การใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ: คุณภาพ เนื้อสัมผัสและองค์ประกอบทางเคมี

Wheat flour Substitution with Broken Thai Jasmine Rice Flour in Brownie Crisps: Quality, Texture and Chemical Compositions

วิรัชยา อินทะกันต์[1]*, จิราพัทธ์ แก้วศรีทอง[1], กีรติญา สอนเนย[1], กีรติ ตันเรือน[2]

Wirachya Intakan[1]*, Jiraphat Kaewsritong[1], Keeratiya Sornnoey[1], Keerati Tanruean[2]

[1]สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

[1]Home Economics Program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

[2] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

[2] Biology Program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวจากข้าวหอมมะลิท่อนและศึกษาการใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ จากการทดลองพบว่าแป้งข้าวหอมมะลิท่อนที่ได้มีสีขาวมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันและเส้นใย ร้อยละ 80.03, 8.19, 0.38 และ 6.55 ตามลำดับ การใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งข้าวสาลีที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลีทั้งหมด) ในการผลิตบราวนี่กรอบ ศึกษาค่าความกรอบ ค่าสีและองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบที่ได้ พบว่า การใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความกรอบสูงที่สุด (447 $\pm$ 0.11กรัม) คิดเป็นค่าความกรอบที่เพิ่มขึ้นถึง 117% เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (206 $\pm$ 0.21กรัม) การใช้อัตราส่วนของการทดแทนแป้งสาลีที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าสีและองค์ประกอบทางเคมีของบราวนี่กรอบแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสีของบราวนี่จะสว่างมากขึ้นเมื่อร้อยละของการแทนที่ด้วยแป้งข้าวหอมมะลิท่อนเพิ่มสูงขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่าร้อยละของการแทนที่สัมพันธ์กับปริมาณเส้นใย ขณะที่ปริมาณโปรตีนมีค่าลดลง ดังนั้นผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบที่ได้จากการใช้แป้งข้าวหอมมะลิจากเมล็ดข้าวท่อนทดแทนแป้งข้าวสาลีจึงเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ดีต่อสุขภาพ ที่สำคัญยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวหอมมะลิท่อนได้

คำสำคัญ: แป้งข้าวหอมมะลิท่อน แป้งสาลี บราวนี่กรอบ

* *Corresponding author : wirachya.i@psru.ac.th*

Received: 30 เม.ย. 64; Revised: 25 มิ.ย. 64; Accepted: 13 ก.ค. 64

Abstract

The objective of this research was to study the physical characteristics and chemical compositions of rice flour from broken Jasmine rice. The cloudy white flour was obtained from broken Jasmine rice, in which carbohydrate (80.03%), protein (8.19%), fat (0.38%) and fiber (6.55%) were observed as the components. The effect of wheat flour substituted to rice flour from broken Jasmine rice (0, 25, 50, 75 and 100% wheat flour) on Brownie Crisps properties including crispness, color and chemical compositions were also investigated. The results reveal that wheat flour substituted with 100% rice flour from broken Jasmine rice exhibited the highest value of crispness (447±0.11 g), in which this value increased to 117% comparing to control (206±0.21g). The instrumental color and chemical compositions of Brownie Crisps were different from the control ($P<0.05$). Products with brighter color were found when the substitution percentage was increased. Furthermore, the increasing of percentage of substitution result related to the amount of crude fiber while the amount of protein is decreased. Therefore, the usage of jasmine rice flour from broken rice to replace wheat flour in crispy brownie products are suggested as an alternative baked for healthy food products. Importantly, this study has provided valuable information on a potentially way to high value-added of broken rice.

Keywords: Thai Jasmine Rice Broken Flour, Wheat Flour, Brownie Crisps

1. บทนำ

ข้าวหอมมะลิไทย (Thai Jasmine Rice) เป็นข้าวเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมในตลาดโลกเนื่องจากมีกลิ่นหอมของสารระเหยกลุ่ม carbonyl มากกว่า 20 ชนิดมีสารให้กลิ่นที่สำคัญ ได้แก่ 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) (Yahya, Fryer & Bakalis, 2011) อย่างไรก็ตามในกระบวนการสีข้าวเพื่อแปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวสารจะทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวเกิดเป็นข้าวหักหรือข้าวท่อน (Broken rice) คิดเป็นร้อยละ 15 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2561) ซึ่งราคาขายจะต่ำกว่าข้าวเมล็ดเต็มที่มีราคาขายเฉลี่ยกิโลกรัมละ 20 - 30 บาท ถึง 3 เท่า (สมาคมโรงสีข้าวไทย, 2561) ข้าวท่อนส่วนใหญ่จึงถูกรับซื้อเพื่อนำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ ดังนั้นการแปรรูปข้าวท่อนหอมมะลิเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงจึงเป็นแนวทางในการช่วยเหลือเกษตรกรเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวที่เสียสภาพและมีราคาต่ำ

แป้ง (Flour) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนของพืชที่มีการสะสมอาหารและใช้เป็นส่วนผสมที่สำคัญในผลิตภัณฑ์อาหาร ปัจจุบันนิยมนำแป้งข้าวมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมกะหรี่ปั๊บ (กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง, 2562) ผลิตภัณฑ์คุกกี้ (อริสา รอดมุ้ย และอรอุมา จิตรวโรภาส, 2550)

ผลิตภัณฑ์ขนมปัง (เพียรพรรณ สุภะโคตร, ศิวพร แซ่เล้า และอรวรรณ ใบศิลา, 2563) ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ (สุชาดา ไม้สนธิ์ และขวัญชัย คูเจริญไพศาล, 2555) เป็นต้น เพราะนอกจากจะช่วยลดต้นทุนการผลิตการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพสำหรับผู้ที่แพ้กลูเตนรวมถึงช่วยให้ผู้บริโภคมีแนวโน้มในการเลือกรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพเพิ่มขึ้น โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาของ Duda et al. (2019) นำแป้งจากธัญพืชหลายชนิด ได้แก่ แป้งเมล็ดผักโขม (Amaranth) แป้งควินัว (Quinoa) และแป้งลูกเดือย (Millet) มาใช้แทนแป้งข้าวสาลีในการทำขนมปัง อีกทั้งงานวิจัยของ Ayutthaya, Phota & Nanta (2018) ได้ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กฟองน้ำ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและปริมาณไขมันลดลง ขณะที่ผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบเป็นขนมอบที่ใช้แป้งสาลีเป็นวัตถุดิบหลักได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเพิ่มขึ้นเนื่องจากสามารถรับประทานได้สะดวก บราวนี่กรอบมีลักษณะเป็นแผ่นบางกรอบ มีอายุการเก็บรักษานานและบริโภคได้ทุกวัย ทั้งนี้จากการศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคในจังหวัดพิษณุโลก พบว่า ผู้บริโภคมีพฤติกรรมการซื้อผลิตภัณฑ์ไรซ์เบอรี่บราวนี่อบกรอบผสมอัลมอนด์เพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพและมีช่องทางจำหน่ายที่หลากหลายทำให้ผู้บริโภคเข้าถึงได้สะดวก (ชมพูนุท นรินทรางกูล ณ อยุธยา และศศินภา ศรีกัลยานิวาท, 2562) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำข้าวท่อนของข้าวหอมมะลิที่ได้จากกระบวนการสีข้าวมาพัฒนาเป็นผงแป้งข้าวหอมมะลิเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบและศึกษาคุณภาพทางกายภาพของบราวนี่กรอบที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีรวมถึงการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพและช่วยเหลือเกษตรกรโดยการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวท่อนหอมมะลิตลอดจนการช่วยลดต้นทุนในการผลิตให้กับผู้ผลิตสินค้า

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิท่อน
2. เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลี

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งข้าวหอมมะลิท่อน

การเตรียมแป้งข้าวหอมมะลิท่อนด้วยการบดข้าวหอมมะลิท่อนพันธุ์ 105 ให้ละเอียดด้วยเครื่อง Multifunction Disintegrator (HR-06B, Horus, Zhejiang, China) จากนั้นร่อนแป้งผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh นำผงแป้งอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (ยี่ห้อ BINDER รุ่น FBD) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จนมีความชื้นประมาณร้อยละ 6 จึงนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh อีกครั้งและเก็บไว้ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นบรรจุแป้งข้าวหอมมะลิท่อนในถุงปิดสนิทเก็บไว้ในที่แห้ง ทำการศึกษาคุณภาพของแป้งข้าวหอมมะลิท่อนโดยวัดค่าสี L*,a* และ b* ด้วยเครื่องวัดค่าสียี่ห้อ nh รุ่น NH300 และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใย เถ้าและความชื้นตามวิธีการของ AOAC (2016)

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมมะลิท่อน

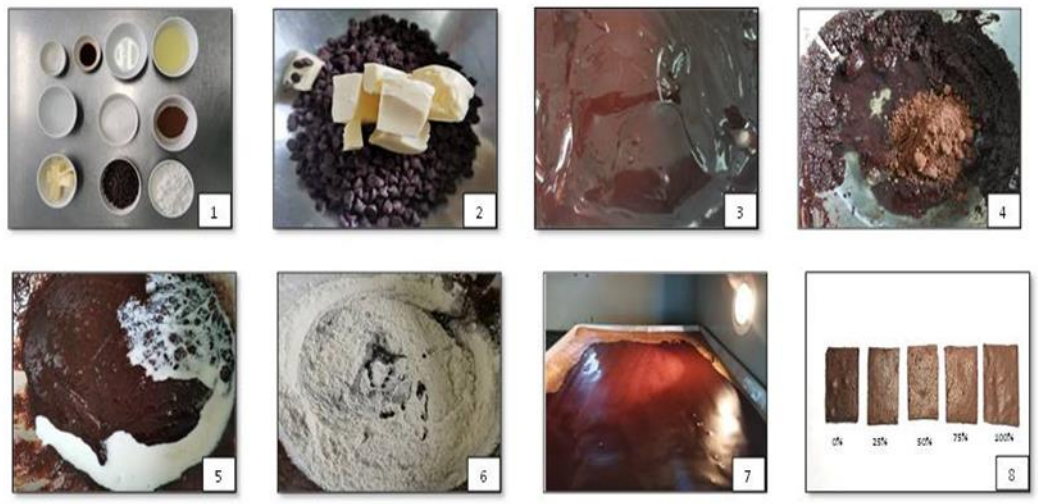
ศึกษาสูตรพื้นฐานของบราวนี่กรอบดัดแปลงจากสูตรบราวนี่กรอบของ พล ตัณฑเสถียร (2560) เป็นสูตรพื้นฐานที่ได้จากการศึกษาของ วรัชยา คุ้มมี และคณะ (2560) ซึ่งสูตรดังกล่าวมีการวิจัยเปรียบเทียบโดยการใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ พบว่า สูตรของคุณพล ตัณฑเสถียร ได้รับคะแนนมากที่สุด โดยใช้วิธีการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส (9-Point Hedonic scale) จากผู้ทดสอบ จำนวน 50 คน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสูตรของคุณพล ตัณฑเสถียร มาพัฒนาต่อโดยแปรปริมาณการใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักแป้งสาลี ดังตารางที่ 1 และมีขั้นตอนการผลิตบราวนี่กรอบ ดังภาพที่ 1 โดยนำเนยสดและช็อกโกแลตชิพใส่ชามสแตนเลส นำไปตั้งบนหม้อน้ำร้อนคนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วยกลงจากเตาพักให้อุ่นหลังจากนั้นใส่ผงโกโก้ ไข่ขาว กลิ่นวนิลา และน้ำเปล่าคนให้เข้ากัน แล้วจึงเทนมสด น้ำตาลทราย เกลือป่น และเบคกิ้งโซดาคนให้เข้ากัน ร่อนแป้งข้าวหอมมะลิท่อนและแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ ผสมให้เข้ากันหลังจากนั้นเทส่วนผสมลงในถาดที่รองด้วยแผ่นซิลิโคนสำหรับอบเกลี่ยส่วนผสมให้เป็นแผ่นบาง นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที หลังจากนั้นนำถาดออกจากเตาอบพักให้เย็น นำบราวนี่กรอบที่ได้วัดค่าสี L* a* และ b* เครื่องวัดค่าสียี่ห้อ nh รุ่น NH300 และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใย เถ้า และความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2016) สำหรับการวิเคราะห์ค่าความกรอบ ทำการตรวจวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่นTA-XT2Plus (England) ตามวิธีของ Keeratipibul, Luangsakul & Lertsatchayarn, (2008) โดยวัดค่าความกรอบ (Crispness) ของผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ ด้วยหัววัด cylinder probe (p/2) โดยกำหนดสภาวะการตรวจวัด ดังนี้ ความเร็วก่อนวัด (Pre-test speed) เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะวัด (Test speed) เท่ากับ 0.05 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะวัด (Post-test speed) เท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ และรายงานค่าแรงที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เริ่มเสียสภาพ (Fracturability force) ซึ่งแสดงถึงความกรอบของผลิตภัณฑ์

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองทางสถิติแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยนำข้อมูลมาประเมินหาความแตกต่างโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 1 ส่วนผสมการเตรียมบราวนี่กรอบ

ส่วนผสม (กรัม)	สูตรควบคุม	บราวนี่กรอบแป้งข้าวหอมมะลิท่อน (ร้อยละ)			
		25	50	75	100
แป้งสาลี	18.33	13.75	9.17	4.58	0
แป้งข้าวหอมมะลิท่อน	0	4.58	9.17	13.75	18.33
เนยสด	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
ช็อกโกแลตชิพ	26.67	26.67	26.67	26.67	26.67
น้ำตาลทรายขาว	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
ผงโกโก้	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ไข่ขาว	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
กลิ่นวนิลา	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
เบกกิ้งโซดา	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
เกลือป่น	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
นมสด	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
น้ำเปล่า	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตบราวนี่กรอบมีขั้นตอน ดังนี้

1. ชั่งตวงวัตถุดิบ และส่วนผสม ได้แก่ แป้งสาลี แป้งข้าวหอมมะลิท่อน เนยสด ช็อกโกแลตชิพ น้ำตาลทรายขาว ผงโกโก้ ไข่ขาว เบกกิ้งโซดา เกลือป่น นมสด กลิ่นวนิลา และน้ำเปล่า

2. เทช็อกโกแลตชิพ และเนยสดในชามสแตนเลสนำไปตั้งบนหม้อน้ำร้อน

3. คนเนยสด และช็อกโกแลตชิพให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วยกลงจากเตาพักให้อุ่น

4. ใส่ผงโกโก้ ไข่ขาว กลิ่นวนิลา และน้ำเปล่าคนให้เข้ากัน

5. เทนมสด น้ำตาลทรายขาว เกลือป่น และเบกกิ้งโซดาคนให้เข้ากัน

6. ร่อนแป้งข้าวหอมมะลิท่อนและแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ ผสมให้เข้ากัน

7. เกลี่ยส่วนผสมข้อที่ 6 ลงในถาดที่รองด้วยแผ่นซิลิโคนสำหรับอบให้เป็นแผ่นบาง อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที หลังจากนั้นนำถาดออกจากเตาอบพักให้เย็น

8. ผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบทั้ง 5 สูตรที่มีการใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 ของน้ำหนักแป้งสาลี ตามลำดับ

4. ผลการวิจัย

1. คุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิท่อน

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของแป้งข้าวหอมมะลิท่อน พบว่า แป้งข้าวหอมมะลิท่อนมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวเมื่อใช้มือสัมผัสจะมีความลื่นน้อยกว่าแป้งสาลี มีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 92.78, 1.83 และ 9.88 ตามลำดับ มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 80.03 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.19 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.38 ปริมาณเส้นใยร้อยละ 6.55 ปริมาณความชื้นร้อยละ 4.22 และปริมาณเถ้าร้อยละ 0.63 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิท่อน

คุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
ค่าสี	
L*	92.78±0.26
a*	1.83±0.24
b*	9.88±0.17
องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	
โปรตีน	8.19±0.06
ไขมัน	0.38±0.05
คาร์โบไฮเดรต	80.03±0.60
เส้นใย	6.55±0.21
เถ้า	0.63±0.02
ความชื้น	4.22±0.16

2. คุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลี

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

ผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีที่ปริมาณร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 ของน้ำหนักแป้งสาลี พบว่า สีของผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบจะมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ช่วงระหว่าง 17.27 - 23.30 ค่าสีเขียว-แดง (a*) อยู่ช่วงระหว่าง 7.43 - 10.83 และมีค่าสีน้ำเงิน-สีเหลือง (b*) อยู่ช่วงระหว่าง 2.20 - 6.32 ซึ่งแนวโน้มของค่า L*, a* และ b* มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อระดับการใช้แป้งข้าวสาลีเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) สีเนื้อของ บราวนี่กรอบที่ผลิตจากแป้งสาลีเพียงอย่างเดียวมีค่า L* น้อยที่สุด และเมื่อทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมมะลิท่อนในระดับที่เพิ่มขึ้น ค่า L* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความสว่างของการใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 100 มีค่าความสว่างมากที่สุด การผลิตบราวนี่กรอบที่ใช้แป้งสาลีเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ ค่า a*และค่า b* มีปริมาณน้อยกว่าการใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ เนื่องจากแป้งข้าวหอมมะลิท่อนเมื่อถูกความร้อนตัวแป้งจะกลายเป็นเจลที่มีสีใสจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าความกรอบ พบว่า การใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีในระดับที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความกรอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยการใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 100 มีค่าความกรอบมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ

ร้อยละการทดแทนแป้งข้าวหอมมะลิท่อนในบราวนี่กรอบ	ค่าความกรอบ (Crispness) (กรัม)	ค่าสี		
		L*	a *	b *
0	206±0.21^{e}	17.27±0.73^{e}	7.43±0.13^{c}	2.20±0.07^{e}
25	225±0.13^{d}	19.25±0.37^{d}	8.70±0.97^{b}	2.59±0.06^{d}
50	273±0.18^{c}	20.55±0.18^{c}	9.90±0.41^{a}	3.42±0.02^{c}
75	409±0.25^{b}	21.60±0.99^{b}	10.25±0.47^{a}	5.07±0.03^{b}
100	447±0.11^{a}	23.30±0.06^{a}	10.83±0.62^{a}	6.32±0.06^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

2.2 องค์ประกอบทางเคมี

ผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบจากการใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 ของน้ำหนักแป้งสาลี พบว่า การใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบมีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณโปรตีนและไขมันมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม การทดแทนแป้งข้าวหอมมะลิร้อยละ 100 มีปริมาณเส้นใยมากที่สุดและปริมาณโปรตีนน้อยที่สุด แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของบราวนี่กรอบ

ร้อยละการทดแทนแป้งข้าวหอมมะลิท่อนในบราวนี่กรอบ	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)					
	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใย	ความชื้น	เถ้า
0	70.56±0.50^{a}	7.14±0.50^{a}	11.10±0.26^{a}	8.05±0.03^{e}	1.75±0.30^{a}	1.40±0.06^{a}
25	69.56±0.20b^{c}	7.06±0.07^{a}	11.12±0.29^{a}	9.37±0.22^{d}	1.69±0.03^{b}	1.20±0.06^{c}
50	69.20±0.19^{c}	6.46±0.05^{b}	10.99±0.33^{a}	11.01±0.04^{c}	1.00±0.17^{d}	1.34±0.02^{ab}
75	70.27±0.15^{ab}	5.43±0.17^{c}	10.23±0.11^{b}	11.72±0.54^{b}	1.02±0.09^{cd}	1.33±0.02^{ab}
100	69.20±0.31^{c}	5.09±0.08^{d}	10.38±0.14^{b}	12.98±0.11^{a}	1.06±0.08^{c}	1.29±0.03^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. คุณภาพทางกายภายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิท่อน

จากการศึกษาค่าสีของแป้งข้าวหอมมะลิท่อน พบว่า ค่า L* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่างมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 หากค่า L* มีค่า 0 หมายถึง สีดำ L* มีค่า 100 หมายถึง สีขาว ซึ่งแป้งข้าวหอมมะลิท่อนมีค่า L* เท่ากับ 92.78 มีค่าใกล้เคียงกับการโม่แป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษ ด้วยวิธีการโม่แห้ง พบว่า มีค่า L* เท่ากับ 93.48 (ศันสนีย์ อุดมระติ และพัชรี ตั้งตระกูล, 2562) ซึ่งแตกต่างจากแป้งสาลีและแป้งข้าวเหนียวที่จำหน่ายในท้องตลาดมี ค่า L* เท่ากับ 94.42 และ 98.22 ตามลำดับ เนื่องจากกระบวนการผลิตแป้งที่แตกต่างกันส่งผลต่อสีของแป้ง (พรรณทิพา เจริญไทยกิจ, 2555)

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวหอมมะลิท่อน ดังตารางที่ 1 พบว่า แป้งข้าวหอมมะลิท่อนมีความชื้นร้อยละ 4.22 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแป้งข้าวเจ้าและแป้งสาลีชนิดอเนกประสงค์ที่กำหนดให้ค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 ตามลำดับ (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2563) หากมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 14 ส่งผลให้แป้งเกิดเชื้อราได้ง่าย อายุการเก็บรักษาสั้นลงและสีของแป้งจะเปลี่ยนแปลงจากเดิมอย่างรวดเร็วส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์อาหาร แป้งข้าวหอมมะลิท่อนมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ร้อยละ 80.03 โดยมีปริมาณแอมิโลส (Amylose) ร้อยละ 10 - 20 ซึ่งเป็นข้าวที่มีแอมิโลสต่ำ เมื่อหุงต้มให้สุกทำให้มีลักษณะเหนียวและนุ่ม (Thiranusornkij et al., 2018) ทั้งนี้ การพิจารณาถึงสัดส่วนของแอมิโลสเป็นสิ่งสำคัญ การนำแป้งข้าวแต่ละชนิดไปใช้ประโยชน์ หากมีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 0.2 จัดเป็นข้าวชนิดเหนียว (waxy rice) นิยมนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสหวาน น้ำสลัด หากมีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 12 - 19 เป็นข้าวประเภทแอมิโลสต่ำนิยมทำเป็นอาหารสำหรับเด็ก อาหารเช้าและขนมปังประเภทใส่ยีสต์เพื่อขึ้นฟู ข้าวที่มีแอมิโลสร้อยละ 20 - 25 เป็นข้าวแอมิโลสปานกลาง นิยมใช้ทำเค้ก และซุปกระป๋อง แต่ข้าวที่มีแอมิโลสมากกว่าร้อยละ 25 จัดเป็นข้าวประเภทแอมิโลส เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์เส้นต่าง ๆ เพราะเมื่อแป้งถูกทำให้สุกตามกระบวนการผลิตหลังจากเย็นตัวลงแป้งจะคืนตัวและจับเชื่อมกันเป็นแผ่นไม่แฉะติดกัน (ไชยรัตน์ เพ็ชรชลานุวัฒน์ และคณะ, 2543) โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตของแป้งข้าวหอมมะลิท่อนมีค่าใกล้เคียงกับการอ้างอิงในตารางคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม ที่กำหนดข้าวหอมมะลิมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 80.40 และข้าวสาลีที่กำหนดปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 75.90 (กองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข, 2544) สำหรับปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวหอมมะลิท่อนมีปริมาณน้อยกว่าแป้งสาลีประมาณ 2 เท่า เพราะแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิด ได้แก่ กลูเตนิน (Glutenin) และไกลอะดิน (Gliadin) ที่ไม่พบในแป้งข้าวหอมมะลิท่อน ดังนั้น แป้งข้าวหอมมะลิท่อนสามารถใช้ทดแทนแป้งสาลีในขนมอบ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพสำหรับผู้ที่แพ้โปรตีนของแป้งสาลีได้ เช่น การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง (เพียรพรรณ สุภะโคตร, ศิวพร แซเล้า และอรวรรณ ใบศิลา, 2563) การผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วน (อริสรา รอดมุ้ย และอรอุมา จิตรวโรภาส, 2550) การใช้แป้งข้าวหอมมะลิพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอม (จารุวรรณ นามวัฒน์ และจันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจ, 2560) เป็นต้น ในขณะที่ปริมาณไขมันของแป้งสาลีมีร้อยละ 1.40 จากการอ้างอิงในตารางคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม แต่ปริมาณไขมันของแป้งข้าวหอมมะลิท่อนมีเพียงร้อยละ 0.38 ดังนั้น การใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีในขนมอบจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ สำหรับปริมาณเส้นใยของแป้งข้าวหอมมะลิท่อนมีมากกว่าแป้งสาลี ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้และจากการรายงานการศึกษาของผาณิต รุจิพิสิฐ, วิชชุดา สังข์แก้ว และเสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์ (2555) พบว่า ข้าวหอมมะลิมีปริมาณสังกะสี ไนอะซีน และวิตามินอีสูงกว่าข้าวเหนียวดำ ข้าวสินเหล็ก ข้าวสังข์หยดและข้าวหอมมะลิแดงนอกจากนี้ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระช่วยลดอัตราการเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคไขข้ออักเสบ

2. ผลการศึกษาการใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบ

จากการศึกษาคุณภาพกายภาพทางด้านค่าสี (L*,a*, b*) พบว่า การทดแทนแป้งข้าวหอมมะลิท่อนที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักแป้งสาลี พบว่า ค่า L* a*และ b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งข้าวหอมมะลิท่อนเมื่อถูกความร้อนจะกลายเป็นเจลใสจึงส่งผลต่อสีและค่าความสว่างของอาหาร สอดคล้องกับกูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง (2562) พบว่า ค่า L* (ค่าความสว่างของแสง) a* (ค่า a* เป็นบวกแสดงเฉดสีแดง) และ b* (ค่า b* เป็นบวกแสดงเฉดสีเหลือง)

ของผลิตภัณฑ์กะหรี่ปั๊บสูตรทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าที่ปริมาณร้อยละ 20 มีค่าสูงกว่าสูตรกะหรี่ปั๊บจากแป้งสาลี (สูตรพื้นฐาน) นอกจากนี้การศึกษาของณนนท์ แดงสังวาล, น้องนุช ศิริวงศ์ และศิริพร เรียบร้อย (2554) ได้ศึกษาการใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีที่ระดับต่าง ๆ พบว่าค่า L* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในระดับที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของไชยสิทธิ์ พันธุ์ฟูจินดา, เลอลักษณ์ เถียรรัตน์ และอรวัลภ์ อุปถัมภานท์ (2560) ที่ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยใช้แป้งข้าวเหนียวดำทดแทนแป้งสาลี พบว่า การใช้แป้งข้าวเหนียวดำในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า L* ลดลงเนื่องจากแป้งข้าวเหนียวดำมีสารแอนโทไซยานินสำหรับการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบส่วนใหญ่เกิดจากผงโกโก้และน้ำตาลที่เติมในส่วนผสม ปริมาณกลูเตนที่อยู่ในแป้งสาลี การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Millard Reaction) และคาราเมลไลเซชั่น (Caramelization) (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2553) สำหรับค่าความกรอบ พบว่า เมื่อเพิ่มระดับการใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความกรอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากในแป้งสาลีประกอบด้วยโปรตีนกลูเตนิน (Glutenin) และไกลอะดิน (Gliadin) เมื่อผสมกับน้ำหรือของเหลวจะเกิดการสร้างพันธะไดซัลไฟด์ จะได้กลูเตนที่มีลักษณะเหนียว ยืดหยุ่นได้ดีและไม่ละลายน้ำ มีลักษณะเป็นโครงข่ายเพื่อดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มและคงตัว ดังนั้น การใช้ปริมาณแป้งสาลีที่ลดลงจึงส่งผลต่อความกรอบ (Guo et al., 2020) ในขณะที่แป้งข้าวไม่มีโปรตีนกลูเตน การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวจึงทำให้บราวนี่กรอบมีค่าความยืดหยุ่นลดลง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการยุบตัวได้ง่าย ปริมาตรน้อย มีลักษณะแข็งและไม่ร่วน ทำให้ความกรอบมีค่าความกรอบเพิ่มขึ้น (Bao & Bergman, 2018) สอดคล้องกับการศึกษาของเพียรพรรณ สุภะโคตร, ศิวพร แซ่เล้า และอรวรรณ ใบศิลา, 2563 จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง พบว่า เมื่อทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาตร และค่าความยืดหยุ่นของขนมปังลดลงและมีค่าความแข็งสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักของแป้งสาลี พบว่า บราวนี่กรอบมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.00 - 1.75 เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมอบประเภทคุกกี้ พบว่าผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2555) หากมีความชื้นเกินร้อยละ 7 ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง เนื่องจากความชื้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์และทำให้จุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น จากการทดลอง พบว่า การใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักของแป้งสาลี ปริมาณความชื้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีน พบว่า โปรตีนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิท่อน โดยมีโปรตีนอยู่ในช่วง 5.09 - 7.14 สอดคล้องกับการศึกษาของไชยสิทธิ์ พันธุ์ฟูจินดา, เลอลักษณ์ เถียรรัตน์ และอรวัลภ์ อุปถัมภานท์ (2560) ได้ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่ โดยใช้แป้งข้าวเหนียวดำทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 50 พบว่า ปริมาณโปรตีนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้แต่แป้งสาลีเพียงอย่างเดียวแตกต่างจากการศึกษาของสุภาภาณี บุญเสน และคณะ (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่เพื่อสุขภาพจากถั่วสามสี พบว่า เมื่อใช้ถั่วแทนการใช้แป้งสาลีจะมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก

สูตรควบคุมเฉลี่ยร้อยละ 14.31 เนื่องจากถั่วเป็นธัญพืชที่เป็นแหล่งของโปรตีน เมื่อพิจารณาปริมาณไขมัน พบว่า การใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีส่งผลให้ปริมาณไขมันลดลงจากสูตรควบคุมทำให้บราวนี่กรอบเป็นอาหารว่างที่มีปริมาณไขมันต่ำ ช่วยลดโรคเกี่ยวกับไขมันในเส้นเลือดและควบคุมน้ำหนักเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ayutthaya, Phota & Nanta (2018) ได้ใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กฟองน้ำ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและปริมาณไขมันลดลง นอกจากนี้การรายงานของกูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง (2562) พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทน แป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมกะหรี่ปั๊บส่งผลให้ปริมาณไขมันลดลงจากสูตรที่ใช้แป้งสาลีเพียงชนิดเดียว เมื่อพิจารณาปริมาณเส้นใยในผลิตภัฑณ์บราวนี่กรอบ พบว่า การใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีในระดับที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากข้าวเป็นธัญพืชที่มีใยอาหารและสตาร์ชที่ทนต่อการย่อย จากผลการศึกษาพบว่า การใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 100 มีคุณลักษณะทางกายภาพของบราวนี่กรอบใกล้เคียงกับบราวนี่ทางการค้าโดยความกรอบเป็นคุณลักษณะที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญที่สุดในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ และขนมขบเคี้ยว (Yu, Mitchell & Abdullah, 1981) นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ด้านองค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณเส้นใยมากที่สุดและปริมาณโปรตีนน้อยที่สุดรวมทั้งมีปริมาณไขมันน้อยกว่าสูตรที่ใช้แป้งสาลีเพียงชนิดเดียว ดังนั้น ผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิท่อนทดแทนแป้งสาลีจึงเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่มีใยอาหารและเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพสำหรับผู้ที่แพ้โปรตีนจากแป้งสาลี รวมทั้งเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวท่อนหอมมะลิตลอดจนการช่วยลดต้นทุนในการผลิตให้กับผู้ผลิตสินค้า

6. เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข. (2544). *ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย.* กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การเภสัชกรรม.http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/files/nutritive_values_of_thai_foods.pdf

กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง. (2562). การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมกะหรี่ปั๊บ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.*, *4*(2),104-112. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/yru_jst/article/view/220742

จารุวรรณ นามวัฒน์ และจันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจ. (2560). การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องในเค้กกล้วยหอม. คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ (บรรณาธิการ), *การประชุมวิชาการระดับชาติ “นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017 วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน* (หน้า 493-499). สุรินทร์:มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์. https://erp.mju.ac.th/openFile.aspx?id=MjY1OTcz

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2553). *เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. https://kukr2.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php/BKN_AGRO/search_detail/ result/196604

ชมพูนุท นรินทรางกูล ณ อยุธยา และศศินภา ศรีกัลยานิวาท. (2562). พฤติกรรมการซื้อและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไรซ์เบอรี่บราวนี่อบกรอบผสมอัลมอนด์ของผู้บริโภคในจังหวัดพิษณุโลก. *วารสารวิทยาการจัดการ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 2* (1), 38-50. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jmspsru/article/view/244095

ไชยรัตน์ เพ็ชรชลานุวัฒน์, ประนอม มงคลบรรจง, ลือชัย อารยะรังสฤษฏ์, งามชื่น คงเสรี และวิชัย หิรัญยูปกรณ์. 2543. คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวสารจำนวน 8 พันธุ์. *วารสารวิชาการเกษตร, 18* (2) ,164-169. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/thaiagriculturalresearch/article/ view/227808

ไชยสิทธิ์ พันธุ์ฟูจินดา, เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ และอรวัลภ์ อุปถัมภานนท์. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่โดยใช้แป้งข้าวเหนียวดำทดแทนแป้งสาลี. *วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 10* (1), 106-119. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/rmutijo/article/view/83022

ณนนท์ แดงสังวาล, น้องนุช ศิริวงศ์, และศิริพร เรียบร้อย. (2554). *การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่.* กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. https://kukr2.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/BKN/search_detail/result/12819

ผาณิต รุจิพิสิฐ, วิชชุดา สังข์แก้ว, และเสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์. (2555). คุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43* (2), 173-176. http://www.crdc.kmutt.ac.th/Data%202012/CRDC6/data/173-176.pdf

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. (2563). ราชกิจจานุเบกษา, 5909 (แป้งข้าวเจ้า), 1-14. http://www.ratchakitcha.soc.go.th/ DATA/PDF/2564/E/016/T_0062.PDF

พรรณทิพา เจริญไทยกิจ. (2555). การพัฒนาขนมปังจากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวเหนียว. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. http://uc.thailis.or.th/Catalog/BibItem.aspx?BibID =b02082281

พล ตัณฑเสถียร. (2560). *บราวนี่กรอบ.* สืบค้นจาก https://www.pholfoodmafia.com/recipe/brownie-brittle.

เพียรพรรณ สุภะโคตร, ศิวพร แซ่เล่า และอรวรรณ ใบศิลา. (2563). การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง. *วารสารเกษตรพระวรุณ, 17* (2), 273-287. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/article/view/248868/170223

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2555). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ คุกกี้ (มผช.118/2555).* สืบค้นจาก http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0118_55.pdf

วรัชยา คุ้มมี, อภิญญา อัครเอกฒาลิน, ชิษณุพงศ์ ลือราช และชนาธิป รุ่งเรือง. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่กรอบโดยใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลี. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร* (หน้า 937-946).กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. https://research.kpru.ac.th/sac/fileconference/7502018-05-01.pdf

ศันสนีย์ อุดมระติ และพัชรี ตั้งตระกูล. (2562) ผลของวิธีการโม่ต่อสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งข้าวขาวดอกมะลิ 105 และการนำไประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 27* (2), 311-325. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/181305

สมาคมโรงสีข้าวไทย. (2561). *ประมวล วิเคราะห์ สถานการณ์และแนวโน้มข้าวไทย.* สืบค้นจาก http://www.thairicemillers.com.pdf

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2561). *ข้าวหอมไทย.* สืบค้นจาก https://www.acfs.go.th/standard/download/Thai-Hom-Mali_Rice-60.pdf

สุชาดา ไม้สนธิ์ และขวัญชัย คูเจริญไพศาล. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวแดง (อังคัก). *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร, 7* (2), 26-40. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/PRRJ_Scitech/article/view/41809

สุภาภาณี บุญเสน, ณัฐสิมา บุญใบ, สุมนา พูลยิ้ม, อัญธิศร สิริทรัพ์เจริญ, พีรพงศ์ งามนิคม, และศิริลักษณ์ สุรินทร์. (2564) . การพัฒนาผลิตภัณฑ์บราวนี่เพื่อสุขภาพจากถั่วสามสี. *วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 20* (1), 30-39. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/rmutt-journal/article/view/240605

อริสา รอดมุ้ย และอรอุมา จิตรวโรภาส. (2550). การผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วน. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 3* (1), 37-43. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JFTSU/article/view/38442/31843

AOAC. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC International-20TH EDITION. Guidelines for Standard Method Performance Requirements Appendix F.

Ayutthaya, K.T.N., Phota, K. & Nanta, N. (2018). Effect of Wheat Flour Substitution with Brown Rice Flour on Sponge Cake's Qualities. *Journal of Food Health and Bioenvironmental Science*, *11* (3), 6-11. http://researchold.dusit.ac.th/new/upload/file/df91dc9146f09814c0c4fe52d2a05cee.pdf

Bao, J. & Bergman, C. J. (2018). *Rice Flour and Starch Functionality.* Starch in Food, 373–419. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00010-X

Duda, A., Je**ż**owski, P., Radzikowska, D. & Kowalczewski, P.L. (2019). Partial wheat flour replacement with gluten free flours in bread - quality, texture and antioxidant activity. Journal of Microbiology, *Biotechnology and Food Sciences*, *9*, 505-509. Doi: 10.15414/jmbfs.2019/20.9.3.505-509

Guo, L., Xu, D., Xu, D., Fang, F., Jin, Z., & Xu, X. (2020). Effect of glutathione on wheat dough properties and bread quality. *Journal of Cereak Science*, *96*, 103116. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103116

Keeratipibul, S., Luangsakul. N. & Lertsatchayarn, T. (2008). The effect of Thai glutinous rice cultivars, grain length and cultivating locations on the quality of rice cracker (arare). *Food Science and Technology, 41* (10), 1934-1943. https://doi.org/ 10.1016/ j.lwt.2007.12.008

Thiranusornkij, L., Thamnarathip, P., Chandrachai, A., Kuakpetoon, D. & Adisakwattana, S. (2018). Physicochemical properties of Hom Nil (*Oryza sativa*) rice flour as gluten free ingredient in bread. *Foods*, *7* (10): 159. https://doi.org/10.3390/foods7100159

Yahya, F., Fryer, P.J. & Bakalis, S. (2011). The absorption of 2-acetyl-1-pyrroline during cooking of rice (*Oryza sativa* L.) with pandan (*Pandanusamaryllifolius* Roxb.) leaves. *Procedia Food Science*, 722-728. https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.109

Yu, S.Y., Mitchell, J.R. & Abdullah, A. (1981). Production and acceptability testing of fish cracker ('keropok') prepared by the extrusion method. *Journal of Food Technology*. 16: 51-58. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb00995.x