

การพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตยเพื่อสุขภาพ ด้วยการใช้ซูคราโลส เป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย

กฤษณธร สาเอี่ยม*, ปัทมา หิรัญโณภาส*, จิราพร วีณุตตรานนท์*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ลอดช่องไทยสู่การเป็นพุดดิ้งใบเตย และใช้ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย เพื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานต้นแบบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพเหมาะสำหรับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย เมื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจล ประกอบด้วยเจลาติน และแคลป-คาร์ราจีแนน ได้แก่ ร้อยละ 1.50 และ 2.00 w/w และการใช้เจลาตินร่วมกับแคลป-คาร์ราจีแนนอย่างละ ร้อยละ 1.00 w/w พบว่าการใช้เจลาตินร่วมกับแคลป-คาร์ราจีแนนอย่างละ ร้อยละ 1.00 w/w ทำให้ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งมีคุณภาพทางกายภาพที่ดี คะแนนความชอบอยู่ในช่วง 7.14-7.80 ระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เมื่อศึกษาปริมาณการใช้สารซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย (ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ของปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ในสูตร) ในพุดดิ้งใบเตย พบว่าปริมาณการใช้ซูคราโลส ร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ในสูตร อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ ประกอบด้วยปริมาณโปรตีน ไขมัน เกลือคาร์โบไฮเดรต และเส้นใยอาหาร มีค่าเท่ากับ 4.08, 9.29, 0.29, 13.98 และ 0.08 กรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ โดยการลดปริมาณน้ำตาลทราย ส่งผลให้พลังงานทั้งหมด (Total energy) และพลังงานจากไขมัน (Energy from fat) ลดลง 1.14 และ 1.17 เท่า ตามลำดับ เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์พบว่าคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่อ่อน (มพช. 519/2547) สามารถเก็บรักษาในตู้เย็น (4.00 ± 2.00 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 7 วัน ผลิตภัณฑ์ต้นแบบนี้จึงมีศักยภาพในการยกระดับขนมไทยให้อยู่ในรูปแบบที่ทันสมัย และเป็นมิตรต่อสุขภาพของผู้บริโภคในปัจจุบัน

คำสำคัญ : พุดดิ้ง, ลอดช่องไทย, คาร์ราจีแนน, เจลาติน, ซูคราโลส

* อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Corresponding author, email: patthama.hi@ssru.ac.th, Tel. 089-504-8463

Received : July 15, 2025; Revised : September 5, 2025; Accepted : October 6, 2025

Development of Healthy Pandan Pudding Using Sucralose as a Sugar Substitute

Kitsanatorn Saeiam*, Patthama Hirunyophat*, Jiraporn Weenuttranon*

Abstract

This study aimed to develop a Thai Lod-Chong into pandan pudding using sucralose as a sugar substitute to create a prototype of a healthier dessert suitable for consumers of all ages. The study investigated the types and concentrations of gelling agents, including gelatin and kappa-carrageenan at 1.50% and 2.00% w/w, as well as a combination of 1.00% (w/w) gelatin and 1.00% (w/w) kappa-carrageenan. The combination of gelatin and kappa-carrageenan at 1.00% (w/w) each resulted in desirable physical qualities for the pudding, with sensory liking scores ranging from 7.14 to 7.80, indicating moderate to high consumer acceptance. The study on sucralose substitution levels (25%, 50%, 75%, and 100% of the total sugar) in Thai Lod-Chong pudding revealed that replacing 50% of the total sugar with sucralose was within the acceptable range for consumers in terms of texture quality. The nutritional values of the developed product included protein, fat, ash, carbohydrates, and dietary fiber at 4.08, 9.29, 0.29, 13.98, and 0.08 grams per 100 grams, respectively. Reducing the amount of sugar resulted in a 1.14-times and 1.17-times reduction in total energy and energy from fat, respectively. Shelf-life evaluation indicated that the product's microbiological quality complied with the Thai Community Product Standard for soft jelly (TCPS 519/2004) and could be refrigerated (4.00 ± 2.00 °C) for at least 7 days. This prototype pudding demonstrates potential for modernizing traditional Thai desserts in a format tailored to the needs of health-conscious consumers.

Keywords: Pudding, Lod-Chong Thai, Gelatin, Kappa-carrageenan, Sucralose

* Instructor, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

Corresponding author, email: patthama.hi@ssru.ac.th, Tel. 089-504-8463

Received : July 15, 2025; **Revised :** September 5, 2025; **Accepted :** October 6, 2025

ความสำคัญของปัญหาการวิจัย

ลอดช่องไทย เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแป้งข้าวเจ้า จัดเป็นขนมไทยชนิดแรกที่เกิดจากภูมิปัญญาของคนไทยที่นิยมนำมารับประทาน เพื่อช่วยดับความร้อน และใช้ในงานมงคลต่างๆ เช่น งานแต่งงาน และงานบุญขึ้นบ้านใหม่ เป็นต้น การทำลอดช่องไทยนี้มีมาแต่สมัยโบราณ และมีการถ่ายทอดภูมิปัญญาอยู่หลายแห่งในประเทศไทย ขนมลอดช่องไทยที่ดีนั้น ตัวลอดช่องจะต้องมีลักษณะเหนียวนุ่ม หอมใบเตย และมีกลิ่นน้ำปูนใส ส่วนน้ำกะทิต้องคั้นจากมะพร้าวสดๆ จะได้หัวกะทิที่สดมัน และหอม ส่วนน้ำตาลสามารถใช้น้ำตาลมะพร้าวหรือน้ำตาลปี๊บก็ได้ (น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป, 2549; พิชัย สังขวร และวุฒิสลัป วัฒนประเสริฐ, 2559) จากข้อมูลข้างต้นทำให้ผู้วิจัยต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งจากขนมลอดช่องไทย เพื่อให้ขนมไทยมีรูปแบบที่ทันสมัยขึ้น ผู้บริโภคทุกเพศทุกวัยสามารถรับประทานได้ โดยเฉพาะผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมพลังงาน รวมทั้งผู้ที่มีอาการแพ้น้ำนมวัว ซึ่งการใช้กะทิเป็นส่วนประกอบหลักสามารถลดความเสี่ยงของผู้ที่ขาดเอนไซม์แล็กเทสที่สามารถย่อยน้ำตาลแล็กโทสในนมได้

พุดดิ้ง (Pudding) เป็นอาหารที่จัดอยู่ในพวกขนมหรือของหวานที่ได้รับความนิยมทั้งในแถบตะวันตกและเอเชีย โดยลักษณะสำคัญของพุดดิ้ง คือ มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม สามารถกลืนได้ง่าย และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงเหมาะสมกับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย (Alamprese & Mariotti, 2011) โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุที่มีปัญหาด้านการเคี้ยวกลืน เนื่องจากการสูญเสียฟัน (ชนิกา ฉิมเกิด และคณะ, 2562) สำหรับส่วนประกอบหลักของพุดดิ้ง ประกอบด้วยน้ำนมวัว และส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ น้ำตาลทราย น้ำมันพืชหรือเนย และสารที่ทำให้เกิดเจล โดยเจลาติน (Gelatin) และแคปปา-คาร์ราจีแนน (Kappa-carrageenan) เป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัว นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิด อยู่ในกลุ่มของไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง และเยลลี่ เป็นต้น ทำให้ได้รับความนิยมประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ผู้สูงอายุที่ต้องการความคงตัว เนื่องจากมีคุณสมบัติรีโอโลยี (Rheology) ที่ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดเจลที่ละลายในปากได้อย่างนุ่มนวล (Roopa & Bhattacharya, 2010; Geonzon et al., 2025) Karim and Bhat (2008) รายงานว่าเจลาตินมีคุณสมบัติรีโอโลยีที่เหมาะสมในการเกิดโครงสร้างเจลที่คงตัวในช่วงอุณหภูมิการเสิร์ฟเย็น และมีความยืดหยุ่น เหมาะสำหรับอาหารที่ต้องการเนื้อสัมผัสนุ่ม เช่น พุดดิ้ง และมูส Campo et al. (2009) รายงานว่าแคปปา-คาร์ราจีแนนมีประสิทธิภาพสูงในการสร้างเจลที่แข็งแรงและทนต่อแรงเฉือน เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์พุดดิ้งและขนมหวานกึ่งแข็ง นอกจากนี้ Park et al. (2021) พบว่าการใช้แคปปา-คาร์ราจีแนนร่วมกับเจลาติน ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีเนื้อเจลที่มีความยืดหยุ่น ไม่เปราะและลดการแยกน้ำ (Syneresis) ในระหว่างการเก็บรักษา แม้ว่าพุดดิ้งจะมีคุณสมบัติที่ดีต่อร่างกาย แต่อย่างไรก็ตามส่วนผสมที่ใช้โดยเฉพาะนมสด อาจส่งผลต่อผู้บริโภคที่มีอาการแพ้น้ำนมวัว หรือภาวะย่อยน้ำตาลแล็กโทสบกพร่อง (Lactose intolerance) จึงเกิดอาการปวดท้องเสียท้อง แน่นท้อง และท้องเสีย (ชนิกา ฉิมเกิด และคณะ, 2562) นอกจากนี้ น้ำตาลทรายยังเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคอ้วนและน้ำหนักเกิน ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงหลัก 2 ประการที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases; NCDs) ได้แก่ โรคหลอดเลือดหัวใจ (Coronary heart disease) และโรคเบาหวาน (Diabetes) เป็นต้น ทำให้ความนิยมในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ มีแนวโน้มเป็นที่ต้องการของตลาดมากยิ่งขึ้น อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานต่ำ ลดการใช้เกลือหรือน้ำตาล รวมถึงการใช้วัตถุดิบท้องถิ่นในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร (Samaniego-Vaesken et al., 2019)

ซูคราโลส (Sucralose) มีชื่อเรียกทางเคมี Trichlorogalactosucrose จัดเป็นสารให้ความหวานสังเคราะห์ที่ปราศจากพลังงาน ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (Samaniego-Vaesken et al., 2019) เนื่องจากมีความคงตัวต่อความร้อนและมีความปลอดภัยต่อการบริโภค โดยการใช้ซูคราโลสเป็นวัตถุเจือปนอาหารได้รับการประเมินจากองค์กรที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพและมาตรฐานของวัตถุเจือปนอาหาร (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives: JECFA) พิจารณาว่าสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย โดยกำหนดปริมาณที่บริโภคได้ต่อวัน (Acceptable Daily Intake: ADI) 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน (Eisenreich et al., 2020) ทำให้ซูคราโลสได้รับการอนุมัติให้ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์แคลอรีต่ำ เช่น เครื่องดื่มและของหวานประเภทผลิตภัณฑ์นม (Codex Alimentarius International Food Standards, 1995) ตลอดจนผลิตภัณฑ์ขนมปังและเบเกอรี่อื่นๆ (Jeong et al., 2024) อย่างไรก็ตามการใช้สารให้ความหวานในกลุ่มผลิตภัณฑ์พุดดิ้งและเยลลี่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน Park et al. (2021) ศึกษาผลของการใช้สารที่ทำให้เกิดเจล (เจลาติน และแคปปา-คาร์ราจีแนน) ร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล พบว่าเยลลี่ที่ใช้สารให้ความหวานมีความแข็งเพิ่มขึ้นจากสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลของพุดดิ้งใบเตยซึ่งพัฒนามาจากขนมลอดช่องไทย และการใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายเพื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานต้นแบบเพื่อสุขภาพที่ตอบโจทย์ผู้บริโภคยุคใหม่ เหมาะสำหรับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย และสามารถส่งเสริมการบริโภคขนมไทยในรูปแบบที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย
2. ศึกษาปริมาณการใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย
3. ศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย

จัดสิ่งทดลองทั้งหมด 5 สิ่งทดลอง ประกอบด้วยสารที่ทำให้เกิดเจล ได้แก่ เจลาติน และแคปปา-คาร์ราจีแนน ทำการแปรปริมาณที่ 2 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 1.50 และ 2.00 ของส่วนผสมทั้งหมด (w/w) และสิ่งทดลองที่มีการใช้เจลาตินร่วมกับแคปปา-คาร์ราจีแนนอย่างละ ร้อยละ 1.00 w/w สำหรับปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลอ้างอิงจากการทดลองของวิชฌณี ยืนยงพุทธกาล และคณะ (2561) และการทดลองทำผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตยเบื้องต้น

การเตรียมส่วนผสมพุดดิ้งใบเตย แสดงดังตารางที่ 1 ดัดแปลงสูตรมาตรฐานลอดช่องไทยจาก นันทิพย์ วงษ์ประทีป (2549) และดัดแปลงสูตรมาตรฐานและกระบวนการทำพุดดิ้งจากฤทัย เรืองธรรมสิงห์ และคณะ (2563) พุดดิ้งจะแบ่งส่วนผสมออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 พุดดิ้งน้ำใบเตย วิธีการผลิตเริ่มจากนำน้ำใบเตย 500 กรัม (ใบเตย 50 กรัม และน้ำเปล่า 500 กรัม) น้ำเปล่า 450 กรัม และแป้งข้าวเจ้า 100 กรัม วิธีการผลิตเริ่มจากนำน้ำใบเตย น้ำเปล่า แป้งข้าวเจ้า และสารที่ทำให้เกิดเจล ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปตั้งไฟจนได้อุ่นหนึ่มีที่ 65 องศาเซลเซียส เทส่วนผสมในถ้วยพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดมีฝาปิดสนิท ขนาด 2 ออนซ์ น้ำหนัก 20 กรัม นำเข้าตู้เย็นอุณหภูมิ 4.00 ± 2.00 องศาเซลเซียส รอให้เซตตัว เป็นระยะเวลา 60 นาที และ

ส่วนที่ 2 พุดdingน้ำกะทิ ประกอบด้วยน้ำกะทิ 181 กรัม วิปปิงครีมจากพืช 181 กรัม น้ำตาลทราย 140 กรัม ไข่แดง 55 กรัม และสารที่ทำให้เกิดเจล วิธีการผลิตเริ่มจากผสมน้ำกะทิ น้ำตาลทราย และสารที่ทำให้เกิดเจล คนให้ส่วนผสมละลาย ใส่หม้อตุ๋นให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เติมไข่แดง คนตลอดเวลา จนถึงอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ใส่วิปปิงครีมชนิดจืด ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จากนั้นเมื่อส่วนผสมเย็นตัวลง ให้เทส่วนผสมที่ 2 ลงบนส่วนที่ 1 พุดdingน้ำใบเตย น้ำหนัก 20 กรัม นำเข้าตู้เย็น เป็นระยะเวลา 60 นาที วิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างของพุดdingทั้งสองชั้นรวมกัน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 1 น้ำหนักส่วนผสมของการศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดdingใบเตย

ส่วนผสม	สิ่งทดลอง				
	เจลาติน ร้อยละ 1.50	เจลาติน ร้อยละ 2.00	แคปปา-คาร์ ราจีแนน ร้อยละ 1.50	แคปปา-คาร์รา จีแนน ร้อยละ 2.00	เจลาติน และแคปปา- คาร์ราจีแนน อย่างละ ร้อยละ 1.00
ส่วนที่ 1 พุดdingน้ำใบเตย (กรัม)					
น้ำใบเตย	500	500	500	500	500
น้ำเปล่า	450	450	450	450	450
แป้งข้าวเจ้า	100	100	100	100	100
เจลาติน	15.75	21.00	-	-	10.50
แคปปา-คาร์ราจีแนน	-	-	15.75	21.00	10.50
ส่วนที่ 2 พุดdingน้ำกะทิ (กรัม)					
น้ำกะทิ	181	181	181	181	181
วิปปิงครีมจากพืช	181	181	181	181	181
น้ำตาลทราย	140	140	140	140	140
ไข่แดง	55	55	55	55	55
เจลาติน	8.36	11.14	-	-	5.57
แคปปา-คาร์ราจีแนน	-	-	8.36	11.14	5.57

ที่มา : ดัดแปลงสูตรมาตรฐานลอดช่องไทยจากน้ำทิพย์ วงษ์ประทีป (2549) และสูตรมาตรฐานพุดdingจากจากฤทัย เรืองธรรมสิงห์ และคณะ (2563)

1.1 ปริมาณความชื้น (Moisture) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดละเอียด ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ และคำนวณปริมาณความชื้นเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่าง (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 2019)

1.2 วัดค่าสี ซึ่งนำหน้าตัวอย่างที่บดละเอียด วัดด้วยเครื่อง Hunter Lab ได้แก่ ค่าสี L^* (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 คือ วัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 คือ วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a^* (+ คือ วัตถุที่มีสีแดง, - คือ วัตถุที่มีสีเขียว) b^* (+ คือ วัตถุที่มีสีเหลือง, - คือ วัตถุที่มีสีน้ำเงิน)

1.3 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Brix Refractometer) ที่ระดับร้อยละ 0-32

1.4 วัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง TA.XT plus Texture analyzer ใช้หัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ความเร็วหัวกด (Test speed) 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที รายงานเป็นค่าความแข็ง (Hardness) ซึ่งอ่านค่าจากแรงสูงสุดที่ทำให้วัตถุแตก ในหน่วยนิวตัน (N) และความยืดหยุ่น (Springiness) ซึ่งอ่านจากระยะทางที่วัตถุแตกออกเมื่อได้รับแรงกด ในหน่วยนิวตันต่อวินาที (N.s) (วิชมนิ ยินยงพุทธกาล และคณะ, 2561) วัดตัวอย่างละ 10 ซ้ำ

1.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดยให้คะแนนความชอบจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) กับผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 50 คน เกณฑ์การคัดเลือกคือ มีอายุระหว่าง 18-60 ปี บริโภคผลิตภัณฑ์พุดดิ้งเป็นประจำ เป็นผู้ที่ไม่มีความผิดปกติในการรับประทานอาหาร นำเสนอตัวอย่างพร้อมกันทั้ง 5 สูตร อนุญาตให้มีการจัดเสิร์ฟ 4.00 ± 2.00 องศาเซลเซียส ประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (Meilgaard et al., 1999)

2. การศึกษาปริมาณการใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย

นำผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตยที่มีการศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 มาแปรปริมาณการใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในพุดดิ้ง (ส่วนของพุดดิ้งน้ำกะทิที่มีการใช้น้ำตาลทราย) 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ของปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ในสูตรเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (พุดดิ้งใบเตยที่มีการใช้น้ำตาลทราย ร้อยละ 100) เนื่องจากซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานที่มีความหวานเป็น 600 เท่าเมื่อเทียบกับน้ำตาลทราย จึงใช้ได้ปริมาณน้อยมาก (อัจฉรา ดลวิทยาคูณ และคณะ, 2567) โดยวิธีการคำนวณปริมาณซูคราโลสจะเทียบน้ำตาลทราย 1 กรัม จะเท่ากับซูคราโลส 0.0017 กรัม (ปิยนุสรณ์ น้อยดั่ง และนคร บรรดิจ, 2558) ทั้งนี้ในการทดลองได้มีการชดเชยน้ำหนักน้ำตาลทรายที่ลดลงด้วยการเพิ่มส่วนของเหลว (นม) ในระบบพุดดิ้งให้มวลรวมของสูตรคงที่ การเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตพุดดิ้ง รายละเอียดเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 วิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ความชื้น สี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ คุณภาพทางเนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3. การศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย

3.1 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย

นำผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตยจากการทดลองที่ 2 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (พุดดิ้งที่มีการใช้น้ำตาลทราย ร้อยละ 100) ประกอบด้วยความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร พลังงานทั้งหมด (Total energy) และพลังงานจากไขมัน (Energy from fat) ตามวิธีของ AOAC (2019) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.2 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย

นำผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตยที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ถ้วยพลาสติกโพลีเอทิลีน ชนิดมีฝาปิดสนิทขนาด 2 ออนซ์ น้ำหนัก 40 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4.00 ± 2.00 องศาเซลเซียส จากนั้นสุ่มผลิตภัณฑ์พุดดิ้งในวันที่ 0, 3, 5 และ 7 เพื่อตรวจสอบปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) ด้วยเครื่อง Aqualab และคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ตามวิธีของ U.S. Food and Drug Administration-Bacteriological Analytical Manual online (FDA-BAM online, 2001) ยีสต์และรา (Yeast and mold) ตามวิธีของ FDA-BAM online (2001) สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) ตามวิธี International Organization for Standardization 6888-1 (ISO 6888-1, 2021) และ เอสเชอริเชียโคไล (*Escherichia coli*) ตามวิธีของ FDA-BAM online (2020) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การพิทักษ์สิทธิผู้ให้ข้อมูล

โครงการวิจัยผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ตาม COE.1-053/2023

การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์ค่าความชื้น วอเตอร์แอคทีวิตี สี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ คุณภาพทางเนื้อสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพประสาทสัมผัส และวิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Independent-Sample T-test สำหรับการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (IBM SPSS® version 26 software)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย

ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลของพุดดิ้งใบเตย ประกอบด้วยเจลาติน และแคลป้า-คาร์ราจีแนน ปริมาณร้อยละ 1.50 และ 2.00 ของส่วนผสมทั้งหมด (w/w) และการใช้เจลาติน ร้อยละ 1.00 w/w ร่วมกับแคลป้า-คาร์ราจีแนน ร้อยละ 1.00 w/w แสดงดังตารางที่ 2 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture content) พบว่าชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจล ส่งผลต่อปริมาณความชื้นของพุดดิ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้เจลาตินร่วมกับแคลป้า-คาร์ราจีแนน ทำให้มีปริมาณความชื้นต่ำสุด เท่ากับ ร้อยละ 35.21 โดยน้ำหนักเปียก รองลงมา คือ คาราจีแนน และเจลาติน ร้อยละ 2.00 w/w ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางสี พบว่าการใช้แคลป้า-คาร์ราจีแนน ร้อยละ 1.50 และ 2.00 w/w มีแนวโน้มของค่าความสว่าง (L^*) สูงสุด เท่ากับ 66.75 และ 67.29 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) ทุกตัวอย่างมีค่าที่ใกล้เคียงกัน สำหรับค่าสีเหลือง (b^*) พบว่าแคลป้า-คาร์ราจีแนน ร้อยละ 2.00 w/w มีค่าสูงสุด สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลาย พบว่าการใช้คาราจีแนน ร้อยละ 1.50 w/w และ 2.00 w/w รวมทั้งการใช้เจลาตินร่วมกับแคลป้า-คาร์ราจีแนนอย่างละ ร้อยละ 1.00 w/w มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่ำกว่าการใช้เจลาตินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 23.00–29.00

องศาบริกซ์ ในขณะที่การใช้เจลาติน มีค่าอยู่ในช่วง 40.00–45.00 องศาบริกซ์ เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส พบว่าชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจล ส่งผลต่อค่าความแข็ง (Hardness) และความยืดหยุ่น (Springiness) ของพุดดิ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้เจลาตินร่วมกับแคปพา-คาร์ราจีแนน มีค่าความแข็งและความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้เจลาตินหรือแคปพา-คาร์ราจีแนนเพียงอย่างเดียว ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจล ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้เจลาตินร่วมกับแคปพา-คาร์ราจีแนน มีคะแนนความชอบสูงสุด อยู่ในช่วง 7.14–7.80 ระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ในขณะที่เมื่อใช้เจลาตินน้อยเกินไป (1.50 w/w) และแคปพา-คาร์ราจีแนนมากเกินไป (2.00 w/w) ส่งผลให้คะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลง อยู่ในช่วง 6.24–7.02 และ 5.62–6.34 ตามลำดับ ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น สี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ คุณภาพทางเนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้เจลาตินร่วมกับคาร์ราจีแนนอย่างละ ร้อยละ 1.00 w/w ทำให้ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งมีคุณภาพทางกายภาพที่ดี (ความแข็ง และความยืดหยุ่น) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2 คุณภาพของพุดดิ้งใบเตยจากการศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจล

คุณภาพ	ชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลของส่วนผสมทั้งหมด (w/w)				
	เจลาติน	เจลาติน	แคปพา-คาร์รา	แคปพา-คาร์รา	เจลาติน และแคปพา-
	ร้อยละ 1.50	ร้อยละ 2.00	จีแนน ร้อยละ 1.50	จีแนน ร้อยละ 2.00	คาร์ราจีแนน อย่างละ ร้อยละ 1.00
ความชื้น	39.74±3.45 ^a	37.77±3.96 ^{ab}	38.76±4.60 ^a	36.76±0.55 ^b	35.21±3.25 ^c
L*	65.93±5.85 ^a	54.98±9.26 ^b	66.75±5.32 ^a	67.29±7.81 ^a	63.18±9.59 ^{ab}
a*	2.17±0.27 ^{ab}	2.85±0.66 ^a	2.24±0.34 ^b	2.46±0.37 ^{ab}	2.41±0.54 ^{ab}
b*	17.87±1.75 ^a	16.07±3.74 ^b	15.67±1.69 ^c	18.27±2.51 ^a	16.18±3.33 ^b
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้	45.00±0.05 ^a	40.00±0.05 ^b	29.00±0.05 ^c	23.00±0.00 ^e	27.00±0.00 ^d
ความแข็ง (N)	0.81±0.11 ^c	0.83±0.12 ^c	1.25±0.29 ^b	1.28±0.25 ^b	3.11±0.29 ^a
ความยืดหยุ่น (N.s)	9.02±1.69 ^c	10.60±3.18 ^{bc}	11.80±0.93 ^{ab}	12.25±1.84 ^{ab}	12.98±0.01 ^a
ลักษณะปรากฏ	7.02±1.40 ^b	7.62±1.08 ^a	6.16±1.26 ^c	6.16±1.27 ^b	7.74±0.69 ^a
สี	6.92±1.49 ^b	7.56±1.24 ^a	6.40±1.30 ^c	6.32±1.34 ^c	7.80±1.08 ^a
กลิ่น	6.50±1.48 ^b	7.22±1.34 ^a	6.38±1.33 ^b	6.34±1.52 ^b	7.32±1.30 ^a
รสชาติ	6.24±1.50 ^b	7.18±1.52 ^a	6.24±1.50 ^b	5.62±1.83 ^c	7.34±1.50 ^a
เนื้อสัมผัส	6.34±1.46 ^b	6.96±1.30 ^a	5.10±1.47 ^d	5.74±1.67 ^c	7.14±1.37 ^a
ความชอบโดยรวม	6.44±1.35 ^b	7.24±1.04 ^a	5.68±1.33 ^c	5.66±1.46 ^c	7.54±1.19 ^a

^{a-c} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns}

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ความชื้น แสดงหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ แสดงหน่วยเป็นองศาบริกซ์

L*: ค่าความสว่าง, a*: ค่าสีแดง-สีเขียว และ b*: ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน

2. ผลการศึกษาปริมาณการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย

ผลการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในพุดดิ้งใบเตย 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ของปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ในสูตร เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (พุดดิ้งใบเตยที่มีการใช้น้ำตาลทรายร้อยละ 100) แสดงดังตารางที่ 3 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่าปริมาณการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในพุดดิ้งเพิ่มขึ้น ทำให้ความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อยู่ในช่วงร้อยละ 53.47 - 75.93 โดยน้ำหนักเปียก ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม มีปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 39.74 โดยน้ำหนักเปียก เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางสี พบว่าปริมาณการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายร้อยละ 75 - 100 มีค่า L^* และ b^* สูงสุด ในขณะที่ค่า a^* มีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะปริมาณการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย ร้อยละ 25-50 ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตยมีลักษณะสีเขียวและเหลืองอ่อน แสดงดังภาพที่ 1 สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พบว่าปริมาณการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในพุดดิ้งใบเตยตั้งแต่ระดับร้อยละ 25-100 มีค่าไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 42.33-42.66 องศาบริกซ์ ตัวอย่างควบคุม มีค่าเท่ากับ 42.33 องศา บริกซ์ เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส พบว่าปริมาณการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในพุดดิ้ง ร้อยละ 25-50 มีค่าความแข็ง และความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$) เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าคะแนนความชอบของการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย ร้อยละ 25-50 (7.02-7.80) ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม (7.06-7.80) และแนวโน้มของคะแนนความชอบสูงกว่าร้อยละ 75-100 (6.02-7.32) จากผลการทดลอง ซึ่งประเมินโดยพิจารณาลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในระดับร้อยละ 25 และร้อยละ 50 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้น เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการลดการบริโภคน้ำตาล และส่งเสริมการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหวานเพื่อสุขภาพ ปริมาณชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการผลิตพุดดิ้งใบเตยสุขภาพ คือ ร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ในสูตร

ตารางที่ 3 คุณภาพของพุดดิ้งใบเตยจากการการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย

คุณภาพ	ปริมาณการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย (ร้อยละ)				
	ตัวอย่างควบคุม	25	50	75	100
ความชื้น	39.74±3.45 ^{bc}	53.47±1.10 ^d	59.69±0.44 ^c	71.05±1.22 ^b	75.93±0.76 ^a
L^*	55.45±2.03 ^b	38.00±9.65 ^c	43.04±2.93 ^c	56.87±5.36 ^b	65.73±2.83 ^a
a^*	1.49±0.35 ^a	-6.87±2.17 ^c	-6.40±0.20 ^c	-2.13±1.43 ^b	-2.63±1.01 ^b
b^*	17.11±0.15 ^b	15.52±6.18 ^c	16.54±1.07 ^c	17.15±2.19 ^b	20.12±0.61 ^a
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ^{ns}	42.33±2.51	42.66±1.52	42.66±1.52	42.66±2.08	42.33±1.52
ความแข็ง (N)	2.18±0.16 ^a	1.45±0.41 ^c	1.79±1.41 ^b	0.93±0.08 ^d	0.81±0.11 ^d
ความยืดหยุ่น (N.s)	11.80±0.93 ^a	8.67±0.73 ^b	9.11±0.74 ^a	8.51±0.26 ^b	7.66±0.37 ^c
ลักษณะปรากฏ	7.50±71.19 ^{ab}	7.46±0.90 ^{ab}	7.80±0.88 ^a	7.32±1.25 ^b	7.16±1.36 ^b
สี	7.48±0.95 ^a	7.56±0.83 ^a	7.48±0.88 ^a	7.30±0.86 ^{ab}	7.02±1.22 ^b

ตารางที่ 3 คุณภาพของพุดdingใบเตยจากการการใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย (ต่อ)

คุณภาพ	ปริมาณการใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย (ร้อยละ)				
	ตัวอย่างควบคุม	25	50	75	100
กลิ่น	7.06±1.25 ^{ab}	7.18±1.02 ^a	7.02±0.95 ^{ab}	7.04±1.08 ^{ab}	6.72±1.32 ^b
รสชาติ	7.80±1.24 ^a	7.48±1.09 ^{ab}	7.14±0.98 ^{ab}	6.60±1.10 ^c	6.02±1.23 ^d
เนื้อสัมผัส	7.48±1.24 ^a	7.54±1.03 ^a	7.26±1.02 ^{ab}	6.69±1.26 ^b	6.40±1.38 ^c
ความชอบโดยรวม	7.76±1.18 ^a	7.66±1.06 ^{ab}	7.32±0.97 ^b	6.69±1.15 ^c	6.62±1.32 ^d

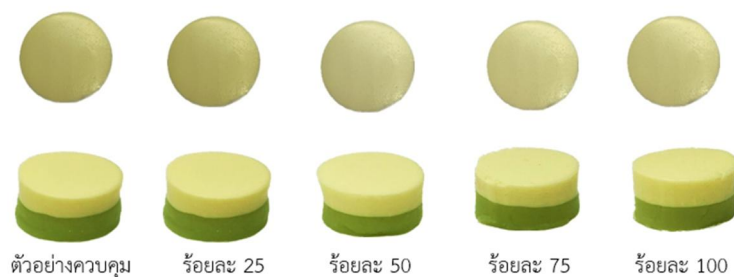
^{a-d} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns}

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตัวอย่างควบคุม คือ พุดdingใบเตยที่มีการใช้น้ำตาลทราย ร้อยละ 100

ความชื้น แสดงหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ แสดงหน่วยเป็นองศาบริกซ์

L*: ค่าความสว่าง, a*: ค่าสีแดง-สีเขียว และ b*: ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน



ภาพที่ 1 ลักษณะสีของพุดdingใบเตยจากการใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย

3. ผลการศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์พุดdingใบเตย

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์พุดdingใบเตย เปรียบเทียบตัวอย่างควบคุม แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 73.36 โดยน้ำหนักเปียก เมื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน เกลือ คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยอาหาร มีค่าเท่ากับ 4.08, 9.29, 0.29, 13.98 และ 0.08 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีปริมาณไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ลดลง ในขณะที่โปรตีนเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่งผลให้ปริมาณพลังงาน ทั้งหมด (Total energy) และพลังงานจากไขมัน (Energy from fat) ลดลง มีค่าเท่ากับ 155.85 และ 83.61 กิโลแคลอรี ตามลำดับ

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4.00 ± 2.00 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน แสดงดังตารางที่ 5 เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) พบว่ามีค่าไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.98 – 1.00 เมื่อวิเคราะห์ คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ยีสต์และรา (Yeast and mold) สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) และเอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*)

เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์เกลืออ่อน (มผช. 519/2547) ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และ *Escherichia coli* ไม่เกิน 1×10^4 CFU/g 100 CFU/g และ 3 MPN/g ตามลำดับ สำหรับ *Staphylococcus aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม อาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์นี้สามารถเก็บรักษาใน ตู้เย็น (4.00 ± 2.00 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 7 วัน ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพปลอดภัยต่อการบริโภค

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย น้ำหนัก 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ตัวอย่างควบคุม	พุดดิ้งใบเตย
ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก)	68.87 ± 2.46^b	73.36 ± 0.00^a
โปรตีน (กรัม)	3.62 ± 0.32^b	4.08 ± 0.00^a
ไขมัน (กรัม)	10.84 ± 1.09^a	9.29 ± 1.09^b
เถ้า (กรัม) ^{ns}	0.26 ± 0.02	0.29 ± 0.00
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	16.41 ± 1.71^a	13.98 ± 0.00^b
เส้นใยอาหาร (กรัม)	1.21 ± 0.79^a	0.08 ± 0.00^b
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	177.68 ± 15.43^a	155.85 ± 0.00^b
พลังงานจากไขมัน (กิโลแคลอรี)	97.56 ± 9.86^a	83.61 ± 9.86^b

^{a-b} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ^{ns}

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตัวอย่างควบคุม คือ พุดดิ้งใบเตยที่มีการใช้น้ำตาลทราย ร้อยละ 100

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำอิสระ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4.00 ± 2.00 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน

คุณภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
	0	3	5	7
Water activity ^{ns}	0.98 ± 0.00	0.99 ± 0.00	0.99 ± 0.00	1.00 ± 0.00
Total plate count (CFU/g)	<10	<10	<10	<10
Yeasts and molds (CFU/g)	<10	<10	<10	<10
<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	<10	<10	<10	<10
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0

^{ns} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย

การใช้ปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นของพุดดิ้งใบเตยลดลง ทั้งนี้ อาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติของเจลาตินซึ่งเป็นโปรตีนที่ได้จากการไฮโดรไลซ์คอลลาเจน โดยเมื่อเจลาติน เย็นตัวจะเกิดโครงข่ายสามมิติที่สามารถตรึงน้ำไว้ในรูปของน้ำที่ถูกตรึง (Immobilized water) โดยน้ำ ที่ถูกตรึงในโครงข่ายโปรตีนนี้มีการเคลื่อนที่ได้จำกัด ระบายออกได้ช้ากว่าน้ำอิสระ และช่วยลดการแยกตัวของน้ำ (Syneresis) ส่งผลให้ค่าความชื้นที่ตรวจวัดได้ของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งแสดงถึงบทบาทของเจลาติน ในการควบคุมความชื้นของพุดดิ้งใบเตย (Geonzon et al., 2025) สำหรับคาร์ราจีแนน โดยเฉพาะแคปปา-คาร์ราจีแนน เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีคุณสมบัติเกาะจับโปรตีน สามารถจัดเรียงตัวให้เกิดเจล และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ได้สูง (Saha & Bhattacharya, 2010) เมื่อใช้ทั้งเจลาติน และคาร์ราจีแนนร่วมกัน ระบบไฮโดรคอลลอยด์สองชนิดจะเสริมกัน (Synergistic effect) โดยคาร์ราจีแนน ช่วยเสริมโครงข่ายผ่านการจับตัวกับหมู่โปรตีนในเจลาติน ทำให้เครือข่ายเจลมีความหนาแน่นและ ความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้น (Kim et al., 2020) ผลการวิเคราะห์ค่าสี พบว่าการใช้แคปปา-คาร์ราจีแนน ร้อยละ 1.50-2.00 w/w มีค่า L^* สูงสุด เนื่องจากการเพิ่มปริมาณแคปปา-คาร์ราจีแนน ส่งผลให้โครงข่าย เจลที่เกิดขึ้นมีความหนาแน่นและเนียนละเอียดมากขึ้น ทำให้แสงสามารถสะท้อนจากพื้นผิวผลิตภัณฑ์ได้ อย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Park et al. (2021) รายงานว่าพื้นผิวเจลที่เนียนจากคาร์ราจีแนนมีผลต่อการเพิ่มค่า L^* ในผลิตภัณฑ์เยลลี่แครอท นอกจากนี้การใช้แคปปา-คาร์ราจีแนน ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในพุดดิ้งต่ำกว่าการใช้เจลาติน เนื่องจากแคปปา-คาร์ราจีแนน สามารถสร้างโครงข่ายเจลที่แข็งและหนาแน่นมากกว่าเจลาติน ซึ่งส่งผลให้มี พื้นที่จับน้ำ (Water-holding capacity) สูงกว่า ถึงแม้ว่าน้ำจะไม่หายไป แต่ถูกกักไว้ในเนื้อเจลอย่างมีประสิทธิภาพ จึงลดปริมาณของแข็งที่ละลาย (Saha & Bhattacharya, 2010; Park et al., 2021)

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส พบว่าการใช้เจลาตินร่วมกับแคปปา-คาร์ราจีแนนส่งผลเชิงบวกต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง โดยเฉพาะความแข็งและความยืดหยุ่นซึ่งสูงกว่าการใช้เจลาตินหรือแคปปา-คาร์ราจีแนนเพียงอย่างเดียว ซึ่งผลการทดลองที่เป็นไปในทิศทางเดียวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale เนื่องจากเจลาติน ให้เจลที่มีความนุ่มและยืดหยุ่น แต่มีโครงข่ายไม่แข็งแรงเท่าเจลที่ได้จากพอลิแซ็กคาไรด์ (Saha & Bhattacharya, 2010; Geonzon et al., 2025) ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tao et al. (2022) พบว่าการผสมพอลิแซ็กคาไรด์กับ โปรตีน เช่น เจลาติน สามารถเพิ่มความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของเจลได้อย่างชัดเจน Lin et al. (2025) รายงานว่าผลิตภัณฑ์พุดดิ้งควรมีลักษณะยืดหยุ่น อ่อนนุ่ม และรับประทานได้ง่าย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการ รับรู้รสชาติและความพึงพอใจของผู้บริโภค

2. ผลการศึกษาปริมาณการใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย

การใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย ทำให้ปริมาณความชื้นของพุดดิ้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาล มีคุณสมบัติดูดความชื้น (Hygroscopic) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง เยลลี่ และขนมหวาน ต่างๆ โดยน้ำตาลจะเข้าแทนที่น้ำในอาหาร ทำให้ปริมาณความชื้นลดลง (นิธิยา รัตนพานนท์, 2551)

สอดคล้องกับงานวิจัยของกรณิการ์ อ่อนสำลี (2563) พบว่าการใช้สารให้ความหวาน (สกัดจากหญ้าหวาน) ทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งนมสดมะพร้าวอ่อน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้ายเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (พุดดิ้งนมสดมะพร้าวอ่อนที่ใช้น้ำตาลทราย) คุณภาพทางสี พบว่าการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลมาจากการลดปริมาณน้ำตาลทราย สามารถลดการเปลี่ยนแปลงสีจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) และโปรตีนที่มีอยู่ในส่วนผสม (ปัทมา หิรัญญิกาส, 2565) อย่างไรก็ตามการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในพุดดิ้งใบเตย ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้ อาจเป็นผลมาจากการวัดปริมาณสารละลายทั้งหมด ไม่ได้ขึ้นอยู่กับน้ำตาลทรายเพียงอย่างเดียว แต่อาจขึ้นอยู่กับส่วนประกอบอื่นๆ ในพุดดิ้ง เช่น โปรตีน แป้ง และน้ำ ซึ่งสามารถรวมกับชูคราโลสได้ จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน (Al-Dabbas & Al-Qudsi, 2012) เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส พบว่าการใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในพุดดิ้ง ร้อยละ 25-50 ไม่มีผลกระทบอย่างชัดเจนต่อค่าความแข็งและความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจเป็นเพราะยังคงมีน้ำตาลทรายเพียงพอในการช่วยสร้างโครงสร้างเจลในระบบพุดดิ้ง ทำให้องค์ประกอบของเจล (Gel matrix) ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก น้ำตาลทรายมีบทบาทสำคัญในการสร้างแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลและช่วยในการกักเก็บน้ำ ซึ่งส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งและยืดหยุ่นเหมาะสม ในขณะที่ชูคราโลสมีคุณสมบัติให้ความหวานสูง แต่ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นสารให้โครงสร้าง (Bulk agent) ได้เหมือนน้ำตาลทราย ดังนั้นปริมาณการลดน้ำตาลทรายมากจนเกินไป จึงส่งผลต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งที่ต้องพึ่งพาน้ำตาลทรายในการสร้างเจล (Al-Dabbas & Al-Qudsi, 2012) ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale สอดคล้องกับงานวิจัยของปิยนุสรณ์ น้อยดวง และนคร บรรดิจ (2558) พบว่าการใช้ชูคราโลสในการผลิตคุกกี้เนยเคลือบน้ำตาล ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสมากกว่า 6.00 คะแนน ซึ่งแสดงถึงการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

3. ผลการศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตย

การใช้ชูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายในพุดดิ้งใบเตย ส่งผลให้มีค่าพลังงานลดลงจากสูตรควบคุม ร้อยละ 14.00 เนื่องจากชูคราโลสเป็นสารให้ความหวานที่มีความหวานสูงกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 600 เท่า (อัจฉรา ดลวิทยาคูณ และคณะ, 2567) แต่ไม่ให้อาหารแก่ร่างกาย (Eisenreich et al., 2020) ในขณะที่น้ำตาลทราย (Sucrose) ให้พลังงานประมาณ 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม การลดปริมาณน้ำตาลทรายในสูตรจึงช่วยลดพลังงานโดยรวมของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ชูคราโลสไม่ถูกย่อยหรือดูดซึมโดยร่างกายส่วนใหญ่ จึงไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด (Magnuson et al., 2017) นอกจากนี้การที่พุดดิ้งใบเตยมีพลังงานลดลง ไขมันลดลง และโปรตีนเพิ่มขึ้น สามารถจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพเหมาะสมกับกลุ่มผู้ควบคุมระดับน้ำตาล ได้แก่ ผู้ป่วยเบาหวาน หรือผู้ควบคุมน้ำหนัก (Tao et al., 2022) โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุที่มีอัตราการเผาผลาญลดลง ซึ่งการลดลงของไขมันสามารถลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ ในขณะที่ต้องการโปรตีนในอาหาร เพื่อช่วยรักษามวลกล้ามเนื้อ กระตุ้นการสร้างโปรตีนในร่างกาย และลดการสูญเสียกล้ามเนื้อ (World Health Organization [WHO], 2020)

ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณของน้ำในอาหารที่มีความสำคัญต่อการเสื่อมเสีย และอายุการเก็บรักษา จากผลการทดลองการที่ปริมาณน้ำอิสระไม่

เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความเสถียรด้านความชื้น อาจเป็นผลจากโครงสร้างเจลที่เสถียรของเจลาตินและแคปไซ-คาร์ราจีแนนที่ช่วยกักเก็บน้ำได้ดี (Al-Dabbas & Al-Qudsi, 2012) กรรณิการ์ อ่อนสำลี (2563) รายงานว่าผลิตภัณฑ์พุดดิ้งจัดอยู่ในประเภทอาหารกึ่งเปียก (Semi-moist food) หรืออาหารที่มีความชื้นสูง มีปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.97 – 1.00 เหมาะสำหรับการบริโภคในเชิงพาณิชย์ในรูปแบบผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทานที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น สำหรับคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เยลลี่อ่อน (มพช. 519/2547) ผลิตภัณฑ์นี้สามารถเก็บรักษาในตู้เย็น (4.00 ± 2.00 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 7 วัน สอดคล้องกับงานวิจัยของกรรณิการ์ อ่อนสำลี (2563) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งนมสดมะพร้าวอ่อน อุณหภูมิ 8.00 ± 2.00 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่าปริมาณน้ำอิสระไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.93 - 0.96 โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน บัทมา หิรัญโยภาส (2565) รายงานว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทานที่ 4 องศาเซลเซียส สามารถลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพลงในระหว่างการเก็บรักษา รวมทั้งยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเร่งการเสื่อมสภาพทางชีวภาพได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งใบเตยที่พัฒนาขึ้น โดยการใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย มีจุดเด่นในด้านคุณค่าทางโภชนาการ โดยทำให้พลังงานและปริมาณไขมันลดลง ในขณะที่ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น จึงสามารถจัดเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพที่เหมาะสมกับผู้บริโภคยุคใหม่ที่ต้องการดูแลสุขภาพ ผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้แก่ โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และไขมันในเลือดสูง เป็นต้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นยังคงไว้ซึ่งรสชาติและกลิ่นรสของขนมไทยดั้งเดิม สามารถนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ เช่น การผลิตเพื่อจำหน่ายในร้านอาหารเพื่อสุขภาพ ร้านอาหารไทยในต่างประเทศ หรือพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปพร้อมรับประทาน (Ready-to-eat) สำหรับผู้บริโภคยุคใหม่ รวมถึงสามารถผลิตในระดับครัวเรือนเพื่อบริโภคในครอบครัวหรือชุมชน ส่งเสริมสุขภาพอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องการนำไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นๆ มาประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง ได้แก่ เพคติน (Pectin) โลคัสต์บินกัม (Locust bean gum) และกัวร์กัม (Guar gum) เป็นต้น เพื่อพัฒนาลักษณะเนื้อสัมผัสให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น
2. การวิจัยครั้งต่อไปสามารถประยุกต์ใช้สารให้ความหวานชนิดอื่นๆ ที่ได้รับการรับรองจากองค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ได้แก่ มอลทิทอล (Maltitol) อิริทริทอล (Erythritol) และสตีวียอไซด์ (Stevioside) เป็นต้น เพื่อเป็นการลดพลังงานในอาหาร ตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ที่ต้องการดูแลสุขภาพ

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ อ่อนสำลี. (2563). การใช้สารสกัดจากหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งนมสดมะพร้าวอ่อน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 28(6), 1075-1085. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/239916>
- ชนิกา ฉิมเกิด, น้ำผึ้ง รุ่งเรือง, ภรณ์ยา อิชะใจ, ศศิอำไพ พฤทธิพรธานี, ยุราพร สหัสกุล, ดุลยพร ตราชูธรรม, และ ฉัญญ์ณลิน วิญญูระสัทธี. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งผักเพื่อผู้สูงอายุและผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 11(21), 64-76. <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/SWUJournal/article/view/11422>
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2551). *เคมีอาหาร* (พิมพ์ครั้งที่ 3). โอเดียนสโตร์.
- น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป. (2549). *การพัฒนาคุณภาพอาหารไทย ลดช่องว่างกระดิ่ง* (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- ปัทมา หิรัญญิกาส. (2565). การทดแทนน้ำตาลทรายด้วยสารสกัดจากหญ้าหวานในเครื่องดื่ม น้ำมะม่วงดิบพันธุ์ โชคอนันต์ที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์. *วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน*, 28(4), 100-110. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/CUTJ/article/view/254271>
- ปิยนุสรณ์ น้อยดวง และ นคร บรรดิจ. (2558). การใช้โมลทิทอลและซูคราโลสในการผลิตคุกกี้เนยแคลอรีต่ำ. *วารสารวิชาการ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 4(2), 42-51. <https://apheit.bu.ac.th/index.php?id=136>
- พิชัย สังขาร และ วุฒิสิลป์ วิศิธรประเสริฐ. (2559). *การใช้ผ้าทดแทนใบเตยในขนมลอดช่องไทย*. Intellectual Repository at Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. <http://repository.rmutp.ac.th/handle/123456789/2659>
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: เยลลี่อ่อน (มผช. 519/2547)*. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps519_47.pdf
- ฤทัย เรืองธรรมสิงห์, พรทิพย์ ปิยะสุวรรณยิ่ง, และ นื่องนุช ศิริวงศ. (2563). การพัฒนาสูตรพุดดิ้งนมสดที่ทดแทนด้วยน้ำนมข้าวโพด. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข*, 44(2), 345-354. http://scijournal.kku.ac.th/files/Vol_44_No_2_P_345-354.pdf
- วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, อาภัสรา แสงนาค, และ นิสานารถ กระแสร์ชล. (2561). *การพัฒนาพุดดิ้งเป็นอาหารโปรตีนเพื่อสุขภาพจากเนื้อปลาทะเลและถั่วพัลส์* (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อัจฉรา ดลวิทยาคูณ, เกษวรางค์ ทะปะละ, รัชชนา ดิษฐา, และ ปริญญ์ พุฒนาถ. (2567). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งนมถั่วเหลืองพร้อมดื่มแคลอรีต่ำเสริมวิตามินสำหรับผู้สูงอายุ. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 18(1), 92-103. https://doi.nrct.go.th/admin/doc/doc_653548.pdf

- Al-Dabbas, M. M., & Al-Qudsi, J. M. (2012). Effect of partial replacement of sucrose with the artificial sweetener sucralose on the physico-chemical, sensory, microbial characteristics, and final cost saving of orange nectar. *International Food Research Journal*, 19(2), 679-683. https://www.researchgate.net/publication/273133984_Effect_of_partial_replacement_of_sucrose_with_the_artificial_sweetener_sucralose_on_the_physicochemical_sensory_microbial_characteristics_and_final_cost_saving_of_orange_nectar
- Alamprese, C., & Mariotti, M. (2011). Effects of different milk substitutes on pasting, rheological and textural properties of puddings. *LWT Food Science and Technology*, 44(10), 2019-2025. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.06.012>
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2019). *Official Methods of Analysis* (21st ed.). AOAC International.
- Campo, V. L., Kawano, D. F., da Silva, D. B., & Carvalho, I. (2009). Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. *Carbohydrate Polymers*, 77(2), 167–180. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.01.020>
- Codex Alimentarius International Food Standards. (1995). *Codex alimentarius: Codex committee on food additives: General standard for food additives CODEX STAN 192-1995*. https://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192e.pdf
- Eisenreich, A., Gürtler, R., & Schäfer, B. (2020). Heating of food containing sucralose might result in the generation of potentially toxic chlorinated compounds. *Food Chemistry*, 321, 126700. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126700>
- Geonzon, L. C., Hayano, Y., Takagi, H., Takatsuno, K., Nitta, Y., Mayumi, K., & Matsukawa, S. (2025). Gelation mechanism and network structure of mixed cold-water fish gelatin and pork skin gelatin elaborated at the molecular level. *Food Hydrocolloids*, 168, 111535. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.111535>
- International Organization for Standardization (ISO) 6888-1. (2021). *Microbiology of the food chain-Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (Staphylococcus aureus and other species)* (2nd ed.). International Standard. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/76672/8ff1279cd30f4b378ea47c9bae8208f4/ISO-6888-1-2021.pdf>
- Jeong, S., Kim, G., Ryu, K., Park, J., & Lee, S. (2024). Effect of different sweeteners on the thermal, rheological, and water mobility properties of soft wheat flour and their application to cookies as an alternative to sugar. *Food Chemistry*, 432, 137193. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137193>

- Karim, A. A., & Bhat, R. (2008). Gelatin alternatives for the food industry: Recent developments, challenges and prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 19(12), 644–656. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.08.001>
- Kim, S.-M., Kim, T.-K., Ku, S.-K., Kim, M. J., Jung, S., Yong, H. I., & Choi, Y.-S. (2020). Quality characteristics of semi-dried restructured jerky: Combined effects of duck skin gelatin and carrageenan. *Journal of Animal Science and Technology*, 62(4), 553-564. <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.4.553>
- Lin, H.-T. V., Tsai, J.-S., Liao, H.-H., & Sung, W.-C. (2025). Effect of hydrocolloids on penetration tests, sensory evaluation, and syneresis of milk pudding. *Polymers*, 17(3), 300. <https://doi.org/10.3390/polym17030300>
- Magnuson, B. A., Carakostas, M. C., Moore, N. H., Poulos, S. P., & Renwick, A. G. (2017). Biological fate of low-calorie sweeteners. *Nutrition Reviews*, 74(11), 670–689. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw032>
- Meilgaard, M. C., Carr, B. T., & Civille, G. V. (1999). *Sensory evaluation techniques* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003040729>
- Park, J. J., Olawuyi, I. F., Park, G. D., & Lee, W. Y. (2021). Effects of gelling agents and sugar substitutes on the quality characteristics of carrot jelly. *Korean Journal of Food Preservation*, 28(4), 469–480. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2021.28.4.469>
- Roopa, B. S., & Bhattacharya, S. (2010). Texturized alginate gels: Screening experiments to identify the important variables on gel formation and their properties. *LWT - Food Science and Technology*, 43(9), 1403-1408. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.008>
- Samaniego-Vaesken, M. de L., Partearroyo, T., Cano, A., Urrialde, R., & Varela-Moreiras, G. (2019). Novel database of declared low- and no-calorie sweeteners from foods and beverages available in Spain. *Journal of Food Composition and Analysis*, 82, 103234. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103234>
- Saha, D., & Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 587-597. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0162-6>
- Tao, H., Guo, L., Qin, Z., Yu, B., Wang, Y., Li, J., Wang, Z., Shao, X., Dou, G., & Cui, B. (2022). Textural characteristics of mixed gels improved by structural recombination and the formation of hydrogen bonds between curdlan and carrageenan. *Food Hydrocolloids*, 129, 107678. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107678>
- U.S. Food and Drug Administration- Bacteriological Analytical Manual online (FDA- BAM online). (2020). *Chapter 4: Enumeration of escherichia coli and the coliform bacteria*. FDA. <https://www.fda.gov/media/182572/download?attachment>

U.S. Food and Drug Administration- Bacteriological Analytical Manual online (FDA- BAM online). (2001). *Chapter 3: Aerobic plate count*. FDA. <https://www.fda.gov/media/178943/download?attachment>

World Health Organization. (2020, 29 April). *Healthy diet*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

