2-5 ธันวาคม พ.ศ. 2561
ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



การผลิตกล้วยไข่อบกรอบด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท

The Production of Crispy Dainty Banana (Kluay Khai) By Foam-Mat Drying Process

วิไลรักษ์ นิลมณี¹ และบุญยกฤต รัตนพันธุ์²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
โทรศัพท์ 0940150915 อีเมล yingkob_38@hotmail.com

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
โทรศัพท์ 0864404514 อีเมล boonyakrit.kpru@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณของสารก่อโฟม (methocel) ในการผลิตกล้วยไข่อบกรอบที่ความเข้มข้น 1% 3% และ 5% (w/w) ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด พบว่า การใช้สารก่อโฟม 3% มีค่า overrun ของโฟมสูงสุด และมีความหนาแน่นต่ำที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณความชื้น และ a_w ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อใช้ปริมาณสารก่อโฟม 1% กล้วยไข่อบกรอบมีค่าความแข็งและความเปราะของเนื้อสัมผัสต่ำที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนผลทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของการใช้สารก่อโฟม 1% สูงสุด และศึกษาชนิดของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่กล้วยไข่เพื่อลดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในการผลิตกล้วยไข่อบกรอบ 3 ชนิด คือ 0.05% โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์, 2% โซเดียมคลอไรด์ ร่วมกับ 0.1% กรดซิตริก, 5% โซเดียมคลอไรด์ และไม่แช่สารละลาย พบว่า สีกกล้วยไข่อบกรอบที่ผ่านการแช่สารละลายชนิดต่างๆ แตกต่างกับกล้วยไข่ที่ไม่ผ่านการแช่ ส่วนเนื้อสัมผัสกล้วยไข่อบกรอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: กล้วยไข่, สารก่อโฟม, การทำแห้งแบบโฟม-แมท, ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

Abstract

This research aims to study the amount of foam formation (methocel) in production of crispy bananas. The concentrations of foaming agent substance were 1% 3% and 5% (w/w) of total ingredients. The utilization of methocel 3% foam agent had the highest foam density and lowest overrun. The difference was statistically significant ($p < 0.05$). There were no statistically significant differences ($p > 0.05$) in moisture content and water activity among crispy banana samples. It was found that the samples with 1% methocel had the lowest hardness and fracturability was statistically significant ($p < 0.05$). The panelists gave the highest sensory score using a 9-point hedonic scale method for crispy bananas made the texture from 1% methocel.

The bananas were soaked by 0.05% potassium metabisulfite, 2% sodium chloride with 0.1% citric acid, 5% sodium chloride and none soaking the solutions as a control. It was found that the color of crispy bananas soaked in all solutions was different from bananas which were not soaked in solutions. The results revealed that there was no statistically significant ($p > 0.05$) difference in texture of crispy bananas in each solution. The sensory evaluation using a 9-point hedonic scale method results revealed that there was no statistical difference among sensory attributes ($p > 0.05$).

Keyword: bananas (Kluay Khai), foaming agent, foam-mat drying, browning reaction

1. ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

กล้วยไข่ เป็นผลไม้ประจำจังหวัดกำแพงเพชรและนิยมปลูกกันเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นผลไม้เศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งถือว่าเป็นกล้วยที่ผู้บริโภคนิยมรับประทาน ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ผลสุกนั้นจะมีลักษณะเนื้อแน่น รสชาติหวาน เปลือกบาง และมีกลิ่นหอม นอกจากนี้กล้วยไข่ยังเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จัดเป็นผลไม้ที่มีไขมันต่ำ ย่อยง่าย จึงช่วยลดอาการท้องผูกได้ดี และมีปริมาณเบต้าแคโรทีน (β -carotene) สูง ซึ่งจะช่วยชะลอริ้วรอยต่างๆ รวมไปถึงความเสื่อมของเซลล์ ที่สำคัญยังมีฤทธิ์ป้องกันการเกิดเซลล์มะเร็งและยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ (อยู่ดี กินดี, 2561) นอกจากนี้กล้วยไข่ มีดัชนีน้ำตาลต่ำจึงเหมาะกับผู้เป็นโรคเบาหวาน และผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก (สุภาพรธรรม, 2557) จากคุณประโยชน์ของกล้วยไข่ที่มากมาย ทำให้ผู้บริโภคนิยมบริโภคทั้งในรูปแบบของกล้วยไข่สุก และผลิตภัณฑ์กล้วยไข่ที่ผ่านการแปรรูป เช่น กล้วยเชื่อม กล้วยกวน กล้วยตาก และข้าวเม่าทอด เป็นต้น แต่การนำกล้วยไข่มาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยวนั้นยังไม่พบตามท้องตลาด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการแปรรูปกล้วยไข่เป็นผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ ที่ดีต่อสุขภาพเหมาะสำหรับผู้บริโภคทุกเพศ ทุกวัยโดยกระบวนการผลิตกล้วยไข่อบกรอบนั้นใช้กระบวนการทำแห้งแบบโฟม-แมท ซึ่งเป็นวิธีการทำแห้งโดยใช้หลักการทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดเป็นโฟม อีกทั้งวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท ยังใช้อุณหภูมิต่ำสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลได้ และใช้ความร้อนจากลมร้อนเป็นตัวระเหยความชื้นที่แทรกอยู่บนโฟมออกไป โดยโฟมจะช่วยเร่งให้ความชื้นสามารถระเหยออกไปได้อย่างรวดเร็วจึงใช้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นมาก มีผลทำให้สารให้กลิ่นและคุณค่าต่างๆ ที่ระเหยได้ง่ายยังคงเหลืออยู่มาก แต่ปริมาณสารก่อโฟมจะมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของโฟมและค่า overrun เมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะมีค่าความหนาแน่นของโฟมต่ำ โดยโฟมที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีฟิล์มที่มีความสามารถอุ้มอากาศไว้ได้มาก ทำให้ปริมาณการแยกตัวของของเหลวต่ำ โฟมจึงมีความคงตัวสูงและมีค่า overrun สูง ถ้าหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปก็จะทำให้ความหนาแน่นของโฟมเพิ่มขึ้น โฟมจะมีค่า overrun ลดลงและความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารผสมมีความหนืดเพิ่มขึ้นจึงเกิดการขัดขวางการกักเก็บอากาศ โดยทั่วไปสารก่อโฟมจะใช้ methocel เพราะมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ในน้ำเย็น ไม่ละลายในน้ำร้อน และได้การยอมรับจาก Food and Drug Administration (FDA) Generally Recognized as Safe (GRAS) และ United States Pharmacopeia (USP) จึงสามารถนำมาใช้กับอาหารได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ไอศกรีม ผลิตภัณฑ์น้ำตาลสด ครีมสำหรับหยอดหน้าอาหาร และอาหารแช่แข็ง (ดรุณี, 2550) แต่การใช้ในวัตถุดิบแต่ละชนิดที่แตกต่างกันทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่าควรใช้ปริมาณเท่าใด ดังนั้นการใช้กล้วยไข่เป็นวัตถุดิบในการผลิตจึงจำเป็นต้องหาปริมาณการใช้สารที่ก่อโฟมที่เหมาะสม นอกจากนี้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของกล้วยไข่อบกรอบก็เป็นอีกปัญหาหนึ่ง ซึ่งเกิดเนื่องจากการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ มีสาเหตุมาจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) โดยการเกิดสีน้ำตาลนี้จะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการปอกเปลือกและการตีโฟมก่อนนำมาแปรรูป

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษาระดับปริมาณของสารก่อโฟมและชนิดของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่กล้วยไข่เพื่อลดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในการผลิตกล้วยไข่อบกรอบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสที่ดี เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาปริมาณของสารก่อโฟม (methocel) ที่เหมาะสมในการผลิตกล้วยไข่อบกรอบ

2.2 เพื่อศึกษาชนิดของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่กล้วยไข่เพื่อลดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในการผลิตกล้วยไข่อบกรอบ

3. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปริมาณของสารก่อโฟมที่เหมาะสมและชนิดของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่กล้วยไข่เพื่อลดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในการผลิตกล้วยไข่อบกรอบ โดยใช้กล้วยไข่จากตลาดมอกล้วยไข่ จังหวัดกำแพงเพชร มีตัวแปรที่ศึกษาดังนี้

3.1 ตัวแปรต้น คือ ปริมาณสารก่อโหม 3 ความเข้มข้น ดังนี้ 1% 3% และ 5% (w/w) ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด และชนิดของสารละลายที่แช่กล้วยไข่ 3 ชนิด คือ 0.05% โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์, 2% โซเดียมคลอไรด์ ร่วมกับ 0.1% กรดซิตริก, 5% โซเดียมคลอไรด์ และไม่แช่สารละลาย (ตัวอย่างควบคุม)

3.2 ตัวแปรตาม คือ ความหนาแน่นของโหม %overrun ของโหม ค่าสี L^* (ความสว่าง) a^* (สีแดง) b^* (สีเหลือง) ค่าเนื้อสัมผัส วัดค่าความแข็ง (hardness) และความเปราะ (fracturability) ปริมาณความชื้น ค่า a_w และการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.3 ตัวแปรควบคุม คือ กล้วยไข่ที่มีระยะการสุกตามดัชนีสีเปลือกระยะที่ 6 ขนาดของพิมพ์วงกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร ความเร็วที่ใช้ปั่นตีโหมระดับเบอร์ 1 เป็นเวลา 2 นาที ระยะเวลาที่แช่กล้วยไข่ในสารละลายเป็นเวลา 15 นาที และอุณหภูมิอบแห้ง 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 ชั่วโมง

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาปริมาณของสารก่อโหมที่เหมาะสมในการผลิตกล้วยไข่อบกรอบ

นำกล้วยไข่ที่มีระยะการสุกตามดัชนีสีเปลือกระยะที่ 6 ตามการแบ่งระยะการสุกของเบญจมาศ (2558) มาปอกเปลือก แล้วหั่นเม็ดด้านในออกเอาเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อกล้วยไข่ นำกล้วยไข่ที่ได้มาปั่นด้วยเครื่องปั่นยี่ห้อ Philips (รุ่น HR2000/2001/2004) เติมสารก่อโหม โดยแปรปริมาณสารที่ก่อโหมเป็น 1% 3% และ 5% (w/w) ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด ทำการปั่นด้วยความเร็วระดับเบอร์ 1 เป็นเวลา 2 นาที นำโหมกล้วยไข่ที่ได้มาทำการตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นของโหม (Akintoye and Oguntunde, 1991) และ %overrun ของโหม (Karim and Wai, 1999) นำกล้วยไข่ที่ผ่านการตีโหมที่ใช้ปริมาณสารก่อโหมที่แตกต่างกัน เถลวงพิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร นำไปอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 ชั่วโมง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบที่ได้ไปตรวจคุณภาพได้แก่ 1. ค่าสี L^* (ความสว่าง) a^* (สีแดง) และ b^* (สีเหลือง) ด้วยเครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น color flex, U.S.A. 2. ค่าเนื้อสัมผัส วัดค่า ความแข็ง (hardness) และความเปราะ (fracturability) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Brookfield รุ่น CT3 10K, U.S.A. โดยใช้หัววัดขนาด 4 มิลลิเมตร รหัส TA44 ทดสอบแรงกด โดยกดที่บริเวณกึ่งกลางของชิ้นกล้วยไข่อบกรอบ 3. ปริมาณความชื้น (AOAC, 1995) 4. ค่า a_w ด้วยเครื่องวัด a_w ยี่ห้อ Aqua Lab รุ่น 3 TE, U.S.A. และทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ จากผู้ทดสอบชิม จำนวน 25 คน เพศ ชาย จำนวน 10 คน และเพศหญิง จำนวน 15 คน อายุระหว่าง 18-23 ปี ทำการประเมินและทดสอบ โดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale

ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ความหนาแน่นของโหม %overrun ของโหม ค่าสี ค่าเนื้อสัมผัส ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2 ศึกษาชนิดของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่กล้วยไข่เพื่อลดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในการผลิตกล้วยไข่อบกรอบ

นำกล้วยไข่ที่มีระยะการสุกตามดัชนีสีเปลือกระยะที่ 6 ตามการแบ่งระยะการสุกของเบญจมาศ (2558) มาปอกเปลือก แล้วหั่นเม็ดด้านในออก เอาเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อกล้วยไข่ แช่ในสารละลาย ซึ่งแปรชนิดของสารละลาย 0.05% โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (ธนัท, 2546), 2% โซเดียมคลอไรด์ ร่วมกับ 0.1% กรดซิตริก (ดรณี, 2550), 5% โซเดียมคลอไรด์ (สุริยา, 2551) และไม่แช่สารละลาย (ตัวอย่างควบคุม) อัตราส่วนของเนื้อกล้วยไข่ต่อสารละลาย เท่ากับ 1:2 แช่เนื้อกล้วยไข่ในสารละลายเป็นเวลา 15 นาที นำกล้วยไข่ที่ได้มาปั่นด้วยเครื่องปั่นยี่ห้อ Philips (รุ่น HR2000/2001/2004) แล้วค่อยๆ เติมสารก่อโหมที่เหมาะสมลงไป (ได้จากการทดลองในข้อ 4.1) ทำการปั่นตีโหมด้วยความเร็วระดับเบอร์ 1 เป็นเวลา 2 นาที นำกล้วยไข่ที่ผ่านการตีโหม เถลวงพิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร นำไปอบในเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 ชั่วโมง นำผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบที่ได้ไปตรวจคุณภาพได้แก่ 1. ค่าสี L^* (ความสว่าง) a^* (สีแดง) และ b^* (สีเหลือง)

ด้วยเครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น color flex, U.S.A. 2. ค่าเนื้อสัมผัส วัดค่าความแข็ง (hardness) และความเปราะ (fracturability) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Brookfield รุ่น CT3 10K, U.S.A. โดยใช้หัววัดขนาด 4 มิลลิเมตร รหัส TA44 ทดสอบแรงกดโดยกดที่บริเวณกึ่งกลางของชิ้นกล้วยไข่อบกรอบ และทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบจากผู้ทดสอบชิม จำนวน 25 คน เพศ ชาย จำนวน 10 คน และเพศหญิง จำนวน 15 คน อายุระหว่าง 18-23 ปี ทำการประเมินและทดสอบ โดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale

ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ค่าสี และค่าเนื้อสัมผัส สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5. ผลการวิจัยและอภิปราย

5.1 ศึกษาปริมาณของสารก่อโคมที่ผสมในการผลิตกล้วยไข่อบกรอบ

นำกล้วยไข่ที่เตรียมได้มาปั่น แล้วเติมสารก่อโคม โดยแปรปริมาณสารที่ก่อโคมเป็น 1% 3% และ 5% (w/w) ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด นำโคมกล้วยไข่ที่ได้มาหาค่า %overrun และความหนาแน่นของโคมกล้วยไข่ ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า %overrun และความหนาแน่นของโคมกล้วยไข่ที่ใช้ปริมาณสารก่อโคมที่แตกต่างกัน

สารก่อโคม (%)	คุณภาพของโคม	
	overrun (%)	ความหนาแน่น (g/ml)
1	35.71±4.12 ^b	0.71±0.03 ^b
3	49.99±4.13 ^a	0.64±0.01 ^a
5	47.61±0.00 ^a	0.67±0.00 ^a

หมายเหตุ : a, b และ c เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 1 พบว่า การใช้สารก่อโคม 3% และ 5% มีค่า %overrun และค่าความหนาแน่นของโคมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่า %overrun ของโคมจะผันแปรกับความหนาแน่น เมื่อพิจารณาว่า %overrun ของโคมกล้วยไข่ที่ใช้สารก่อโคม 3% ทำให้โคมของกล้วยไข่เกิดมากที่สุด เนื่องจากฟิล์มของโคมที่ห่อหุ้มอากาศมีความแข็งแรง สามารถกักเก็บอากาศได้ดี มีฟองอากาศที่ละเอียดสม่ำเสมอ และช่วยพยุงโครงสร้างของโคมไม่ให้เกิดการยุบตัว อย่างไรก็ตามหากสารที่ก่อให้เกิดโคมมีความเข้มข้นมากเกินไปอาจทำให้เกิดผลในทางตรงข้าม คือ ค่า %overrun อาจลดลงซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สารผสมมีความหนืดสูงมากจึงเกิดการป้องกันการดักจับกับอากาศระหว่างการตีโคมหรือผสม (Karim and Wai, 1999) การที่โคมมีค่า %overrun สูง และความหนาแน่นต่ำจะส่งผลให้โคมมีฟองอากาศที่สม่ำเสมอทำให้พื้นที่ผิวที่จะเกิดการระเหยของน้ำได้ดีทำให้ความร้อนแพร่เข้าไปได้มาก น้ำจึงระเหยออกได้ง่ายขึ้นทำให้แห้งได้เร็วขึ้น (นงนุช, 2558) และเมื่อนำผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ค่าเนื้อสัมผัส สี ความชื้นและ a_w ของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบที่ใช้ปริมาณสารก่อโฟมที่แตกต่างกัน

สารก่อโฟม (%)	คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ						
	เนื้อสัมผัส		L^{*ns}	ค่าสี		ความชื้น และ a_w	
	hardness (N)	fracturability (N)		a^*	b^*	ความชื้น ^{ns} (%)	a_w^{ns}
1	330.55±17.86 ^a	273.22±63.25 ^a	50.37±1.04	8.51±0.15 ^a	19.15±0.22 ^a	5.60±0.77	0.31±0.02
3	643.88±12.52 ^b	595.89±43.31 ^b	49.86±1.79	7.57±0.09 ^b	15.72±0.63 ^b	4.72±0.24	0.29±0.04
5	1180.00±78.50 ^c	1160.00±97.84 ^c	47.64±1.38	7.66±0.04 ^b	15.35±0.24 ^b	5.56±0.14	0.35±0.03

หมายเหตุ : ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b และ c เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณความชื้นและ a_w ของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ มีค่าอยู่ระหว่าง 4.72-5.60% และ 0.29-0.31 โดยการใช้ปริมาณสารก่อโฟมที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นและ a_w ($p>0.05$) ค่าสีของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบที่ใช้ปริมาณสารก่อโฟมที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ค่า L^* แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่า a^* และ b^* มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยปริมาณสารก่อโฟม 1% ให้ค่า a^* และ b^* สูง ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบมีสีเหลืองมากกว่ากล้วยไข่อบกรอบที่ใช้ปริมาณสารก่อโฟม 3% และ 5% และเมื่อนำมาทดสอบคุณภาพของเนื้อสัมผัส พบว่า เมื่อใช้ปริมาณสารก่อโฟม 3% มีค่าความแข็งและความเปราะเท่ากับ 643.88 และ 595.89 N 5% มีค่าความแข็งและความเปราะ เท่ากับ 1,180 และ 1,160 N และ 1% มีค่าความแข็งและความเปราะ เท่ากับ 330.55 และ 273.22 N ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 3% และ 5% เพราะกล้วยไข่อบกรอบที่ใช้ปริมาณสารก่อให้เกิดโฟม 1% มีรูพรุนของอากาศที่อยู่ภายในชิ้นจำนวนมาก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความเปราะและไม่แข็งเมื่อเทียบกับการใช้ปริมาณสารก่อโฟม 3% และ 5% ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแข็งและเปราะน้อยกว่า

ตารางที่ 3 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบที่ใช้ปริมาณสารก่อโฟมที่แตกต่างกัน

ปริมาณสารก่อโฟม (%)	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	เนื้อสัมผัส	รสชาติ ^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
1	6.24±1.51	5.88±1.45	5.80±1.68	6.48±1.75 ^a	5.88±1.90	6.32±1.49
3	6.08±1.29	5.92±1.32	5.92±1.44	5.96±1.74 ^{ab}	6.28±1.65	6.32±1.49
5	5.76±1.23	5.84±1.43	5.88±1.54	5.04±1.90 ^b	5.88±1.92	5.76±1.61

หมายเหตุ : ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b และ c เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนคะแนนของเนื้อสัมผัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบที่ใช้ปริมาณสารก่อโฟม 1% สูงสุด

5.2 ศึกษาชนิดของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่กล้วยไข่เพื่อลดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในการผลิตกล้วยไข่อบกรอบ

นำกล้วยไข่มาแช่ในสารละลาย 0.05% โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์, 2% โซเดียมคลอไรด์ ร่วมกับ 0.1% กรดซิตริก, 5% โซเดียมคลอไรด์ และไม่แช่สารละลาย (ตัวอย่างควบคุม) นำกล้วยไข่ที่ได้มาผลิตกล้วยไข่อบกรอบแล้วนำมาวิเคราะห์ ค่าสี เนื้อสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเนื้อสัมผัส และค่าสี ของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบที่ใช้ชนิดของสารละลายในการแช่กล้วยไข่ที่แตกต่างกัน

ชนิดของสารละลาย	คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ				
	เนื้อสัมผัส			ค่าสี	
	hardness (N) ^{ns}	fracturability (N) ^{ns}	L*	a*	b*
ไม่แช่สารละลาย (ตัวอย่างควบคุม)	327.67±24.27	302.22±32.96	50.49±1.20 ^b	9.57±0.24 ^a	19.59±0.27 ^b
0.05% โพลีแซ็กคาไรด์ ตา ไบซิลไฟต์	307.77±25.80	295.78±12.08	53.42±1.05 ^a	8.87±0.28 ^b	22.45±0.65 ^a
2% โซเดียมคลอไรด์ ร่วมกับ 0.1% กรดซิตริก	328.22±36.09	314.44±13.26	52.20±1.00 ^{ab}	8.93±0.10 ^b	19.33±0.57 ^b
5% โซเดียมคลอไรด์	315.00±54.01	296.44±24.16	53.36±0.40 ^a	9.02±0.17 ^b	20.04±0.87 ^b

หมายเหตุ : ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

a, b และ c เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่า การแช่กล้วยไข่ด้วยสารละลาย 0.05% โพลีแซ็กคาไรด์ตาไบซิลไฟต์ ก่อนนำไปตีปั่น จะให้ค่าสี L* และ b* ของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบที่สูง ส่วนค่า a* ของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบมีค่าต่ำ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่าง สีไม่คล้ำ และมีสีเหลืองคงอยู่มาก เนื่องจากการแช่กล้วยไข่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ตาไบซิลไฟต์ ซึ่งเป็นสารรีดิวซิงเอเจนต์ (reducing agent) จะทำการรีดิวซ์ O-quinone กลับเป็นสารประกอบฟีนอลซึ่งไม่มีสี ทำให้สามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ (Sapers, 1993 ; พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, ม.ป.ป.) ส่วนผลการทดสอบคุณภาพของเนื้อสัมผัส พบว่า การแช่กล้วยไข่ในสารละลายแต่ละชนิด ไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ ($p>0.05$) และเมื่อนำผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบที่ใช้ชนิดของสารละลายในการแช่กล้วยไข่ที่แตกต่างกัน

ชนิดของสารละลาย	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	เนื้อสัมผัส ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
ไม่แช่สารละลาย (ตัวอย่างควบคุม)	6.40±1.00	6.04±0.97	5.80±1.47	6.88±1.20	6.92±1.26	6.88±1.20
0.05% โพลีแซ็กคาไรด์ ตา ไบซิลไฟต์	6.60±1.00	6.20±1.08	6.28±1.17	7.00±1.38	6.48±1.19	7.00±1.38
2% โซเดียมคลอไรด์ ร่วมกับ 0.1% กรดซิตริก	6.28±0.89	6.16±1.57	6.40±1.15	6.60±1.15	6.56±1.26	6.60±1.15
5% โซเดียมคลอไรด์	6.36±1.04	6.36±1.15	6.48±1.36	6.84±1.31	6.76±1.20	6.84±1.31

หมายเหตุ : ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 5 คะแนนลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, เนื้อสัมผัส, รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

6. สรุป

6.1 ผลการศึกษาปริมาณของสารก่อโหมที่เหมาสม พบว่า การใช้สารก่อโหม 3% ทำให้โหมของกล้วยไข่เกิดมากที่สุด เนื่องจากมีค่า %overrun สูงที่สุดและค่าความหนาแน่นต่ำที่สุด และ %ความชื้นและ a_w ของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อนำมาทดสอบคุณภาพของเนื้อสัมผัส พบว่า เมื่อใช้ปริมาณสารก่อโหม 1% จะทำให้ผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบมีค่าความแข็งและความเปราะต่ำกว่าการใช้สารก่อโหม 3% และ 5% ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของการใช้ปริมาณสารก่อโหม 1% สูงสุด

6.2 ผลการศึกษานิตของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่กล้วยไข่เพื่อลดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในการผลิตกล้วยไข่อบกรอบ พบว่า การแช่ด้วยสารละลาย 0.05% โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ จะให้ค่าสี L^* และ b^* ที่สูงขณะเดียวกันให้ค่าสี a^* ที่ต่ำ ซึ่งเป็นการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีที่สุด และเมื่อนำมาทดสอบคุณภาพของเนื้อสัมผัส พบว่า การแช่กล้วยไข่ในสารละลายแต่ละชนิด ไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ ($p>0.05$) ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ ผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, เนื้อสัมผัส, รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

7. ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

- 7.1 ควรศึกษาอายุการเก็บและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ
- 7.2 สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยไข่และเพิ่มมูลค่ากล้วยไข่เพื่อให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการบริโภค
- 7.3 เป็นแนวทางและข้อมูลพื้นฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยไข่อบกรอบ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบชนิดอื่นได้

8. กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์ โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเป็นที่ปรึกษาและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้สมบูรณ์และถูกต้องมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณนักศึกษา โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ทุกคนที่ได้ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในการวิจัยครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

ตรุณี มูลโรจน์. (2550). รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตกล้วยน้ำว้าผงโดยวิธีการทำแห้งแบบโหมแมท. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

ธนัท อ้วนอ่อน. (2546). การปรับปรุงคุณภาพและกรรมวิธีการผลิตกล้วยตาก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นงนุช โป๊ะตะ. (2558). การผลิตเครื่องดื่มแทนตะวันผงด้วยเทคนิค Encapsulation โดยการทำแห้งแบบโหมแมท. โครงการวิจัยวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์. (ม.ป.ป.). Enzymatic browning reaction/ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์. [Online]. Available: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0679/enzymatic-browning-reaction-%E0%B8%9B%E0%B8%8F%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%B4%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B8%A5%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0>

B9%88%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%A2%E0%B8%A7%E0%B8%82
%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B9%80%E0%B
8%AD%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%8B%E0%B8%A1%E0%B9%8C. [2561, สิงหาคม 30].

เบญจมาศ ศิลาย้อย. (2558). **กล้วย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาพรพรณ คสมเพ็ชร. (2557). **การประยุกต์ใช้กระบวนการออสโมซิสร่วมกับการทำแห้งแบบ
สูญญากาศในการพัฒนาคุณภาพกล้วยไข่กึ่งแห้งเสริมสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร
มหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุรียา อติวิทยากรณ์. (2551). **การพัฒนากล้วยตากโดยการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการอบแห้งด้วย
คลื่นไมโครเวฟระบบสูญญากาศ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อยู่ดี กินดี. (2561). **กล้วย และประโยชน์ของกล้วยแต่ละชนิด**. [Online]. Available: [http://
www.honestdocs.co/banana-types-and-benefits](http://www.honestdocs.co/banana-types-and-benefits). [2561, ตุลาคม 3].

Akintoye, O.A. and Oguntunde, A.O. (1991). Preliminary investigation on effect of foam
stabilizer on the physical characteristics and reconstitution properties of foam-mat dried soymilk.
Drying Technology, 9(1) : 245-262.

AOAC. (1995). **Official methods of analysis of the association of official analytical
Chemists**. 16th ed. Gaithersburg, Maryland.

Karim, A. A. and Wai, C. C. (1999). Characteristics of foam prepared from star fruit (*Averrhoa
carambola* L.) puree by using methyl cellulose. **Food Hydrocolloids**, 13: 203-210.

Sapers, G. M. (1993). Browning of foods: control by sulfites, antioxidants, and other means.
Food Technology,47(10): 75-84.