

ศักยภาพของน้ำมะพร้าวหอมจังหวัดฉะเชิงเทราในการเป็นส่วนผสม เพื่อเพิ่มมูลค่าสำหรับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

Potential of Chachoengsao Aromatic Coconut Water as a Value-Added Ingredient in Yogurt Products

อภิรดี ศรีภิรมย์รักษ์^{*}, นภาพันท์ หน่ายคอน และ นิชานันท์ อุดมศักดิ์สกุล

Apiradee Sripiromrak^{*}, Napakan Naikhon and Nichanan Udomsaksakul

สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ประเทศไทย

Department of Applied Biology, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Rajanagarindra University, Thailand

Received: 16 April 2026, Received in revised form: 10 September 2026, Accepted: 19 September 2026

Available online: 1 October 2026

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา: โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก มีคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์เชิงหน้าที่ต่อระบบย่อยอาหาร ปัจจุบันอุตสาหกรรมนมจึงให้ความสำคัญกับการเติมส่วนประกอบจากพืชเพื่อเพิ่มคุณค่าผลิตภัณฑ์และตอบสนองของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ มะพร้าวหอม (*Cocos nucifera* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดฉะเชิงเทรา มีรสหวานและกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ เนื่องจากปลูกในพื้นที่ดิน 3 น้ำ ได้แก่ น้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำกร่อย ซึ่งอุดมด้วยสารอาหารตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตนมโคผสมน้ำมะพร้าวหอมยังมีจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโยเกิร์ตที่มีน้ำมะพร้าวหอมในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ประเมินคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภค และความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา

วิธีดำเนินการวิจัย: เตรียมโยเกิร์ตโดยใช้นมยูเอชที แสงขาวโพน หั่วเชื้อโยเกิร์ตทางการค้า และน้ำมะพร้าวหอมจากจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยพาสเจอร์ไร้น้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นพัฒนาโยเกิร์ต 6 สูตรโดยแปรผันสัดส่วนของน้ำมะพร้าวหอม ได้แก่ สูตรควบคุม (ไม่เติมน้ำมะพร้าว) และสูตรทดลองที่เติมน้ำมะพร้าวหอม 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิลิตร ต่อนมยูเอชที 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนผสมทั้งหมดผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เติมหั่วเชื้อและบ่มที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุก 1 ชั่วโมงเพื่อตรวจสอบค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยแสดงในรูปของร้อยละกรดแลคติกด้วยการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และการสังเกตการเกิดเคิร์ด หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน โดยใช้ 9-point hedonic scale ครอบคลุมด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างสูตรด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ($p < 0.05$) จากนั้นนำสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุดไปประเมินคุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลชีววิทยาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน

ผลการวิจัย: โยเกิร์ตน้ำมะพร้าว น้ำหอมใช้เวลาเกิดเคิร์ดประมาณ 3–4 ชั่วโมง โดยสูตรควบคุมและสูตรที่เติมน้ำมะพร้าว 20 มิลลิลิตร เกิดเคิร์ดภายใน 3 ชั่วโมง ส่วนสูตรที่เติมน้ำมะพร้าว 40 ถึง 100 มิลลิลิตรใช้เวลา 4 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการหมัก ค่า pH ของทุกสูตรลดลงอยู่ในช่วง 4.40 ± 0.06 ถึง 4.63 ± 0.06 ขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดลดลงอยู่ในช่วง 7.93 ± 0.15 ถึง 8.54 ± 0.03 °Brix บ่งชี้ถึงการใช้น้ำตาลโดยแบคทีเรียกรดแลคติก ในทางกลับกัน ปริมาณกรดแลคติกมีค่าสูงสุดในสูตรควบคุม (ร้อยละ 0.98 ± 0.02) และต่ำสุดในสูตรที่เติมน้ำมะพร้าว 100 มิลลิลิตร (ร้อยละ 0.42 ± 0.09) ซึ่งเป็นผลของการเจือจางสารตั้งต้น ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น อย่างไรก็ตาม พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในคะแนนรสชาติและความชอบโดยรวม โดยสูตรที่ใช้น้ำมะพร้าว น้ำหอม 100 มิลลิลิตร ได้รับคะแนนรสชาติ (5.60 ± 1.98) และความชอบโดยรวม (5.60 ± 2.03) สูงที่สุดในระดับขอบเล็กน้อย เมื่อนำสูตรดังกล่าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่ากระบวนการ post-acidification สามารถปรับลดค่า pH ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย (≤ 4.50) ทั้งยังสามารถรักษาระดับการมีชีวิตของแบคทีเรียกรดแลคติกให้อยู่ในระดับสูงกว่า $7.0 \log \text{CFU/g}$ ได้อย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณเชื้อราและยีสต์อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่สามารถตรวจพบได้

สรุปผลการวิจัย: การเติมน้ำมะพร้าว น้ำหอมมีผลต่อกระบวนการหมักและคุณลักษณะของโยเกิร์ต โดยการเติมในปริมาณสูงทำให้การเกิดเคิร์ดล่าช้าเล็กน้อยและลดปริมาณกรดแลคติกจากการเจือจางสารตั้งต้น การเกิดกรดอย่างต่อเนื่องระหว่างการเก็บรักษาช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีค่า pH อยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย นอกจากนี้ การเติมน้ำมะพร้าว น้ำหอม 100 มิลลิลิตร ยังช่วยยกระดับการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบให้สูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากความเปรี้ยวที่ลดลงเป็นหลัก อีกทั้งผลิตภัณฑ์ยังมีความคงตัวและปลอดภัยตลอดอายุการเก็บรักษา ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของน้ำมะพร้าว น้ำหอมในการใช้เป็นส่วนผสมเพื่อพัฒนาและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตทางเลือก

คำสำคัญ: น้ำมะพร้าว น้ำหอม; โยเกิร์ต; การประเมินทางประสาทสัมผัส; การเก็บรักษา

Abstract

Background and Objectives: Yogurt is a nutrient-dense dairy product produced by fermenting milk with lactic acid bacteria, providing essential nutrients and functional benefits, such as improving digestion for individuals with mild lactose intolerance. Recent innovations in the dairy industry have focused on blending plant-based ingredients to enhance nutritional value and attract health-conscious consumers. Aromatic coconut (*Cocos nucifera* L.) is an economic crop of Chachoengsao Province, featuring uniquely sweet and flavorful coconut water due to its cultivation in a distinctive three-water agricultural area, comprising freshwater, saltwater, and brackish water, which is rich in natural nutrients. However, studies on the fermentation dynamics and sensory acceptance of cow's milk blended with aromatic coconut water remain limited. This research aimed to study the production of yogurt blended with different proportions of aromatic coconut water, and to evaluate the physicochemical properties alongside

sensory characteristics and overall acceptance by panelists, as well as to assess product quality stability during storage.

Methodology: Yogurt was prepared using UHT milk, cornstarch, and commercial yogurt starter. Aromatic coconuts from plantations in Chachoengsao Province were used, with the coconut water pasteurized at 63 °C for 30 minutes and allowed to cool. Six yogurt formulations were developed by varying the proportion of aromatic coconut water: a control formula (no coconut water added) and experimental formulas containing 20, 40, 60, 80, and 100 ml of aromatic coconut water per 100 ml of UHT milk, respectively. All mixtures were pasteurized, inoculated with the starter culture, and incubated at 43 °C for 6 hours. Physicochemical changes during fermentation were monitored by collecting samples every 1 hour to determine pH, total soluble solids, and titratable acidity expressed as a percentage of lactic acid via titration with sodium hydroxide solution, concurrently with visual observation of curd formation. After storage at 4 °C for 24 hours, sensory evaluation was conducted with 30 untrained panelists using a 9-point hedonic scale to evaluate appearance, color, odor, taste, and overall liking. Statistical differences among the formulations were analyzed using One-way ANOVA and Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). The optimal formulation was subsequently evaluated for physicochemical and microbiological quality throughout a 21-day storage period.

Main Results: Aromatic coconut water yogurt took approximately 3-4 hours to form curds, depending on the coconut water concentration. The control formula and the 20 ml coconut water formula formed curds after 3 hours, whereas the 40 to 100 ml formulas required 4 hours. Throughout the 6-hour fermentation process, the pH of all samples showed a decreasing trend, with final values ranging from 4.40 ± 0.06 to 4.63 ± 0.06 . Meanwhile, total soluble solids decreased in all formulas to a range of 7.93 ± 0.15 to 8.54 ± 0.03 °Brix, indicating sugar utilization by lactic acid bacteria. Conversely, lactic acid content was highest in the control formula ($0.98 \pm 0.02\%$) and lowest in the 100 ml aromatic coconut water formula ($0.42 \pm 0.09\%$), which was a result of the substrate dilution effect. Sensory evaluation results showed no significant differences ($p > 0.05$) in appearance, color, and odor among the formulas. However, significant differences ($p < 0.05$) were observed in taste and overall liking scores, with the 100 ml aromatic coconut water formula receiving the highest taste score (5.60 ± 1.98) and overall liking score (5.60 ± 2.03) at a slightly like level. When this formulation was tested for stability during storage at 4 °C for 21 days, post-acidification successfully reduced the pH to safe standard levels (≤ 4.50). Furthermore, it continuously maintained lactic acid bacteria viability above 7.0 log CFU/g, with yeast and mold counts remaining below the detection limit.

Conclusions: The incorporation of aromatic coconut water as an ingredient in yogurt production significantly influenced the fermentation process and product characteristics. Although using higher proportions of coconut water slightly delayed curd formation and decreased lactic acid concentration due to the dilution effect, continuous

acid production during storage helped the product maintain a pH within safety standards. Moreover, the addition of 100 ml of aromatic coconut water elevated the overall acceptance by panelists to the highest level, primarily driven by the reduced sourness. The product also remained stable and safe throughout its shelf life. These findings confirm the potential of using aromatic coconut water as an ingredient to develop and add value to alternative yogurt products.

Keywords: aromatic coconut water; coconut water-incorporated yogurt; sensory acceptance; storage stability

*Corresponding author. E-mail : Apiradee.sri@ru.ac.th

Introduction

โยเกิร์ต (yogurt) เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่อุดมไปด้วยสารอาหาร ซึ่งเกิดจากการทำงานของแบคทีเรียกรดแลคติกในการเปลี่ยนแลคโตสเป็นกรดแลคติก ทำให้โยเกิร์ตมีรสชาติเปรี้ยวและเนื้อสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์ (Vedamuthu, 2006; Naveena & Maheswari, 2022) ปัจจุบันการพัฒนาโยเกิร์ตที่ผสมผสานส่วนประกอบจากพืชได้รับความนิยมอย่างมากเพื่อเพิ่มความหลากหลายทางประสาทสัมผัสและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค (Swarnalatha *et al.*, 2021) ที่ผ่านมามีการนำส่วนประกอบจากมะพร้าวมาประยุกต์ใช้ เช่น การใช้น้ำมะพร้าวเข้มข้นมาเป็นส่วนผสมร่วมกับนม (Pandiyan *et al.*, 2011) หรือการเสริมเนื้อมะพร้าวอ่อน (Ndife *et al.*, 2014) ซึ่งพบว่าสามารถปรับปรุงการยอมรับของผู้บริโภคได้

มะพร้าวน้ำหอม (*Cocos nucifera* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของไทย โดยเฉพาะผลผลิตจากพื้นที่ตำบลบางตลาด อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งมีลักษณะทางภูมิศาสตร์แบบระบบนิเวศ 3 น้ำ คือ น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม หมุนเวียนตามฤดูกาล สภาพแวดล้อมดังกล่าวทำให้เกิดการทับถมของตะกอนดินเหนียวที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยแร่ธาตุสำคัญ โดยเฉพาะโพแทสเซียม ส่งผลให้ผลผลิตมะพร้าวน้ำหอมในพื้นที่นี้มีคุณภาพดีเยี่ยม มีระดับความหวานที่สูงเด่นชัดและมีกลิ่นหอมคล้ายใบเตยที่เป็นอัตลักษณ์สำคัญ (Agricultural Research Development Agency, 2024) นอกจากนี้ น้ำมะพร้าวยังอุดมไปด้วยสารอาหารและแร่ธาตุตามธรรมชาติ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและเป็นทางเลือกใหม่ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

คุณลักษณะดังกล่าวบ่งชี้ถึงศักยภาพของน้ำมะพร้าวน้ำหอมในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร ข้อมูลเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้น้ำมะพร้าวน้ำหอมเป็นส่วนผสมในการผลิตโยเกิร์ตจากนมโคยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยงานวิจัยที่ผ่านมาเน้นการพัฒนาโยเกิร์ตที่เสริมด้วยกะทิ (Ndife *et al.*, 2014; Priya & Ramaswamy, 2016; Sanful, 2009; Naz *et al.*, 2023) เนื้อมะพร้าวอ่อน (Naveena & Maheswari, 2022) หรือผลิตภัณฑ์คล้ายโยเกิร์ตที่ผลิตจากกะทิ (Pachekrepapol *et al.*, 2021) เป็นหลัก ขณะที่ผลของการเติมน้ำมะพร้าวน้ำหอมต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ การยอมรับทางประสาทสัมผัส และการอยู่รอดของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ยังไม่ได้รับการศึกษาอย่างเพียงพอ โดยเฉพาะน้ำมะพร้าวน้ำหอมที่ผลิตจากพื้นที่ระบบนิเวศ 3 น้ำของตำบลบางตลาด อำเภอ

คลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ทั้งนี้การเติมน้ำมะพร้าว น้ำหอมในปริมาณที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อความเข้มข้นขององค์ประกอบรวมในส่วนผสม ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อกระบวนการหมักและคุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์

การศึกษานี้เป็นการต่อยอดจากการเรียนรู้โดยใช้ชุมชนเป็นฐาน (Community-based learning) เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตมะพร้าว น้ำหอมที่มีการปลูกเป็นจำนวนมากในพื้นที่ดังกล่าว (Naikhon *et al.*, 2024) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเติมน้ำมะพร้าว น้ำหอมในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ตลอดจนการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส รวมถึงการอยู่รอดของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบเกษตรอัตลักษณ์ท้องถิ่นและส่งเสริมการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ต่อไป

Methodology

1. วัตถุดิบและการเตรียมน้ำมะพร้าว น้ำหอม

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตน้ำมะพร้าว น้ำหอมประกอบด้วย น้ำมะพร้าว น้ำหอม นมยูเอชที แ่งข้าวโพด และหัวเชื้อโยเกิร์ต โดยมะพร้าว น้ำหอมได้จากแหล่งปลูกในตำบลบางตลาด อำเภอคลองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยคัดเลือกผลมะพร้าวอายุประมาณ 6.5 - 7 เดือน มีลักษณะเปลือกสีเขียวและเนื้อชั้นในเป็นเนื้อชั้นครึ่ง ซึ่งน้ำมะพร้าวสดที่นำมาใช้ในการศึกษามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 7.6 °Brix ส่วนนมยูเอชที (ตราเมจิ) แ่งข้าวโพด (ตราครัววังทิพย์) และหัวเชื้อโยเกิร์ตสดดั้งเดิม (ตราเมจิ) ซึ่งระบุบนฉลากว่าประกอบด้วยแบคทีเรียกรดแลคติกสายพันธุ์ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* จัดซื้อจากร้านค้าปลีกในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา การเตรียมน้ำมะพร้าว เริ่มจากการนำน้ำมะพร้าวมากรองผ่านตะแกรงตาถี่เพื่อแยกสิ่งเจือปน จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วลดอุณหภูมิลงอย่างช้า ๆ จนถึง 42-45 องศาเซลเซียส พักไว้เพื่อนำไปผสมในขั้นตอนต่อไป

2. กระบวนการพัฒนาสูตรและการผลิตโยเกิร์ตน้ำมะพร้าว น้ำหอม

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดลองเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการเติมน้ำมะพร้าว น้ำหอมเพื่อผลิตโยเกิร์ต แบ่งเป็นสูตรควบคุมและสูตรที่ผสมน้ำมะพร้าว น้ำหอม 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิลิตร โดยแปรผันปริมาณน้ำมะพร้าว น้ำหอมและคำนวณเทียบจากปริมาตรหลักของนมยูเอชที 100 มิลลิลิตร ซึ่งปริมาณส่วนผสมต่าง ๆ ได้แสดงไว้ใน Table 1

กระบวนการผลิตเริ่มต้นจากการนำนมยูเอชทีและแ่งข้าวโพดมาผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปล่อยให้ส่วนผสมเย็นลงจนถึงอุณหภูมิ 42-45 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติมน้ำมะพร้าว น้ำหอมซึ่งผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แยกต่างหากเพื่อรักษากลิ่นรส พร้อมกับเติมหัวเชื้อโยเกิร์ตลงไปตามสัดส่วนของแต่ละสูตร ยกเว้นสูตรควบคุมที่จะไม่มีการเติมน้ำมะพร้าว น้ำหอม เมื่อคนส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันแล้ว จึงนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ (Memmert รุ่น U30, Germany) ที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

Table 1 Formulation of yogurt incorporated with varying proportions of aromatic coconut water

Formulations	Ingredients			
	UHT milk (ml)	Corn starch (g)	Yogurt starter culture (g)	Aromatic coconut water (ml)
Control	100	0.5	5	0
20 ml addition	100	0.5	5	20
40 ml addition	100	0.5	5	40
60 ml addition	100	0.5	5	60
80 ml addition	100	0.5	5	80
100 ml addition	100	0.5	5	100

3. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพระหว่างการหมัก

ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพระหว่างการหมักทุก ๆ 1 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาการหมัก 6 ชั่วโมง ประเมินการเกิดเคิร์ด (curd formation) ด้วยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ โดยพิจารณาจากการที่ส่วนผสมสูญเสียสภาพความเป็นของเหลว และโปรตีนนมเริ่มจับตัวเป็นก้อนหรือลิ่มนมนอย่างชัดเจน วัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH แบบดิจิทัล (Index รุ่น ID1000, USA) หาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์แบบพกพา (ATAGO รุ่น ATC-1E, Japan) หาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) เป็นอินดิเคเตอร์ (AOAC, 2002) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้แสดงในรูปร้อยละของกรดแลคติก โดยการวิเคราะห์ทั้งหมดทำซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้โดยแทนค่าในสมการ (1)

$$\text{ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ร้อยละ)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH (N)} \times \text{ปริมาตรของ NaOH (ml)} \times \text{น้ำหนักโมเลกุลสมมูลของกรดแลคติก}}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (ml)}} \times 100 \quad (1)$$

4. การประเมินทางประสาทสัมผัส

หลังจากเก็บรักษาโยเกิร์ตน้ำมะพร้าว น้ำหอมไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาทดสอบกับผู้ทดสอบทั่วไป (untrained panelists) จำนวน 30 คน ซึ่งประกอบด้วย นักศึกษา บุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ และประชาชนในพื้นที่ อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา ที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้า คือ เป็นผู้ที่ไม่บริโภคโยเกิร์ตเป็นประจำและไม่มีประวัติแพ้นมวัวหรือมะพร้าว ขั้นตอนการประเมินดำเนินการโดยเสิร์ฟตัวอย่างปริมาณ 15 มิลลิลิตร ในถ้วยพลาสติกใสที่ระบุรหัสตัวเลข 3 หลักแบบสุ่ม และนำตัวอย่างให้ผู้ทดสอบแบบสุ่มลำดับ ผู้ทดสอบได้รับทราบวัตถุประสงค์และยินยอมเข้าร่วมการทดสอบ โดยโครงการวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย เครือข่ายมหาวิทยาลัยนครสวรรค์ (หมายเลขรับรอง: NREC No. 0046/2023) จากนั้นให้ผู้ทดสอบประเมินลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ประเมินความชอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-9 คะแนน โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

5. การศึกษาอายุการเก็บรักษาและการอยู่รอดของจุลินทรีย์

เพื่อประเมินความคงตัวและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา งานวิจัยนี้ได้นำโยเกิร์ตน้ำมะพร้าว น้ำหอมสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดจากการประเมินทางประสาทสัมผัสมาศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยบรรจุตัวอย่างในภาชนะปิดสนิทและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน ทำการเก็บตัวอย่างในวันที่ 1, 7, 14 และ 21 เพื่อนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพ (ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด) และคุณภาพทางจุลชีววิทยา ดังนี้

5.1 การนับปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก นำตัวอย่างโยเกิร์ตมาเจือจางตามลำดับส่วน (serial dilution) ด้วยสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (0.1% sterile peptone water) จากนั้นนำไปเพาะเชื้อด้วยวิธีเกลี่ยเชื้อ (spread plate) ลงบนผิวหน้าอาหาร de Man, Rogosa and Sharpe (MRS) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และรายงานผลเป็นค่าลอการิทึมของจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง (log CFU/g)

5.2 การตรวจหาเชื้อราและยีสต์ นำตัวอย่างที่ผ่านการเจือจางแล้วไปเพาะเชื้อด้วยวิธีเกลี่ยเชื้อลงบนผิวหน้าอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน สังเกตการเจริญและรายงานผลรวมเป็นค่าลอการิทึมของจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง (log CFU/g)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวางแผนการทดลองสำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และการประเมินอายุการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยดำเนินการทดลอง 3 ซ้ำ การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมักโดยเปรียบเทียบสูตรและเวลาโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยกำหนดให้ผู้ทดสอบชิมเป็น Block ข้อมูลที่ได้นำมาสรุปผลเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$ และ SD) วิเคราะห์ความแตกต่างของชุดข้อมูลในแต่ละสถานะด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 29 (IBM SPSS statistics, USA)

Results

1. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพระหว่างการหมัก

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของตัวอย่างโยเกิร์ตน้ำมะพร้าว น้ำหอมระหว่างกระบวนการหมัก (Figure 1) พบว่า ในระยะเริ่มต้นตัวอย่างมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.13 ± 0.06 ถึง 6.33 ± 0.06 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 12.0 ± 0.09 ถึง 16.0 ± 0.23 °Brix และปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.09 ± 0.02 ถึง 0.15 ± 0.03

ในระหว่างการหมัก พบการเกิดเคิร์ดในโยเกิร์ตสูตรควบคุมและสูตรที่ผสมน้ำมะพร้าว น้ำหอม 20 มิลลิลิตร หลังจากผ่านไป 3 ชั่วโมง โดยมีค่า pH ประมาณ 5.3 ± 0.06 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 12.7 ± 0.08 ถึง 13.3 ± 0.58 °Brix และปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.3 ± 0.04 ถึง 0.34 ± 0.11 ในขณะที่สูตรที่ผสมน้ำมะพร้าว น้ำหอม 40, 60, 80

และ 100 มิลลิลิตร เกิดเคิร์ดหลังจากชั่วโมงที่ 4 โดยมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.83 ± 0.06 ถึง 5.03 ± 0.06 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 8.2 ± 0.29 ถึง 8.7 ± 0.58 °Brix และปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.32 ± 0.03 ถึง 0.48 ± 0.02 เมื่อสิ้นสุดการหมัก (ชั่วโมงที่ 6) ค่า pH ของทุกตัวอย่างลดลงมาอยู่ในช่วง 4.40 ± 0.06 ถึง 4.63 ± 0.06 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยสูตรควบคุมมีค่า pH ต่ำที่สุด (4.40 ± 0.06) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและปริมาณกรดแลคติกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกตัวอย่างหลังจากการหมักผ่านไป 3 ชั่วโมง โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดลดลงมาอยู่ในช่วง 7.93 ± 0.15 ถึง 8.54 ± 0.03 °Brix ในขณะที่ปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.42 ± 0.09 ถึง 0.98 ± 0.02 ซึ่งสูตรควบคุมมีปริมาณกรดแลคติกสูงที่สุด การวิเคราะห์ทางสถิติ (Table 2) แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของน้ำมะพร้าว น้ำหอมที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่า pH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณกรดแลคติก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2. การประเมินทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตน้ำมะพร้าว น้ำหอม

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างโยเกิร์ตโดยผู้ทดสอบทั่วไป แสดงไว้ใน Table 3 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าคะแนนในด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น ของสูตรควบคุมและสูตรที่ผสมน้ำมะพร้าว น้ำหอมทุกสูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในด้านรสชาติและความชอบโดยรวมระหว่างสูตรควบคุมและสูตรทดลอง โดยโยเกิร์ตสูตรที่ผสมน้ำมะพร้าว น้ำหอม 100 มิลลิลิตร ได้รับคะแนนสูงสุดในด้านรสชาติ (5.60 ± 1.98) และความชอบโดยรวม (5.60 ± 2.03) ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรที่ผสมน้ำมะพร้าว น้ำหอม 80 มิลลิลิตร ในขณะที่สูตรควบคุมได้รับคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยมีคะแนนด้านรสชาติ (3.53 ± 1.99) และความชอบโดยรวม (4.30 ± 2.23) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับสูตรที่ผสมน้ำมะพร้าว น้ำหอม 80 และ 100 มิลลิลิตร

Table 2 Physicochemical properties of different formulations of aromatic coconut water yogurt after incubation at 43 °C for 6 hours

Formulations	Parameters		
	pH	Total soluble solid (°Brix)	Lactic acid (%)
Control	4.40 ± 0.06^b	7.93 ± 0.15^b	0.98 ± 0.02^a
20 ml addition	4.45 ± 0.05^b	7.97 ± 0.06^b	0.66 ± 0.13^b
40 ml addition	4.47 ± 0.09^{ab}	8.00 ± 0.17^b	0.65 ± 0.09^b
60 ml addition	4.49 ± 0.04^{ab}	8.03 ± 0.06^b	0.63 ± 0.18^b
80 ml addition	4.53 ± 0.15^{ab}	8.10 ± 0.10^b	0.57 ± 0.02^b
100 ml addition	4.63 ± 0.06^a	8.54 ± 0.03^a	0.42 ± 0.09^b

Data are expressed as mean $\pm$ standard deviation. ^{a-d} Different superscripts letter in the same column indicate statistical difference ($p < 0.05$)

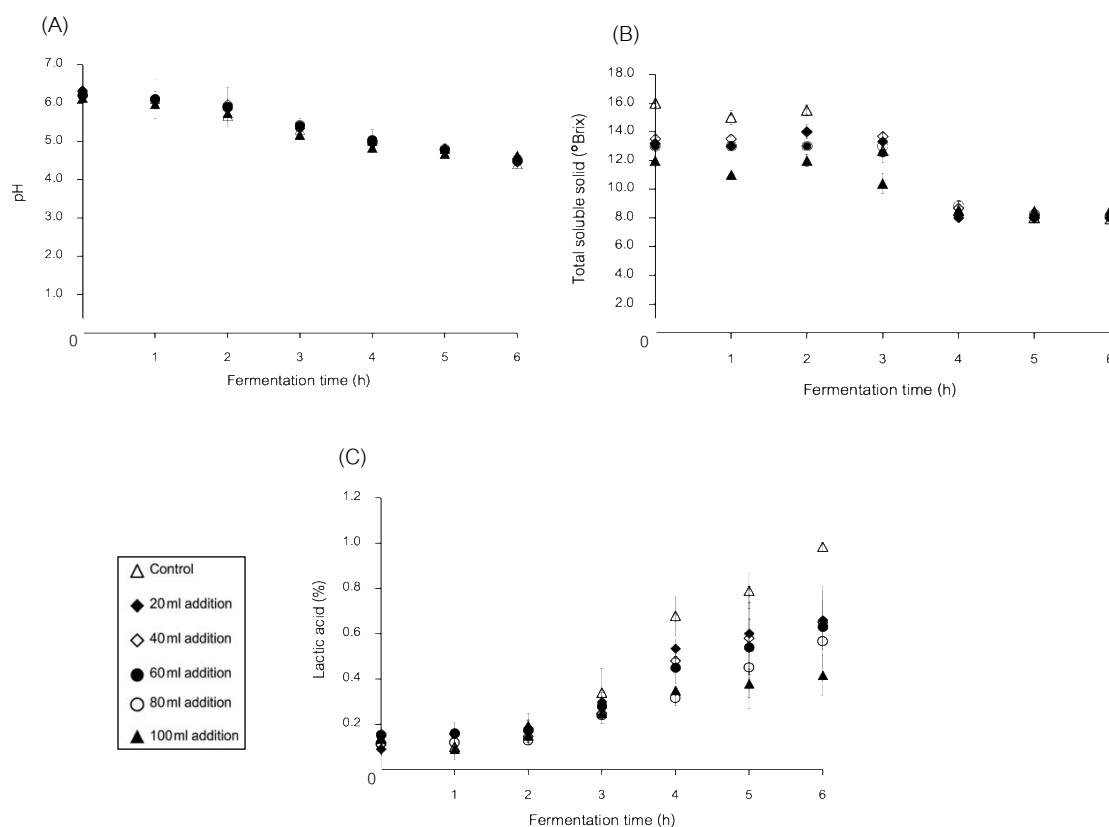


Figure 1 Changes in pH (A), total soluble solids (B), and lactic acid (C) during fermentation. Data are expressed as mean $\pm$ standard deviation (error bars) from triplicate experiments

Table 3 Sensory evaluation of yogurt incorporated with varying proportions of aromatic coconut water

Formulations	Parameters				
	Appearance ^{ns}	Color ^{ns}	Odor ^{ns}	Taste	Overall liking
Control	6.23 $\pm$ 1.59	5.70 $\pm$ 1.91	6.47 $\pm$ 1.80	3.53 $\pm$ 1.99 ^d	4.30 $\pm$ 2.23 ^b
20 ml addition	6.50 $\pm$ 1.28	6.03 $\pm$ 1.85	6.30 $\pm$ 1.68	4.23 $\pm$ 2.11 ^{cd}	5.03 $\pm$ 2.14 ^{ab}
40 ml addition	6.26 $\pm$ 1.28	5.96 $\pm$ 1.79	6.13 $\pm$ 1.81	4.37 $\pm$ 2.11 ^c	4.90 $\pm$ 1.99 ^{ab}
60 ml addition	6.20 $\pm$ 1.10	5.86 $\pm$ 1.85	6.10 $\pm$ 1.60	4.80 $\pm$ 1.99 ^{bc}	5.00 $\pm$ 1.93 ^{ab}
80 ml addition	6.36 $\pm$ 1.69	5.73 $\pm$ 2.02	6.27 $\pm$ 1.62	5.27 $\pm$ 2.05 ^{ab}	5.50 $\pm$ 1.80 ^a
100 ml addition	5.66 $\pm$ 1.68	5.60 $\pm$ 2.11	6.50 $\pm$ 1.81	5.60 $\pm$ 1.98 ^a	5.60 $\pm$ 2.03 ^a

Data are expressed as mean $\pm$ standard deviation. ^{a-d}Different superscripts letter in the same column indicate statistical difference ($p < 0.05$). ^{ns} not significant.

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพและการอยู่รอดของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา

การประเมินคุณภาพทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตน้ำมะพร้าวรสหวานระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน (Table 4) พบว่าค่า pH และปริมาณกรดแลคติกตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.43 ± 0.21 ถึง 4.60 ± 0.10 และปริมาณกรดแลคติกอยู่ระหว่างร้อยละ 0.40 ± 0.02 ถึง 0.44 ± 0.01 ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จาก 8.53 ± 0.06 °Brix ในวันที่ 1 เป็น 7.73 ± 0.12 °Brix ในวันที่ 21

สำหรับคุณภาพทางจุลชีววิทยา (Table 5) พบว่าปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกตลอดระยะเวลา 21 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 7.06 ± 0.14 ถึง 7.14 ± 0.09 log CFU/g ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นอกจากนี้ไม่ตรวจพบเชื้อราและยีสต์ (ND) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากปริมาณเชื้ออยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่สามารถตรวจพบได้

Table 4 Changes in physicochemical properties of aromatic coconut water yogurt during storage at 4 °C for 21 days

Days	Parameters		
	pH	Total soluble solid (°Brix)	Lactic acid (%)
1	4.60 ± 0.10^a	8.53 ± 0.06^a	0.40 ± 0.02^a
7	4.53 ± 0.25^a	8.16 ± 0.15^b	0.43 ± 0.02^a
14	4.47 ± 0.15^a	7.90 ± 0.10^{bc}	0.43 ± 0.01^a
21	4.43 ± 0.21^a	7.73 ± 0.12^c	0.44 ± 0.01^a

Data are expressed as mean $\pm$ standard deviation ($n = 3$). ^{a-d}Different superscripts letter in the same column indicate statistical difference ($p < 0.05$). ND = Not detected

Table 5 Changes in microbiological quality of aromatic coconut water yogurt during storage at 4 °C for 21 days

Days	Microorganism (log CFU/g)	
	Lactic acid bacteria	Yeast and Mold
1	7.06 ± 0.14^a	ND
7	7.13 ± 0.06^a	ND
14	7.14 ± 0.09^a	ND
21	7.11 ± 0.11^a	ND

Data are expressed as mean $\pm$ standard deviation ($n = 3$). ^{a-d}Different superscripts letter in the same column indicate statistical difference ($p < 0.05$). ND = Not detected

Discussion

จากผลการทดลองพบว่า การเกิดเคิร์ดและค่า pH ที่ลดลงมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ในระหว่างกระบวนการหมัก การผลิตกรดโดยแบคทีเรียกรดแลคติกส่งผลให้ค่า pH ลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อค่า pH ลดลงถึงจุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) ของเคซีน (casein) ความคงตัวของคอลลอยด์ของเคซีนไมเซลล์จะถูกทำลาย ส่งผลให้เกิดการตกตะกอนของกรดเคซีน และการก่อตัวเป็นเคิร์ด (Vedamuthu, 2006) กรดที่เกิดขึ้นนี้ไม่เพียงแต่ให้รสชาติเปรี้ยวที่เป็นเอกลักษณ์ แต่ยังมีความสำคัญในการเปลี่ยนสถานะของนมเหลวให้กลายเป็นเคิร์ดกึ่งแข็ง การลดลงของค่า pH เป็นผลมาจากการที่แบคทีเรียกรดแลคติกย่อยสลายแลคโตสไปเป็นกลูโคสและกาแลคโตส ก่อนจะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกในที่สุด โดยค่า pH สุดท้ายของโยเกิร์ตน้ำมะพร้าว น้ำหอมในการศึกษานี้ สอดคล้องกับระดับค่า pH 4.20-4.57 ของโยเกิร์ตกะทิที่เคยมีรายงานโดย Sanful (2009) และ Pachekrepapol *et al.* (2021) โดยค่า pH สุดท้ายของการหมักในสูตรควบคุมจนถึงสูตรที่ผสมน้ำมะพร้าวน้ำหอมร้อยละ 60 ลดลงมาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย (≤ 4.50) ที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ (Donkor *et al.*, 2006) แม้ว่าสูตรที่ผสมน้ำมะพร้าวน้ำหอม 80 และ 100 มิลลิลิตร จะมีค่า pH สิ้นสุดการหมักเท่ากับ 4.53 ± 0.15 และ 4.63 ± 0.06 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ดังกล่าวเล็กน้อย แต่ผลการประเมินระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Table 4) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการ post-acidification สามารถปรับลดค่า pH ของผลิตภัณฑ์ให้ลงมาอยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ตลอดอายุการเก็บรักษา แม้ว่าน้ำมะพร้าวจะอุดมไปด้วยน้ำตาลธรรมชาติและแร่ธาตุ แต่ผลการศึกษาพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีแนวโน้มลดลงเมื่อสัดส่วนของการเติมน้ำมะพร้าวน้ำหอมเพิ่มสูงขึ้น ปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากผลของการเจือจาง (Dilution effect) เนื่องจากในการออกแบบการทดลอง การเพิ่มปริมาณน้ำมะพร้าวส่งผลให้ปริมาตรรวมของส่วนผสมเพิ่มขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของแลคโตสจากนมโคและปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นเจือจางลง ส่งผลให้อัตราการสร้างกรดแลคติกลดลงตามลำดับ

สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด พบว่ามีแนวโน้มลดลงในทุกสูตรระหว่างการหมัก ปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณวัตถุแห้ง (dry matter) ในตัวอย่างโยเกิร์ต (Belew *et al.*, 2010; Khalifa *et al.*, 2011) การลดลงนี้เกิดจากการที่แบคทีเรียกรดแลคติกนำน้ำตาลไปใช้ประโยชน์ รวมถึงผลจากกิจกรรมทางเมแทบอลิซึมอื่น ๆ (Ajibola *et al.*, 2021) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Arkan *et al.* (2022) ที่ระบุว่าสารเมแทบอลิซึมจะถูกปล่อยออกจากเซลล์และสะสมในของเหลวหมัก ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เหลืออยู่ กรดแลคติก และกรดอินทรีย์ ถูกนับรวมเป็นของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ndife *et al.* (2014) ที่พบการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในลักษณะเดียวกันในโยเกิร์ตที่เสริมด้วยส่วนประกอบจากมะพร้าว ในส่วนของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ซึ่งแสดงในรูปของกรดแลคติก พบว่าปริมาณกรดแลคติกแปรผกผันกับสัดส่วนของน้ำมะพร้าวน้ำหอม โยเกิร์ตที่ใช้ส่วนผสมน้ำมะพร้าวน้ำหอม 100 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแลคติกต่ำที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Gangwar *et al.* (2018) ในขณะที่สูตรควบคุมมีปริมาณกรดแลคติกสูงสุดสอดคล้องกับรายงานของ Arkan *et al.* (2022) กรดแลคติกที่ผลิตขึ้นจะถูกปล่อยออกจากเซลล์และสะสมในสัปปะรด ยิ่งมีการนำแลคโตสไปใช้ในการเจริญเติบโตของเซลล์มากเท่าใด ปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นก็จะยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น นอกจากนี้ ในระหว่างการหมัก กระบวนการสลายโปรตีน (proteolysis) ของโปรตีนในนมยังทำให้เกิดเปปไทด์และกรดอะมิโน ซึ่งมีส่วนช่วยในการสร้างสารประกอบที่ให้อารมณ์รส ในขณะที่แบคทีเรียกรดแลคติกมีบทบาทสำคัญในการสร้างโครงสร้างเนื้อสัมผัส (Yang *et al.*, 2014)

สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัส ซึ่งเป็นเกณฑ์สำคัญในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุด พบว่าโยเกิร์ตสูตรที่ใช้น้ำมะพร้าว น้ำหอม 100 มิลลิตร ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาเชื่อมโยงกับผลทางเคมีกายภาพ (Table 2) พบว่าสูตรดังกล่าวมีปริมาณกรดแลคติกต่ำที่สุดและมีค่า pH สูงที่สุด ซึ่งบ่งชี้ว่าผู้ทดสอบมีแนวโน้มให้การยอมรับโยเกิร์ตที่มีรสเปรี้ยวลดลง ร่วมกับความหวานตามธรรมชาติจากน้ำมะพร้าว น้ำหอม นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาคะแนนด้านกลิ่นที่ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติในทุกสูตร จึงสามารถสรุปได้ว่าการยอมรับโดยรวมที่เพิ่มขึ้นเกิดจากปัจจัยด้านรสชาติที่ลดความเปรี้ยวลงจากผลของการเจือจางกรดแลคติก เมื่อนำผลิตภัณฑ์สูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุดมาศึกษาความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่าค่า pH ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการ post-acidification เกิดขึ้นในระดับที่ต่ำมาก ซึ่งส่งผลดีต่อการรักษากลิ่นรสไม่ให้เปรี้ยวจัดจนกระทบต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Donkor *et al.*, 2006) ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ บ่งชี้ว่าจุลินทรีย์ยังคงมีการนำน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมอย่างต่อเนื่องแม้ในอุณหภูมิต่ำ (Chen *et al.*, 2017) ทางด้านคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่าการรอดชีวิตของแบคทีเรียกรดแลคติกมีความคงตัวและปริมาณเชื้อไม่ลดลงตลอด 21 วัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 7.06 ± 0.14 ถึง 7.14 ± 0.09 log CFU/g ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตไม่น้อยกว่า 7.0 log CFU/g (Codex Alimentarius, 2003) รวมถึงตรวจไม่พบเชื้อราและยีสต์ ยืนยันถึงกระบวนการผลิตที่มีสุขลักษณะที่ดีและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Ledenbach & Marshall, 2009)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น ซึ่งมีข้อจำกัดด้านความแตกต่างของปริมาณรวมในแต่ละสูตรการทดลอง ส่งผลให้เกิดความแปรผันของปริมาณของแข็งทั้งหมด และความเข้มข้นของส่วนผสมหลักจากการเจือจาง อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาที่ได้ให้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเกี่ยวกับศักยภาพของน้ำมะพร้าว น้ำหอมในการส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติกและยกระดับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งสามารถนำไปใช้อ้างอิงเพื่อการพัฒนาและปรับสมดุลสูตรผลิตภัณฑ์สำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไป ปัจจุบันในประเทศไทยได้มีการตื่นตัวในการนำน้ำมะพร้าวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตและอาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพอย่างแพร่หลาย เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตน้ำมะพร้าว น้ำหอมและการประเมินอายุการเก็บรักษาในการศึกษารั้งนี้ จึงตอกย้ำให้เห็นถึงศักยภาพของน้ำมะพร้าว น้ำหอมของจังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและเป็นแหล่งอาหารชั้นดีสำหรับแบคทีเรียกรดแลคติก แต่ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชเศรษฐกิจของประเทศอย่างยั่งยืน

Conclusions

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำน้ำมะพร้าว น้ำหอมมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตผสมน้ำมะพร้าว น้ำหอม โดยผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าการแปรผันสัดส่วนของน้ำมะพร้าว น้ำหอมมีอิทธิพลโดยตรงต่อกระบวนการหมักและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพอย่างมีนัยสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นระยะเวลาการเกิดเคิร์ด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และความเข้มข้นของกรดแลคติก ทั้งนี้ ค่า pH สุดท้ายของผลิตภัณฑ์ยังคงรักษามาตรฐานความปลอดภัยทางอาหารไว้ได้ จากการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า สูตรที่ใช้น้ำมะพร้าว น้ำหอม 100 มิลลิตรเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติและการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

เมื่อนำผลิตภัณฑ์สูตรที่เหมาะสมที่สุดมาศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์มีความคงตัวของคุณภาพทางเคมีกายภาพสูง ซึ่งช่วยรักษากลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ไว้ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังสามารถรักษาระดับการมีชีวิตของแบคทีเรียกรดแลคติกให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้อย่างต่อเนื่องตลอดอายุการเก็บรักษา โดยตรวจไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อราและยีสต์ จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า น้ำมะพร้าว น้ำหอมมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มมูลค่าที่ช่วยยกระดับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ส่งเสริมการคงอยู่ของแบคทีเรียกรดแลคติก และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์นมหมัก ตลอดจนเป็นการสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากผลผลิตทางการเกษตรของไทยอย่างมีประสิทธิภาพ

Acknowledgments

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

References

- Agricultural Research Development Agency. (2024). *Thai agricultural innovation: Enhancing the quality of local aromatic coconut*. Bangkok: Agricultural Research Development Agency. (in Thai)
- Ajibola, O. O., Lihan, S., Hussaini, A., Hipolito, C.N., Octavio, C.Z., Sarbini, S.R., & Mohamad, S.A.S. (2021). Cell viability, physicochemical and sensory characteristics of probiotic coconut juice during cold storage. *Journal of Sustainability Science and Management*, 16(8), 1-13.
- Arkan, N.D., Setyawardani, T., & Rahardjo, A.H.D. (2022). Physicochemical and functional properties of yoghurt made of cow milk, colostrum, and milk-colostrum combination. *Food Research*, 6(1), 188-195.
- Association of Official Analytical Chemists. (2002). *Official method of analysis* (16th ed.). Washington DC.
- Belewu, M.A., Belewu, K.Y., & Bamidele, R.A. (2010). Cyper-coconut yoghurt; preparation, compositional and organoleptic qualities. *African Journal of Food Science and Technology*, 1(1), 010-012.
- Chen, C., Zhao, S., Hao, G., Yu, H., Tian, H., & Zhao, G. (2017). Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. *International Journal of Food Properties*, 20(S1), S316-S330.
- Codex Alimentarius. (2003). *Codex standard for fermented milks (CXS 243-2003)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and World Health Organization (WHO).

- Donkor, N.O., Henriksson, A., Vasiljevic, T., & Shah, N. (2006). Effect of acidification on the activity of probiotics in yoghurt during cold storage. *International Dairy Journal*, 16(10), 1181-1189.
- Gangwar, A.S., Bhardwaj, A., & Sharma, V. (2018). Fermentation of tender coconut water by probiotic bacteria *Bacillus coagulans*. *International Journal of Food Studies*, 7(1), 100-110.
- Khalifa, M., Elgasim, A., Zaghloul, A., & Maufouz, M. (2011). Application of inulin and mucilage as stabilizers in yoghurt production. *American Journal of Food Technology*, 6(1), 31-39.
- Ledenbach, L. H., & Marshall, R. T. (2009). Microbiological spoilage of dairy products. In W. H. Sperber & M. P. Doyle (Eds.), *Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages* (pp. 41-67). Springer, New York, NY.
- Naikhon, N., Sripiromrak, A., Udomsaksakul, N., & Olanratmanee, P. (2024). Community-based project learning model to promote 21st century learning skills for applied biology students Ratjabhat Rajanagarindra university. *Journal of Education Burapha University*, 35(1), 71-85. (in Thai)
- Naveena, C. P. ,& Maheswari, S. U. (2022). Antioxidant activity of yoghurt incorporated with tender coconut water and tender coconut meat. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 10(10), 578-585.
- Naz, H., Raza, N., Murtaza, S., Naz, A., & Farooq, U. (2023). Development and quality evaluation of non-dairy yogurts. *Journal of Nutritional and Food Sciences*, 4(1), 06-12.
- Ndife, J., Idoko, F., & Garba, R. (2014). Production and quality assessment of functional yoghurt enriched with coconut. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(6), 545-550.
- Pachekrepapol, U., Kokhuenkhan, Y., & Ongsawat, J. (2021). Formation of yogurt-like product from coconut milk and evaluation of physicochemical, rheological, and sensory properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 1-7.
- Pandiyan, C., Malarkannan, S. P., & Geewarghese, P. I. (2011). Utilization of coconut water for the preparation of yoghurt. *Journal of Indian Veterinary Association Kerata*, 9(2), 43-46.
- Priya, S. R., & Ramaswamy, L. (2016). Preparation and quality assessment of yoghurt prepared from dairy milk and coconut (*Cocos nucifera*, L) Milk. *Cord*, 32(1), 15-24.

- Sanful, R. E. (2009). Promotion of coconut in the production of yoghurt. *African Journal of Agriculture and Food Security*, 3(5), 147-149.
- Swarnalatha, G., Sudharani, K., & Rajgopat, K. (2021). Optimization and textural properties of set yoghurt prepared with hydrocolloids, milk and tender coconut water. *Biological Forum-An International Journal*, 13(3), 71-75.
- Vedamuthu, E.R. (2006). Starter cultures for yogurt and fermented milks. In: R.C. Chandan (Eds.), *Manufacturing yogurt and fermented milks* (pp. 89-115). Oxford, UK: Blackwell publishing.
- Yang, T., Wu, K., Wang, F., Liang, X., Liu, Q., Li, G., & Li, Q. (2014). Effect of exopolysaccharides from lactic acid bacteria on the texture and microstructure of buffalo yoghurt. *International Dairy Journal*, 34(2), 252-256.