

ผลของการใช้น้ำมันเมล็ดชาทดแทนเนยสดต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของทาร์ตส้มโอสูตรแป้งเม็ดบัวผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

Effect of camellia seed oil substitution for butter on quality and shelf life of pomelo tarts made with lotus seed and riceberry flours

กิตติยา สุขหม^{1*}, ปวัตร จันทร์ลาด¹, วิจิตรา ปล้องบรรจง¹, พิมลนาฏ วิรุทธิ์¹ และจารุพัฒน์ กาญจนรงค์²

Kitiya Suhem^{1*}, Pawatra Chanlat¹, Vijitra Plongbunjong¹, Pimonnat Viturat¹ and Jarupat Kanjanarong²

Received: 13 July 2025 ; Revised: 1 October 2025 ; Accepted: 14 November 2025

บทคัดย่อ

ทาร์ตเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยส่วนประกอบหลักคือแป้งสาลีและเนย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แป้งเม็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลีในสูตรทาร์ตส้มโอ ศึกษาผลของการใช้น้ำมันเมล็ดชาทดแทนเนยสด รวมถึงการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ การทดลองดำเนินการภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยเบื้องต้นศึกษาสูตรทาร์ตส้มโอจำนวน 9 สูตร ซึ่งปรับสัดส่วนของแป้งสาลี แป้งเม็ดบัว และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากนั้นศึกษาปริมาณของน้ำมันเมล็ดชาที่สามารถทดแทนเนยสดได้ในระดับร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ผลการทดลองพบว่าสูตรที่ใช้แป้งเม็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วน 50:50 สามารถทดแทนแป้งสาลีได้ทั้งหมด (100%) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และสามารถใช้น้ำมันเมล็ดชาทดแทนเนยสดได้เต็มที่ (50%) โดยมีผลช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน ลดไขมัน และลดคอเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ทาร์ตส้มโอสูตรที่พัฒนาขึ้นสามารถเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดโพลีโพรพิลีน (PP) และถุงลามิเนต (PET/AL/PE) ได้นานกว่า 35 วัน ขณะที่สูตรควบคุมซึ่งใช้แป้งสาลี 100% มีอายุการเก็บรักษาเพียง 30 วัน เนื่องจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เกินมาตรฐานอาหาร โดยสาเหตุสำคัญสัมพันธ์กับค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้นในสูตรควบคุม ซึ่งเอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และเร่งการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: ทาร์ตส้มโอ, น้ำมันเมล็ดชา, แป้งเม็ดบัว, แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่, การทดแทนเนย

Abstract

Tarts are a popular bakery product primarily made with wheat flour and butter. The objective of this study was to investigate the feasibility of using lotus seed flour and Riceberry rice flour as substitutes for wheat flour in pomelo tart formulations. It also examined the effects of replacing butter with camellia seed oil and assessed the shelf life of the product. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD), yielding nine tart formulations by varying the proportions of wheat, lotus seed, and Riceberry flours. Subsequently, the levels of camellia seed oil that could replace butter at 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% were investigated. Results indicated that a formulation using a 50:50 ratio of lotus seed flour to Riceberry flour could fully replace wheat flour (100%) without compromising product quality, and that camellia seed oil could replace up to 50% of the butter, resulting in increased protein content, reduced fat, and lower cholesterol levels in the final product. In addition, the developed pomelo tart could be stored in polypropylene (PP) packaging and laminated foil bags (PET/AL/PE) for more than 35 days, whereas the control formulation containing 100% wheat flour exhibited a shelf life of only 30 days due to microbial contamination exceeding the food safety standard. The primary cause of this deterioration was associated with the increased moisture content in the control formulation, which facilitated microbial growth and accelerated product quality degradation.

Keywords: Pomelo tart, camellia seed oil, lotus seed flour, riceberry flour, butter substitution

¹ สาขาวิชาวิทยาการแปรรูปและการประกอบอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

¹ Department of Food Processing and Culinary Science, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

² Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Rattanakosin.

* Corresponding author: Kitiya Suhem, E-mail: kitiya.suh@rmutr.ac.th

บทนำ

จังหวัดนครปฐมเป็นแหล่งผลิตส้มโอที่สำคัญโดยเฉพาะสายพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ซึ่งมีชื่อเสียงด้านรสชาติและคุณภาพผลผลิต โดยกลุ่มชุมชนส้มโอเกาะลัดดีแท้ ตำบลไฉวัง อำเภอสสามพราน จังหวัดนครปฐม เป็นหนึ่งในกลุ่มเกษตรกรที่รวมตัวกันพัฒนาและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ส้มโอ อย่างไรก็ตาม เพื่อเพิ่มมูลค่าและยืดอายุการจำหน่าย กลุ่มได้พัฒนาผลิตภัณฑ์แปรรูปในรูปแบบทาร์ตส้มโอ โดยมีเป้าหมายให้อยู่ในรูปแบบคล้ายกับทาร์ตสับปะรดได้วันซึ่งได้รับความนิยมอย่างสูงในตลาดของฝาก (Zhang *et al.*, 2022)

ทาร์ตเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย แต่มีปริมาณไขมันสูง เนื่องจากใช้เนยสดเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งมีไขมันประมาณ 80% และอาจมีปริมาณไขมันทรานส์ (trans fat) ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภค โดยเฉพาะกลุ่มที่ต้องการควบคุมน้ำหนักหรือมีปัญหาโรคเรื้อรัง (Mozaffarian *et al.*, 2006) แนวโน้มของผู้บริโภคยุคใหม่ที่ใส่ใจสุขภาพ ส่งผลให้งานวิจัยด้านการพัฒนาสูตรเบเกอรี่ที่มีไขมันต่ำ หรือใช้น้ำมันพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการทดแทนไขมันสัตว์ เป็นที่สนใจมากขึ้น

น้ำมันเมล็ดชา (Camellia seed oil) เป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง โดยเฉพาะกรดโอเลอิก (oleic acid) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และส่งผลดีต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด (Zhou *et al.*, 2019) จึงได้รับความนิยมเป็นไขมันทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพทดแทนเนยสดในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น คุกกี้ ขนมปัง และเค้ก (Lee *et al.*, 2020) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาเฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับการนำน้ำมันเมล็ดชามาใช้ในทาร์ตส้มโอ

นอกจากนี้ การใช้แป้งธัญพืช เช่น แป้งเมล็ดบัว (lotus seed flour) และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry flour) แทนแป้งสาลี ก็เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น โดยแป้งเมล็ดบัวมีปริมาณโปรตีนและสารต้านอนุมูลอิสระสูง ขณะที่แป้งไรซ์เบอร์รี่มีสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ (Chusak *et al.*, 2018) การผสมผสานแป้งทั้งสองชนิดนี้อาจส่งผลต่อเนื้อสัมผัส สี และคุณค่าทางโภชนาการของทาร์ตได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาปริมาณแป้งเมล็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการทดแทนแป้งสาลีในทาร์ตส้มโอ (2) ศึกษาการใช้น้ำมันเมล็ดชาทดแทนเนยสดในสูตรผลิตภัณฑ์ และ (3) วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพเคมี และเนื้อสัมผัส รวมถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เพื่อส่งเสริมการถ่ายทอดองค์ความรู้แก่กลุ่มเกษตรกรชุมชนและเพิ่มมูลค่าให้แก่ส้มโอท้องถิ่น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

ใส่ส้มโอเตรียมจากเปลือกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (*Citrus maxima* cv. Khao Namphueng) ซึ่งได้รับจากวิสาหกิจชุมชนเกาะลัดดีแท้ จังหวัดนครปฐม โดยทำการตัดแต่งเปลือกส้มโอเพื่อนำเปลือกสีเขียวด้านนอกออกจากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดและบีบน้ำออกเพื่อไล่ความชื้น นำเปลือกส้มโอปริมาณ 500 กรัม ต้มในน้ำสะอาดปริมาตร 2 ลิตร เป็นเวลา 45 นาที แล้วนำมาล้างน้ำและบีบจนฟองหมด ขั้นตอนการต้มและล้างน้ำทำซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อช่วยลดสารตามธรรมชาติของเปลือก หลังจากต้มครั้งสุดท้าย นำเปลือกส้มโอที่ได้ใส่ลงในกระชอน เติมน้ำตาลทราย 100 กรัม น้ำผึ้ง 10 กรัม และเกลือป่นเล็กน้อย จากนั้นกวนด้วยไฟอ่อนที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส จนเนื้อส้มโอมีลักษณะแห้งและเข้ากันดี จากนั้นบรรจุลงภาชนะที่สะอาดและปล่อยให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป

สำหรับการเตรียมแป้งเมล็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และกระบวนการผลิตทาร์ตส้มโอ วัตถุดิบเมล็ดบัวและข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้จากการจัดซื้อในห้างสรรพสินค้า จังหวัดนครปฐม จากนั้นบดด้วยเครื่องบดสมุนไพร (Powder Grinder รุ่น ECO) บดเป็นเวลา 2 นาที และพักเครื่อง 2 นาที แล้วจึงบดซ้ำอีกครั้ง จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช (mesh) เพื่อให้ได้ผงแป้งที่มีความละเอียดเหมาะสมก่อนนำไปใช้ในการเตรียมสูตรทาร์ตส้มโอ ดัง Table 1 โดยสูตร F1 เป็นทาร์ตสูตรควบคุม ซึ่งใช้แป้งสาลี 100% ส่วนสูตร F8 และ F9 เป็นทาร์ตสูตรที่ใช้แป้งเมล็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100% ตามลำดับ กระบวนการผลิตเริ่มต้นด้วยการร่อนวัตถุดิบแห้งทั้งหมดรวมกัน จากนั้นตีเนยสดกับน้ำตาลไอซิ่งจนขึ้นฟูแล้วเติมไข่แดงลงไปและตีจนส่วนผสมเข้ากันดี ก่อนจะเติมแป้งที่เตรียมไว้ลงไป ผสมจนกระทั่งได้แป้งโดว์ที่มีลักษณะเนียนและสามารถปั้นขึ้นรูปได้ จากนั้นนำใส่ส้มโอที่เตรียมไว้ล่วงหน้า มาปั้นเป็นก้อนกลมขนาดตามต้องการ และนำแป้งโดว์มาคลึงเป็นแผ่นแล้วห่อใส่ไว้ภายใน และกดลงในพิมพ์ตามรูปร่างที่กำหนด จากนั้นนำเข้าอบในเตาอบ (SMART HOME, รุ่น MV1203, ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที เมื่ออบเสร็จแล้วรอให้ผลิตภัณฑ์เย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ เพื่อเตรียมสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

2. ผลของปริมาณแป้งเมล็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อลักษณะทางเคมีและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอ

ผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอจากการทดลองในตอนต้นที่ 1 ถูกนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะใน 3 ด้าน ได้แก่ ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity) และเนื้อสัมผัส (Texture) โดยการวิเคราะห์ค่าความชื้นดำเนินการตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (2023) การวัดค่าปริมาณน้ำอิสระวัดโดยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity Meter รุ่น WA-60A) ทุกการทดสอบทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ และบันทึกค่าเฉลี่ย สำหรับการวัดเนื้อ

สัมผัสของผลิตภัณฑ์ ดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ LLOYD Instruments รุ่น LR 5K ตั้งค่าการทำงานของเครื่องดังนี้: ความเร็วในการทดสอบ (Test speed) เท่ากับ 20 มิลลิเมตรต่อวินาที, อัตราการบีบอัดของตัวอย่าง (Sample compressed) ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วในการกด (Plunger speed) ที่ 30 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยนำชิ้นตัวอย่างวางบนฐานรองตัวอย่าง จากนั้นใช้หัวกดกดลงที่บริเวณกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ ทำการวัดจำนวน 8 ซ้ำต่อหนึ่งสูตรผลิตภัณฑ์ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ต่อไป

Table 1 Tart Formulations with Varying Amounts of Lotus Seed Flour and Riceberry Flour (9 Formulations).

Ingredients (g)	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
All-purpose flour	250	125	125	-	-	-	-	-	-
Lotus seed flour	-	125	-	250	-	125	150	300	-
Riceberry flour	-	-	125	-	250	125	150	-	300
Bread flour	50	50	50	50	50	50	0	0	0
Tapioca flour	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Milk powder	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Butter	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Icing sugar	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Egg yolk	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3. ศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ทาร์ต ส้มโอ โดยใช้น้ำมันเมล็ดชาทดแทนเนยสด

นำทาร์ตส้มโอสูตรที่ผ่านการคัดเลือกจากขั้นตอนก่อนหน้ามาปรับใช้น้ำมันเมล็ดชาทดแทนเนยสดในอัตราส่วนที่ต่างกัน ดัง Table 2 เมื่อ F1 คือ สูตรที่มีส่วนผสมของเนยสด 100 % และมีน้ำมันเมล็ดชา 0 % ในขณะที่ F5 คือสูตรที่มีส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดชา 100 % จากนั้นทำการพัฒนาทาร์ตส้มโอตามตอนที่ 1 หลังจากได้ทาร์ตส้มโอทั้ง 5 สูตร แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดย Hunter Lab Colorimeter (Chroma meter cr-400) ค่าสีถูกบันทึกเป็น L^* , a^* และ b^* โดยที่ L^* ระบุความสว่าง (100: สีขาว, 0: สีดำ), a^* หมายถึงสีแดง (+) / สีเขียว (-) และ b^* หมายถึง สีเหลือง (+) / สีน้ำเงิน (-) วิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 2023)

วิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณคอเรสเตอรอล ตามวิธีการ AOAC, 2023 994 วิ

จากนั้นนำทาร์ตส้มโอสูตรที่ผ่านการคัดเลือกที่มีปริมาณของน้ำมันเมล็ดชาที่เหมาะสมที่สุดมาทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมในด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธี AOAC 991.20 (2023), ปริมาณไขมันโดยวิธี AOAC 922.06 (2023) ปริมาณเยื่อใยโดยวิธี AOAC 985.29 (2023) ปริมาณเถ้าโดยวิธี AOAC 923.03 (2023) และการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและค่าพลังงานโดยวิธีการคำนวณโดยเปรียบเทียบกับทาร์ตส้มโอสูตรพื้นฐานสูตรและสูตรที่มีส่วนผสมของเนยสด 100%

Table 2 Pomelo Tart Formulations (5 Recipes) with Varying Butter : Camellia Seed Oil Ratios (200:0, 150:50, 100:100, 50:150, and 0:200).

Ingredients (g)	F1(Control)	F2	F3	F4	F5
Lotus seed flour	150	125	125	125	125
Riceberry flour	150	125	125	125	125
Tapioca flour	20	20	20	20	20
Milk powder	20	20	20	20	20
Icing sugar	65	65	65	65	65
Egg yolk	1	1	1	1	1
Butter	200	150	100	50	0
Camellia Seed Oil	0	50	100	150	200

4. การศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอ

ทำการเตรียมบรรจุทาร์ตส้มโอซึ่งประกอบด้วย ทาร์ตส้มโอแบ่งสาลี 100 % (F1), ทาร์ตที่มีส่วนผสมของแป้งเม็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่มีส่วนผสมของเนยสด 100% (F2) และทาร์ตที่มีส่วนผสมของแป้งเม็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีการทดแทนเนยด้วยน้ำมันเมล็ดชา 50% (F3) ที่เป็นทาร์ตที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองก่อนหน้า บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) และถุงลามิเนต (PET/AL/PE) ปริมาณ 100 กรัม เก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 35 วัน โดยทำการทดสอบตัวอย่างทุก ๆ 5 วัน ของการเก็บรักษา โดยการวัดค่าความชื้น ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และคุณสมบัติด้านชีวภาพ คือการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (Compact Dry TC, NISSUI ,ประเทศญี่ปุ่น) บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง, วิเคราะห์หาเชื้อราและยีสต์ (Yeast and Mold) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (Compact Dry YM, NISSUI ,ประเทศญี่ปุ่น) บ่มที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง, วิเคราะห์หาเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (Compact Dry EC, NISSUI ,ประเทศญี่ปุ่น) บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง, วิเคราะห์หาเชื้อ *Staphylococcus aureus* โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป (Compact Dry X-SA, NISSUI ,ประเทศญี่ปุ่น) บ่มที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างของค่าที่วิเคราะห์ได้ด้วยวิธี one-way

ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลการทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ปริมาณของแป้งเม็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในการทำทาร์ตส้มโอ

การศึกษาดูสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอเพื่อส่งเสริมการใช้วัตถุดิบพื้นถิ่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพ โดยเลือกใช้แป้งเม็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งเป็นธัญพืชที่เพาะปลูกได้ในจังหวัดนครปฐม และได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในอุตสาหกรรมอาหารฟังก์ชัน (functional foods) (Sompong, Siebenhandl-Ehn, Linsberger-Martin, & Berghofer, 2011)

การใช้แป้งจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดนี้มีการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างมีคุณค่า โดยจากการประเมินลักษณะทางกายภาพของแป้งทาร์ตในสูตรต่าง ๆ พบความแตกต่างทั้งก่อนและหลังอบ (Table 3) โดยเฉพาะในด้านสีและลักษณะทางกายภาพภายนอกโดยสูตรที่มีการเติมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสีม่วงแดงซึ่งเป็นลักษณะสีเฉพาะของข้าว ส่งผลให้แป้งทาร์ตมีสีเข้มและมีความโดดเด่น (Sompong *et al.*, 2011) อย่างไรก็ตาม แป้งทาร์ตที่มีสัดส่วนของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูงมีแนวโน้มที่เนื้อสัมผัสจะร่วนและแห้งมากขึ้น ส่งผลให้มีความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำ โดยสูตรที่ทดสอบทั้งหมดมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 6.27 ± 0.22 ถึง $3.69 \pm 0.26\%$ และค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.60 ± 0.22 ถึง 0.50 ± 0.02 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการ

ศึกษานี้สอดคล้องกับงานของ Itagi (2023) ที่พบว่าคูกี้จากแป้งข้าวมีค่าความชื้นต่ำกว่าคูกี้ที่ใช้แป้งสาลี และสอดคล้องกับ Jang Chung (2014) ที่รายงานว่า การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าทำให้ค่าความชื้นในคูกี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสีของผลิตภัณฑ์มีความเข้มขึ้น นอกจากนี้ งานวิจัยของ Fang *et al.* (2014) ซึ่งศึกษาผลของการเติมแป้งเม็ดบัว ในการผลิตขนมปังขาว พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งเม็ดบัวทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นกัน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของแป้งเม็ดบัวมีโปรตีนและไฟเบอร์ในระดับสูง ซึ่งสามารถดึงน้ำออกจากโครงสร้างของขนมได้มากกว่าสารประกอบคาร์โบไฮเดรตทั่วไป

อย่างไรก็ตาม พบว่าสูตรที่ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถขึ้นรูปได้ดีหลังอบ เนื่องจากแป้งปราศจากกลูเตนทำให้เนื้อแป้งมีความร่วนและเปราะง่ายซึ่งแสดงในค่าความแข็ง (ดัง Table 4) ในขณะที่สูตรที่ผสมระหว่างแป้งเม็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (สูตรที่ 7, 8 และ 9) โดยเฉพาะสูตรที่ 7 มีความสามารถในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทาร์ตได้ดี ผลการศึกษาทั้งหมดนี้จึงแสดงให้เห็นว่าปริมาณแป้งข้าวและแป้งเม็ดบัวที่เพิ่มขึ้นในสูตรผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีแนวโน้มลดค่า

ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัส และอายุการเก็บรักษา และคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์ โดยจากผลการศึกษา พบว่าเนื้อสัมผัสของทาร์ตที่ปราศจากแป้งสาลี (gluten-free tart) มีแนวโน้มที่จะแตกหักง่ายกว่าทาร์ตที่มีส่วนผสมของแป้งสาลี ซึ่งสามารถอธิบายได้จากบทบาทของกลูเตน (gluten) ในแป้งสาลีที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลัก (protein network) ในการยึดเกาะและคงรูปของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยกลูเตนซึ่งประกอบด้วยโปรตีนกลูเตนิน (glutenin) และไกลอะดีน (gliadin) จะเกิดโครงสร้างตาข่ายยืดหยุ่นเมื่อเติมน้ำและผ่านการนวด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นและทนทานต่อการแตกหัก (Day *et al.*, 2006) แต่เมื่อใช้แป้งที่ปราศจากกลูเตน เช่น แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ หรือแป้งเม็ดบัว โครงสร้างตาข่ายของกลูเตนจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเปราะบาง และแตกหักง่าย โดยเฉพาะในสูตรที่มีสัดส่วนของไขมันต่ำหรือไม่มีสารยึดเกาะอื่นเสริม อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าทาร์ตส้มโอสูตรที่ 7 มีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อเนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้โดยปราศจากแป้งสาลี

Table 3 Characteristics of pomelo tart dough before and after baking, moisture content, and water activity.

Characteristics of pomelo tart dough	Characteristics of pomelo tart after baking	The ratio of formulation	Moisture (%)	Aw
		F1 Control AF(250) : BF(50) : LS(0) : RF(0)	6.27 ± 0.22 ^a	0.60 ± 0.22 ^a
		F2 AF(125) : BF(50) : LS(125) : RF(0)	6.23 ± 0.60 ^a	0.62 ± 0.02 ^a
		F3 AF(125) : BF(50) : LS(0) : RF(125)	6.18 ± 0.49 ^b	0.57 ± 0.02 ^a
		F4 AF(0) : BF(50) : LS(250) : RF(0)	6.27 ± 0.63 ^a	0.56 ± 0.02 ^a
		F5 AF(0) : BF(50) : LS(0) : RF(250)	6.17 ± 0.22 ^b	0.58 ± 0.02 ^a
		F6 AF(0) : BF(50) : LS(125) : RF(125)	5.63 ± 0.39 ^{bc}	0.54 ± 0.11 ^a

Table 3 Characteristics of pomelo tart dough before and after baking, moisture content, and water activity (Cont.)

Characteristics of pomelo tart dough	Characteristics of pomelo tart after baking	The ratio of formulation	Moisture (%)	Aw
		F7 AF(0) : BF(0) : LS(150) : RF(150)	4.70 ± 0.03 ^d	0.50 ± 0.02 ^b
		F8 AF(0) : BF(0) : LS(300) : RF(0)	5.17 ± 0.50 ^c	0.53 ± 0.02 ^a
		F9 AF(0) : BF(0) : LS(0) : RF(300)	3.69 ± 0.26 ^e	0.50 ± 0.02 ^b

^a AF= All-purpose flour ; BF= Bread flour ; LS= Lotus seed flour and RF= Riceberry flour

^{a-c} Means in the same column with different letters are statistically different ($p \leq 0.05$)

^{ns} Means in the same column are not statistically different ($p \geq 0.05$)

2. ปริมาณของน้ำมันเมล็ดชาที่ใช้ทดแทนเนยสดสำหรับผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอ

ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอโดยการใช้น้ำมันเมล็ดชาทดแทนเนยสดปริมาณ 0, 50, 100, 150 และ 200 กรัม แสดงดัง Table 5 โดยพบว่าเมื่อใช้น้ำมันเมล็ดชาทดแทนเนยสดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะทาร์ตส้มโอสูตรที่ 5 แสดงให้เห็นค่าความสว่างที่น้อยที่สุด ส่วนค่าสีแดง (a^*) มีค่าเพิ่มขึ้นจากสูตรที่ใช้น้ำมันทดแทนเนยสดปริมาณ 0 กรัม มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.95 ± 0.13 เป็น 3.04 ± 0.09 ในสูตรที่ใช้น้ำมันเมล็ดชาทดแทนเนยสดปริมาณ 200 กรัม เนื่องจากในน้ำมันเมล็ดชามีสารคาเทชินสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มี

สีแดงเพิ่มมากขึ้น โดยมีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทางสถิติ ระหว่างสูตรที่ใช้น้ำมันเมล็ดชาทดแทนเนยสดปริมาณ 0, 50, 100, 150 และ 200 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้จากผลการทดลองพบว่าเมื่อมีการใช้น้ำมันเมล็ดชาทดแทนเนยสดในสูตรทาร์ตในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีและปฏิกิริยาทางความร้อนที่แตกต่างกันระหว่างน้ำมันเมล็ดชากับเนยสด โดยทั่วไปเนยสดมีสีขาวยิ่งหรือเหลืองอ่อนมีปริมาณน้ำสูง (ประมาณ 16–18%) และมีไขมันอิ่มตัวซึ่งมีความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันและการเปลี่ยนแปลงสีระหว่างการอบ

Table 4 Textural Characteristics of Pomelo Tart Products (9 Formulations).

F	Brittleness (kgf)	Cohesiveness (-)	Fracturability (kgf)	Gumminess (kgf)	Hardness (N)
1	6.86 ± 0.28 ^c	1.63 ± 0.06 ^{ab}	0.07 ± 0.00 ^b	44.69 ± 1.56 ^{cd}	238.56 ± 19.08 ^b
2	8.06 ± 0.43 ^{bc}	1.75 ± 0.13 ^a	0.06 ± 0.00 ^c	51.60 ± 2.65 ^{bc}	276.49 ± 26.84 ^b
3	8.06 ± 0.43 ^{bc}	1.75 ± 0.08 ^a	0.06 ± 0.00 ^c	54.10 ± 4.95 ^b	278.91 ± 31.32 ^b
4	10.63 ± 0.67 ^a	1.62 ± 0.05 ^{ab}	0.09 ± 0.01 ^a	62.53 ± 3.04 ^a	391.01 ± 48.92 ^a
5	8.24 ± 1.52 ^{bc}	1.67 ± 0.19 ^{ab}	0.05 ± 0.01 ^c	42.22 ± 6.22 ^d	219.47 ± 26.26 ^b
6	10.42 ± 1.12 ^a	1.67 ± 0.07 ^{ab}	0.07 ± 0.01 ^b	63.43 ± 2.35 ^a	369.97 ± 47.32 ^a
7	9.53 ± 0.55 ^{ab}	1.56 ± 0.03 ^b	0.05 ± 0.01 ^c	62.66 ± 6.94 ^a	366.31 ± 29.51 ^a
8	7.82 ± 1.07 ^{bc}	1.51 ± 0.08 ^b	0.05 ± 0.01 ^c	51.38 ± 5.97 ^{bc}	285.70 ± 86.79 ^b
9	7.88 ± 1.73 ^{bc}	1.65 ± 0.06 ^{ab}	0.05 ± 0.01 ^c	43.48 ± 2.18 ^{cd}	256.47 ± 26.56 ^b

^{a-c} Means in the same column with different letters are statistically different ($p \leq 0.05$)

^{ns} Means in the same column are not statistically different ($p \geq 0.05$)

Table 5 Color values (L^* , a^* , b^*), moisture content, water activity, and cholesterol levels of pomelo tart products prepared by substituting butter with 0, 50, 100, 150, and 200 grams of camellia seed oil.

F	L^*	a^*	b^*	Moisture (%)	Aw	Cholesterol (mg)
1	52.96±1.47 ^a	1.95±0.13 ^b	15.71±0.13 ^a	7.29 ± 0.33 ^a	0.54 ± 0.02 ^a	39.67±0.58 ^a
2	51.47±1.87 ^a	2.20±0.29 ^{ab}	14.70±0.31 ^a	6.45 ± 0.05 ^b	0.48 ± 0.01 ^b	32.17±0.01 ^b
3	49.20±1.48 ^{ab}	2.29±0.31 ^a	14.55±1.33 ^a	5.96 ± 0.03 ^c	0.42 ± 0.01 ^c	29.67± 1.15 ^c
4	43.47±3.18 ^b	2.87±0.18 ^a	14.07±0.57 ^b	5.89 ± 0.19 ^c	0.41 ± 0.01 ^c	27.00 ± 0.58 ^d
5	43.31±0.28 ^b	3.04±0.09 ^a	13.43±0.30 ^c	5.97 ± 0.38 ^c	0.41 ± 0.02 ^c	26.67± 1.15 ^d

^{a-c} Means in the same column with different letters are statistically different ($p \leq 0.05$)^{ns} Means in the same column are not statistically different ($p \geq 0.05$)

ในขณะที่น้ำมันเมล็ดชามีลักษณะเป็นน้ำมันใส สีเหลืองทองอ่อน มีปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะกรดโอเลอิก ซึ่งไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันและการเกิดสีน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนสูง (Li *et al.*, 2020) นอกจากนี้ปริมาณความชื้นของทาร์ตส้มโอมีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.97 ± 0.38 , 5.89 ± 0.19 , 5.96 ± 0.03 , 6.45 ± 0.05 และ 7.29 ± 0.33 ตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อใส่น้ำมันเมล็ดชาเพิ่มขึ้นค่าความชื้นของ ทาร์ตส้มโอจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำอิสระที่ลดลงเช่นกัน และพบว่าค่าคอเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงตามปริมาณการใช้ไขมันจากพืช ซึ่งแตกต่างจากการใช้เนยสดที่มีไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูงกว่าเนื่องจากน้ำมันเมล็ดชามีคุณสมบัติเป็นไขมันพืชชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acids) โดยเฉพาะกรดโอเลอิก (oleic acid) ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์โดยตรง แต่ยังมีความเหมาะสมเป็นตัวแทนไขมันที่มีแนวโน้มช่วยลดความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไม่มีโครงสร้างของโปรตีนหรือกลูเตนที่สามารถกักเก็บน้ำได้ดีเช่นเดียวกับในเนยหรือไขมันสัตว์ (Li *et al.*, 2022) นอกจากนี้ น้ำมันในสูตรมีผลต่อสัมผัสของเฟสภายในเนื้อแป้ง โดยทำให้เกิดโครงสร้างที่ขัดขวางการเก็บกักน้ำไว้ในแป้ง ส่งผลให้ความชื้นรวมของผลิตภัณฑ์ลดลง อีกทั้งไขมันจากพืชยังไม่ก่อให้เกิดคอเลสเตอรอลซึ่งเป็นสารที่มีเฉพาะในไขมันสัตว์ ดังนั้นการแทนที่เนยด้วยน้ำมันเมล็ดชาจึงช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ (Jiang *et al.*, 2018) อย่างไรก็ตาม พบว่าทาร์ตส้มโอสูตรที่ 3 ได้รับการคัดเลือกเพื่อนำไปพัฒนาต่อ โดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏภายนอกและคุณสมบัติทางกายภาพเพิ่มเติม เช่น ความสามารถในการคงรูป ความสม่ำเสมอของเนื้อสัมผัส และความแข็งแรงของโครงสร้างทาร์ต หลังผ่านกระบวนการอบ โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์ยังคงความแน่นไม่แตกร่วน และสามารถรักษารูปร่างได้ดี ในทางตรงกันข้าม

ทาร์ตสูตรที่ 4 และ 5 ซึ่งมีการใช้น้ำมันเมล็ดชาในสัดส่วนที่สูงเพื่อทดแทนเนยสดแสดงลักษณะปรากฏที่ไม่พึงประสงค์ เช่น รอยร้าวหลังการอบ และเนื้อแป้งที่เปราะหรือแตกร่วน ซึ่งส่งผลต่อการมีลักษณะด้อยลงเมื่อใช้น้ำมันเมล็ดชาในปริมาณสูงนั้น โดยสมบัติทางกายภาพและการกระจายตัวของไขมัน โดยไขมันชนิดเหลวไม่มีโครงสร้างผลึกและความหนืดต่ำ จะไม่สามารถสร้างโครงสร้างตาข่ายหรือคงรูปภายในผลิตภัณฑ์อบได้เทียบเท่ากับไขมันชนิดแข็งอย่างเนยสด (Zbikowska *et al.*, 2020) ซึ่งมีคุณสมบัติการกระจายตัวที่ดีกว่าในเนื้อแป้งเมื่อผ่านกระบวนการอบ

3. ลักษณะทางเคมีและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอ

การศึกษาลักษณะทางเคมีและเนื้อสัมผัสของทาร์ตส้มโอทั้ง 3 ชนิด ดัง Table 6 เมื่อสูตรที่ 1 คือ ทาร์ตส้มโอสูตรพื้นฐาน (แป้งสาลี 100 %) สูตรที่ 2 (แป้งเม็ดบัว:แป้งไรซ์เบอร์รี่) 50:50 และ (เนย:น้ำมันเมล็ดชา) 100:0 และสูตรที่ 3 (แป้งเม็ดบัว:แป้งไรซ์เบอร์รี่) 50:50 และ (เนย:น้ำมันเมล็ดชา) 50:50 พบว่าผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอทั้ง 3 สูตร มีปริมาณพลังงานที่ไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยอยู่ในช่วง 480.40 ± 0.44 ถึง 479.44 ± 0.83 กิโลแคลอรี ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดชา (สูตรที่ 3) จะมีปริมาณของโปรตีนคาร์โบไฮเดรต และใยอาหารในปริมาณที่สูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ในขณะที่มีปริมาณของคอเลสเตอรอลลดลงเพียง 29.67 ± 1.15 มิลลิกรัม นอกจากนี้พบว่าแป้งเม็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ ทาร์ตส้มโอมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความเหนียวแน่น (firmness) ความสามารถในการแตกหัก(fracturability) ความเหนียวหนึบ (chewiness) และความแข็ง (hardness) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้แป้งสาลีล้วน การเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งแรงเนื่องจากแป้งเม็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

มีคุณสมบัติที่ต่างจากแป้งสาลี กล่าวคือ แป้งเม็ดบัวมีปริมาณแป้งอะมัยโลสสูง ซึ่งส่งผลให้เกิดโครงสร้างเจลที่แน่นหนาเมื่อผ่านการให้ความร้อน (Yu *et al.*, 2010) และ แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีโครงสร้างเม็ดแป้งที่ละเอียดและสามารถดูดซึมน้ำได้ดี ทำให้เนื้อแป้งหลังอบมีความหนาแน่นมากขึ้น (Pornsuksomboon *et al.*, 2020)

4. การศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอ

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอจำนวน 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 คือ ทาร์ตส้มโอสูตรพื้นฐาน (แป้งสาลี 100 %) สูตรที่ 2 (แป้งเม็ดบัว:แป้งไรซ์เบอร์รี่) 50:50 และ (เนย:น้ำมันเมล็ดชา) 100:0 และสูตรที่ 3 (แป้งเม็ดบัว:แป้งไรซ์เบอร์รี่) 50:50 และ (เนย:น้ำมันเมล็ดชา) 50:50 ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) และถุงลามิเนต (PET/AL/PE) โดยเก็บรักษาแบบสภาวะการจัดจำหน่ายจริงที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส เก็บรักษาเป็นเวลา 35 วัน โดยสุ่มตัวอย่างทุก 5 วัน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งปริมาณเชื้อยีสต์และรา ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* และปริมาณเชื้อ

แบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* โดยใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 524 พ.ศ. 2555 ของพายและทาร์ตเป็นมาตรฐาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555)

พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาทาร์ตส้มโอเพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (ไม่แสดงข้อมูล) ซึ่งเกิดจากการดูดซับความชื้นจากสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะหากผลิตภัณฑ์ไม่ได้บรรจุในระบบปิดสนิทหรือมีความสามารถในการกักน้ำต่ำ (สูง pp) ทั้งนี้ยังพบว่าทาร์ตสูตรที่มีการใช้น้ำมันเมล็ดชาแทนเนยบางส่วน มีค่าความชื้นต่ำกว่าสูตรที่ใช้เนยล้วนในทุกช่วงเวลาเก็บรักษา เนื่องมาจากไขมันแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางฟังกชันในการจับน้ำ (water binding capacity) และสร้างโครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน โดยเนยสด มีส่วนประกอบของน้ำ (~15–20%) และเป็นไขมันที่มีโครงสร้างผลึกทำให้มีบทบาทในการกักเก็บความชื้นมากกว่าไขมันเหลว เช่น น้ำมันเมล็ดชาซึ่งเป็นไขมันพืชชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ที่ไม่สามารถสร้างโครงสร้างแบบผลึกได้ จึงมีแนวโน้มไม่กักเก็บน้ำในผลิตภัณฑ์ไว้ได้ดีเท่าเนย (Zbikowska *et al.*, 2020)

Table 6 Chemical and textural properties of three formulations of pomelo tart.

Item	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Energy (Kcal)	480.40 $\pm$ 0.44 ^a	479.67 $\pm$ 0.66 ^a	479.44 $\pm$ 0.83 ^a
Protein (g)	7.88 $\pm$ 0.05 ^b	7.85 $\pm$ 0.01 ^b	8.31 $\pm$ 0.08 ^a
Fat (g)	26.01 $\pm$ 0.02 ^a	26.03 $\pm$ 0.34 ^a	25.46 $\pm$ 0.11 ^b
Cholesterol (mg)	40.33 $\pm$ 1.53 ^a	39.64 $\pm$ 0.58 ^{ab}	29.67 $\pm$ 1.15 ^b
Total Carbohydrate (g)	53.70 $\pm$ 0.10 ^b	53.22 $\pm$ 0.37 ^b	54.34 $\pm$ 0.02 ^a
Dietary Fiber (g)	3.81 $\pm$ 0.02 ^b	3.91 $\pm$ 0.02 ^b	4.10 $\pm$ 0.10 ^a
Ash (g)	1.21 $\pm$ 0.01 ^b	1.48 $\pm$ 0.07 ^a	1.53 $\pm$ 0.01 ^a
Texture			
Brittleness (kgf)	6.45 $\pm$ 0.74 ^b	9.28 $\pm$ 1.70 ^a	10.50 $\pm$ 0.80 ^a
Cohesiveness (-)	1.34 $\pm$ 0.09 ^b	1.45 $\pm$ 0.09 ^{ab}	1.62 $\pm$ 0.14 ^a
Fracturability (kgf)	0.06 $\pm$ 0.02 ^b	0.07 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.13 $\pm$ 0.04 ^a
Gumminess (kgf)	40.02 $\pm$ 1.66 ^c	62.25 $\pm$ 6.39 ^b	64.32 $\pm$ 8.50 ^a
Hardness (N)	214.57 $\pm$ 9.45 ^c	369.82 $\pm$ 29.31 ^b	440.64 $\pm$ 29.20 ^a

^{a-c} Means in the same row with different letters are statistically different ($p \leq 0.05$)

^{ns} Means in the same row are not statistically different ($p \geq 0.05$)

ด้านค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของทาร์ต (ไม่แสดงข้อมูล) มีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่แรกจนถึงวันที่ 35 ทั้งในตัวอย่างที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) และถุงลามิเนต (PET/AL/PE) นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาทาร์ตทั้ง 3 สูตรเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในทาร์ตสูตรพื้นฐานมีปริมาณความชื้นสูง ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา พบการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ และในวันที่ 35 ปริมาณจุลินทรีย์เกินมาตรฐานที่กำหนด โดยมีค่าประมาณ $6.12 \log^{10} \text{CFU.g}^{-1}$ ซึ่งความชื้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

เช่น ราและยีสต์ ในด้านเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าตั้งแต่วันที่แรกของการเก็บรักษา จนถึงวันที่ 25 ของการเก็บรักษา จะไม่พบเชื้อยีสต์และราทั้งในผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) และถุงลามิเนต (PET/AL/PE) แต่เมื่อผ่านไปจนถึงวันที่ 30 จะพบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ปริมาณ $1.45 \log_{10} \text{CFU.g}^{-1}$ ในบรรจุภัณฑ์ถุงโพลีโพรพิลีน (PP) และเมื่อผ่านไปจนถึงวันที่ 35 จะสามารถพบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ปริมาณ $1.45 \log_{10} \text{CFU.g}^{-1}$ ในบรรจุภัณฑ์ถุงลามิเนต (PET/AL/PE) ด้านของเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* เชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ตั้งแต่วันที่แรกของการเก็บรักษา จนถึงวันที่ 35 ของการเก็บรักษา จะไม่พบเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด (Table 7)

Table 7 Micobial evaluation of pomelo tart products packaged in 100-gram polypropylene (PP) bags and laminated foil bags (PET/AL/PE) was measured after storage at 25°C for 35 days (n=3).

Storage time	Sample	Part	TVC ()	Y&M	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
0, 5, 10, 15, 20, 25	F1	PP bag	ND	ND	ND	ND
		PET/AL/PE	ND	ND	ND	ND
	F2	PP bag	ND	ND	ND	ND
		PET/AL/PE	ND	ND	ND	ND
	F3	PP bag	ND	ND	ND	ND
		PET/AL/PE	ND	ND	ND	ND
30	F1	PP bag	4.20 ± 0.75	1.45 ± 1.19	1.45 ± 0.19	1.45 ± 4.10
		PET/AL/PE	ND	ND	ND	ND
	F2	PP bag	3.50 ± 0.53	ND	ND	ND
		PET/AL/PE	ND	ND	ND	ND
	F3	PP bag	3.50 ± 0.25	ND	ND	ND
		PET/AL/PE	ND	ND	ND	ND
35	F1	PP bag	6.12 ± 0.75	1.45 ± 0.75	1.45 ± 0.75	1.45 ± 0.75
		PET/AL/PE	6.12 ± 0.43	ND	ND	ND
	F2	PP bag	4.20 ± 0.53	1.45 ± 1.80	1.45 ± 1.80	1.45 ± 1.80
		PET/AL/PE	5.85 ± 0.13	ND	ND	ND
	F3	PP bag	5.60 ± 0.27	ND	ND	ND
		PET/AL/PE	5.90 ± 0.33	ND	ND	ND

*ND = NOT Detected

ปริมาณของค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value: PV) จะมีปริมาณที่สูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยตัวอย่างทาร์ตที่มีปริมาณน้ำมันเมล็ดชาจะมีค่าที่สูงกว่าตัวอย่างที่ใช้เนย โดยจากการเก็บรักษาพบว่า ค่าเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ระดับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดย

ตัวอย่างทาร์ตที่มีการใช้น้ำมันเมล็ดชาเป็นส่วนประกอบไขมันแสดงค่าดัชนี PV สูงกว่าตัวอย่างที่ใช้เนย ซึ่งอาจเนื่องจากน้ำมันเมล็ดชามีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ส่งผลให้ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าไขมันอิ่มตัวในเนย (Sharma *et al.*, 2023)

Table 8 The peroxide value (PV) of pomelo tart products packaged in 100-gram polypropylene (PP) bags and laminated foil bags (PET/AL/PE) was determined on day 0 and day 35 of storage at 25°C.

Storage time	PP bag (meq/kg)			PET/AL/PE (meq/kg)		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
0 ^{ns}	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
35	6.0 ± 0.0 ^c	8.0 ± 0.0 ^b	10.0 ± 0.0 ^a	2.0 ± 0.0 ^c	4.0 ± 0.0 ^b	6.0 ± 0.0 ^a

^{a-c} Means in the same row with different letters are statistically different (p≤0.05)

^{ns} Means in the same row are not statistically different (p≥0.05)

สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การใช้แป้งเม็ดบัวและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วน 50:50 สามารถทดแทนแป้งสาลีได้ 100 %

การใช้น้ำมันเมล็ดชาสามารถทดแทนการใช้เนยในผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอได้ 50 % โดยน้ำมันเมล็ดชาสามารถเพิ่มโปรตีน และลดปริมาณไขมันและคอเรสเตอรอลในผลิตภัณฑ์ทาร์ตส้มโอได้ อีกทั้งทำให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น

ทาร์ตส้มโอที่พัฒนาขึ้นมีอายุการเก็บรักษาในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) และถุงลามิเนต (PET/AL/PE) ปริมาณมากกว่า 35 วัน ในขณะที่สูตรพื้นฐาน (แป้งสาลี 100 %) มีอายุการเก็บรักษาเพียง 30 วัน เนื่องจากมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์สัมพันธ์กับค่าความชื้น โดยสูตรที่ใช้การทดแทนเนยบางส่วนด้วยน้ำมันเมล็ดชา มีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นต่ำกว่า จึงสามารถชะลอการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ได้อย่างมีนัยสำคัญ และส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์คงอยู่ได้นานขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ท่านสนับสนุนการดำเนินงานโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) ร่วมกับโครงการวิจัยมูลฐาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ สัญญาเลขที่ FRB6749/2567 รหัสโครงการ 4693816 โครงการวิจัยเรื่อง การใช้ไขมันเมล็ดชาทดแทนเนยสดในทาร์ตส้มโอแปรรูปพืช ปีงบประมาณ 2567 และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการปฏิบัติงาน พร้อมอุปกรณ์ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2555). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พายและทาร์ต (มผช. 524/2555). กระทรวงอุตสาหกรรม.
- AOAC International. (2023). *Official methods of analysis*. AOAC International.
- Chusak, C., Thilavech, T., Henry, C. J., & Adisakwattana, S. (2018). The effect of Riceberry rice on glycemia and antioxidant status in healthy subjects. *Journal of Functional Foods*, 40, 529–535. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.027>
- Day, L., Augustin, M. A., Batey, I. L., & Wrigley, C. W. (2006). Wheat-gluten uses and industry needs. *Trends in Food Science & Technology*, 17(2), 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.10.003>
- Fang, Y., Chen, J., & Liu, S. (2014). Quality characteristics of white pan bread by lotus (*Nelumbo nucifera*) seed powder supplementation. *Journal of Food Science and Technology*, 51(11), 3276–3282.
- Itagi, S. (2023). Development of rice-based cookies with improved nutritional profile. *Journal of Functional Foods*, 98, Article 105455.
- Jang Chung, S. (2014). Effects of rice flour substitution on moisture and color characteristics of cookies. *Food Science and Biotechnology*, 23(5), 1392–1398.
- Jiang, X., Wu, S., Yuan, D., Lamu, C., Wang, Q., & Zhang, Z. (2018). Physicochemical properties, flavor intensity and oxidative stability of different camellia oils. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(5), 230–235.

- Lee, H. Y., Kim, S. H., & Kim, Y. (2020). Substitution of butter with camellia seed oil in cookies: Effects on physicochemical properties and consumer acceptability. *Food Science and Biotechnology*, 29(3), 409–416. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00730-5>
- Li, G., Ma, L., Yan, Z., Zhu, Q., Cai, J., Wang, S., Yuan, Y., Chen, Y., & Deng, S. (2022). Extraction of oils and phytochemicals from *Camellia oleifera* seeds: Trends, challenges, and innovations. *Processes*, 10, 1–26. <https://doi.org/10.3390/pr10081489>
- Mozaffarian, D., Katan, M. B., Ascherio, A., Stampfer, M. J., & Willett, W. C. (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*, 354(15), 1601–1613. <https://doi.org/10.1056/NEJMra054035>
- Pornsuksomboon, P., Thongtawee, T., & Sirithunyalug, B. (2020). Properties of riceberry rice flour and its application in food products. *International Food Research Journal*, 27(1), 51–59.
- Sharma, H., Zhang, Y., & Liu, H. (2023). Comparative oxidative stability of plant-based oils and animal fats during storage. *Journal of Food Lipids*, 30(2), Article e12456.
- Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G., & Berghofer, E. (2011). Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry*, 124(1), 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.115>
- Thai Industrial Standards Institute. (2012). *Community product standard for pies and tarts* (TCPS 524/2012). Ministry of Industry.
- Yu, S., Ma, Y., Menager, L., & Sun, D.-W. (2010). Physicochemical properties of starch and flour from different rice cultivars. *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 626–637. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0330-8>
- Zbikowska, A., Kowalska, H., & Rutkowska, J. (2020). Effect of fat type on physical properties of shortcrust pastry dough and baked product quality. *LWT - Food Science and Technology*, 124, Article 109180.
- Zhang, L., Wang, Y., & Li, Q. (2022). Trends in fruit-based bakery products: Market, innovation, and consumer perception. *Food Reviews International*, 38(6), 950–966. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1883547>
- Zhou, Y., Li, D., Zhang, Y., & Li, J. (2019). Camellia oil: A review of its nutritional and therapeutic effects. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 191–204. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1578945>