

Research Article

Physicochemical, rheology quality and sensory acceptance of alternative yogurt products from Tubtim Chumphae rice (RD69)

Parinya Boonarsa^{1*} and Kittipak Choowong²

¹*Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantarawichai, Maha Sarakham, 44150*

²*Kanlayanawat School, Nai Mueang, Muang Khon Kaen, Khon Kaen, 40000*

(*Corresponding author's e-mail: 65010853004@msu.ac.th)

Received: 16 December, 2025; Revised: 19 January, 2026; Accepted: 26 January, 2026

Abstract

Tubtim Chumphae rice (*Oryza sativa* L.; RD69) is an indigenous rice variety with strong potential as a functional ingredient for the development of plant-based food products. This study aimed to develop an alternative yogurt from Tubtim Chumphae rice by blending Tubtim Chumphae rice milk with soy milk at ratios of 1:2, 1:1, and 2:1, and to investigate their effects on physicochemical properties, flow behavior, and sensory acceptance. During fermentation (0–6 h), the pH of all formulations decreased from approximately 7.0 to 4.17–4.37, while titratable acidity increased to 0.42–0.48%. The 1:2 formulation, containing the highest proportion of soy milk, exhibited the lowest pH (4.17) and the highest lactic acid bacteria count (7.00×10^9 CFU/g), which was approximately 11.7-fold higher than that of the 2:1 formulation, indicating more efficient lactic acid production. All yogurt samples exhibited non-Newtonian shear-thinning behavior. The 1:2 formulation showed the strongest gel structure, with the highest firmness value (0.87 N), which was approximately 3.6 times higher than that of the 2:1 formulation. In contrast, the 2:1 formulation exhibited the highest syneresis, approximately 1.1 times greater than that of the 1:2 formulation, reflecting a weaker water-holding capacity. Increasing the proportion of Tubtim Chumphae rice milk also intensified the characteristic reddish-purple color of the product. In terms of sensory evaluation, the 2:1 formulation received significantly higher scores for viscosity and overall liking. In conclusion, the ratio of Tubtim Chumphae rice milk to soy milk significantly influenced the quality, texture, and consumer acceptance of plant-based alternative yogurt, highlighting its potential for further commercial development.

Keywords: *Oryza sativa* L.; Plant yogurt; Fermentation; Rheological properties; Consumer acceptance

บทคัดย่อ

ข้าวทับทิมชุมแพ (กข69) เป็นข้าวพื้นเมืองที่มีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบเชิงหน้าที่สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากพืช งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพ โดยใช้ส่วนผสมข้าวทับทิมชุมแพผสมกับนมถั่วเหลืองในอัตราส่วน 1:2, 1:1 และ 2:1 และศึกษาผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ พฤติกรรมการไหล และการยอมรับทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองพบว่า ระหว่างการหมัก 0-6 ชั่วโมง ค่า pH ของโยเกิร์ตทุกสูตรลดลงจากประมาณ 7.0 เหลือ 4.17-4.37 ขณะที่ค่าความเป็นกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.42-0.48 โดยสูตร 1:2 ซึ่งมีนมถั่วเหลืองสูงสุดให้ค่า pH

ต่ำที่สุด (4.17) และมีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกสูงสุดที่สุด (7.00×10^9 CFU/g) ซึ่งสูงกว่าสูตร 2:1 ประมาณ 11.7 เท่า ส่งผลให้การสร้างกรดแลคติกมีประสิทธิภาพมากกว่า โยเกิร์ตทุกสูตรแสดงพฤติกรรมการไหลแบบไม่ใช่นิวตันชนิด shear-thinning โดยสูตร 1:2 มีโครงสร้างเจลแข็งแรงที่สุด มีความแน่นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 0.87 N ซึ่งสูงกว่าสูตร 2:1 ถึง 3.6 เท่า ในขณะที่สูตร 2:1 มีการแยกตัวของน้ำสูงสุด ซึ่งมากกว่าสูตร 1:2 ประมาณ 1.1 เท่า นอกจากนี้ การเพิ่มนมข้าวทับทิมชุมแพส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีม่วงแดงเข้มมากขึ้น ในด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส สูตร 2:1 ได้รับคะแนนความชอบด้านความหนืดและความชอบโดยรวมสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ โดยสรุป อัตราส่วนนมข้าวทับทิมชุมแพต่อนมถั่วเหลืองมีอิทธิพลอย่างชัดเจนต่อคุณภาพ เนื้อสัมผัส และการยอมรับของโยเกิร์ตทางเลือกจากพืช และมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเชิงพาณิชย์ในอนาคต

คำสำคัญ: ข้าวทับทิมชุมแพ; โยเกิร์ตจากพืช; การหมัก; สมบัติเชิงรีโอโลยี; การยอมรับของผู้บริโภค

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากกระแสการดูแลสุขภาพที่เติบโตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพทั่วโลกมีแนวโน้มขยายตัว และมีการผลิตอาหารและเครื่องดื่มจากพืชชนิดใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการผลิตภัณฑ์ทดแทนผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่เพิ่มมากขึ้น นมและผลิตภัณฑ์จากนมถือเป็นอาหารประเภทหนึ่งที่มีสารอาหารที่สำคัญต่อโภชนาการของมนุษย์มาอย่างยาวนาน (Montemurro et al., 2021) อย่างไรก็ตาม ผู้ที่มีปัญหาด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคคอเลสเตอรอลสูงในอาหาร ภาวะแพ้แลคโตส หรือการดูดซึมผิดปกติ และอาการแพ้โปรตีนนมควรเลือกผลิตภัณฑ์ทางเลือก นอกจากนี้ความตระหนักของผู้บริโภคโดยรวมเกี่ยวกับผลกระทบของการเลือกอาหารที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ รวมถึงแนวโน้มการบริโภคอาหารมังสวิรัตที่เพิ่มมากขึ้น

โยเกิร์ต (Yogurt) มีต้นกำเนิดมาจากการถนอมอาหารแบบโบราณในแถบตะวันออกกลางประมาณ 6,000 ปีก่อนคริสตกาล (Marete et al., 2024) ปัจจุบันโยเกิร์ตเป็นหนึ่งในอาหารที่ได้รับความนิยมทั่วโลก เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ (Akarca & Denizkara, 2024) โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์หมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยจุลินทรีย์จะทำหน้าที่เปลี่ยนแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก (Lactic acid) (Arena et al., 2015) และคาดว่าในปี ค.ศ. 2028 มูลค่าทางการตลาดโยเกิร์ตทั่วโลกมีมูลค่าสูงถึง 237 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (Denholm et al., 2020) จากแนวโน้มด้านสุขภาพและความยั่งยืน ผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืช (plant-based yogurt) เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการพัฒนานมจากพืชหลากหลายชนิดเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนนมวัว เช่น นมถั่วเหลือง นมรำข้าว นมข้าวโอ๊ต และนมอัลมอนต์ (Demir et al., 2021; Farnworth et al., 2007; Wu et al., 2023; Yilmaz-Ersan & Topcuoglu, 2022) งานวิจัยก่อนหน้านี้รายงานว่า การใช้วัตถุดิบจากพืชแต่ละชนิดส่งผลต่อคุณภาพของโยเกิร์ตที่แตกต่างกัน ทั้งในด้านคุณสมบัติเชิงเคมีกายภาพ การเกิดโครงสร้างเจล การแยกน้ำ (syneresis) และการเจริญของจุลินทรีย์กรดแลคติก โดยเฉพาะโยเกิร์ตจากข้าวซึ่งมีข้อจำกัดด้านปริมาณโปรตีนและความสามารถในการเกิดโครงสร้างเจลร่วมกับโปรตีนถั่วเหลือง อย่างไรก็ตาม นมข้าวมีจุดเด่นด้านรสชาติอ่อน การย่อยง่าย และเหมาะสำหรับผู้แพ้นมวัว ทำให้ยังคงได้รับความสนใจในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือก

ประเทศไทยมีแหล่งของพืชผลทางการเกษตรที่อุดมสมบูรณ์โดยเฉพาะข้าว ซึ่งมีหลากหลายสายพันธุ์ และในจังหวัดของแก่นก็มีข้าวที่มีชื่อเสียงอย่าง ข้าวทับทิมชุมแพ (*Oryza sativa* L.; กข69) ซึ่งเป็นแหล่งของวิตามินอีสูง โดยเฉพาะแอลฟา-โทโคฟีรอล (13.48 มิลลิกรัมต่อกรัม) และแกมมา-โอไรซานอลสูง (Chartveing et al., 2024) อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระสูงอย่างสารประกอบฟีนอลิกประมาณ 8,000 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม และปริมาณฟลาโวนอยด์ประมาณ 800 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม (Rungruang et al., 2019) อีกทั้งยังเป็นแหล่งของโปรตีนและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ อื่น ๆ ช่วยลดการจับตัวของเม็ดเลือดแดงจนเกิดการอุดตัน และยังมีปริมาณอะมิโนสตาที่ต่ำที่เข้ากับผู้ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานอีกด้วย (Chaiyaporn & Choenkwan, 2022) แม้ว่าข้าวทับทิมชุมแพจะมีคุณค่าทางโภชนาการ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ แต่การศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวทับทิมชุมแพยังมีอยู่จำกัด ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพจึงเป็นที่น่าสนใจอย่างมากต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตโยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพที่มีคุณภาพทางเคมีกายภาพ พฤติกรรมการไหล และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพ ตลอดจนเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากข้าวในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

ข้าวกล้องหับทิมชุมแพ (*Oryza sativa* L.) เก็บเกี่ยวเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม ปี พ.ศ. 2567 จากเกษตรกรบ้านโนนอุดม ตำบลโนนอุดม อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย คัดเลือกสิ่งสกปรกออก ล้างให้สะอาด แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และวัตถุดิบอื่น ๆ ได้แก่ นมถั่วเหลือง น้ำตาล และหัวเชื้อโยเกิร์ตถั่วเหลืองทางการค้า ยี่ห้อ RIVON (ปริมาณแบคทีเรียไม่น้อยกว่า 1×10^7 CFU/g)

การผลิตโยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวหับทิมชุมแพ

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมข้าวหับทิมชุมแพต่อนมถั่วเหลือง แสดงสูตรดัง Table 1 โดยเริ่มจากการนำข้าวหับทิมชุมแพมาหุงให้สุก แล้วนำข้าวหับทิมชุมแพที่สุกแล้วมาผสมกับน้ำอัตราส่วน 1:4 (%w/v) ปั่นให้ละเอียด แล้วกรองด้วยผ้าขาวบางจะได้นมข้าวหับทิมชุมแพ จากนั้นนำนมข้าวหับทิมชุมแพผสมกับนมถั่วเหลือง แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติมน้ำตาล และลดอุณหภูมิส่วนผสมลงให้ได้ประมาณ 42-45 องศาเซลเซียส และเติมเชื้อโยเกิร์ตถั่วเหลืองทางการค้า กวนผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 43 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หรือจนเกิดเคิร์ด (Curd) และได้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 4.0-4.5 จากนั้นเก็บตัวอย่างทั้งหมดที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เพื่อรอวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

Table 1 Formulation of alternative yogurt products from Tubtim Chumphae Rice (RD69)

Ingredients	Formulation (%) *		
	1:2	1:1	2:1
Tubtim Chumphae rice milk	28	41.5	56
Soy milk	56	41.5	28
Sugar	6	6	6
Yoghurt starter culture	10	10	10

* Ratio of Tubtim Chumphae rice milk to soy milk (1:2, 1:1 and 2:1, respectively).

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการบ่มของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวหับทิมชุมแพ

ทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงโยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวหับทิมชุมแพในระหว่างการบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ด้วย pH meter (FiveEasy™ Plus, Switzerland) และค่าปริมาณกรดทั้งหมดด้วยวิธีไทเทรต (Titratable acidity) โดยสุ่มตัวอย่างโยเกิร์ต 2 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ผสมกับฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 3-4 หยด แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และคำนวณร้อยละความเป็นกรดเทียบกับกรดแลคติก (Matela et al., 2019)

การวิเคราะห์พฤติกรรมการไหล

วิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวหับทิมชุมแพ ด้วยเครื่อง Rheometer (HAAKE MARS 40, Thermo Fisher Scientific, Germany) และใช้หัววัด parallel plate geometry set (P35/Ti) เมื่อกำหนดอัตราเฉือน (Shear rate) ที่ $0.1-100 \text{ s}^{-1}$ ที่อุณหภูมิ 4 ± 0.1 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลตามสมการของ Herschel-Bulkley ดังสมการที่ 1 โดย τ คือ ความเค้นเฉือน (Pa) τ_0 คือ ความเค้นเฉือนที่จุดคราก (Pa) K คือ ดัชนีความข้นเหลว (Pa.s) γ คือ อัตราเฉือน s^{-1} และ n คือ ดัชนีการไหล (Boonarsa et al., 2025)

$$\tau = \tau_0 + K(\gamma)^n \quad (1)$$

การวิเคราะห์ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าสี

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วย pH meter วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดด้วยวิธีไทเทรต วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid) ด้วย Hand refractometer วิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ด้วย Chroma Meter (CR-410, Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan)

การวิเคราะห์การแยกตัวของน้ำ

วิเคราะห์การแยกตัวของน้ำ (Syneresis) ดัดแปลงจากวิธีการของ Delikanli & Ozcan (2017) โดยชั่งตัวอย่างโยเกิร์ต 20 กรัม วางบนกระดาษกรองเบอร์ 1 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 ± 0.1 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งน้ำหนักน้ำที่แยกออกจากตัวอย่างโยเกิร์ต แล้วคำนวณหาค่าการแยกตัวของน้ำจากโยเกิร์ต ดังสมการที่ 2

$$\text{Syneresis (\%)} = (\text{Water weight} \times 100) / \text{Sample weight} \quad (2)$$

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์ความแน่นเนื้อ (Firmness) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TA-XT plus instrument, Stable Micro Systems, Ltd., Surrey, UK) โดยใช้หัววัดชนิด Cylindrical probe 35 mm (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร) โดยตั้งค่า Pre-test 1 มิลลิเมตร/วินาที, Post-test 1 มิลลิเมตร/วินาที, Test-speed 1 มิลลิเมตร/วินาที และ Distance 30 มิลลิเมตร

การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียกรดแล็กติก (Lactic acid bacteria count)

ปิเปตโยเกิร์ต 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายเปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาณ 225 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องตีปั่น (Stomacher) เป็นเวลา 2 นาที เจือจางให้เหมาะสมในการตรวจหาเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติก จากนั้นปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรลงในจานเพาะเชื้อ เทอาหารเลี้ยงเชื้อ deMan Rogosa and Sharpe (MRS Agar) ด้วยเทคนิค Pour Plate แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง คำนวณจำนวนแบคทีเรียกรดแล็กติกแล้วรายงานจำนวนโคโลนีในหน่วย CFU/g (Colony Forming Unit per gram) (Shori & Baba, 2012) โดยทำการเพาะเลี้ยงทั้งหมด 3 ซ้ำ ($n = 3$)

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภค

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพ โดยคุณลักษณะที่ประเมินประกอบด้วย ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ($n = 30$)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยรายงานเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ($n=3$) และการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภควางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกหรือบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ทั้งหมด 30 คน ($n = 30$) วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ด้วย IBM SPSS Statistical software และสร้างกราฟความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Origin software (9.95)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการบ่มของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพ

การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมักโยเกิร์ต จุลินทรีย์กรดแล็กติกจะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดแล็กติกซึ่งส่งผลต่อค่า pH และค่าความเป็นปริมาณกรดทั้งหมด ซึ่งส่งผลต่อการรวมตัวของโปรตีน และเกิดการจับเรียงตัวใหม่ของโครงสร้างโปรตีนในระดับจุลภาค (Akgun et al., 2018; Gilbert & Turgeon, 2021) การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพในระหว่างการหมักที่ 0 ชั่วโมง ถึง 6 ชั่วโมง แสดงดัง Figure 1 พบว่า ระยะเวลาในการบ่มส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Figure 1A) ในขณะที่ค่าความเป็นกรดทั้งหมดมีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 1B) โดยพบว่าในช่วง 0-1 ชั่วโมงแรก pH ลดลงอย่างชัดเจนจากประมาณ 7.0 เหลือประมาณ 5.5 และลดลงเรื่อย ๆ จนอยู่ที่ประมาณ 4.2-4.4 เมื่อครบ 6 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาณกรดทั้งหมดจากประมาณร้อยละ 0.1 ที่เวลาเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) เป็นประมาณร้อยละ 0.4-0.5 เมื่อครบ 6 ชั่วโมงของการหมัก แต่พบว่าเมื่อผ่านการหมักครบ 6 ชั่วโมงทั้งสามสูตรมีค่า pH และปริมาณกรดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ลักษณะดังกล่าวเป็นผลมาจากการ

เจริญของจุลินทรีย์กรดแล็กติกที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมัก โดยจุลินทรีย์จะใช้น้ำตาลในวัตถุดิบเป็นแหล่งพลังงาน และเปลี่ยนเป็นกรดแล็กติก ส่งผลให้ค่า pH ลดลง และค่าปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Akgun et al., 2018) นอกจากนี้ อัตราส่วนของนมถั่วเหลืองต่อนมข้าวทับทิมชุมแพที่ใช้ ยังส่งผลต่อแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง โดยสูตร 2:1 แสดงการลดลงของ pH และการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดที่รวดเร็วและเด่นชัดที่สุด ขณะที่สูตร 1:2 มีแนวโน้มช้ากว่าเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของข้าวทับทิมชุมแพต่อวัตถุดิบอื่นมีผลต่อความพร้อมของสารอาหารและการหมักของ จุลินทรีย์ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพสุดท้ายของโยเกิร์ตในด้านรสชาติ ความเปรี้ยว และคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งผลลัพธ์นี้ ชี้ให้เห็นว่าการควบคุมอัตราส่วนวัตถุดิบและเวลาการบ่มมีความสำคัญต่อการได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวทับทิมชุมแพที่มี คุณภาพเหมาะสม ทั้งในด้านความเป็นกรด-ด่าง รสชาติ และการยอมรับของผู้บริโภค สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการ กำหนดสูตรและเงื่อนไขการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป

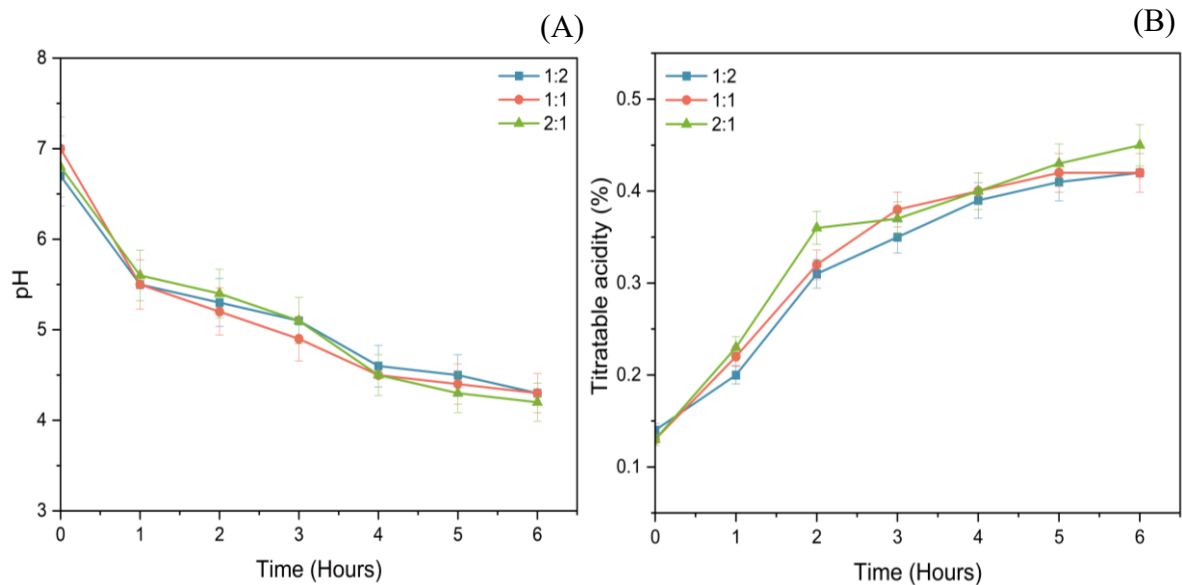


Figure 1 The effect of incubation time on pH (A) and titratable acidity (B) of alternative yogurt products from Tubtim Chumphae Rice (RD69). Ratio of Tubtim Chumphae rice milk to soy milk (1:2, 1:1 and 2:1, respectively).

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพ

รีโอโลยี (Rheology) มีบทบาทสำคัญในการรับรู้ถึงลักษณะเนื้อสัมผัสและพฤติกรรมการไหลของโยเกิร์ต ซึ่งมีอิทธิพลอย่างมากต่อความรู้สึกของผู้บริโภคและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โยเกิร์ตมีลักษณะเป็นวัสดุหนืดหยุ่นประเภทของไหลแบบไม่ใช่นิวตัน (Non-Newtonian fluid) และคุณสมบัติรีโอโลยีของโยเกิร์ตขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ แหล่งที่มาของนม หัวเชื้อ และกระบวนการผลิต (Le Ba et al., 2025) จากผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของโยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพ แสดงดัง Figure 2 แสดงให้เห็นว่า ความเค้นเฉือน (Shear stress) มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่ออัตราการเฉือน (Shear rate) เพิ่มขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงคุณสมบัติการไหลแบบไม่ใช่นิวตัน โดยเฉพาะลักษณะการไหลแบบ pseudoplastic หรือ shear-thinning behavior ทั้งนี้ สูตรที่มีอัตราส่วน 1:1 และ 2:1 มีค่า shear stress สูงกว่า สูตร 1:2 อย่างชัดเจนในทุกช่วงของ shear rate แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างเจลที่หนาแน่นและมีความคงตัวดีกว่าส่วนค่าความหนืด (Viscosity) พบว่าความหนืดลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อ shear rate เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของโยเกิร์ต เนื่องจากความหนืดสูงในสภาวะคงที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์คงตัว ในขณะที่ความหนืดลดลง เมื่อได้รับแรงเฉือนจะช่วยให้รู้สึกเนียนและไหลง่ายขึ้นขณะบริโภค โดยสูตร 1:2 มีค่าความหนืดสูงสุดในช่วงอัตราเฉือนต่ำ ในขณะที่สูตร 2:1 มีความหนืดต่ำที่สุด นั้นแสดงให้เห็นว่านมถั่วเหลืองที่มากส่งผลต่อลักษณะความหนืดที่เพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจากเครือข่ายของโกลบูลินในถั่วเหลืองที่หนาแน่นส่งเสริมให้เจลในโยเกิร์ตแข็งแรงขึ้น (Pang et al., 2021) ในขณะที่สูตรที่นมข้าวทับทิมชุมแพสูงมีลักษณะความหนืดที่ต่ำกว่า ซึ่งอาจเป็นผลมาจากโครงสร้างจุลภาคของข้าวทับทิมชุมแพแข็งทำให้เนื้อสัมผัสเหลวและกลวงมากขึ้น ซึ่งทำให้เจลของโยเกิร์ตประปรายมากขึ้น (Wu et al., 2023) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านมข้าวทับทิมชุมแพสามารถปรับปรุงความหนืดของโยเกิร์ตให้ โดยสามารถลดความหนืด และความ

เหนียวของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งเป็นผลต่อผู้บริโภคที่มีภาวะการกลืนลำบาก นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของความหนืดส่งผลต่อความรู้สึกในปาก (Mouthfeel) และการยอมรับของผู้บริโภค

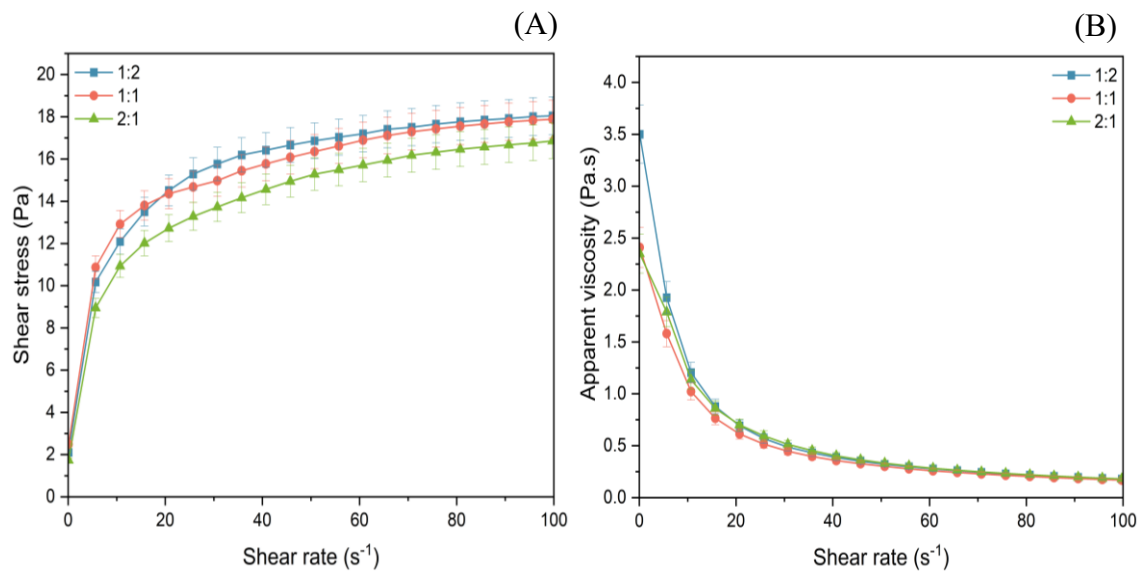


Figure 2 Shear stress (A) and apparent viscosity (B) of alternative yogurt products from Tubtim Chumphae rice (RD69). Ratio of Tubtim Chumphae rice milk to soy milk (1:2, 1:1 and 2:1, respectively).

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และปริมาณกรดแลคติกของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากข้าวทับทิมชุมแพ

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของโยเกิร์ตมีความสำคัญอย่างมากต่อคุณภาพ เนื้อสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภค (Greis et al., 2022) จากผลการวิเคราะห์ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพ แสดงดัง Table 2 พบว่า ค่า pH ลดลงเมื่อเพิ่มสัดส่วนนมข้าว โดยสูตร 1:2 มีค่า pH ต่ำสุด (4.17) และปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุด (ร้อยละ 0.48) สอดคล้องกับจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกที่สูงที่สุดในสูตรนี้ (7.00×10^9 CFU/g) ในขณะที่สูตร 2:1 มีค่า pH สูงที่สุด (4.37) และมีค่าความเป็นกรดทั้งหมด ต่ำสุด (ร้อยละ 0.42) นั้นแสดงให้เห็นว่าสัดส่วนนมถั่วเหลืองที่มากกว่าให้สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์และการผลิตกรดแลคติก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu et al. (2023) ที่ศึกษาผลของรำข้าวต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต พบว่า ปริมาณรำข้าวที่สูงส่งผลยับยั้งกิจกรรมของแบคทีเรียกรดแลคติกจึงทำให้มีค่า pH ที่สูงตลอดระยะเวลาการหมัก ซึ่งแสดงลักษณะเช่นเดียวกับการศึกษานี้ นอกจากนี้ค่าสัดส่วนของนมข้าวทับทิมชุมแพที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลต่อการเกิดเนื้อสัมผัสและรสเปรี้ยวของโยเกิร์ต ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}\text{Brix}$) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อสัดส่วนนมข้าวทับทิมชุมแพเพิ่มขึ้น โดยสูตร 1:2 มีค่าสูงสุด (13.71°Brix) เนื่องจากนมถั่วเหลืองมีปริมาณสารอาหารละลายน้ำและน้ำตาลธรรมชาติมากกว่า ส่วนการเพิ่มนมข้าวทับทิมชุมแพทำให้น้ำตาลในผลิตภัณฑ์เจือจางลง และลดความเข้มข้นของสารละลาย อีกทั้งยังพบว่าการเพิ่มนมข้าวทำให้ค่าสี L^* ลดลง (ผลิตภัณฑ์สีเข้มขึ้น) และค่า a^* เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดจาก 1.27 เป็น 4.60 แสดงถึงสีแดงอมม่วงจากแอนโทไซยานินในข้าวทับทิมชุมแพ (Sahasakul et al., 2025) ส่วนค่า b^* ลดลงเล็กน้อย ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีม่วงอมแดงซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของวัตถุดิบ เชื่อว่าการใช้ข้าวทับทิมชุมแพช่วยเพิ่มความแตกต่างด้านลักษณะภายนอก และอาจส่งเสริมเอกลักษณ์ของโยเกิร์ตเพื่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังพบว่าการแยกตัวของน้ำในสูตร 2:1 มีค่าการแยกตัวของน้ำสูงสุด (ร้อยละ 47.67) และแน่นเนื้อต่ำสุด (0.24 N) ขณะที่สูตร 1:2 มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุด (0.87 N) แสดงให้เห็นว่าโปรตีนจากถั่วเหลืองมีบทบาทสำคัญในการสร้างโครงข่ายโปรตีนที่แข็งแรงและช่วยกักเก็บน้ำได้ดี (Sengupta et al., 2019) ในทางตรงกันข้ามการเพิ่มนมข้าวทับทิมชุมแพในสัดส่วนมากทำให้โครงสร้างเจลอ่อนตัวและกักเก็บน้ำได้ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มและคงตัวน้อยกว่า

Table 2 Physicochemical properties of alternative yogurt products from Tubtim Chumphae rice (RD69)

Parameter	Formulations*		
	1:2	1:1	2:1
pH	4.17±0.05 ^c	4.22±0.03 ^b	4.37±0.07 ^a
Titrateable acidity (%)	0.48±0.01 ^a	0.44±0.01 ^b	0.42±0.02 ^b
Total soluble solid (°Brix)	13.71±0.67 ^a	10.33±0.35 ^b	9.19±0.07 ^c
Color	<i>L</i> *	75.63±0.21 ^a	65.10±0.97 ^b
	<i>a</i> *	1.27±0.20 ^c	2.00±0.06 ^b
	<i>b</i> *	-5.53±0.05 ^a	-2.63±0.21 ^b
Syneresis (%)	45.22±0.13 ^b	45.51±0.17 ^b	47.67±0.23 ^a
Firmness (N)	0.87±0.03 ^a	0.62±0.02 ^b	0.24±0.01 ^c
Lactic acid bacteria count (CFU/g)	7.00×10 ^{9a}	3.00×10 ^{9b}	6.00×10 ^{8c}

* Ratio of Tubtim Chumphae rice milk to soy milk (1:2, 1:1 and 2:1, respectively), Values are expressed as mean ± SD (n = 3). Different superscript letters (^{a-b}) in each row indicate significantly different ($p < 0.05$).

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพ

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากข้าวทับทิมชุมแพ ในคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม แสดงดัง Table 3 พบว่า สูตร 2:1 ได้รับการยอมรับด้านความหนืดและความชอบโดยรวมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น ๆ ส่วนสูตร 1:2 และ 1:1 มีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเฉพาะในด้านความหนืด ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนของส่วนผสมบางชนิดที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม สี กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้านพฤติกรรมการไหล และเคมีกายภาพ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มข้าวทับทิมชุมแพในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกสามารถปรับปรุงพฤติกรรมการไหล เคมีกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคได้

Table 3 Sensory evaluation of alternative yogurt products from Tubtim Chumphae rice (RD69)

Formulations*	Appearance ^{ns}	Color ^{ns}	Odor ^{ns}	Taste ^{ns}	Viscosity	Overall liking
1:2	7.63±1.54	7.96±1.33	7.03±1.33	7.63±1.10	6.19±1.78 ^b	7.56±1.01 ^b
1:1	7.53±1.38	7.47±1.31	7.23±1.61	7.87±1.25	7.27±1.74 ^{ab}	7.40±1.32 ^b
2:1	7.67±1.52	6.50±1.65	7.17±1.62	8.00±1.11	7.60±1.83 ^a	8.20±0.92 ^a

* Ratio of Tubtim Chumphae rice milk to soy milk (1:2, 1:1 and 2:1, respectively), Values are expressed as mean ± SD (n = 30). Different superscript letters (^{a-b}) in each column indicate significantly different ($p < 0.05$), ^{ns} means not statistically significant ($p > 0.05$).

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนการผสมระหว่างนมข้าวทับทิมชุมแพและนมถั่วเหลืองมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ พฤติกรรมการไหล และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือกจากพืช โดยสูตรที่มีสัดส่วนนมถั่วเหลืองสูงมีความเหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียกรดแล็กติก ส่งผลให้มีค่า pH ต่ำ ค่าความเป็นกรดทั้งหมดสูง รวมถึงให้โครงสร้างเจลที่แข็งแรง มีความหนืดสูง และการแยกตัวของน้ำต่ำ ซึ่งสะท้อนบทบาทสำคัญของโปรตีนจากถั่วเหลืองในการสร้างโครงข่ายโปรตีนและเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ในทางตรงกันข้าม สูตรที่มีสัดส่วนนมข้าวทับทิมชุมแพสูงให้เนื้อสัมผัสที่อ่อนกว่า มีการแยกตัวของน้ำสูงขึ้น แต่ช่วยเพิ่มลักษณะสีม่วงแดงอันเป็นเอกลักษณ์จากสารสีธรรมชาติในข้าวทับทิมชุมแพ ซึ่งสามารถเพิ่มความแตกต่างและเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้ แม้ว่าความคงตัวของเจลจะลดลงก็ตาม ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับดีต่อทุกสูตร โดยสูตรที่มีสัดส่วนข้าวทับทิมชุม

แพลงมีเคเนนความชอบด้านความหนืดและความชอบโดยรวมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่านมข้าวทับทิมชุมแพสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบร่วมกับนมถั่วเหลืองในการพัฒนาโยเกิร์ตทางเลือกจากพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมทางเลือกเชิงพาณิชย์ที่ตอบโจทย์ผู้บริโภคสายสุขภาพและส่งเสริมการใช้วัตถุดิบข้าวท้องถิ่นอย่างยั่งยืนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และโรงเรียนกัลยาณวัตร ตำบลในเมือง อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ทำการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Akarca, G., & Denizkara, A. J. (2024). Changes of quality in yoghurt produced under magnetic field effect during fermentation and storage processes. *International Dairy Journal*, 150, 105841. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105841>
- Akgun, A., Yazici, F., & Gulec, H. A. (2018). The combined effect of probiotic cultures and incubation final pH on the quality of buffalo milk yogurt during cold storage. *Food Science & Nutrition*, 6(2), 492–502. <https://doi.org/10.1002/fsn3.580>
- Arena, M. P., Caggianiello, G., Russo, P., Albenzio, M., Massa, S., Fiocco, D., Capozzi, V., & Spano, G. (2015). Functional Starters for Functional Yogurt. *Foods*, 4(1), 15–33. <https://doi.org/10.3390/foods4010015>
- Boonarsa, P., Nakagawa, K., Banlue, K., & Siriamornpun, S. (2025). Enhancement of nutritional and textural properties of meat analogues using silkworm pupae powder via freeze alignment technique. *Food Chemistry: X*, 27, 102370. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102370>
- Chaiyaporn, S., & Choenkwan, S. (2022). Processing of Tubtim ChumphaeRice (RD69) of Ban Khok Sawang Housewives Group Community Enterprise, Wang Yai District, Khon Kaen Province. *Journal of Community Development and Life Quality*, 10(2), 148–158. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JCDLQ/article/view/254996>
- Chartveing, P., Nipapond Kunna, & Panatda Phugsin. (2024). An application of tubtim chumphae brown rice flour for big flat noodle's product. *Journal of Sustainable Home Economics and Culture*, 6(2), 58–71. <https://so09.tci-thaijo.org/index.php/hecrmutp/article/view/3960>
- Delikanli, B., & Ozcan, T. (2017). Improving the textural properties of yogurt fortified with milk proteins: textural properties of yogurt. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), e13101. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13101>
- Demir, H., Simsek, M., & Yildirim, G. (2021). Effect of oat milk pasteurization type on the characteristics of yogurt. *LWT*, 135, 110271. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110271>
- Denholm, S. J., Brand, W., Mitchell, A. P., Wells, A. T., Krzyzelewski, T., Smith, S. L., Wall, E., & Coffey, M. P. (2020). Predicting bovine tuberculosis status of dairy cows from mid-infrared spectral data of milk using deep learning. *Journal of Dairy Science*, 103(10), 9355–9367. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18328>
- Farnworth, E. R., Mainville, I., Desjardins, M.-P., Gardner, N., Fliss, I., & Champagne, C. (2007). Growth of probiotic bacteria and bifidobacteria in a soy yogurt formulation. *International Journal of Food Microbiology*, 116(1), 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.12.015>
- Gilbert, A., & Turgeon, S. L. (2021). Studying stirred yogurt microstructure and its correlation to physical properties: A review. *Food Hydrocolloids*, 121, 106970. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106970>

- Greis, M., Sainio, T., Katina, K., Nolden, A. A., Kinchla, A. J., Seppä, L., & Partanen, R. (2022). Physicochemical properties and mouthfeel in commercial plant-based yogurts. *Foods*, 11(7), 941. <https://doi.org/10.3390/foods11070941>
- Le Ba, T., Dam, M. S., Nguyen, L. L. P., Baranyai, L., & Kaszab, T. (2025). A review of processing techniques and rheological properties of yogurts. *Journal of Texture Studies*, 56(1), e70006. <https://doi.org/10.1111/jtxs.70006>
- Marete, P. K., Mariga, A. M., Huka, G., Musalia, L., Marete, E., Mathara, J. M., & Arimi, J. M. (2024). Effects of optimizing fermentation time and stabilizers using response surface methodology on physicochemical properties of camel milk yoghurt. *Applied Food Research*, 4(2), 100469. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100469>
- Matela, K. S., Pillai, M. K., & Thamae, T. (2019). Evaluation of pH, titratable acidity, syneresis and sensory profiles of some yoghurt samples from the Kingdom of Lesotho. *Food Research*, 693–697. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(6\).177](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(6).177)
- Montemurro, M., Pontonio, E., Coda, R., & Rizzello, C. G. (2021). Plant-based alternatives to yogurt: state-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges. *Foods*, 10(2), 316. <https://doi.org/10.3390/foods10020316>
- Pang, Z., Safdar, B., Wang, Y., Sun, M., & Liu, X. (2021). Improvement of tribo-rheological properties of acid soymilk gels by reinforcement of 7S or 11S proteins. *Food Hydrocolloids*, 110, 106173. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106173>
- Rungruang, R., Modsuwan, J., Srisukong, A., & Kaisangsri, N. (2019). Antioxidant and anti-wrinkle activities of tubtim chumphae rice extract for application in facial cosmetics. *KMUTT Research and Development Journal*, 42(1), 95–107. https://www.researchgate.net/publication/339400708_Antioxidant_and_Anti-wrinkle_Activities_of_Tubtim_Chumphae_Rice_Extract_for_Application_in_Facial_Cosmetics
- Sahasakul, Y., Aursalong, A., Thangsiri, S., Temviriyankul, P., Inthachai, W., Pongwichian, P., Sasithorn, K., & Suttisansanee, U. (2025). The effect of planting time on nutrients, phenolics, and antioxidant activities of rice grown in different soil salinities. *Scientific Reports*, 15(1), 12567. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97864-w>
- Sengupta, S., Bhattacharyya, D. K., Goswami, R., & Bhowal, J. (2019). Emulsions stabilized by soy protein nanoparticles as potential functional non-dairy yogurts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(13), 5808–5818. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9851>
- Shori, A. B., & Baba, A. S. (2012). Viability of lactic acid bacteria and sensory evaluation in *Cinnamomum verum* and *Allium sativum* -bio-yogurts made from camel and cow milk. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 11(1), 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.jaubas.2011.11.001>
- Wu, T., Deng, C., Luo, S., Liu, C., & Hu, X. (2023). Effect of rice bran on properties of yogurt: Comparison between addition of bran before fermentation and after fermentation. *Food Hydrocolloids*, 135, 108122. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108122>
- Yilmaz-Ersan, L., & Topcuoglu, E. (2022). Evaluation of instrumental and sensory measurements using multivariate analysis in probiotic yogurt enriched with almond milk. *Journal of Food Science and Technology*, 59(1), 133–143. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-04994-w>