



การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการแช่แข็งที่เหมาะสมในการผลิตขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็ง Development the Optimized Formulation and Freezing Methods of Frozen Reduced Calories Plakrim-Khaitao

ชมพูนุท สีห์โสภณ¹

Chompunut Sihsobhon¹

¹คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹Faculty of Food Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 1 Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok, 10520

*Corresponding author: Tel: +66 86 992 4344, E-mail: chompunut.si@kmitl.ac.th, anssihsobhon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงาน เพื่อพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการแช่แข็งที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็ง และเพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา วิธีวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ 1) เปรียบเทียบคุณภาพสูตรลดพลังงานกับสูตรไม่ลดพลังงาน 2) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ลดพลังงานแช่แข็ง ได้แก่ ชนิดของแป้งตัดแปร 2 ชนิด วิธีการแช่แข็ง 2 วิธี และ 3) ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าตัวอย่างที่ใช้แป้งตัดแปรชนิด Crosslinked2 และใช้วิธีการแช่แข็งแบบเร็ว ทำให้ค่าเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและการเกาะตัวของผลิตภัณฑ์ตัวปลากริมและตัวไข่เต่าเพิ่มขึ้น ทำให้ความหนืดของน้ำกะทิขนมปลากริมไข่เต่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่า pH ส่วนคะแนนความชอบเฉลี่ยในทุกปัจจัยคุณภาพมากที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สูตรผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็งที่เหมาะสม คือ แป้งข้าวเจ้า 11.7% แป้งข้าวเหนียว 11.7% แป้งตัดแปร crosslinked2 5.0% น้ำกะทิ 26.7% นํ้านมไขมันต่ำ 26.7% น้ำตาลมะพร้าว 12.0% น้ำใบเตย 6.0% และ เกลือ 0.3% ส่วนวิธีการแช่แข็งที่เหมาะสม คือ การแช่แข็งแบบเร็ว คะแนนเฉลี่ยความชอบจากการทดสอบผู้บริโภค 7.09-7.51 หรือชอบปานกลาง โดย 95% ของผู้บริโภคยอมรับและตัดสินใจจะซื้อผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: ปลากริมไข่เต่า, ลดพลังงาน, แช่แข็ง

Abstract

This research aimed to develop the optimized formulation of reduced calories PlaKrim-KhaiTao, to develop the optimized formulation and freezing method of frozen reduced calories PlaKrim-KhaiTao, and to evaluate the consumer acceptance of the developed product. The research methods divided 3 parts: 1) to compare between reduced calories and non reduced calories formulation, 2) to study on factors which were 2 types of modified starch and 2 freezing techniques, affected to frozen products, and 3) to conduct the consumer acceptance test. Results showed that frozen reduced calories PlaKrim-KhaiTao using crosslinked2 modified starch and quick freezing method increased the texture values on hardness and adhesiveness of Plakrim and Khaitao, increased the viscosity of PlaKrim-KhaiTao coconut milk, but not affected to pH values. Additionally, its mean liking scores on all sensory attributes were maximum and significantly different ($P \leq 0.05$). The optimized formulation of frozen reduced calories PlaKrim-KhaiTao consisted of 11.7% rice flour, 11.7% glutinous rice flour, 5.0% crosslinked2 modified starch, 26.7% coconut milk, 26.7% low fat milk, 12.0% coconut sugar, 6.0% pandan juice, and 0.3% salt. While the optimized freezing method was quick freezing. The mean liking scores from consumer acceptance test were 7.09-7.51 or "like moderately", based on 95% of consumer accepted and decided to buy the product.

Keywords: PlaKrim-KhaiTao, Reduced calories, Freezing

Received: May 5, 2021

Revised: June 18, 2021

Accepted: June 19, 2021

Available online: July 26, 2021

1 บทนำ

ขนมปลากริมไข่เต่าเป็นขนมภูมิปัญญาไทยที่สืบสานต่อทั้งวิถีชีวิตประเพณี วัฒนธรรม และเป็นมรดกทางวัฒนธรรมที่บ่งบอกถึงความละเอียดอ่อน (นิภาพร, 2552) และเป็นของหวานไทยโบราณหายากลักษณะเป็นแป้งยวรีเหนียวนุ่มอยู่ในน้ำกะทิ 2 รสชาติ คือ กะทิสหวาน และกะทิสเค็ม (เขาวลี, 2562) โดยปลากริมมีรสหวาน และไข่เต่ามีรสเค็ม (ศิริพรรณ, 2554) ส่วนผสมของขนมปลากริมไข่เต่าประกอบด้วย แป้งผสมระหว่าง แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง กะทิ น้ำตาลเกลือ (รุ่งทิพย์ และอภิสิทธิ์, 2562) ปัจจุบันผู้บริโภคใส่ใจในสุขภาพมากขึ้นแต่ยังมีทัศนคติเกี่ยวกับของหวานไทยที่มีส่วนผสมของแป้ง น้ำตาล และหรือกะทิ ซึ่งจัดเป็นอาหารที่มีพลังงานสูง ดังนั้นจึงมีงานวิจัยเพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของขนมหวานลดพลังงาน ได้แก่ การใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในน้ำกะทิ และน้ำกะทิสำหรับลดช่องสิงคโปร์ (เอมิกา, 2557) การทดแทนไข่แดงจากไข่ไก่ด้วยถั่วเขียวละเอียดเปลือกในขนมทองเอกเพื่อลดพลังงาน (สิริมนต์ และคณะ, 2560) การทดแทนน้ำตาลด้วยน้ำตาลแอลกอฮอล์ในการพัฒนาขนมฝอยทองพลังงานต่ำ (อุมาพร และคณะ, 2561) การใช้กะทิธัญพืชทดแทนกะทิในขนมหวานไทยสูตรลดไขมัน 3 เมนู ได้แก่ ขนมครก ขนมถ้วย กล้วยบัวชชี (อลงกต และคณะ, 2562) การลดไขมันจากกะทิในขนมหม้อแกงไทยโดยใช้ถั่วเหลืองงอก (ลักขณาและคณะ, 2563) รวมทั้งมีการนำน้ำมันต่ำมาทดแทนน้ำกะทิบางส่วนในผลิตภัณฑ์อาหารลดพลังงาน เช่น น้ำจิ้มสะเต๊ะลดพลังงาน (Sihsobhon, 2013) นอกจากนี้ ผู้บริโภคยังต้องการความสะดวกสบายในการบริโภคตลอดจนมีการเติบโตของขนมหวานไทยแช่เย็นหรือแช่แข็งในระดับภาคอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการแช่แข็ง เป็นกรรมวิธีการแปรรูปเพื่อช่วยถนอมอาหาร สามารถใช้ร่วมกับกรรมวิธีอื่น เช่น พาสเจอร์ไรส์ เพื่อผลิตเป็นอาหารพร้อมรับประทานได้ (วิไล, 2546) แต่การแช่แข็งและการละลายอาจส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลง เกิดแนวความคิดพัฒนาขนมปลากริมไข่เต่าเพื่อสุขภาพในรูปแบบอาหารพร้อมรับประทานแช่แข็ง (Frozen ready meals) เพื่อตอบรับวิถีชีวิตของผู้บริโภคยุคใหม่ (สุวิษญ์, 2552) โดยอาหารพร้อมทานแช่แข็งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคอาหารโดยไม่ต้องเสียเวลาและยุ่งยากในการปรุงอาหาร และสามารถบริโภคได้หลังจากนำไปอุ่น อบ นึ่ง หรือเข้าเตาไมโครเวฟ (ปานทิพย์, 2552; Menlove and Plc, 2002) ตัวอย่างเช่น ขนมเทียนแช่แข็งที่ผลิตจากแป้งข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็ง ที่มีการดัดแปลงให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้นเหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ เพิ่มความสะดวกในการบริโภค และสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ของหวานไทยโบราณประเภทสำเร็จรูปแช่แข็งในเชิงพาณิชย์ได้ รวมทั้งสามารถผลักดันเป็นอาหารหวานไทย

ส่งออกสู่ตลาดอาเซียนหรือตลาดโลกได้ด้วย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานโดยการเปรียบเทียบคุณภาพของขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงานกับสูตรลดพลังงาน เพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการแช่แข็งที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็ง โดยการศึกษาผลของชนิดแป้งดัดแปรและวิธีการแช่แข็งที่มีต่อคุณภาพของขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็ง และเพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็งที่พัฒนาได้

2 อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบที่ใช้ คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว(ตราช้างสามเศียร, บริษัทโรงเส้นหมี่ขอเอง จำกัด, นครปฐม) แป้งมันสำปะหลัง (ตราปลาไทยห้าดาว, บริษัท อีทีซี เอียบหงจัน จำกัด, นนทบุรี) น้ำกะทิ (ตราอร่อยดี, บริษัท ไทยอริฟูดส์ จำกัด, สมุทรปราการ) น้ำมันไขมันต่ำ (ตราดัชชีมิลล์, บริษัทดัชชีมิลล์ จำกัด, นครปฐม) น้ำตาลปี๊บ(ตราเพชร, บริษัท ตา-เพชร กรุ๊ป จำกัด, นนทบุรี) น้ำตาลมะพร้าว (ตรามิตรผล, บริษัท น้ำตาลมิตรผล, กรุงเทพฯ) เกลือ (ตราปรุงทิพย์, บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์, นครราชสีมา) และ modified starch (ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท สยามมอดิฟายด์ สตาร์ช จำกัด, ปทุมธานี)

2.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงาน

2.1.1 การผลิตผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงานกับสูตรลดพลังงาน

สูตรของผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงาน (สูตรดั้งเดิม) ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 11.7% แป้งข้าวเหนียว 11.7% แป้งมันสำปะหลัง 5.9% น้ำกะทิ 53.4 % น้ำตาลปี๊บ 10.6 % ใบเตย 6.4% เกลือ 0.3% ซึ่งผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงาน มีพลังงานทั้งหมดต่อ 1 หน่วยบริโภค (150 g) เท่ากับ 505.39 kcal (ชมพูนุท, 2560)

กระบวนการผลิตขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงานดัดแปลงมาจาก ศรีสมร (2562) โดยการเตรียมส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ น้ำกะทิปลากริม (น้ำกะทิสหวาน) น้ำกะทิไข่เต่า (น้ำกะทิสเค็ม) และตัวแป้งปลากริมและตัวแป้งไข่เต่า โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ การเตรียมน้ำกะทิปลากริม เริ่มด้วยการให้ความร้อนน้ำตาลปี๊บและใบเตย ที่อุณหภูมิ 70-80 C จากนั้นเติมน้ำกะทิ (หรือน้ำกะทิสผสมน้ำมันไขมันต่ำ) ลงไปและคนให้เข้ากัน แล้วใส่ลงในตัวแป้งในอัตราส่วนประมาณ 1 ต่อ 1 ให้ความร้อนอีก 5 min และตั้งทิ้งไว้ 2 hr ส่วนการเตรียมน้ำกะทิไข่เต่า ให้ความร้อนน้ำกะทิ (หรือน้ำกะทิสผสมน้ำมันไขมันต่ำ) ที่ใส่ใบเตยและเกลือที่อุณหภูมิ 70-80 °C จากนั้นคนให้เข้ากัน แล้วใส่ลงในตัวแป้งในอัตราส่วนประมาณ 1 ต่อ1 ให้ความร้อนอีก 5 min และตั้งทิ้งไว้ 2 hr และส่วนของตัวแป้งทำได้โดยนำแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งมันผสมให้เข้ากัน เติมน้ำเดือดแล้วนวดผสมเป็นเวลา 15 min จากนั้นตั้งพักไว้ 10 min ทำการบรรจุลงใน

เครื่องกดลอดช่องและกดลงในน้ำเดือด จะได้ตัวแป้งเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm ยาว 4-6 cm เมื่อแป้งลอยตัวขึ้นมาให้จึงแช่น้ำเย็นพักไว้อย่างน้อย 15 min แบ่งตัวแป้งออกเป็น 2 ส่วนแล้วจึงนำน้ำกะทิปลากริมและน้ำกะทิไข่เต่าใส่ลงในตัวแป้งในอัตราส่วนประมาณ 1 ต่อ 1 ให้ความร้อนอีก 5 min และตั้งทิ้งไว้ 2 hr จะได้ขนมปลากริมไข่เต่า

สูตรของขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงาน ดัดแปลงจากสูตรของผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงานภายใต้ नियามการลดพลังงานอย่างน้อย 25% ของสูตรไม่ลดพลังงาน (มลสิริ, 2545) โดยเลือกใช้น้ำมันไขมันต่ำทดแทนน้ำกะทิ 50% ใช้ น้ำตาลมะพร้าวทดแทนน้ำตาลปีบเพื่อเพิ่มกลิ่นรสของน้ำกะทิที่หายไปในสูตรไม่ลดพลังงาน และใช้น้ำใบเตย ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 11.7% แป้งข้าวเหนียว 11.7% แป้งมันสำปะหลัง 5.0% น้ำกะทิ 26.7% น้ำมันไขมันต่ำ 26.7% น้ำตาลมะพร้าว 12.0% น้ำใบเตย 6.0% เกลือ 0.3% โดยใช้กระบวนการผลิตเหมือนกับขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงาน ซึ่งผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงาน มีพลังงานทั้งหมดต่อ 1 หน่วยบริโภค (150 g) เท่ากับ 321.15 kcal ซึ่งเป็นการคำนวณพลังงานจากคุณค่าทางโภชนาการของส่วนผสมทั้งหมด (กรมอนามัย, 2561)

2.1.2 การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงานและสูตรลดพลังงาน

นำตัวอย่างปลากริมไข่เต่า 20 g บรรจุลงในถ้วยพลาสติกแบบมีฝาปิดขนาด 2 oz ตีรหัสตัวอย่างด้วยเลขรหัสตัวอย่าง 3 ตัว โดยการสุ่ม เสรีฟให้ผู้ทดสอบทั่วไปทั้งเพศหญิงเพศชาย อายุ 20 ปีขึ้นไป จำนวน 50 คน โดยมีการเสรีฟน้ำเป็นตัวล้างปากระหว่างตัวอย่าง (Resurreccion, 1998) การประเมินใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 point Hedonic Scale (โดย 1 เท่ากับ ชอบน้อยที่สุด และ 9 เท่ากับ ชอบมากที่สุด) ประเมินปัจจัยคุณภาพด้าน สีของตัวปลากริมและตัวไข่เต่า ความแน่น ความเหนียวและความนุ่มของตัวแป้งขนมปลากริมไข่เต่า ความชื้นของน้ำกะทิขนมปลากริมไข่เต่า รสเค็มและรสหวานของขนมปลากริมไข่เต่า และความชอบรวม นอกจากนี้ยังวัดความพอดี (Just About Right: JAR) ของผลิตภัณฑ์ทางด้าน สีของตัวปลากริมและตัวไข่เต่า ความแน่น ความเหนียว และความนุ่มของตัวแป้งขนมปลากริมไข่เต่า ความชื้นของน้ำกะทิขนมปลากริมไข่เต่า รสเค็มและรสหวานของขนมปลากริมไข่เต่า รวมด้วย (เพ็ญขวัญ, 2556)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ นำผลคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Gacula, 1993) ระหว่างผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงานและสูตรลดพลังงาน โดยใช้โปรแกรม R (ศิริชัย, 2552) ส่วนผลความพอดี ประเมินเบื้องต้นจากเกณฑ์ระดับความพอดีเท่ากับ 70% ถ้าข้อมูลที่มีระดับความพอดีน้อยกว่า 70% ต้องวิเคราะห์โดยใช้ binomial test

(Prinyawiwatkul, 2010) ในกรณีที่ความพอดีของผลิตภัณฑ์ยังไม่พอดี ต้องปรับปรุงสูตรจนได้สูตรต้นแบบที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงาน

2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็ง

2.2.1 การผลิตผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงานแช่แข็งโดยการศึกษาผลชนิดแป้งตัดแปรและกระบวนการแช่แข็งที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

จากสูตรต้นแบบที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงานที่ได้จากข้อ 2.1 นำมาเตรียมตัวอย่างขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็ง ที่มีการใช้แป้งตัดแปรทดแทนแป้งมันสำปะหลังทั้งหมด 2 ชนิด ที่ได้รับความอนุเคราะห์มาจากบริษัท สยามมอดิฟายด์ สตาร์ช จำกัด ชนิดที่ 1 Crosslinked1 (Crosslinked REATION®10CL) ชนิดที่ 2 Crosslinked 2 (Crosslinked KREATION®420) จากนั้นนำตัวอย่างขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงาน 2 สูตร บรรจุลงในภาชนะถ้วยพลาสติกทนความร้อนปริมาณ 120 g (ปลากริม 60 g + ไข่เต่า 60 g) แล้วจึงนำผลิตภัณฑ์มาแช่แข็งโดยใช้วิธีแช่แข็งที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ วิธีแช่แข็งแบบช้า โดยใช้ตู้แช่แข็ง (SF C997, Sunyo, Thailand) ที่อุณหภูมิ -20 C และ วิธีแช่แข็งแบบเร็ว โดยใช้เครื่อง Air blast freezer (40ES-5Y, Koldtech, Thailand) ที่อุณหภูมิ -30 C หลังจากนั้นเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้งหมดไว้ เป็นเวลา 2 w ทำทั้งหมด 3 รอบ แต่ละรอบสุ่มตัวอย่างขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานคืนรูป ตัวอย่างละ 10 กระปุก เพื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี ดังต่อไปนี้

คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี $L^* a^* b^*$ ตัวอย่าง 10 g นำมาวัดค่าสี โดยเครื่องวัดสี Minolta (Chroma meter, CIE, Model CR-400, Minolta, Japan) ของน้ำกะทิขนมปลากริมไข่เต่า ตัวแป้งปลากริม ตัวแป้งไข่เต่า และน้ำกะทิปลากริมไข่เต่า ก่อนวัดค่าต้องปรับเทียบโดยใช้แผ่นสีมาตรฐาน วัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2i, Stable Micro system, CharpaTechcenter Co., Ltd, Thailand) โดยการปรับเทียบด้วยตุ้มน้ำหนัก 5 kg ใช้ตัวอย่าง 100 g วัดค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้หัววัดทรงกระบอกชนิด cylindrical probe ขนาด 35 mm (P/35) เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 1mm s^{-1} ที่ระยะทาง 2 mm เพื่อวัดแรงสูงสุดหน่วยเป็น N ด้านความแข็ง (Hardness) และค่าการเกาะตัว (Adhesiveness) ของตัวแป้งปลากริม และตัวแป้งไข่เต่า ส่วนน้ำกะทิปลากริมไข่เต่า ตรวจวัดค่าเนื้อสัมผัสด้านความหนืดหน่วยเป็น cP เตรียมตัวอย่างน้ำกะทิ 25 ml โดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometer (Ametex, Applied Scientific Instruments Co., Ltd., Thailand) ที่ความเร็วรอบ 150 rpm

คุณภาพทางเคมี ได้แก่ วัดปริมาณน้ำอิสระ ตัวอย่างขนมปลากริมไข่เต่า 10 g วัดค่าด้วยเครื่องวัด Water Activity meter (AQUA LAB series3, USA) ก่อนวัดค่าต้องเปิดเครื่องทิ้งไว้ 30min แล้วจึงปรับเทียบเครื่องโดยใส่ดิลลิที่บรรจุน้ำ DI วัดค่า

pH ของขนมปลากริมไข่เต่า และน้ำกะทิขนมปลากริมไข่เต่าโดยใช้ตัวอย่าง 20 g ด้วยเครื่อง pH Meter (Model 200 series, Orion Laboratory Products Group, USA) ก่อนนำตัวอย่างมาวัดค่าต้องปรับเทียบเครื่อง โดยใช้ตัวอย่างของเหลวสีที่มีความเป็นด่าง (pH 7) และที่มีความเป็นกรด (pH 4)

2.2.2 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็งที่ใช้ชนิดแป้งตัดแปรและวิธีการแช่แข็งที่แตกต่างกัน

นำผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็ง 4 ตัวอย่างละ 16 กระปุก ที่เตรียมได้จากข้อ 2.2.1 มาคืนรูปด้วยไมโครเวฟ (สายสนม, 2540) โดยใช้ระดับความร้อนกำลังไฟ 200 watt 3 min และใช้ระดับความร้อนกำลังไฟ 600 watt 2 min แล้วจึงนำตัวอย่างขนมปลากริมไข่เต่าคืนรูปทั้งหมดมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพเคมี ดังข้อ 2.2.1 ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทำเช่นเดียวกับรายละเอียดตามข้อ 2.1.2

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ นำผลคุณภาพทางกายภาพเคมีและประสาทสัมผัสด้านความชอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม R ส่วนผลความพอดี ประเมินดังข้อ 2.1 นำผลที่ได้มาคัดเลือกชนิดของแป้งตัดแปรและวิธีการแช่แข็งที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็ง

2.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็งและการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็งโดยใช้สูตรและกรรมวิธีที่เหมาะสมที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.2 โดยบรรจุลงในกระปุกพลาสติกที่มีฝาปิดผนึกด้วยระบบ safety lock น้ำหนักสุทธิของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 150 กรัม ทำการทดสอบแบบ Home use test (Resurreccion, 1998) จำลองห้องทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยใช้ตัวแทนผู้บริโภคจำนวน 100 คน ต่อผลิตภัณฑ์ 1 กระปุก ในการทดสอบการยอมรับ ตัวแทนผู้บริโภคจะได้รับคำแนะนำเบื้องต้นหลังผ่านการลงทะเบียนข้อมูลเพื่อเข้าร่วมทดสอบสำหรับวิธีการคืนรูปผลิตภัณฑ์โดยใช้ไมโครเวฟ แล้วจึงประเมินผลผลิตภัณฑ์โดยใช้แบบสอบถาม สรุปผลการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็งที่พัฒนาได้ และนำตัวอย่างขนมปลากริมไข่เต่า 10 ถ้วยส่งตรวจคุณค่าทางโภชนาการที่บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงาน แนวคิดการปรับสูตรขนมปลากริมไข่เต่าจากสูตรไม่ลดพลังงาน (สูตรดั้งเดิม) มาเป็นสูตรลดพลังงาน โดยการปรับส่วนผสม

เพื่อลดปริมาณพลังงานของผลิตภัณฑ์ลง พบว่า น้ำกะทิเป็นส่วนประกอบหลักที่มีพลังงานสูง (Gonzalez, 1971 and Taffin, 1998) ดังนั้น จึงควรลดปริมาณน้ำกะทิและเลือกใช้ส่วนผสมอื่นมาทดแทนบางส่วนที่ได้แก่ น้ำมันไขมันต่ำ ซึ่งเป็นของเหลวสีขาวที่มีความคล้ายคลึงกับน้ำกะทิและมีพลังงานต่ำกว่าน้ำกะทิ โดยน้ำกะทิให้พลังงาน 140 kcal ต่อ 100 ml (อ้างอิงจากฉลากโภชนาการของกะทิ อร่อยดี) ส่วนน้ำมันสดไขมันต่ำ ให้พลังงาน 45 kcal ต่อ 100 ml (อ้างอิงจากน้ำมันสดไขมันต่ำ ตราดัชวิลล์) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบของน้ำมันไขมันต่ำ ซึ่งประกอบด้วย โปรตีน 3.4% ไขมัน 1.6% คาร์โบไฮเดรต 4.1% และความชื้นมากกว่า 90 % (กรมอนามัย, 2561) เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบของน้ำกะทิ ซึ่งประกอบด้วย โปรตีน 1.6% ไขมัน 19% คาร์โบไฮเดรต 2% และความชื้น 66-67% (Sringsam, 2008) พบว่า น้ำมันไขมันต่ำมีจุดเด่นคือ มีไขมันต่ำ มีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าน้ำกะทิ อีกทั้งได้มีการประยุกต์ใช้น้ำตาลมะพร้าวและน้ำใบเตย เข้ามาใช้ในสูตรผลิตภัณฑ์ปลากริมไข่เต่าลดพลังงาน เพื่อเป็นการลดอัตราส่วนของน้ำกะทิในสูตรและยังช่วยเพิ่มกลิ่นและรสหวานของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นอีกด้วย ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงานและสูตรลดพลังงาน แสดงดัง Table 1 เนื่องจากการผลิตอาหารพลังงานต่ำโดยการลดไขมันมีผลต่อลักษณะและรสชาติอาหาร การแทนที่ด้วยสารอื่นที่ให้พลังงานน้อยกว่าจึงใช้เป็นทางเลือกหนึ่ง (มลสิริ, 2545) ดังนั้น จึงควรประเมินความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์จาก Table 1 พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยของขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงานและสูตรลดพลังงานทุกปัจจัยคุณภาพยกเว้นด้านความขมน้ำกะทิไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความขมน้ำกะทิขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงานมีค่ามากกว่าและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับขนมปลากริมไข่เต่าสูตรไม่ลดพลังงาน ศิริพรและคณะ (2557) กล่าวว่า นมลดไขมันมีการเติมโปรตีนนมหรือสารอิมัลซิไฟเออร์ จะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น การใช้น้ำมันไขมันต่ำทดแทนน้ำกะทิ กล่องทางการค้ามีปริมาณไขมัน 16.5-19% (Sringsam, 2008) ในอัตราส่วน 50% รวมทั้งปริมาณคาร์โบไฮเดรตนมไขมันต่ำมีค่ามากกว่าคาร์โบไฮเดรตของน้ำกะทิ ความเป็นแป้งและน้ำตาลที่มากขึ้น ช่วยส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของน้ำกะทิขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงาน แสดงให้เห็นจากคะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความขมน้ำกะทิขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงานมีค่ามากกว่า นอกจากนี้ การใช้น้ำมันไขมันต่ำช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานมีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจาก โปรตีนนมถูกจัดว่าเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีและมีการดอมิโนสูงที่สุด (วรรณ และ วิบูลย์ศักดิ์, 2531) แต่อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาผลความพอดีของผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงานร่วมด้วย

Table 1 Mean liking scores of non reduced calories and reduced calories Plakrim-Khaitao (n=50).

Sensory attributes	Non reduced calories	Reduced calories
	Plakrim-Khaitao	Plakrim-Khaitao
Color of Plakrim ^{ns}	6.26±1.13	6.48±1.13
Color of Khaitao ^{ns}	6.78±0.87	6.92±0.87
Firmness of Plakrim-Khaitao ^{ns}	6.48±1.12	6.48±1.12
Stickiness of Plakrim-Khaitao ^{ns}	6.63±1.35	6.44±1.10
Softness of Plakrim-Khaitao ^{ns}	6.11±1.24	6.37±1.41
Viscosity of PlaKrim-KhaiTao coconut milk	5.80±1.55 ^b	6.37±0.93 ^a
Salty ^{ns}	5.93±1.44	5.97±1.20
Sweet ^{ns}	6.37±1.35	6.43±1.43
Overall likng ^{ns}	6.33±1.43	6.63±1.12

¹Mean values within row not followed by the same letters are significantly differene in statistic (P<0.05)

จาก Table 2 เมื่อใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความพอดีที่มากกว่าหรือเท่ากับ 70% พบว่า ความพอดีของขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงานในทุกปัจจัยคุณภาพผ่านเกณฑ์ 70% จึงไม่ต้องปรับปรุงสูตร ดังนั้น สูตรที่เหมาะสมของขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงาน ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 11.7% แป้งข้าวเหนียว 11.7% แป้งมันสำปะหลัง 5.0 % น้ำกะทิ 26.7 % น้ำมันไขมันต่ำ 26.7% น้ำตาลมะพร้าว 12.0% น้ำใบเตย 6.0% และเกลือ 0.3%

Table 2 Just About Right (JAR) results of reduced calories Plakrim-Khaitao. (n=50)

Sensory attributes	Not enough (%)	JAR (%)	Too much (%)
Color of Plakrim	20.0	70.0	10.0
Color of Khaitao	16.0	80.0	4.0
Firmness of Plakrim-Khaitao	16.0	70.0	14.0
Stickiness of Plakrim-Khaitao	8.0	72.0	20.0
Softness of Plakrim-Khaitao	10.0	88.0	2.0
Viscosity of PlaKrim-KhaiTao coconut milk	6.0	70.0	24.0
Salty	10.0	70.0	10.0
Sweet	6.0	76.0	18.0

3.2 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานแช่แข็ง

ผลจาก Table 3 เมื่อนำตัวอย่างขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงานที่ใช้แป้งตัดแปรทดแทนแป้งมันสำปะหลังทั้งชนิด Cross linked1 และ Crosslinked2 มาผ่านกระบวนการแช่แข็งที่แตกต่างกันทั้งแบบช้าและแบบเร็ว พบว่า การแช่แข็งผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 2 w ยังไม่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คิรูปเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านสีทั้งค่า L* a* และ b* กล่าวคือ ค่าสีทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่การแช่แข็งผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คิรูปเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพโดยเฉพาะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและการเกาะตัวของตัวปลากริมและตัวไข่เต่า รวมทั้งค่าความหนืดของน้ำกะทิปลากริมไข่เต่าลดพลังงาน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ที่เป็นเช่นนี้ เพราะ ในระหว่างการแช่แข็งน้ำในอาหารมีเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็ง ซึ่งทั้งน้ำและน้ำแข็งมีโครงสร้างที่

แตกต่างกัน ทำให้ก่อนและหลังการแช่แข็งผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติต่างกัน (สงวนศรี, 2558) ส่วนผลของการใช้แป้งตัดแปร crosslink2 ทำให้ผลิตภัณฑ์ตัวปลากริมคิรูปและตัวไข่เต่าคิรูปมีความแข็ง มีการเกาะตัวที่ดีกว่า และมีความหนืดของน้ำกะทิปลากริมไข่เต่ามากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งตัดแปร crosslink1 เมทวิธีแช่แข็งเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้วิธีแช่แข็งแบบเร็วทำให้ผลิตภัณฑ์ตัวปลากริมและตัวไข่เต่าคิรูปมีความแข็ง มีการเกาะตัวที่ดี และมีความหนืดของน้ำกะทิปลากริมไข่เต่ามากกว่าการใช้วิธีแช่แข็งแบบช้า เมื่อใช้ชนิดของแป้งตัดแปรเหมือนกัน เนื่องจากการแช่แข็งจะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งจำนวนมากทั้งในตัวปลากริม ตัวไข่เต่า และน้ำกะทิปลากริมไข่เต่า เมื่อมาคิรูปหรือละลาย ผลึกน้ำแข็งเหล่านี้จะทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป เนื้อสัมผัสจึงมีลักษณะที่นุ่มลง การเกาะตัวของเส้นขนมลดลง ส่วนความหนืดที่เปลี่ยนไป เนื่องจากองค์ประกอบน้ำกะทิปลากริมไข่เต่าซึ่งมีน้ำกะทิกับน้ำมันไขมันต่ำ

เป็นส่วนผสมที่มีจุดเยือกแข็งที่แตกต่างกัน โดยน้ำมันมีจุดเยือกแข็งประมาณ -0.52 (Speer, 1998) และน้ำกะทิซึ่งเป็นอิมัลชันตามธรรมชาติและเกิดความไม่คงตัวต่อความเย็นเกิดการหลอมรวมตัวบางส่วน (นิศรา และ เอกพันธ์, 2554) รวมทั้งมีจุดเยือกแข็งที่ต่ำกว่าน้ำมันไขมันต่ำ อุณหภูมิแช่เยือกแข็งของน้ำกะทิตัวใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า -18 C อย่างน้อย 36 hr (ศุภมาศ และศิริลักษณ์, 2559) นอกจากนี้ในน้ำกะทิตัวมีปริมาณน้ำ 66-67% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าน้ำมันไขมันต่ำที่มีปริมาณน้ำ 90% (กรมอนามัย, 2561; Sringsam, 2008) จึงส่งผลต่อการเกิดผลึกและรูปร่างผลึก

น้ำแข็ง นอกจากนี้ ถ้าพิจารณาระหว่างตัวปลากริมและตัวไข่เต่ากับน้ำกะทิปลากริมไข่เต่า การแช่แข็งแบบช้าจะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างบางส่วน (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2551) ดังนั้น เมื่อนำขนมปลากริมไข่เต่าที่ผ่านกระบวนการแช่แข็งแบบช้ามาทำการคืนรูปพบว่า ตัวแป้งของขนมปลากริมไข่เต่าเกิดการสูญเสียรูปร่างไปจากเดิมเล็กน้อย โดยตัวแป้งปลากริมและตัวแป้งไข่เต่าขาดและเนื้อสัมผัสนุ่มลงบางส่วน และเมื่อไปผสมกับน้ำกะทิตัวขนมปลากริมไข่เต่าทำให้ความหนืดของน้ำกะทิตัวขนมปลากริมไข่เต่าเพิ่มขึ้น

Table 3 Physical qualities of reconstituted reduced calories Plakrim-Khaitao based on different modified starch and freezing method after freezing time of 2 w.

Qualities	Samples	Crosslinked1		Crosslinked2	
		Slow freezing	Quick freezing	Slow freezing	Quick freezing
Color					
L* ^{ns}	Plakrim-Khaitao	81.71±0.84	81.25±0.79	82.07±0.54	82.21±0.40
a* ^{ns}	coconut milk	1.09±0.19	1.04±0.24	1.06±0.06	1.11±0.19
b* ^{ns}		10.14±0.29	10.23±0.36	10.44±0.22	10.36±0.21
L* ^{ns}	Plakrim	66.08±0.87	65.87±0.74	66.29±0.29	66.08±0.87
a* ^{ns}		1.60±1.02	1.58±0.81	1.65±0.63	1.60±0.94
b* ^{ns}		5.70±0.49	5.66±0.49	5.79±0.16	5.73±0.49
L* ^{ns}	Khaitao	79.27±1.20	78.75±1.15	82.04±0.89	80.92±1.03
a* ^{ns}		1.55±0.13	1.52±0.13	1.60±0.01	1.59±0.13
b* ^{ns}		2.52±0.09	2.49±0.09	2.47±0.52	2.44±0.15
Texture					
Hardness(N)	Plakrim	0.97±0.06 ^c	1.06±0.01 ^b	1.15±0.01 ^b	1.28±0.01 ^a
Adhesiveness(N)		0.05±0.01 ^c	0.06±0.01 ^b	0.06±0.01 ^b	0.08±0.01 ^a
Hardness(N)	Khaitao	0.49±0.02 ^c	0.54±0.01 ^b	0.57±0.04 ^b	0.67±0.01 ^a
Adhesiveness(N)		0.05±0.01 ^d	0.07±0.01 ^b	0.06±0.01 ^c	0.09±0.01 ^a
Viscosity (cP)	Plakrim-Khaitao coconut milk	49.25±0.35 ^c	52.64±0.87 ^b	59.00±1.53 ^a	61.75±0.85 ^a

¹Mean values within row not followed by the same letters are significantly difference in statistic (P≤0.05)

Table 4 แสดงผลการใช้แป้งดัดแปรทดแทนแป้งมันสำปะหลัง 2 w ที่มีต่อคุณภาพทางเคมีของขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงาน และวิธีการแช่แข็งที่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา คืนรูป แสดงผลดัง Table 4

Table 4 Chemical qualities of reconstituted reduced calories Plakrim-Khaitao based on different modified starch and freezing method after freezing time of 2 w.

Qualities	Samples	Crosslinked1		Crosslinked2	
		Slow freezing	Quick freezing	Slow freezing	Quick freezing
aw	Plakrim-Khaitao ^{ns}	0.98±0.01	0.98±0.01	0.98±0.01	0.98±0.01
pH	Plakrim-Khaitao	6.36±0.01	6.38±0.01	6.41±0.02	6.43±0.01
	Plakrim-Khaitao coconut milk ^{ns}	6.43±0.01 ^a	6.42±0.02 ^a	6.33±0.01 ^b	6.36±0.01 ^b

¹Mean values within row not followed by the same letters are significantly difference in statistic (P≤0.05)

จาก Table 4 พบว่า ค่า a_w ของขนมปลากริมไข่เต่าลดพลังงาน และค่า pH ของน้ำกะทิขนมปลากริมไข่เต่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีผลต่อค่า pH โดยพบว่า การใช้แป้งดัดแปร crosslinked 2 มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลง pH น้อยกว่า และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกับการใช้แป้งดัดแปร crosslinked 1 สอดคล้องกับ วิไล (2546) ได้กล่าวถึง ผลกระทบของการเก็บรักษาหลังการแช่แข็งสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ pH ได้ แต่การใช้วิธีการแช่แข็งที่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 2 w ไม่มีผลต่อค่า pH กล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่แช่แข็งทั้งด้านกายภาพและเคมีมักเกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาที่ค่อนข้างนาน (สงวนศรี, 2558)

ส่วน Table 5 แสดงผลทางประสาทสัมผัส พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของคะแนนชอบเฉลี่ยในทุกปัจจัยคุณภาพ ผลการใช้แป้งดัดแปร crosslinked2 ทำให้คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์มีค่ามากกว่าการใช้แป้งดัดแปร crosslinked1 เมื่อตัวอย่างใช้วิธีการแช่แข็งเดียวกัน และการใช้วิธีแช่แข็งแบบเร็วทำให้คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์มีค่ามากกว่าการใช้วิธีแช่แข็งแบบช้าเมื่อตัวอย่างใช้ชนิดของแป้งดัดแปรเหมือนกัน สอดคล้องกับ พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา (2551) ที่กล่าวว่า การแช่แข็งอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กกระจายทั่วอาหาร และทำให้อาหารมีคุณภาพดีเมื่อ

นำมาหาลอมละลายน้ำแข็ง รวมทั้งทำให้เกิดการสูญเสียของเหลว น้อย แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยคุณภาพในด้านเนื้อสัมผัสทั้งด้านความแน่น ความเหนียวและความนุ่มของตัวแป้งขนมปลากริมไข่เต่า ซึ่งเป็นปัญหาหลักของขนมปลากริมไข่เต่าที่ผ่านกระบวนการแช่แข็งและนำมาคืนรูป จะเห็นได้ว่า วิธีแช่แข็งแบบเร็วนั้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสที่มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้วิธีแช่แข็งแบบช้า เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าเนื้อสัมผัสที่วัดได้จาก Table 4 พบว่า การใช้แป้งดัดแปร crosslinked2 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งและการเกาะตัวที่มากกว่าเลยส่งผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งดัดแปร crosslinked1 เมื่อใช้วิธีการแช่แข็งเดียวกัน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก แป้งมันสำปะหลังดัดแปร crosslinked มีคุณสมบัติเด่นเรื่องความคงตัวของอาหารต่อการแช่เยือกแข็งและการคืนรูปจากเยือกแข็งได้ถึง 4 รอบโดยไม่เกิดการแยกตัวของของเหลว (อิสราภรณ์ และคณะ, 2554) จึงจำเป็นต้องศึกษาประสิทธิภาพของแป้งมันสำปะหลังดัดแปร crosslinked ต่างชนิดด้วย ในทำนองเดียวกัน เมื่อใช้วิธีแช่แข็งแบบเร็วทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งและการเกาะตัวที่มากกว่าเลยส่งผลให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากกว่าเช่นกัน สอดคล้องกับการที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบขนมชิ้นแช่เยือกแข็งแบบเร็วมักกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบช้า (เกศรินทร์ และคณะ, 2554)

Table 5 Mean liking scores of reconstituted reduced calories Plakrim-Khaitao based on different modified starch and freezing method after freezing time of 2 w. (n=50)

Sensory attributes	Crosslinked1		Crosslinked2	
	Slow freezing	Quick freezing	Slow freezing	Quick freezing
Color of Plakrim	6.23±0.64 ^b	6.85±0.62 ^b	6.70±0.71 ^b	7.21±0.67 ^a
Color of Khaitao	5.37±0.72 ^c	6.91±0.62 ^a	6.57±0.59 ^b	7.05±0.58 ^a
Firmness of Plakrim-Khaitao	5.37±0.81 ^c	6.24±0.61 ^b	6.43±0.78 ^b	7.01±0.65 ^a
Stickiness of Plakrim-Khaitao	5.10±1.22 ^c	6.09±1.03 ^b	6.23±0.94 ^b	6.93±0.95 ^a
Softness of Plakrim-Khaitao	6.17±0.76 ^c	6.88±0.74 ^b	6.67±0.66 ^c	7.22±0.73 ^a
Viscosity of Plakrim-Khaitao				
coconut milk	5.57±0.88 ^c	6.83±0.78 ^{ab}	6.47±0.85 ^b	7.12±0.79 ^a
Salty	6.53±0.49 ^b	7.01±0.44 ^b	6.73±0.54 ^b	7.30±0.48 ^a
Sweet	6.67±0.68 ^b	6.98±0.60 ^{ab}	6.70±0.69 ^b	7.25±0.57 ^a
Overall liking	5.93±0.55 ^c	6.75±0.64 ^b	6.97±0.72 ^b	7.29±0.68 ^a

¹Mean values within row not followed by the same letters are significantly difference in statistic ($P\leq 0.05$)

ดังนั้น จึงนำตัวอย่างคัดเลือกที่ใช้แป้งดัดแปร crosslinked2 และใช้วิธีการแช่แข็งแบบเร็ว พิจารณาเปอร์เซ็นต์ความพองดี แสดงผลดัง Table 6 ซึ่งพบว่า เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความพองดีที่มากกว่าหรือเท่ากับ 70% พบว่า ความพองดีของขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงานที่ใช้แป้งดัดแปร crosslinked2 โดยใช้วิธีการแช่แข็งแบบเร็วในทุกปัจจัยคุณภาพผ่านเกณฑ์ 70% แล้ว จึงไม่ต้องทำการปรับปรุง สรุปได้ว่า สูตรและกรรมวิธีการแช่แข็ง

ที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมปลากริมไข่เต่าสูตรลดพลังงาน คือสูตรที่ใช้แป้งดัดแปร crosslinked2 ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 11.7% แป้งข้าวเหนียว 11.7% แป้งดัดแปร crosslinked2 5.0 % น้ำกะทิ 26.7 % น้ำมันไขมันต่ำ 26.7% น้ำตาลมะพร้าว 12.0% น้ำใบเตย 6.0% เกลือ 0.3% และผลิตภัณฑ์ควรใช้วิธีการแช่แข็งแบบเร็ว โดยใช้ Air blast freezer

Table 6 Just About Right (JAR) results of reconstituted reduced calories Plakrim-Khaitao using crosslinked2 modified starch and quick freezing method after freezing time of 2 w. (n=50)

Sensory attributes	Not enough (%)	JAR (%)	Too much (%)
Color of Plakrim	10.0	82.0	8.0
Color of Khaitao	12.0	84.0	4.0
Firmness of Plakrim-Khaitao	6.0	86.0	10.0
Stickiness of Plakrim-Khaitao	8.0	76.0	16.0
Softness of Plakrim-Khaitao	14.0	74.0	12.0
Viscosity of Plakrim-Khaitao coconut milk	6.0	80.0	14.0
Salty	8.0	82.0	10.0
Sweet	6.0	84.0	10.0

3.3 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังแช่แข็ง

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังแช่แข็งที่พัฒนาได้ ดัง Table 7 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังแช่แข็งที่พัฒนาได้ ด้วยวิธีการแช่แข็งแบบเร็ว เป็นเวลา 2 w เมื่อนำมาคั้นรูปแล้ว ผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยความชอบ อยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.09-7.51) และผลความพอดีของผลิตภัณฑ์ในทุกปัจจัยคุณภาพผ่านเกณฑ์ %JAR

มากกว่าหรือเท่ากับ 70% นอกจากนี้ ความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ (93%) ยอมรับว่าผลิตภัณฑ์สะดวกในการใช้ที่บ้านและสะดวกในการบริโภค โดย 95% ของผู้บริโภทยอมรับผลิตภัณฑ์ และถ้าผลิตภัณฑ์นี้มีวางจำหน่ายตัดสินใจซื้อแน่นอน และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมปังแช่แข็งที่พัฒนาได้ ไปตรวจสอบคุณภาพทางโภชนาการ พบว่าผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยบริโภค (150 กรัม) ให้ พลังงานเท่ากับ 240 kcal โดยมีพลังงานลดลงเท่ากับ 265.39 kcal (52.51%) จากขนมปังแช่แข็งสูตรไม่ลดพลังงานซึ่งมีพลังงานเท่ากับ 505.39 kcal

Table 7 Mean liking scores and JAR results of frozen reduced calories Plakrim-Khaitao. (n=100)

Sensory attributes	Mean liking scores	Not enough (%)	JAR (%)	Too much (%)
Color Plakrim	7.43±0.44	20	76	4
Khaitao	7.57±0.36	0	98	2
coconut milk				
Thickness	7.32±0.58	6	85	9
Firmness	7.12±0.64	6	79	15
Stickiness	7.09±0.74	18	82	10
Softness	7.36±0.38	2	91	7
Salty	7.34±0.48	8	84	8
Sweet	7.30±0.44	0	87	13
Overall liking	7.51±0.56			

4 สรุป

ข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากงานวิจัยนี้ จะได้สูตรที่เหมาะสมของขนมปังแช่แข็งที่พัฒนาได้ ประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 11.7% แป้งข้าวเหนียว 11.7% แป้งตัดแปร crosslinked2 5.0% น้ำกะทิ 26.7% น้ำมันมะพร้าว 26.7% น้ำตาลมะพร้าว 12.0% น้ำใบเตย 6.0% เกลือ 0.3% และควรใช้วิธีการแช่แข็งแบบเร็ว โดยใช้ Air blast freezer หลังจากผ่านการแช่แข็ง 2 w สามารถใช้เป็นแนวทางนำไปพัฒนา

ต่อสู่เชิงพาณิชย์ แต่ควรศึกษาคุณภาพที่อายุการเก็บรักษามากขึ้น นอกจากนี้ สามารถประยุกต์ใช้การแช่แข็งแบบช้ากับผลิตภัณฑ์นี้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้โดยเก็บรักษาในระยะเวลาไม่นาน

5 เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย. 2561. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรุงเทพมหานคร. สำนักโภชนาการ กรมอนามัย. เกศรินทร์ บาตรโพธิ์, ธัญลักษณ์ สร้อยทอง, สงวนศรี เจริญเหรียญ. 2554. ผลของอัตราการแช่เยือกแข็งและวิธีการ

- ละลายน้ำแข็งต่อคุณภาพของขนมชั้นแช่เยือกแข็ง. เรื่องเต็ม การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49, 275-281. กรุงเทพมหานคร: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1-2 กุมภาพันธ์ 2554, บางเขน, กรุงเทพมหานคร.
- ชมพูนุท สีห์โสภณ. 2561. รายงานการวิจัยผลิตภัณฑ์ขนมปลา กริมไข่เต่าลดพลังงานสำเร็จรูปแช่แข็งสำหรับผู้สูงอายุ. กรุงเทพมหานคร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- เขาวลี ชุ่มขำ. 2562. วิถีทำกิน: ปลากริม ไข่เต่า จับคู่ขนมโบราณ ขายดี. เดลินิวส์. 24 พฤศจิกายน 2562. หน้า 6.
- นิภาพร ทับหุ่น. 2552. ขนมไทยคู่ควรมงคลคุณ. แหล่งข้อมูล <http://www.lib.ru.ac.th/journal/kanom> เข้าถึงเมื่อ 24 ธันวาคม 2563.
- นิศรา สะเจริญ, เอกพันธ์ แก้วมณีชัย. 2554. การเพิ่มความคงตัว ต่อความร้อนในการแปรรูปและความคงตัวต่อความเย็นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กะทิสเตอริไลส์. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ปาดทิพย์ เปลี่ยนโมฬ. 2552. อาหารพร้อมบริโภคโอกาส SME ไทย. อุตสาหกรรมสาร. 52(4), 11-13.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมวงศ์, นิธิยา รัตนาปนนท์. 2551. การแช่เยือกแข็ง. แหล่งข้อมูล <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2989/การแช่เยือกแข็ง-freezing> เข้าถึงเมื่อ 14 มิถุนายน 2564.
- เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2556. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับผู้บริโภค. กรุงเทพมหานคร. บริษัท วิสต้า อินเทอร์เน็ต จำกัด.
- มลศิริ วีโรทัย. 2545. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพมหานคร. สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).
- รุ่งทิพย์ พรหมทรัพย์, อภิสิทธิ์ ประสงค์สุข. 2562. ขนมไทยรสอร่อยหลากเมนู. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์แม่บ้าน.
- ลักขณา ไชยมงคล, สอสิษฐ์ บังคมล เศวต ไชยมงคล. 2563. การใช้ถั่วเหลืองอกในการพัฒนาขนมหม้อแกงลดไขมันจากกะทิ. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 48(4), 483-491.
- วรรณดา ตั้งเจริญชัย, วิบูลย์ศักดิ์ กาวีละ. 2531. นมและผลิตภัณฑ์นม. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์.
- วิไล รังสาดทอง. 2546. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพมหานคร. บริษัท เทกซ์ แอนด์ เวอร์นัล พับลิเคชัน จำกัด.
- ศรีสมร คงพันธุ์. 2562. ขนมหวาน ขนมไทย. กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์ ส.ส.ส.
- ศิริชัย พงษ์วิชัย. 25852. สถิติเพื่อการวิจัยด้วยโปรแกรม R เล่ม 1 การทดสอบความแตกต่าง. กรุงเทพมหานคร. บริษัท สุพีเรียพรีนติ้งเฮาส์ จำกัด.
- ศิริพร เรียบร้อย, พุทธพร จิระอนันต์กุล, วรณวิภา อังกุลดี, พรทิพย์ พสุกมล. 2557. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. 8(2), 135-145.
- ศิริพรรณ. 2554. แก้วแก้วร้อย. แหล่งข้อมูล <http://www.m-culture.co.th>. เข้าถึงเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2563.
- ศุภมาศ ปันปัญญา, ศิริลักษณ์ ปฐวีรัตน์. 2559. ศึกษาการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีการแช่เยือกแข็ง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 22(1), 1-6.
- สงวนศรี เจริญเหรียญ. 2558. เทคโนโลยีการแช่แข็งอาหาร. กรุงเทพมหานคร. บริษัท เอเชียดิจิตอลการพิมพ์ จำกัด.
- สายสนม ประดิษฐ์ดวง. 2540. กระบวนการแช่เยือกแข็งอาหารในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์. หน้า 131-163.
- สิริมนต์ ชายเกตุ, พรเพ็ญ มรกตจินดา, วิภา ทองรอด. 2560. การพัฒนาขนมไทยเพื่อสุขภาพ กรณีศึกษาขนมทองเอก. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 8(2), 261-270.
- สุวิทย์ ตั้งนิมิตรชัยกุล. 2552. รูปแบบการดำเนินชีวิตและพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารพร้อมบริโภคของพนักงานในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์สังคมศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อิสราภรณ์ เอ็มรัตน์, ยुरี วันดี, สันหนีย์ ปัญจอนันท์, ดุษฎี อุตภาพ, จุรีรัตน์ พุดตาลเล็ก, วิไล รังสาดทอง. 2554. การคัดแยกแป้งพุทธรักษาด้วยวิโครสลิงค์โดยโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 34(4), 357-368.
- อุมพร อาลัย, สุพิชญาย์ ป่องจันลา, เจริญพงศ์ จันทิพย์วงศ์. 2561. การพัฒนาขนมฝอยทองพลังงานต่ำด้วยน้ำตาลแอลกอฮอล์. รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2561, 1699-1706. นครปฐม: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. 29-30 มีนาคม 2561, เมืองนครปฐม, นครปฐม.
- อลงกต สิงโต, อุไรภรณ์ บุรณะสกุล, รังสิมา ดรณพันธ์, นริศรา เรืองศรี. 2562. การยอมรับและความพึงพอใจต่อตำรับขนมไทยสูตรลดไขมัน. วารสารบูรพาเวชสาร. 6(2), 17-27.
- เอมมิกา เทียนไสว. 2557. การใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในฐานกะทิและน้ำกะทิสำหรับลดช่องว่างคิงโปก์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- Gacula, M.C. 1993. Design and Analysis of Sensory Optimization. Connecticut: Food and Nutrition Press.
- Gonzalez, O.N. 1991. Coconut milk extracts from coconut as food. Phil.J.Coconut.Stud. 16(2), 47-55.
- Menlove, A. Plc, J.S. 2002. Ready Meal Technology. New York: Lectherhead Publishing.

- Prinyawiwatkul, W. 2010. Application of Sensory Techniques in Product Development. Bangkok: Kasetsart University.
- Taffin, G.D. 1998. Coconut. Hongkong. Mcmillan Education.
- Resurreccion, A.V.A. 1998. Consumer Sensory testing for Product Development. Maryland. An Aspen Publishing.
- Sihsobhon, C. Chompreeda, P. Haruthaithanasan, V., Suwonsichon, T. 2013. Physicochemical properties and sensory evaluation of the formulated reduced calories satay sauce. KMITL Science and Technology Journal. 13(2), 87-93.
- Speer, E. 1998. Milk and Dairy Products Technology. New York. Marcel Dekkar, Inc.
- Sringam, S. 2008. Instant coconut milk products. In: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), Food innovation Strength Thai economy (pp. 16-19). Bangkok: Food Research and Product Development. Kasetsart University.