



การพัฒนาสูตรไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน Development of a Reduced-Fat Hom Thong Banana Ice Cream Product using Inulin as a Fat Replacer

เพ็ญศิริ คงสิทธิ์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี 15000

Phensiri Khongsit

Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology,
Thepsatri Rajabhat University, Lopburi, 15000

Corresponding author: Phensiri.k@lawasri.tru.ac.th

Received: 3 December 2025/ Revised: 15 April 2026/ Accepted: 19 April 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปริมาณกล้วยหอมทองที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมกล้วยหอมทอง 2) ศึกษาปริมาณอินูลินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมัน และ 3) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรควบคุม โดยได้ทำการศึกษ ปริมาณกล้วยหอมทองที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม โดยใช้ปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 0 (ควบคุม), 20, 40 และ 60 (โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักไอศกรีม) จากการทดลองพบว่าเมื่อปริมาณกล้วยหอมทองเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืด ค่าความแน่นแข็ง ค่าร้อยละการขึ้นฟู และค่า a^* เพิ่มขึ้น แต่ค่า L^* ค่า b^* ค่าการละลายลดลง โดยปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 40 ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุด และจากการศึกษาปริมาณอินูลินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมัน โดยใช้อินูลินร้อยละ 0 (ควบคุม), 2, 4, 6 และ 8 (โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักของวิปครีม) พบว่าเมื่อปริมาณอินูลินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนืด ค่า L^* และค่า b^* เพิ่มขึ้น ค่าความแน่นแข็ง ค่าไขมันค่า a^* และอัตราการละลายมีค่าลดลง แต่ค่าร้อยละการขึ้นฟูไม่แตกต่างกัน ไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 8 มีร้อยละไขมันน้อยที่สุด และผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับมากที่สุด และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรควบคุม พบว่าปริมาณไขมัน โปรตีน และพลังงานของไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติมอินูลินร้อยละ 8 มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติมอินูลินร้อยละ 8 มีปริมาณกากใย มากกว่าไอศกรีมกล้วยหอมทองสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกัน และพบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 354 เรื่องไอศกรีม (2556)

คำสำคัญ: อินูลิน กล้วยหอมทอง ไอศกรีมลดไขมัน



Abstract

The objectives of this research were: 1) to determine the amount of Hom Thong banana for the production of banana ice cream; 2) to investigate the concentration of inulin used as a fat replacer in reduced-fat Hom Thong banana ice cream; and 3) to study the chemical composition and microbiological quality of the reduced-fat Hom Thong banana ice cream using inulin as a fat replacer compared to a control. The study on the amount of banana was conducted by varying the Hom Thong banana content at 0%(control), 20%, 40%, and 60% (w/w of ice cream). The results showed that increasing the banana content resulted in higher viscosity, firmness, overrun, and a^* value, while the L^* value, b^* value, and melting rate decreased. The formulation with 40% Hom Thong banana ice cream received the highest sensory evaluation scores. Furthermore, the study on inulin as a fat replacer in the reduced-fat ice cream utilized inulin concentrations of 0% (control), 2%, 4%, 6%, and 8% (w/w of whipping cream). It was found that an increase in inulin content led to higher viscosity, L^* value, and b^* value. Conversely, firmness, fat content, a^* and melting rate decreased, whereas the overrun showed no significant differences. The reduced-fat Hom Thong banana ice cream formulated with 8% inulin exhibited the lowest fat percentage and received the highest sensory evaluation scores. When comparing the chemical composition and microbiological quality of the 8% inulin low-fat ice cream to the control, the moisture, fat, protein, and energy contents of the 8% inulin ice cream were significantly lower ($p < 0.05$). However, its dietary fiber contents were significantly higher than those of the control ($p < 0.05$), with no significant difference observed in moisture ash and carbohydrate content. Finally, the total plate count and coliform bacteria were in agreement with the Food Act standard No354 (Ice cream), Ministry of Public Health (2556).

Keywords: Inulin, Hom Thong Banana, Ice Cream Reduced-Fat

บทนำ

กล้วยหอม มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Musa Sapientum* Linn. อยู่ในวงศ์ Musaceae กล้วยหอมเป็นพืชนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สามารถปลูกได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยและให้ผลผลิตตลอดปี รสชาติหวานและกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ มีสารอาหารประเภทโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง เป็นแหล่งวิตามินเอ วิตามินบี และวิตามินซี รวมถึง แคลเซียม ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็ก [1] ผลสดของกล้วยหอมทองมีข้อจำกัดด้านอายุการเก็บรักษา เนื่องจากมีอัตราการหายใจและการสุกที่รวดเร็ว ส่งผลให้ผลผลิตจำนวนหนึ่งไม่สามารถผ่านมาตรฐานการส่งออกได้ แม้ว่าคุณภาพของเนื้อผลยังคงเหมาะสมต่อการบริโภคก็ตาม กล้วยหอมทองมีลักษณะเปลือกบาง เนื้อนิ่ม และมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเปลือกและการเสื่อมคุณภาพในระยะเวลานานขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีอายุการวางจำหน่ายในตลาดค่อนข้างจำกัด ดังนั้นการนำกล้วยหอมที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการส่งออกหรือกล้วยที่สุกเกินไปมาบริโภคสดนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบต่าง ๆ เช่น ผงกล้วย กล้วยอบแห้ง หรือส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร จึงเป็นแนวทางสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษา ลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว และเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับผลผลิตทางการเกษตร

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์ของหวานแช่แข็งที่มีส่วนประกอบจากนมและบริโภคอย่างแพร่หลายทั่วโลกเนื่องจากมีรสชาติหวานและให้ความรู้สึกเย็นสดชื่นเมื่อบริโภค โดยทั่วไปส่วนประกอบหลักของไอศกรีม ได้แก่ นม ไขมันนม และสารให้ความหวาน (sweeteners) หรือน้ำตาล ซึ่งนมเป็นแหล่งสำคัญของสารอาหาร เช่น โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้สูตรไอศกรีมยังประกอบด้วยสารให้ความคงตัว (stabilizer) และอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) รวมถึงสารปรุงแต่งกลิ่น รส สี และส่วนผสมอื่น ๆ เพื่อช่วยปรับปรุงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้มีความคงตัวและเนื้อสัมผัสที่

เหมาะสม [2, 3] ไอศกรีมมีโครงสร้างซับซ้อน ประกอบด้วยผลึกน้ำแข็ง หยดไขมัน ฟองอากาศ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเกลือที่กระจายตัวอยู่ในเฟสของน้ำ โครงสร้างจุลภาคเหล่านี้มีบทบาทสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เช่น ความเนียน ความครีมมี่ และลักษณะการละลายของไอศกรีม ซึ่งองค์ประกอบต่างๆ ในสูตรไอศกรีมมีบทบาทต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันไป โดยไขมันนมเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อโครงสร้าง เนื้อสัมผัส และคุณสมบัติทางรีโอโลยีของไอศกรีม รวมถึงช่วยเพิ่มความครีมมี่และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ขณะที่สารให้ความคงตัวมีบทบาทในการควบคุมพฤติกรรมของน้ำและช่วยลดการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนมากขึ้น ส่วนอิมัลซิไฟเออร์ช่วยให้ไขมันและน้ำกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดโครงสร้างอิมัลชันที่มีความเสถียรและช่วยเพิ่มความเนียนนุ่มของเนื้อไอศกรีม [2] โดยทั่วไปไอศกรีมประกอบด้วยไขมันประมาณ 10-16% ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญ และส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ การคงรูปร่าง และอัตราการละลายหลังการแช่แข็ง [3] ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการบริโภคไขมันในปริมาณที่มากเกินไปมีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นต่อการเกิดภาวะโรคอ้วนและโรคหลอดเลือดหัวใจ [4] ดังนั้นการลดปริมาณไขมันในไอศกรีมจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจต่อสุขภาพ ด้วยเหตุนี้ในปัจจุบันจึงมีการนำสารทดแทนไขมันมาใช้ในสูตรไอศกรีมอย่างแพร่หลาย เพื่อช่วยลดหรือบรรเทาคุณลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการลดหรือกำจัดไขมันออกจากสูตรผลิตภัณฑ์

อินูลินเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ในกลุ่มฟรุกแทนที่ประกอบด้วยหน่วยฟรุกโตสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β -(2 $\rightarrow$ 1) โดยมีคุณสมบัติเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำและไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ จึงสามารถทำหน้าที่เป็นพรีไบโอติก ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ และมีบทบาทในการส่งเสริมสุขภาพ เช่น การเพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุ และการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้อินูลินยังให้พลังงานต่ำและสามารถสร้างโครงสร้างเจลได้ ทำให้ได้รับความสนใจในการประยุกต์ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์นมแปรรูป เช่น ไอศกรีม [5] ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมไขมันมีบทบาทสำคัญในการให้เนื้อสัมผัส ความครีมมี่ และความคงตัวของโครงสร้าง อย่างไรก็ตามแนวโน้มการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพส่งผลให้มีการพัฒนาไอศกรีมไขมันต่ำ โดยมีการใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน (fat replacer) เนื่องจากสามารถเลียนแบบคุณสมบัติของไขมันได้ การเติมอินูลินสามารถเพิ่มความหนืดของส่วนผสม (ice cream mix) ปรับปรุงการกักเก็บอากาศ (overrun) และทำให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมมีความเนียนและสม่ำเสมอมากขึ้น นอกจากนี้อินูลินยังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาไอศกรีมไขมันต่ำหรือปราศจากไขมัน โดยสามารถลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ยังคงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับทางประสาทสัมผัสในระดับที่ใกล้เคียงกับไอศกรีมปกติ [6] มีรายงานว่าไอศกรีมไขมันต่ำที่ใช้อินูลินเป็นส่วนประกอบสามารถให้คุณลักษณะด้านความครีมมี่และความพึงพอใจของผู้บริโภคใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง [7] งานวิจัยก่อนหน้านี้มีการศึกษาการใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมไขมันต่ำ ซึ่งทำให้ไอศกรีมไขมันต่ำมีอัตราการละลายต่ำลง [8] อย่างไรก็ตามการลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมมักส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไขมันมีบทบาทสำคัญในการสร้างโครงสร้าง เนื้อสัมผัส ดังนั้นการพัฒนาไอศกรีมไขมันต่ำจึงจำเป็นต้องใช้สารทดแทนไขมันเพื่อชดเชยหน้าที่ของไขมันที่ลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาพัฒนาสูตรไอศกรีมกล้วยหอมทอง มาปรับเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมัน ซึ่งใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณกล้วยหอมทองที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมกล้วยหอมทอง ศึกษาปริมาณอินูลินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรควบคุมเพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการรักษาสุขภาพ



วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาปริมาณกล้วยหอมทองที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมกล้วยหอมทอง

การเตรียมกล้วยหอมทอง นำกล้วยหอมทองที่ซื้อจาก ห้างบิ๊กซี จังหวัดลพบุรี ระยะความสุกที่ 7 ตามมาตรฐาน CSIRO(1972) [9] ซึ่งประกอบด้วยสารให้กลิ่นหอมเฉพาะของกล้วยหอมพันธุ์หอมทองมากที่สุด [10] มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก แล้วนำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร เก็บไว้ใช้เป็นส่วนผสมในสูตรไอศกรีมต่อไป และการศึกษาปริมาณกล้วยหอมทองที่ใช้ในการทำไอศกรีมกล้วยหอมทอง โดยศึกษาปริมาณกล้วยหอมทอง 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 20, 40, 60 (โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักไอศกรีม) และวางแผนการทดลอง CRD (Completely Randomized Design) ซึ่งมีส่วนผสมดังตารางที่ 1 มีวิธีการผลิตไอศกรีมทำได้โดย ชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตร และนำส่วนผสมที่เป็นของเหลว ได้แก่ นมสด วิปปิงครีม น้ำเปล่า ใส่หม้อตุ๋นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำส่วนผสมที่เป็นของแข็ง ได้แก่ น้ำตาลทราย เกลือ สารละลายกัวร์กัม ผสมลงในส่วนผสมของเหลว คนจนส่วนผสมละลายเข้าด้วยกัน เติมน้ำแดง นำส่วนผสมที่ได้มาผ่านเครื่องโฮโมจิไนซ์เซอร์ (ยี่ห้อ Ystral, รุ่น X10/20-E3) ที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที นำมาทำให้เย็นด้วยการแช่ลงในน้ำอุณหภูมิห้องจนส่วนผสมมีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ใส่กลิ่นวานิลาลงไป เทส่วนผสมใส่กล่องพลาสติกปิดฝาและนำไปบ่มในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปปั่นในเครื่องทำไอศกรีมเป็นเวลา 30 นาที บรรจุไอศกรีมในถ้วยพลาสติกชนิดพอลิสไตรีน เก็บรักษาในตู้แช่เยือกแข็งอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไอศกรีมกล้วยหอมทองที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของไอศกรีมกล้วยหอมทอง

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)			
กล้วยหอมทอง	0 (ควบคุม)	20	40	60
นมสดขาดมันเนย	52.62	52.62	52.62	52.62
วิปปิงครีม	15.26	15.26	15.26	15.26
น้ำตาล	8.62	8.62	8.62	8.62
กลิ่นวานิลลา	0.32	0.32	0.32	0.32
กัวร์กัม	0.60	0.60	0.60	0.60
น้ำเปล่า	22.58	22.58	22.58	22.58

ที่มา: ดัดแปลงจาก ปิยนุสรณ์ น้อยดวง และระวีวรรณ วงศ์วรรณ [11]

2. การศึกษาปริมาณอินูลินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมัน

นำไอศกรีมสูตรที่ได้ผ่านการทดสอบทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสจากข้อที่ 1 มาศึกษาปริมาณอินูลินที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยทดแทนอินูลินในส่วนผสมที่เป็นไขมัน ซึ่งอินูลินจากบริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด (DP≥14) ทำการศึกษาปริมาณอินูลิน 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 (ควบคุม), 2, 4, 6 และ 8 (โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักของวิปปิงครีม) แสดงดังตารางที่ 2 และวางแผนการทดลอง CRD (Completely randomized design) จากนั้นนำไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ

การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์

1.1 คุณภาพทางกายภาพ

1) ค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer (Brookfield viscometer; ยี่ห้อ Brookfield, รุ่น LV DV-II+Pro Extra, ประเทศญี่ปุ่น) โดยใช้หัววัดเบอร์ No. 64 ความเร็ว 30 รอบต่อนาที วัดความหนืดของไอศกรีมเหลวหลังการปั่นที่อุณหภูมิประมาณ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยเครื่องวัดความหนืด อ่านค่าที่ได้หลังมอเตอร์หมุน 30 วินาที ความเร็วอุณหภูมิตัวอย่างที่ 20 ± 1 องศาเซลเซียส



ตารางที่ 2 ส่วนผสมของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมอินูลินในแต่ละสูตร (ร้อยละ)			
	0	2	4	6
อินูลิน	0	0.22	0.44	0.65
วิปปิ้งครีม	10.9	10.68	10.46	10.25
กล้วยหอมทอง	28.57	28.57	28.57	28.57
นมสดขาดมันเนย	37.58	37.58	37.58	37.58
น้ำตาล	6.16	6.16	6.16	6.16
กลีขนวนิลลา	0.23	0.23	0.23	0.23
กัวร์กัม	0.43	0.43	0.43	0.43
น้ำเปล่า	16.13	16.13	16.13	16.13

2) ค่าร้อยละการขึ้นฟู โดยชั่งน้ำหนักของไอศกรีมเหลว และน้ำหนักของไอศกรีมลงในภาชนะปริมาตร 120 มิลลิลิตร ตามวิธีของ Arbuckle [12] ที่นำข้อมูลไปคำนวณค่าร้อยละการขึ้นฟู ดังสมการที่ 1

$$\text{ค่าร้อยละการขึ้นฟู} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมเหลว} - \text{น้ำหนักไอศกรีมหลังปั่น}}{\text{น้ำหนักไอศกรีมหลังปั่น}} \times 100 \quad (1)$$

3) อัตราการละลาย นำไอศกรีมที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง 24 ชั่วโมง มา 50 กรัม นำมาปล่อยให้ละลายบนตะแกรงร้อน แบ่งขนาด 80 เมช ที่มีถ้วยแสดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว รองรับไอศกรีมอยู่ด้านล่าง วางไอศกรีมทิ้งไว้ 30 นาที ที่ อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายออกมาทุก ๆ 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที โดยดัดแปลงวิธีของ Markowska และคณะ [13] นำข้อมูลไปคำนวณค่าร้อยละของไอศกรีมที่ละลาย ดังสมการที่ 2

$$\text{อัตราการละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมที่ละลาย}}{\text{น้ำหนักไอศกรีมเริ่มต้น}} \times 100 \quad (2)$$

4) ค่าสี L^* , a^* และ b^* โดยใช้เครื่อง Colorimeter (ยี่ห้อ Hunter lab, รุ่น Color Flex Z2) ซึ่งค่า L^* แสดงถึงความมืด-สว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100 ค่า a^* แสดงถึง ค่าสีแดงและสีเขียวของวัตถุ เมื่อค่า a^* เป็น บวก หมายถึง วัตถุมีสีแดง หากค่า a^* เป็น ลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว และค่า b^* แสดงถึง ค่าสีเหลืองและน้ำเงินของวัตถุ เมื่อค่า b^* เป็น บวก หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง หากค่า b^* เป็น ลบ หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน

5) ค่าความแน่นแข็งของเนื้อสัมผัสไอศกรีมด้วยเครื่อง Texture Analyzer (ยี่ห้อ Stable micro systems, รุ่น TA-XT2i) ต่อกับหัววัด P/2 cylindrical probe กดลงไปในตัวอย่าง 15 mm ทำการทดลอง 5 ซ้ำ โดยดัดแปลงวิธีจาก Aime และคณะ [14]

1.2 คุณภาพทางเคมี วิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยวิธี Modified Mojonnier ether extraction ตามวิธี AOAC [15]

1.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale [16] กับ ผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝน ซึ่งเป็นผู้บริโภคไอศกรีมเป็นประจำ และไม่มีภาวะแพ้อาหาร เป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จำนวน 30 คน ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นกล้วย รสชาติ เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวม โดยให้



คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 9 (1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด) ได้ขอหมายเลขการรับรองจริยธรรมการวิจัย คือ TRU-EC No.050/68

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้ไขมันเป็นสารทดแทนไขมันเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

นำไอศกรีมสูตรที่ใช้ไขมันซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีและมีคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด จากข้อ 2 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีของ AOAC [15] เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พร้อมทั้งตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) และวิเคราะห์แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม [15]

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

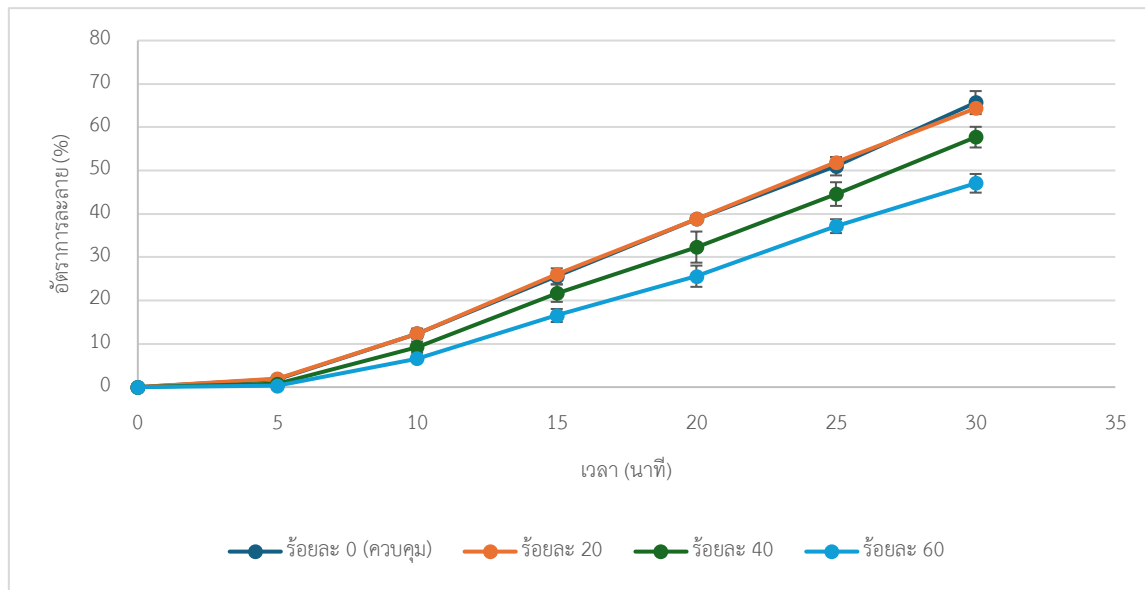
1. ผลการศึกษาปริมาณกล้วยหอมทองที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมกล้วยหอมทอง

การศึกษาปริมาณกล้วยหอมทองที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอมทอง 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 (ควบคุม), 20, 40 และ 60 (โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักไอศกรีม) จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมกล้วยหอมทอง ทั้ง 4 สูตร ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3-5 พบว่าไอศกรีมที่ใช้กล้วยหอมทองร้อยละ 60 มีความหนืดสูงที่สุด เท่ากับ 3,071.67 cP โดยค่าความหนืดของไอศกรีมจะวัดความหนืดของไอศกรีมเหลวหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าความแน่นแข็งสูงที่สุด เท่ากับ 11.71 N และร้อยละการขึ้นฟูสูงที่สุด เท่ากับ 68.67 และพบว่าเมื่อปริมาณกล้วยหอมทองเพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าความหนืด ค่าความแน่นแข็ง และร้อยละการขึ้นฟูมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับค่าอัตราการละลายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ของไอศกรีมที่ใช้กล้วยหอมทอง แสดงดังภาพที่ 1 ค่าอัตราการละลายของไอศกรีมที่ใช้กล้วยหอมทองร้อยละ 60 มีค่าน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 47.05 และพบว่าเมื่อปริมาณกล้วยหอมทองเพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าอัตราการละลายมีค่าลดลง และไอศกรีมที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20 มีอัตราการละลายสูงที่สุด

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมสูตรควบคุมและปริมาณกล้วยหอมทองที่ระดับร้อยละ 20, 40 และ 60

ปริมาณกล้วยหอมทอง (ร้อยละ)	ความหนืด (cP)	ความแข็ง(นิวตัน)	การขึ้นฟู (ร้อยละ)
0 (ควบคุม)	1,828.67 $\pm$ 31.56 ^d	4.14 $\pm$ 0.27 ^d	60.31 $\pm$ 2.13 ^c
20	2,272.33 $\pm$ 62.14 ^c	7.36 $\pm$ 0.57 ^c	61.28 $\pm$ 4.61 ^c
40	2,653.00 $\pm$ 69.49 ^b	9.12 $\pm$ 0.64 ^b	62.90 $\pm$ 3.16 ^b
60	3,071.67 $\pm$ 97.39 ^a	11.71 $\pm$ 1.16 ^a	68.67 $\pm$ 2.37 ^a

หมายเหตุ : ^{a-d} หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวดังในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 1 อัตราการละลายของไอศกรีมสูตรควบคุมและปริมาณกล้วยหอมทองที่ระดับร้อยละ 0, 20, 40 และ 60

คุณภาพทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ เป็นปัจจัยคุณภาพที่สำคัญ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ดึงดูดใจและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค จากผลการทดลองในตารางที่ 4 พบว่าค่าสีของไอศกรีมกล้วยหอมทอง มีความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าความสว่างของไอศกรีมกล้วยหอมทองสูตรควบคุม ค่าความสว่างสูงที่สุด เท่ากับ 83.26 รองลงมาคือ ไอศกรีมกล้วยหอมทอง ที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20, 40 และ 60 มีค่าเท่ากับ 65.76, 64.09 และ 60.64 ตามลำดับ พบว่า ไอศกรีมกล้วยหอมทองที่มีปริมาณกล้วยหอมทองที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ของไอศกรีมกล้วยหอมทองมีค่าลดลง แสดงถึงค่าความสว่างมีทิศทางไปทางมืด สำหรับค่าสีแดง (a^*) พบว่าไอศกรีมกล้วยหอมที่มีปริมาณกล้วยหอมทอง ร้อยละ 60 มีค่าสี a^* สูงที่สุด เท่ากับ 5.82 มีทิศทางไปทางสีแดง รองลงมาคือ ไอศกรีมกล้วยหอมทองที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 40, 20 และ 0 (ควบคุม) มีค่าเท่ากับ 4.92, 4.06 และ -0.76 ตามลำดับ และพบว่าไอศกรีมกล้วยหอมทองสูตรควบคุม มีค่าสี a^* มีทิศทางไปทางสีเขียว ซึ่งเมื่อปริมาณกล้วยหอมทองที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าสี a^* ของไอศกรีมกล้วยหอมทองมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงถึงมีทิศทางไปทางสีแดงมากขึ้น และค่าสีเหลือง (b^*) พบว่าไอศกรีมกล้วยหอมทองสูตรควบคุม มีค่าสี b^* สูงที่สุด เท่ากับ 13.59 มีทิศทางไปทางสีเหลือง รองลงมาคือ ไอศกรีมกล้วยหอมทอง ที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 20, 40 และ 60 มีค่าเท่ากับ 13.18, 11.12 และ 9.95 ตามลำดับ พบว่าปริมาณกล้วยหอมทองที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าสี b^* ของไอศกรีมกล้วยหอมทองมีค่าลดลง แสดงถึงมีทิศทางไปทางสีน้ำเงินมากขึ้น

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านสี L^* a^* b^* ของไอศกรีมสูตรควบคุมและปริมาณกล้วยหอมทองที่ระดับร้อยละ 20, 40 และ 60

ปริมาณกล้วยหอมทอง (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
0 (ควบคุม)	83.26 ± 0.11^a	-0.76 ± 0.01^d	13.58 ± 0.32^a
20	65.76 ± 0.61^b	4.06 ± 0.19^c	11.34 ± 0.11^b
40	64.09 ± 0.66^c	4.92 ± 0.58^b	11.12 ± 0.51^b
60	60.64 ± 1.01^d	5.82 ± 0.18^a	9.95 ± 0.28^c

หมายเหตุ : ^{a-d} หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



สำหรับการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกล้วยหอมทอง ความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นกล้วย รสชาติ เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5 พบว่าสี กลิ่นกล้วย รสชาติ เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวม ของไอศกรีมกล้วยหอมทองสูตรควบคุมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับไอศกรีมกล้วยหอมทองที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 40 ส่วนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ ไอศกรีมกล้วยหอมทองที่มีปริมาณกล้วยหอมทองร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบสูงสุด มีค่าเท่ากับ 8.33 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสีของไอศกรีมกล้วยหอมทอง ที่พบว่าการเติมกล้วยหอมทองลงในไอศกรีมนั้นมีผลต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โดยสังเกตได้จากค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมีค่าลดลงหรือทำให้มีสีคล้ำมากขึ้น ซึ่งผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกล้วยหอมทองนั้น (ร้อยละ 40 และ 60) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกล้วยหอมทอง ผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มให้คะแนนความชอบด้านสีลดลง (8.27 และ 7.07) รวมทั้งคะแนนการยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นกล้วย รสชาติ เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวม ก็มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ดังนั้นจากการทดสอบทางกายภาพ และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกล้วยหอมทองทั้ง 3 ระดับ พบว่าไอศกรีมที่เติมกล้วยหอมทองร้อยละ 40 โดยมีส่วนผสม ได้แก่ กล้วยหอมทอง นมสดขาดมันเนย วิปปิงครีม น้ำตาล กลิ่นวนิลา กัวร์กัม และน้ำเปล่า เท่ากับ 28.57, 37.58, 10.90, 6.16, 0.23, 0.43 และ 16.13 ตามลำดับ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นกล้วย รสชาติ เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวม มากที่สุด และจากการทดสอบทางกายภาพของไอศกรีมที่เติมกล้วยหอมทองร้อยละ 40 พบว่ามีค่าร้อยละการขึ้นฟูสูง และละลายได้ช้า ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่เติมกล้วยหอมทองร้อยละ 40 เป็นสูตรที่ใช้ในการศึกษาไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสไอศกรีมสูตรควบคุมและปริมาณกล้วยหอมทองที่ระดับร้อยละ 20, 40 และ 60 ($n=30$)

ปริมาณ กล้วยหอม ทอง (ร้อยละ)	คะแนนความชอบ (คะแนน)						
	ลักษณะ ปรากฏ	สี	กลิ่นกล้วย	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การละลาย ในปาก	ความชอบ โดยรวม
0 (ควบคุม)	7.97±0.56 ^b	8.00±0.59 ^a	8.23±0.77 ^a	8.40±0.67 ^a	8.30±0.75 ^a	8.67±0.48 ^a	8.47±0.51 ^a
20	6.90±0.80 ^c	7.03±0.72 ^b	6.73±0.78 ^b	7.00±0.83 ^b	7.23±0.77 ^b	7.30±0.65 ^b	7.40±0.72 ^b
40	8.33±0.55 ^a	8.27±0.61 ^a	8.37±0.61 ^a	8.43±0.68 ^a	8.50±0.57 ^a	8.40±0.56 ^a	8.53±0.57 ^a
60	7.03±0.85 ^c	7.07±0.83 ^b	7.10±0.84 ^b	6.97±0.93 ^b	7.17±0.91 ^b	7.07±1.01 ^b	7.17±0.83 ^b

หมายเหตุ : ^{a-d} หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวดิ่งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2. ผลการศึกษาปริมาณอินูลินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมัน

ศึกษาปริมาณอินูลินที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยทดแทนอินูลินในส่วนผสมที่เป็นไขมัน โดยศึกษาอินูลิน 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 (ควบคุม), 2, 4, 6 และ 8 ของส่วนผสมที่เป็นไขมัน ซึ่งได้แก่ วิปปิงครีม จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนืด ความแข็ง ร้อยละการขึ้นฟู ความแน่นแข็ง ปริมาณไขมัน อัตราการละลาย ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นกล้วย รสชาติ เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6-8

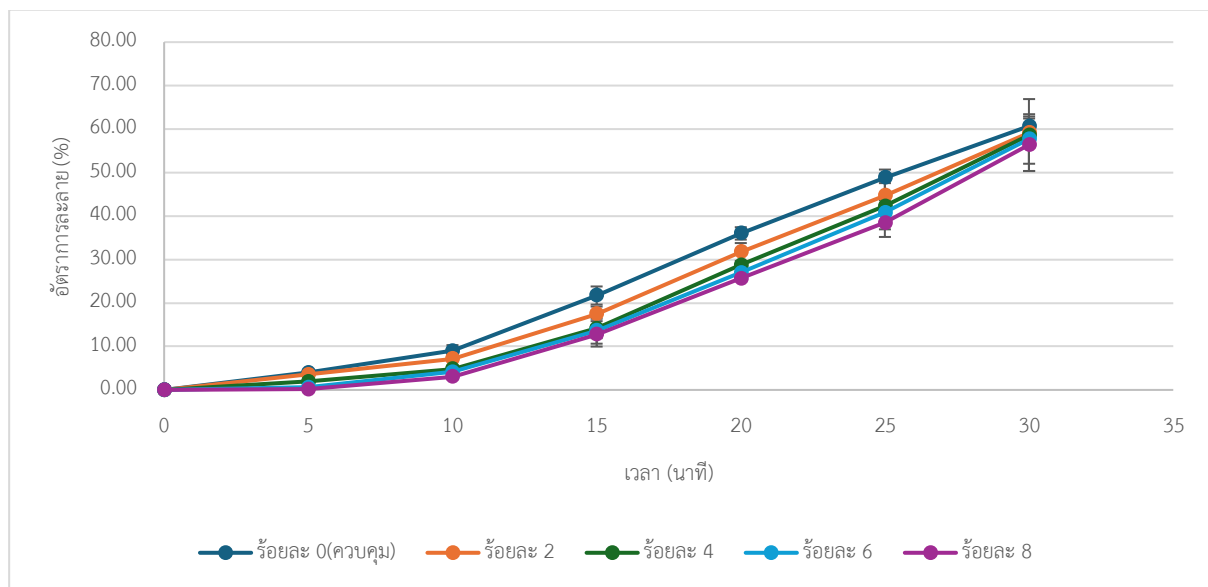
ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด พบว่าเมื่อนำไอศกรีมมิกซ์ที่บ่มนาน 24 ชั่วโมง มาวัดความหนืดเพื่อศึกษาผลของปริมาณอินูลินต่อความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ ค่าความหนืดมีค่าอยู่ในช่วง 2,304.33 - 3,075.67 cP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ไอศกรีมกล้วยหอมที่มีปริมาณอินูลินร้อยละ 8 มีค่าความหนืดสูงที่สุด และพบว่าเมื่อปริมาณอินูลินเพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์มีค่าเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน

ปริมาณอินูลิน (%)	ความหนืด (cP)	ความแข็ง (N)	การขึ้นฟู (%) ^{ns}	ปริมาณไขมัน (%)
0	2,304.33±33.71 ^e	8.34±0.69 ^a	54.30±3.40	10.24±0.95 ^a
2	2,493.33±13.50 ^d	6.94±0.21 ^b	54.76±6.19	8.04±0.27 ^b
4	2,760.00±13.00 ^c	6.00±0.26 ^{bc}	55.12±8.57	6.53±0.59 ^c
6	2,951.00±36.50 ^b	5.16±0.55 ^{cd}	55.66±2.79	4.83±0.60 ^d
8	3,075.67±28.02 ^a	4.21±0.85 ^d	60.13±3.39	3.46±0.61 ^e

หมายเหตุ : ^{a-d} หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวดิ่งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ความแข็งของไอศกรีม คือ ภาพสะท้อนของโครงสร้างการก่อตัวของอิมัลชันที่มีไขมัน น้ำ อากาศ และโปรตีนระหว่างการทำให้เนื้อไอศกรีมเป็นเนื้อเดียวกัน ค่าความแข็ง มีค่าอยู่ในช่วง 4.21 – 8.34 นิวตัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และพบว่าเมื่อปริมาณอินูลินเพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าความแข็งของไอศกรีมมีค่าลดลง ค่าร้อยละการขึ้นฟู แสดงดังตารางที่ 6 พบว่าค่าร้อยละการขึ้นฟูมีค่าอยู่ในช่วง 54.30 – 60.13 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) พบว่าค่าร้อยละการขึ้นฟูมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเติมอินูลินเพิ่มมากขึ้น ค่าร้อยละไขมันมีค่าอยู่ในช่วง 3.46-10.24 จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าการเติมอินูลินทดแทนในไขมันโดยใช้ทดแทนในวิปปิ้งครีม คือ การลดปริมาณวิปปิ้งครีม ทำให้ปริมาณร้อยละไขมันมีค่าลดลง พบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณร้อยละไขมันสูงที่สุดเท่ากับ 10.24 รองลงมาคือ ไอศกรีมลดไขมันที่เติมอินูลินร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 มีค่าเท่ากับ 8.04, 6.53, 4.83 และ 3.46 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่าอัตราการละลายของไอศกรีม พบว่าค่าอัตราการละลายของไอศกรีมมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณอินูลินมากขึ้น แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 อัตราการละลายของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน



ตารางที่ 7 ค่าสีของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน

ปริมาณอินูลิน (%)	L*	a*	b*
0	64.14±0.56 ^e	4.61±0.01 ^a	11.95±0.31 ^c
2	65.20±0.82 ^d	4.58±0.06 ^b	14.08±0.17 ^b
4	66.84±0.17 ^c	4.45±0.04 ^c	14.26±0.22 ^b
6	67.74±0.15 ^b	4.34±0.01 ^d	14.86±0.10 ^a
8	68.24±0.37 ^a	4.01±0.02 ^e	14.96±0.08 ^a

หมายเหตุ : ^{a-e} หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านสี L* a* b* ของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันที่ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน พบว่าค่าสีของไอศกรีมไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันที่ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน ค่า L* มีค่าอยู่ในช่วง 64.14 – 68.24 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่าไอศกรีมลดไขมันที่เติมอินูลินร้อยละ 8 มีค่า L* สูงที่สุดเท่ากับ 68.24 เนื่องจากอินูลินมีสีขาวทำให้เมื่อเพิ่มปริมาณอินูลินมากขึ้นจึงส่งผลให้ค่าความสว่างของไอศกรีมเพิ่มขึ้น แสดงถึงค่าความสว่างไปในทิศทางสว่าง ค่า a* มีค่าอยู่ในช่วง 4.01-4.61 พบว่าไอศกรีมสูตรควบคุมมีค่า a* มากที่สุดเท่ากับ 4.61 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากปริมาณอินูลินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า a* ของไอศกรีมมีค่าลดลง แสดงถึงมีทิศทางไปทางสีแดงน้อยลง และค่า b* มีค่าอยู่ในช่วง 11.95-14.96 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่าไอศกรีมลดไขมันที่เติมอินูลินร้อยละ 8 มีค่า b* สูงที่สุดเท่ากับ 14.96 ปริมาณอินูลินที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า b* มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงถึงมีทิศทางไปทางสีเหลืองมากขึ้น

ตารางที่ 8 ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันที่ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน (n=30)

ปริมาณอินูลิน (%)	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี ^{ns}	กลิ่นกล้วย ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส ^{ns}	การละลายในปาก	ความชอบโดยรวม ^{ns}
0	8.37±0.56	8.13±0.57	8.40±0.62	8.60±0.50	8.60±0.56	8.67±0.48 ^a	8.47±0.51
2	8.30±0.60	8.23±0.68	8.20±0.71	8.37±0.67	8.33±0.76	8.37±0.67 ^{ab}	8.23±0.77
4	8.40±0.62	8.20±0.76	8.30±0.75	8.33±0.66	8.37±0.67	8.23±0.68 ^b	8.33±0.66
6	8.33±0.55	8.17±0.70	8.37±0.67	8.43±0.68	8.30±0.75	8.27±0.69 ^b	8.53±0.57
8	8.23±0.68	8.27±0.74	8.23±0.73	8.30±0.65	8.40±0.62	8.40±0.56 ^{ab}	8.23±0.68

หมายเหตุ : ^{a-b} หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในปัจจัยเดียวกัน อักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นประชาชนทั่วไปอายุระหว่าง 15-60 ปี ในการทดสอบโดยวิธี 9-point hedonic scale ผลการทดลองแสดงดังตาราง 8 พบว่าด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นกล้วย รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างกันโดยมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนด้านการละลายในปากแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วง 8.23-8.67 คะแนน พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนทางด้านการละลายในปากไอศกรีมที่เติมปริมาณอินูลินร้อยละ 0, 2 และ 8 มากที่สุด มีค่า 8.67, 8.37 และ 8.40 คะแนน ตามลำดับ หมายถึง ชอบมาก

จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้ อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน พบว่าการเติมปริมาณอินูลินร้อยละ 8 มีความแน่นแข็ง และร้อยละของไขมันน้อยที่สุด และ ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างอย่างมี นัยสำคัญกับไอศกรีมสูตรควบคุม ดังนั้นจึงเลือกไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันใช้อินูลินร้อยละ 8 ไปศึกษาในตอนต่อไป

3. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันเปรียบเทียบกับ ไอศกรีมกล้วยหอมทอง

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติมอินูลิน ร้อยละ 8 เปรียบเทียบกับไอศกรีมกล้วยหอมทอง (สูตรควบคุม) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 9 พบว่าไขมัน โปรตีน คากใย และพลังงานของไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติม อินูลิน ร้อยละ 8 กับไอศกรีมกล้วยหอมทองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนปริมาณความชื้น ปริมาณ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่าปริมาณไขมันของไอศกรีมกล้วยหอม ทองที่เติมอินูลิน ร้อยละ 8 น้อยกว่าไอศกรีมกล้วยหอมทองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการเติมอินูลินเป็นสารทดแทนไขมันใน ไอศกรีมกล้วยหอมทองส่งผลให้ค่าไขมันลดลงร้อยละ 63.37 เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมกล้วยหอมทอง ปริมาณโปรตีน พบว่า ไอศกรีมกล้วยหอมทอง มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 2.79 และไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติมอินูลิน ร้อยละ 8 มีค่าเท่ากับ 2.11 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณคากใย พบว่าไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติมอินูลิน ร้อยละ 8 มีปริมาณ คากใย เท่ากับ 8.15 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับไอศกรีมกล้วยหอมทอง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.50 ปริมาณเถ้า พบว่าไอศกรีมกล้วยหอมทอง มีปริมาณเถ้าเท่ากับ 0.49 และไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติมอินูลิน ร้อยละ 8 มีค่า เท่ากับ 0.52 ไม่มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบว่าไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติม อินูลิน ร้อยละ 8 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 15.14 และไอศกรีมสูตรกล้วยหอมทอง มีค่าเท่ากับ 14.49 ไม่มีความแตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ปริมาณพลังงาน พบว่าไอศกรีมกล้วยหอมทอง มีปริมาณพลังงานเท่ากับ 152.88 และ ไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติมอินูลิน ร้อยละ 8 มีค่าเท่ากับ 99.63 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เห็นได้ว่าเมื่อ ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันทำให้ลดปริมาณพลังงานได้ร้อยละ 34.83 เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมกล้วยหอมทอง

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันและไอศกรีมกล้วยหอมทอง

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ไอศกรีมกล้วยหอมทอง (สูตรควบคุม)	ไอศกรีมกล้วยหอมทอง (เติมอินูลิน ร้อยละ 8)
ความชื้น ^{ns}	71.42±0.36	70.67±0.45
ไขมัน	9.31±0.34 ^a	3.41±0.28 ^b
โปรตีน	2.79±0.17 ^a	2.11±0.11 ^b
คากใย	1.50±0.16 ^a	8.15±0.35 ^b
เถ้า ^{ns}	0.49±0.06	0.52±0.04
คาร์โบไฮเดรต ^{ns}	14.49±0.60	15.14±0.43
พลังงาน (กิโลแคลอรี/100กรัม)	152.88±2.94 ^a	99.63±3.23 ^b

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

^{ns} หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในปัจจัยเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

^{a-b} หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนในปัจจัยเดียวกันอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 354 [17] เรื่อง ไอศกรีม มีข้อกำหนดว่าไอศกรีมต้องมีแบคทีเรียได้ไม่เกิน 6.0×10^5 โคโลนี/กรัม และต้องไม่พบเชื้อ *Escherichia coli* ในตัวอย่างอาหาร 0.01 กรัม ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และเกณฑ์มาตรฐานทางจุลชีววิทยาสำหรับไอศกรีมของ International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) [18] มีวัตถุประสงค์เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยทั่วไปสำหรับผลิตภัณฑ์ Simple Ice Cream ได้กำหนดค่าสูงสุดไว้คือ จุลินทรีย์ทั้งหมด (Standard Plate Count) ไม่เกิน 2.5×10^5 โคโลนี/กรัม และจุลินทรีย์ Coliforms ไม่เกิน 10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม อย่างไรก็ตาม ไอศกรีมกล้วยหอมทองและไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด เนื่องจากกระบวนการผลิตมีขั้นตอนการพาสเจอร์ไรส์ และคำนึงถึงสุขลักษณะที่ถูกต้องในกระบวนการผลิตไอศกรีม แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทน

	สูตรไอศกรีม	
	ไอศกรีมกล้วยหอมทอง (สูตรควบคุม)	ไอศกรีมกล้วยหอมทอง (เติมอินูลิน ร้อยละ 8)
จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	1.8×10^4	2.3×10^4
แบคทีเรีย โคลิฟอร์ม (MPN/กรัม)	<3	<3

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ไอศกรีมกล้วยหอมทองที่มีการเติมกล้วยหอมทองเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความหนืด ค่าความแน่นแข็งและร้อยละการขึ้นฟูมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งความหนืดที่เพิ่มขึ้น อาจจะเป็นเนื่องจากองค์ประกอบของกล้วยหอมมีสารเพคตินเป็นองค์ประกอบ [1] ซึ่งเพคตินเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและถ้ามีการอุ้มน้ำได้ดีจะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคให้ช้าลง และเมื่อเพิ่มปริมาณกล้วยหอมทองในสูตรไอศกรีม จะส่งผลให้ความหนืดของส่วนผสมเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณของแข็งทั้งหมดและใยอาหารสูง ซึ่งเพิ่มแรงต้านทานต่อการไหล ส่งผลให้ต้องใช้แรงมากขึ้นในการทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ นอกจากนี้ความหนืดที่เพิ่มขึ้นยังช่วยเสริมเสถียรภาพของฟองอากาศ ทำให้สามารถกักเก็บอากาศได้ดีขึ้น และส่งผลให้ค่าร้อยละการขึ้นฟู (overrun) สูงขึ้น [19] การเพิ่มปริมาณกล้วยหอมทองในสูตรไอศกรีมยังส่งผลให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solids) โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรตและใยอาหารในกล้วย ซึ่งมีคุณสมบัติในการจับน้ำ ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระลดลงและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Soukoulis & Tzia [20] ที่พบว่า การเติมใยอาหารในไอศกรีมทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้นเนื่องจากการลดลงของน้ำอิสระและการเพิ่มของแข็งในระบบ นอกจากนี้เพคตินและสารโพลีแซ็กคาไรด์ในกล้วยสามารถสร้างโครงข่ายเจลภายใน ส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีความหนาแน่นมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Akalin & Erişir [21] ที่รายงานว่า การเติมใยอาหารในไอศกรีมสามารถเพิ่มความแข็งและความคงตัวของโครงสร้างได้ สำหรับค่าการละลายมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณกล้วยหอมทองมากขึ้น อาจเกิดจากการเพิ่มปริมาณกล้วยหอมทองทำให้ไอศกรีมมีความหนืดเพิ่มขึ้น มีการศึกษาพบว่าอัตราการละลายมีความสัมพันธ์กับความหนืดของส่วนผสมในไอศกรีม [22] หากไอศกรีมมีความหนืดสูงจะส่งผลให้อัตราการละลายช้าลง ทำให้ไอศกรีมที่เติมกล้วยหอมทองร้อยละ 60 มีค่าอัตราการละลายน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 47.05

ปริมาณกล้วยหอมทองที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของไอศกรีมกล้วยหอมทองมีค่าลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากกล้วยหอมเป็นผลไม้ที่สามารถเกิดสีน้ำตาลได้อย่างรวดเร็วเมื่อปอกเปลือกและบดกล้วยหรือได้รับความร้อน [23] ทำให้กล้วยมีปฏิกิริยาสีน้ำตาล ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลคล้ำของเนื้อกล้วยหอมมีสาเหตุหลัก ๆ มาจาก ปฏิกิริยาการออกซิไดซ์ (oxidation reaction) สารประกอบฟีนอล ไปเป็น o-quinone และเกิดพอลิเมอร์ไรซ์ (polymerized) ต่อจนได้สารเชิงซ้อนสีน้ำตาล โดยมี polyphenol oxidase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยานี้

นอกจากจะทำให้เนื้อกล้วยหอมมีสีเข้มขึ้นแล้ว ยังทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติได้ และส่งผลเสียต่อคุณค่าทางอาหาร [24] ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกล้วยหอมทองสุกที่ใช้เป็นส่วนผสมเป็นกล้วยหอมทองสุกในระยะที่ 7 ซึ่งมีสีค่อนข้างเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของช่อฟ้า กลิ่นจันทร์และคณะ [25] ที่ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยน้ำว้า พบว่าการเพิ่มปริมาณกล้วยที่มากขึ้น ส่งผลทำให้ค่าสี L^* และ b^* ลดลง

จากการศึกษาปริมาณอินูลินที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยทดแทนอินูลินในส่วนผสมที่เป็นไขมัน โดยพบว่าเมื่อปริมาณอินูลินเพิ่มขึ้น ทำให้ความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเติมอินูลินลงในไอศกรีมลดไขมัน พบว่าอินูลินช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมมิคซ์โดยทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากอินูลินซึ่งเป็นแหล่งของเส้นใยอาหารสามารถจับกับส่วนประกอบที่เป็นของเหลวในไอศกรีมและเกิดโครงสร้างคล้ายเจลและทำให้ปรับปรุงคุณสมบัติการไหลของไอศกรีมเหลวให้ดีขึ้น [26] โดยทั่วไปการลดลงของปริมาณไขมันจะทำให้เพิ่มความแข็งของไอศกรีมเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของโมเลกุลของน้ำอิสระในไอศกรีม ที่สามารถก่อตัวเป็นผลึกน้ำแข็งที่ใหญ่ขึ้นในระหว่างการแช่แข็ง แต่เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยอินูลินจะทำให้ความแข็งของไอศกรีมลดลง เนื่องจากอินูลินมีคุณสมบัติในการจับน้ำและลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีม ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระที่สามารถเกิดเป็นผลึกน้ำแข็งลดลง อีกทั้งยังสามารถสร้างโครงข่ายเจลที่ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้มีความนุ่มและครีมมี่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Akbari [8] ดังนั้นจึงทำให้ไอศกรีมมีความแน่นแข็งลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Narala และคณะ [27] ได้ศึกษาของการใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมวิแกนจากถั่วลิสง พบว่าเมื่อเติมอินูลินเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความแน่นแข็งของไอศกรีมมีค่าเพิ่มมากขึ้น ค่าร้อยละการขึ้นฟูมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเติมอินูลินเพิ่มมากขึ้นในไอศกรีมไขมันต่ำที่มีการเติมอินูลิน จะทำให้ค่าร้อยละการขึ้นฟูมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความหนืดที่มากขึ้นด้วย โดยผลิตภัณฑ์จะสามารถนำอากาศเข้ามาในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และทำให้เกิดฟองอากาศที่มีขนาดเล็กลง [28,29] ซึ่งจากการทดลองการลดปริมาณวิปปิ้งครีม และแทนที่ด้วยอินูลิน อาจช่วยเพิ่มความเสถียรของฟองอากาศระหว่างและหลังจากกระบวนการแช่แข็งได้ [30]

การเพิ่มปริมาณอินูลินเป็นสารทดแทนไขมันส่งผลต่อคุณสมบัติการละลายของไอศกรีม คุณสมบัติการละลายของไอศกรีมได้รับอิทธิพลมาจากส่วนผสมในไอศกรีมรวมถึงอินูลิน ซึ่งเกิดจากน้ำแข็ง อากาศ และไขมัน เกิดการกระจายตัว ซึ่งปริมาณผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับความสามารถของน้ำที่สามารถแข็งได้ และปริมาณของแข็งในไอศกรีม ซึ่งเห็นได้จากที่ความหนืด และร้อยละการขึ้นฟูมีค่าสูง ทำให้สามารถกักเก็บอากาศได้ดี เนื่องจากฟองอากาศทำหน้าที่เป็นตัวกลาง ที่เป็นฉนวนช่วยป้องกันการถ่ายเทความร้อนอย่างรวดเร็วจากสิ่งแวดล้อมไปยังผลึกน้ำแข็ง ทำให้ค่าการละลายมีค่าลดลง [31, 32] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Narala และคณะ [27] ได้ศึกษาการใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมวิแกนจากถั่วลิสง พบว่าเมื่อเติมอินูลินเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการละลายของไอศกรีมมีค่าลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณอินูลินมากขึ้นส่งผลทำให้ค่าร้อยละไขมันลดลง เนื่องจากในไอศกรีมอินูลินจัดเป็นสารทดแทนไขมันในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate-base Fat Substitutes) เช่นเดียวกับพวกแซนแทนกัม กัวร์กัม คาราจีแนน เป็นต้น [33]

ค่าองค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมกล้วยหอมทองที่มีอินูลินร้อยละ 8 และไอศกรีมกล้วยหอมทอง พบว่าเมื่อใช้อินูลินทดแทนไขมันในไอศกรีมกล้วยหอมทองส่งผลให้ค่าร้อยละไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากไอศกรีมกล้วยหอมทอง มีส่วนผสมที่เป็นไขมันมากกว่าไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติมอินูลินร้อยละ 8 เนื่องจากในไอศกรีมอินูลินจัดเป็นสารทดแทนไขมันในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate-base Fat Substitutes) เช่นเดียวกับพวกแซนแทนกัม กัวร์กัม คาราจีแนน เป็นต้น [33] ซึ่งการเติมอินูลินเป็นสารทดแทนไขมันในไอศกรีมกล้วยหอมทองส่งผลให้ค่าร้อยละไขมันลดลงร้อยละ 63.50 เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมกล้วยหอมทองสูตรควบคุม โดยไอศกรีมกล้วยหอมทองมีปริมาณโปรตีนมากกว่าไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติมอินูลินร้อยละ 8 เนื่องจากใช้อินูลินทดแทนไขมันในไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมัน ซึ่งใช้ทดแทนในวิปปิ้งครีม การลดปริมาณวิปปิ้งครีมส่งผลให้โปรตีนที่อยู่ในเนื้อครีมสูญเสียไปบางส่วน เนื่องจากอินูลินที่นำมาใช้ทดแทนในวิปปิ้งครีม โดยอินูลินเป็นเส้นใยอาหารกลุ่มฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Fructo-oligosaccharides) ซึ่งปราศจาก



โปรตีน ดังนั้น การลดปริมาณวิปครีมจึงส่งผลกระทบต่อปริมาณโปรตีนรวมของผลิตภัณฑ์ ปริมาณกากใยในไอศกรีมกล้วยหอมทองที่เติมอินูลินร้อยละ 8 มีค่ามากกว่าปริมาณกากใยในไอศกรีมกล้วยหอมทอง เนื่องจากอินูลินจัดเป็นพรีไบโอติกที่ประกอบด้วยโอลิโกแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ให้อليافที่นุ่มนวล สามารถละลายน้ำได้ปานกลาง และเกิดโครงสร้างร่างแหของเจลให้ความหนืดต่ำ สามารถนำไปใช้เป็นสารทดแทนไขมันและสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด ช่วยรักษาความชื้นของขนมปังและเค้กให้สด ช่วยให้สามารถเก็บไว้ได้นาน อาจใช้เป็นเส้นใยอาหารในเครื่องดื่มผลิตภัณฑ์นม [34] ไอศกรีมกล้วยหอมทอง และจากการดำเนินการวิจัยพบว่าไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด

ผลงานวิจัยเรื่องไอศกรีมกล้วยหอมทองลดไขมันโดยใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน แสดงให้เห็นว่าอินูลินสามารถนำมาใช้ทดแทนไขมันในสูตรไอศกรีมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้มีความใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรปกติ และช่วยลดปริมาณไขมันในไอศกรีมได้ เหมาะสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการดูแลสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2567 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

เอกสารอ้างอิง

1. เบญจมาศ ศิลาอ้อย. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2558.
2. Santos PHS, Suzuki CK, Lannes SCS. Structural properties before and after ripening of ice cream made with different dairy fat bases. *Foods* 2025;14(18):3276.
3. Kot A, Jakubczyk E, Kamińska-Dwórznička A. The effectiveness of combination stabilizers and ultrasound homogenization in milk ice cream production. *Appl Sci* 2023;13(13):7561.
4. Akalin AS, Karagözü C, Ünal G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *Eur Food Res Technol* 2008;227:889–95.
5. Mensink MA, Frijlink H W, Maarschalk K, Hinrichs WLJ. Inulin, a flexible oligosaccharide I: Review of its physicochemical characteristics. *Carbohydr Polym* 2015;130:405–19.
6. Faresin LDS, Devos RJB, Reinehr CO, Colla L. Development of ice cream with reduction of sugar and fat by the addition of inulin, *Spirulina platensis* or phycocyanin. *Int J Gastron Food Sci* 2022; 27:100445.
7. Guimarães JT, Alcântara NE, Vieira GP, Balthazar CF, Mársico ET, Oliveira CAF, et al. Prebiotic ice cream without additives: The influence of degree of inulin polymerization on product manufacturing. *Food Res Int* 2025;211(2):117279.
8. Akbari M, Eskandari MH, Niakosari M, Bedeltavana A. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *Int Dairy J* 2016;57:52–5.
9. CSIRO. Division of food research/Banana ripening guide. North Ryde, NSW: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization; 1972.
10. สมฤดี ไทพาณิชย์, ปราณิ อ่านเปรื่อง. การป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เนื้อกล้วยหอมตีปนพาสเจอร์ไรซ์. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม* 2556;9(1):39-51.
11. ปิยะนุช น้อยด่าง, วชิรพันธ์ จันทรพงษ์. การใช้มิวซิเลจแห้งจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยหอม. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม* 2549;2(1):4-7.
12. Arbuckle WS. *Ice Cream*. 4th ed. New York: Springer New York; 2013.



13. Markowska J, Tyfa A, Drabent A, Stepniak A. The Physicochemical Properties and Melting Behavior of Ice Cream Fortified with Multimineral Preparation from Red Algae. *Foods* 2023;12:4481.
14. Aime DB, Arntfield SD, Malcolmson LJ, Ryland D. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. *Food Res Int* 2001;34(2-3):237-46.
15. AOAC association. Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed. Gaithersburg: The Association of Official Analytical Chemists, Inc; 2000.
16. Chamber E, Wolf MB. Sensory Testing Methods. 2nd ed. Philadelphia: American Society for Testing and Materials; 2018.
17. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ไอศกรีม. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 130 ตอนพิเศษ 87 ง. (ลงวันที่ 24 กรกฎาคม 2556).[อินเทอร์เน็ต].2556 [เข้าถึงเมื่อ 12 มี.ค. 2569]. เข้าถึงได้จาก: <https://food.fda.moph.go.th/food-law/f2-ice-cream>
18. International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). Microorganisms in foods 8: Use of data for assessing process control and product acceptance. New York: Springer; 2011.
19. Kumar P,Mishra HN. Effect of incorporation of banana pulp on the physicochemical and sensory properties of ice cream. *J Food Sci Technol* 2021;58:143–50.
20. Soukoulis C, Tzia C. Response surface mapping of the sensory characteristics and acceptability of chocolate ice cream containing alternative sweetening agents. *J Sens Stud* 2008;23(4):456–72.
21. Akalin AS, Karagözü C, Ünal G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *Eur Food Res Technol* 2008;227:889–95.
22. อภิเดช พงษ์ประจักษ์, อรวรรณ พึ่งคำ ,ปนัดดา เพ็งกุลกุล, ศิริสุข แดงกองโค ,ปพนพัชร ภัทรฐิติวัสส์, พรพา ชื่นชูเชิด, และ คณะ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมกล้วยหอมทอง. วารสารเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์และนวัตกรรม 2566;2(1):1-9.
23. Aimi Azira S, Wan Zunairah W I, Nor Afizah M, Nor-Khaizura MAR, Radhiah S, Ismail Fitry MR, et al. Prevention of browning reaction in banana jam during storage by physical and chemical treatments. *Food Res* 2021;5(5):55-62.
24. นกเกตน์ สายสมบัติ, ภัทราภรณ์ สุขขาว, อนันต์ บุญปาน. การยืดอายุการเก็บรักษาของกล้วยหอมทอง (*Musa sapientum*) สุกบดพาสเจอไรซ์ สำหรับใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอม. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 2567;19(1):1-18.
25. ช่อฟ้า กลิ่นจันทร์, พูลทรัพย์ แก้วทองคำ, นัฐวัน ล้วนลอย, วิรัชยา อินทะกันท์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกล้วยน้ำว้า. ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 4 วันที่ 22 ธันวาคม 2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. กำแพงเพชร; 2560. หน้า 1119-25.
26. Pintor A, Severiano-Pérez P, Totosa A. Optimization of fat-reduced ice cream formulation employing inulin as fat replacer via response surface methodology. *Food Sci Technol Int* 2014;20(7):489-500.
27. Narala VR, Orlovs I, Jugbarde MA, Masin M. Inulin as a fat replacer in pea protein vegan ice cream and its influence on textural properties and sensory attributes. *Appl Food Res* 2022;2(1):100066.
28. Chang Y, Hartel RW. Development of air cells in a batch ice cream freezer. *J Food Eng* 2002;55(1):71-8.



29. Akin MB, Akin MS, Kirmaci Z. Effect of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice cream. *Food Chem* 2007;104(1):93-9.
30. Pintor A, Escalona-Buendía HB, Totosaus A. Effect of inulin on melting and textural properties of low-fat and sugar-reduced ice cream: optimization via a response surface methodology. *Int Food Res J* 2017;24(4):1728-34.
31. Goff HD, Hartel RW. *Ice Cream*. 7th ed. New York: Springer; 2013.
32. Sofjan R, Hartel RW. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *Int Dairy J* 2004;14(3):255-62.
33. Doublier JL, Garnier C, Doublier C. *Gums and hydrocolloids: Functional Aspects*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press; 2017.
34. Gibson GR, Roberfroid M. *Handbook of Prebiotics*. 1st ed. Boca Raton: CRC Press; 2008.