



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก

The Development of Plant-Based Ice Cream from Germinated Legume Milk

นันทวัน ชมโณม, ชญาภัทร กี่อาริโย, ธนภพ โสตรโยม และ น้อมจิตต์ สุธีบุตร

Nantawan Chomshome, Chayapat Kee-ariyo, Thanapop Soteyome and Nomjit Suteebut

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประเทศไทย

Home Economics, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand

Received : 10 September 2024, Received in revised form : 15 November 2024, Accepted : 17 November 2024

Available online : 27 November 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก มีวัตถุประสงค์ 1.ศึกษากรรมวิธีการผลิตไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก 2.ศึกษาการยอมรับไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก 3.ศึกษาคุณภาพทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก

วิธีดำเนินการวิจัย : เพาะงอกเมล็ดธัญพืช 3 ชนิด คือ ถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว เพื่อนํามาสกัดเป็นนํ้านมธัญพืชเพาะงอกทดแทนนํ้านมในสูตรไอศกรีมนม ใช้เทคนิคออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design) ได้สิ่งทดลองจำนวน 6 สูตรนํ้าไอศกรีมที่ได้มาศึกษาคุณสมบัติคัดเลือกสูตรที่มีปริมาณสารกาบาสูงสุด จำนวน 3 สูตร มาศึกษาการยอมรับไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ความเนียนของเนื้อไอศกรีม การละลายในปาก ความคงตัวของไอศกรีม และความชอบโดยรวม และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าสี ค่าความแข็ง ค่าความหนืด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ อัตราการขึ้นฟูของไอศกรีม และคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของสารกาบา ฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมี

ผลการวิจัย: เมล็ดธัญพืช 3 ชนิด คือ ถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว ผ่านการแช่นํ้า 8 ชั่วโมง พบว่า ถั่วเหลืองมีการบวมนํ้ามากที่สุด ภายหลังการเพาะงอก 24 ชั่วโมง ถั่วขาวมีการเจริญเติบโตในการงอกเร็วที่สุด โดยเริ่มงอกที่ 8 ชั่วโมง นํ้าธัญพืชเพาะงอกไปนึ่งและปั่นกับนํ้าเปล่าในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 เพื่อสกัดเป็นนํ้านมธัญพืชเพาะงอกที่ใช้ทดแทนนํ้านม ไอศกรีมนมที่มีอัตราส่วนนํ้านมธัญพืชเพาะงอกจากถั่วดำ : ถั่วเหลือง : ถั่วขาว จำนวน 6 สูตร สูตรที่ 1 (60:30:10) สูตรที่ 2 (55:30:15) สูตรที่ 3 (50:30:20) สูตรที่ 4 (50:35:15) สูตรที่ 5 (50:40:10) และสูตรที่ 6 (55:35:10) พบว่าสูตรที่ 6 มีปริมาณสารกาบามากที่สุดที่ 32.05 mg/100 g รองลงมาสูตรที่ 5 มีสารกาบา 29.04 mg/100 g และสูตรที่ 4 มีสารกาบา 22.10 mg/100 g โดยไอศกรีมสูตรที่ใช้นํ้านมธัญพืชเพาะงอกที่มีถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว ที่อัตราส่วน 55:35:10 ได้รับการยอมรับมากที่สุด มีค่าพีเอช 6.65 ค่าความสว่าง (L*) 73.52 ค่าสีแดง a* 1.97 ค่าสีเหลือง b* 10.86 ค่าความแข็ง (Hardness) 115.94 g force ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ 18.40 °Brix ค่าความหนืด 4840.35 cP อัตราการขึ้นฟูของไอศกรีม ร้อยละ 59.48 มีปริมาณสารกาบา 33.05 mg/100 g ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 25.99 mg GAE/100 ml ปริมาณฟลาโวนอยด์

ทั้งหมด 76.88 mg QE/100 และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP, DPPH, ABTS, ORAC มีค่า 14.38, 19.76, 22.93 และ 160.96 ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมถั่วพีชเพาะงอก 100 กรัม มีความชื้น 80.42 กรัม โปรตีน 2.39 กรัม ไขมัน 2.96 กรัม เถ้า 0.63 กรัม คาร์โบไฮเดรต 13.60 กรัม และพลังงาน 90.6 กิโลแคลอรี

สรุปผลการวิจัย : ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมถั่วพีชเพาะงอกสูตรที่มีอัตราส่วนของถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว เท่ากับ 55:35:10 มีปริมาณสารกาบาสูงที่สุด ด้วยสูตรนี้ปริมาณนํ้านมถั่วดำมีมากที่สุด มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น เกิดจากถั่วดำมีสารแอนโทไซยานิน และถั่วเหลืองมีสารแอนโทไซยานิน และไอโซฟลาโวน ทำให้เพิ่มปริมาณฟลาโวนอยด์ ส่งผลให้ความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าให้คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยความชื้น โปรตีน และเถ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.58 0.31 และ 0.17 ตามลำดับ และปริมาณไขมัน และคาร์โบไฮเดรตลดลงร้อยละ 5.07 และ 2.99 ตามลำดับ ดังนั้นการนำถั่วพีชมาทำเป็นไอศกรีมจะช่วยให้โปรตีนสูง ไขมันและคาร์โบไฮเดรตต่ำ

คำสำคัญ : ไอศกรีม ; แพลนต์เบส ; นํ้านมถั่วพีช ; เพาะงอก ; สารกาบา

Abstract

Background and Objectives: The development of plant-based ice cream products made from germinated legume milk aims to achieve three objectives: (1) to investigate the production process of plant-based ice cream using germinated legume milk; (2) to evaluate the acceptance of plant-based ice cream made from germinated legume milk; and (3) to analyze the chemical, physical, and microbiological properties of plant-based ice cream made from germinated legume milk.

Methodology: Three types of legumes (black beans, soybeans, and white beans) germinated. in order to extract germinated legume milk as a substitute for dairy milk in ice cream formulations. A mixture design experimental approach was used, resulting in 6 different formulations. The ice cream produced from these formulations was then analyzed to select the three formulations with the highest GABA content. These three selected formulations were further evaluated for their acceptability as plant-based ice cream made from germinated legume milk. Sensory quality attributes such as color, aroma, taste, creaminess, mouthfeel, stability, and overall preference were assessed. Additionally, physical properties including pH, color values, hardness, viscosity, total soluble solids, and overrun were measured. Chemical properties were also studied, including GABA content, total phenolics, total flavonoids, antioxidant activity, and chemical composition.

Main Results: After 8 hours of soaking, the three legume types exhibited different water absorption rates, with soybeans absorbing the most water. After 24 hours of germinating, white beans showed the fastest growth. The germinated legumes were steamed and blended with water to produce germinated legume milk for the ice cream

formulations. Among the six formulations, Formula 6 (55:35:10) demonstrated the highest GABA content (32.05 mg/100 g), followed by Formula 5 (29.04 mg/100 g) and Formula 4 (22.10 mg/100 g). Sensory evaluation revealed that Formula 6, with a ratio of black bean, soybean, and white bean milk at 55:35:10, was most widely accepted. This formulation exhibited a pH of 6.65, brightness (L^*) of 73.52, redness (a^*) of 1.97, yellowness (b^*) of 10.86, hardness of 115.94 g-force, total soluble solids of 18.40 °Brix, viscosity of 4840.35 cP, and overrun of 59.48%. Chemical analyses revealed a GABA content of 33.05 mg/100 g, total phenolics of 25.99 mg GAE/100 mL, total flavonoids of 76.88 mg QE/100 mL, and antioxidant activities (FRAP, DPPH, ABTS, ORAC) of 14.38, 19.76, 22.93, and 160.96, respectively. The chemical composition of the ice cream per 100 grams consisted of 80.42 grams of moisture, 2.39 grams of protein, 2.96 grams of fat, 0.63 grams of ash, 13.60 grams of carbohydrates, and 90.6 kcal of energy.

Conclusions: The plant-based ice cream formulated with a ratio 55:35:10 of black beans, soybeans, and white beans showed the highest GABA content. This formulation exhibited a higher amount of black bean milk, contributing to elevated levels of total phenolics and flavonoids, which are known to enhance antioxidant capacity. The nutritional composition also showed an increase in moisture, protein, and ash content, while fat and carbohydrate levels decreased. Therefore, using germinated legumes in ice cream production contributes to a higher protein content and lower fat and carbohydrate content, making it a nutritionally favorable alternative to traditional dairy ice cream.

Keywords: ice cream; plant-based; legume milk; germinating; GABA

*Corresponding author. E-mail: Nomjit.s@rmutp.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันกระแสการรับประทานอาหารแนวแพลนต์เบส (Plant-based) มีความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากกลุ่มคนที่รับประทานวีแกนหรืออาหารเจ กลุ่มคนรับประทานมังสวิรัต กลุ่มคนรักสุขภาพ และผู้คนทั่วไปที่ต้องการลดการรับประทานเนื้อสัตว์ในบางโอกาส (Flexitarian) การคาดการณ์จาก Euromonitor และ Allied Market Research ระบุว่าตลาดอาหารแพลนต์เบสมีมูลค่าการตลาดทั่วโลกถึง 25 พันล้านดอลลาร์ และคาดการณ์ว่าตลาดอาหารแพลนต์เบสของประเทศไทยมีมูลค่าสูงถึง 4.5 หมื่นล้านบาทในปี 2024 (Euromonitor และ Allied Market Research) ซึ่งแพลนต์เบสจะเป็นรูปแบบอาหารที่เน้นการกินพืชเป็นหลัก ผลิตมาจากผัก ผลไม้ ถั่ว เมล็ดพืช น้ำมัน ธัญพืชไม่ขัดสี เป็นต้น (Cheewajit, 2022) ส่วนต่างๆของพืชเหล่านี้ นำมาประกอบอาหารได้หลากหลายชนิดทั้งอาหารคาว อาหารหวาน อาหารว่าง เครื่องดื่ม และไอศกรีม

ไอศกรีมจัดเป็นของหวานแช่แข็งชนิดหนึ่งที่มีความนิยมเป็นอย่างมากสำหรับทุกเพศ ทุกวัย และจัดเป็นอาหารเชิงซ้อนที่มีส่วนประกอบมาจากเซลล์อากาศ เม็ดไขมัน และผลึกน้ำแข็ง ที่มีการกระจายตัวอยู่ในเนื้อไอศกรีม และมีองค์ประกอบของไขมันมาก ซึ่งปัจจุบันนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาให้ความสนใจกับอาหารที่มีไขมันต่ำ โปรตีนสูง (Walstra & Jonkman, 1998) ทำให้เกิดกลุ่มตลาดไอศกรีมแนวใหม่ที่มีการนำพืชผลทางการเกษตร เช่น ถั่วเมล็ดแห้ง ธัญพืช หรือมาทดแทนผลิตภัณฑ์นมในการทำไอศกรีม ช่วยเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่นิยมรับประทานไอศกรีมในรูปแบบของอาหารแพลนต์เบสที่สอดคล้องกับกระแสความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน

ธัญพืช เป็นพืชที่มนุษย์ได้มีการปลูกเอาไว้เพื่อเก็บเกี่ยวเมล็ด เช่น ถั่วเมล็ดแห้งต่างๆ และงา เป็นต้น โดยธัญพืชประเภทถั่วมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งโปรตีน และใยอาหารที่ละลายน้ำ มีวิตามิน และแร่ธาตุชนิดต่างๆ ได้แก่ สังกะสี แมกนีเซียม ช่วยเพิ่มการเผาผลาญ และลดระดับอินซูลิน ทำให้น้ำตาลในเลือดคงที่ มีสารฟาสีโอลามิน ช่วยยับยั้งการย่อยคาร์โบไฮเดรต (Lqbal *et al.*, 2006) ธัญพืชประเภทงาจะอุดมไปด้วยแคลเซียม ช่วยบำรุงกระดูกฟัน มีโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด บำรุงสมอง มีวิตามินอี ช่วยทำให้รู้สึกผ่อนคลาย มีสารเซซามิน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยซ่อมแซมเซลล์ที่เสื่อมสภาพ (Chandrawetsaman, 2016) และน้ำมันงามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงถึงร้อยละ 85 เป็นกรดไขมันจำเป็น คือกรดลิโนเลอิก ร้อยละ 45-50 จะป้องกันภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัว และกรดโอเลอิก ร้อยละ 36-40 ช่วยป้องกันไม่ให้ระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้น (Shahidi, 1997) และยังมีการนำธัญพืชต่างๆ ไปผ่านการเพาะงอก เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอาหาร เพื่อให้ได้คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

การเพาะงอกของธัญพืชเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการเจริญเติบโตของเมล็ดพืช ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพาะงอกของธัญพืช ได้แก่ น้ำ แสง อุณหภูมิ และออกซิเจน (Department of Agricultural Extension, 2016) การเพาะงอกจะทำให้สารอาหารในเมล็ดเปลี่ยนไป เกิดการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนอิสระต่างๆ โดยเฉพาะสารกาบา (GABA) หรือแกมมา-อะมิโนบิวไทริก (gamma – aminobutyric acid) ทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทจะช่วยปรับสมดุลร่างกาย ลดความเครียด ช่วยบำรุงสมอง และธัญพืชเพาะงอกยังมีโปรตีน และแร่ธาตุต่างๆ มีวิตามินบี 2 วิตามินบี 3 และกรดโฟลิกที่ช่วยต่อระบบประสาท มีเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยอาหาร มีสารต้านอนุมูลอิสระ มีไฟเบอร์ชนิดละลายน้ำ ซึ่งช่วยในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด (Thongaeekkaew, 2015)

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยมีแนวคิดศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำมันธัญพืชเพาะงอกเพื่อสุขภาพโดยการนำถั่ว 3 ชนิด มาเพาะงอก และนำมาผสมเป็นส่วนประกอบของไอศกรีมจะทำให้ได้โปรตีนที่สมบูรณ์ และทำให้ได้ไอศกรีมที่มีประโยชน์ในแง่ของการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เพื่อสร้างความหลากหลายในการเลือกซื้อไอศกรีมของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ และยังช่วยส่งเสริมการนำวัตถุดิบภายในประเทศมาแปรรูปให้เกิดมูลค่าเพิ่ม สร้างรายได้ให้แก่ประเทศ และสามารถผลิตเป็นสินค้าส่งออกในอนาคตได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษากรรมวิธีการผลิตไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก

1.1 การเพาะเมล็ดธัญพืช 3 ชนิด คือ ถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว มาทำการล้าง แช่นํ้าเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทำการเพาะบนตะแกรง เกลี่ยให้กระจายออกจากกันไม่ให้ซ้อนกัน คลุมด้วยผ้าขาวบางชุบน้ำให้ชุ่ม ใส่ภาชนะปิด วางไว้ในอุณหภูมิห้อง (30 ± 3 องศาเซลเซียส) ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ดัดแปลงวิธีของ Tanjor *et al.*, (2016); Chumsri *et al.*, (2019)

1.2 การเตรียมนํ้านมธัญพืชเพาะงอกในการผลิตไอศกรีมแพลนต์เบส นำธัญพืช 3 ชนิด ที่ผ่านการเพาะงอกแล้วไปนึ่งอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที จนสุก นำถั่วเพาะงอกแต่ละชนิดมาชั่งนํ้าหนักตัวอย่างละ 100 กรัม ต่อนํ้าเปล่า 100 กรัม บดด้วยเครื่องปั่นความเร็วระดับ 7 (ความเร็วรอบ 2,000/นาที) เวลา 3 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้นํ้านมธัญพืชเพาะงอก จำนวน 3 ชนิด ส่วนธัญพืชงอกนำมาล้างนํ้า 1 ครั้ง นำไปคั่วในกระทะ ใช้ไฟอ่อน เวลา 15 นาที จนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน ชั่งนํ้าหนัก 100 กรัม ต่อนํ้าเปล่า 100 กรัม บดด้วยเครื่องปั่นความเร็วระดับ 7 (ความเร็วรอบ 2,000/นาที) เวลา 3 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้นํ้านม

1.3 การทำสูตรไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก นำสูตรมาตรฐานไอศกรีมนม คือ นมสด 700 กรัม ครีม 200 กรัม นํ้าตาลทราย 150 กรัม เกลือ 3 กรัม สารเสริมคุณภาพ (กัวร์กัม) 4 กรัม นํ้าเปล่า 150 กรัม (Chomshome, 2022) มาใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม โดยนำนํ้าธัญพืชเพาะงอก 3 ชนิดมาทดแทนนมสดในสูตรด้วยการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยวิธีการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design) โดยกำหนดอัตราส่วนของนํ้าธัญพืชเพาะงอกทั้ง 3 ชนิดที่คัดเลือกได้รวมกันแล้วเท่ากับ 100 แสดงระดับปัจจัยต่างๆ ได้ (ดัง Table 1) และปริมาณนํ้านม 200 กรัมมาทดแทนครีมในสูตร โดยนํ้านม เป็นนมจากพืชที่ไม่มีส่วนผสมจากสัตว์ไม่มีนํ้าตาล และไขมันต่ำเหมาะสำหรับคนแพ้นมวัวรับประทานได้ นำมาวิเคราะห์ปริมาณสารกาบา (GABA) และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสี และการวัดของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ทำการคัดเลือกสูตรไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอกที่ดีที่สุด จำนวน 3 สูตร ขั้นตอนการทำไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก (ดัง Chart 1)

Table 1 Quantity of milk from 3 types of germinated legume

Experimental	Legume milk 1	Legume milk 2	Legume milk 3	Total Legume milk (gram)
	Black bean (% / gram)	Soybean (% / gram)	White bean (% / gram)	
T1	60 (420)	30 (210)	10 (70)	700
T2	55 (385)	30 (210)	15 (105)	700
T3	50 (350)	30 (210)	20 (140)	700
T4	50 (350)	35 (245)	15 (105)	700
T5	50 (350)	40 (280)	10 (70)	700
T6	55 (385)	35 (245)	10 (70)	700

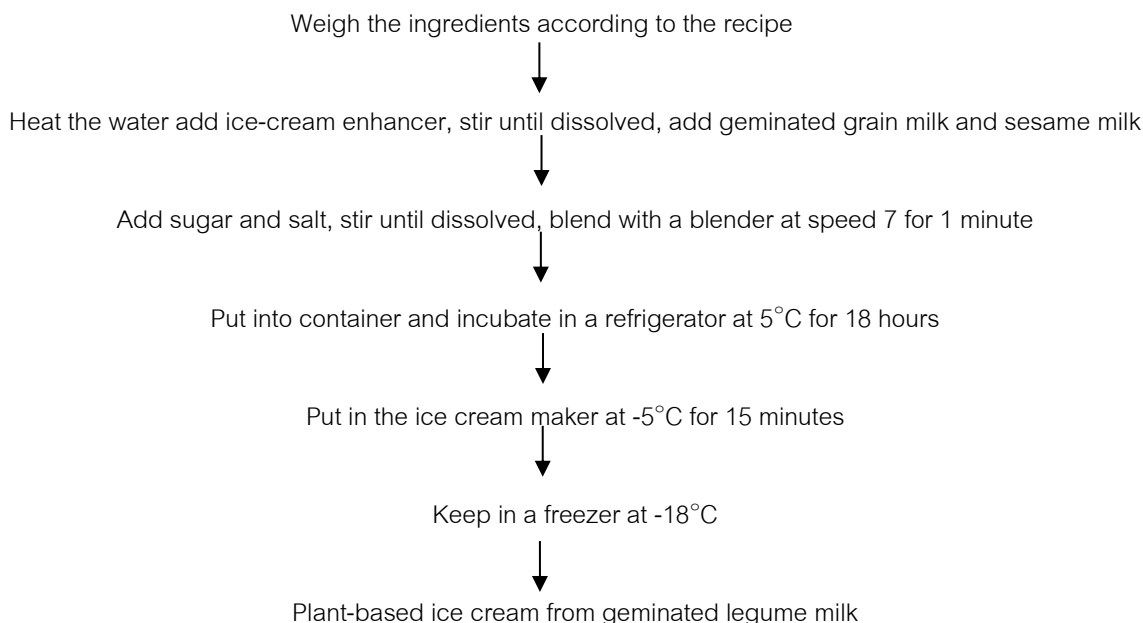


Chart 1 Steps for making plant- based ice cream from germinated legume milk

2. ศึกษาการยอมรับไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอก

นำสูตรไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอก จำนวน 3 สูตรที่มีปริมาณกาบาสูงที่สุดมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale) ประเมินคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ ความเนียนของเนื้อไอศกรีม การละลายในปาก ความคงตัวของไอศกรีม และความชอบโดยรวม นำคะแนนความชอบที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variances, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

3. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอก

3.1 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ดังนี้

1) ปริมาณสารกาบา ดัดแปลงวิธีของ Anomunee *et.al.*, (2019) โดยนำตัวอย่างไอศกรีมที่สกัดแล้วเติมสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ พีเอช 9 ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ จำนวน 0.2 มิลลิลิตร สารละลายฟีนอลร้อยละ 6 จำนวน 1 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ร้อยละ 10 จำนวน 0.4 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วตั้งให้เย็น 30 นาที แล้วเติมสารละลายเอทานอลร้อยละ 40 จำนวน 2 มิลลิลิตร นำสารละลายวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer Plate

Reader ใช้เอทานอลร้อยละ 40 จำนวน 2 มิลลิเมตร เป็นสารละลายแบล็กส์ นำค่าการดูดกลืนแสงไปหาปริมาณสารกาบา (GABA)

2) วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ดัดแปลงวิธีของ Sanguanchaipaiwong *et.al.*, (2019) โดยนำตัวอย่างไฮดรอกซีที่สกัดแล้ว ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ใส่ใน microplate ขนาด 96 หลุม จากนั้นเติมสารละลาย foil-ciocalteu reagent 100 ไมโครลิตร ในแต่ละหลุม ต่อมาเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 80 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer Plate Reader

3) วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ดัดแปลงวิธีของ Sanguanchaipaiwong *et.al.* (2019) โดยนำตัวอย่างไฮดรอกซีที่สกัดแล้ว มาทำการทดสอบโดยการนำสารละลายมาตรฐานคาเทชิน (ความเข้มข้น 0.05 – 0.8 มิลลิกรัม) ปริมาตร 200 ไมโครลิตรผสมกับสารละลายโซเดียมไนโตร (NaNO_2) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 75 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที และเติมสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ (AlCl_3) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer Plate Reader

4) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 4 วิธี ดัดแปลงวิธีของ Sanguanchaipaiwong *et.al.* (2019) ดังนี้

- ทดสอบ Ferric reducing antioxidant power (FRAP) โดยนำตัวอย่างไฮดรอกซีที่สกัดแล้วเติมน้ำ เติม FRAP reagent ปริมาตร 900 ไมโครลิตร และสารตัวอย่าง 30 ไมโครลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร

- ทดสอบ Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) โดยนำตัวอย่างไฮดรอกซีที่สกัดแล้วผสมกับ Fluorescein 150 ไมโครลิตร หยดสารละลาย 2,2 -azobis-2-amidino-propane (AAPH) 25 ไมโครลิตร และวัดค่าความเข้มข้นของแสงที่ความยาวคลื่นแสงตกกระทบ 485 และความยาวคลื่นแสงที่ต้องการวัด 528 นาโนเมตร

- ทดสอบ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) โดยนำตัวอย่างไฮดรอกซีที่สกัดแล้วเติมสารละลาย 2,2 -diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 100 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันโดยไม่เกิดฟองอากาศ บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องมืด 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

- เตรียม 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์และสารละลาย Potassium persulfate ความเข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ ผสมสารละลาย ABTS กับสารละลาย Potassium persulfate ในอัตราส่วน 1:0.5 ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดประมาณ 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้ หลังจากนั้นเจือจางสารละลาย ABTS ด้วยเอทานอลให้มีค่าการดูดกลืนแสงช่วง 0.7 ± 0.02 ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร จากนั้นเตรียมสารตัวอย่างที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ในเอทานอล ปิเปตตัวอย่างมา 100 ไมโครลิตร แล้วเติมสารละลาย ABTS 10 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้เวลา 6 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

5) วิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (2012)

3.2 การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไฮดรอกซีแพลนต์เบสจากน้ำมันธัญพืชเพาะออก และไฮดรอกซีนมสูตรมาตรฐาน ได้แก่ วัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น Five Go pH meter F2 การวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer (Hunter Lab รุ่น Color Quest XE) การวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร

Texture Analyzer รุ่น TA.XT.plus ใช้หัววัดชนิดทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (P/2) โหลดเซลล์รับน้ำหนักได้ 50 กิโลกรัม วัดของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้โดยหยดลงบนแผ่นของเครื่อง Digital Refractometer ยี่ห้อ Milwaukee รุ่น MA 871 วัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer หาอัตราการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ (% overrun) ตามวิธี Leenanon (2005) โดยนำน้ำไอศกรีมแพลนต์เบสบรรจุใส่ถ้วยแก้วให้เต็มซึ่งน้ำหนักส่วนผสม บันทึกรับน้ำหนัก น้ำไอศกรีม นำน้ำไอศกรีมไปปั่นจนขึ้นฟู ตักใส่ถ้วยใบเดิมให้เต็ม ซึ่งน้ำหนักคำนวณหาการขึ้นฟู ดังนี้

$$\text{ร้อยละการขึ้นฟู} = \frac{\text{ปริมาตรของไอศกรีม} - \text{ปริมาตรของส่วนผสม}}{\text{ปริมาตรของส่วนผสม}} \times 100$$

(หน่วยปริมาตร)

3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ น้ำไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอกที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด มาวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด แซลโมเนลลา (*Salmonella spp.*) อีโคไล (*Escherichia coli*) สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) แบซิลลัสซีเรียส (*Bacillus cereus*) ลิสทีเรีย โมโนไซโตเจเนส (*Listeria monocytogenes*) ตามวิธี AOAC (2012)

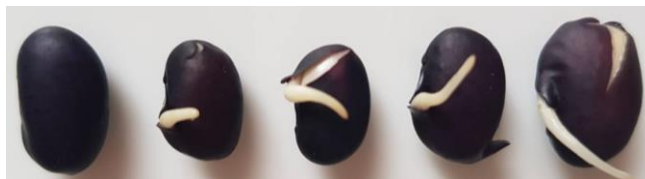
ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษารวมวิธีการผลิตไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอก

1.1 ผลการเพาะเมล็ดธัญพืช 3 ชนิด คือ ถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว แช่น้ำระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่า เมล็ดถั่วเหลือง มีการร่อนน้ำมากที่สุด รองลงมาเป็นถั่วขาว และถั่วดำ เมื่อนำมาเพาะงอกในระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ถั่วขาวจะมีการเจริญเติบโตในการงอกเร็วที่สุด เริ่มงอกที่เวลา 8 ชั่วโมง รองลงมา คือ ถั่วดำ เริ่มงอกที่เวลา 10 ชั่วโมง และถั่วเหลือง เริ่มงอกที่เวลา 10 ชั่วโมง (Figure 1) เกิดจากถั่วขาวมีเปลือกที่บางกว่าถั่วเหลืองและถั่วดำ จึงทำให้การเจริญเติบโตในการงอกได้เร็วกว่า

1.2 ผลการเตรียมน้ำนมธัญพืชเพาะงอกในการผลิตไอศกรีมแพลนต์เบส พบว่า การนึ่งเมล็ดธัญพืชเพาะงอกอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที จนสุก และนำเมล็ดธัญพืชเพาะงอกหนึ่งกับน้ำเปล่า ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ปั่นรวมกัน กรอง จะได้ลักษณะน้ำนมธัญพืชที่มีความข้นหนืดที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมแพลนต์เบส

1.3 ผลการทำสูตรไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอก โดยนำน้ำธัญพืชเพาะงอก 3 ชนิดมาทดแทนนมสด ด้วยวิธีการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design) ได้จำนวน 6 สูตร (ดัง Table 1) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพทางเคมี พบว่า ค่าสี ด้านความสว่าง (L^*) สูตรที่ 5 มีค่าสูงสุดได้ความสว่างอ่อนสุด รองลงมา เป็นสูตรที่ 4,3 และ 6 ได้ค่าความสว่างใกล้เคียงกัน ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และปริมาณสารกาบา โดยสารกาบา (GABA) เป็นกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมีอยู่ในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ผลิตจากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชัน (Decarboxylation) ของกรดอะมิโนกลูตามิก โดยเอนไซม์จะถูกเร่งด้วย สภาวะการแช่ และการงอก (Sarasa *et al.*, 2020) พบว่า ปริมาณสารกาบาสูตรที่ 6 มีมากที่สุด คือ 32 mg/100 g รองลงมาสูตรที่ 5 มี 29 mg/100 g และสูตรที่ 4 มี 22 mg/100 g (ดัง Table 2) จึงคัดเลือกจำนวน 3 สูตร คือ สูตรที่ 6, 5 และ 4 มาศึกษาการยอมรับไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอก



1. Black beans germinate at 0, 10, 12, 18, 24 hours



2. Soybeans germinate at 0, 10, 12, 18, 24 hours



3. White beans germinate at 0, 8, 12, 18, 24 hours

Figure 1 Three types of Legumes with different growth times for germination

Table 2 Physical and chemical properties of plant- based ice cream from germinated legume milk.

Formula	Black: Soy: White Bean	Color			TSS ^{ns} (°Brix)	GABA (mg/100g)
		L*	a*	b* ^{ns}		
1	60 : 30 : 10	71.99±0.76 ^c	2.25±0.11 ^a	11.33±0.41	18.75±0.10	13.70±0.10 ^a
2	55 : 30 : 15	72.17±0.88 ^{bc}	1.81±0.38 ^c	10.76±0.57	18.50±0.12	15.40±0.12 ^a
3	50 : 30 : 20	73.86±0.64 ^{ab}	1.99±0.44 ^b	11.60±0.57	18.50±0.15	17.11±0.16 ^d
4	50 : 35 : 15	73.87±1.11 ^{ab}	1.91±0.13 ^{bc}	10.81±0.55	18.55±0.10	22.10±0.15 ^c
5	50 : 40 : 10	74.23±1.18 ^a	1.95±0.26 ^{bc}	11.26±0.15	18.60±0.11	29.04±0.11 ^b
6	55 : 35 : 10	73.50±1.40 ^{ab}	1.98±0.11 ^{bc}	10.87±0.88	18.70±0.13	32.05±0.10 ^a

Note : ^{abc} The vertically different superscripts refer to statistically different average ($p \leq 0.05$)

^{ns} The horizontal superscripts refer to statistically not different average ($p > 0.05$)

2. ผลศึกษาการยอมรับไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมถั่วพืชเพาะงอกที่ผ่านการคัดเลือกจากคุณสมบัติทางกายภาพ และปริมาณสารกาบา จำนวน 3 สูตร มาทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ชิมจำนวน 50 คน (ดัง Table 3)

Table 3 Sensory Evaluation of plant- based ice cream from germinated legume milk.

Sensory Evaluation	Ratio of germinated legume milk (black beans : soybean : white beans)		
	50 : 35 : 15	50 : 40 : 10	55 : 35 : 10
Color	7.22 ± 1.09 ^b	7.46 ± 0.93 ^{ab}	7.70 ± 1.14 ^a
Odor ^{ns}	7.40 ± 1.03	7.78 ± 0.93	7.36 ± 1.06
Taste	7.12 ± 1.22 ^b	7.14 ± 0.86 ^b	7.98 ± 0.77 ^a
Smoothness	7.28 ± 0.95 ^b	7.14 ± 0.95 ^b	7.96 ± 0.75 ^a
Stability ^{ns}	7.52 ± 0.89	7.56 ± 0.88	7.82 ± 0.89
Melting ^{ns}	7.25 ± 0.94	7.24 ± 0.81	7.22 ± 0.86
Overall preferences	7.12 ± 1.09 ^b	7.84 ± 0.74 ^a	7.30 ± 0.83 ^b

Note : ^{ab} The horizontal different superscripts refer to statistically different average ($p \leq 0.05$)

^{ns} The horizontal superscripts refer to statistically not different average ($p > 0.05$)

จาก Table 3 พบว่าไอศกรีมแพลนต์เบสสูตรที่ใช้นํ้านมถั่วพืชเพาะงอกที่มีอัตราส่วนของถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว ที่ 55:35:10 ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุดด้านสี รสชาติ และความเนียนของเนื้อไอศกรีม และความคงตัวของไอศกรีมส่วน ไอศกรีมแพลนต์เบสสูตรที่ 50:40:10 ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุดด้านกลิ่น และความชอบโดยรวม และไอศกรีมแพลนต์เบส สูตรที่ 50:35:15 ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุดด้านการละลายในปาก เมื่อนํามาวิเคราะห์ความแตกต่าง พบว่า ด้านสี รสชาติ ความเนียนของเนื้อไอศกรีม และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้ชิมให้การยอมรับไอศกรีมแพลนต์เบสสูตรที่ใช้นํ้านมถั่วพืชเพาะงอกที่มีอัตราส่วนของถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว ที่ 55:35:10



Figure 2 Plant- based ice cream from germinated legume milk (Black: Soy: White)

3. ศึกษาคุณภาพทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพทางจุลินทรีย์

3.1 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Figure 3) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารกาบา (ดัง Table 4) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Table 5)

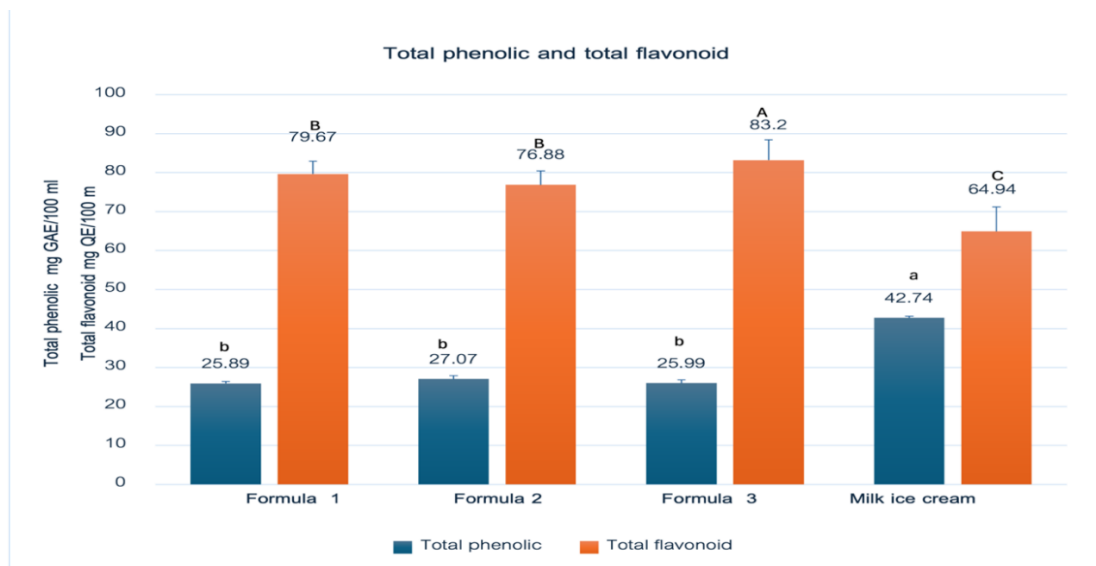


Figure 3 Total phenolic and total flavonoid of plant-based ice cream from germinated legume milk and milk ice cream

Note : ^{ABC} The horizontal different superscripts refer to statistically different average ($p \leq 0.05$)

^{ab} The horizontal different superscripts refer to statistically not different average ($p > 0.05$)

จาก Figure 3 ผลวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก และไอศกรีมนม พบว่า ไอศกรีมนมมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 42.74 mg GAE/100 ml ส่วนไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอกทั้ง 3 สูตร มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าไอศกรีมนม โดยสูตรที่ใช้นํ้านมธัญพืชเพาะงอกที่มีอัตราส่วนของถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว ที่ 55:35:10 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 83.20 mg QE/100 ml ส่วนไอศกรีมนมมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 64.94 mg QE/100 ml เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้วิจัยจึงคัดเลือกสูตรไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอกสูตรมีอัตราส่วนของถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว ที่ 55:35:10

**Table 4** Antioxidant properties and GABA of plant-based ice cream from germinated legume milk and milk ice cream

Antioxidant properties	Ratio of germinated legume milk (black beans : soybean : white beans)			Milk ice cream
	Formula 1	Formula 2	Formula 3	
	(50:35:15)	(50:40:10)	(55:35:10)	
FRAP	13.39 + 0.33 ^b	14.34 + 0.27 ^a	14.38 + 0.26 ^a	8.17 + 1.03 ^c
DPPH	14.54 + 1.55 ^b	13.99 + 0.11 ^b	19.76 + 0.56 ^a	10.22 + 0.83 ^c
ABTS ^{ns}	22.17 + 0.17	22.44 + 0.44	22.93 + 0.34	22.55 + 0.37
ORAC	152.51 + 5.82 ^a	147.94 + 10.12 ^a	160.96 + 3.30 ^a	116.29 + 5.48 ^b
GABA (mg/100 g)	23.01 + 0.10 ^c	29.03 + 0.06 ^b	33.05 + 0.06 ^a	34.06 + 0.07 ^a

Note : ^{ab} The horizontal different superscripts refer to statistically different average ($p \leq 0.05$)

^{ns} The horizontal different superscripts refer to statistically not different average ($p > 0.05$)

จาก Table 4 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมถั่วพิชเพาะงอก และไอศกรีมนมพบว่า ไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมถั่วพิชเพาะงอกทั้ง 3 สูตร มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ FRAP, DPPH, ABTS และ ORAC สูงกว่าไอศกรีมนม เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างการต้านอนุมูลอิสระ FRAP, DPPH และ ORAC มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณสารกาบา สูตรไอศกรีมนมมีปริมาณสารกาบา 34.06 mg/100 สูงที่สุด รองลงมา ไอศกรีมแพลนต์เบสสูตรที่ใช้นํ้านมถั่วพิชเพาะงอกที่มีอัตราส่วนของถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว ที่ 55:35:10 มีปริมาณสารกาบา 33.05 mg/100 ผู้วิจัยจึงคัดเลือกไอศกรีมแพลนต์เบสสูตรที่ใช้นํ้านมถั่วพิชเพาะงอกที่มีอัตราส่วนของถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว ที่ 55:35:10

Table 5 Chemical properties of plant-based ice cream from germinated legume milk and milk ice cream

Chemical properties	Formula 6 (55 : 35 : 10)	Milk ice cream	Percentage increase or decrease
Protein (grams)	2.39	2.08	+ 0.31
Fat (grams)	2.96	8.03	- 5.07
Ash (grams)	0.63	0.46	+ 0.17
Moisture (grams)	80.42	72.84	+ 7.58
Carbohydrates (grams)	13.60	16.59	- 2.99
Energy (KCal)	90.60	146.95	- 56.35

จาก Table 5 พบว่า ไอศกรีมแพลนต์เบสสูตรที่ใช้น้ำนมถั่วพืชเพาะงอกที่มีอัตราส่วนของถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาวที่ 55:35:10 ให้คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นด้านโปรตีน เถ้า และความชื้นโดยรวมที่เพิ่มขึ้น คือ 0.31, 0.17 และ 7.58 ตามลำดับ ซึ่งให้คุณค่าทางโภชนาการมากกว่าไอศกรีมนม

3.2 การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ (ดัง Table 6)

Table 6 Physical properties of plant- based ice cream from germinated legume milk and milk ice cream

Physical properties	Ratio of germinated legume milk (black beans : soybean : white beans)			Milk ice cream
	50 : 35 : 15	50 : 40 : 10	55 : 35 : 10	
pH value ^{ns}	6.65 ± 0.01	6.66 ± 0.01	6.65 ± 0.01	6.70 ± 0.10
Color (L*)	73.85 ± 1.16 ^b	74.26 ± 1.17 ^b	73.52 ± 1.38 ^b	91.29 ± 1.40 ^a
(a*)	1.92 ± 0.10 ^a	1.95 ± 0.30 ^a	1.97 ± 0.80 ^a	0.79 ± 0.11 ^b
(b*)	10.86 ± 0.50 ^b	11.28 ± 0.13 ^b	10.86 ± 0.88 ^b	14.60 ± 0.98 ^a
Total soluble solids (°Brix)	18.45 ± 0.10 ^b	18.30 ± 0.10 ^b	18.40 ± 0.15 ^b	18.90 ± 0.23 ^a
Hardness (g force)	117.84 ± 8.51 ^a	121.03 ± 8.49 ^b	115.94 ± 7.74 ^b	57.42 ± 7.50 ^a
Viscosity (cP)	4,835.39 ± 6.73 ^a	4,829.37 ± 4.62 ^a	4,840.35 ± 5.74 ^a	1,275.33 ± 6.44 ^b
Overrun (%)	59.46 ± 0.01 ^b	59.46 ± 0.01 ^b	59.48 ± 0.01 ^b	67.37 ± 0.02 ^a

Note : ^{ab} The horizontal different superscripts refer to statistically different average ($p \leq 0.05$)

^{ns} The horizontal different superscripts refer to statistically not different average ($p > 0.05$)

จาก Table 6 พบว่า ไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมถั่วพืชเพาะงอกมีค่า pH ที่เป็นกรดอ่อนๆ ทั้ง 3 สูตรใกล้เคียงกับค่า pH ของไอศกรีมนม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าสีความสว่าง (L*) น้อยกว่าไอศกรีมนม ส่วนค่า a* มีค่าความเป็นสีแดงมากกว่าไอศกรีมนม ส่วนค่า b* มีค่าความเป็นสีเหลืองน้อยกว่าไอศกรีมนม ซึ่งไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมถั่วพืชเพาะงอกที่ได้จะมีสีเทาอ่อน เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 18.45 – 18.30 องศาบริกซ์ ส่วนไอศกรีมนมมีค่าเท่ากับ 18.78 องศาบริกซ์ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความหนืด อัตราการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ และค่าความแข็ง มีค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 4,840.35 – 4,829.37 เซนติพอยส์ ค่าอัตราการขึ้นฟูอยู่ระหว่างร้อยละ 59.48-59.46 และค่าความแข็ง(Hardness) อยู่ระหว่าง 121.03-115.94 g force ส่วนไอศกรีมนมมีค่าความหนืด 1275.33 เซนติพอยส์ ค่าอัตราการขึ้นฟูร้อยละ 67.37 และค่าความแข็ง(Hardness) มีค่าเท่ากับ 57.42 g force เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้วิจัยคัดเลือกไอศกรีมแพลนต์เบสสูตรที่ใช้น้ำนมถั่วพืชเพาะงอกที่มีอัตราส่วนของถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว ที่ 55:35:10

3.3 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอกสูตรที่ 3 ถั่วดำ : ถั่วเหลือง : ถั่วขาว ที่ 55:35:10 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.6×10^3 cfu/g และตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus*/0.1 g, *Escherichia coli*/0.1 g, *Salmonella spp.*/25 g, *Listeria monocytogenes*/25 g, *Bacillus cereus* 0.5 g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 364) พ.ศ. 2556 มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. จากการศึกษากรรมวิธีการผลิตไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอก ด้วยการเพาะเมล็ดธัญพืช 3 ชนิด คือ ถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว แช่น้ำระยะเวลา 8 ชั่วโมง จะช่วยกระตุ้นกระบวนการงอกของธัญพืช การทำงานของเอนไซม์ในเมล็ด เอนไซม์ช่วยย่อยแป้ง โปรตีน และไขมันให้กลายเป็นสารอาหาร ทำให้ร่างกายสามารถย่อยและดูดซึมได้ง่ายขึ้น เพิ่มปริมาณวิตามินบี ช่วยกระบวนการเมตาบอลิซึมและการสร้างเซลล์ใหม่ เพิ่มปริมาณไฟเบอร์ พบว่า เมล็ดถั่วเหลืองมีการบวมน้ำมากที่สุด มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 120 รองลงมาเป็นถั่วขาว และถั่วดำ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 100 เกิดจากถั่วเหลืองมีโครงสร้างเซลล์ที่สามารถดูดซึมน้ำได้ดี เมื่อแช่ถั่วเหลืองในน้ำ น้ำจะค่อยๆซึมผ่านเปลือกถั่วที่บางเข้าสู่ภายในเมล็ด ทำให้เซลล์เกิดการขยายตัว น้ำจะเข้าไปแทรกในช่องว่างระหว่างเซลล์และโปรตีนในเมล็ด ทำให้เกิดกระบวนการออสโมซิส (osmosis) เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายนอกเมล็ดถั่ว เข้าไปสู่ภายในเมล็ดถั่วในปริมาณมาก เซลล์ภายในจะเกิดการพองตัว และขยายขนาดออก และเนื้อถั่วเหลืองมีปริมาณน้อยกว่า ซึ่งสัมพันธ์กับคาร์โบไฮเดรตที่มีปริมาณน้อยกว่า โดยถั่วเหลืองให้คาร์โบไฮเดรต 31.4 กรัม (Department of Health, 2018) ทำให้ช่องว่างภายในเซลล์มาก มีพื้นที่ในการดูดซึมน้ำได้มาก ส่งผลให้เมล็ดถั่วเหลืองบวมและมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่า ถั่วขาว และถั่วดำ สอดคล้องงานวิจัยของ Bornsirichairat (2018) พบว่า ถั่วเหลือง มีการบวมน้ำมากที่สุด รองลงมาเป็นถั่วเขียว ถั่วขาว ถั่วดำ และถั่วแดง

การเพาะงอกเมล็ดธัญพืช 3 ชนิด บนตะแกรง คลุมด้วยผ้าขาวบางชุบน้ำ วางไว้อุณหภูมิห้อง (30 ± 3 องศาเซลเซียส) ในห้องที่บดแสง เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ถั่วขาวมีการเจริญเติบโตในการงอกเร็วที่สุด เริ่มงอกที่เวลา 8 ชั่วโมง รองลงมาคือ ถั่วดำ เริ่มงอกที่เวลา 10 ชั่วโมง และถั่วเหลือง เริ่มงอกที่เวลา 10 ชั่วโมง เกิดจากถั่วขาวมีเปลือกที่บางกว่าถั่วเหลือง และถั่วดำ ทำให้การเจริญเติบโตในการงอกได้เร็วกว่า สอดคล้องงานวิจัยของ Bornsirichairat (2018) พบว่า ถั่วขาวงอกเร็วที่สุด และสอดคล้องงานวิจัยของ Vann *et al.*, (2020) พบว่า ถั่วเขียวมีการงอกดีที่สุด รองลงมา คือ ถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วแดง โดยระยะเวลาการงอกที่ชดอยู่ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง และ 36 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นช่วงเวลาพักตัว ถั่วจะแตกยอดและรากได้นำเมล็ดธัญพืชเพาะงอกมาสกัดเป็นน้ำนมธัญพืชเพาะงอกด้วยวิธีการนึ่งเมล็ดธัญพืชเพาะงอกอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที จนสุก จะช่วยลดกลิ่นถั่วที่เกิดขึ้น โดยเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (Lipoxygenases) จะเป็นตัวเร่งให้เกิดกลิ่นถั่วที่มาจากไขมันในถั่ว โดยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) กรดลิโนเลนิก (linolenic acid) และกรดอาราชิโดนิก (arachidonic acid) ทำให้เกิดสารระเหยหลายตัวให้กลิ่นที่ไม่ดีได้

การปั่นผสมเมล็ดธัญพืชเพาะงอกกับน้ำเปล่าด้วยเครื่อง Hamilton Beach ความเร็วระดับ 7 (ความเร็วรอบ 2000/นาที) เวลา 3 นาที ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ปั่นรวมกัน ใช้กระชอนตาถี่ขนาด 60 mesh และผ้าขาวบางกรอง จะได้ลักษณะ น้ำนมธัญพืชที่มีความข้นหนืด สอดคล้องงานวิจัยของ Numprasertchai (2019) พบว่า ปั่นเมล็ดถั่วแดงเพาะงอกกับน้ำเปล่า ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ในการทำไอศกรีม พบว่า ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุด นำน้ำธัญพืชเพาะงอกมาทำสูตรไอศกรีม แพลนต์เบส จำนวน 6 สูตร พบว่า สูตรที่ 4 อัตราส่วน 50:35:15, สูตรที่ 5 อัตราส่วน 50:40:10 และสูตรที่ 6 อัตราส่วน 55:35:10 มีค่าสีความสว่าง (L^*) ความเป็นสีแดง (a^*) ความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณสารกาบามากที่สุด คือ สูตรที่ 6 มี 32 mg/100 g รองลงมาสูตรที่ 5 มี 29 mg/100 g และสูตรที่ 4 มี 22 mg/100 g สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vann *et. al.*, (2020) พบว่า การเพาะงอกถั่ว 4 ชนิดที่ระยะเวลา 0, 6, 12, 24 และ 36 ชั่วโมง ปริมาณสารกาบาในถั่วต่างออกมามากกว่าไม่งอก เมื่อใช้ระยะเวลางอก 24 ชั่วโมง จึงคัดเลือกไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอก จำนวน 3 สูตร คือ สูตรที่ 6, 5 และ 4 เพราะมีปริมาณสารกาบามากที่สุด และไอศกรีมมีสีเทาอ่อนเกิดจากวัตถุดิบธัญพืชที่นำมาสกัดเป็นน้ำนมธัญพืช เมื่อผสมรวมกัน จะได้สีเทาอ่อน เกิดจากเปลือกหุ้มเมล็ดธัญพืชที่มีสารแอนโทไซยานินเป็นสารสีม่วง

2. จากศึกษาการยอมรับไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอก สูตรที่ 3 ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุดด้าน สี รสชาติ ความเนียนของเนื้อไอศกรีม และความคงตัวของไอศกรีม มีค่าเฉลี่ย 7.70, 7.98, 7.96 และ 7.82 ตามลำดับ ส่วน สูตรที่ 1 ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุดด้านการละลายในปาก มีค่าเฉลี่ย 7.25 และสูตรที่ 2 ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุดด้านกลิ่น และความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 7.78 และ 7.84 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่าง พบว่า ด้านสี รสชาติ ความเนียนของเนื้อไอศกรีม และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณลักษณะกายภาพของสูตรที่ 3 มีสีเทาเข้มโดดเด่นมากกว่าสูตรที่ 1 และ 2 เกิดจากปริมาณน้ำนมถั่วดำมากกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งถั่วดำมีเปลือกให้สารแอนโทไซยานินที่ให้สีม่วงเข้ม กลิ่นน้ำนมธัญพืชอ่อนๆ หวานปานกลาง เนื้อสัมผัสมีความเนียน มีความคงตัวดี และการละลายในปากได้ดี เกิดจากไอศกรีมเมื่อได้รับความร้อนจากอากาศภายนอกถ่ายเทเข้าสู่ภายในไอศกรีม จะทำให้ไอศกรีมมีการอ่อนตัว และละลายได้เร็วขึ้น

3. จากศึกษาคุณภาพทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอก และไอศกรีมนม

3.1 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า ไอศกรีมนมมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 42.74 mg GAE/100 ml เกิดจากในน้ำนมมีปริมาณฟีนอลิก สอดคล้องงานวิจัยของ Sik *et.al.*, (2023). พบว่า นมดิบมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ตั้งแต่ 420.34 ถึง 490.72 mg GAE/100 ml ส่วนไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำนมธัญพืชเพาะงอกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เกิดจากสารฟีนอลิก เป็นสารที่พบตามธรรมชาติ โดยเฉพาะในถั่ว เมล็ดแห้ง หรือเมล็ดธัญพืช ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ทำไอศกรีมประกอบด้วยธัญพืชต่างๆ ที่มีฟีนอลิกอยู่ในธัญพืช จึงทำให้มีปริมาณฟีนอลิกที่ใกล้เคียงกัน และถ้าต้องการรักษาปริมาณฟีนอลิกให้คงอยู่ สามารถปรับกระบวนการผลิต โดยการใช้ความดันในการพาสเจอร์ไรซ์ของการทดลองในอนาคตได้ สอดคล้องงานวิจัยของ Bornsirichairat (2018) พบว่า ปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์

ต้านอนุมูลอิสระของถั่วดอก 5 ชนิด (ถั่วขาว ถั่วดำ ถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วเหลือง) ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง กากถั่วเหลืองมีปริมาณฟีนอลิกมากที่สุด โดยมีกากถั่วเหลืองมี 619.1 รองลงมาจากถั่วเขียวมี 509.2 กากถั่วขาวมี 382 กากถั่วแดงมี 260.3 และกากถั่วดำ 258.6 ไมโครกรัมสมมูลโทรอลกอฮอล์ต่อ 1 กรัมต่อตัวอย่างแห้ง

ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบว่า ไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำมันธัญพืชเพาะงอกมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าไอศกรีมนม โดยสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 83.20 mg QE/100 ml ส่วนไอศกรีมนมมีค่าเท่ากับ 64.94 mg QE/100 ml เกิดจากสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เป็นสารที่พบตามธรรมชาติในพืช ผัก ธัญพืชต่างๆ ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ทำไอศกรีม ประกอบด้วย ธัญพืชต่างๆ โดยถั่วเหลืองมีสารไอโซฟลาโวนที่มีเอดซิน และจีนิสทิน เป็นสารฟลาโวนชนิดที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระอยู่ในกลุ่มสารประเภทฟลาโวนอยด์ สารซาโปนิน สารฟีนอลิก และสารแอนโทไซยานิน ที่พบมากในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง สอดคล้องงานวิจัยของ Pakkaew (2022) พบว่า ถั่วเหลืองมีสารไอโซฟลาโวนที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และมีสารฟลาโวนอยด์ สารซาโปนิน สารฟีนอลิก และสารแอนโทไซยานินในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง ถ้านำถั่วเหลืองไปเพาะงอกทำให้สารไอโซฟลาโวนเพิ่มขึ้น ส่วนถั่วดำมีสารประกอบแอนโทไซยานินที่ให้สีม่วงเข้มจากเปลือกหุ้มเมล็ด เป็นสารประกอบในกลุ่มสารประเภทฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระได้ (Butkup, 2012) ส่งผลให้ไอศกรีมแพลนต์เบสจากน้ำมันธัญพืชเพาะงอกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ FRAP, DPPH, ABTS และ ORAC สูงกว่าไอศกรีมนม โดยร้อยละที่เพิ่มขึ้น คือ 6.21, 9.54, 0.38 และ 44.67 เกิดจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้ผ่านการเพาะงอก และงาขาว มีสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์อยู่ในธัญพืชตามธรรมชาติ และกระบวนการเพาะงอก เป็นกระบวนการที่พืชเกิดการเจริญเติบโต และต้องการสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อใช้ป้องกันต้นอ่อนในการเจริญเติบโต โดยระหว่างการเจริญเติบโตได้มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเพาะงอกของเมล็ดในด้านองค์ประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนาการ จะเกิดการสลายอาหารที่สะสมในเมล็ดที่มีคาร์โบไฮเดรต โปรตีนบางชนิด และเพิ่มวิตามินบางชนิด ส่งผลให้สารสำคัญเพิ่มขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืชมีการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลที่ยึดจับไว้ที่ผนังเซลล์ ทำให้เมล็ดธัญพืชที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น ฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าไอศกรีมนม และไอศกรีมแพลนต์เบสยังมีวัตถุดิบน้ำมันงาที่ให้สารต้านอนุมูลอิสระจำพวกสารประกอบลิกแนน (lignan) ลิกแนนไกลโคไซด์ (lignanglycoside) และโทโคฟีรอล (tocopherol) โดยเมล็ดงาจะมีสารเซซามิน (sesamin) เซซาโมลิน (sesamolin) และเซซามอล (sesamol) ที่อยู่ในกลุ่มของสารประกอบลิกแนนที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยซ่อมแซมเซลล์ที่เสื่อมสภาพ และช่วยต้านอนุมูลอิสระที่ทำร้ายคอลลาเจนในชั้นผิว สอดคล้องงานวิจัยของ Wongsiri *et al.*, (2015) พบว่า ถั่วเขียวเพาะงอก ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการงอกที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 31.23 และ 61.27 mg TE/100mL ตามลำดับ สอดคล้องงานวิจัยของ Chumsri *et al.*, (2019) พบว่า การเพาะงอกถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วแดง และถั่วดำ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และค่าการดูดซับอนุมูลอิสระของออกซิเจน (Oxygen radical absorbance capacity, ORAC) ของถั่วที่ผ่านการเพาะงอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่องอกครบ 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับถั่วที่ไม่ผ่านการเพาะงอก และปริมาณสารกาบา สูตรที่ใช้ น้ำมันธัญพืชที่มีอัตราส่วนของถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว ที่ 55:35:10 เท่ากับ

33.05 mg/100 g เกิดจากการนำเมล็ดธัญพืชมาผ่านกระบวนการเพาะงอก ทำให้มีปริมาณสารกาบาเกิดขึ้น นำไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก และไอศกรีมนมไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นด้านความชื้น โปรตีน และเถ้า โดยร้อยละที่เพิ่มขึ้น คือ 7.58, 0.31 และ 0.17 ตามลำดับ เกิดจากไอศกรีมแพลนต์เบสใช้วัตถุดิบที่มาจากธัญพืช ทำให้ต้องทำเป็นนํ้านมธัญพืช จึงมีปริมาณน้ำสูงกว่าไอศกรีมนม ส่งผลให้มีความชื้นสูงกว่า และยังเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชสูงที่มีแร่ธาตุอยู่ในวัตถุดิบ เรียกว่า เถ้า สูงกว่าไอศกรีมนม ส่วนด้านไขมัน และคาร์โบไฮเดรตลดลง โดยร้อยละที่ลดลง คือ 5.07 และ 2.99 ตามลำดับ เกิดจากส่วนผสมของนํ้านมธัญพืช เป็นไขมันพืชที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าไอศกรีมนม ไอศกรีมนมจะมีไขมันและคาร์โบไฮเดรตสูงจากส่วนผสมนมและครีมที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ สอดคล้องงานวิจัยของ Boonkong and Wongkaew (2005) พบว่าไอศกรีมนํ้านมถั่วเหลืองมีคุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีนสูงกว่าไอศกรีมนม และด้านไขมัน เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต ลดลง

3.2 คุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า ไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอกมีค่า pH ที่เป็นกรดอ่อนๆ ทั้ง 3 สูตรใกล้เคียงกับค่า pH ของไอศกรีมนม และค่า pH ในนํ้านมปกติอยู่ช่วง 6.6-6.8 (Rattanapmon, 2014) และมีค่าสีความสว่าง (L^*) น้อยกว่าไอศกรีมนม ส่วนค่า a^* มีค่าความเป็นสีแดงมากกว่าไอศกรีมนม ส่วนค่า b^* มีค่าความเป็นสีเหลืองน้อยกว่าไอศกรีมนม จะมีสีเทาอ่อน เกิดจากส่วนผสมของนํ้านมถั่วเหลืองที่มีสีขาวอมเหลืองอ่อนผสมกับนํ้านมถั่วดำที่มีสีม่วงเข้มจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วดำที่มีสารแอนโทไซยานินที่ให้สีม่วงเข้ม ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 18.45 – 18.30 องศาบริกซ์ ส่วนไอศกรีมนม มีค่าเท่ากับ 18.78 องศาบริกซ์ ส่วนค่าความหนืด อัตราการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ และค่าความแข็ง พบว่า มีค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 4840.35 - 4829.37 เซนติพอยส์ ค่าอัตราการขึ้นฟูอยู่ระหว่างร้อยละ 59.48-59.46 และค่าความแข็ง(Hardness) อยู่ระหว่าง 121.03-115.94 g force ส่วนไอศกรีมนมมีค่าความหนืด 1275.33 เซนติพอยส์ ค่าอัตราการขึ้นฟูร้อยละ 67.37 ซึ่งอัตราการขึ้นฟูของไอศกรีมอยู่ในช่วงร้อยละ 40-100 (Leenanon, 2005) และค่าความแข็งเท่ากับ 57.42 g force เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างในทุกด้าน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอกจะมีความหนืดต่ำกว่า อัตราการขึ้นฟูต่ำกว่า และค่าความแข็งสูงกว่าไอศกรีมนม เกิดจากส่วนผสมนํ้านมธัญพืชเป็นโปรตีนที่ได้จากพืชที่มีไขมันไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งไขมันไม่อิ่มตัวสูงมีจุดแข็งตัวต่ำกว่าไขมันอิ่มตัว และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าน้อยกว่าจะได้นํ้าไอศกรีมมิกซ์ที่มีความหนืดต่ำกว่าไอศกรีมนม ทำให้คุณสมบัติการดูดซึมนํ้าในไอศกรีมลดลง เมื่อตีปั่นไอศกรีมจะทำให้ความสามารถในการตีจับอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีมได้น้อย ส่งผลให้อัตราการขึ้นฟูต่ำกว่าไอศกรีมนม เนื้อสัมผัสที่ได้จะมีความแน่นแข็งกว่าไอศกรีมนม เมื่อบริโภคเข้าไปในปากจะให้ความรู้สึกนุ่มน้อยกว่าไอศกรีมนม ถ้าต้องการให้ไอศกรีมแพลนต์เบสมีความหนืดสูงขึ้น ควรเพิ่มสารให้ความคงตัว เช่น กัวร์กัม แชนแทนกัม เป็นต้น จะช่วยให้ความคงตัว ช่วยในการอุ้มนํ้า และเพิ่มความหนืด ส่งผลให้ไอศกรีมแพลนต์เบสมีความหนืดสูง อัตราการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสนุ่มขึ้นได้ สอดคล้องงานวิจัยของ Saelee, 2006 พบว่า ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง เนื่องจากโปรตีนที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างตาข่ายของโปรตีนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการแทรกตัวเข้าสู่เนื้อไอศกรีมของอากาศระหว่างตีปั่นลดลง ส่วนไอศกรีมนมมีโปรตีนที่ได้จากนมที่มีไขมันอิ่มตัวสูง ทำให้เกิดจุดแข็งตัวได้เร็วกว่า และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่ามากกว่า

ทำให้ได้น้ำไอศกรีมมิกซ์ที่มีความหนืดมากกว่าและโปรตีนในนมจะช่วยให้เกิดลักษณะโครงสร้างตาข่ายเจลให้มีความแข็งแรงขึ้น ทำให้เพิ่มความหนืดของน้ำไอศกรีมมิกซ์ เมื่อตีปั่นไอศกรีม จะทำให้การเคลื่อนที่ของไบพัตในขณะตีจับอากาศได้ดี ทำให้ความสามารถในการตีจับอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีมดี ส่งผลให้อัตราการขึ้นฟูของไอศกรีมนมมีการขึ้นฟูมากกว่า

3.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 3.6×10^3 cfu/g และตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus*/0.1 g, *Escherichia coli*/0.1 g, *Salmonella spp.*/25 g, *Listeria monocytogenes*/25 g, *Bacillus cereus* 0.5 g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 364) พ.ศ. 2556 มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค เนื่องจากการผลิตมีขั้นตอนการพาสเจอร์ที่ให้ความร้อนในการเก็บรักษาอาหาร ทำให้สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ให้มีการเจริญข้าม (Rattanaporn, 2014) และช่วยด้านเนื้อสัมผัสให้มีความเนียนนุ่ม ละลายช้า ด้านรสชาติดีขึ้น เพราะความร้อนช่วยให้โปรตีนและไขมันถูกแยกย่อยเล็กน้อย ทำให้ผสมกับน้ำตาลและส่วนผสมอื่นๆ ได้เข้ากันดี จากผลการทดลอง นํ้านมธัญพืชเพาะงอกสูตรที่ใช้ธัญพืชเพาะงอกที่มีอัตราส่วนของถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว ที่ 55:35:10 จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตไอศกรีมสูตรไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก โดยการนำเมล็ดธัญพืช 3 ชนิด คือ ถั่วดำ ถั่วเหลือง และถั่วขาว มาทำการเพาะงอกด้วยการแช่นํ้าเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทำการเพาะงอกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาล้างให้สุก ทำการสกัดด้วยการบดปั่นผสมกับนํ้าเปล่าในอัตราส่วนนํ้าต่อเมล็ดธัญพืชเพาะงอกหนึ่ง ที่ 1 ต่อ 1 กรองนํ้านม นํ้านมธัญพืชเพาะงอกที่ได้เพื่อนำมาใช้แทนนมสดในไอศกรีมนม ทำให้เกิดการพัฒนาสูตรเป็นไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก เป็นการช่วยเพิ่มปริมาณสารกาบาที่เป็นสารสำคัญที่ช่วยป้องกันภาวะเสื่อมของสมอง รักษาาระบบประสาท ส่งเสริมการเจริญเติบโตของร่างกายได้ เมื่อนำไปศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า ไอศกรีมแพลนต์เบสจากนํ้านมธัญพืชเพาะงอก เป็นไปตามเกณฑ์ลักษณะของไอศกรีม ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี มีปริมาณสารกาบา สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีความสามารถในการต้านทานอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าค่าความชื้น โปรตีน และเถ้า ให้คุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้นกว่าไอศกรีมนม และคุณภาพทางจุลินทรีย์ อยู่ในเกณฑ์ของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 364) พ.ศ. 2556 ทำให้ได้ไอศกรีมที่มีประโยชน์ในแง่ของการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ สร้างความหลากหลายในการเลือกซื้อไอศกรีมของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ และยังช่วยส่งเสริมการนำวัตถุดิบภายในประเทศมาแปรรูปให้เกิดมูลค่าเพิ่ม สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและสามารถผลิตเป็นสินค้าส่งออกในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การสนับสนุนห้องปฏิบัติการ



เอกสารอ้างอิง

- Anomunee, R., Prasitkul, P., & Chomanee, J. (2019). Effects of soaking on the amount of chemical substances. germinated grains. In *the 29th Thaksin University National Academic Conference*. (page 1204-1211). Faculty of Science Thaksin University. (in Thai)
- A.O.A.C. (2012). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, (15thed., Vol.1). Washington D.C.
- Boonkong, J., & Wongkaew N. (2005). Production of soymilk ice cream. *Journal of Food Technology*, 1(1), 31-39. (in Thai)
- Bornsirichairat, K. (2018). *Phenolic content and antioxidant activity of 5 types of soybean meal*. [Master's degree thesis]. Mae Fah Luang University. (in Thai)
- Butkup, L. (2012). Dietary Polyphenols and their Biological Effects. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 31(4), 443-455. (in Thai)
- Chandrawetsaman, P. (2016). *Miraculous benefits; benefits: sesame oil*. Bangkok: Amarin Health Publishing. (in Thai)
- Cheewajit, M. (2022). *Plant Based diet Guide*. Cheewajit. (in Thai)
- Chomshome, N. (2022). *Teaching materials for beverages and ice cream*. Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)
- Chumsri, N., Arungrunsawa S., Sareechap, S., & Karnchaisri, K. (2019). Development Mixed bean drink through germination. *Christian University Journal*, 25(3), 89-98. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension of Agriculture and Cooperatives. (2016). *Germination*. Cooperative Assembly. Agriculture of Thailand Co., Ltd. (in Thai)
- Department of Health. (2018). *Nutritional value of Thai food*. Ministry of Public Health. (in Thai)



- Leenamon, B. (2005). *Dairy food product technology*. Department of Food Technology, University Khon Kaen. (in Thai)
- Lqbal, A., Khalil, I.A., Ateeq, N., & Khan, M.S. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97(2), 331-335.
- Ministry of Public Health. (2001). *Announcement of the Ministry of Public Health No. 364. Standards of microorganisms that produce Cause disease*. Royal Gazette, general announcement edition, volume 130, special section 148D. (in Thai)
- Numprasertchai, H. (2019). *Development of ice cream products fortified with germinated red beans*. [Master's degree thesis]. Rajamangala University of Technology Thanyabur. (in Thai)
- Pakkaew, Y. (2022). Soybeans to germinated soybeans. The benefits I want to tell you Healthy alternative food. *Healthy Menu Journal*, 52(4), 50-57. (in Thai)
- Rattanapmon, N. (2014). *Chemicals and dairy products*. Odia Store Publishing. (in Thai)
- Saelee, T. (2006). *Development of ice cream products modified from soybean protein and vegetable fat*. [Master's degree thesis]. Suranaree University of Technology. (in Thai)
- Sanguanchaipaiwong, W., Phrommin, P., Jutharat, S., & Sriwacharakul, S. (2019). Ice cream is fortified with gooseberry extract and anti-oxidant activity. In *the meeting National academic Walailak Research No. 11*.(pages 10-15). Faculty of Science, Institute King Mongkut's University of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Sarasa, S. B., Mahendran, R., Muthusamy, G., Thankappan, B., Selta, D. R. F., & Angayarkanni, J. (2020). A brief review on the non-protein amino acid, gamma-amino butyric acid (GABA): its production and role in microbes. *Current microbiology*, 77, 534-544.
- Shahidi, F. (Ed.). (1997). *Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications*. The American Oil Chemists Society.



- Sik, B., Buzás, H., Kapcsándi, V., Lakatos, E., Daróczy, F., & Székelyhidi, R. (2023). Antioxidant and polyphenol content of different milk and dairy products. *Journal of king saud university-Science*, 35(7), 102839.
- Tanjor. S, Devasut, W., & Wattanasuchart, N. (2016). Effects of germination on iron absorption and protein digestibility of soybeans. *Journal of Science and Technology*, 24(4), 573-586. (in Thai)
- Thongaekkaew, C. (2015). Benefits of GABA on health. *Science Journal Khon Kaen University*. 43(2), 205-211. (in Thai)
- Vann, K., Techaparin, A., & Apiraksakorn, J. (2020). Beans germination as a potential tool for GABA-enriched tofu production. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 3947-3954.
- Walstra, P., & Jonkman, M. (1998). The role of milkfat and protein in ice cream. *International Dairy Federation special issue*, (3), 17-24.
- Wongsiri, S., Ohshima, T., & Duangmal, K. (2015). Chemical composition, amino acid profile and antioxidant activities of germinated mung beans (*Vigna radiata*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1956-1964.