

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบโดยใช้แป้งลูกเดี๋ยทดแทนแป้งมันสำปะหลัง

A Product Development of Chip Substituting Cassava Flour with Adlay Flour

ศรัณญา วอขวา¹ อธิบดี พรหมแดง² ภาสวีย์ ทองดี² จริญญา นันสอวงค์² และสินีนารถ สุขทณารักษ์^{2*}

Saranya Workwa¹ Atibodee Promdang² Pasawee Thongdee² Jariya Nansaang² and

Sineenart Suktanarak²

¹คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

*ผู้เขียนหลัก (Corresponding Author) E-mail: sineenart@vru.ac.th

Received: August 11,2022

Revised: September 12,2022

Accepted: September 30,2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนแป้งลูกเดี๋ยทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ โดยอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งลูกเดี๋ยมี 5 อัตราส่วน คือ 100:0 (สูตรควบคุม), 95:5, 90:10, 85:15 และ 80:20 โดยน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง คัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วยวิธีการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ผลการทดลอง พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งลูกเดี๋ยที่ 95: 5 และ 90:10 มากที่สุด ซึ่งทั้ง 2 อัตราส่วนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม จากผลการทดลองนี้ จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบนี้สามารถใช้แป้งลูกเดี๋ยทดแทนแป้งมันสำปะหลังได้ถึงอัตราส่วนที่ 90:10 โดยที่ผู้ทดสอบชิมยังให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมที่ดี นำข้าวเกรียบทั้ง 5 อัตราส่วนมาศึกษาค่าสี ค่าเนื้อสัมผัส (Fracturability) และอัตราการพองตัวหลังทอด พบว่า การใช้แป้งลูกเดี๋ยทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนที่สูงขึ้น ส่งผลข้าวเกรียบที่ได้จะมีสีเข้ม โดยยิ่งเพิ่มอัตราส่วนแป้งมันปะหลังต่อแป้งลูกเดี๋ยที่ 80:20 ข้าวเกรียบมีค่า L^* อยู่ที่ 66.69 มีค่า Fracturability อยู่ที่ 3.99 นิวตัน และอัตราการพองตัวหลังทอดลดน้อยลง โดยอยู่ที่ 1.06

คำสำคัญ: ข้าวเกรียบ, แป้งลูกเดี๋ย, แป้งมันสำปะหลัง

Abstract

The objective of this study was to study effects of substituting cassava flour with adlay flour in in chip product at 5 different ratios of 100:0 (control), 95:5, 90:10, 85:15 and 80:20. The optimum ratio was selected by sensory evaluation test which showed that most panelists at 95: 5 and 90:10 (cassava flour : adlay flour). The two ratios were not significantly different ($p>0.05$) in term appearance, color, aroma, taste, texture and overall liking. The result showed that chip substituting cassava flour with adlay flour at 90:10. Chips with 5 different ratios of cassava and adlay flour were determined for color, texture (Fracturability) and expansion ratio of fried sample. The results showed that became darker in color with harder texture and less expansion with increasing adlay flour used (chip product at 80:20 had L^* , Fracturability and expansion ratio of fried sample at 66.69, 3.99 N and 1.06, respectively).

Keywords: Chip, Adlay flour, Cassava flour

บทนำ

ข้าวเกรียบ (Chip or Cracker) เป็นอาหารว่างชนิดหนึ่งที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากราคาถูกและหารับประทานได้ง่าย วัตถุดิบหลักในการทำข้าวเกรียบประกอบด้วยแป้งมันสำปะหลังและเครื่องปรุงรส อาจมีส่วนประกอบของเนื้อสัตว์ หรือผลไม้ เช่น ปลา กุ้ง ฟักทอง เผือก งาดำ หรืองาขาว เป็นต้น กระบวนการผลิตข้าวเกรียบมีขั้นตอนการผสม การนวด และการขึ้นรูปเป็นแท่งทรงกระบอก การนึ่งหรือการต้ม การลดอุณหภูมิ การหั่น การลดความชื้น และการทอดเพื่อให้เกิดการพองตัว ชนิดของข้าวเกรียบสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ข้าวเกรียบพร้อมบริโภครอบและข้าวเกรียบดิบ ซึ่งลักษณะของข้าวเกรียบพร้อมบริโภครอบ ควรมีลักษณะกรอบ การพองตัวสม่ำเสมอ ส่วนลักษณะของข้าวเกรียบดิบที่ดี ต้องมีลักษณะแห้งและไม่เกาะติดกัน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2554) ก่อนที่จะบริโภคข้าวเกรียบดิบ จะต้องนำข้าวเกรียบไปอบหรือทอดในน้ำมันก่อน ซึ่งการอบหรือการทอดเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพในการผลิตข้าวเกรียบ คือ เมื่อข้าวเกรียบได้รับความร้อน น้ำที่อยู่ภายในข้าวเกรียบจะถูกระเหยออกมาเป็นไอ ทำให้เกิดแรงดันขึ้นภายในเนื้อข้าวเกรียบ เกิดการขยายเป็นโพรงหรือรูพรุน ส่งผลให้ข้าวเกรียบมีความกรอบ (Korkide *et al.*, 2000 ; Moreira *et al.*, 1997) ซึ่งผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามชนิดของส่วนประกอบที่นำมาใช้ผลิต เช่น ถ้ามีส่วนประกอบของฟักทอง ก็จะเรียกข้าวเกรียบฟักทอง เป็นต้น แป้งที่นิยมในการทำข้าวเกรียบ มักจะเป็นแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งองค์ประกอบของแป้งมันสำปะหลัง จะมีปริมาณสตาร์ชมากกว่าร้อยละ 95 ไขมันร้อยละ

ละ 0.14 โปรตีนร้อยละ 0.05 และเถ้าร้อยละ 0.16 มีปริมาณอะไมโลเพคตินร้อยละ 83 และปริมาณอะไมโลสร้อยละ 17.7 (จันทร์เพ็ญ, 2550; Tongdang *et al.*, 2008)

ลูกเดือยเป็นธัญชาติชนิดหนึ่ง หรือภาษาอังกฤษเรียกว่า Coix, Job's tears หรือ adlay มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Coix lacrymal-obi* L. (Chang *et al.*, 2003) เมื่อนำลูกเดือยมาแกะเปลือกและขัดสีแล้วสามารถนำมาแปรรูปเป็นแป้งที่ได้จากเมล็ดธัญชาติได้ องค์ประกอบในเมล็ดลูกเดือย 100 กรัม พบว่า ให้พลังงาน 380 แคลอรี โปรตีน 15.4 กรัม น้ำ 11.2 กรัม ไขมัน 6.2 กรัม คาร์โบไฮเดรต 65.5 กรัม โยอาหาร 0.8 กรัม เถ้า 1.5 กรัม แคลเซียม 25 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 435 มิลลิกรัม เหล็ก 5 มิลลิกรัม โทอะมิน 0.28 และไรโบฟลาวิน 0.19 กรัม (จิราภรณ์, 2552) นอกจากนี้ ลูกเดือยยังมีสรรพคุณอื่นๆ ทางการแพทย์ที่ออกฤทธิ์ต่อร่างกาย เช่น สาร coixol ที่มีฤทธิ์สามารถคลายอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ ลดความดันโลหิต ลดระดับน้ำตาลในเลือด และมีสารโคอิกซิโนไลด์ (coixenolide) ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอก (จรัสพรรณ, 2544)

จากประโยชน์ของลูกเดือยที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการพัฒนาข้าวเกรียบ โดยการใช้แป้งลูกเดือยซึ่งเป็นแป้งธัญชาติมาทดแทนแป้งมันสำปะหลังบางส่วน เพื่อเป็นการเพิ่มคุณประโยชน์ให้แก่ผู้บริโภคที่ทานข้าวเกรียบ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้แป้งลูกเดือยทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ

วิธีการวิจัย

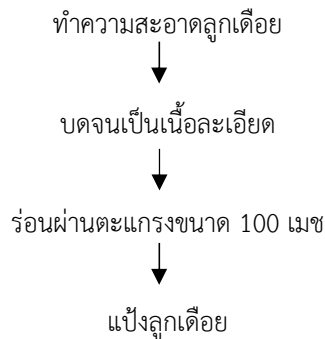
1. การทำข้าวเกรียบ

ซึ่งตัววัตถุดิบซึ่งประกอบไปด้วย แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 31.90 พริกไทยร้อยละ 0.16 เกลือป่นร้อยละ 0.96 น้ำตาลร้อยละ 3.18 และน้ำร้อยละ 63.80 สำหรับขั้นตอนการทำข้าวเกรียบจะดัดแปลงจากวิภาดา (รีเป่า) และคณะ (2559) ซึ่งมีขั้นตอนการทำ ดังนี้ นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้ เทลงไปในอ่างผสม นำน้ำเปล่ามาต้มให้เดือด แล้วค่อยๆ เทน้ำลงไปในอ่างผสม ค่อยๆ นวดส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน นำแป้งที่ผสมได้มาแล้วนำคลึงให้เป็นก้อนกลม แล้วปั้นเป็นรูปทรงกระบอกให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร และยาว 24 เซนติเมตร จากนั้นนำห่อด้วยพลาสติกทึบความร้อนแล้วห่อด้วยใบตองทับอีกชั้นนำไปนึ่งสุก เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง นำมาหั่นเป็นแผ่นบางขนาด 3 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที สำหรับการทอดข้าวเกรียบ จะนำไปทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 190 ± 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 นาที 30 วินาที ซึ่งได้เป็นข้าวเกรียบพร้อมบริโภค หลังจากนั้น

ทำการเก็บรักษาด้วยถุงซิปล็อคและใส่ไว้ในกล่องอาหารสุญญากาศ เพื่อป้องกันการแตกหักของข้าวเกรียบ

2. การเตรียมแป้งลูกเต๋อย

กรรมวิธีการเตรียมแป้งลูกเต๋อย คือ นำลูกเต๋อยมาทำความสะอาดเพื่อตัดแยกสิ่งสกปรกออกจากนั้นนำลูกเต๋อยมาบดด้วยเครื่องบดรูน DPA130 ยี่ห้อ Tefal ให้เป็นเนื้อละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ก็จะได้แป้งลูกเต๋อย



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำแป้งลูกเต๋อย

ที่มา : ดัดแปลงจากสุนันทา (2554)

3. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้แป้งลูกเต๋อยทดแทนแป้งมันสำปะหลังในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งลูกเต๋อยเพื่อทดแทนแป้งมันสำปะหลัง โดยศึกษาอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งลูกเต๋อย 5 อัตราส่วน ดังนี้ 100:0 (สูตรควบคุม), 95:5, 90:10, 85:15 และ 80:20 โดยน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง ดังแสดงในตารางที่ 1 ทำการคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9 – Point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 30 คน ทดสอบ 2 ครั้ง

ตารางที่ 1 การศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งลูกเต๋อยในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ

ส่วนประกอบ	อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง: แป้งลูกเต๋อย (ร้อยละ)				
	100 : 0	95 : 5	90 : 10	85 : 15	80 : 20
แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	400	380	360	340	320
แป้งลูกเต๋อย (กรัม)	0	20	40	60	80
พริกไทย (กรัม)	2	2	2	2	2
เกลือป่น (กรัม)	12	12	12	12	12
น้ำตาล (กรัม)	40	40	40	40	40
น้ำ (กรัม)	800	800	800	800	800

4. ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ

4.1 ค่าสี

วัดค่าสีในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ ของข้าวเกรียบด้านหน้าและด้านหลังของข้าวเกรียบ โดยทำการวัดทั้งหมด 4 จุด คือ ด้านซ้ายบน ด้านขวาบน ด้านล่างซ้าย และด้านล่างขวา ด้วยเครื่องวัดสีรุ่น CR-10 Plus (Minolta, Japan) ซึ่งค่าสี L^* คือ ค่าความสว่าง (ค่า 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ ค่า 100 หมายถึง วัตถุที่มีค่าความสว่างสีขาว) ค่าสี a^* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีแดง, - หมายถึง วัตถุที่มีค่าสีเขียว) ค่าสี b^* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีน้ำเงิน)

4.2 เนื้อสัมผัส

วัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น model CT3 (Brookfield Ametek, USA) โดยใช้หัววัดทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm โดยมีตั้งค่าพารามิเตอร์ดังนี้ Pre-test speed 1.0 mm/s, Test speed 1.0 mm/s และ Post test speed 10 mm/s ทดสอบตัวอย่างละ 10 ซ้ำ และคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยวัดออกมาเป็นค่า Fracturability

4.3 อัตราการพองตัว

ศึกษาอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบโดยใช้วิธีของ สุภารัตน์ (2547) หาปริมาตรของข้าวเกรียบด้วยวิธีการแทนที่ของเมล็ดงา (Volume displacement) โดยนำเมล็ดงาใส่ลงในถ้วยแก้วให้เต็ม แล้วปาดเมล็ดงาให้เรียบเสมอกับขอบถ้วยแก้ว หลังจากนั้นนำไปวัดปริมาตรโดยใช้กระบอกตวง จากนั้นใส่แผ่นข้าวเกรียบก่อนทอดลงในถ้วยแก้ว แล้วนำเมล็ดงาใส่ตามลงไป ปาดปากถ้วยแก้วให้เรียบ แยกเอาแผ่นข้าวเกรียบออก แล้วนำเมล็ดงาไปวัดปริมาตรอีกครั้ง หาความต่างของเมล็ดงา ก็จะได้ปริมาตรข้าวเกรียบ ในขณะที่ปริมาตรของแผ่นข้าวเกรียบที่ทอดแล้วก็หาได้โดยวิธีเดียวกัน อัตราการพองตัวของข้าวเกรียบจะคำนวณได้จากสูตร

$$\text{อัตราการพองตัว} = \frac{\text{ปริมาตรของแผ่นข้าวเกรียบหลังทอด}}{\text{ปริมาตรของแผ่นข้าวเกรียบก่อนทอด}}$$

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Random Complete Block Design, RCBD) สำหรับการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส และวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomize Design, CRD) สำหรับการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูปทางสถิติ

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งลูกเดือยในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ

จากการศึกษาการทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งลูกเดือย โดยมีอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งลูกเดือย 5 อัตราส่วน คือ 100:0 (สูตรควบคุม), 95:5, 90:10, 85:15 และ 80:20 ของส่วนผสมแป้งมันสำปะหลังทั้งหมด และนำมาประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ที่อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งลูกเดือยที่ 100:0 และ 80:20 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การทดแทนแป้งลูกเดือยในปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบที่แสดงได้ดังตารางที่ 3 ที่พบว่าข้าวเกรียบทดแทนด้วยแป้งลูกเดือยเพิ่มขึ้น (อัตราส่วน 80:20) ส่งผลต่ออัตราการพองตัวจะลดลง ซึ่งอัตราการพองตัวของข้าวเกรียบที่อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งลูกเดือยที่ 100:0 และ 80:20 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากชนิดของแป้งมีผลต่อการพองตัว ซึ่งแป้งแต่ละชนิดมีปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกตินที่ต่างกัน ปริมาณการพองตัวก็ขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในส่วนผสม (ปทุมพร, 2551) อัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบหลังทอดเกิดจากการขยายตัวโครงสร้างเม็ดแป้ง จากการกลายเป็นไอของเม็ดแป้งเคลื่อนที่ออกจากเม็ดแป้งทำให้เกิดรูพรุนภายในโครงสร้างของข้าวเกรียบ โดยโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินที่พบในเม็ดแป้ง มีการจัดเรียงตัวแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มของส่วนประกอบของอะไมโลส ซึ่งมีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบเหมือนผลึก มีการพองตัวที่จำกัด เรียกส่วนนี้ว่า crystalline region ส่วนอีกกลุ่ม คือ อะไมโลเพกติน โครงสร้างมีการจัดเรียงตัวที่ไม่เป็นระเบียบ ดูดน้ำได้ดี เรียกส่วนนี้ว่า amorphous region ซึ่งเม็ดแป้งที่มีปริมาณอะไมโลเพกตินสูง จะมีส่วนที่เป็น crystalline region จึงส่งผลให้เม็ดแป้งที่มีอะไมโลเพกตินสูง สามารถดูดน้ำและพองตัวได้ดีกว่า (อรอนงค์, 2538) ด้วยสมบัติของแป้งลูกเดือย จะมีการพองตัวลดลงที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำ แป้งลูกเดือยจะอุ้มน้ำของโปรตีนและสตาร์ชเอาไว้ จึงทำให้แป้งลูกเดือยเกิดการพองตัว แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โปรตีนจะถูกทำลาย ทำให้โปรตีนเสียคุณสมบัติในการอุ้มน้ำเอาไว้ ส่งผลให้การพองตัวของแป้งลูกเดือยลดลง ซึ่งขั้นตอนในการทอดแผ่นข้าวเกรียบ จะใช้อุณหภูมิอยู่ที่ 180-200 องศาเซลเซียส จึงส่งผลให้โปรตีนในแป้งลูกเดือยเสียคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ แผ่นข้าวเกรียบที่มีอัตราส่วนของแป้งลูกเดือย จึงมีอัตราการพองตัวที่ลดลง (ทัศนีย์และอรอนงค์, 2530) ซึ่งส่งผลให้คุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความกรอบลดลง

ตารางที่ 2 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งลูกเดือยในอัตราส่วนต่างๆ

คุณลักษณะ	แป้งมันสำปะหลัง : แป้งลูกเดือย (ร้อยละ)				
	100:0	95:5	90:10	85:15	80:20
ทางประสาทสัมผัส	(สูตรควบคุม)				
ลักษณะปรากฏ					
สี	7.35 ± 99.0 ^a	7.07 ± 0.60 ^a	7.20 ± 0.56 ^a	7.47 ± 0.59 ^a	5.87 ± 1.01 ^b
กลิ่น	7.00 ± 0.92 ^a	7.00 ± 0.98 ^a	7.13 ± 0.68 ^a	7.30 ± 0.70 ^a	6.09 ± 1.08 ^b
รสชาติ	6.70 ± 0.92 ^{bc}	7.00 ± 0.94 ^{ab}	7.30 ± 0.79 ^a	6.74 ± 0.86 ^{bc}	6.48 ± 0.73 ^c
ความกรอบ	15.7 ± 0.88 ^a	7.46 ± 0.79 ^a	7.60 ± 0.81 ^a	7.30 ± 0.82 ^a	6.65 ± 0.78 ^b
ความชอบโดยรวม	7.50 ± 0.75 ^a	7.50 ± 0.64 ^a	7.60 ± 0.72 ^a	7.56 ± 0.73 ^a	6.52 ± 0.80 ^b
ความชอบโดยรวม	7.15 ± 0.75 ^b	7.50 ± 0.79 ^{ab}	7.77 ± 0.63 ^a	7.47 ± 0.59 ^{ab}	6.65 ± 0.78 ^c

หมายเหตุ : ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คะแนนความชอบด้านกลิ่น พบว่า อัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งลูกเดือยที่ 100:0 และ 90:10 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งลูกเดือยมีกลิ่นเฉพาะตัว ดังนั้นการทดแทนแป้งลูกเดือยในข้าวเกรียบมากขึ้น ก็จะส่งผลกระทบต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นด้วย ส่วนคะแนนความชอบด้านสี พบว่า อัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งลูกเดือยที่ 100:0 และ 80:20 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนของแป้งลูกเดือยที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่า L* มีค่าลดลง ในขณะที่ b* มีค่าสูงขึ้น (ตารางที่ 3) โดยค่า L* ที่ลดลงและค่า b* ที่สูงขึ้น บ่งบอกถึงข้าวเกรียบที่มีอัตราส่วนของแป้งลูกเดือยจะมีสีเข้มกว่าข้าวเกรียบสูตรควบคุม เนื่องจากแป้งลูกเดือยที่ผลิตได้ จะมีสีเข้มกว่าแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งลูกเดือยทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน โดยพบว่า ยิ่งเพิ่มอัตราส่วนของแป้งลูกเดือยในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวมากขึ้น เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีเข้มมากขึ้น (กนกอร, 2560) ซึ่งอาจเป็นเหตุผลที่ให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านสีมีค่าลดลงตามอัตราส่วนของแป้งลูกเดือย ในขณะที่ภาพรวมของคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมก็มีคะแนนความชอบลดลงตามอัตราส่วนของแป้งลูกเดือยที่เพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 3 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่ทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยแป้งลูกเดือยในอัตราส่วนต่างๆ

คุณลักษณะทางกายภาพ	อัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลัง : แป้งลูกเดือย (ร้อยละ)				
	100:0	95:5	90:10	85:15	80:20
ค่าสี L*	74.52 ± 0.62 ^a	74.19 ± 0.59 ^a	69.78 ± 1.86 ^b	68.07 ± 0.97 ^c	66.39 ± 1.61 ^d
ค่าสี a*	0.37 ± 0.18 ^d	0.74 ± 0.23 ^c	0.87 ± 0.15 ^c	1.64 ± 0.32 ^b	1.97 ± 2.36 ^a
ค่าสี b*	4.25 ± 1.43 ^d	5.90 ± 0.66 ^d	9.22 ± 0.92 ^c	11.49 ± 1.66 ^b	14.05 ± 0.92 ^a
Fracturability (N)	5.70 ± 2.19 ^a	4.55 ± 1.24 ^b	4.23 ± 1.64 ^b	4.98 ± 2.00 ^b	3.99 ± 1.41 ^b
การพองตัว	1.25 ± 0.06 ^a	1.18 ± 0.02 ^b	1.14 ± 0.02 ^c	1.08 ± 0.04 ^d	1.06 ± 0.07 ^e

หมายเหตุ : ^{a-e} หมายถึง ค่าเฉลี่ยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าเนื้อสัมผัส (Fracturability) พบว่ายิ่งเพิ่มอัตราส่วนของแป้งลูกเดือย ค่า Fracturability มีค่าลดลง อาจเป็นแป้งมันสำปะหลังและแป้งลูกเดือยมีปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกตินที่ต่างกัน จึงส่งผลต่อการพองตัวของข้าวเกรียบ และการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งลูกเดือย ทำให้ข้าวเกรียบมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น จากผลการทดลองทั้งหมด พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งลูกเดือยที่ 95: 5 และ 90:10 มากที่สุด ซึ่งทั้ง 2 อัตราส่วนนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกด้านของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบนี้สามารถใช้แป้งลูกเดือยทดแทนแป้งมันสำปะหลังได้ถึงอัตราส่วนที่ 90:10 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการใช้แป้งลูกเดือยทดแทนแป้งมันสำปะหลัง โดยที่ผู้ทดสอบชิมยังให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมที่ดี

สรุปผลการวิจัย

การใช้แป้งลูกเดือยทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนที่ต่างกัน พบว่า ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส ไม่ว่าจะเป็นคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในภาพรวมที่อัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งลูกเดือยที่อัตราส่วน 90:10 มากที่สุด เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ พบว่า เพิ่มอัตราส่วนของแป้งลูกเดือย ข้าวเกรียบมีสีที่เข้มขึ้น ความกรอบลดลงและอัตราการพองตัวก็ลดน้อยลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สำหรับการสนับสนุนสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กนกอร พวงระย้า. (2560). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งลูกเดือยทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์.
- จรัสพรณ ดันหยง. (2544). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอ้จี่ ข้าวกล้องผสมกึ่งสำเร็จรูป*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จันทร์เพ็ญ ไชยน้อย. (2550). *ผลของคุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งผสม (แป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคุ) ต่อคุณภาพของข้าวเกรียบ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จิราภรณ์ ชัยสิริเจริญกุล. (2552). *องค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของลูกเดือยและผลของกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนต่อคุณสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของแป้งลูกเดือย (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)*. นครราชสีมา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ทัศนีย์ พรภิจประสาน และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2530). *การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งและสตาร์ชลูกเดือย*. วารสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์, 21(4), 371-377.
- ปทุมพร โสถิรัตน์พันธุ์. (2551). *รายงานวิจัยการตัดแปลงกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบว่าวพร้อมบริโภค*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ นครราชสีมา.
- วิภาดา มุรินทร์นพมาศ, ชูไรดา วายุ และสุไอลา วาตะ. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์หัวข้าวเกรียบปลารสพริกขี้หนู*. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชภัฏวไลยอลงกรณ์, 8(2), 242-260.
- สุดารัตน์ พรภิบุญจันทร์. (2547). *การพัฒนาคุณภาพข้าวเกรียบปลา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- สุนันทา ทองทา. (2554). *คุณสมบัติของคัพพะ รำ และแป้งลูกเดือยเพื่ออาหารสุขภาพ*. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหารสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยสุรนารี.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพข.๑๐๗/๒๕๕๔*.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. (2538). *เคมีัญญาหาร*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- Chang, H-C., Huang, Y. C., and Huang, W.C. (2003). Antiproliferative and chemopreventive effects of adlay seed on lung cancer in vitro and in vivo. *Journal of Agricultural*

and Food Chemistry, 51(12), 3656-3660.

Korkida, M.K., Oreopoulou, V. and Maroulis, Z.B. (2000). Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering*, 44(1), 39-46.

Moreira, R.G., Sun, X. and Chen, Y. (1997). Factor affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. *Journal of Food Engineering*, 31(1), 485-498.

Tongdang, T., Meenun, M. and Chainiu, J. (2008). Effect of sago starch adding and steaming time on making cassava cracker (Keropok). *Journal of Starch-Stärke*, 60(10), 568-576.