

การพัฒนาเค้กปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวเจ้าบางพระทดแทนแป้งสาลี

Substitution of Wheat Flour using Kum Bangpra Rice Flour in Development of Gluten-Free Cake

อนงค์นาฏ โสภณางกูร^{1*} สุธัญญา พรหมสมบุญ¹ ประพฤติ พรหมสมบุญ²
และ สุพรรณา ชินวรณ์²

Anongnat Sopanangkul^{1*}, Sutunya Promsomboon¹, Praprut Promsomboon²,
and Supansa Chinaworn²

¹ สาขาวิชานวัตกรรมเพื่อสุขภาพและความงาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
เขตพื้นที่บางพระ จังหวัดชลบุรี 20110

² คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เขตพื้นที่บางพระ จังหวัดชลบุรี 20110

¹ Department of Innovation for Health and Beauty, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Bangpra Campus, Chonburi 20110

² Faculty of Agriculture and Natural Resources, Rajamangala University of Technology Tawan-ok,
Bangpra Campus, Chonburi 20110

*Email: anongnat_so@rmutto.ac.th; Tel. 080-2469978

บทคัดย่อ

การพัฒนาเค้กปราศจากกลูเตนจากข้าวเจ้าบางพระ ซึ่งเป็นข้าวพื้นถิ่นที่ผ่านปรับปรุงพันธุ์โดยนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จังหวัดชลบุรี โดยการทดแทนแป้งสาลี (WF) ด้วยแป้งข้าวเจ้าบางพระ (KRF) ในการผลิตเค้ก พบว่า การเพิ่มระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้า (ร้อยละ 25 50 75 และ 100) มีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะและความหนืดของแป้งเทอร์เล็กน้อย แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาตรจำเพาะของเค้กเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม (สูตรแป้งสาลี) สีของเนื้อเค้กจะคล้ำขึ้นตามปริมาณของแป้งข้าวเจ้าที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ลักษณะเนื้อสัมผัสและการประเมินทางประสาทสัมผัสของเค้กที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้าให้ผลใกล้เคียงกับเค้กสูตรควบคุม นอกจากนี้เค้กที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 100 ยังได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างควบคุม การทดลองปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเค้กข้าวเจ้าด้วยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ (กัวร์กัม แชนแทนกัม และ CMC) และการเพิ่มปริมาณไข่ขาว พบว่า การเติม CMC (ร้อยละ 0.25) และการเพิ่มปริมาณไข่ขาว (ร้อยละ 30) มีผลต่อปริมาตรจำเพาะของเค้ก แต่ไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาครั้งนี้จึงแสดงถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาเค้กปราศจากกลูเตนจากแป้งข้าวเจ้าบางพระเพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้ที่แพ้กลูเตนและผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

คำสำคัญ : กลูเตน เค้กปราศจากกลูเตน การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การทดแทน

Abstract

Development of gluten-free cake from Kum Bangpra rice, the local rice cultivar bred by researchers from Rajamangala University of Technology Tawan-ok in Chonburi Province, was studied by substitution of Kum Bangpra rice flour (KRF) for wheat flour (WF) in cake formula. The results showed that increasing KRF substituted levels (25, 50, 75, and 100%) slightly affected specific gravity and viscosity of cake batter, however, no significant difference was observed in specific volume of KRF substituted cakes in comparison to the control cake (WF cake). Crumb color of cake progressively became darker as the level of KRF substitution increased. Texture profile analysis (TPA) and sensory

evaluation of KRF substitution samples revealed that cakes with KRF had similar results compared to the control cake. Moreover, the completely KRF-substituted cake (100% KRF) provided higher liking scores of texture and overall acceptance than the control sample. Regarding the improvement of KRF cake texture by adding hydrocolloids (guar gum, xanthan gum and CMC) and increasing amount of egg white, either adding 0.25% CMC or increasing amount of egg white (to 30%) affected specific volume without significantly change in texture and sensory evaluation of the final products. This study reveals the potential of gluten-free cake development from KRF, which is suitable for celiac patients and health-concerned consumers.

Keywords : gluten, gluten-free cake, product development, substitution

1. บทนำ

ความต้องการผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตน (gluten-free) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน เป็นผลมาจากการตระหนักถึงความสำคัญของโรคแพ้กลูเตน (celiac disease) ซึ่งเกิดจากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายที่มีปฏิกิริยาต่อกลูเตนที่จากข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์และข้าวไรย์ ทำให้ไม่สามารถบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีกลูเตนหรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ และข้าวไรย์ได้ อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรที่แพ้กลูเตนมีมากขึ้นโดยเฉพาะในกลุ่มประเทศแถบอเมริกา ยุโรป รวมถึงประเทศไทย ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกช่วงวัย ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมหลักคือ แป้งสาลีมักพบในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ต่าง ๆ เช่น ขนมปัง เค้ก คุกกี้ เป็นต้น จะมีกลูเตนเป็นองค์ประกอบ จึงทำให้ผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตนไม่สามารถรับประทานผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้ ผู้ที่แพ้กลูเตนอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกายโดยมีอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ แน่นท้อง ท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน ซาตามแขนและขา อาการจะรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นกับแต่ละบุคคลที่มีความไวต่อการแพ้สารอาหารแต่ละชนิดมากน้อยต่างกัน (Elli *et al.*, 2003) ปัจจุบันนี้ยังไม่มียารักษาอาการโรคแพ้กลูเตน วิธีการรักษาโรคแพ้กลูเตนที่ดีที่สุด คือ หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีส่วนผสมของกลูเตน หรือรับประทานอาหารปราศจากกลูเตน

กระแสความนิยมผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตน จึงเป็นโจทย์วิจัยที่สำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนจากข้าวไทย เนื่องจากข้าวไทยเป็นธัญชาติที่ปราศจากกลูเตน จึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้แป้งข้าวในการทำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวและเบเกอรี่หลายชนิด ได้แก่ แครกเกอร์จากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Pichai and Ratmanee, 2018) คุกกี้จากแป้งข้าวสาลี ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวกล้องสังขยุด (Lekjing *et al.*, 2019) ขนมปังแห้งจากแป้งข้าวมีสี (Noonim *et al.*, 2021) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม การใช้แป้งข้าวอาจมีข้อจำกัดด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับการใช้แป้งสาลี เนื่องจากแป้งข้าวไม่มีกลูเตนซึ่งเป็นโปรตีนในแป้งที่สามารถจับตัวเป็นโครงสร้างที่มีคุณสมบัติด้านความเหนียวและความยืดหยุ่นและคงตัว

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติโดยอาจมาจากพืช สัตว์หรือเชื้อจุลินทรีย์ มีสมบัติในการละลายน้ำและทำให้เกิดสารละลายที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์หรือเจล มีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อจุดประสงค์ต่าง ๆ เช่น เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด สารดูดซับน้ำ ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นสารเพิ่มความเสถียรให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชัน ทำให้ไม่เกิดการแยกตัวของไขมัน จึงนิยมใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มากมายหลายชนิด (Mohammadi *et al.*, 2014; Mir *et al.*, 2016; Ferrero, 2017) นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณไข่ขาวก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีไข่ขาวเป็นองค์ประกอบ เช่น เค้กชิฟฟอน ขนมโสมนัส เป็นต้น ซึ่งเนื้อสัมผัสและปริมาณของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับปริมาณการขยายตัวของไข่ขาวที่ถูกนำมาตีจนเป็นฟองซึ่งจะเก็บอากาศในระหว่างการตีไข่ ทำให้ขยายตัวและขึ้นฟูในระหว่างการอบ ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาตรและเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ (Sakkaekaw, 2022)

ข้าวกำบางพระ (*Oryza sativa* L. var. Kum Bangpra) เป็นข้าวพื้นเมืองสายพันธุ์บางพระ BP2012-009 ที่ได้รับการพัฒนาพันธุ์โดยนักวิจัยจากคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เขตพื้นที่บางพระ จังหวัดชลบุรี (Promsomboon *et al.*, 2016) และตั้งชื่อว่า “ข้าวกำบางพระ” (Kum Bangpra rice) ลักษณะเด่น ได้แก่ มีการปรับตัวและสามารถเจริญเติบโตได้ดี ด้านทานต่อโรคและแมลง ไม่ไวต่อช่วงแสง จึงปลูกได้ทั้งในฤดูนาปีและนาปรัง ทั้งในสภาพนาดำและสภาพข้าวไร่ จึงกล่าวได้ว่าเป็น “ข้าวสะท้อนน้ำสะท้อนบก” ข้าวเปลือกเมื่อสุกแก่เต็มที่มีสีฟาง เมล็ดยาวเรียวยาว เยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกลี้ยงมีสีม่วงดำ มีสารต้านอนุมูลอิสระ แอนโทไซยานิน แกมมาออโรซานอล และสารอาหารที่สำคัญต่อสุขภาพ (Promsomboon and Promsomboon, 2016; Promsomboon and Promsomboon, 2019) ดังนั้นเพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากข้าวกำบางพระ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใช้แบ่งข้าวกำทดแทนแป้งสาลีเพื่อพัฒนาเค้กปราศจากกลูเตน เนื่องจากเค้กซึ่งมีส่วนผสมหลักคือแป้งสาลีเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่นิยมบริโภคในทุกเพศทุกวัย โดยศึกษาการพัฒนาสูตรเค้กที่เหมาะสมและการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเค้กข้าวกำ เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้ที่แพ้กลูเตนที่นิยมบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

2. วิธีการทดลอง

2.1 การศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งข้าวกำบางพระในการผลิตเค้ก

โดยการทดแทนแป้งสาลี (WF) ด้วยแบ่งข้าวกำบางพระ (KRF) ในปริมาณร้อยละ 25 50 75 และ 100 ในการทำเค้ก ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของเค้กที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งข้าวกำบางพระสูตรต่าง ๆ

ส่วนผสม (กรัม)	สูตรควบคุม (ร้อยละ 100 WF)	ร้อยละของการทดแทน			
		ร้อยละ 25	ร้อยละ 50	ร้อยละ 75	ร้อยละ 100
WF	100	75	50	25	0
KRF	0	25	50	75	100
ผงฟู	3	3	3	3	3
ไข่แดง	55	55	55	55	55
น้ำตาลทราย (1)	5	5	5	5	5
นมสด	80	80	80	80	80
เกลือ	2	2	2	2	2
น้ำมันพืช	40	40	40	40	40
ไข่ขาว	110	110	110	110	110
น้ำตาลทราย (2)	60	60	60	60	60
ครีมออฟฟัททาร์	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

การเตรียมเค้ก

ผสมไข่แดงกับส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ แบ่ง น้ำตาลทราย (1) ผงฟู เกลือ น้ำมันพืช และนมสดให้เข้ากัน (ส่วนผสมที่ 1) ตีไข่ขาวกับครีมออฟฟัททาร์และน้ำตาล (2) จนไข่ขาวตั้งยอดอ่อน นำไปผสมกับส่วนผสมที่ 1 คนตะล่อมเบา ๆ ให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (ใช้สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพของเบทเทอร์) เทเบทเทอร์ที่ได้ใส่พิมพ์ ขนาด 8 x 8 x 2 นิ้ว โดยใช้น้ำหนักเบทเทอร์ 440 กรัม อบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที จนเค้กสุก นำออกจากเตาอบทันที แล้วผึ่งบนตะแกรงจนเค้กเย็น ก่อนการวิเคราะห์คุณภาพ

2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ของแบทเทอร์

ชั่งน้ำหนักแบทเทอร์เค้กแบ่งข้าวก่ำที่ปริมาตร 1 ถ้วยตวง เทียบกับน้ำหนักของน้ำที่ปริมาตรเดียวกัน คำนวณค่าความถ่วงจำเพาะจากอัตราส่วนน้ำหนักแบทเทอร์ของเค้กต่อน้ำหนักของน้ำ (Kumari *et al.*, 2011)

ความหนืด (Viscosity) ของแบทเทอร์

วิเคราะห์ค่าความหนืดของแบทเทอร์ ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield รุ่น RVDVII+ ใช้หัวเบอร์ 5 รอบการหมุนที่ 100 รอบต่อนาที ปริมาตรตัวอย่าง 250 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 3 องศาเซลเซียส)

ค่าสี ($L^* a^* b^*$)

วิเคราะห์ค่าสีของเนื้อเค้กด้านใน (crumb) โดยหั่นตัวอย่างเค้กข้าวก่ำเป็นสี่เหลี่ยมขนาด $30 \times 30 \times 30$ มิลลิเมตร วัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer (CM3500d, Konica Minolta) ในระบบ CIE $L^*a^*b^*$ ใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมมองในการวัด 10°

ปริมาตรจำเพาะ (specific volume)

วัดปริมาตรของเค้ก โดยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดงา (rapeseed displacement) ตามวิธีของ AACC method 10-05 (AACC, 2000) และชั่งน้ำหนักของเค้ก คำนวณปริมาตรจำเพาะ ดังสมการ

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ} = \frac{\text{ปริมาตรของเค้ก (มิลลิลิตร)}}{\text{น้ำหนักเค้ก (กรัม)}}$$

ลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเค้กข้าวก่ำด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) โดยเครื่อง Texture Analyzer (TA.XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., United Kingdom) ใช้หัววัดทรงกระบอก (cylindrical probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P/50) ตัดตัวอย่างขนาด $40 \times 40 \times 20$ มิลลิเมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง ให้หัววัดกดบนตัวอย่างด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ที่ระยะร้อยละ 75 ของความสูงของตัวอย่าง จากนั้นหัววัดจะเคลื่อนที่กลับด้วยความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาที แล้วกดตัวอย่างอีกครั้งด้วยความเร็วเท่าเดิม

2.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเค้ก โดยวิธี 9-Point-Hedonic Scaling Test ทำการประเมินโดยผู้ชิมไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนความชอบ คือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด

2.4 การศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเค้กข้าวก่ำ

ศึกษาการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเค้กข้าวก่ำโดย (1) เติมน้ำตาลไอโซทรอลลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ กัวร์กัม (ร้อยละ 0.5) แซนแทนกัม (ร้อยละ 0.25 และ 0.5) และ CMC (ร้อยละ 0.25 และ 0.5) ลงในเค้กข้าวก่ำที่พัฒนาได้จากข้อ 2.1 และ (2) โดยเพิ่มปริมาณไข่ขาวในการเตรียมตัวอย่างเค้ก จากเค้กข้าวก่ำสูตรควบคุม ร้อยละ 24 เป็นร้อยละ 27 และ 30 ของน้ำหนักทั้งหมด โดยการใช้การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างเค้กตามข้อ 2.1 และ 2.2

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางกายภาพวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window Version 16

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าบางพระในการผลิตเค้ก

การวิเคราะห์คุณภาพของเค้กข้าวเจ้าที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าสูตรต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางกายภาพของเค้กที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้า

ร้อยละของ การทดแทน	ความถ่วง จำเพาะ	ความหนืด (cP)	ปริมาตรจำเพาะ (cm ³ /g)	ค่าสีของเนื้อเค้ก		
				L*	a*	b*
0 (control)	0.39 ± 0.01 ^a	8780 ± 530 ^b	2.73 ± 0.01 ^a	73.42 ± 0.45 ^e	2.20 ± 0.24 ^a	22.40 ± 1.22 ^d
25	0.41 ± 0.01 ^a	8385 ± 438 ^{ab}	2.81 ± 0.01 ^b	67.32 ± 0.49 ^d	3.43 ± 0.17 ^b	19.72 ± 0.49 ^c
50	0.42 ± 0.01 ^a	8187 ± 256 ^{ab}	2.86 ± 0.02 ^b	61.73 ± 1.32 ^c	4.04 ± 0.12 ^c	16.40 ± 0.31 ^b
75	0.44 ± 0.01 ^{ab}	8065 ± 395 ^a	2.83 ± 0.01 ^b	57.50 ± 1.40 ^b	4.74 ± 0.27 ^d	14.55 ± 0.22 ^a
100	0.46 ± 0.01 ^b	8005 ± 215 ^a	2.74 ± 0.04 ^a	53.54 ± 0.54 ^a	5.63 ± 0.27 ^e	14.23 ± 0.20 ^a

หมายเหตุ : แสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p < 0.05)

ค่าความถ่วงจำเพาะของแบทเทอร์เป็นคุณลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ถึงการเก็บอากาศของแบทเทอร์ในระหว่างการตีผสม โดยค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าน้อยหมายถึง มีความสามารถในการเก็บอากาศภายในแบทเทอร์ได้เป็นอย่างดี เหมาะสมจะส่งผลให้เค้กขึ้นฟูได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับความหนืดของแบทเทอร์และปริมาตรจำเพาะของเค้ก ผลลัพธ์ที่เค้กที่มีความหนืดของแบทเทอร์ต่ำจะส่งผลให้ต่อการขึ้นฟูของเค้ก เนื่องจากอากาศหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำซึ่งเกิดการขยายตัวจะไม่ถูกกักเก็บไว้ภายในระหว่างการอบได้ ปริมาตรของเค้กจึงลดลง (Ashwini *et al.*, 2009) ดังนั้นส่วนผสมเค้กหรือแบทเทอร์เค้กที่ดีจะต้องมีความหนืดที่เพียงพอที่จะป้องกันอากาศภายในแบทเทอร์รวมตัวกันและป้องกันการสูญเสียอากาศในช่วงเริ่มต้นการอบด้วย จากการทดลองพบว่า เค้กที่ใช้แป้งข้าวเจ้าที่ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 75 ขึ้นไป ค่าความถ่วงจำเพาะของแบทเทอร์เพิ่มขึ้นและความหนืดลดลงเล็กน้อย แสดงว่าแบทเทอร์เค้กสามารถกักเก็บอากาศไว้ภายในได้น้อยลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ส่งผลให้การขึ้นฟูของเค้กลดลงเล็กน้อย (ภาพที่ 1) แต่อย่างไรก็ตามไม่ส่งผลต่อปริมาตรจำเพาะของเค้กเนื่องจากการชั่งน้ำหนักส่วนผสมให้เท่ากันก่อนอบจึงทำให้ปริมาตรจำเพาะของเค้กหลังอบในการศึกษาครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกัน (Mau *et al.*, 2015)

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าสูตรต่าง ๆ จะสังเกตได้ว่า แบทเทอร์เค้กของแป้งสาลี (สูตรควบคุม) จะมีสีเหลืองอ่อนตามสีของไข่แดงที่ใช้ การทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวเจ้าส่งผลให้สีของแบทเทอร์เค้กจะเข้มขึ้นตามปริมาณของแป้งข้าวเจ้าที่ใช้ เนื่องมาจากสีของแป้งข้าวเจ้า ซึ่งมีสีม่วงอ่อน ๆ เมื่อนำไปอบ จึงได้เค้กที่มีเนื้อเค้กสีม่วงออกน้ำตาล สังเกตได้จากค่า L* ที่ลดลง ค่า a* ที่เพิ่มขึ้น และค่า b* ที่ลดลง ดังแสดงในภาพที่ 1 และตารางที่ 2



ภาพที่ 1 สีของแบทเทอร์ (ก) และสีของเนื้อเค้ก (ข) ที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้า ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเค้ก (ตารางที่ 3) พบว่า การใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีทำให้เค้กที่ได้มีค่าความแข็ง (hardness) ค่าการกลับคืนตัว (springiness) ค่าการยึดเกาะกันภายในอาหาร (cohesiveness) และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) ลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเจือจางโปรตีนกลูเตนในส่วนผสมเค้ก ส่งผลต่อโครงสร้างและความสามารถในการเก็บกักอากาศของเค้กลดลง ทำให้เนื้อเค้กมีลักษณะร่วน เนื้อไม่สม่ำเสมอ แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากแป้งข้าวเจ้ามีปริมาณอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 18.9) และมีค่าความคงตัวของแป้งสูง (gel consistency) สูง เมื่อใช้ระดับการทดแทนเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้เค้กมีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น โดยที่ร้อยละ 75 และ 100 จะมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรควบคุม

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเค้กที่มีการทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้า

ร้อยละของการทดแทน	Hardness (N)	Springiness (mm)	Cohesiveness	Chewiness (N)
0 (control)	10416.23 ± 118.14 ^b	0.87 ± 0.01 ^{ab}	0.58 ± 0.01 ^b	5267.11 ± 134.87 ^b
25	9268.21 ± 756.11 ^a	0.88 ± 0.02 ^{ab}	0.54 ± 0.03 ^{ab}	4392.44 ± 422.37 ^{ab}
50	9523.54 ± 877.87 ^a	0.84 ± 0.01 ^a	0.52 ± 0.04 ^a	4223.41 ± 658.32 ^a
75	10284.27 ± 1145.72 ^b	0.91 ± 0.04 ^b	0.56 ± 0.02 ^{ab}	5252.50 ± 541.21 ^b
100	10312.17 ± 414.53 ^b	0.85 ± 0.01 ^a	0.53 ± 0.02 ^{ab}	5141.94 ± 422.29 ^b

หมายเหตุ : แสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของเค้กที่มีทดแทนด้วยแป้งข้าวเจ้า

ร้อยละของการทดแทน	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0 (control)	7.40 ± 0.56	6.83 ± 0.38	7.50 ± 0.51 ^a	7.37 ± 0.49 ^{bc}	7.40 ± 0.50 ^{ab}
25	7.17 ± 0.53	6.70 ± 0.47	7.23 ± 0.43 ^b	7.23 ± 0.43 ^c	7.20 ± 0.41 ^b
50	7.23 ± 0.50	6.67 ± 0.48	7.60 ± 0.50 ^a	7.47 ± 0.51 ^{ab}	7.30 ± 0.47 ^b
75	7.33 ± 0.55	6.73 ± 0.45	7.63 ± 0.49 ^a	7.63 ± 0.49 ^a	7.70 ± 0.47 ^a
100	7.30 ± 0.47	6.77 ± 0.43	7.57 ± 0.50 ^a	7.60 ± 0.50 ^a	7.63 ± 0.49 ^a

หมายเหตุ : แสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$),

ns แสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของเค้กที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้า (ตารางที่ 4) พบว่า เค้กข้าวเจ้าได้รับคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ ใกล้เคียงกับเค้กสูตรควบคุม (แป้งสาลี) โดยเค้กข้าวเจ้าที่มีการทดแทนร้อยละ 75 และ 100 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าเค้กสูตรควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นความสามารถในการใช้แป้งข้าวเจ้าทดแทนแป้งสาลีในการผลิตเค้กได้ถึงร้อยละ 100 ในการศึกษาครั้งนี้ จึงเลือกสูตรเค้กที่มีแป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียว (การทดแทน ร้อยละ 100) ในการพัฒนาเค้กข้าวเจ้าต่อไป เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่แพ้กลูเตน

3.2 การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเค้กข้าวเจ้า

จากการสังเกตการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเค้กข้าวเจ้าที่พัฒนาได้โดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ กัวร์กัม (GG) แชนแทนกัม (XG) และ CMC พบว่า การเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ทำให้ส่วนผสมเค้กหรือแบทเทอร์ก่อนผสมโฟมไข่ขาวมีความหนืดเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่เติมแชนแทนกัมและ CMC จะมีความหนืดมากกว่าตัวอย่างที่เติมกัวร์กัม และการเพิ่มปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ (แชนแทนกัมและ CMC) จากร้อยละ 0.1 เป็น 0.25 ส่งผลให้ความหนืด

ของแบทเทอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากสารไฮโดรคอลลอยด์ประกอบไปด้วยหมู่ที่ชอบน้ำ (Hydrophilic group) ซึ่งจะสามารถทำอันตรกิริยากับน้ำและเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างได้เป็นอย่างดี การเติมปริมาณสารไฮโดรคอลลอยด์ในส่วนผสมเพิ่มขึ้น จึงทำให้ความหนืดของแบทเทอร์เพิ่มขึ้นด้วย และส่งผลให้ค่าปริมาตรจำเพาะของเค้กที่เติมไฮโดรคอลลอยด์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรที่ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ (ตารางที่ 5) ซึ่งผลที่ได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ashwini *et al.* (2009) และ Poonnakasem *et al.* (2015) ที่พบว่า ผลิตภัณฑ์เค้กที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์จะมีค่าความหนืดของแบทเทอร์เค้กเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม นอกจากนี้การศึกษากการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเค้กข้าวกล้าโดยการเพิ่มปริมาณไข่ขาว พบว่า เค้กที่ได้มีปริมาตรจำเพาะมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.5$) จาก 2.95 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม เป็น 3.25 และ 3.43 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม เมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวจากร้อยละ 24 (สูตรควบคุม-KRF) เป็นร้อยละ 27 (KRF27EW) และร้อยละ 30 (KRF30EW) ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพเค้กข้าวกล้าที่มีการปรับปรุงเนื้อสัมผัส

ตัวอย่าง	ปริมาตร จำเพาะ (cm ³ /g)	คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส			
		Hardness (N)	Springiness ^{ns} (mm)	Cohesiveness ^{ns}	Chewiness (N)
KRF (control)	2.95 ± 0.02 ^a	10312.17 ± 414.53 ^b	0.85 ± 0.01	0.53 ± 0.02	5141.94 ± 422.29 ^{ab}
KRF0.5GG	3.18 ± 0.07 ^{ab}	11353.65 ± 180.22 ^b	0.87 ± 0.04	0.51 ± 0.03	4999.09 ± 169.92 ^{ab}
KRF0.1XG	3.28 ± 0.01 ^{ab}	9113.18 ± 847.06 ^a	0.87 ± 0.04	0.53 ± 0.02	4261.70 ± 559.36 ^a
KRF0.25XG	3.41 ± 0.01 ^b	10549.66 ± 327.16 ^b	0.86 ± 0.03	0.51 ± 0.03	5543.37 ± 597.48 ^b
KRF0.1CMC	3.36 ± 0.01 ^b	10901.96 ± 990.65 ^b	0.86 ± 0.08	0.52 ± 0.03	4434.13 ± 106.53 ^a
KRF0.25CMC	3.41 ± 0.01 ^b	11293.37 ± 390.24 ^b	0.85 ± 0.01	0.51 ± 0.03	4900.47 ± 895.92 ^{ab}
KRF27EW	3.25 ± 0.02 ^{ab}	10510.16 ± 836.78 ^b	0.88 ± 0.01	0.56 ± 0.02	5164.28 ± 283.55 ^{ab}
KRF30EW	3.43 ± 0.01 ^b	11284.42 ± 374.63 ^b	0.86 ± 0.06	0.54 ± 0.02	5369.56 ± 775.76 ^b

หมายเหตุ : แสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$),

ns แสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเค้กข้าวกล้าที่มีปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ (ตารางที่ 5) พบว่าการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์มีผลต่อค่าความแข็ง (hardness) และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) ในขณะที่การกลับคืนตัว (springiness) ค่าการยึดเกาะกันภายในอาหาร (cohesiveness) มีค่าใกล้เคียงกับเค้กที่ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Guarda *et al.* (2004) พบว่า การเติมแซนแทนกัมลงในส่วนผสมของขนมปัง ส่งผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติม โดยแซนแทนกัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีคุณสมบัติในการดูดน้ำ จึงทำให้มีผลต่อการกระจายตัวและการเกิดเจลลาติโนสซึ่งจะขึ้นลง (Kruger *et al.*, 2003) ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณน้ำในส่วนผสมไม่เพียงพอต่อการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการอบ ส่งผลให้เกิดการพองตัวและการละลายของเม็ดสตาร์ชลดลง (Mandala and Bayas, 2004) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งและค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่ได้มีความสอดคล้องกับผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเค้กข้าวกล้าที่มีปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ (ตารางที่ 6) ไม่มีผลต่อคะแนนด้านสี กลิ่น รสชาติ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนการประเมินด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ($p < 0.05$) โดยเค้กข้าวกล้าที่เติม CMC ร้อยละ 0.25 ได้รับคะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงสุด (7.73)

การศึกษากการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเค้กข้าวกล้าโดยการเพิ่มปริมาณไข่ขาว พบว่าค่าความแข็ง (hardness) ค่าการกลับคืนตัว (springiness) ค่าการยึดเกาะกันภายในอาหาร (cohesiveness) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และการเพิ่มปริมาณไข่ขาวเป็นร้อยละ 27 และ 30 ส่งผลให้แรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) มีค่าเพิ่มขึ้น

การประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า แค้วข้าวก่ำที่เพิ่มปริมาณไข่ขาวได้รับคะแนนด้านต่าง ๆ ไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม (ตารางที่ 6) โดยแค้วข้าวก่ำที่เพิ่มปริมาณไข่ขาวเป็นร้อยละ 30 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด (7.77) ซึ่งไม่แตกต่างกับแค้วข้าวก่ำที่เติม CMC ร้อยละ 0.25 (7.73)

ตารางที่ 6 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของแค้วข้าวก่ำที่มีปรับปรุงเนื้อสัมผัส

ตัวอย่าง	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
KRF (control)	7.50±0.57	6.67±0.48	7.70±0.47	7.70±0.47 ^{ab}	7.67±0.48 ^{ab}
KRF0.5GG	7.50±0.57	6.73±0.45	7.57±0.50	7.40±0.50 ^c	7.23±0.43 ^c
KRF0.1XG	7.47±0.63	6.60±0.50	7.60±0.50	7.47±0.51 ^c	7.47±0.51 ^b
KRF0.25XG	7.53±0.51	6.63±0.49	7.67±0.48	7.60±0.45 ^b	7.50±0.43 ^b
KRF0.1CMC	7.53±0.51	6.70±0.47	7.57±0.50	7.73±0.45 ^{ab}	7.60±0.49 ^{ab}
KRF0.25CMC	7.43±0.57	6.70±0.47	7.73±0.45	7.77±0.43 ^a	7.73±0.45 ^a
KRF27EW	7.40±0.62	6.73±0.45	7.60±0.50	7.77±0.43 ^a	7.65±0.47 ^{ab}
KRF30EW	7.47±0.57	6.83±0.38	7.63±0.49	7.80±0.41 ^a	7.77±0.43 ^a

หมายเหตุ : แสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$),

ns แสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

การเปรียบเทียบผลของการปรับปรุงเนื้อสัมผัสต่อคุณภาพของแค้วข้าวก่ำบางพระ โดยการเติมไฮโดรคอลลอยด์ CMC ร้อยละ 0.25 (KRF0.25CMC) และการเพิ่มปริมาณไข่ขาวเป็นร้อยละ 30 (KRF30EW) กับแค้วข้าวก่ำปราศจากกลูเตนที่ไม่ปรับปรุงเนื้อสัมผัส (KRF) พบว่า เนื้อสัมผัสของแค้วทั้งสาม (ความแข็ง การกลับคืนตัว การยึดเกาะกันภายในอาหาร และแรงที่ใช้ในการเคี้ยว) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ (สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ไม่ได้แสดงผล) ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนจึงเลือกใช้แค้วข้าวก่ำสูตรควบคุม (KRF) เป็นสูตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แค้วปราศจากกลูเตน แต่อย่างไรก็ตามการเติม CMC ร้อยละ 0.25 หรือการเพิ่มปริมาณไข่ขาวเป็นร้อยละ 30 ทำให้การขึ้นฟูของแค้วเพิ่มขึ้น สามารถใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มปริมาตรของแค้วได้

4. สรุปผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แค้วจากแป้งข้าวก่ำบางพระโดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวก่ำบางพระร้อยละ 100 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แค้วปราศจากกลูเตน แค้วข้าวก่ำที่ได้จะมีสีม่วงน้ำตาลจากสีของแป้งข้าวก่ำบางพระ โดยลักษณะเนื้อสัมผัสของแค้วมีความใกล้เคียงกับสูตรแป้งสาลี โดยแค้วข้าวก่ำได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าแค้วสูตรแป้งสาลี การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแค้วข้าวก่ำด้วยการเติม CMC ร้อยละ 0.25 และการเพิ่มปริมาณไข่ขาวเป็นร้อยละ 30 ส่งผลให้ปริมาตรจำเพาะของแค้วเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและคะแนนประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสเมื่อเทียบกับแค้วข้าวก่ำสูตรต้นแบบ ดังนั้นแค้วจากแป้งข้าวก่ำบางพระที่พัฒนาได้จากการศึกษาครั้งนี้ จึงสามารถใช้เป็นสูตรต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ปราศจากกลูเตน เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้ที่แพ้กลูเตนที่นิยมบริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และสามารถตอบโจทย์ผู้บริโภคที่ชอบรับประทานผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แต่ยังใส่ใจสุขภาพได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ภายใต้แผนบูรณาการ : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวก่ำบางพระเพื่อการแปรรูปอาหารสุขภาพและเวชสำอางสู่ตลาดเออีซี โครงการวิจัย : การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพและเวชสำอางจากข้าวก่ำบางพระ

6. เอกสารอ้างอิง

- AACC. 2000. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10th Ed. St. Paul, MN, U.S.A.
- Ashwini, A., R. Jyotsna and D. Indrani. 2009. **Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake**. Food Hydrocolloids 23: 700-707.
- Elli, L., E. Dolfini and M.T. Bardella. 2003. **Gliadin cytotoxicity and in vitro cell cultures**. Toxicology Letters. 146(1): 1-8.
- Ferrero, C. 2017. **Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review**. Food Hydrocolloids, 68, 15-22.
- Guarda, A., C.M. Rosell, C. Benedito and M.J. Galotto. 2004. **Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents**. Food Hydrocolloids. 18: 241-247.
- Kruger, A., C. Ferrero and N.E. Zaritzky. 2003. **Modelling corn starch swelling in batch system: of sucrose and hydrocolloids**. J. Food Eng. 58: 125-133.
- Kumari R., T. Jeyarani, C. Soumya and D. Indrani. 2011. **Use of vegetable oils, emulsifiers and hydrocolloids on rheological, fatty acid profile and quality characteristics of pound cake**. Journal of Texture Studies 42: 377-386.
- Lekjing, S., P. Noonim, S. Boottajejan and P. Chantawong. 2019. **Effect of substitution of wheat flour with Sangyod brown rice flour on physicochemical and sensory qualities in snack product**. Khon Kaen Agriculture Journal 47 (suppl.1): 679-684. (in Thai)
- Mandala, I.G. and E. Bayas. 2004. **Xanthan effect on swelling, solubility and viscosity of wheat starch dispersions**. Food Hydrocolloids. 18(2): 191-201.
- Mau, J.L., T.M. Lu, C.C. Lee, L.Y. Lin, C.H. Cheng and S.D. Lin. 2015. **Physicochemical, Antioxidant and Sensory Characteristics of Chiffon cakes Fortified with Various tea Powder**. Journal of Food Processing and Preservation 39: 443-450.
- Mir, S. A., M. A. Shah, H. R.Naik and I. A. Zargar. 2016. **Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads**. Trends in Food Science & Technology, 51, 49-57.
- Mohammadi, M., N. Sadeghnia, M. H. Azizi, T. R. Neyestani and A.M. Mortazavian. 2014. **Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC**. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 20(4), 1812-1818.
- Noonim, P., W. Thongthoung and S. Lekjing. 2021. **Quality Improvement of Gluten-Free Bread Stick Product from Pigmented Rice Flour**. Khon Kaen Agriculture Journal 49(suppl. 1): 982-987. (in Thai)
- Pichai, S. and P. Ratmanee. 2018. **Product development of gluten-free cracker**. Prawarun Agricultural Journal 15(2): 289-296. (in Thai)
- Poonnakasem, N., K. Laohasongkram and S. Chaiwanichsiri. 2015. **Influence of hydrocolloids on batter properties and texture kinetic of sponge cake during storage**. Journal of Food Quality 38: 441-449.

- Promsomboon, P., S. Chan-udom, A. Wisetsing, S. Promsomboon, and K. Kanjanajan. 2016. **Collection and Characterization of Agricultural Traits of Local Thai Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties.** King Mongkut's Agricultural Journal 4 (3): 126-132. (in Thai)
- Promsomboon, P. and S. Promsomboon. 2016. **Collection and Evaluation of Local Thai Rice Varieties (*Oryza sativa* L.).** Journal of Life Sciences 10, 371-374.
- Promsomboon, P. and S. Promsomboon. 2019. **Environmental responsibility of rice var. Kum Bangpra and riceberry in lowland and upland conditions.** International Journal of Agricultural Technology 15(5), 747-752.
- Sakkaekaew, K. 2022. **Physicochemical properties, nutrition values, and sensory acceptance of kham sommanat with duck egg white residue from thai dessert industry.** Burapha Science Journal, 27(2), 1375-1392.

(Received: 12/May/2022, Revised: 14/Jun/2023, Accepted: 18/Jun/2023)