

ผลของน้ำหวานดอกมะพร้าวต่อลักษณะทางกายภาพและการส่งเสริมจุลินทรีย์โพรไบโอติก ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

Effect of coconut flower nectar on the physical characteristics and probiotics enhancement
in ice cream products

จารุพัฒน์ กาญจนรงค์¹ ณัชชา พันธุ์วงศ์² และ วิจิตรา ปล้องบรรจง^{1*}
Jurapat Kanjanarong¹, Natcha Phantuwong² and Vijitra Plongbunjong^{1*}

บทคัดย่อ

การพัฒนาไอศกรีมเสริมใยอาหารจากน้ำหวานดอกมะพร้าว โดยศึกษาการใช้ น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทราย 3 ระดับ คือ 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสูตรที่ใช้ น้ำหวานดอกมะพร้าวที่ 75 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า prebiotic activity scores เท่ากับ 1.69 ± 0.05 มีค่าร้อยละการขึ้นฟู 2.77 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหนืด 698.44 ± 5.87 cPs ซึ่งเพิ่มขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีพบว่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส 20 วัน มีค่าเท่ากับ 15.33 ± 0.58 องศาบริกซ์ มีปริมาณความชื้นและเส้นใยร้อยละ (น้ำหนักแห้ง) 70.61 และ 8.42 ตามลำดับ ส่วนการใช้ น้ำหวานดอกมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก *Bifidobacteria bifidum* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า prebiotic activity scores เท่ากับ 1.69 ± 0.07 มีค่าร้อยละการขึ้นฟู 4.68 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหนืด 600.32 ± 5.11 cPs การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีพบว่าของแข็งที่ละลายน้ำได้หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส 20 วัน มีค่าเท่ากับ 14.33 ± 1.15 องศาบริกซ์ มีปริมาณความชื้นและเส้นใยร้อยละ (น้ำหนักแห้ง) 68.34 และ 6.31 ตามลำดับ จากการวิจัยพบว่าไอศกรีมสูตรที่ใช้น้ำหวานดอกมะพร้าว 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรที่ดีที่สุดสำหรับส่งเสริมการเจริญของ *L. acidophilus* ในขณะที่ไอศกรีมสูตรที่ใช้น้ำหวานดอกมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเจริญของ *B. bifidum* ได้ดีที่สุด และเมื่อปริมาณน้ำหวานดอกมะพร้าวเพิ่มมากขึ้น ทำให้ใยอาหารเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
คำสำคัญ: น้ำหวานดอกมะพร้าว ใยอาหาร ไอศกรีม โพรไบโอติก

Abstract

The development of dietary fiber fortified ice cream from coconut flower nectar was studied using coconut flower nectar as a sugar substitute at levels: 25, 50 and 75%. It was found that the formula using coconut flower nectar at 75% most effectively promoted the growth of the probiotic microorganism *Lactobacillus acidophilus*, which showed a prebiotic activity scores of 1.69 ± 0.05 , and overrun of 2.77%, and viscosity of 698.44 ± 5.87 cPs, which were significantly higher ($p \leq 0.05$) compared to the control group. Chemical analysis showed that the soluble solids content after storage at -5 °C for 20 days was 15.33 ± 0.58 °Bx, with moisture and fiber contents of 70.61% and 8.42% (dry basis; d.b.), respectively. Ice cream containing 50% coconut flower nectar most effectively promoted the growth of probiotic microorganisms, *Bifidobacteria bifidum*, with a prebiotic activity score of 1.69 ± 0.07 , an overrun of 4.68%, and a viscosity of 600.32 ± 5.11 cPs. Chemical analysis showed that the soluble solids content after 20 days at -5 °C was 14.33 ± 1.15 °Bx, with moisture and fiber contents of 68.34% and 6.31% (d.b.), respectively. This study found that ice cream containing 75% coconut flower nectar was the most suitable formula for promoting the growth of *L. acidophilus*,

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

¹ Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

² โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

² School of Culinary Art, Suan Dusit University

* Corresponding author. E-mail: vijitra.plo@rmutr.ac.th

while ice cream containing 50% coconut flower nectar most effectively promoted the growth of *B. bifidum*. Furthermore, an increase in coconut flower nectar concentration significantly increased the dietary fiber content in the ice cream ($p \leq 0.05$).

Keywords: coconut flower nectar, dietary fiber, ice cream, probiotics

บทนำ

น้ำตาลมะพร้าวเป็นสารให้ความหวานที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ข้อมูลจากปี 2021 พบว่า น้ำตาลมะพร้าวหนึ่งกิโลกรัมมีราคา 15-46 ยูโร ในทางตรงกันข้ามน้ำตาลบริสุทธิ์แบบดั้งเดิม 1 กิโลกรัมมีราคาเพียง 0.88 ยูโร (Meliany et al., 2022) น้ำตาลมะพร้าวซึ่งผลิตจากน้ำหวานดอกมะพร้าวที่ได้มาจากช่อดอกอ่อนของมะพร้าว (*Cocos nucifera* L.) ภาษาชาวบ้านเรียกว่า วงง หรือ จั่น ซึ่งดอกอ่อนที่เอามาทำน้ำตาลได้นั้นจะต้องเป็นดอกที่ยังไม่มีการผสมหรือมีเปลือกแข็งห่อหุ้ม แล้วนำน้ำตาลที่ได้มาแปรรูปให้มีลักษณะเป็นผงเพื่อให้ผู้บริโภครับประทานได้ง่าย (Saraiva et al., 2023) โดยปกติแล้วมะพร้าวจะออกช่อดอกได้เดือนละ 1 ครั้ง มีน้ำหวานช่อดอกมะพร้าวที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ 2 ครั้งต่อวัน (เช้าและเย็น) ในแต่ละครั้งจะได้น้ำหวานดอกมะพร้าวประมาณ 1.50 ลิตรต่อต้น (Hebbbar et al., 2015) น้ำหวานช่อดอกมะพร้าวมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว มีแร่ธาตุและวิตามินมากกว่าน้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทรายทั่วไป เช่น โพแทสเซียม เหล็ก สังกะสี แคลเซียม และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ ด้วย อีกทั้งน้ำหวานจากดอกมะพร้าวยังให้พลังงานที่ต่ำกว่า มีงานวิจัยที่ยืนยันได้น้ำตาลดอกมะพร้าวมีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index: GI) เท่ากับ 35 ซึ่งต่ำกว่าค่า GI ของน้ำตาลซูโครสที่มีค่าเท่ากับ 65 (Saraiva et al., 2023) เพราะน้ำหวานจากดอกมะพร้าวมีใยอาหารชนิดอินนูลิน (inulin) ซึ่งเป็นสารกลุ่มพรีไบโอติกที่คาดว่าจะสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติกได้ และยังมีคุณสมบัติช่วยให้อวัยวะดูดซึมน้ำตาลกลูโคสได้ช้าลง ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดไม่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเหมือนกับน้ำตาลทั่วไป จึงสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานและโรคหลอดเลือดหัวใจ (Srikaeo & Thongta, 2015)

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้นและมีทัศนคติเชิงลบต่อการบริโภคอาหารที่มีน้ำตาลสูง ดังนั้นจึงมีการใช้สารให้ความหวานอื่น ๆ เช่น น้ำตาลมะพร้าวแทนน้ำตาลขัดขาว (Wrage et al., 2019) โดยส่วนใหญ่ น้ำหวานดอกมะพร้าวจะอยู่ในรูปเครื่องดื่มหรือเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารเชิงหน้าที่ (functional foods) (Sudha et al., 2019) ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์ของหวานที่ได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภค โดยเฉพาะเด็กและกลุ่มวัยกลางคน อย่างไรก็ตาม ไอศกรีมให้พลังงานสูง ซึ่งพลังงานส่วนใหญ่มาจากปริมาณน้ำตาลและไขมันที่สูง มีความหวานสูงกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีกทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่แทบจะไม่มีใยอาหารอยู่เลย งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวมาทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม เป็นทางเลือกเพื่อสุขภาพให้กับผู้บริโภคได้ ซึ่งการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการทำไอศกรีมเสริมใยอาหารจากน้ำหวานดอกมะพร้าวนั้น น่าจะส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มมูลค่าสินค้า และอัตราการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง โดยสามารถสร้างสินค้าที่เป็นเอกลักษณ์ให้กับชุมชนตัวเอง ทำให้แข่งขันทางการตลาดกับกลุ่มธุรกิจด้านอาหารสุขภาพได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลการใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตไอศกรีม โดยทดลองใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทราย 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ และศึกษาคุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติกของน้ำหวานจากดอกมะพร้าว โดยใช้จุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติกที่ได้รับการรับรอง เช่น *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacteria bifidum* ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบทางเดินอาหารให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ โดยทำการศึกษาปริมาณน้ำหวานจากดอกมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับทดแทนน้ำตาลทรายในไอศกรีม วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีในไอศกรีม ซึ่งผลการวิจัยนี้คาดว่าจะประโยชน์ในการต่อยอดทางธุรกิจให้กับผู้สนใจผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะเกษตรกรผู้ทำสวนมะพร้าวในจังหวัดสมุทรสงครามและพื้นที่อื่น ๆ

วิธีการศึกษา

1. การศึกษาสมบัติความเป็นพรีไบโอติกของไอศกรีมที่ใช้น้ำหวานจากดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทราย

การศึกษาศักยภาพความเป็นพรีไบโอติกของน้ำหวานจากดอกมะพร้าวในไอศกรีม โดยใช้จุลินทรีย์พรีไบโอติก 2 ชนิด คือ *Lactobacillus acidophilus* (TISTR 2365) และ *Bifidobacteria bifidum* (TISTR2129) วิเคราะห์ค่า prebiotic activity score (Huebner et al., 2007; Thuaytong & Anprung, 2011) โดยการเตรียมไอศกรีมตามสูตรในข้อที่ 2 ซึ่งใช้น้ำหวานจากดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายที่ร้อยละ 25, 50 และ 75 แล้วนำมาทดลองเลี้ยงเชื้อในระบบจำลองการหมักแบบกะ (batch fermentation) เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง (Chung et al., 2017; Quan et al., 2018) นับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะ (selective media) และการวัดด้วยวิธีการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 400-600 นาโนเมตร วิเคราะห์ความแตกต่างของจำนวนจุลินทรีย์ในแต่ละช่วงเวลา ตั้งแต่ 0-48 ชั่วโมง แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่า prebiotic activity scores โดยไอศกรีมแต่ละสูตรทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. การศึกษาปริมาณน้ำหวานจากดอกมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเสริมใยอาหารจากน้ำหวานดอกมะพร้าว

ศึกษาสูตรไอศกรีมพื้นฐานจำนวน 3 สูตร โดยทุกสูตรทำการดัดแปลงให้มีส่วนผสมตามกำหนด ไอศกรีมที่ดัดแปลงสูตรใช้ไขมันจากพืชโดยใช้กะทิและน้ำมันรำข้าวร่วมกันสัดส่วน 1:1 โดยปริมาตร (Nazaruddin et al., 2008) และใช้น้ำหวานจากดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายในไอศกรีมที่ระดับร้อยละ 25, 50 และ 75 เปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน (Tiwari et al., 2015; Jardines et al., 2020) ที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำหวานดอกมะพร้าว ซึ่งขั้นตอนการทำไอศกรีมแสดงดัง (Figure 1)

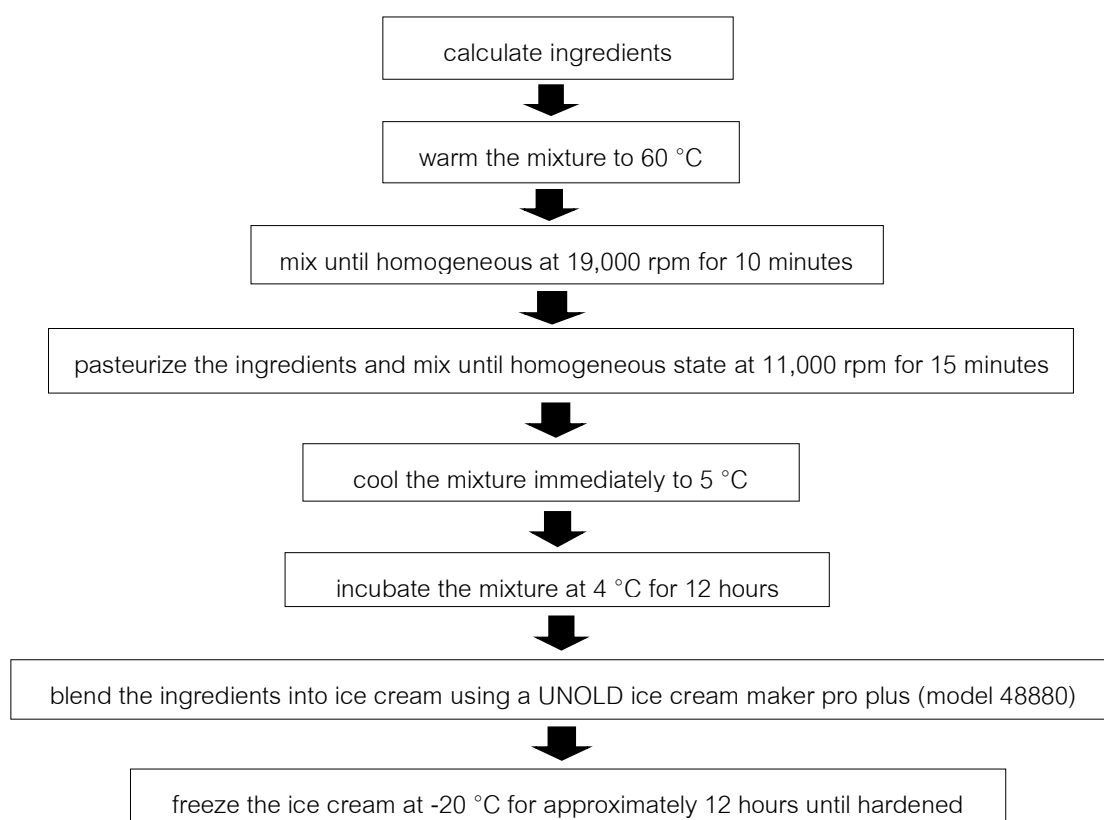


Figure 1 The ice cream production process.

3. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไอศกรีม

นำไอศกรีมแต่ละสูตรวัดคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีในด้านต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การวัดค่าความหนืด (viscosity)

วัดค่าความหนืดของไอศกรีมที่ผ่านการบ่มที่ 4-8 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องวัดความข้นหนืด (brookfield viscometer รุ่น DV-II+) ใช้หัววัดเบอร์ 2 ปริมาตร 600 มิลลิลิตร ที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิตัวอย่างขณะวัดที่ 25 องศาเซลเซียส รายงานในหน่วยเซนติพอยส์ (cPs) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

3.2 การวัดค่าการขึ้นฟู (%overrun)

วัดค่าการขึ้นฟูโดยชั่งน้ำหนักไอศกรีมในถ้วยที่ทราบน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักไอศกรีมเหลวก่อนปั่น และน้ำหนักไอศกรีมหลังปั่นด้วยเครื่องทำไอศกรีมจนแข็งตัวตัดไอศกรีมที่ได้ในถ้วยพลาสติกใบเดิมชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (Arbuckle, 1986; Parid et al., 2021) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ โดยค่าการขึ้นฟูสามารถหาได้ดังสมการ (1)

$$\text{ค่าการขึ้นฟู (ร้อยละ)} = \left[\frac{(\text{น้ำหนักไอศกรีมเหลวก่อนปั่น} - \text{น้ำหนักไอศกรีมหลังปั่น})}{\text{น้ำหนักไอศกรีมหลังปั่น}} \right] \times 100 \quad (1)$$

3.3 การวัดอัตราการละลาย (melt-down rate)

วัดโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส โดยก่อนการวิเคราะห์ตัวอย่างไอศกรีมต้องผ่านกระบวนการบ่มจนกระทั่งแข็งตัวที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตักไอศกรีมปริมาณ 30 กรัม วางไว้บนกรวยกรองที่รองรับด้วยกระบอกตวง ทำการวัดปริมาตรของไอศกรีมที่หยดลงมาในกระบอกตวงทุก ๆ 10 นาที จนกว่าไอศกรีมจะละลายหมด ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (Bahramparvar & Mazaheri, 2011; Parid et al., 2021)

3.4 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Bx)

วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง portable refractometer (Atago, model PAL-3, Tokyo, Japan) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

3.5 การวิเคราะห์ค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Chroma Meter รุ่น CR-400/CR-410 โดยใช้พารามิเตอร์สี CIE Lab ผลลัพธ์ของการวัดค่าสีจะแสดงค่าในระบบฮันเตอร์ (hunter system) และพิกัดสี่เหลี่ยม (rectangular coordinate) โดยกำหนดหน่วยวัดสีที่สัญลักษณ์ L^* คือ ความสว่าง, a^* คือ ค่าสีแดง และ b^* คือ ค่าสีเหลือง โดยทดลอง 3 ซ้ำ บันทึกผลและคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง

3.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติต่าง ๆ ของไอศกรีม

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber: TDF) ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber: SDF) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber: IDF)

3.7 การศึกษาสมบัติทางจุลชีววิทยา

ศึกษาโดยตรวจสอบสมบัติทางจุลินทรีย์ วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) และวิเคราะห์แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มด้วยวิธี most probable number of coliform organisms (MPN) (Pal et al., 2012; Singh et al., 2014; Elkot et al., 2022)

4. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดสอบสมมติทางกายภาพและเคมี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการศึกษา

1. ผลความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าวที่ใช้ทดแทนน้ำตาลทรายในไอศกรีมที่ส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก (prebiotic activity scores)

ผลความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าวที่ส่งผลต่อค่า prebiotic activity scores ดัง (Figure 2) หลังจากบ่มไอศกรีมที่ใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายที่ระดับ 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ที่ pH 3-4 พบว่า prebiotic activity scores ของน้ำหวานดอกมะพร้าวที่มีความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า prebiotic activity scores เท่ากับ 1.69 ± 0.05 ส่วนการใช้น้ำหวานดอกมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก *Bifidobacteria bifidum* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า prebiotic activity scores เท่ากับ 1.69 ± 0.07

2. ผลของความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าวต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของไอศกรีมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส วันที่เริ่มต้นพบว่าสูตรที่มีความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าว 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างสูง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่มีความเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ และสูตรควบคุม จึงคาดการณ์ได้ว่าปริมาณความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าวส่งผลต่อค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด หลังการเก็บรักษาไอศกรีม 20 วัน ที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส พบว่าไอศกรีมแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวันที่เริ่มต้น ดัง (Table 1)

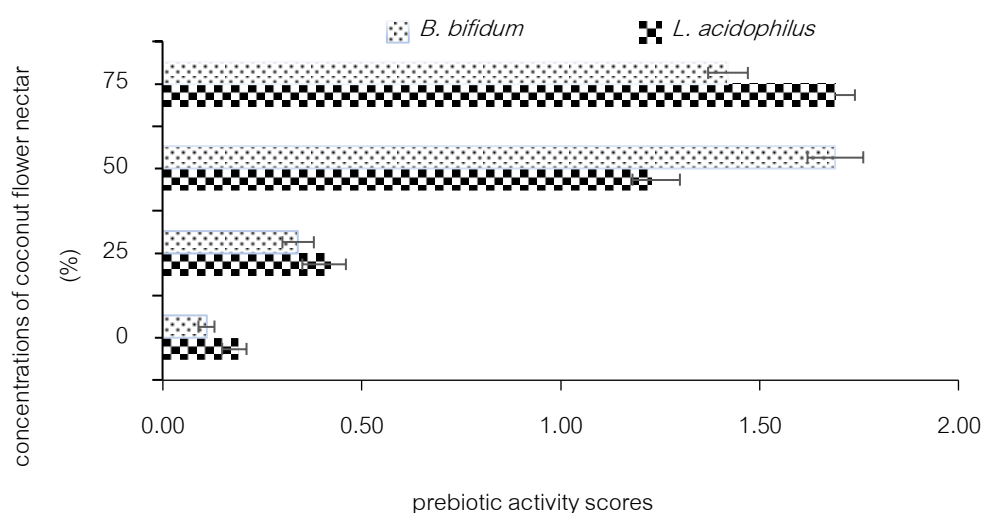


Figure 2 Effect of coconut flower nectar concentration on prebiotic activity scores (n=3).

Table 1 Total soluble solids in coconut flower nectar ice cream three formulas during storage at -5°C at 0 and 20 days.

concentration of coconut flower nectar (%)	total soluble solids (°Brix)	
	day 0	day 20
0	9.25±0.41 ^c	9.44±0.03 ^c
25	12.67±0.58 ^b	13.00±0.00 ^b
50	14.33±0.58 ^{a, b}	14.33±1.15 ^{a, b}
75	15.00±0.00 ^a	15.33±0.58 ^a

data are presented as means±standard deviations for normally distributed variables.

a, b, c different letters indicate significant differences ($p < 0.05$, $n = 3$).

note: different lowercase letters indicate significant differences between concentrations of coconut flower nectar within the same storage time, while different capital letters indicate significant differences between storage time at the same concentration of coconut flower nectar ($p < 0.05$, $n = 3$).

3. ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมน้ำหวานดอกมะพร้าว

3.1 ค่าการขึ้นฟู

ค่าการขึ้นฟูหลังจากกระบวนการผลิตไอศกรีม พบว่าสูตรที่มีความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าว 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการขึ้นฟูดีที่สุด คือ 6.71 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าว พบว่าค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง เนื่องจากไอศกรีมสูตรที่ใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายที่ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้อยกว่าสูตรอื่น ๆ จึงทำให้เวลาปั่นไอศกรีม อากาศจะเข้าไปแทรกอยู่ในเนื้อไอศกรีมได้มาก ทำให้มีค่าการขึ้นฟูที่สูงขึ้น ส่งผลให้การละลายเกิดขึ้นช้าลง แต่อย่างไรก็ตามสูตรควบคุมที่ไม่มีการใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวมีค่าการขึ้นฟูที่ต่ำกว่าสูตรที่มีความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าว 25 เปอร์เซ็นต์ และไอศกรีมสูตรที่มีการใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายที่ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการขึ้นฟูต่ำที่สุด (2.77 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนืดและอัตราการละลายที่เพิ่มสูงขึ้น ดัง (Table 2)

3.2 ค่าความหนืด

ความหนืดของไอศกรีมก่อนทำการแช่แข็ง พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าวมากขึ้น ทำให้ค่าความหนืดเพิ่มมากขึ้น โดยสูตรที่มีความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าว 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนืดสูงที่สุด คือ 698.44 cPs เนื่องจากเป็นสูตรที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมากที่สุด ดัง (Table 2)

3.3 อัตราการละลาย

การใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลต่ออัตราการละลาย ซึ่งทำให้อัตราการละลายของไอศกรีมเพิ่มขึ้นและส่งผลให้อัตราการละลายเร็วขึ้น โดยเมื่อปริมาณฟองอากาศที่มีในไอศกรีมสูงขึ้นจะส่งผลให้อัตราการละลายของไอศกรีมต่ำ เนื่องจากปริมาณฟองอากาศที่มีขนาดเล็กและมีจำนวนมากจึงส่งผลให้มีคุณสมบัติป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในเนื้อไอศกรีม โดยไอศกรีมสูตรที่ใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายที่ 75 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการละลาย 22.23 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุก ๆ สูตร ดัง (Table 2)

3.4 ค่าสี

จากการทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพด้านค่าสี พบว่าค่าความสว่าง (L^*) มีค่าน้อยลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าว ส่วนค่า a^* และ b^* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าวในไอศกรีม เนื่องจากน้ำหวานดอกมะพร้าวค่อนข้างมีสีใส่ค่อนข้างไปทางน้ำตาลอ่อน เมื่อใช้เป็นส่วนผสมในไอศกรีมจึงทำให้ค่าความสว่างลดลง และมีแนวโน้มไปทางสีเหลืองมากขึ้นเมื่อใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวปริมาณสูงขึ้น ดัง (Table 2)

Table 2 Percentage of overrun, viscosity, melting rate at 30 minutes, and color values of coconut flower nectar ice cream.

concentration of coconut flower nectar (%)	overrun (%)	viscosity (cPs)	melting rate (%)	color values		
				L^*	a^*	b^*
0	6.52	530.21±5.30 ^c	18.97±0.10 ^b	34.11±0.14 ^a	-1.39±0.05 ^a	3.80±0.02 ^c
25	6.71	539.10±4.67 ^c	19.08±0.16 ^b	33.91±0.17 ^a	-1.34±0.11 ^a	3.76±0.06 ^c
50	4.68	600.32±5.11 ^b	19.00±0.20 ^b	30.19±0.12 ^b	-1.11±0.02 ^b	5.31±0.01 ^b
75	2.77	698.44±5.87 ^a	22.23±0.24 ^a	22.74±0.37 ^c	0.28±0.06 ^c	6.72±0.11 ^a

data are presented as means ± standard deviations for normally distributed variables.

a, b, c different letters indicate significant differences ($p < 0.05$, $n=3$).

4. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของไอศกรีมน้ำหวานดอกมะพร้าว

4.1 ปริมาณความชื้นและใยอาหารในไอศกรีมน้ำหวานดอกมะพร้าว

จากการศึกษาปริมาณความชื้นและใยอาหารในไอศกรีมเสริมใยอาหารทั้ง 4 สูตร พบว่าไอศกรีมสูตรที่มีความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าว 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดเท่ากับ 70.61 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณใยอาหารสูงที่สุดเช่นเดียวกันคือ 8.42 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาและทดลองจึงอาจสรุปได้ว่าความชื้นและใยอาหารที่เพิ่มขึ้นในไอศกรีมเป็นผลมาจากปริมาณน้ำหวานดอกมะพร้าวที่เพิ่มมากขึ้น ดัง (Table 3)

Table 3 Moisture content and dietary fiber in coconut flower nectar ice cream across four formulations.

concentration of coconut flower nectar (%)	moisture content (%)	dietary fiber (%)
0	65.70±1.00 ^b	5.04±0.10 ^c
25	65.77±1.29 ^b	5.02±0.11 ^c
50	68.34±1.03 ^{a, b}	6.31±0.28 ^b
75	70.61±2.01 ^a	8.42±0.18 ^a

data are presented as means ± standard deviations for normally distributed variables.

a, b, c different letters indicate significant differences ($p < 0.05$, $n=3$).

5. ผลการศึกษาสมบัติทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากน้ำหวานดอกมะพร้าว

ในการศึกษาสมบัติทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากน้ำหวานดอกมะพร้าวที่มีความเข้มข้น 75 เปอร์เซ็นต์ ที่ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 354 เรื่องไอศกรีม (2556) หลังจาก 10 วัน ของการเก็บรักษา พบว่าแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มมีจำนวนคงที่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น (4.22 ± 0.36) (log CFU/ml) และคงที่จนถึงวันที่ 20 ของการเก็บรักษา จุลินทรีย์กลุ่มแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (LAB) ยังคงมีปริมาณคงที่ จึงสามารถสรุปได้ว่าไอศกรีม น้ำหวานดอกมะพร้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย เนื่องจากมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ดัง (Figure 3)

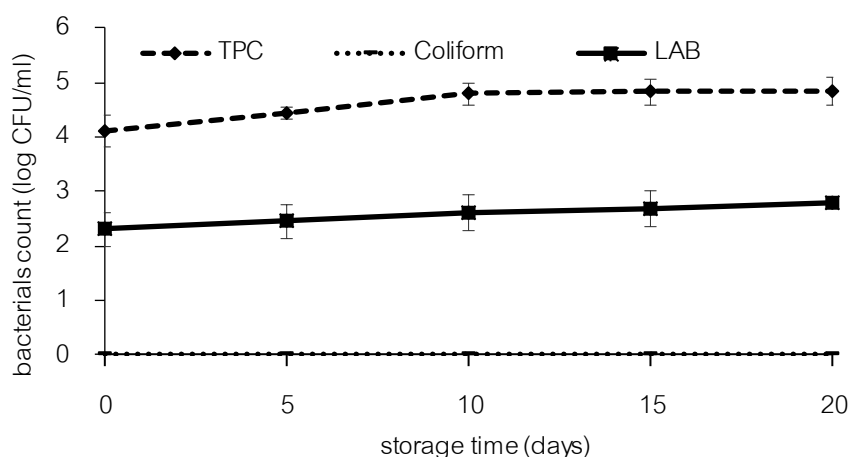


Figure 3 Total microorganisms (TPC), coliform bacteria, and lactic acid bacteria (LAB) in ice cream stored for 20 days at -20°C.

อภิปรายผล

การพัฒนาไอศกรีมเสริมใยอาหารจากน้ำหวานดอกมะพร้าว โดยศึกษาการใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทราย 3 ระดับ คือ 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสูตรที่ใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวที่ 75 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก *Lactobacillus acidophilus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า prebiotic activity scores เท่ากับ 1.69 ± 0.05 เนื่องจากจุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งคาร์บอนซึ่งคือน้ำหวานดอกมะพร้าวได้ดีในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการเจริญซึ่งเป็นช่วง log phase (Thuaytong & Anprung, 2011; Quan et al., 2018) ไอศกรีมสูตรที่มีความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าว 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าร้อยละการขึ้นฟู 2.77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดในทุก ๆ สูตร เนื่องจากมีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ในปริมาณสูง ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดนั้นบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำหวานดอกมะพร้าว มีการวิจัยพบว่าน้ำหวานดอกมะพร้าวสดที่ปาดออกจากวง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดวัดเป็นองศาบริกซ์ อยู่ในช่วง 15.50-18 ซึ่งค่อนข้างสูง ทำให้อากาศเข้าไปแทรกตัวได้ยาก ส่งผลให้การขึ้นฟูเกิดขึ้นได้ต่ำ ดังนั้นเมื่อความเข้มข้นของน้ำหวานดอกมะพร้าวในไอศกรีมลดลง จะทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดจึงลดลงเช่นกัน (Hebbbar et al., 2020; Jardines et al., 2020) อย่างไรก็ตามไอศกรีมที่ใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายที่ 75 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนืดสูงกว่าทุก ๆ สูตร คือ 698.44 ± 5.87 cPs การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีพบว่ามีความเข้มข้นของแข็งที่

ละลายน้ำได้หลังเก็บรักษาที่ 20 วัน มีค่าเท่ากับ 15.33 ± 0.58 องศาบริกซ์ มีปริมาณความชื้นและเส้นใยร้อยละ 70.61 และ 8.42 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่าปริมาณน้ำหวานดอกมะพร้าวที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นด้วย ส่วนการใช้น้ำหวานดอกมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติก *Bifidobacteria bifidum* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า prebiotic activity scores เท่ากับ 1.69 ± 0.07 เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่มีช่วงการเจริญเติบโต และใช้แหล่งคาร์บอนที่ค่อนข้างต่ำกว่าเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus acidophilus* ทำให้ปริมาณน้ำหวานดอกมะพร้าวที่ 50 เปอร์เซ็นต์ เพียงพอต่อการเติบโตได้ (Tiwari et al., 2015; Jardines et al., 2020) และไอศกรีมที่ใช้น้ำหวานดอกมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าร้อยละการขึ้นฟู 4.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าสูตรที่มีน้ำหวานดอกมะพร้าว 75 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจาก สูตร 50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดน้อยกว่าสูตร 75 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้อากาศสามารถแทรกเข้าไปในไอศกรีมได้มากกว่า สำหรับค่าความหนืดมีค่าน้อยลงตามสัดส่วนน้ำหวานดอกมะพร้าวที่ลดลง คือ 600.32 ± 5.11 cPs การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี พบว่ามีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้หลังเก็บรักษา 20 วัน มีค่าเท่ากับ 14.33 ± 1.15 องศาบริกซ์ มีปริมาณความชื้นและเส้นใยร้อยละ 68.34 และ 6.31 ตามลำดับ จากการวิจัยพบว่าไอศกรีม สูตรที่น้ำหวานดอกมะพร้าว 75 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเจริญของ *L. acidophilus* ในขณะที่ไอศกรีมสูตรที่มี น้ำหวานดอกมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเจริญของ *B. bifidum* ได้ดี และเมื่อเพิ่มน้ำหวานดอกมะพร้าว เพิ่มมากขึ้น ทำให้อาหารเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุป

จากการวิจัยพบว่าสามารถใช้ น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้ โดยพบว่า ไอศกรีมที่ใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวในปริมาณสูงขึ้น ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของไอศกรีม โดยเฉพาะค่าการขึ้นฟู อัตราการละลาย ซึ่งปริมาณน้ำหวานดอกมะพร้าวที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ค่าการขึ้นฟูลดลงและทำให้อัตราการละลายเพิ่มสูงขึ้น เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามยังมิขัดแย้งในไอศกรีมสูตรที่ใช้น้ำหวานดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถส่งเสริมการเจริญของ *L. acidophilus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า prebiotic activity scores เท่ากับ 1.69 ± 0.05 ในขณะที่ ไอศกรีมสูตรที่มีน้ำหวานดอกมะพร้าว 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเจริญของ *B. bifidum* ได้ดีที่สุด โดยมีค่า prebiotic activity scores เท่ากับ 1.69 ± 0.07 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำหวานดอกมะพร้าวสามารถใช้เป็นสารโพรไบโอติกเพื่อช่วยส่งเสริม การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้ง 2 ชนิดนี้ได้ จึงเป็นแนวโน้มที่ดีในการพัฒนาไอศกรีมเพื่อสุขภาพโดยใช้น้ำหวาน ดอกมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายได้ ซึ่งหากเน้นผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำตาลและบริโภคไอศกรีมที่หวานน้อย เช่น ผู้สูงอายุ ผู้มีภาวะอ้วน ก็สามารถเลือกรับประทานไอศกรีมที่ใช้โพรไบโอติกชนิด *B. bifidum* ได้ แต่หากผู้บริโภค ชื่นชอบไอศกรีมที่หวานปกติ ผู้บริโภคก็สามารถเลือกรับประทานไอศกรีมที่ใช้โพรไบโอติกชนิด *L. acidophilus* ซึ่งจะ ทำให้ผู้บริโภคได้ประโยชน์จากโพรไบโอติกไม่ต่างกัน และหากมองในมุมผู้ผลิตหากต้องการผลิตไอศกรีมเสริมใยอาหาร ก็สามารถเพิ่มสัดส่วนของน้ำหวานดอกมะพร้าวลงไปได้ก็จะสามารถช่วยให้ไอศกรีมมีใยอาหารสูงขึ้น แต่ก็ต้องควบคุม ปริมาณน้ำหวานดอกมะพร้าวให้เหมาะสมเพื่อให้ค่าการขึ้นฟูในไอศกรีมเพียงพอ ซึ่งส่งผลต่อความอร่อยและรสชาติ ของไอศกรีม แต่อย่างไรก็ตามยังต้องมีการพัฒนาต่อยอดในเรื่องของการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อจะได้เป็นการยืนยัน ผลการทดลองและผลิตไอศกรีมออกจำหน่ายได้ในอนาคต

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการดำเนินงานโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) ร่วมกับโครงการวิจัยมูลฐาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ รหัสโครงการ 159321

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (2000). *Official methods of analysis of AOAC* (International 17th ed.). The Association of Official Analytical Chemists.
- Arbuckle, W. S. (1986). *Ice Cream* (4th ed.). Springer.
- Bahramparvar, M., & Tehrani, M. M. (2011). Application and functions of stabilizers in ice cream. *Food Reviews International*, 27(4), 389-407. <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.563399>
- Chung, W. S. F., Meijerink, M., Zeuner, B., Holck, J., Louis, P., Meyer, A. S., Wells, J. M., Flint, H. J., & Duncan, S. H. (2017). Prebiotic potential of pectin and pectic oligosaccharides to promote anti-inflammatory commensal bacteria in the human colon. *FEMS Microbiology Ecology*, 93(11), 9. <https://doi.org/10.1093/femsec/fix127>
- Elkot, W. F., Ateteallah, A. H., Al-Moalem, M. H., Shahein, M. R., Alblihed, M. A., Abdo, W., & Elmahallawy, E. K. (2022). Functional, physicochemical, rheological, microbiological, and organoleptic properties of synbiotic ice cream produced from camel milk using black rice powder and *Lactobacillus acidophilus* LA-5. *Fermentation*, 8(4), 187. <https://doi.org/10.3390/fermentation8040187>
- Hebbar, K., Arivalagan, M., Manikantan, M., Mathew, A., Thamban, C., Thomas, G. V., & Chowdappa, P. (2015). Coconut inflorescence sap and its value addition as sugar-collection techniques, yield, properties and market perspective. *Current Science*, 1411-1417. doi:10.18520/v109/i8/1411-1417
- Hebbar, K., Arivalagan, M., Pavithra, K., Roy, T., Gopal, M., Shivashankara, K., & Chowdappa, P. (2020). Nutritional profiling of coconut (*Cocos nucifera* L.) inflorescence sap collected using novel coco-sap chiller method and its value added products. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 2703-2712. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00516-y>
- Huebner, J., Wehling, R. L., & Hutkins, R. W. (2007). Functional activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal*, 17(7), 770-775. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.10.006>
- Jardines, A. P., Arjona-Román, J. L., Severiano-Pérez, P., Totosaús-Sánchez, A., Fiszman, S., & Escalona-Buendía, H. B. (2020). Agave fructans as fat and sugar replacers in ice cream: Sensory, thermal and texture properties. *Food Hydrocolloids*, 108, 106032. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106032>
- Meliany, B. S., Probokawuryan, M., & Ahmad, F. S. (2022). COVID-19 pandemic and volatility of sugar price at regional level in Indonesia for the period August 2018-August 2021. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 19(2), 229-238. <http://dx.doi.org/10.17358/jma.19.2.229>
- Nazaruddin, R., Syaliza, A. S., & Wan Rosnani, A. I. (2008). The effect of vegetable fat on the physicochemical characteristics of dates ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 61(3), 265-269. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2008.00413.x>
- Pal, M., Tesfaye, S., & Weldegebriel, S. (2012). Hygienic and microbiological aspects of ice cream. *Beverage World Food*, 39, 42-43. https://www.researchgate.net/publication/273039309_Hygienic_and_Microbiological_aspects_of_Ice_Cream

- Parid, D. M., Rahman, N. A. A., Baharuddin, A. S., Kadir Basha, R., Mat Johari, A., & Abd Razak, S. Z. (2021). Effects of carboxymethyl cellulose extracted from oil palm empty fruit bunch stalk fibres on the physical properties of low-fat ice cream. *Food Research*, 5(1), 1-7. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(S1\).017](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(S1).017)
- Quan, W., Tao, Y., Lu, M., Yuan, B., Chen, J., Zeng, M., Qin, F., Guo, F. & He, Z. (2018). Stability of the phenolic compounds and antioxidant capacity of five fruit (apple, orange, grape, pomelo and kiwi) juices during *in vitro*-simulated gastrointestinal digestion. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(5), 1131-1139. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13682>
- Saraiva, A., Carrascosa, C., Ramos, F., Raheem, D., Lopes, M., & Raposo, A. (2023). Coconut sugar: chemical analysis and nutritional profile; health impacts; safety and quality control; food industry applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 33. <https://doi.org/10.3390/ijerph20043671>
- Singh, A., Bajwa, U., & Goraya, R. K. (2014). Effect of storage period on the physicochemical, sensory and microbiological quality of bakery flavoured ice cream. *International Journal of Bioinformatics Research and Applications*, 4(8), 80-90. https://www.researchgate.net/publication/286625240_Effect_of_Storage_Period_on_the_Physicochemical_Sensory_and_Microbiological_Quality_of_Bakery_Flavoured_Ice_Cream
- Srikaeo, K., & Thongta, R. (2015). Effects of sugarcane, palm sugar, coconut sugar and sorbitol on starch digestibility and physicochemical properties of wheat based foods. *International Food Research Journal*, 22(3), 923-929. https://www.researchgate.net/publication/281799373_Effects_of_sugarcane_palm_sugar_coconut_sugar_and_sorbitol_on_starch_digestibility_and_physicochemical_properties_of_wheat_based_foods
- Sudha, R., Niral, V., Hebbar, K., & Samsudeen, K. (2019). Coconut inflorescence sap. *Current Science*, 116(11), 1809-1817. <https://www.currentscience.ac.in/Volumes/116/11/1809.pdf>
- Thuaytong, W., & Anprung, P. (2011). Bioactive compounds and prebiotic activity in Thailand-grown red and white guava fruit (*Psidium guajava* L.). *Food Science and Technology International*, 17(3), 205-212. <https://doi.org/10.1177/1082013210382066>
- Tiwari, A., Sharma, H. K., Kumar, N., & Kaur, M. (2015). The effect of inulin as a fat replacer on the quality of low-fat ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 68(3), 374-380. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12176>
- Wrage, J., Burmester, S., Kuballa, J., & Rohn, S. (2019). Coconut sugar (*Cocos nucifera* L.): Production process, chemical characterization, and sensory properties. *LWT*, 112, 108227. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.125>