วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 27 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2565
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 27 (No.3) September – December 2022 บทความวิจัย

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าหรือแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของแฮชบราวน์แช่แข็งปลอดกลูเตนจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาที

Effects of Wheat Flour Substituted with Rice Flour or Cassava Starch on the Qualities of Frozen Gluten-free Hash Browns from Cassava Hanatee var.

ฤทัย เรืองธรรมสิงห์[1], วิชมณี ยืนยงพุทธกาล[2] และ น้องนุช ศิริวงศ์[1*]

Rutai Ruangthamsing[1], Wichamanee Yuenyongputtakal[2] and Nongnuch Siriwong[1*]

[1] *ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

[2] *ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*

[1]*Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University*

[2]*Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University*

Received : 7 March 2022

Revised : 15 March 2022

Accepted : 21 March 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาที (*Manihot esculenta* Crantz) ให้เป็นผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตน (สูตร Gluten-free) โดยใช้แป้งข้าวเจ้าหรือแป้งมันสำปะหลังแทนการใช้แป้งสาลีเพื่อเป็นตัวเชื่อมประสาน การผลิตแฮชบราวน์พบว่าสูตร Gluten-free ประกอบด้วย มันสำปะหลังพันธุ์ห้านาที เกลือ พริกไทย เนย และแป้งข้าวเจ้า ตัวอย่างแฮชบราวน์ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าในระดับ 4 กรัมในการผลิตให้ผลดีที่สุด ปริมาณความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 40 มีปริมาณไขมันร้อยละ 34 ค่าความแข็งของเปลือกนอกสูงกว่าตัวอย่างอื่น (135 กรัม) มีเนื้อสัมผัสภายในอยู่ตัวไม่นิ่มเละ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบการใช้แป้งข้าวเจ้าสูงกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสภายใน กลิ่นรส รสชาติ การอมน้ำมัน และความชอบโดยรวม มีคะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.84-7.48) เมื่อเปรียบเทียบแฮชบราวน์สูตร Gluten-free ที่พัฒนาได้กับสูตรดั้งเดิม พบว่า ปริมาณความชื้นของแฮชบราวน์สูตร Gluten-free (ร้อยละ 40) มีปริมาณน้อยกว่าสูตรดั้งเดิม (ร้อยละ 47) ในขณะที่ปริมาณไขมัน (ร้อยละ 33) สูงกว่าสูตรดั้งเดิม (ร้อยละ 30) เนื่องจากองค์ประกอบของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่แตกต่างกัน ส่วนค่าความแข็งของเปลือกนอกและค่าความแข็งเนื้อภายในของสูตร Gluten-free มีค่าสูงกว่าสูตรดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของทั้ง 2 สูตรในทุกคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.91-7.58)

คำสำคัญ : มันสำปะหลังพันธุ์ห้านาที ; แฮชบราวน์ ; ปลอดกลูเตน ; การทดสอบทางประสาทสัมผัส

Abstract

This study aimed to develop a formulation of frozen hash brown from cassava Hanatee var. (*Manihot esculenta* Crantz) as a gluten-free product (Gluten-free formula) using rice flour or cassava starch instead of wheat flour as binder. The gluten-free hash brown consists of cassava Hanatee, salt, pepper, butter, and rice flour. Gluten-free hash brown formula, using four grams of rice flour yielded the best results with the lowest moisture content 40% and fat content 34% with hardness of crust (135 g) higher than the other samples and firm, soft but not melted texture. Sensory scores were significantly higher using rice flour instead of cassava starch ($p \leq 0.05$) in terms of appearance, texture, flavor, taste, oiliness, and overall liking giving scores as slightly to moderately liking (6.84-7.48). The Comparison of two formulas (gluten-free formula and original formula), moisture content of the gluten-free formula (40%) was less than the original formula (47%), while fat content (33%) was higher than the original formula (30%) due to the different properties of rice flour and cassava starch. Hardness of crust and hardness of crumb of the gluten-free formula were significantly higher than the original formula ($p \leq 0.05$), while sensory scores were not significantly different for all the other attributes ($p > 0.05$) giving scores as slightly to moderately liking. (6.91-7.58)

Keywords : hanatee cassava ; hash brown ; gluten-free ; sensory test

***Corresponding author. E-mail :** nongnuch.si@ku.th

บทนำ

มันสำปะหลัง ได้รับการยกย่องจากองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nation, FAO) ให้เป็นพืชแห่งศตวรรษที่ 21 เนื่องจากเป็นพืชเพื่อความมั่นคงด้านอาหารของประเทศที่กำลังพัฒนา ทวีปแอฟริกาสามารถผลิตมันสำปะหลังได้มากที่สุดของโลก (ร้อยละ 57) ส่วนในประเทศทวีปเอเชียสามารถผลิตได้ร้อยละ 32 โดยผู้นำการผลิต คือ ประเทศไทยและอินโดนีเซีย (Byju & Suja, 2020; Food and Agriculture Organization of the United Nation, 2018) มันสำปะหลังสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ ชนิดขม นิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรม มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิค (Hydrocyanic acid, HCN) ค่อนข้างสูง คือ เกินกว่า 10 พีพีเอ็ม (ppm) ซึ่งเป็นปริมาณที่ FAO และองค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) กำหนดว่ามีความเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ ส่วนชนิดหวาน มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำกว่าและไม่มีรสขม สามารถใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ดีสำหรับมนุษย์ มันสำปะหลังชนิดหวานพันธุ์ห้านาที (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภคในประเทศไทย ส่วนใหญ่นิยมนำมาทำเป็นอาหารที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีง่าย ๆ เช่น ต้ม อบ ปิ้งและเชื่อม ซึ่งรูปแบบการบริโภคหัวมันสำปะหลังสดยังไม่มีความหลากหลาย และหัวมันสำปะหลังมีอายุการเก็บรักษาสั้น เสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็วภายหลังจากการเก็บเกี่ยว (Oyeyinka *et al*., 2019)

ด้วยสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อจากไวรัสโคโรนา 2019 (โควิด 19) ที่กระจายไปทั่วโลก ความต้องการอาหารแช่แข็ง อาหารพร้อมบริโภคจึงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เพื่อตอบรับกับชีวิตวิถีใหม่ (New normal) โดยพบว่าตลาดอาหารแช่แข็งมีมูลค่าประมาณ 244.3 พันล้านเหรียญสหรัฐในปี 2563 ซึ่งคาดว่าจะมีมูลค่าเพิ่มสูงถึง 312.3 พันล้านเหรียญสหรัฐภายในปี 2568 (World Frozen Food Market Analysis, 2020) แฮชบราวน์ (Hash brown) เป็นหนึ่งในอาหารแช่แข็งทำจากมันฝรั่งปรุงรสด้วยเครื่องปรุง นำมาขึ้นรูปทรงต่าง ๆ แล้วทอดในน้ำมันจนมีสีเหลืองทอง กรอบนอกนุ่มในเป็นที่นิยมบริโภคไปทั่วโลก ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ จำนวนมาก ทั้งในอเมริกาเหนือและยุโรป ส่วนในเอเชียพบว่ามีการพัฒนาผลิตภัณฑ์แฮชบราวน์โดยใช้มันสำปะหลังแทนมันฝรั่ง (Ruangthamsing & Siriwong, 2019; Somendrika *et al*., 2018) ซึ่งให้ผลทางประสาทสัมผัสที่ดีในเรื่องของรสชาติ ความเค็ม และการอมน้ำมัน จากการศึกษาของ Arisseto *et al*. (2007) พบว่า ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมันสำปะหลังมีปริมาณอะคริลาไมด์ (Acrylamide) น้อยกว่าผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่งมากกว่าร้อยเท่า เนื่องจากมันฝรั่งที่ผ่านการขึ้นรูปและทอดด้วยอุณหภูมิสูง ส่งผลให้เกิดสารอะคริลาไมด์ ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Rifai & Saleh, 2020; Palazoglu *et al*, 2010) นอกจากนี้แฮชบราวน์ทางการค้าส่วนใหญ่มักมีส่วนประกอบจากแป้งสาลี ที่ช่วยเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัส การพองตัวและความกรอบ ซึ่งกลุ่มคนแพ้กลูเตน (Gluten Intolerance) ไม่สามารถบริโภคได้ มีรายงานการใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง หรือแป้งชนิดอื่นมาทดแทนแป้งสาลีทั้งในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ผลิตภัณฑ์เส้น อาหารประเภททอด เป็นต้น ซึ่งสามารถช่วยแก้ไขปัญหาและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในกลุ่มนี้ (Maneechoold *et al*., 2021; Aleman *et al*., 2021; Mir *et al*., 2019; Dini *et al*., 2014) ดังนั้น จึงเป็นโอกาสที่ดีของมันสำปะหลังไทยและเป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับผู้ผลิตอาหารในการนำมันสำปะหลังมาผลิตเป็นอาหารปลอดกลูเตนที่มีแนวโน้มความต้องการในการบริโภคเพิ่มขึ้นในตลาดโลก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีให้เป็นผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้าหรือแป้งมันสำปะหลังแทนการใช้แป้งสาลี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. *<u>การพัฒนาสูตรแฮชบราวน์ปลอดกลูเตนแบบแช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาที</u>*

นำสูตรและวิธีการผลิตแฮชบราวน์แบบแช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีสูตรดั้งเดิม (Ruangthamsing & Siriwong. 2019) ที่ประกอบด้วยมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาที เกลือป่น (ตราปรุงทิพย์ จากบริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด ประเทศไทย) พริกไทยป่น (ตราไร่ทิพย์ จากบริษัท ไร่ธัญญะ จำกัด ประเทศไทย) เนยสดรสจืด (ตราอลาวรี่ จากบริษัท เคซีจี คอร์ปอเรชั่น จำกัด ประเทศไทย) และแป้งสาลี (ตราว่าว จากบริษัท ยูเอฟเอ็มฟู้ดเซ็นเตอร์ จำกัด ประเทศไทย) มาปรับปรุงให้เป็นสูตรปลอดกลูเตน (สูตร Gluten-free) โดยใช้แป้งข้าวเจ้า (RF) (ตราช้างสามเศียร จากบริษัท โรงเส้นหมี่ชอเฮง จำกัด ประเทศไทย) หรือแป้งมันสำปะหลัง (CS) (ตราปลาไทย จากบริษัท อี.ที.ซี. เอี๊ยบตงจั่น จำกัด ประเทศไทย) แทนแป้งสาลีในสูตร แสดงดังตารางที่ 1 จากการทดลองเบื้องต้นโดยใช้แป้งข้าวเจ้า หรือแป้งมันสำปะหลัง ในปริมาณเท่ากับแป้งสาลีในสูตรดั้งเดิม พบว่า ได้ส่วนผสมมีลักษณะคล้ายกาว เป็นเมือก เหนียว ยืด ทำให้เป็นอุปสรรคในขั้นตอนการผลิต เนื่องจากส่วนผสมมีความเหนียว ยืดและติดพิมพ์ในขณะขึ้นรูป ดังนั้นแนวทางการพัฒนาสูตรที่ดำเนินการ คือ ต้องปรับลดปริมาณการใช้แป้งทั้ง 2 ชนิดลง โดยการทดลองเบื้องต้นพบว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าหรือแป้งมันสำปะหลังในปริมาณเพียงเล็กน้อย (ร้อยละ 0.4-1.2) ก็สามารถผลิตและขึ้นรูปเป็นชิ้นแฮชบราวน์ได้ดีไม่ต่างจากการใช้แป้งสาลี มีความคงตัว คงรูปร่างได้ ตัวอย่างเกาะตัวรวมเป็นชิ้นได้ดีและไม่แตกกระจายระหว่างกระบวนการทอด

ดังนั้น จึงดำเนินการจัดสิ่งทดลองแบบ Factorial 2x3 โดยศึกษาปัจจัยจำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของแป้ง คือ แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง และปริมาณของแป้ง คือ 4, 8 และ 12 กรัม โดยควบคุมปริมาณเนื้อมันสำปะหลังที่ใช้ในสูตรครั้งละ 1000 กรัม และเครื่องปรุงรสปริมาณรวม 56 กรัม เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังที่ใช้แป้งข้าวเจ้าหรือแป้งมันสำปะหลังแทนแป้งสาลีในระดับที่ต่างกันในการผลิตแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีปลอดกลูเตน

ส่วนประกอบ	สูตรดั้งเดิม (กรัม)	สูตรปลอดกลูเตน (กรัม)					
		1 (RF4)	2 (RF8)	3 (RF12)	4 (CS4)	5 (CS8)	6 (CS12)
มันสำปะหลังพันธุ์ห้านาที	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
เกลือ	10	10	10	10	10	10	10
พริกไทย	6	6	6	6	6	6	6
เนย	40	40	40	40	40	40	40
แป้งสาลี	40	-	-	-	-	-	-
แป้งมันสำปะหลัง	-	4	8	12	-	-	-
แป้งข้าวเจ้า	-	-	-	-	4	8	12

โดยมีขั้นตอน คือ นำมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีมาล้างน้ำให้สะอาด ปอกเปลือก ล้างให้สะอาดอีกครั้ง หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 1x1x0.5 เซนติเมตร นำมานึ่งด้วยไอน้ำร้อนจนกระทั่งวัดอุณหภูมิใจกลางของมันสำปะหลังได้ 85-90 องศาเซลเซียส จากนั้นแช่ในน้ำเย็นเป็นเวลา 2 นาที ตักออกมาสะเด็ดน้ำให้แห้ง นำไปผสมกับส่วนผสมต่าง ๆ ให้เข้ากัน เทส่วนผสมที่ได้ลงในพิมพ์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว หนา 1 เซนติเมตร และกดให้แน่น นำไปแช่ในตู้แช่แข็งแบบรวดเร็วยี่ห้อ Coldline รุ่น W10TGN ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาทอดครั้งที่ 1 ในน้ำมันปาล์มยี่ห้อมรกต จากบริษัท ไซม์ ดาร์บี้ ออยส์ มรกต จำกัด (มหาชน) ที่อุณหภูมิ 180±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเก็บรักษาในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพ ดำเนินการสุ่มตัวอย่าง 3 ช่วง ดังนี้ (1) ก่อนการทอดหลังการขึ้นรูป (ก่อนทอด) (2) หลังการทอดครั้งที่ 1 ก่อนการเก็บรักษาในตู้แช่แข็ง (การทอดครั้งที่ 1) และ(3) หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำตัวอย่างมาทอด (การทอดครั้งที่ 2) โดยนำมาละลายที่อุณหภูมิห้อง 2-3 นาที ทอดครั้งละ 15 ชิ้น ในน้ำมันปาล์ม โดยใช้อัตราส่วนชิ้นอาหารต่อน้ำมันทอดเป็นอัตราส่วน 1:20 ที่ 180±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที วิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนและปริมาณไขมันด้วยวิธีการ Soxhlet extraction ตามวิธีการของ (AOAC, 2000) วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab Digital Colorimeter; Colorflex 4510 (Hunter Association Laboratory, USA) รายงานค่า L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) โดยวัดแต่ละตัวอย่างจำนวน 20 ซ้ำ วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analysis รุ่น TA-XT Plus ประเทศสหรัฐอเมริกา ดัดแปลงวิธีการวิเคราะห์ตามวิธีการของ Angela *et al*. (2009) โดยใช้หัววัด cylinder probe (P/2) ใช้ความเร็วหัวกดก่อนทดสอบ 5 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วขณะทดสอบ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วหลังทดสอบ 5 มิลลิเมตร/วินาที กดเป็นระยะทาง 7 มิลลิเมตร วิเคราะห์ค่าความแข็งของเปลือกนอก ความกรอบ และค่าความแข็งภายใน โดยวัดแต่ละตัวอย่างจำนวน 20 ซ้ำ การทดสอบทางประสาทสัมผัส นำแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีปลอดกลูเตนทั้ง 6 สิ่งทดลองที่ทอดแล้ว มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการ 9 Point Hedonic Scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี ความกรอบเปลือกนอก เนื้อสัมผัสภายใน กลิ่นรส รสชาติ ความมีเสี้ยน การอมน้ำมัน และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบช่วงอายุ 18-60 ปี จำนวน 50 คน โดยผู้ทดสอบต้องไม่เป็นผู้แพ้อาหารหรือส่วนผสมที่ใช้ในการผลิต ทั้งนี้ได้ผ่านการพิจารณาการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (COE No. COE62/083)

วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Factorial in Completely Randomized Design) ยกเว้นการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มในบลอกสมบูรณ์ (Factorial in Randomized Complete Block Design) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม MINITAB version 17 จากบริษัท Minitab Inc. รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. การเปรียบเทียบคุณภาพของแฮชบราวน์แบบแช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีปลอดกลูเตนที่พัฒนาได้กับสูตรดั้งเดิม

นำสูตรแฮชบราวน์แบบแช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีปลอดกลูเตนที่พัฒนาได้จากข้อที่ 1 มาเปรียบเทียบกับแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีสูตรดั้งเดิม ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี คือ ปริมาณความชื้นและไขมัน คุณภาพทางกายภาพ คือ ค่าสีและเนื้อสัมผัส และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ตามวิธีการในข้อที่ 1 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาทดสอบด้วยสถิติ t-test โดยใช้โปรแกรม MINITAB version 17 จากบริษัท Minitab Inc. รัฐเพนซิลเวเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา

ผลการวิจัย

1. *ผลการพัฒนาสูตรแฮชบราวน์ปลอดกลูเตนแบบแช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาที*

จากตารางที่ 2 พบว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของชนิดแป้งและปริมาณการใช้มีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 2 ปริมาณไขมันก่อนทอด ปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1 ค่าสี L* และ b* รวมทั้งค่าความแข็งภายใน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนอิทธิพลหลักด้านชนิดของแป้งส่งผลต่อค่าความชื้นก่อนทอด ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1 ปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 2 ค่าสี a* ความแข็งของเปลือกนอก และค่าความกรอบ ส่วนอิทธิพลหลักด้านปริมาณการใช้ส่งผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1 ปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 2 และค่าความแข็งของเปลือกนอก

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า อิทธิพลระหว่างชนิดของแป้งและปริมาณการใช้ มีผลต่อคุณลักษณะด้านรสชาติเพียงด้านเดียว ส่วนอิทธิพลหลักด้านชนิดของแป้งส่งผลต่อลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสภายใน กลิ่นรส รสชาติ การอมน้ำมัน และความชอบโดยรวม และอิทธิพลหลักด้านปริมาณส่งผลความชอบด้านเนื้อสัมผัส

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ศึกษาด้านชนิดและปริมาณแป้งที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าคุณภาพที่วิเคราะห์ทุกค่าในรูปแบบของอิทธิพลหลักของปัจจัยหรือปฏิกิริยาสัมพันธ์ของปัจจัย รายงานผลสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีและกายภาพของแฮชบราวน์จากมันสำปะหลังแช่แข็งปลอดกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้าหรือแป้งมันสำปะหลังแทนแป้งสาลี

คุณภาพทางเคมีและกายภาพ	ชนิดของแป้ง	ปริมาณการใช้	ชนิดของแป้ง*ปริมาณการใช้
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)			
ก่อนทอด	**sig (0.000)**	ns (0.392)	ns (0.219)
การทอดครั้งที่ 1	**sig (0.000)**	**sig (0.046)**	ns (0.107)
การทอดครั้งที่ 2	**sig (0.000)**	**sig (0.000)**	**sig (0.002)**
ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)			
ก่อนทอด	**sig (0.002)**	ns (0.335)	**sig (0.038)**
การทอดครั้งที่ 1	ns (0.066)	**sig (0.012)**	**sig (0.037)**
การทอดครั้งที่ 2	**sig (0.012)**	**sig (0.004)**	ns (0.100)
ค่าสี			
L*	ns (0.194)	**sig (0.001)**	**sig (0.001)**
a*	**sig (0.024)**	ns (0.182)	ns (0.552)
b*	**sig (0.001)**	**sig (0.001)**	**sig (0.026)**
ค่าเนื้อสัมผัส			
ความแข็งของเปลือกนอก (กรัม)	**sig (0.000)**	**sig (0.002)**	ns (0.638)
ความกรอบ (มิลลิเมตร)	**sig (0.006)**	ns (0.529)	ns (0.172)
ความแข็งภายใน (กรัม)	**sig (0.000)**	**sig (0.036)**	**sig (0.000)**

หมายเหตุ sig หมายถึง มีผลต่อค่าคุณภาพที่วิเคราะห์ ($p \leq 0.05$) , ns หมายถึง ไม่มีผลต่อค่าคุณภาพที่วิเคราะห์ ($p > 0.05$)
ค่าในวงเล็บ หมายถึงค่า p-value

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแฮชบราวน์จากมันสำปะหลังแช่แข็งปลอดกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้าหรือแป้งมันสำปะหลังแทนแป้งสาลี

คุณลักษณะ	ชนิดของแป้ง	ปริมาณการใช้	ชนิดของแป้ง*ปริมาณการใช้
ลักษณะปรากฏ	**sig (0.010)**	ns (0.358)	ns (0.972)
สี	ns (0.784)	ns (0.314)	ns (0.064)
ความกรอบของเปลือกนอก	ns (0.589)	ns (0.469)	ns (0.959)
เนื้อสัมผัสภายใน	**sig (0.000)**	**sig (0.001)**	ns (0.371)
กลิ่นรส	**sig (0.023)**	ns (0.143)	ns (0.432)
รสชาติ	**sig (0.000)**	ns (0.725)	**sig (0.020)**
ความมีเสี้ยน	ns (0.201)	ns (0.157)	ns (0.664)
การอมน้ำมัน	**sig (0.009)**	ns (0.403)	ns (0.738)
ความชอบโดยรวม	**sig (0.007)**	ns (0.893)	ns (0.233)

หมายเหตุ sig หมายถึง มีผลต่อค่าคุณภาพที่วิเคราะห์ ($p \leq 0.05$) , ns หมายถึง ไม่มีผลต่อค่าคุณภาพที่วิเคราะห์ ($p > 0.05$)
ค่าในวงเล็บ หมายถึงค่า p-value

จากตารางที่ 4 ซึ่งแสดงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 2 พบว่า ตัวอย่างแฮชบราวน์ที่ใช้แป้งมันสำปะหลังทั้ง 3 ระดับ คือสูตร CS4 CS8 และ CS12 มีปริมาณความชื้นที่สูงกว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าสูตร RF4 และ RF12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณความชื้นก่อนทอดและความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1 ซึ่งแสดงในตารางที่ 5 พบว่าการใช้แป้งข้าวเจ้ามีผลทำให้แฮชบราวน์มีปริมาณความชื้นก่อนทอดน้อยกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง สำหรับปริมาณไขมันก่อนทอดและปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าทั้ง 3 ระดับ มีปริมาณไขมันก่อนทอดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีปริมาณน้อยกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากการทดแทนผลิตภัณฑ์ด้วยแป้งมันสำปะหลังในระดับที่สูงขึ้น พบว่า ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันก่อนทอดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และเมื่อผ่านการทอดครั้งที่ 1 พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนทั้ง 3 ระดับ ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันหลังการทอดครั้งที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 2 (ตารางที่ 5) แสดงให้เห็นว่าการใช้แป้งข้าวเจ้ามีปริมาณไขมันสูงกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง และการใช้ในปริมาณที่สูงขึ้น RF12 ส่งผลต่อการดูดซับไขมันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 2 ที่ไม่แตกต่างจากการใช้ในปริมาณน้อย RF4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 6 จากปริมาณไขมันการทอดครั้งที่ 2 ของการใช้แป้งข้าวเจ้าที่มีค่าสูงกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง จึงแสดงให้เห็นว่า แป้งข้าวเจ้ามีประสิทธิภาพในการลดการดูดซับไขมันหลังจากการทอดครั้งที่ 2 น้อยกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง

จากตารางที่ 4 พบว่า ตัวอย่าง CS4 มีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด และไม่แตกต่างจากตัวอย่าง RF12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) รองลงมา คือ ตัวอย่าง RF4 RF8 และ CS12 พบว่า ค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการวิเคราะห์ค่าความแข็งภายใน พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ค่าความแข็งภายในมีค่าเพิ่มมากขึ้น เนื้อสัมผัสจับตัวกันเป็นก้อนอยู่ตัว ในขณะที่การใช้แป้งมันสำปะหลัง เมื่อใช้ในปริมาณที่สูงขึ้นกลับทำให้ค่าความแข็งภายในลดลง

เมื่อพิจารณาด้านคะแนนความชอบด้านรสชาติ (ตารางที่ 7) พบว่า แฮชบราวน์ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าได้รับคะแนนสูงกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง โดยตัวอย่าง RF4 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด และไม่แตกต่างจากตัวอย่าง RF8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนตัวอย่าง RF12 CS8 และ CS12 ได้รับคะแนนความชอบรองลงมา โดยทั้ง 3 สูตรมีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) จากผลการทดลองในตารางที่ 8 พบว่า คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสภายใน กลิ่นรส การอมน้ำมัน และความชอบโดยรวมของการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนในผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมสูงกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง และจากตารางที่ 9 พบว่า การใช้ปริมาณแป้งในระดับต่ำ เพียงพอต่อการช่วยยึดติดของชิ้นมันสำปะหลังที่อยู่ภายในและให้เปลือกที่บางกรอบภายนอก หากใช้แป้งในระดับสูงจะส่งผลให้เกิดกลุ่มของก้อนแป้งหรือแป้งส่วนเกินจากการใช้ยึดเกาะของชิ้นมันสำปะหลัง ซึ่งส่งผลต่อรสชาติได้ (ตารางที่ 7) ดังนั้น การใช้แป้งข้าวเจ้าในระดับต่ำ (RF4) ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนความชอบด้านรสชาติสูงสุด

จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าสามารถพัฒนาสูตรแฮชบราวน์จากมันสำปะหลังแช่แข็งปลอดกลูเตนได้ โดยสูตรที่เหมาะสมที่คัดเลือก คือ สูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแทนแป้งสาลีในปริมาณ 4 กรัม (RF4) เนื่องจากให้ปริมาณ

ความชื้นต่ำ ให้ค่าความแข็งของเปลือกนอกสูง มีเนื้อสัมผัสภายในที่อยู่ตัวไม่นิ่มเละ และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสภายใน กลิ่นรส รสชาติ การอมน้ำมัน และความชอบโดยรวมสูงกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง

ตารางที่ 4 คุณภาพทางเคมีและกายภาพที่เกิดจากอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของแป้งและปริมาณการใช้ที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ความชื้น (ร้อยละ) การทอดครั้งที่ 2	ไขมัน (ร้อยละ) ก่อนทอด	ไขมัน (ร้อยละ) การทอดครั้งที่ 1	ค่าสี *L**	ค่าสี *b**	ค่าความแข็งภายใน (กรัม)
1 (RF4)	40.19±1.04^{d}	6.78±0.10^{c}	23.89±0.51^{bc}	48.34±0.36^{b}	25.96±0.29^{a}	40.56±0.63^{b}
2 (RF8)	45.29±0.35^{a}	6.76±0.03^{c}	25.25±1.49^{abc}	48.47±0.38^{b}	25.94± 0.54^{a}	41.30±1.29^{b}
3 (RF12)	42.01±0.40^{c}	6.45±0.34^{c}	23.82±0.94^{bc}	49.26±0.28^{a}	24.36±0.75^{b}	44.80±0.75^{a}
4 (CS4)	43.34±1.25^{bc}	6.84±0.24^{bc}	23.61±0.73^{c}	49.33±0.25^{a}	25.50±0.31^{a}	42.84±0.37^{ab}
5 (CS8)	45.02±1.04^{ab}	7.41±0.62^{ab}	25.48±0.45^{ab}	47.68±0.31^{c}	23.57±0.49^{b}	36.39±1.20^{c}
6 (CS12)	44.09±1.24^{ab}	7.73±0.32^{a}	26.11±0.82^{a}	48.48±0.40^{b}	23.66±0.49^{b}	35.13±3.16^{c}

หมายเหตุ $^{a,b,..}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 5 คุณภาพทางเคมีและกายภาพที่เกิดจากอิทธิพลชนิดของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่แตกต่างกัน

ชนิดของแป้ง	คุณภาพทางเคมีและกายภาพ					
	ความชื้น (ร้อยละ) ก่อนทอด	ความชื้น (ร้อยละ) การทอดครั้งที่1	ไขมัน (ร้อยละ) การทอดครั้งที่2	ค่าสี *a**	ค่าความแข็งของเปลือกนอก (กรัม)	ค่าความกรอบ (มิลลิเมตร)
แป้งข้าวเจ้า	72.28±0.47^{b}	53.45±1.13^{b}	34.00±0.96^{a}	3.65±0.48^{a}	134.72±6.43^{a}	2.15±0.15^{b}
แป้งมันสำปะหลัง	73.49±0.50^{a}	55.20±0.83^{a}	32.79±1.61^{b}	3.24±0.22^{b}	122.98±5.99^{b}	2.36±0.10^{a}

หมายเหตุ $^{a,b,..}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 6 ปริมาณไขมันและค่าความแข็งของเปลือกนอกที่เกิดจากอิทธิพลปริมาณการใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังที่แตกต่างกัน

ปริมาณการใช้ (กรัม)	คุณภาพทางเคมีและกายภาพ	
	ไขมัน (ร้อยละ) การทอดครั้งที่ 2	ค่าความแข็งของเปลือกนอก (กรัม)
4	32.96±0.86 [b]	132.69±8.06 [a]
8	34.64±0.67 [a]	131.54±7.67 [ab]
12	32.58±1.69 [b]	122.31±6.79 [b]

หมายเหตุ [a,b..] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านรสชาติที่เกิดจากอิทธิพลร่วมกันระหว่างชนิดของแป้งและปริมาณการใช้ที่ต่างกัน

ตัวอย่าง	รสชาติ
1 (RF4)	7.40±0.78[a]
2 (RF8)	7.09±0.86[ab]
3 (RF12)	7.02±0.92[bc]
4 (CS4)	6.71±0.75[c]
5 (CS8)	6.87±0.90[bc]
6 (CS12)	6.93±0.88[bc]

หมายเหตุ [a,b..] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เกิดจากอิทธิพลชนิดของแป้งที่แตกต่างกัน

ชนิดของแป้ง	คุณลักษณะ				
	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัสภายใน	กลิ่นรส	การอมน้ำมัน	ความชอบโดยรวม
แป้งข้าวเจ้า	7.44±0.74[a]	7.48±0.85[a]	7.27±0.87[a]	6.84±0.98[a]	7.37±0.80[a]
แป้งมันสำปะหลัง	7.24±0.70 [b]	7.17±0.72 [b]	7.04±0.90 [b]	6.58±1.02 [b]	7.10±0.90 [b]

หมายเหตุ [a,b..] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

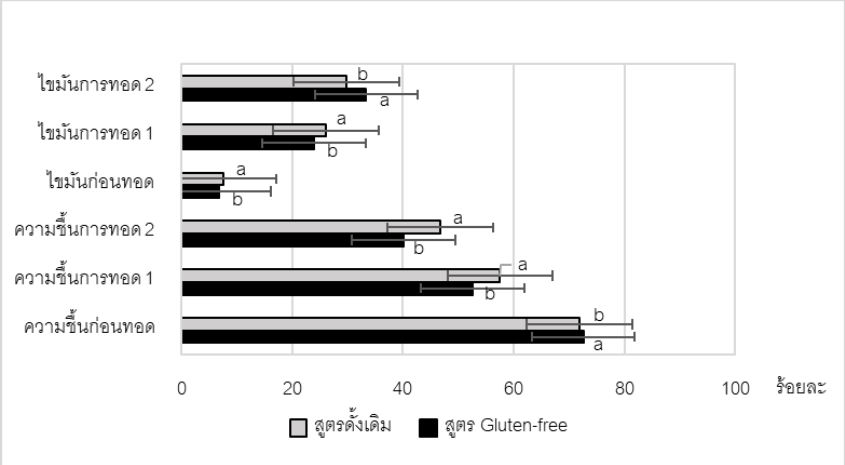
ตารางที่ 9 คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัสภายในที่เกิดจากอิทธิพลปริมาณการใช้ที่แตกต่างกัน

ปริมาณการใช้ (กรัม)	คุณลักษณะ เนื้อสัมผัสภายใน
4	7.49±0.75 [a]
8	7.39±0.77 [a]
12	7.10±0.84 [b]

หมายเหตุ [a,b..] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

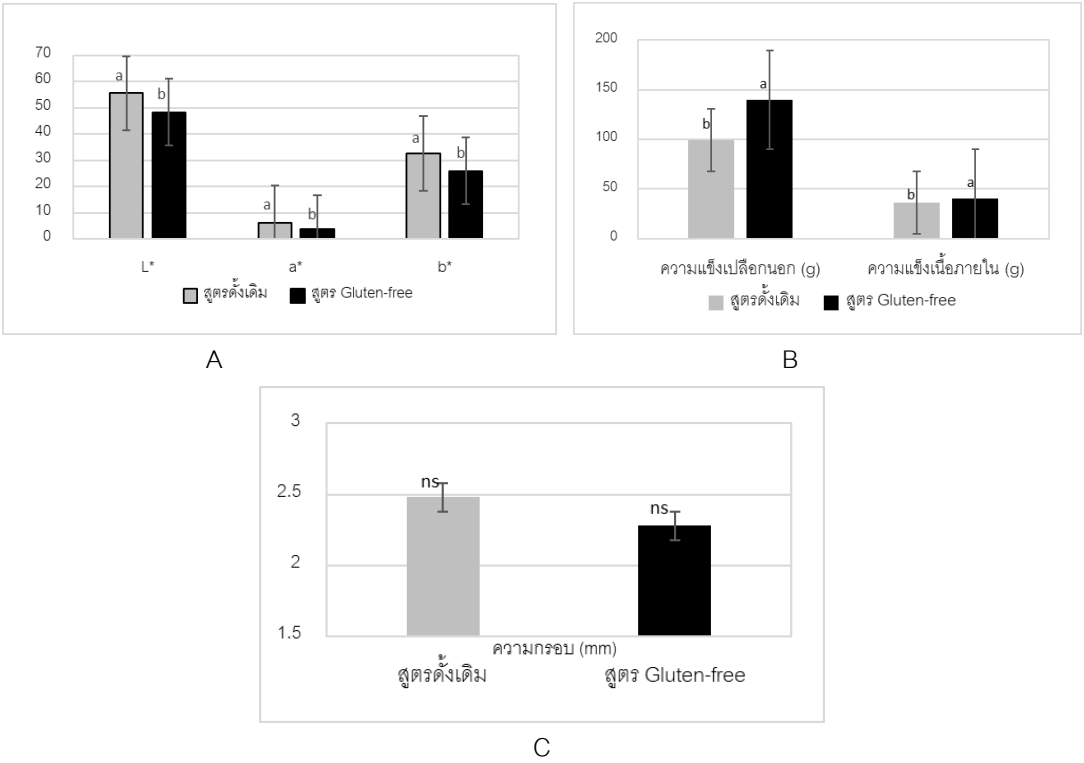
2. *<u>ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของแฮชบราวน์แบบแช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีปลอดกลูเตนที่พัฒนาได้กับสูตรดั้งเดิม</u>*

จากภาพที่ 1 พบว่า ปริมาณความชื้นก่อนทอดของแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีปลอดกลูเตนที่พัฒนาได้ (สูตร Gluten-free) สูงกว่าสูตรดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อผ่านการทอดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 แนวโน้มปริมาณความชื้นของตัวอย่างสูตรดั้งเดิมมีปริมาณความชื้นที่สูงกว่าสูตร Gluten-free อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปริมาณไขมันก่อนทอดของสูตรดั้งเดิมมีปริมาณสูงกว่าสูตร Gluten-free อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อผ่านการทอดครั้งที่ 1 พบว่าสูตรดั้งเดิมมีปริมาณไขมันสูงกว่าสูตร Gluten-free และเมื่อนำตัวอย่างทั้ง 2 สูตร มาผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำมาทอดครั้งที่ 2 พบว่า ตัวอย่างสูตร Gluten-free กลับมีปริมาณไขมันที่สูงกว่าสูตรดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



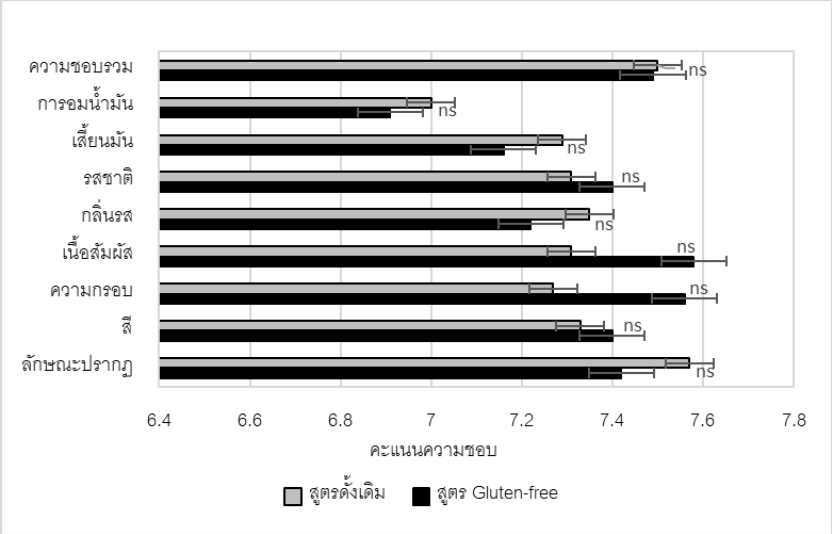
ภาพที่ 1 ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันของแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังสูตรดั้งเดิมและสูตร Gluten free

จากภาพที่ 2 พบว่า สูตรดั้งเดิม มีค่าสี *L**, *a** และ *b** สูงกว่าสูตร Gluten-free ส่วนค่าความแข็งของเปลือกนอกและค่าความแข็งเนื้อภายในของสูตร Gluten-free มีค่าสูงกว่าสูตรดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าความกรอบของทั้ง 2 สูตร มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 2 ค่าสีและเนื้อสัมผัสของแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังสูตรดั้งเดิมและสูตร Gluten free; (A) ค่าสี *L** *a** และ *b**, (B) ค่าความแข็ง และ (C) ค่าความกรอบ

เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 3) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี ความกรอบของเปลือกนอก เนื้อสัมผัสภายใน กลิ่นรส รสชาติ ความมีเสี้ยน การอมน้ำมัน และความชอบโดยรวมของทั้ง 2 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 3 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังสูตรดั้งเดิมและสูตร Gluten free

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. *ผลการพัฒนาสูตรแฮชบราวน์ปลอดกลูเตนแบบแช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาที*

เมื่อพิจารณาด้านปริมาณความชื้นของแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังทั้งก่อนการทอดและหลังการทอดทั้ง 2 ครั้ง (ตารางที่ 4-5) พบแนวโน้มว่าตัวอย่างแฮชบราวน์ที่ใช้แป้งข้าวเจ้ามีปริมาณความชื้นน้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลสสูงทำให้มีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ ในขณะที่แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลเพกทินสูงทำให้มีความสามารถในการละลายน้ำและมีกำลังการพองตัวที่ดีกว่าแป้งข้าวเจ้า (Qazi *et al*., 2014) จึงกล่าวได้ว่าแป้งมันสำปะหลังมีโอกาสละลายกับของเหลวที่มีในระบบและกักเก็บความชื้นไว้ในผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าแป้งข้าวเจ้า สอดคล้องกับที่ Chukwumah *et al*., (2013) ศึกษาการใช้แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าเป็นตัวเชื่อมประสาน (binder) ในการผลิตขนมปังหวานทอดจากแป้งข้าวฟ่าง พบว่า หลังการทอดแบบน้ำมันท่วมตัวอย่างที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณความชื้นสูงกว่าการแป้งข้าวเจ้า

Bouchon (2009) กล่าวถึงกลไกการดูดซับไขมันในอาหารทอดว่าเมื่ออาหารถูกจุ่มลงในน้ำมันร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ อาหารจะได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิจุดเดือด ทำให้ความชื้นภายในถูกดันออกสู่พื้นผิวกลายเป็นไอน้ำ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูงจะมีปริมาณการดูดซับไขมันที่สูงด้วยเช่นกัน เนื่องจากน้ำมันจะเข้ามาแทนที่ส่วนของน้ำในอาหาร จากผลการทดลองที่พบว่าปริมาณความชื้นก่อนทอดของตัวอย่างที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณความชื้นสูงจึงมีแนวโน้มที่แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณไขมันจากการทอดครั้งที่ 1 มากกว่าการใช้แป้งข้าวเจ้า อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณไขมันจากการทอดครั้งที่ 2 พบว่า ตัวอย่างที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณไขมันน้อยกว่าการใช้แป้งข้าวเจ้า (ตารางที่ 5) ทั้งนี้เนื่องมาจากแป้งข้าวเจ้ามีความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลัง (Seetapan *et al*., 2015) การที่ตัวอย่างผ่านการเก็บรักษาด้วยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนนำมา

ทอดครั้งที่ 2 จึงมีโอกาสให้ตัวอย่างที่ใช้แป้งข้าวเจ้ามีโครงสร้างไม่แข็งแรงและเกิดช่องว่างที่จะดูดซับน้ำมันไว้ได้มากกว่า นอกจากนี้ Charoenrein and Preechathammawong (2012) กล่าวว่า แป้งที่มีอะไมโลเพกทินสูง เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพด มักนำมาใช้เป็นส่วนผสมอาหารที่ต้องผ่านการแช่แข็ง เนื่องจากสามารถช่วยลดการเกิดรูพรุนจากผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยประสานร่างแหของโครงสร้างได้ดี และลดการสูญเสียของเหลวที่ไหลจากชิ้นอาหาร (Syneresis) แม้ต้องผ่านการทำละลายหลายครั้ง จากผลการทดลองจึงแสดงให้เห็นว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังทำให้การดูดซับน้ำมันของแฮชบราวน์ที่ผ่านการเก็บด้วยการแช่แข็งลดลงมากกว่าการใช้แป้งข้าวเจ้า

เนื่องจากแฮชบราวน์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบหลัก โดยใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังร่วมด้วย เมื่อผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมซึ่งใช้อุณหภูมิสูง ในช่วง 150-200 องศาเซลเซียส จึงส่งผลให้ผิวตัวอย่างเกิดเป็นสีน้ำตาล จากปฏิกิริยาคาราเมลไลซ์เซชัน (Caramelization) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่เกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลในแป้งด้วยความร้อนสูง แล้วเกิดโพลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) จนได้สารสีน้ำตาล นอกจากนี้ส่วนผสมในการผลิตแฮชบราวน์ยังประกอบด้วยเนยและแป้ง ระหว่างการแปรรูปจึงมีโอกาสเกิดสารสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์อีกรูปแบบหนึ่งที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ซิ่ง (Reducing sugar) กับกรดอะมิโน (Sobukola *et al*., 2021; Bordin *et al*., 2013) เมื่อพิจารณาค่าสี L* และ b* พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รวมทั้งค่าสี a* ของตัวอย่างที่ใช้แป้งข้าวเจ้ามีค่ามากกว่าเมื่อใช้แป้งมันสำปะหลัง ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4-5) Liu *et al*. (2021) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลกับการเกิดสีในอาหารทอดมีหลายปัจจัย เช่น ขนาดรูพรุนของอาหาร หากมีขนาดเล็กจะทำให้เกิดการเคลือบของน้ำมันเกิดได้อย่างไม่เต็มที่ จึงมีโอกาสทำให้ความร้อนเข้าสู่ชิ้นอาหารได้ช้าและเกิดการเปลี่ยนแปลงสีได้น้อยกว่า นอกจากนี้แป้งแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแตกต่างกัน หากมีสารตั้งต้นสมบูรณ์กว่าก็จะส่งผลให้ตัวอย่างมีสีเข้มกว่า เช่น แป้งข้าวเจ้ามีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังจึงมีโอกาสเกิดสารสีน้ำตาลได้มากกว่า เป็นต้น

สำหรับค่าความแข็งภายใน พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าในปริมาณมาก (RF12) ทำให้ค่าความแข็งภายในมีค่าเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสที่จับตัวกันเป็นก้อนอยู่ตัว เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสสูงและมีอัตราการคืนตัวของแป้งที่สูงกว่า ในขณะที่การใช้แป้งมันสำปะหลัง หากใช้ในปริมาณที่สูงขึ้นกลับทำให้ค่าความแข็งภายในลดลง เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีโครงสร้างกิ่งก้านมาก มีอัตราการพองตัวสูง เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดเป็นเจลใส ยืดหยุ่น มีความหนืดสูง เนื้อสัมผัสจึงเละและนิ่มกว่า (Jeong *et al*., 2021) สอดคล้องกับที่ Saeleaw & Schleining (2010) อธิบายว่าแป้งมันสำปะหลังจะดูดซับน้ำได้ดี เมื่อได้รับความร้อนจะเริ่มหนืดและสุกได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า เจลมีความใสและหนืดสูง การจัดระเบียบภายในเม็ดแป้งไม่แข็งแรง ลักษณะค่อนข้างเละ ค่าความหนืดสุดท้ายของแป้งมันสำปะหลังต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า และมีค่าการคืนตัวต่ำ จึงทำให้ลดค่าความแข็งภายในลง Maneechoold *et al*. (2021) รายงานว่า การใช้อัตราส่วนแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังแตกต่างกันมีผลต่อเนื้อสัมผัสของทาโกะยากิปลอดกลูเตน โดยพบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังในปริมาณมากทำให้เนื้อภายในไม่เซ็ตตัว มีลักษณะเป็นเจลใส ยุบตัวง่ายและไม่คงรูป ในขณะที่การใช้แป้งข้าวเจ้าในปริมาณมากช่วยให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความแข็งของเปลือกนอกและค่าความกรอบ พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าในปริมาณน้อยมีแนวโน้มทำให้ค่าความแข็งของเปลือกนอกและค่าความกรอบมากที่สุด (ตารางที่ 5-6) สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Poratso *et al*. (2019) ที่ศึกษาการ

ใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังในการผลิตแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน พบว่า แครกเกอร์ที่ใช้แป้งข้าวเจ้ามีลักษณะกรอบ ในขณะที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมีลักษณะหนืดและยืดหยุ่น

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 8) พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนในแฮชบราวน์ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากกว่าการทดแทนโดยใช้แป้งมันสำปะหลังในหลายคุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสภายใน กลิ่นรส การอมน้ำมัน และความชอบโดยรวม สอดคล้องกับข้อดีของการใช้แป้งข้าวเจ้าในอาหารประเภททอดที่ช่วยเพิ่มแรงยึดเกาะ โครงสร้างของแป้งมีความแข็งแรงสูง มีแรงพันธะภายในและการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแป้งที่แข็งแกร่ง รวมทั้งช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารและรสชาติ (Qazi *et al*., 2014) จึงมีโอกาสขึ้นรูปชิ้นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ มีโครงสร้างที่สามารถเก็บกักรสชาติของส่วนผสมต่าง ๆ ในแฮชบราวน์ไว้ได้ดี มีข้อสังเกตว่าแม้ปริมาณไขมันของแฮชบราวน์ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าซึ่งผ่านการทอดครั้งที่ 2 มีแนวโน้มมากกว่า แต่ผู้ทดสอบยังคงให้คะแนนความชอบด้านการอมน้ำมันมากกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง อาจเนื่องมาจาก แม้มีปริมาณน้ำมันมากกว่าแต่ไม่ได้ส่งผลให้รู้สึกเลี่ยนมันมากจนเกินไป นอกจากนี้การใช้แป้งมันสำปะหลังทำให้เนื้อสัมผัสภายในมีลักษณะคล้ายเจล มีเงาใส เป็นเมือกลื่น เนื้อสัมผัสค่อนข้างเละ คล้ายกับชุ่มด้วยน้ำมันหรือของเหลว จึงมีผลต่อการให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสภายใน การอมน้ำมันและความชอบโดยรวมที่น้อยกว่า ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตนชนิดต่าง ๆ เช่น การผลิตทาโกะยากิปลอดกลูเตน พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง โดยการเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังส่งผลเสียต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ความกรอบ กลิ่นรส และคะแนนความชอบโดยรวม (Maneechoold *et al*., 2021) การผลิตแครกเกอร์ฟักทองปลอดกลูเตน พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและความชอบโดยรวมมากกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง ส่วนด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ความกรอบ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (Poratso *et al.,* 2019) อย่างไรก็ตามพบว่าในบางผลิตภัณฑ์การใช้แป้งมันสำปะหลังกับแป้งข้าวเจ้าได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เช่น การผลิตขนมปังปลอดกลูเตน (Nadal *et al*., 2021) รวมทั้งการใช้แป้งมันสำปะหลังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากว่าการใช้แป้งข้าวเจ้า เช่น การผลิตคุกกี้ปลอดกลูเตน (Montes *et al.,* 2015) ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับประเภทของอาหาร กระบวนการผลิต ปริมาณการใช้ การเกิดปฏิกิริยาร่วมกับส่วนผสมอื่น เป็นต้น ที่จะส่งผลต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน

2. ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของแฮชบราวน์แบบแช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีปลอดกลูเตนที่พัฒนาได้กับสูตรดั้งเดิม

จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ชัดว่าคุณภาพทางเคมีในด้านปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันของแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีสูตรปลอดกลูเตน (สูตร Gluten-free) และสูตรดั้งเดิม มีค่าที่แตกต่างกัน เนื่องจากความแตกต่างกันขององค์ประกอบที่มีในแป้งแต่ละชนิด งานวิจัยหลายเรื่องก่อนหน้านี้ มีการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลี เพื่อช่วยพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตนรวมทั้งช่วยลดการดูดซับไขมันระหว่างการทอด เนื่องจากโครงสร้างของแป้งข้าวเจ้าที่ประกอบด้วยอะไมโลสที่มีโครงสร้างแบบผลึกที่ให้ความแข็งแรง เป็นเกราะป้องกันการดูดซับไขมันได้ดี (Sansano *et al*., 2018; Nakamura & Ohtsubo, 2010) ส่วนแป้งสาลีมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าแป้งข้าวเจ้า ส่งผลต่อการเกิดกลูเตนที่มีความสามารถในการเก็บกักความชื้นและอากาศ จะขยายตัวระหว่างการทอดและมีคุณสมบัติวิสโคอิลาสติก (viscoelastic

properties) ที่มีความยืดหยุ่น ทำหน้าที่ดูดซับไขมันได้ดีกว่าแป้งข้าวเจ้า (Hamarashid, 2020; Ayo-Omogie & Odekunle, 2017; Mukprasirt *et al*., 2001) ทำให้ปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดครั้งที่ 1 ของสูตรดั้งเดิมมีปริมาณสูงกว่าสูตร Gluten-free แต่เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทอดเป็นครั้งที่ 2 พบว่า ตัวอย่างสูตร Gluten-free กลับมีปริมาณไขมันที่สูงกว่าสูตรดั้งเดิม เนื่องจากแป้งข้าวเจ้ามีความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งต่ำ ทำให้โครงสร้างบริเวณเปลือกนอกไม่แข็งแรง และสัดส่วนที่ใช้เติมในปริมาณเพียงเล็กน้อย (น้อยกว่าการใช้แป้งสาลี 10 เท่า) เพื่อเป็นแค่ตัวประสานในส่วนผสม ทำให้ขาดความแข็งแรงของโครงสร้าง การซึมผ่านของน้ำมันจึงเกิดขึ้นได้ง่าย ส่งผลให้ตัวอย่างสูตร Gluten-free มีปริมาณไขมันการทอดครั้งที่ 2 จึงสูงกว่าสูตรดั้งเดิม

จากผลการวิเคราะห์ค่าสี (ภาพที่ 2) จะเห็นว่าค่าสี L^* a^* และ b^* ของสูตรดั้งเดิมมีค่าสูงกว่าสูตร Gluten-free อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเกิดจากโปรตีนที่มีในแป้งสาลีกับน้ำตาลรีดิวซิ่ง (Reducing sugar) รวมตัวกันเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งมีอุณหภูมิความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ส่งผลต่อค่าสี รวมทั้งปฏิกิริยาการเกิดคาราเมลไลซ์เซชัน (Caramelization) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบฟีนอล อุณหภูมิและระยะเวลาในการทอดที่ส่งผลต่อค่าสี (Sobukola *et al*., 2021; Bordin *et al*., 2013) ส่วนค่าความแข็งเปลือกนอกและค่าความแข็งเนื้อภายในของสูตร Gluten-free มีค่าที่สูงกว่าสูตรดั้งเดิม เนื่องจากโครงสร้างของอะไมโลสที่เป็นผลึกมีความแข็งแรง ทำให้ได้ลักษณะเปลือกนอกที่กรอบแข็ง เนื้อภายในอยู่ตัว ไม่นิ่มเละ ส่วนสูตรดั้งเดิมจะได้ลักษณะเปลือกนอกที่กรอบนุ่มและมีเนื้อสัมผัสภายในที่นิ่มกว่า ในขณะที่ค่าความกรอบของทั้ง 2 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของทั้ง 2 สูตร (ภาพที่ 3) พบว่า ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทดสอบให้การยอมรับในทุกคุณลักษณะอยู่ในเกณฑ์ชอบน้อยถึงชอบปานกลาง เป็นการยืนยันให้เห็นว่าถึงแม้คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพบางประการมีความแตกต่างกัน แต่ไม่มีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาสูตรแฮชบราวน์แช่แข็งจากมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาที เพื่อพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ปลอดกลูเตน สามารถใช้แป้งข้าวเจ้าแทนการใช้แป้งสาลีเพื่อเป็นตัวเชื่อมประสานในการผลิตและให้ผลดีกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง โดยสามารถใช้แป้งข้าวเจ้าปริมาณ 4 กรัมในสูตรการผลิต ซึ่งให้ผลดีในด้านค่าความแข็งของเปลือกนอก (135 กรัม) ค่าความกรอบ (2 มิลลิเมตร) ค่าความแข็งภายใน (41 กรัม) และให้ผลทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสภายใน กลิ่นรส รสชาติ การอมน้ำมัน และความชอบโดยรวมสูงกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลัง อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.84-7.48) เมื่อนำสูตร Gluten-free ที่ผลิตได้มาเปรียบเทียบกับสูตรดั้งเดิม พบว่า ปริมาณความชื้นลดลง ปริมาณไขมันสูงกว่าสูตรดั้งเดิมเล็กน้อย แต่ให้ค่าความแข็งของเปลือกนอกที่สูงกว่า ความแข็งเนื้อภายในอยู่ตัวกว่า และให้ค่าทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรดั้งเดิมในทุกคุณลักษณะ โดยมีความชอบอยู่ในระดับชอบน้อยถึงชอบปานกลาง (6.91-7.58)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากทุนพัฒนาบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

Aleman, R. S., Paz, G., Morris, A., Prinyawiwatkul, W., Moncada, M., & King, J. M. (2021). High protein brown rice flour, tapioca starch & potato starch in the development of gluten-free cupcakes. *LWT - Food Science and Technology*, *152*, 112326.

Angela, A., Varela, P., Salvador, A., & Fiszman, S. M. (2009). Improvement of crunchiness of battered fish nuggets. *European Food Research and Technology*, *228*(6), 923-930.

AOAC. (2000). Official method of analysis of analysis of Association of Official Analytical Chemists. 17th ed.: The Association of Official Analytical Chemists, Gaitherburg, Maryland.

Arisseto, A. P., Toledo, M. C., Govaert, Y., Loco, J. V., Fraselle, S., Weverbergh, E., & Degroodt, J. M. (2007). Determination of acrylamide levels in selected foods in Brazil. *Food Additives and Contaminants*, *24(*3), 236-241.

Ayo-Omogie, H., & Odekunle, O. (2017). Substituting wheat flour with banana flour: Effects on the quality attributes of doughnut and cookies. *Applied Tropical Agriculture*, *22*(2), 134-137.

Bordin, K., Kunitake, M. T., Aracava, K. K., & Trindade, C. S. F. (2013). Changes in food caused by deep fat frying-A review. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, *63*(1), 5-13.

Bouchon, P. (2009). Chapter 5 Understanding oil absorption during deep-fat frying. In S. L. Taylor (Eds.), *Advances in Food and Nutrition Research*. (Vol. 57, pp. 209-234). Academic Press.

Byju, G., & Suja, G. (2020). Chapter Five - Mineral nutrition of cassava. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy*. (Vol. 159, pp. 169-235): Academic Press.

Charoenrein, S., & Preechathammawong, N. (2012). Effect of waxy rice flour and cassava starch on freeze–thaw stability of rice starch gels. *Carbohydrate Polymers*, *90*(2), 1032-1037.

Chukwumah, O. C., Benedict, E. U., & Ugochukwu, A. B. (2013). Deep Fat Frying Properties of Malted Sorghum Buns with Cassava and Rice Flour as Binders. *Journal of Agricultural Sciences*, *3*(2), 185-192.

Dini, C., Doporto, M. C., Viña, S. Z., & García, M. A. (2014). Cassava flour and starch as differentiated ingredients for gluten free products. In Francis P. Molinari (Eds), *Food and beverage consumption and health. Cassava production, nutritional properties and health effects*. (87-114). NY: Nova Science Publishers.

Food and Agriculture Organization of the United Nation. (2018). *Food outlook - Biannual report on global food markets*. Italy: FAO.

Hamarashid, S. H. (2020). Effect of Rice Flour Addition on Batter Quality and Oil Absorption of Deep-Fat Fried Potato Strips. *Journal of Food and Dairy Sciences*, *11*(9), 247-250.

Jeong, S., Kwak, J., & Lee, S. (2021). Machine learning workflow for the oil uptake prediction of rice flour in a batter-coated fried system. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *74,* 102796.

Liu, Y., Tian, J., Zhang, T., & Fan, L. (2021). Effects of frying temperature and pore profile on the oil absorption behavior of fried potato chips. *Food Chemistry*, *345*, 128832.

Maneechoold, P., Ratanasumawong, S., & Siriwong, N. (2021). Effect of Sweet Cassava Flour and Rice Flour on Physical Properties and Sensory Evalu-ation of Gluten-Free Takoyaki Product. *ASEAN Journal of Scientific and Technological Reports*, *24*(3), 27-35.

Mir, S. A., Bosco, S. J. D., & Shah, M. A. (2019). Technological and nutritional properties of gluten-free snacks based on brown rice and chestnut flour. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18*(1), 89-94.

Montes, S., Rodrigues, L., Cardoso, R., Camilloto, G., & Cruz, R. (2015). Tapioca and rice flour cookies: Technological, nutritional and sensory properties. *Ciência e Agrotecnologia*, *39*, 514-522.

Mukprasirt, A., Herald, T., Boyle, D., & Boyle, E. (2001). Physicochemical and microbiological properties of selected rice flour-based batters for fried chicken drumsticks. *Poultry science*, *80*(7), 988-996.

Nadal, J., Ávila, S., Boing, L., Pereira, M. M., de Quadros, D. A., Gibbert, L., & Ferreira, S. M. R. (2021). Influence of binary mixtures of cassava starch and rice flour on the chemical and sensory characteristics of gluten-free bread. *Research, Society and Development*, *10*(3), e13910313120-e13910313120.

Nakamura, S., & Ohtsubo, K. (2010). Influence of Physicochemical Properties of Rice Flour on Oil Uptake of Tempura Frying Batter. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, *74*(12), 2484–2489.

Oyeyinka, S. A., Ajayi, O. I., Gbadebo, C. T., Kayode, R. M. O., Karim, O. R., & Adeloye, A. A. (2019). Physicochemical properties of gari prepared from frozen cassava roots. *Lwt*, *99*, 594-599.

Palazoglu, T. K., Savran, D., & Gokmen, V. (2010). Effect of cooking method (Baking compared with frying) on acrylamide level of potato chips. *Journal of Food Science*, *75*, 25-29.

Poratso, Y., Butsat, S., & Thammapat, P. (2019). Product development of gluten-free pumpkin cracker. *Prawarun Agricultural Journal*, *16*(2), 221-227.

Qazi, I., Rakshit, S. K., Tran, T., Ullah, J., & Khan, Z. (2014). Effect of blending selected tropical starches on pasting properties of rice flour. *Sarhad Journal of Agriculture*, *30*(3), 357-368.

Rifai, L., & Saleh, F. A. (2020). A review on acrylamide in food: Occurrence, toxicity, and mitigation strategies. *International Journal of Toxicology*, *39*(2), 93-102.

Ruangthamsing, R., & Siriwong, N. (2019). Development of Frozen Hash Brown from Hanatee Sweet Cassava. In *Proceeding the 31st Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference (TSB 2019) "BIO innovation for sustainability*". (pp. 568-580). Patong Phuket: Thailand.

Saeleaw, M., & Schleining, G. (2010). Effect of blending cassava starch, rice, waxy rice and wheat flour on physico-chemical properties of flour mixtures and mechanical and sound emission properties of cassava crackers. *Journal of Food Engineering*, *100*(1), 12-24.

Sansano, M., Heredia, A., Glicerina, V., Balestra, F., Romani, S., & Andres, A. (2018). Influence of chitosan on thermal, microstructural and rheological properties of rice and wheat flours-based batters. *LWT - Food Science and Technology*, *87,* 529-536.

Seetapan, N., Limparyoon, N., Gamonpilas, C., Methacanon, P., & Fuongfuchat, A. (2015). Effect of cryogenic freezing on textural properties and microstructure of rice flour/tapioca starch blend gel. *Journal of Food Engineering*, *151*, 51-59.

Sobukola, O., Ajayi, F., Kayode, O., & Faloye, O. (2021). Effect of processing conditions on some quality attributes of fried cassava-defatted peanut crackers. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, *13*(1), 111-121.

Somendrika, D., Wickramasinghe, I., Wansapala, M. A. J., & Peiris, S. (2018). Development of frozen hash brown cassava from raw cassava root. In *Proceeding* the International Conference of Multidisciplinary Approaches (iCMA). Retrieved July 12, 2019, from https://www.researchgate.net/publication/328496343

World Frozen Food Market Analysis. (2020). Frozen food market By product (Fruits & vegetables, dairy, meat & seafood), type (Raw Material, half cooked), consumption, distribution channel, and region (North America, Europe, Asia Pacific, South America, and MEA) global forecast to 2025. Retrieved November 18, 2020 from https://bit.ly/3hwOBpN