



## Final Report

# Development of low glycemic index and reduced calorie coconut milk ice cream

Kongkarn Kijroongrojana

Manee Vittayanont

Department of Food Technology  
Faculty of Agro-Industry  
Prince of Songkla University

2015

This project was supported by the budget revenue of Prince of Songkla University  
Year: 2012, Project code: AGR550326S

รหัสโครงการ : AGR550326S  
 ชื่อโครงการ : การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำและลดพลังงาน  
 ชื่อนักวิจัย : ผศ.ดร.ก้องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์  
 ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
 ผศ.ดร.มณี วิทยานนท์  
 ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### บทคัดย่อ

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิที่มีค่าดัชนีการเพิ่มน้ำตาลในเลือดต่ำโดยแทนที่น้ำตาลซูโครสร้อยละ 12 ด้วยไซลิทอลร้อยละ 12.83 หรืออิริทริทอลร้อยละ 19.51 หรืออินนูลิน (DP = 5) ร้อยละ 24 พบว่า การใช้อินนูลินส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัวเพิ่มขึ้น ( $p < 0.05$ ) ดัชนีการเพิ่มน้ำตาลในเลือดของตัวอย่างที่ใช้ไซลิทอล อิริทริทอลและอินนูลินต่ำกว่าชุดควบคุมร้อยละ 59 ร้อยละ 75 และร้อยละ 75 ตามลำดับ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ไอศกรีมที่ใช้อินนูลินมีคะแนนความหวานต่ำที่สุด แต่มีคะแนนการเคลือบลิ้นและความแข็งมากที่สุด ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้การทดสอบการยอมรับ พบว่า ตัวอย่างทั้งหมดที่ทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยสารให้ความหวานดังกล่าวมีคะแนนการยอมรับต่ำกว่าชุดควบคุม ( $p < 0.05$ ) การศึกษาการแทนที่ซูโครสร้อยละ 12 ด้วยสารให้ความหวานผสมที่มีดัชนีการเพิ่มน้ำตาลในเลือดต่ำชนิดต่างๆ (ไซลิทอล อิริทริทอล อินนูลิน และฟรุกโทส) จำนวน 3 สูตร (ไซลิทอลร้อยละ 7.2 + อินนูลินร้อยละ 7, อิริทริทอลร้อยละ 4 + อินนูลินร้อยละ 7 + ฟรุกโทสร้อยละ 2.15 และ อินนูลินร้อยละ 8.5 + ฟรุกโทสร้อยละ 5) โดยปรับให้มีความหวาน การลดลงของอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง (-2.5 ถึง -3) และของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ  $40 \pm 1$ ) ให้ใกล้เคียงการใช้ซูโครสร้อยละ 12 พบว่า ไอศกรีมทุกตัวอย่างที่ใช้สารให้ความหวานผสมมีค่าการลดลงของอุณหภูมิจุดเยือกแข็งไม่แตกต่างจากชุดควบคุม พฤติกรรมการไหลของไอศกรีมที่ใช้อิริทริทอล + อินนูลิน + ฟรุกโทสเป็นลักษณะซูโดพลาสติก ( $n < 1$ ) และมีค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัวสูงสุด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนของความแข็งและการละลายรวมทั้งคะแนนการยอมรับในทุกคุณลักษณะของไอศกรีมที่ใช้อิริทริทอล + อินนูลิน + ฟรุกโทสมีค่าไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ( $p > 0.05$ ) นอกจากนี้ตัวอย่างดังกล่าวมีค่าดัชนีการเพิ่มน้ำตาลในเลือดที่ต่ำที่สุดและต่ำกว่าชุดควบคุมประมาณร้อยละ 64 ดังนั้นสารให้ความหวาน

ผสมระหว่างอิทธิฤทธิ์ของ อินนูลินและฟรุกโทสสามารถใช้แทนซูโครสในการผลิตไอศกรีมที่มีดัชนีการเพิ่มน้ำตาลในเลือดต่ำได้

เมื่อศึกษาผลของสารทดแทนไขมัน (สารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ อินนูลิน (DP = 25) มอลโทเดทรีนส์ แป้งมันสำปะหลังดัดแปร หรือสารทดแทนไขมันกลุ่มโปรตีน ได้แก่ ซิมเพลส (Simpliss<sup>®</sup> 100) และเคิลโลว์ (Dairy Lo<sup>™</sup>)) ต่อสมบัติทางประสาทสัมผัสและสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมกะทิสดไขมัน (ไขมันร้อยละ 4) ไอศกรีมไขมันต่ำ (ไขมันร้อยละ 2) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไขมันร้อยละ 8) พบว่า ไอศกรีมทั้งหมดแสดงพฤติกรรมคาร์ไลแบบซูโดพลาสติก ( $n < 1$ ) สารทดแทนไขมันทุกชนิดที่ใช้มีผลทำให้จุดเยือกแข็ง อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว ( $T_g$ ) รวมทั้งอัตราการละลายมีแนวโน้มสูงขึ้น ( $p < 0.05$ ) ไอศกรีมลดไขมันมีคะแนนความเค็บบลึนและกลิ่นกะทิที่สูงกว่าแต่มีคะแนนความเป็นผลึกและกลิ่นรสคล้ายหางนมที่ต่ำกว่าไอศกรีมไขมันต่ำ ( $p < 0.05$ ) ไอศกรีมลดไขมันที่ใช้ซิมเพลสแสดงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ความแข็ง ความเป็นผลึก การละลาย การเค็บบลึน ความหวาน กลิ่นกะทิและกลิ่นรสคล้ายหางนม) ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม แต่อย่างไรก็ตามผลการทดสอบการยอมรับแสดงให้เห็นว่า ไอศกรีมลดไขมันที่ใช้อินนูลิน มอลโทเดทรีนส์และซิมเพลสมีคะแนนการยอมรับในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ดังนั้นอินนูลินและซิมเพลสสามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมันแทนแหล่งไขมันในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำและลดไขมันได้ตามลำดับ

การเตรียมโปรตีนหางกะทิสกัด (CSPI) โดยตกตะกอนหางกะทิด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1 โมลาร์ที่พีเอช 4.5 แล้วต้มที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จากนั้นกำจัดไขมันด้วยอะซิโตนและอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า โปรตีนหางกะทิสกัดที่ได้มีค่าการละลายต่ำสุดอยู่ในช่วงพีเอช 4 ถึง 5 ซึ่งเป็นจุดเดียวกับจุดไอโซอิเล็กทริก (pI) ของโปรตีนหางกะทิสกัด เมื่อความเข้มข้นของ CSPI สูงขึ้นดัชนีบ่งชี้ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (EAI) สูงขึ้นขณะที่ค่าความเสถียรของอิมัลชัน (ESI) ลดลง ( $p < 0.05$ ) ความเข้มข้นต่ำสุดที่เกิดเจลได้ของ CSPI ที่พีเอช 6.6 และ 7 เท่ากับร้อยละ 16 น้ำหนักต่อปริมาตร การศึกษาการแทนที่ธาคูแนนไม่รวมมันเนยด้วย CSPI ในไอศกรีมกะทิที่อัตราส่วน 0:100 (ชุดควบคุม) 25:75 50:50 75:25 และ 100:0 พบว่าการใช้ CSPI ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัวสูงขึ้น ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้การเพิ่ม CSPI ส่งผลให้จุดเยือกแข็งและความแข็งของไอศกรีมสูงขึ้น ( $p < 0.05$ ) ไอศกรีมที่แทนที่ด้วย CSPI ร้อยละ 100 ให้ค่าการละลายและอัตราการขึ้นฟูต่ำที่สุด ( $p < 0.05$ ) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนความแข็ง การละลาย กลิ่นรสกะทิและกลิ่นรสคล้ายหางนม รวมทั้งคะแนนการยอมรับของกลิ่นรสและความชอบโดยรวมของไอศกรีมที่แทนที่ด้วย CSPI ร้อยละ 25 ไม่

แตกต่างจากชุดควบคุม ( $p < 0.05$ ) ดังนั้น CSPI สามารถใช้แทนที่ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยในสูตรไอศกรีมกะทิที่อัตราส่วน 25:75

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่คำนึงถึงสุขภาพต่อไอศกรีมกะทิ 3 สูตร ได้แก่ สูตรดั้งเดิม (ชุดควบคุม) สูตรทดแทนซูโครสร้อยละ 12 ด้วยอิริทริทอลร้อยละ 4 อินนูลินร้อยละ 7 และฟรุคโทสร้อยละ 2.15 (สูตรดัชนีการเพิ่มน้ำตาลในเลือดต่ำ) และสูตรทดแทนไขมันร้อยละ 50 ด้วยซิมเพลส (สูตรลดไขมัน) พบว่า คุณภาพของไอศกรีม เช่น ความเนียนและรสชาติของไอศกรีม เป็นคุณลักษณะแรกที่ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกซื้อไอศกรีม นอกจากนี้ส่วนผสมในไอศกรีม เช่น ปริมาณน้ำตาล ปริมาณไขมันและพลังงานทั้งหมดมีความสำคัญต่อการตัดสินใจบริโภคไอศกรีม (ร้อยละ 61.5) คะแนนกลิ่นรสและความชอบโดยรวมของไอศกรีมกะทิที่มีดัชนีการเพิ่มน้ำตาลในเลือดต่ำและไอศกรีมกะทิลดไขมันไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ( $p > 0.05$ ) คะแนนความชอบยกเว้นคะแนนลักษณะปรากฏของไอศกรีมลดไขมันมีค่าสูงกว่า 7 (ชอบปานกลาง) ผู้บริโภคร้อยละ 75 และร้อยละ 83 มีความตั้งใจซื้อไอศกรีมกะทิที่มีดัชนีการเพิ่มน้ำตาลในเลือดต่ำและไอศกรีมกะทิลดไขมันตามลำดับในช่วงคะแนนอาจจะซื้อถึงซื้อแน่นอน การลดน้ำตาลและไขมันไม่มีผลต่อการลดลงของคะแนนการยอมรับ ซึ่งการยอมรับและความตั้งใจซื้อมีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของผลิตภัณฑ์ในตลาด

การเก็บรักษาไอศกรีมกะทิที่มีค่าดัชนีการเพิ่มน้ำตาลในเลือดต่ำ ไอศกรีมกะทิลดไขมัน ไอศกรีมกะทิที่ใช้โปรตีนหางกะทิสกัดแทนธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยในอัตราส่วน 25:75 และชุดควบคุมในสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (-15 ถึง -20 องศาเซลเซียส ทุก 3 ชั่วโมง) และภายใต้อุณหภูมิคงที่ (-20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน) พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเวลาการเก็บรักษาส่งผลต่อความแข็ง ( $p < 0.05$ ) แต่ไม่ส่งผลต่ออัตราการละลายของไอศกรีมกะทิที่ทุกตัวอย่าง ( $p > 0.05$ ) ผลึกน้ำแข็งบนผิวหน้าไอศกรีมของไอศกรีมกะทิที่มีค่าดัชนีการเพิ่มน้ำตาลในเลือดต่ำมีค่าต่ำสุดหลังจากผ่านสถานะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 12 รอบหรือเก็บรักษานาน 6 เดือนที่ -20 องศาเซลเซียส ( $p < 0.05$ ) คะแนนความแข็งและความเป็นผลึกของทุกตัวอย่างเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มรอบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือเวลาการเก็บรักษา ( $p < 0.05$ ) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคะแนนความหวานและกลิ่นรสกะทิของไอศกรีม ( $p < 0.05$ ) คะแนนความชอบของไอศกรีมทุกตัวอย่างลดลงหลังจากเพิ่มรอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ( $p < 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม ไอศกรีมกะทิที่มีค่าดัชนีการเพิ่มน้ำตาลในเลือดต่ำ ไอศกรีมกะทิลดไขมันและชุดควบคุมที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือนหรือสถานะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 12 รอบ มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) โดยอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก

- Project Code** : AGR550326S
- Project Title** : Development of low glycemic index and reduced calorie coconut milk ice cream
- Investigators** : Asst. Prof. Dr. Kongkarn Kijroongrojana  
Department of Food Technology Faculty of Agro-Industry  
Prince of Songkla University
- Asst. Prof. Dr. Manee Vittayanont  
Department of Food Technology  
Faculty of Agro-Industry  
Prince of Songkla University

### ABSTRACT

The development of a low glycemic index (GI) coconut milk ice cream by replacing 12% sucrose with 12.83% xylitol or 19.51% erythritol or 24% inulin was investigated. The use of inulin led to the most pronounced increase of consistency coefficient ( $p < 0.05$ ). GI of samples with xylitol, erythritol and inulin were 59%, 75% and 79% lower than that of the control, respectively. Sensory evaluation results showed that ice cream with inulin had the lowest sweetness but had the highest mouth-coating and firmness ( $p < 0.05$ ). Moreover, acceptance test revealed that all sucrose substitution samples had lower scores than the control ( $p < 0.05$ ). Replacing 12% sucrose with different low GI sweetener blends (xylitol, erythritol, inulin and fructose) was investigated. Three mixtures of sweeteners (6.2% xylitol + 7% inulin, 4% erythritol + 7% inulin + 2.15% fructose, 8.5% inulin + 5% fructose) were reformulated to obtain the similar characteristics as using 12% sucrose, including sweetness, freezing point depression (FPD) (-2.5 to -3.0) and total solid ( $40 \pm 1\%$ ). All ice cream samples containing sweeteners had similar FPD as compared to the control (12% sucrose) ( $p > 0.05$ ). Flow behavior of ice cream added with erythritol + inulin + fructose were pseudoplastic flow ( $n < 1$ ) and had the highest consistency coefficient. Sensory evaluation results showed that firmness and meltdown intensities as well as acceptance scores of all attributes of ice cream with erythritol + inulin + fructose were not different from the control ( $p < 0.05$ ). In addition, GI value of ice cream containing erythritol + inulin + fructose was the lowest and approximately 64% lower than that of the control. Therefore, the mixture of 4% erythritol, 7% inulin and

2.15% fructose might be successfully used to replace 12% sucrose as sugar sources in low GI coconut milk ice cream production.

The effect of fat replacers (carbohydrate-based fat replacers: inulin, maltodextrin and modified tapioca starch or protein-based fat replacers: Simplese<sup>®</sup> 100 and Dairy Lo<sup>™</sup>) on sensory and physical properties of reduced-fat (4%) and low-fat (2%) coconut milk ice cream was investigated in comparison with the control (8% fat). All ice cream mixes exhibited shear thinning characteristics ( $n < 1$ ). All fat replacers used tended to elevate freezing point and glass transition temperature ( $T_g$ ) as well as melting rate of ice cream ( $p < 0.05$ ). Regardless of fat replacers, reduced-fat ice cream had higher mouth-coating and coconut flavor, but lower iciness and skimmed milk powder like flavor than did low-fat ice cream ( $p < 0.05$ ). The reduced-fat ice cream added with Simplese<sup>®</sup> 100 exhibited the most similar sensory characteristics (firmness, iciness, meltdown, mouth-coating, sweetness, coconut flavor and skimmed milk powder flavor) to the control. However, acceptance test results showed that reduced-fat ice cream samples with inulin, maltodextrin and Simplese<sup>®</sup> 100 were not different from the control in all attributes ( $p > 0.05$ ). Therefore, inulin and Simplese<sup>®</sup> 100 could be used to replace fat sources in low-fat and reduced-fat coconut milk ice cream production.

Coconut Skim Milk Protein Isolate (CSPI) was prepared by precipitation of skim coconut milk with 1.0 M hydrochloric acid at pH 4.5, then defatting with acetone and drying at 65°C for 6 hours. The minimum protein solubility of CSPI were observed between pH 4 and 5, which is close to isoelectric points (pI) of coconut skim milk protein isolate. Emulsifying activity index (EAI) increased while emulsion stability index (ESI) decreased with increasing of CSPI concentration. Least gelation concentration of CSPI was 16% w/v at pH 6.6 and 7.0. The development of coconut milk ice cream by substituting milk solid not fat (MSNF) with CSPI in coconut milk ice cream with ratios of 0:100 (control), 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0 was carried out. The use of CSPI led to increase in consistency index ( $K$ ) ( $p < 0.05$ ). Moreover, addition of CSPI tended to elevate freezing point as well as hardness of ice cream ( $p < 0.05$ ). The ice cream with 100% CSPI possessed the lowest melting rate and overrun ( $p < 0.05$ ). Sensory evaluation results showed that firmness, meltdown, coconut milk flavor and skim milk powder-like flavor intensities as well as

acceptance scores in flavor and overall liking of ice cream with 25% CSPI were not different from the control ( $p < 0.05$ ). Therefore, CSPI could be substituted as MSNF in coconut milk ice cream formulation at a ratio of 25:75.

Three coconut milk ice cream including traditional (control), 12% sucrose substituted with 4% erythritol + 7% inulin + 2.15% fructose (low GI ice cream) and 50% fat substituted with simplese<sup>®</sup> 100 (reduced fat ice cream) were presented to health concerning consumers ( $n = 163$ ) and were rated according to liking scores, and their intention to purchase of the ice cream. The respondents were also asked to provide the information concerning ice cream consuming behaviors. The results showed that quality of ice cream such as smoothness and flavor was clearly the first priority for all consumers in their decision to buy ice cream (52.7%). Moreover, composition of ice cream such as sugar content, fat content and total calories played important roles in their decision to consumed healthy ice cream (61.5%). Flavor and overall liking scores of low GI and reduced fat samples were not significantly different from the traditional ice cream ( $p > 0.05$ ). Liking score, except appearance score, of reduced fat sample were higher than 7 (Like moderately). About 75% and 83% of consumers intended to buy low GI coconut milk ice cream and reduced fat coconut milk ice cream, respectively with scales ranging from “maybe buy” to “definitely would buy”. The reduction in sugar and fat did not necessarily cause a decrease in acceptance. The acceptance and purchase intention should be considered for success of the product in the market compared to the control.

Quality changes of coconut milk ice cream substituted 12% sucrose with 4% erythritol + 7% inulin + 2.15% fructose (low GI), substituted 50% fat with Simplese<sup>®</sup> 100 (reduced fat), substituted 25% MSNF with CSPI and the control stored under heat shocked condition (-15 to -20°C at 0, 3, 6, 9 and 12 cycles) and constant temperature at -20°C for 6 months were investigated. Heat shock and storage time had impact on hardness ( $p < 0.05$ ) but had no effect on melting rate of all ice cream samples ( $p > 0.05$ ). Ice crystal on ice cream surface of low GI coconut milk ice cream had the lowest score after 12 cycles of heat shock or at 6 months of storage at -20°C ( $p < 0.05$ ). Firmness and iciness scores of all samples were increased with increasing heat shocked cycles or storage times ( $p < 0.05$ ). However, heat shocked cycles and storage times did not affect on sweetness and coconut milk flavor of ice

cream ( $p > 0.05$ ). Liking score of all ice cream samples were decreased when cycles of heat shock or storage time increased ( $p < 0.05$ ). At 6 months of storage or 12 heat shocked cycles, liking scores of all attributes of low GI, reduced fat and the control coconut milk ice cream were not different ( $p > 0.05$ ) and ranged from “like moderately” to “like very much”.