

อารยโภชนา ภูมิปัญญาเกลือปล้ำดวนปราศจากกลูเตน แนวทางส่งเสริมวัฒนธรรมเพื่อความเท่าเทียม

เดือนเต็ม ทิมายงค์^๑ กิตติพงษ์ สุวีโร^{๒*} หทัยรัตน์ ริมศิริ^๓

บทคัดย่อ

ขนมกลีบลำดวน เป็นภูมิปัญญาขนมไทยโบราณ ทำจากแป้งสาลีชนิดเคล้ากับน้ำตาลและน้ำมัน ลักษณะเหมือนดอกลำดวน ประยุกต์ด้วยการอบหรือผิง และอบด้วยควันเทียนหอม โครงสร้างและเนื้อสัมผัสของขนมกรอบร่วนเป็นเอกลักษณ์ โดยการใช้โปรตีนในแป้งข้าวสาลีที่เรียกว่า กลูเตน (Gluten) ทำให้ผู้บริโภคที่เป็นโรค Celiac Disease หรือผู้ที่มีอาการแพ้กลูเตน จำนวนมากกว่า ๗๕ ล้านคนทั่วโลก ไม่สามารถรับประทานขนมชนิดนี้ได้ เพื่อเป็นการสร้างความเท่าเทียมทางอาหาร และส่งเสริมวัฒนธรรม และภูมิปัญญาขนมไทยให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น จึงมีการใช้แป้งข้าวไทยและสารทดแทนกลูเตนจากธรรมชาติในการช่วยสร้างเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนที่ใกล้เคียงกับขนมกลีบลำดวนแบบดั้งเดิม

บทนำ

ขนมกลีบลำดวน หรือขนมดอกลำดวน เป็นขนมมงคล ๑ ใน ๙ ชนิด ที่ใช้ในงานมงคลมาตั้งแต่สมัยโบราณโดยเฉพาะในงานแต่งงาน เนื่องจากมีความเชื่อว่าจะช่วยให้มีชีวิตคู่ที่งดงาม ขนมกลีบลำดวนมีที่มาจากการบินรูปทรงขนมให้มีลักษณะคล้ายดอกของต้นลำดวนซึ่งต้นไม้ชนิดนี้นิยมปลูกในภาคอีสาน โดยเฉพาะที่จังหวัดศรีสะเกษ ขนมกลีบลำดวนเป็นภูมิปัญญาขนมไทยชนิดหนึ่ง ทำจากแป้งสาลีชนิดเคล้ากับน้ำตาลและน้ำมัน ปั้นเป็นดอก ๓ กลีบ มีเกสรกลมตรงกลาง ลักษณะเหมือนดอกลำดวน ประยุกต์ด้วยการอบหรือผิง และอบด้วยควันเทียนหอม [๑] จากส่วนผสมจะเห็นได้ว่าขนมกลีบลำดวนเป็นขนมไทยที่ได้รับอิทธิพลมาจากต่างชาติ เนื่องจากมีการใช้แป้งสาลีเป็นส่วนประกอบหลัก แป้งชนิดนี้เป็นส่วนผสมที่สำคัญในการสร้างโครงสร้างและเนื้อสัมผัสให้ขนมกลีบลำดวนมีความกรอบร่วนเป็นเอกลักษณ์ เนื่องจากแป้งสาลีจะมีโปรตีนที่เรียกว่า กลูเตน (Gluten) ทำหน้าที่เก็บรักษาฟองอากาศไว้ภายในเนื้อขนม [๒] แม้ว่ากลูเตนจะช่วยให้ขนมมีเนื้อสัมผัสที่กรอบนุ่มแต่มีผลกระทบต่อผู้บริโภคที่เป็นโรค Celiac Disease หรือผู้ที่มีระบบภูมิคุ้มกันต่อต้านกลูเตน โรคชนิดนี้จะทำให้ผู้ที่รับประทานขนมหรืออาหารที่มีส่วนผสมของกลูเตนจะเกิดอาการต่างๆ เช่น ท้องเสีย ท้องอืด ท้องผูก คลื่นไส้ และอาเจียน เป็นต้น หรืออาจมีภาวะความผิดปกติอื่นร่วมด้วย เช่น อาการทางระบบทางเดินอาหาร ปวดหัว และปวดข้อ เป็นต้น หากมีการแพ้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานก็อาจทำให้เกิดโรคมะเร็ง จากผลการสำรวจประชากรทั่วโลก พบว่า มีจำนวนผู้เป็นโรค Celiac Disease มากกว่า ๗๕ ล้านคน [๓] ส่วนจำนวนผู้ป่วยที่แพ้กลูเตนในประเทศไทย คาดว่า จะมีมากกว่า ๗ แสนคน จากเอกลักษณ์ของขนมกลีบลำดวนที่มีความกรอบร่วน จึงทำให้การใช้แป้งชนิดอื่นมาแทนที่แป้งสาลีนั้นทำได้ยาก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนโดยใช้แป้งข้าวไทยและสารทดแทนกลูเตน ได้แก่ สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) และ

^๑ พันจ่าอากาศเอกหญิงเดือนเต็ม ทิมายงค์ ฝ่ายพลาธิการ กองบริการ กรมแพทย์ทหารอากาศ

^{๒*} ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยเอก ดร.กิตติพงษ์ สุวีโร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

^๓ รองศาสตราจารย์ ดร.หทัยรัตน์ ริมศิริ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (isolated Soy Protein) ซึ่งเป็นสารสกัดจากธรรมชาติในการช่วยสร้างเนื้อขนม กลีบลำดวนให้มีโครงสร้างแข็งแรงใกล้เคียงกับพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide Bond) จากสารกลูเตน [๔-๕] ซึ่งจะเป็นการสร้างความปลอดภัยทางอาหาร ตลอดจนเป็นการส่งเสริมวัฒนธรรมและภูมิปัญญาขนมไทย ให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น

วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ ประกอบด้วย แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว น้ำตาล เกลือ น้ำมันพืช กัวร์กัม (Guar Gum) แซนแทนกัม (Xanthan Gum) โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Isolated Soy Protein) เทียนอบขนม เตาอบ เครื่องวัดสี (Reflectance Tintometer) ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-๓๕๐๐d ระบบ CIE L*a*b* เครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Lloyd Instrument รุ่น TA ๕๐๐ พร้อมหัววัดชนิด Compression Probe ขนาด ๕๐ มิลลิเมตร เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) ยี่ห้อ Aqua Lab กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ตะแกรงร่อนแป้งขนาด ๘๐ เมช (๐.๑๘ มิลลิเมตร) และอุปกรณ์ทำครัว ได้แก่ มีด ทัพพี และอ่างผสม



รูปที่ ๑ ขนมกลีบลำดวน

การพัฒนาสูตรขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตน

การพัฒนาสูตรขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตน เป็นการนำสูตรขนมกลีบลำดวนแบบดั้งเดิม (สูตร A) มาศึกษา และออกแบบสูตรใหม่ โดยใช้แป้งที่ไม่มีส่วนประกอบกลูเตน ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า และ แป้งข้าวเหนียว แทนที่แป้งสาลี และปรับปรุงเนื้อด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ กัวร์กัม แซนแทนกัม และสารสกัดจากถั่วเหลือง รวม ๕ สูตร ทุกส่วนมีการผสมน้ำมันพืชในปริมาณตามที่แป้งที่ผสมจะสามารถ ปั้นขึ้นรูปได้ ดังตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ ส่วนผสมของขนมกลีบลำดวนโดยน้ำหนัก

ส่วนผสม	สูตรขนมกลีบลำดวน				
	A	B	C	D	E
แป้งสาลี	๒๔๐	-	-	-	-
แป้งข้าวเจ้า	-	๒๔๐	๑๒๐	๑๒๐	๑๑๕
แป้งข้าวเหนียว	-	-	๑๒๐	๑๒๐	๑๑๕
น้ำตาล	๑๔๐	๑๔๐	๑๔๐	๑๔๐	๑๔๐
เกลือ	๑	๑	๑	๑	๑
น้ำมันพืช	๑๕๐	๒๒๐	๒๑๐	๑๙๐	๑๙๐
กัวร์กัม	-	-	-	๑	-
แซนแทนกัม	-	-	-	๑	-
โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	-	-	-	-	๑๐



รูปที่ ๒ การเปรียบเทียบขนมกลีบลำดวนสูตรต่างๆ

วิธีการปรุงขนมกลีบลำดวน

เริ่มจากตวงส่วนผสมตามตารางที่ ๑ จากนั้นนำแป้ง น้ำตาล เกลือ และสารไฮโดรคอลลอยด์ (ถ้ามี) มาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ ๘๐ ลงในอ่างผสม จำนวน ๒ ครั้ง ทอยใส่ น้ำมันพืชที่ละน้อยพร้อมทั้งนวดให้น้ำมันพืชกับแป้งผสมเข้ากันแบบเบามือ จนได้แป้งที่นุ่มมือไม่แห้งหรือเหลว พักแป้ง ๑๕ นาที เมื่อครบ ๑๕ นาทีแล้ว ให้ปั้นตัวขนมกลีบลำดวน โดยแบ่งแป้งออกมาทีละนิด ปั้นให้เป็นก้อนกลมแบบเบามือ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ๑.๕ เซนติเมตร ใช้มีดผ่าแป้งที่ปั้นไว้ ๔ ส่วน โดยกรีดให้ขาดจากกัน ประกอบดอกจำนวน ๓ กลีบ เป็นฐานดอก จับให้แต่ละกลีบติดกันเบามือ จัดดอกให้สวยงาม แล้วจึงปั้นก้อนกลมเล็กใช้มีดกรีดให้เป็น ๓ กลีบ วางตรงกลางฐานดอก เพื่อเป็นเกสรดอกลำดวน นำขนมที่ปั้นแล้วเข้าเตาอบ ใช้ไฟบนล่างอุณหภูมิ ๑๕๐ องศาเซลเซียส เป็นเวลา ๑๐ นาที ให้สีขนมเริ่มเหลือง เมื่ออบเสร็จแล้วให้นำมาวางให้ขนมเย็น และนำมาอบควันเทียนเพื่อให้มีกลิ่นหอมเป็นเวลา ๑๕ นาที ได้ขนมกลีบลำดวนสูตรต่างๆ

การทดสอบคุณลักษณะของขนมกลีบลำดวน

ดำเนินการทดสอบคุณลักษณะของขนมกลีบลำดวนทั้ง ๕ สูตร ดังต่อไปนี้

๑. การทดสอบสีของเนื้อขนมกลีบลำดวน

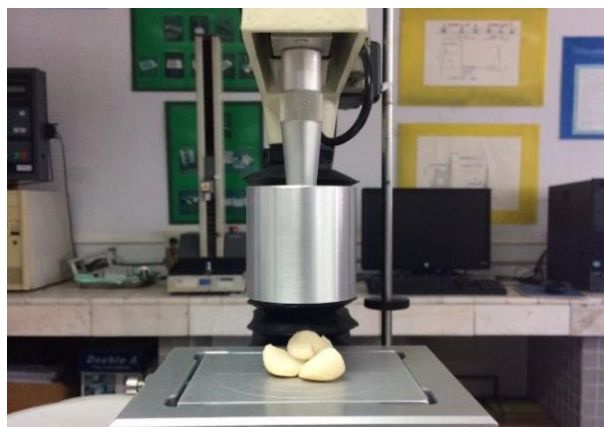
วัดเนื้อขนมกลีบลำดวนที่อบแล้วให้เป็นผง แล้วนำไปวัดค่าสีของเนื้อขนมด้วยเครื่องวัดสี (Reflectance Tintometer) ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-๓๕๐๐d ระบบ CIE L*a*b* ดังรูปที่ ๓



รูปที่ ๓ การทดสอบสีของเนื้อขนมกลีบลำดวน

๒. การทดสอบความแข็งของขนมกลีบลำดวน

วัดค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Lloyd รุ่น TA ๕๐๐ แบบ Texture Profile Analysis วางตัวอย่างขนมกลีบลำดวนหงายขึ้น และใช้หัววัดชนิด Compression Probe ขนาด ๕๐ มิลลิเมตร กดลงบนตัวอย่างด้วยอัตราเร็ว ๑ มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นระยะทางร้อยละ ๕๐ ของความสูงตัวอย่าง ดังรูปที่ ๔ จากนั้นบันทึกค่าความแข็งของเนื้อขนม (Hardness) [๖]



รูปที่ ๔ การทดสอบเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวน

๓. การทดสอบปริมาณน้ำอิสระของขนมกลีบลำดวน

วัดค่าปริมาณน้ำอิสระของขนมกลีบลำดวน โดยใช้เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) ยี่ห้อ Aqua Lab

๔. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมกลีบลำดวน

ทดสอบทางประสาทสัมผัสหรือความชอบของขนมกลีบลำดวนทั้ง ๕ สูตร ได้แก่ ขนมกลีบลำดวน สูตร A, B, C, D และ E เตรียมตัวอย่าง ทำการทดสอบแบบ Central Location Test ในสถานที่ต่างๆ ได้แก่ หน่วยงานราชการ บริษัทเอกชน และวัด โดยการสุ่มผู้ทดสอบแบบโควตา (Quota Sampling) จำนวน ๒๐๐ คน แบ่งเป็นเพศชาย ๑๐๐ คน และเพศหญิง ๑๐๐ คน นำเสนอตัวอย่างโดยสุ่มเลขรหัส ๓ หลัก ผู้ทดสอบจะได้รับทีละตัวอย่าง (ระหว่างการทดสอบตัวอย่างใช้ฝรัง และน้ำเปล่าเพื่อขจัดสิ่งตกค้าง) ประเมินความชอบของตัวอย่างในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้สเกล ๙ Point hedonic scale (๑ คือ ไม่ชอบมากที่สุด, ๙ คือ ชอบมากที่สุด) นอกจากนี้ผู้ทดสอบประเมินความพอดี (Just About Right; JAR) (๑ คือ น้อยเกินไป, ๒ คือ พอดี, ๓ คือ มากเกินไป) ของตัวอย่างขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตน กำหนดให้ความพอดีเท่ากับร้อยละ ๗๐ เป็นเกณฑ์ที่แสดงว่าตัวอย่างมีความพอดีในคุณลักษณะ [๗] โดยมีการวิเคราะห์คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆ ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างด้วย Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

๕. การทดสอบโครงสร้างของเนื้อขนมกลีบลำดวน

ศึกษาโครงสร้างของเนื้อขนมกลีบลำดวน จำนวน ๓ สูตร โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) ส่องที่กำลังขยาย ๕๐ เท่า และ ๒๐๐ เท่า ประกอบด้วย ขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งสาลี (สูตร A) ขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แทนที่แป้งสาลีทั้งหมด (สูตร B) และขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนสูตรที่มีการปรับปรุงด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์ซึ่งผ่านการคัดเลือกจากขนมกลีบลำดวนสูตร C, D และ E ว่ามีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน ดังรูปที่ ๕



รูปที่ ๕ การเตรียมขนมกลีบลำดวนสำหรับศึกษาโครงสร้าง

ผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินการพัฒนาขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน สามารถสรุปเป็นผลการดำเนินงานแบ่งตามการทดสอบได้ดังนี้

๑. ผลการทดสอบสีของเนื้อขนมกลีบลำดวน

จากการทดสอบสีของเนื้อขนมกลีบลำดวนสูตรต่างๆ ที่มีส่วนผสมแตกต่างกันในตารางที่ ๒ พบว่าขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนสูตร B เป็นสูตรที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าในปริมาณมาก จึงทำให้ขนมมีค่าความสว่างหรือมีสีเนื้อออกขาวมากที่สุดดังจะเห็นได้จากค่า L* ของขนมกลีบลำดวนสูตร B ที่มากกว่าสูตรอื่นอย่างชัดเจน [๘-๙] ส่วนขนมกลีบลำดวนที่มีค่าความสว่างรองลงมาคือ ขนมกลีบลำดวนที่มีการผสมแป้งข้าวเจ้าในปริมาณที่น้อยลงและมีการเพิ่มแป้งข้าวเหนียวเข้าไปคือขนมกลีบลำดวนสูตร C และ D ส่วนขนมกลีบลำดวนแบบเดิมที่มีส่วนผสมของแป้งสาลี (สูตร A) และขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนที่มีการเติมสารสกัดจากถั่วเหลือง (สูตร E) เป็นสูตรที่มีความสว่างต่ำใกล้เคียงกัน เนื่องจากขนมทั้ง ๒ สูตร มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่มากกว่าสูตรอื่นๆ จึงทำให้ขนมทั้ง ๒ สูตรมีสีขาวยาวที่น้อยกว่าขนมกลีบลำดวนสูตรอื่น

ตารางที่ ๒ ผลการทดสอบสีของเนื้อขนมกลีบลำดวน

สูตร	L*	a*	b*	C*
A	๗๐.๓๒ ± ๑.๐๕ ^c	๖.๑๕ ± ๐.๗๖ ^a	๒๐.๔๐ ± ๐.๕๖ ^b	๒๑.๑๙ ± ๐.๙๑ ^a
B	๗๘.๐๒ ± ๐.๓๐ ^a	๑.๖๕ ± ๐.๖๘ ^d	๑๗.๙๕ ± ๐.๕๘ ^c	๑๘.๐๓ ± ๐.๒๕ ^b
C	๗๔.๐๐ ± ๐.๕๔ ^b	๕.๘๓ ± ๐.๔๓ ^b	๒๑.๑๕ ± ๐.๕๐ ^a	๒๑.๙๔ ± ๐.๓๙ ^a
D	๗๓.๘๓ ± ๐.๔๒ ^b	๕.๓๒ ± ๐.๑๖ ^b	๒๑.๙๕ ± ๐.๓๔ ^a	๒๑.๕๙ ± ๐.๕๖ ^a
E	๗๐.๑๕ ± ๐.๓๖ ^c	๖.๒๓ ± ๑.๐๘ ^a	๒๐.๗๘ ± ๐.๗๖ ^b	๒๑.๖๕ ± ๐.๗๒ ^a

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

๒. ผลการทดสอบความแข็งของขนมกลีบลำดวน

ผลจากการทดสอบเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) ของขนมกลีบลำดวนดังตารางที่ ๓ แสดงให้เห็นว่า ขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตน (สูตร B) ซึ่งเป็นสูตรที่มีการแทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าทั้งหมดจะมีค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสมากที่สุด เป็นผลมาจากแป้งข้าวเจ้าเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสมาก ทำให้เนื้อขนมมีความสามารถในการดูดน้ำน้อยและต้องใช้น้ำมันในส่วนผสมมาก เมื่อผ่านกระบวนการทำให้สุกแป้งข้าวเจ้าจะเกิดการพองตัว ทำให้ขนมมีกลีบดอกที่บานมาก และมีเนื้อสัมผัสแข็งที่สุด [๙] ส่วนขนมกลีบลำดวนที่มีค่าความแข็งรองลงมาคือ ขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนสูตร C สูตร E และสูตร D ตามลำดับ เนื่องจากสูตรดังกล่าวมีปริมาณแป้งข้าวเจ้าที่น้อยกว่าสูตร B ด้วยการแทนที่แป้งข้าวเจ้าที่มีผลต่อความแข็งมากด้วยแป้งข้าวเหนียว โดยองค์ประกอบของแป้งข้าวเหนียวจะมีปริมาณอะไมโลเพคตินมาก ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวจะมีผลต่อคุณสมบัติการละลายน้ำและการให้ความชื้นหนืดที่ดี ทำให้ขนมกลีบลำดวนสูตร C E และ D มีเนื้อขนมแข็งน้อยกว่าขนมสูตร B นอกจากนี้ยังใช้น้ำมันในการผสมขนมน้อยกว่าสูตร B อีกด้วย นอกจากนี้ยังพบอีกว่าขนมสูตร C และสูตร E มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน สำหรับผลของสารสกัดจากถั่วเหลืองซึ่งเป็นโปรตีนจะมีบทบาทในการดูดซับน้ำของแป้ง ให้ความหนืดเพิ่มขึ้นและช่วยให้การขึ้นรูปหรือการปั้นขนมสามารถทำได้ง่ายขึ้น โครงสร้างและเนื้อสัมผัสของขนมกลีบลำดวนสูตร E จึงแข็งแรงและมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกรอบร่วน ส่วนขนมกลีบลำดวนสูตร D เป็นสูตรที่มีค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งสาลี (สูตร A) เนื่องจากขนมกลีบลำดวนสูตร D มีการเติมกัวร์กัมและแซนแทนกัม ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความ

ชั้นหนืดและความคงตัวให้ขนม รวมทั้งช่วยให้โครงสร้างแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวมีโครงสร้างที่แข็งแรงใกล้เคียงกับพันธะไดซัลไฟด์ของแป้งสาลี [๑๐]

ตารางที่ ๓ ผลการทดสอบความแข็งของขนมกลีบลำดวน

สูตร	ความแข็ง (นิวตัน)
A	๑๘.๕๘ ± ๒.๖๓ ^a
B	๒๐.๓๖ ± ๑.๔๒ ^d
C	๒๐.๐๘ ± ๐.๗๙ ^c
D	๑๙.๐๑ ± ๐.๔๒ ^b
E	๑๙.๙๕ ± ๐.๘๗ ^c

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

๖.๓ ผลการทดสอบปริมาณน้ำอิสระของขนมกลีบลำดวน

ผลจากการทดสอบปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของขนมกลีบลำดวนทั้ง ๕ สูตรในตารางที่ ๔ เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราส่วนของความดันไอ (Vapour Pressure) ของน้ำในเนื้อขนมต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา พบว่า ขนมกลีบลำดวนทั้ง ๕ สูตรมีค่าปริมาณน้ำอิสระในเนื้อน้อยกว่า ๐.๕ ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ [๘, ๑๑] ทำให้ขนมทุกสูตรมีแนวโน้มที่จะมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานเมื่อมีการผลิตจำหน่ายในรูปแบบผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน

ตารางที่ ๔ ผลการทดสอบปริมาณน้ำอิสระของขนมกลีบลำดวน

สูตร	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)
A	๐.๑๗๗ ± ๐.๕๒
B	๐.๒๗๑ ± ๐.๒๓
C	๐.๒๒๗ ± ๐.๕๔
D	๐.๑๘๐ ± ๐.๓๙
E	๐.๑๘๒ ± ๐.๑๔

๔. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมกลีบลำดวน

เมื่อนำขนมกลีบลำดวน ทั้ง ๕ สูตร ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคที่มีคุณลักษณะทางประชากรดังตารางที่ ๕ จำนวน ๒๐๐ คน ซึ่งเป็นผู้บริโภคที่มีอายุอยู่ระหว่าง ๑๒ – ๖๐ ปี เป็นเพศชาย ๑๐๐ คน และเพศหญิง ๑๐๐ คน ระดับการศึกษาของผู้บริโภคส่วนใหญ่ คือ ระดับปริญญาตรี (ร้อยละ ๖๖.๕) รองลงมาคือ อนุปริญญา/ปวส. (ร้อยละ ๒๒) อาชีพส่วนใหญ่ คือ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ (ร้อยละ ๕๖) รองลงมาคือ นักเรียน/นักศึกษา (ร้อยละ ๑๕.๕) และรายได้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง ๑๕,๐๐๑ – ๒๐,๐๐๐ บาท (ร้อยละ ๔๕) รองลงมาคือ ๑๐,๐๐๑ – ๑๕,๐๐๐ บาท (ร้อยละ ๒๐)

ตารางที่ ๕ ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของตัวแทนผู้บริโภคที่ร่วมทดสอบต่างๆ

ลักษณะทาง ประชากรศาสตร์	n = ๒๐๐		n = ๒๐๐		n = ๑๐๐	
	การทดสอบทาง ประสาทสัมผัส		การทดสอบ การยอมรับ		การทดสอบอายุ การเก็บรักษา	
	จำนวน (คน)	จำนวน (%)	จำนวน (คน)	จำนวน (%)	จำนวน (คน)	จำนวน (%)
๑. เพศ						
- ชาย	๑๐๐	๕๐	๑๐๐	๕๐	๕๐	๕๐
- หญิง	๑๐๐	๕๐	๑๐๐	๕๐	๕๐	๕๐
๒. อายุ						
- ๑๒-๑๗ ปี	๒	๑	๓	๑.๕	๐	๐
- ๑๘-๒๕ ปี	๔๑	๒๐.๕	๓๒	๑๖	๒๕	๒๕
- ๒๖-๔๐ ปี	๑๒๘	๖๔	๑๓๕	๖๗.๕	๔๖	๔๖
- ๔๑-๖๐ ปี	๒๙	๑๔.๕	๓๐	๑๕	๒๙	๒๙
๓. ระดับการศึกษาสูงสุด						
- มัธยมศึกษา/ปวช.	๒	๑	๕	๒.๕	๑	๑
- อนุปริญญา/ปวส.	๔๔	๒๒	๒๗	๑๓.๕	๑๖	๑๖
- ปริญญาตรี	๑๓๓	๖๖.๕	๑๕๖	๗๘	๗๗	๗๗
- สูงกว่าปริญญาตรี	๒๑	๑๐.๕	๑๒	๖	๖	๖
๔. อาชีพ						
- ไม่ประกอบอาชีพ	๑๔	๗	๑๒	๖	๐	๐
- นักเรียน/นักศึกษา	๓๑	๑๕.๕	๓๗	๑๘.๕	๑๒	๑๒
- ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	๑๑๒	๕๖	๑๐๔	๕๒	๕๓	๕๓
- พนักงานบริษัท/เอกชน	๒๑	๑๐.๕	๒๖	๑๓	๑๗	๑๗
- ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	๒๒	๑๑	๒๑	๑๐.๕	๑๘	๑๘
๕. รายได้ต่อเดือน						
- น้อยกว่า ๑๐,๐๐๑ บาท	๗	๓.๕	๑๐	๕	๔	๔
- ๑๐,๐๐๑ - ๑๕,๐๐๐ บาท	๔๐	๒๐	๓๒	๑๖	๒๔	๒๔
- ๑๕,๐๐๑ - ๒๐,๐๐๐ บาท	๙๐	๔๕	๙๒	๔๖	๑๔	๑๔
- ๒๐,๐๐๑ - ๒๕,๐๐๐ บาท	๓๔	๑๗	๔๐	๒๐	๓๑	๓๑
- ๒๕,๐๐๑ - ๓๐,๐๐๐ บาท	๑๑	๕.๕	๑๓	๖.๕	๑๒	๑๒
- มากกว่า ๓๐,๐๐๐ บาท	๑๘	๙	๑๓	๖.๕	๑๕	๑๕

ตารางที่ ๖ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมกลีบลำดวน

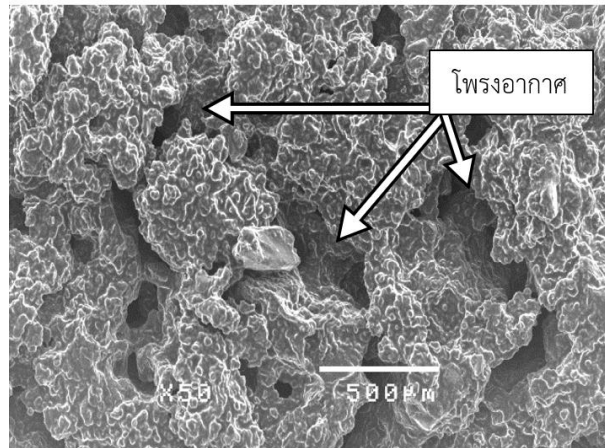
คุณลักษณะ	คะแนนความชอบของขนมกลีบลำดวนสูตรต่างๆ				
	A	B	C	D	E
ลักษณะปรากฏ	๘.๒๐ ± ๑.๔๕ ^a	๕.๔๓ ± ๑.๒๐ ^b	๘.๔๓ ± ๑.๗๒ ^a	๘.๑๒ ± ๑.๒๓ ^a	๘.๔๑ ± ๑.๒๐ ^a
สี	๗.๙๗ ± ๑.๗๕ ^a	๗.๕๓ ± ๑.๖๒ ^a	๖.๙๗ ± ๑.๗๑ ^b	๗.๗๑ ± ๑.๒๐ ^a	๗.๖๒ ± ๐.๙๖ ^a
เนื้อสัมผัส	๘.๑๓ ± ๑.๕๕ ^a	๔.๒๐ ± ๒.๐๒ ^d	๖.๙๗ ± ๑.๙๔ ^b	๗.๙๗ ± ๑.๙๔ ^a	๕.๒๐ ± ๑.๖๖ ^c
รสชาติ ^{ns}	๘.๗๓ ± ๑.๓๖	๘.๔๗ ± ๑.๓๑	๘.๔๓ ± ๑.๕๕	๘.๕๑ ± ๑.๙๘	๘.๕๒ ± ๑.๔๑
ความชอบโดยรวม	๘.๑๐ ± ๑.๕๗ ^a	๕.๘๗ ± ๑.๙๖ ^d	๖.๐๓ ± ๑.๒๙ ^c	๗.๘๗ ± ๑.๓๓ ^a	๖.๕๐ ± ๑.๑๓ ^b

หมายเหตุ ตัวอักษร^{a-d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

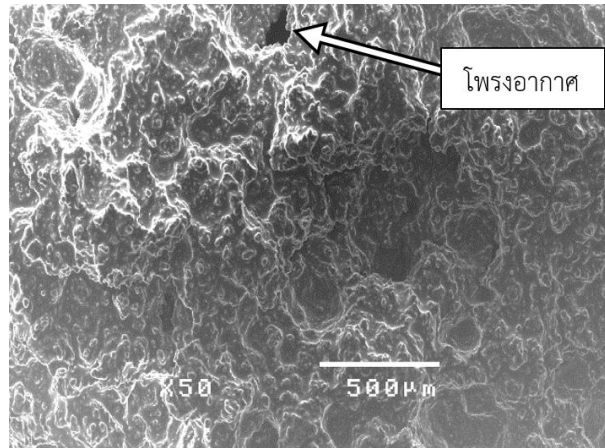
โดยผลการทดสอบลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ในตารางที่ ๖ สามารถสรุปได้ว่า ขนมกลีบลำดวนที่ทำจากแป้งสาลี (สูตร A) และขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว กว๊ากัม และแซนแทนกัม (สูตร D) ผู้บริโภคได้ให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในระดับที่สูงใกล้เคียงกันในทุกคุณลักษณะ ส่วนขนมกลีบลำดวนที่ผู้บริโภคให้คะแนนรองลงมาคือ ขนมกลีบลำดวนที่มีการใช้สารสกัดจากถั่วเหลือง (สูตร E) ขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนที่ใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว (สูตร C) และขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแทนแป้งสาลีเพียงอย่างเดียว (สูตร B) เป็นขนมกลีบลำดวนที่ได้รับคะแนนความชอบน้อย ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านรสชาติพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านรสชาติทุกสูตรไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนอยู่ในระดับที่ชอบมาก จึงไม่ต้องทำการประเมินความพอดีและการวิเคราะห์ Binomial Test [๗] จากผลการทดสอบดังกล่าวจึงเลือกขนมกลีบลำดวนที่ปราศจากกลูเตนสูตร D ให้เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปพัฒนาต่อยอดต่อไป เนื่องจากมีผลทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับขนมกลีบลำดวนที่ทำจากแป้งสาลี (สูตร A) มากที่สุด

๖.๕ ผลการทดสอบโครงสร้างของเนื้อขนมกลีบลำดวน

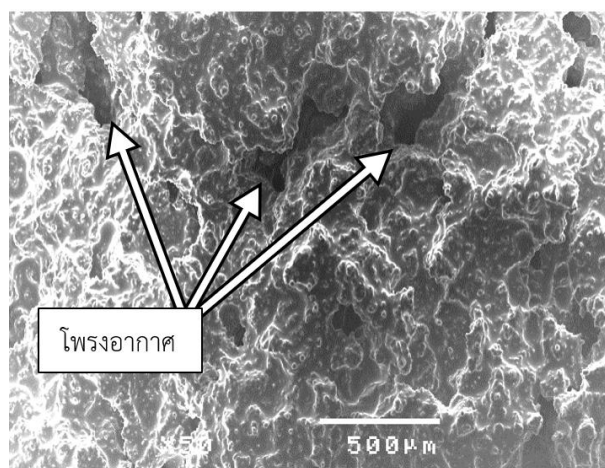
ผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างของเนื้อขนมกลีบลำดวนแบบเดิมที่ใช้แป้งสาลี (สูตร A) ขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแทนที่แป้งสาลีทั้งหมด (สูตร B) และขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว กว๊ากัม และแซนแทนกัม (สูตร D) ด้วยกล้อง SEM ที่กำลังขยาย ๕๐ เท่า ดังรูปที่ ๖ ถึง ๘ พบว่าโครงสร้างของขนมกลีบลำดวนแบบดั้งเดิมที่ใช้แป้งสาลี (สูตร A) เป็นขนมกลีบลำดวนที่มีโพรงมากที่สุด เมื่อเปลี่ยนชนิดของแป้งจากแป้งสาลีไปเป็นแป้งข้าวเจ้าทั้งหมด (สูตร B) จะทำให้ขนมกลีบลำดวนเกิดโพรงขึ้นน้อยมาก และเมื่อมีการผสมแป้งข้าวเหนียว แซนแทนกัม และกว๊ากัมลงในแป้งข้าวเจ้าจะช่วยให้ขนมกลีบลำดวนสูตร D โครงสร้างจะเกิดโพรงมากขึ้นอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามการนำกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดมาใช้ศึกษาโครงสร้างของโพรงในขนมกลีบลำดวนสูตร D จะมีปัญหาของน้ำมันที่แทรกอยู่ในโพรงที่มากกว่าขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งสาลี (สูตร A) ทำให้ไม่สามารถมองเห็นโพรงได้เท่าที่ควร การตรวจสอบโครงสร้างของขนมกลีบลำดวนจึงจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติม ได้แก่ ความแข็ง และการทำสอบทางประสาทสัมผัสเพิ่มเติม ทั้งนี้ขนาดของโพรงอากาศของขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งสาลี (สูตร A) จะมีขนาดประมาณ ๓๐๐ ถึง ๔๐๐ ไมโครเมตร ขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวเจ้า (สูตร B) จะมีขนาดประมาณ ๒๐๐ ไมโครเมตร และขนมกลีบลำดวนที่ใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และมีการปรับปรุงโครงสร้างด้วยสารไฮโดรคอลลอยด์ (สูตร D) จะมีขนาดโพรงประมาณ ๑๐๐ ถึง ๔๐๐ ไมโครเมตร



รูปที่ ๖ โครงสร้างขนมกลีบลำดวนสูตร A



รูปที่ ๗ โครงสร้างขนมกลีบลำดวนสูตร B



รูปที่ ๘ โครงสร้างขนมกลีบลำดวนสูตร D

๗. สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการพัฒนาขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ว่า แป้งสาลีที่ใช้ในการทำขนมกลีบลำดวนซึ่งมีกลูเตนและทำให้ขนมมีเนื้อสัมผัสกรอบร่วนเป็นเอกลักษณ์นั้น สามารถใช้แป้งข้าวเจ้าที่มีอะไมโลส ร่วมกับแป้งข้าวเหนียวที่มีปริมาณอะไมโลเพคติน และสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ กัวร์กัม และแซนแทนกัม เพื่อให้ได้ขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนที่มีเนื้อสัมผัสกรอบร่วนและมีสีใกล้เคียงกับขนมกลีบลำดวนแบบเดิมที่ใช้แป้งสาลีซึ่งมีกลูเตนเป็นส่วนประกอบได้ โดยได้คะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสสูงเช่นเดียวกับขนมกลีบลำดวนแบบเดิม นอกจากนี้วิธีการทำขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนก็มีขั้นตอนที่ใกล้เคียงกับขนมกลีบลำดวนแบบเดิม ทำให้ง่ายต่อการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตนที่พร้อมรับประทาน หรือเป็นผลิตภัณฑ์แป้งขนมกลีบลำดวนปราศจากกลูเตน โดยจะเป็นการสร้างคุณค่าทางอาหาร และส่งเสริมวัฒนธรรมและภูมิปัญญาขนมไทยให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้นได้

๘. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกรมส่งเสริมวัฒนธรรม กระทรวงวัฒนธรรม ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๒

๙. เอกสารอ้างอิง

- [๑] Office of the Royal Society. ๒๐๑๑ Dictionary: Office of the Royal Society version. Bangkok: Office of the Royal Society; ๒๐๑๓. (in Thai)
- [๒] Molina-Infante J, Santolaria S, Sanders DS, Fernández-Bañares F. Systematic review: noncoeliac gluten sensitivity. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. ๒๐๑๕; ๔๑(๙): ๘๐๗-๘๒๐.
- [๓] 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*. ๒๐๑๓; ๓๘(๓): ๒๒๖-๒๔๕.
- [๔] Gomez FR, Pedro AC, Carlos AB, Cristina MR. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*. ๒๐๐๗; ๒๑(๒): ๑๖๗-๑๗๓.
- [๕] Phillips GO, Williams PA. *Handbook of Hydrocolloids*. ๒nd edition, Cambridge: Woodhead Publishing Limited; ๒๐๐๐.
- [๖] Shri KS, Steven JM, Syed SHR. *Food Process Engineering: Theory and Laboratory Experiment*. New York: A John Wiley & Sons., Publication; ๒๐๐๐.
- [๗] Timayoonk D, Rimkeeree H. Implementation of traditional Thai snack wisdom for the production of semi-ready to cook Khanom Tan powder. *Research on Culture*. ๒๐๑๙; ๒(๒): ๑๐๙-๑๒๐. (in Thai)
- [๘] Parnsakhorn S, Langkapin J. Effect of temperature on soaking and drying on quality of parboiled Hom-nin rice. *Journal of Engineering, RMUTT*. ๒๐๑๙; ๑๗(๑): ๑๗๕-๑๘๕. (in Thai)

- [๙] 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*. ๒๐๐๙; ๗(๑): ๔๙-๕๖.
- [๑๐] Sriroth K, Piyajomkhaw K. *Starch Technology*. ๓^{ed} edition, Bangkok: Kasetsart University; ๒๐๐๗. (in Thai)
- [๑๑] Piotr PL. Water as the determinant of food engineering properties: A review. *Journal of Food Engineering*. ๒๐๐๔; ๖๑(๔): ๔๘๓-๔๙๕.