

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน

กิตติพงษ์ สุวีโร^{1*} เดือนเต็ม ทิมายงค์² หทัยรัตน์ ริมศิริ³ และวิหาร ดิปัญญา⁴

kittipong.s@en.rmutt.ac.th^{1*}, duantem_t@rtaf.mi.th², hathairat.u@ku.ac.th³, wiharn.d@rmutp.ac.th⁴

^{1*} คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² กองวิทยากร กรมพลธิการทหารอากาศ

³ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

⁴ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Received	: 22-May-2020
Revised	: 09-Jul-2020
Accepted	: 26-Oct-2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน โดยทดลองแทนที่แป้งสาลีที่เป็นส่วนประกอบหลักของขนมด้วยแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และสารทดแทนกลูเตน ได้แก่ กัวร์กัม แชนแทนกัม และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสำหรับช่วยขึ้นรูปโครงสร้างของขนมแทนการใช้กลูเตนในแป้งสาลี ปฏิกิริยาของขนมกลีบลำดวนโดยการผสมส่วนผสมดังกล่าวกับน้ำมันพืช น้ำตาล และเกลือ ชิ้นส่วนผสมเป็นรูปดอกลำดวน จากนั้นนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และนำมาอบควันเทียนเป็นเวลา 15 นาที ทำการทดสอบสี ความแข็ง ปริมาณน้ำอิสระ และโครงสร้างเนื้อขนมกลีบลำดวน ทดสอบทางประสาทสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภคในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม และทดสอบอายุการเก็บรักษาของแป้งขนมกลีบลำดวน โดยการคาดคะเนคุณภาพของขนมกลีบลำดวนที่ปรุงจากแป้งที่ผ่านการเก็บในช่องอุณหภูมิเย็บพอยล์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน จากผลการทดสอบสรุปว่า การแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว กัวร์กัม และแชนแทนกัม ทำให้ได้ขนมกลีบลำดวนที่มีสี ความแข็ง และโครงสร้างใกล้เคียงกับขนมกลีบลำดวนแบบเดิมที่ใช้แป้งสาลีซึ่งมีกลูเตนเป็นส่วนประกอบ ส่วนลักษณะที่ปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมก็ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคใกล้เคียงกับขนมกลีบลำดวนแบบเดิม นอกจากนี้เมื่อนำส่วนผสมดังกล่าวมาบรรจุในช่องอุณหภูมิเย็บพอยล์จะสามารถเก็บรักษารสชาติและเนื้อสัมผัสได้นาน 6 เดือน

คำสำคัญ: ขนมกลีบลำดวน กลูเตน แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า สารไฮโดรคอลลอยด์

Development of Gluten Free Thai Cookie “Kleeb Lum Duan” Powder

Kittipong Suweero ^{1*} Duanthem Timayoonk ² Hathairat Rimkeeree ³ and Wiharn Deepanya ⁴
kittipong.s@en.rmutt.ac.th ^{1*}, duanthem_t@rtaf.mi.th ², hathairat.u@ku.ac.th ³, wiharn.d@rmutp.ac.th ⁴

^{1*} Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

² Technical Affairs Division, Quartermaster Directorate of Quartermaster, Royal Thai Air Force

³ Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University

⁴ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

Received	: 22-May-2020
Revised	: 09-Jul-2020
Accepted	: 26-Oct-2020

Abstract

This research aims to develop the product of gluten free Thai cookie “Kleeb Lum Duan” powder by changing the wheat flour (main ingredient) to the rice flour, glutinous rice flour, and gluten substitutes including: guar gum, xanthan gum, and isolated soy protein. These replacing were the ingredients for forming the Thai cookie “Kleeb Lum Duan” structures instead of the gluten from wheat flour. Cooked the Thai Cookies “Kleeb Lum Duan” by mixing with the vegetable oil, sugar, and salt. Sculpted the mixed ingredients as *melodorum fruticosum* flowers and baked them in the oven (150 oC for 10 minutes). Then, the scented candles were used for smoking the cookies (15 minutes). The property tests of Thai cookies “Kleeb Lum Duan” included the color, hardness, water activity, and porous structure. The sensory, and consumer acceptance of Thai cookies “Kleeb Lum Duan” were tested in appearance, color, texture, taste, and overall acceptance properties. In the shelf life of Thai cookie “Kleeb Lum Duan” powder test, it used the predicting from the quality of Thai cookie “Kleeb Lum Duan” when the powder was contained in vacuum aluminum foil for 6 months (at room temperature). According to the results, the rice flour, glutinous rice flour, guar gum, and xanthan gum can use for cooking the Thai cookie “Kleeb Lum Duan” instead of wheat flour. These developed Thai cookie “Kleeb Lum Duan” has the color, hardness, and structure as same as the original Thai cookie “Kleeb Lum Duan” which used the wheat flour or gluten flour. The appearance, color, texture, taste, and overall acceptance properties were accepted by consumers that be similar to the original Thai cookie “Kleeb Lum Duan”. Moreover, the developed Thai cookie “Kleeb Lum Duan” powder can keep in the vacuum aluminum foil for 6 months while the quality does not change.

Keywords: Thai cookie “Kleeb Lum Duan”, gluten, wheat flour, rice flour, hydrocolloid

1. บทนำ

ขนมกลีบลำดวน หรือขนมดอกลำดวน เป็นภูมิปัญญาด้านขนมไทยชนิดหนึ่ง ทำจากแป้งสาลีชนิดเคล้ากับน้ำตาลและน้ำมัน ปั้นเป็นดอก 3 กลีบ มีเกสรกลมตรงกลาง ลักษณะเหมือนดอกลำดวน ปُرุงสุกด้วยการอบหรือผิง และอบด้วยควันเทียนหอม [1] ขนมกลีบลำดวนเป็นขนมมงคล 1 ใน 9 ชนิด ที่ใช้ในงานมงคลมาตั้งแต่อดีตโดยเฉพาะในงานแต่งงาน เนื่องจากมีความเชื่อว่าจะช่วยให้มีชีวิตคู่ที่งดงาม ขนมกลีบลำดวนมีที่มาจาก การปั้นรูปทรงขนมให้มีลักษณะคล้ายดอกของต้นลำดวน ซึ่งต้นไม้ชนิดนี้นิยมปลูกในภาคอีสาน โดยเฉพาะจังหวัดศรีสะเกษ เมื่อพิจารณาส่วนผสมจะเห็นได้ว่าขนมกลีบลำดวนเป็นขนมไทยที่ได้รับอิทธิพลมาจากต่างชาติ เพราะมีการใช้แป้งสาลีเป็นส่วนประกอบหลัก แป้งชนิดนี้เป็นส่วนผสมที่สำคัญในการสร้างโครงสร้างและเนื้อสัมผัสให้ขนมกลีบลำดวนมีความกรอบร่วนเป็นเอกลักษณ์ เนื่องจากแป้งสาลีจะมีโปรตีนที่เรียกว่า กลูเตน (Gluten) ทำหน้าที่เก็บรักษาฟองอากาศไว้ภายในเนื้อขนม [2] แม้ว่ากลูเตนจะช่วยให้ขนมมีเนื้อสัมผัสที่กรอบนุ่มแต่มีผลกระทบต่อผู้บริโภคที่เป็นโรค Celiac Disease หรือผู้ที่มียีนภูมิคุ้มกันต่อต้านกลูเตน โรคชนิดนี้ทำให้ผู้ที่ทานขนมที่มีส่วนประกอบของกลูเตนเกิดอาการ เช่น ท้องเสีย ท้องอืด ท้องผูก คลื่นไส้ และอาเจียน เป็นต้น และอาจมีภาวะความผิดปกติอื่นที่เรียกว่า Nonceliac Gluten Sensitivity หรือกลุ่มอาการที่เกิดจากการรับประทานอาหารที่มีกลูเตน เช่น อาการทางระบบทางเดินอาหาร ปวดหัว และปวดข้อ เป็นต้น หากมีการแพ้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานก็อาจทำให้เกิดโรคมะเร็ง จากผลการสำรวจในปี พ.ศ.2557 พบว่ามีผู้เป็นโรค Celiac Disease จำนวนมากกว่า 75 ล้านคนทั่วโลก [3] ส่วนจำนวนผู้ป่วยที่แพ้กลูเตนในประเทศไทย ยังไม่มีการสำรวจอย่างแน่ชัด แต่คาดว่าจะมีไม่น้อยกว่า 7 แสนคน ด้วยเอกลักษณ์ของขนมกลีบลำดวนที่มีความกรอบร่วนจึงหลีกเลี่ยงการใช้แป้งสาลีหรือแป้งที่มีกลูเตนได้ยาก ปัญหาการแพ้กลูเตนในขนมกลีบลำดวนจึงเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างมาก

ต่อการเผยแพร่ ส่งเสริม และรักษาวัฒนธรรมการบริโภคขนมไทย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแป้งขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวไทยและสารทดแทนกลูเตน ได้แก่ สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Isolated Soy Protein) ซึ่งเป็นสารสกัดจากธรรมชาติในการช่วยสร้างเนื้อขนมกลีบลำดวนให้มีโครงสร้างแข็งแรงใกล้เคียงกับพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide Bond) จากสารกลูเตน [4-5] คาดว่าจะช่วยกระตุ้นให้มีการนำข้าวไทยมาใช้ประโยชน์ ส่งผลดีต่อเศรษฐกิจ ราคาข้าว และความนิยมที่มีต่อคนไทย

2. วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ ประกอบด้วย แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว น้ำตาล เกลือ น้ำมันพืช กัวร์กัม (Guar Gum) แซนแทนกัม (Xanthan Gum) โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Isolated Soy Protein) เทียนอบขนม เต้าอบ เครื่องวัดสี (Reflectance Tintometer) ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500d ระบบ CIE L*a*b* เครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Lloyd Instrument รุ่น TA 500 พร้อมหัววัดชนิด Compression Probe ขนาด 50 มิลลิเมตร เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) ยี่ห้อ Aqua Lab กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ตะแกรงร่อนแป้งขนาด 80 เมส (0.18 มิลลิเมตร) และอุปกรณ์ทำครัว ได้แก่ มีด ถูมือ และอ่างผสม



รูปที่ 1 ขนมกลีบลำดวน

3. การพัฒนาสูตรขนมกลีบลำดวน

การพัฒนาสูตรขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตน เป็นการนำสูตรขนมกลีบลำดวนแบบดั้งเดิม (สูตร A) มาศึกษา และออกแบบสูตรใหม่ โดยใช้แป้งที่ไม่มีส่วนประกอบกลูเตน ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียว แทนที่แป้งสาลี และปรับปรุงเนื้อด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ กัวร์กัม แซนแทนกัม และสารสกัดจากถั่วเหลือง รวม 5 สูตร ทุกส่วนมีการผสมน้ำมันพืชในปริมาณตามที่แป้งที่ผสมจะสามารถขึ้นรูปได้ ดังตารางที่ 1

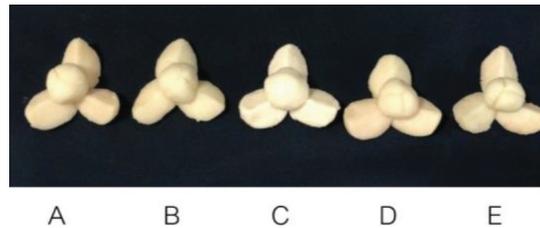
ตารางที่ 1 ส่วนผสมของขนมกลีบลำดวนโดยน้ำหนัก

ส่วนผสม	สูตรผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวน				
	A	B	C	D	E
แป้งสาลี	240	-	-	-	-
แป้งข้าวเจ้า	-	240	120	120	115
แป้งข้าวเหนียว	-	-	120	120	115
น้ำตาล	140	140	140	140	140
เกลือ	1	1	1	1	1
น้ำมันพืช	150	220	210	190	190
กัวร์กัม	-	-	-	1	-
แซนแทนกัม	-	-	-	1	-
โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	-	-	-	-	10

4. วิธีการปรุงขนมกลีบลำดวน

เริ่มจากตวงส่วนผสมตามตารางที่ 1 จากนั้นนำแป้ง น้ำตาล เกลือ และสารไฮโดร-คอลลอยด์ (ถ้ามี) มาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80 ลงในอ่างผสม จำนวน 2 ครั้ง ทอยใส่ น้ำมันพืชที่ละลายพร้อมทั้งนวดให้น้ำมันพืชกับแป้งผสมเข้ากันแบบเบา มือ จนได้แป้งที่นุ่มมือไม่แห้งหรือเหลว พักแป้ง 15 นาที เมื่อครบ 15 นาทีแล้ว ให้ปั้นตัวขนมกลีบลำดวน โดยแบ่งแป้งออกมาทีละนิด ปั้นให้เป็นก้อนกลมแบบเบา มือ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 เซนติเมตร ใช้มีดผ่าแป้งที่ปั้นไว้ 4 ส่วน โดยกรีดให้ขาดจากกัน ประกอบดอกจำนวน 3 กลีบ เป็นฐานดอก จับให้แต่ละกลีบติดกันเบา มือ จัดดอกให้สวยงาม แล้วจึงปั้นก้อนกลมเล็กใช้มีดกรีด

ให้เป็น 3 กลีบ วางตรงกลางฐานดอก เพื่อเป็นเกสร ดอกลำดวน นำขนมที่ปั้นแล้วเข้าเตาอบ ใช้ไฟบนล่าง อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ให้สีขนมเริ่มเหลือง เมื่ออบเสร็จแล้วให้นำมาวางให้ขนมเย็น และนำมาอบควันเทียนเพื่อให้มีกลิ่นหอมเป็นเวลา 15 นาที ได้ขนมกลีบลำดวนสูตรต่างๆ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบขนมกลีบลำดวนสูตรต่างๆ

5. การทดสอบคุณลักษณะของขนมกลีบลำดวน

ดำเนินการทดสอบคุณลักษณะของขนมกลีบลำดวนทั้ง 5 สูตร ดังต่อไปนี้

5.1 การทดสอบสีของเนื้อขนมกลีบลำดวน

บดเนื้อขนมกลีบลำดวนที่อบแล้วให้เป็นผง แล้วนำไปวัดค่าสีของเนื้อขนมด้วยเครื่องวัดสี (Reflectance Tintometer) ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500d ระบบ CIE L*a*b* ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การทดสอบสีของเนื้อขนมกลีบลำดวน

5.2 การทดสอบความแข็งของขนมกลีบลำดวน

วัดค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Lloyd รุ่น TA 500 แบบ Texture Profile Analysis วางตัวอย่างขนมกลีบลำดวนหงายขึ้น และใช้หัววัดชนิด Compression Probe

ขนาด 50 มิลลิเมตร กดลงบนตัวอย่างด้วยอัตราเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นระยะทางร้อยละ 50 ของความสูงตัวอย่าง ดังรูปที่ 4 จากนั้นบันทึกค่าความแข็งของเนื้อขนม (Hardness) [6]



รูปที่ 4 การทดสอบเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวน

5.3 การทดสอบปริมาณน้ำอิสระของขนมกลีบลำดวน

วัดค่าปริมาณน้ำอิสระของขนมกลีบลำดวนโดยใช้เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) ยี่ห้อ Aqua Lab

5.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมกลีบลำดวน

ทดสอบทางประสาทสัมผัสหรือความชอบของขนมกลีบลำดวนทั้ง 5 สูตร ได้แก่ ขนมกลีบลำดวนสูตร A, B, C, D และ E เตรียมตัวอย่าง ทำการทดสอบแบบ Central Location Test ในสถานที่ต่าง ๆ ได้แก่ หน่วยงานราชการ บริษัทเอกชน และวัด โดยการสุ่มผู้ทดสอบแบบโควตา (Quota Sampling) จำนวน 200 คน แบ่งเป็นเพศชาย 100 คน และเพศหญิง 100 คน นำเสนอตัวอย่างโดยสุ่มเลขรหัส 3 หลัก ผู้ทดสอบจะได้รับทีละตัวอย่าง (ระหว่างการทดสอบตัวอย่างใช้ฝรัง และน้ำเปล่าเพื่อขจัดสิ่งตกค้าง) ประเมินความชอบของตัวอย่างในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้สเกล 9 Point hedonic scale (1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด, 9 คือ ชอบมากที่สุด) นอกจากนี้ผู้ทดสอบประเมินความพอดี (Just About Right; JAR) (1 คือ น้อยเกินไป, 2 คือ พอดี, 3 คือ มากเกินไป) ของตัวอย่างขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตน กำหนดให้ความพอดีเท่ากับร้อยละ 70 เป็นเกณฑ์

ที่แสดงว่าตัวอย่างมีความพอดีในคุณลักษณะ [7] โดยมีการวิเคราะห์คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.5 การทดสอบโครงสร้างของเนื้อขนมกลีบลำดวน

ศึกษาโครงสร้างของเนื้อขนมกลีบลำดวนจำนวน 3 สูตร โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) ส่องที่กำลังขยาย 50 เท่า และ 200 เท่า ประกอบด้วย ขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งสาลี (สูตร A) ขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแทนที่แป้งสาลีทั้งหมด (สูตร B) และขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนสูตรที่มีการปรับปรุงด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งผ่านการคัดเลือกจากขนมกลีบลำดวนสูตร C, D และ E ว่ามีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การเตรียมขนมกลีบลำดวนสำหรับศึกษาโครงสร้าง

5.6 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมกลีบลำดวน

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนที่ได้ใช้ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจำนวน 200 คน ในช่วงอายุที่นิยมและมีแนวโน้มบริโภคจากการสำรวจตลาด โดยการสุ่มผู้ทดสอบแบบโควตา (Quota Sampling)

แบ่งเป็นผู้ทดสอบเพศชาย ร้อยละ 50 และหญิง ร้อยละ 50 แบ่งตามช่วง โดยวิธีการทดสอบ นำเสนอ ตัวอย่าง และใช้แบบสอบถามประเมินความชอบของ ผลิตภัณฑ์ ตามแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ขนมหลีสล้าตวน และผู้บริโภคมจะถูกถามในเรื่องการ ยอมรับ/ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ และประมวลผลข้อมูล ในด้านความถี่คะแนนความชอบเฉลี่ย

5.7 การทดสอบอายุการเก็บรักษาของแป้ง ขนมหลีสล้าตวน

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แป้ง ขนมหลีสล้าตวนที่ปราศจากกลูเตนให้ทำการนำส่วนผสม ที่ผ่านการยอมรับจากผู้บริโภคแล้ว ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว น้ำตาล เกลือ กัวร์กัม และแซนแทนกัม มาบรรจุในซองอะลูมิเนียมพอยล์แบบสุญญากาศ และ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (20 – 25 องศาเซลเซียส) จากนั้น นำผลิตภัณฑ์แป้งขนมหลีสล้าตวนมาทำเป็นขนมหลีสล้าตวนตามกระบวนการที่อธิบายไว้ข้างต้น ทำการ นำเสนอตัวอย่างและใช้แบบสอบถามประเมินความชอบ ของผลิตภัณฑ์ตามแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการสุ่มผู้ทดสอบแบบโควตา (Quota Sampling) จำนวน 100 คน แบ่งเป็นเพศชาย 50 คน เพศหญิง 50 คน ทำการทดสอบตัวอย่างที่อายุการเก็บรักษา 2, 4 และ 6 เดือน เพื่อคาดคะเนอายุการเก็บรักษาจากคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์

6. ผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งขนมหลีสล้าตวนปราศจากกลูเตน สามารถสรุปเป็นผลการดำเนินงานแบ่งตามการทดสอบได้ ดังต่อไปนี้

6.1 ผลการทดสอบสีของเนื้อขนมหลีสล้าตวน

จากการทดสอบสีของเนื้อขนมหลีสล้าตวน สูตรต่างๆ ที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน ในตารางที่ 2 พบว่า ขนมหลีสล้าตวนที่ปราศจากกลูเตนสูตร B เป็นสูตร ที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าในปริมาณมาก จึงทำให้ ขนมหลีสล้าตวนมีสีหรือมีสีเนื้อออกขาวมากที่สุด ดังจะ เห็นได้จากค่า L* ของขนมหลีสล้าตวนสูตร B ที่มากกว่าสูตรอื่นอย่างชัดเจน [8-9] ส่วนขนมหลีสล้าตวนที่มี ค่าความสว่างรองลงมาคือ ขนมหลีสล้าตวนที่มีการผสม แป้งข้าวเจ้าในปริมาณที่น้อยลง และมีการเพิ่ม

แป้งข้าวเหนียวเข้าไปคือขนมหลีสล้าตวนสูตร C และ D ส่วนขนมหลีสล้าตวนแบบเดิมที่มีส่วนผสมของแป้งสาลี (สูตร A) และขนมหลีสล้าตวนที่ปราศจากกลูเตนที่มีการเติมสารสกัดจากถั่วเหลือง (สูตร E) เป็นสูตรที่มีความสว่างต่ำใกล้เคียงกัน เนื่องจากขนมหลีสล้าตวน 2 สูตร มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่มากกว่าสูตรอื่นๆ จึงทำให้ ขนมหลีสล้าตวน 2 สูตรมีสีขาวที่นวลกว่าขนมหลีสล้าตวนสูตรอื่น

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสีของเนื้อขนมหลีสล้าตวน

สูตร	L*	a*	b*	C*
A	70.32 ± 1.05 ^c	6.15 ± 0.76 ^a	20.40 ± 0.56 ^b	21.19 ± 0.91 ^a
B	78.02 ± 0.30 ^a	1.65 ± 0.68 ^b	17.95 ± 0.58 ^c	18.03 ± 0.25 ^b
C	74.00 ± 0.54 ^b	5.83 ± 0.43 ^b	21.15 ± 0.50 ^a	21.94 ± 0.39 ^a
D	73.83 ± 0.42 ^b	5.32 ± 0.16 ^b	21.95 ± 0.34 ^a	21.59 ± 0.56 ^a
E	70.15 ± 0.36 ^c	6.23 ± 1.08 ^a	20.78 ± 0.76 ^b	21.65 ± 0.72 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถว เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

6.2 ผลการทดสอบความแข็งของขนมหลีสล้าตวน

ผลจากการทดสอบเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) ของขนมหลีสล้าตวนดังตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ขนมหลีสล้าตวนที่ปราศจากกลูเตน (สูตร B) ซึ่งเป็นสูตรที่มีการแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าทั้งหมด จะมีค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสมากที่สุด เป็นผลมาจาก แป้งข้าวเจ้าเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสมาก ทำให้ เนื้อขนมมีความสามารถในการดูดน้ำน้อยและต้องใช้น้ำมันในส่วนผสมมาก เมื่อผ่านกระบวนการทำให้สุก แป้งข้าวเจ้าจะเกิดการพองตัว ทำให้ขนมมีกลีบดอก ที่บานมาก และมีเนื้อสัมผัสแข็งที่สุด [9] ส่วนขนมหลีสล้าตวนที่มีค่าความแข็งรองลงมาคือ ขนมหลีสล้าตวน ที่ปราศจากกลูเตนสูตร C สูตร E และสูตร D ตามลำดับ เนื่องจากสูตรดังกล่าวมีปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่น้อยกว่า สูตร B ด้วยการแทนที่แป้งข้าวเจ้าที่มีผลต่อความแข็งมาก ด้วยแป้งข้าวเหนียว โดยองค์ประกอบของแป้งข้าวเหนียว จะมีปริมาณอะไมโลเพคตินมาก ซึ่งองค์ประกอบ ดังกล่าวจะมีผลต่อคุณสมบัติการละลายน้ำและการให้ความชื้นหนืดที่ดี ทำให้ขนมหลีสล้าตวน สูตร C E และ D มีเนื้อขนมแข็งน้อยกว่าขนม สูตร B นอกจากนี้ยังใช้น้ำมันในการผสมขนมน้อยกว่าสูตร

B อีกด้วย นอกจากนี้ยังพบอีกว่าขนมสูตร C และสูตร E มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน สำหรับผลของสารสกัดจากถั่วเหลืองซึ่งเป็นโปรตีนจะมีบทบาทในการดูดซับน้ำของแป้ง ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นและช่วยให้การขึ้นรูปหรือการปั้นขนมสามารถทำได้ง่ายขึ้น โครงสร้างและเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนสูตร E จึงแข็งแรง และมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกรอบร่วน ส่วนขนมกลีบลำดวนสูตร D เป็นสูตรที่มีค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งสาลี (สูตร A) เนื่องจากขนมกลีบลำดวนสูตร D มีการเติมกัวร์กัมและแซนแทนกัม ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความข้นหนืดและความคงตัวให้ขนม รวมทั้งช่วยให้โครงสร้างแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวมีโครงสร้างที่แข็งแรงใกล้เคียงกับพันธะไดซัลไฟด์ของแป้งสาลี [10]

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความแข็งของขนมกลีบลำดวน

สูตร	ความแข็ง (นิวตัน)
A	18.58 ± 2.63 ^a
B	20.36 ± 1.42 ^d
C	20.08 ± 0.79 ^c
D	19.01 ± 0.42 ^b
E	19.95 ± 0.87 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษร a-d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบปริมาณน้ำอิสระของขนมกลีบลำดวน

สูตร	ปริมาณน้ำอิสระ (a _w)
A	0.177 ± 0.52
B	0.271 ± 0.23
C	0.227 ± 0.54
D	0.180 ± 0.39
E	0.182 ± 0.14

6.3 ผลการทดสอบปริมาณน้ำอิสระของขนมกลีบลำดวน

ผลจากการทดสอบปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของขนมกลีบลำดวนทั้ง 5 สูตรในตารางที่ 4 เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราส่วนของความดันไอ (Vapour Pressure) ของน้ำในเนื้อขนมต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา พบว่า ขนมกลีบลำดวนทั้ง 5 สูตรมีค่าปริมาณน้ำอิสระในเนื้อน้อยกว่า 0.5 ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ [8, 11] ทำให้ขนมทุกสูตรมีแนวโน้มที่จะมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานเมื่อมีการผลิตจำหน่ายในรูปแบบผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน

6.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมกลีบลำดวน

เมื่อนำขนมกลีบลำดวน ทั้ง 5 สูตร ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคที่มีคุณลักษณะทางประชากรดังตารางที่ 5 จำนวน 200 คน ซึ่งเป็นผู้บริโภคที่มีอายุอยู่ระหว่าง 12 – 60 ปี เป็นเพศชาย 100 คน และเพศหญิง 100 คน ระดับการศึกษาของผู้บริโภคส่วนใหญ่คือ ระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 66.5) รองลงมาคือ อนุปริญญา/ปวส. (ร้อยละ 22) อาชีพส่วนใหญ่คือ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ (ร้อยละ 56) รองลงมาคือนักเรียน/นักศึกษา (ร้อยละ 15.5) และรายได้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 15,001 – 20,000 บาท (ร้อยละ 45) รองลงมาคือ 10,001 – 15,000 บาท (ร้อยละ 20) ซึ่งการทดสอบจะให้ความสำคัญกับลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม สามารถสรุปเป็นผลการทดสอบได้ในตารางที่ 6 โดยขนมกลีบลำดวนที่ทำจากแป้งสาลี (สูตร A) และขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียวกัวร์กัม และแซนแทนกัม (สูตร D) ผู้บริโภคได้ให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในระดับที่สูงใกล้เคียงกันในทุกคุณลักษณะ ส่วนขนมกลีบลำดวนที่ผู้บริโภครู้จักและคุ้นเคยมากที่สุดคือ ขนมกลีบลำดวนที่มีการใช้สารสกัดจากถั่วเหลือง (สูตร E) ขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนที่ใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว (สูตร C) และขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแทนแป้งสาลีเพียงอย่างเดียว (สูตร B) เป็นขนมกลีบลำดวนที่ได้รับคะแนนความชอบน้อย ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านรสชาติพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านรสชาติทุกสูตรไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนน

อยู่ในระดับที่ خوبมาก จึงไม่ต้องทำการประเมินความพอดีและการวิเคราะห์ Binomial Test [7] จากผลการทดสอบดังกล่าวจึงเลือกขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนสูตร D ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

ตารางที่ 5 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของตัวแทนผู้บริโภคที่ร่วมทดสอบต่าง ๆ

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	n = 200		n = 200		n = 100	
	การทดสอบทางประสาทสัมผัส		การทดสอบการยอมรับ		การทดสอบอายุการเก็บรักษา	
	จำนวน (คน)	จำนวน (%)	จำนวน (คน)	จำนวน (%)	จำนวน (คน)	จำนวน (%)
1. เพศ						
- ชาย	100	50	100	50	100	50
- หญิง	100	50	100	50	100	50
2. อายุ						
- 12-17 ปี	2	1	3	1.5	0	0
- 18-25 ปี	41	20.5	32	16	25	25
- 26-40 ปี	128	64	135	67.5	46	46
- 41-60 ปี	29	14.5	30	15	29	29
3. ระดับการศึกษาสูงสุด						
- มัธยมศึกษา/ปวช.	2	1	5	2.5	1	1
- อนุปริญญา/ปวส.	44	22	27	13.5	16	16
- ปริญญาตรี	133	66.5	156	78	77	77
- สูงกว่าปริญญาตรี	21	10.5	12	6	6	6
4. อาชีพ						
- ไม่ประกอบอาชีพ	14	7	12	6	0	0
- นักเรียน/นักศึกษา	31	15.5	37	18.5	12	12
- ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	112	56	104	52	53	53
- พนักงานบริษัท/เอกชน	21	10.5	26	13	17	17
- ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	22	11	21	10.5	18	18
5. รายได้ต่อเดือน						
- น้อยกว่า 10,001 บาท	7	3.5	10	5	4	4
- 10,001 – 15,000 บาท	40	20	32	16	24	24
- 15,001 – 20,000 บาท	90	45	92	46	14	14
- 20,001 – 25,000 บาท	34	17	40	20	31	31
- 25,001 – 30,000 บาท	11	5.5	13	6.5	12	12
- มากกว่า 30,000 บาท	18	9	13	6.5	15	15

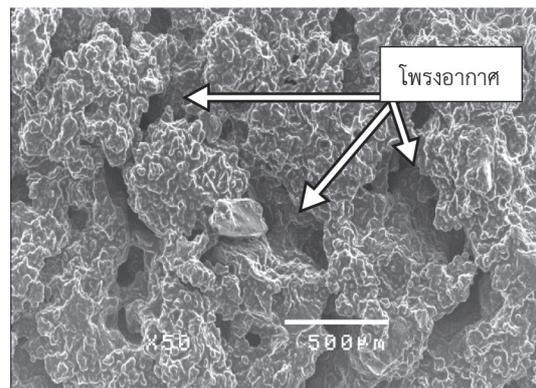
ตารางที่ 6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมกลีบลำดวน

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบของขนมกลีบลำดวนสูตรต่างๆ				
	A	B	C	D	E
ลักษณะปรากฏ	8.20 ± 1.45 ^a	5.43 ± 1.20 ^b	8.43 ± 1.72 ^a	8.12 ± 1.23 ^a	8.41 ± 1.20 ^a
สี	7.97 ± 1.75 ^a	7.53 ± 1.62 ^a	6.97 ± 1.71 ^b	7.71 ± 1.20 ^a	7.62 ± 0.96 ^a
เนื้อสัมผัส	8.13 ± 1.55 ^a	4.20 ± 2.02 ^d	6.97 ± 1.94 ^b	7.97 ± 1.94 ^a	5.20 ± 1.66 ^c
รสชาติ ^{ns}	8.73 ± 1.36	8.47 ± 1.31	8.43 ± 1.55	8.51 ± 1.98	8.52 ± 1.41
ความชอบโดยรวม	8.10 ± 1.57 ^a	5.87 ± 1.96 ^d	6.03 ± 1.29 ^c	7.87 ± 1.33 ^b	6.50 ± 1.13 ^b

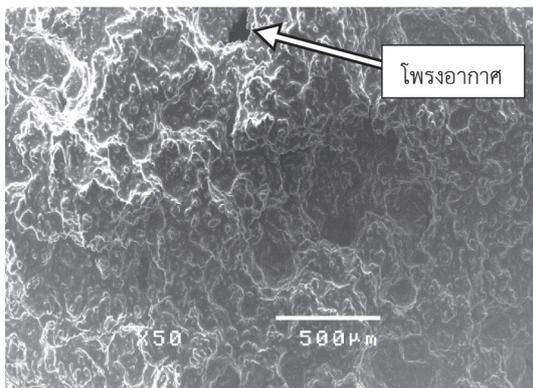
หมายเหตุ ตัวอักษร a-d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

6.5 ผลการทดสอบโครงสร้างของเนื้อขนมกลีบลำดวน

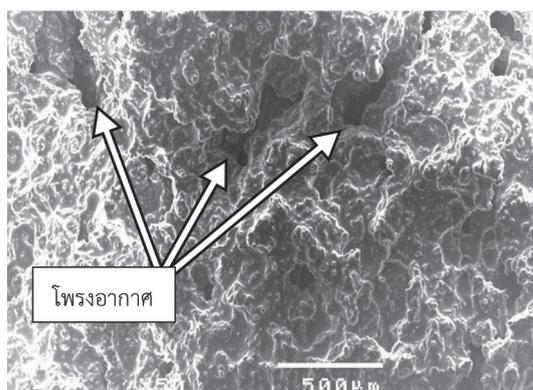
ผลการส่องลักษณะโครงสร้างของเนื้อขนมกลีบลำดวนแบบเดิมที่ใช้แป้งสาลี (สูตร A) ขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแทนที่แป้งสาลีทั้งหมด (สูตร B) และขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแป้งข้าวเหนียวกัวยำ และแซนแทนกัม (สูตร D) ซึ่งเป็นสูตรที่ผ่านการคัดเลือกว่าเหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย 50 เท่า มีดังนี้



รูปที่ 6 โครงสร้างขนมกลีบลำดวนสูตร A



รูปที่ 7 โครงสร้างขนมกليبลำคานสูตร B



รูปที่ 8 โครงสร้างขนมกليبลำคานสูตร D

จากรูปที่ 6 ถึง 8 พบว่า โครงสร้างของขนมกليبลำคานแบบดั้งเดิมที่ใช้แป้งสาลีหรือขนมกليبลำคานสูตร A เป็นขนมกليبลำคานที่มีโพรงมากที่สุด เมื่อเปลี่ยนชนิดของแป้งจากแป้งสาลีไปเป็นแป้งข้าวเจ้าทั้งหมด (สูตร B) จะทำให้ขนมกليبลำคานเกิดโพรงขึ้นน้อยมาก และเมื่อมีการผสมแป้งข้าวเหนียว แขนแทนกัม และกัวร์กัมลงในแป้งข้าวเจ้าก็จะช่วยให้ขนมกليبลำคานสูตร D โครงสร้างก็จะเกิดโพรงมากขึ้นอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามการนำกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดมาใช้ศึกษาโครงสร้างของโพรงในขนมกليبลำคานสูตร D จะมีปัญหาของน้ำมันที่แทรกอยู่ในโพรงที่มากกว่าขนมกليبลำคานที่ใช้แป้งสาลี (สูตร A) ทำให้ไม่สามารถมองเห็นโพรงได้มากเท่าที่ควร การตรวจสอบโครงสร้างของขนมกليبลำคานจึงจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติม ได้แก่ ความแข็ง และการทำสอบทางประสาทสัมผัสเพิ่มเติม ทั้งนี้ขนาดของโพรงอากาศของขนมกليبลำคานที่ใช้แป้งสาลี (สูตร A) จะมีขนาดประมาณ 300 ถึง 400 ไมโครเมตร ขนมกليبลำคานที่ใช้แป้งข้าวเจ้า (สูตร B) จะมีขนาดประมาณ 200 ไมโครเมตร

และขนมกليبลำคานที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และมีการปรับปรุงโครงสร้างด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์ (สูตร D) จะมีขนาดโพรงประมาณ 100 ถึง 400 ไมโครเมตร

6.6 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมกليبลำคาน

จากตารางที่ 5 และ 7 พบว่า ตัวแทนผู้บริโภคที่ร่วมทดสอบการยอมรับขนมกليبลำคานที่ปราศจากกลูเตน จำนวน 200 คน เป็นผู้มีอายุอยู่ระหว่าง 12 – 60 ปี เป็นเพศชาย 100 คน และเพศหญิง 100 คน ส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 78) รองลงมาคือ อนุปริญญา/ปวส. (ร้อยละ 13.5) ประกอบอาชีพข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจมากที่สุด (ร้อยละ 52) รองลงมาคือ นักเรียน/นักศึกษา (ร้อยละ 18.5) มีรายได้อยู่ในช่วง 15,001 – 20,000 บาท (ร้อยละ 46) รองลงมาคือ 20,001 – 25,000 (ร้อยละ 20) ซึ่งผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมกليبลำคานที่ปราศจากกลูเตนสูตร D พบว่า ผู้บริโภคยอมรับขนมสูตรดังกล่าวในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมในระดับคะแนนความชอบปานกลางถึงชอบมาก หากนำมาพัฒนาเป็นแป้งขนมกليبลำคานที่ปราศจากกลูเตน ผู้บริโภคจะยอมรับในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 96 และตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 91 ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมกليبลำคานที่ปราศจากกลูเตน

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
ลักษณะที่ปรากฏ	8.4 + 1.32
สี	8.3 + 0.35
เนื้อสัมผัส	7.2 + 0.98
รสชาติ	8.9 + 1.11
ความชอบรวม	8.1 + 0.90

ตารางที่ 8 ผลทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ต่อแป้งขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตน

n = 200

ข้อมูลการสำรวจ	ความถี่	ร้อยละ
1. ยอมรับผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตน		
- ยอมรับ	192	96
- ไม่ยอมรับ	8	4
2. หากมีผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนนี้จำหน่าย ท่านคาดว่าจะซื้อบริโภคหรือไม่		
- ซื้อ	182	91
- ไม่ซื้อ	18	9

6.7 ผลการทดสอบอายุการเก็บรักษาของแป้งขนมกลีบลำดวน

สำหรับการทดสอบอายุการเก็บรักษาของขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนสูตร D ซึ่งถูกพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตน เป็นการคาดคะเนอายุการเก็บรักษาจากการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการบรรจุในซองอะลูมิเนียมพอยล์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน โดยจะบรรจุเฉพาะส่วนของแป้ง วัตถุประสงค์และสารที่ช่วยในการสร้างโครงสร้างเนื้อขนมส่วนน้ำมันพืชที่ใช้จะเป็นน้ำมันพืชใหม่เป็นส่วนผสมทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมทุก 2 เดือน รวม 4 ครั้ง โดยใช้ตัวแทนของผู้บริโภค จำนวน 100 คน ซึ่งมีลักษณะทางประชากรศาสตร์ในตารางที่ 5 คือเป็นผู้บริโภคที่มีอายุอยู่ระหว่าง 12 – 60 ปี เป็นเพศชาย 50 คน และเพศหญิง 50 คน มีระดับการศึกษาส่วนใหญ่คือ ระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 77) รองลงมาคือ อนุปริญญา/ปวส. (ร้อยละ 16) อาชีพส่วนใหญ่คือ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ (ร้อยละ 53) รองลงมา

คือ ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว (ร้อยละ 18) และรายได้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 20,001 – 25,000 (ร้อยละ 31) รองลงมาคือ 10,001 – 15,000 (ร้อยละ 24) โดยผลการทดสอบในตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของขนมกลีบลำดวนจากผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนที่ระยะเวลาการเก็บตั้งแต่ก่อนบรรจุลงในซองอะลูมิเนียมพอยล์ (0 เดือน) 2 เดือน 4 เดือน และ 6 เดือน ในระดับคะแนนที่ใกล้เคียงกันหรือไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในทุกคุณลักษณะทั้งในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม จึงสามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนที่บรรจุลงในซองอะลูมิเนียมพอยล์มีอายุการเก็บได้นาน 6 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง [4]

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบอายุการเก็บรักษาของแป้งขนมกลีบลำดวนที่ระยะเวลาต่างๆ โดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ			
	0 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	6 เดือน
	(สูตรควบคุม)			
ลักษณะที่ปรากฏ ^{ns}	8.1 + 1.65	8.2 + 0.89	8.1 + 0.98	8.2 + 1.06
สี ^{ns}	7.5 + 0.48	7.3 + 1.02	7.4 + 0.53	7.3 + 1.82
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.8 + 1.32	7.7 + 1.14	7.6 + 0.84	7.6 + 1.22
รสชาติ ^{ns}	7.9 + 1.21	8.1 + 0.77	8.2 + 1.34	8.1 + 0.45
ความชอบรวม ^{ns}	7.7 + 1.40	7.5 + 1.64	7.8 + 1.45	7.7 + 1.31

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{ns} หมายถึง สิ่งทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

7. สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ว่า แป้งสาลีที่ใช้ในการทำขนมกลีบลำดวนซึ่งมีกลูเตนและทำให้ขนมมีเนื้อสัมผัสกรอบร่วนเป็นเอกลักษณ์นั้น สามารถใช้แป้งข้าวเจ้าที่มีอะไมโลสร่วมกับแป้งข้าวเหนียวที่มีปริมาณอะไมโลเพกติน และสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ กัวร์กัม และแซนแทนกัม เพื่อให้ได้ขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนที่มีเนื้อสัมผัสกรอบร่วนและมีสีใกล้เคียงกับขนมกลีบลำดวนแบบเดิมที่ใช้แป้งสาลีซึ่งมีกลูเตนเป็นส่วนประกอบได้ โดยได้คะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสและการยอมรับในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และ

ความชอบรวมสูงเช่นเดียวกับขนมกลีบลำดวนแบบเดิม ส่วนการทำขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนก็มี ขั้นตอนใกล้เคียงกับขนมกลีบลำดวนแบบเดิม เมื่อนำมา พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนปราศจาก กลูเตนที่บรรจุในซองออลูมิเนียมฟอยล์จะสามารถ เก็บรักษาสชาติและเนื้อสัมผัสได้นาน 6 เดือน

8. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก กรมส่งเสริมวัฒนธรรม กระทรวงวัฒนธรรม ประจำปี งบประมาณ 2562

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of the Royal Society. 2011 Dictionary: Office of the Royal Society version. Bangkok: Office of the Royal Society; 2013. (in Thai)
- [2] Molina-Infante J, Santolaria S, Sanders DS, Fernández-Bañares F. Systematic review: noncoeliac gluten sensitivity. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 2015; 41(9): 807-20.
- [3] Kang JY, Kang AH, Green A, Gwee KA, Ho KY. Systematic review: worldwide variation in the frequency of coeliac disease and changes over time. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. 2013; 38(3): 226-45.
- [4] Gomez FR, Pedro AC, Carlos AB, Cristina MR. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*. 2007; 21(2): 167-73.
- [5] Phillips GO, Williams PA. *Handbook of Hydrocolloids*. 2nd edition, Cambridge: Woodhead Publishing Limited; 2000.
- [6] Shri KS, Steven JM, Syed SHR. *Food Process Engineering: Theory and Laboratory Experiment*. New York: A John Wiley & Sons., Publication; 2000.
- [7] Timayoonk D, Rimkeeree H. Implementation of traditional Thai snack wisdom for the production of semi-ready to cook Khanom Tan powder. *Research on Culture*. 2019; 2(2): 109-20. (in Thai)
- [8] Parnsakhorn S, Langkapin J. Effect of temperature on soaking and drying on quality of parboiled Hom-nin rice. *Journal of Engineering, RMUTT*. 2019; 17(1): 175-85. (in Thai)
- [9] Wanyo P, Chomnawang C, Siriamornpun S. Substitution of wheat flour with rice flour and rice bran in flake products: effects on chemical, physical and antioxidant properties. *World Applied Sciences Journal*. 2009; 7(1): 49-56.
- [10] Siroth K, Piyajomkhaw K. *Starch Technology*. 3ed edition, Bangkok: Kasetsart University; 2007. (in Thai)
- [11] Piotr PL. Water as the determinant of food engineering properties: A review. *Journal of Food Engineering*. 2004; 61(4): 483-95.