ผลของการใช้สตีเวียและมอลทิทอลต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ การทดสอบทางประสาทสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเชอร์เบทหม่อน

EFFECTS OF STEVIA AND MALTITOL ON PHYSICO-CHEMICAL, SENSORY, NUTRITIONAL, AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF MULBERRY SHERBET

นาตยา อังคนาวิน[1*] *ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร*[2] *ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ*[3]

Narttaya Ungkanavin[1*], *Taweesak Techakriengkrai, Tasanee Limsuwan*

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University.

***Corresponding author, e-mail:** narttaya.ung@gmail.com*

***Received:** June 8, 2018; **Revised:** August 9, 2018; **Accepted:** August 15, 2018*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้สารให้ความหวานสตีเวียและมอลทิทอลทดแทนน้ำตาลในไอศกรีมเชอร์เบทหม่อนต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ การทดสอบทางประสาทสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเชอร์เบทหม่อน วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการวิจัยพบว่าการใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 50 มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสูตรพื้นฐาน (น้ำตาลร้อยละ 100) แต่ไม่พบความแตกต่างในด้านความหนืด การขึ้นฟู และค่าความเป็นกรดด่าง ส่วนการใช้มอลทิทอลอย่างเดียวพบว่ามีผลใกล้เคียงกับการใช้น้ำตาล ยกเว้นการขึ้นฟูต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้มอลทิทอลและสตีเวียทดแทนน้ำตาลอย่างละร้อยละ 50 มีผลทำให้การละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านความหนืด การขึ้นฟู ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าสี และค่าความเป็นกรดด่าง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของเชอร์เบทสูตรพื้นฐานกับสูตรที่ใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 50 สตีเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 50 และเติมกากหม่อนทดแทนน้ำหนักน้ำตาลที่หายไป มอลทิทอลร้อยละ 50 ผสมกับสตีเวียร้อยละ 50 และมอลทิทอลอย่างเดียว เมื่อพิจารณาด้านคุณค่าทางโภชนาการสูตรที่ดีที่สุดคือใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 50 และเติมกากหม่อนทดแทนน้ำหนักน้ำตาลที่หายไปได้รับคะแนนความชอบระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 7.07$\pm$0.82) มีค่าพลังงาน 79.31$\pm$0.00 Kcal/100g ลดลงจากสูตรพื้นฐาน ร้อยละ 29.13 มีคาร์โบไฮเดรตลดลงร้อยละ 2.87 มีไขมันต่ำ (0.19 กรัม/100 กรัม) มีโปรตีน ใยอาหาร และเถ้า สูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณสารแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยค่า FRAP และ DPPH สูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การใช้สตีเวียซึ่งเป็นสารให้ความหวานจากธรรมชาติและมอลทิทอลทดแทนน้ำตาลในเชอร์เบท เหมาะสมเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการ

ไอศกรีมที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำและไขมันต่ำ และการใช้หม่อนยังช่วยให้ได้รับสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์ช่วยลดความเสี่ยงของโรคอ้วนและโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

คำสำคัญ: หม่อน เชอร์เบท สตีเวีย มอลทิทอล แอนโทไซยานิน

Abstract

The objective of this research was to study the effects of using stevia and maltitol as sugar substitute on physico-chemical, sensory, as well as nutritional and antioxidant properties of mulberry sherbet. Data were analyzed in terms of mean and variance. Duncan's New Multiple Range Test at a 95% confidence interval was used to compare the mean values. The result showed that the substitution of 50% sugar with stevia, decreased total soluble solid and melting rate significantly from the control formula (100% sugar) but no significant differences in viscosity, overrun and pH. Replacing all sugar content with maltitol the physical properties (total soluble solids, viscosity, overrun and color) of ice cream were similar to the control. The sensory evaluation showed no significant differences among formula tested. When nutrition considering, the best formula is with 50% stevia substitution for sugar and with mulberry pomace added showed the moderate score (with a mean value of 7.07$\pm$0.82). Compared to the control formula, it contained 79.31$\pm$0.00 Kcal/100g, a 29.13% less calories, a 2.87% less carbohydrate, a low level of fat (0.19 grams/100 grams), but a statistically higher level ($p < 0.05$) of protein, dietary fiber and ash contents. It also contained a statistically higher content ($p < 0.05$) of anthocyanin, phenolic compounds, as well as antioxidant capacity from FRAP and DPPH than the control formula. The use of stevia, a natural sweetener, as well as maltitol as a substitute for sugar in sherbet has shown as an alternative option for consumers looking for low-sugar and low-fat ice cream. Moreover, the phytochemical found in mulberry is also beneficial to reduce the risk of obesity and various non-communicable diseases.

Keywords: Mulberry, Sherbet, Stevia, Maltitol, Anthocyanin

บทนำ

ไอศกรีมเป็นขนมหวานที่ได้รับความนิยมบริโภคในทุกกลุ่มวัย ประกอบกับประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อนชื้น การบริโภคไอศกรีมทำให้รู้สึกสดชื่น คลายร้อน จากการสำรวจพบว่าเด็กอายุ 2-14 ปี กินไอศกรีมเกือบทุกวันร้อยละ 18.2 และกินทุกวันร้อยละ 14.4 ไอศกรีมที่นิยมบริโภคส่วนใหญ่เป็นประเภทไอศกรีมนม มีส่วนผสมหลักเป็นนม น้ำตาล และไขมัน มีรสชาติหวานมัน แต่ให้พลังงานไขมัน น้ำตาลสูง ซึ่งอาจส่งผลต่อสถานการณ์โรคอ้วนที่เพิ่มขึ้นในหลายๆ ประเทศรวมทั้งประเทศไทย ในรายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2557 พบว่าประชาชนอายุ 15 ปีขึ้นไปมีความชุกของโรคอ้วน (BMI$\geq$25 kg/m^2)

ร้อยละ 32.9 และ 41.8 ในเพศชายและเพศหญิง ตามลำดับ โดยจำนวนคนอ้วนเพิ่มขึ้นจากการสำรวจฯ ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2554 เนื่องจากพฤติกรรมการบริโภคที่เปลี่ยนไป มีการบริโภคอาหารที่มีรสชาติหวาน มัน เค็ม รวมทั้งขนมหวานประเภทไอศกรีมเพิ่มมากขึ้น มีเพียงร้อยละ 25.9 ที่บริโภคผักและผลไม้ในปริมาณเพียงพอตามข้อแนะนำ ≥5 ส่วนมาตรฐาน และมีกิจกรรมทางกายน้อยลง [1]

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันต่ำและน้ำตาลต่ำจึงได้รับความสนใจจากผู้บริโภคมากขึ้น ไอศกรีมบางชนิดมีไขมันต่ำ เช่น เชอร์เบท ซึ่งมีส่วนประกอบของน้ำผลไม้และน้ำเชื่อมที่มีการตีปั่นให้อากาศเข้าไป โดยอาจมีหรือไม่มีไขมันหรือผลิตภัณฑ์จากนมก็ได้ [2] การพัฒนาให้ไอศกรีมเชอร์เบทปราศจากน้ำตาลจึงน่าจะช่วยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการไอศกรีมที่มีพลังงานต่ำ น้ำตาลต่ำและไขมันต่ำ งานวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาการใช้ซูคราโลส ทดแทนน้ำตาลในเชอร์เบท [3] แต่การศึกษาการใช้สารให้ความหวานชนิดอื่นยังมีน้อย สตีเวียเป็นสารให้ความหวานที่สกัดได้จากหญ้าหวาน จุดเด่นของสตีเวียได้จากแหล่งธรรมชาติ มีความหวานมากกว่าน้ำตาล 300 เท่า แต่ไม่ให้พลังงาน มีความคงตัวสูงทั้งในตัวทำละลาย กรดอ่อน เบสอ่อน และทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส (°C) [4-5] แต่งการวิจัยการใช้สตีเวียในผลิตภัณฑ์อาหารยังมีน้อย ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการศึกษาการใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลในเชอร์เบทเปรียบเทียบกับการใช้มอลทิทอลที่นิยมใช้ในไอศกรีมลดน้ำตาลทั่วไป อย่างไรก็ตามมอลทิทอลเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ไม่ควรบริโภคเกิน 20-40 กรัมต่อวัน [6] เนื่องจากร่างกายไม่สามารถดูดซึมได้ การบริโภคมากเกินไปอาจเกิดภาวะท้องเสีย [7] นอกจากนี้ยังมีแนวคิดของการใช้น้ำหม่อนหรือมัลเบอร์รี่ (Mulberry) ซึ่งเป็นผลไม้ไทยในการพัฒนาไอศกรีมเชอร์เบท เพื่อให้ได้สีม่วงแดงของแอนโทไซยานิน ที่มีมากในผลหม่อน และยังให้สมบัติต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความเสี่ยงโรคหลอดเลือดหัวใจ หัวใจขาดเลือด ข้ออักเสบ และหอบหืด รวมทั้งโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และบำรุงสมอง ป้องกันสมองเสื่อม [8-9]

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลการใช้สารให้ความหวานสตีเวียและมอลทิทอลทดแทนน้ำตาล ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ การทดสอบทางประสาทสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของไอศกรีมเชอร์เบทหม่อน รวมทั้งได้สูตรไอศกรีมจากการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล และใช้ประโยชน์จากกากหม่อนเหลือทิ้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานในการผลิตเชอร์เบท

ศึกษาและทดลองการผลิตเชอร์เบทโดยใช้สูตรที่ 1 ของ Tasanee [10] สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ของนันทพร อัคนิจ [11] เพื่อหาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสม พบว่าสูตรที่ 1 ของ Tasanee ได้รับการยอมรับและมีค่าความชอบรวมมากที่สุด จึงนำมาเป็นสูตรพื้นฐานในการผลิตเชอร์เบทหม่อน โดยมีส่วนผสมดังนี้ น้ำตาล (มิตรผล) ร้อยละ 23.85 น้ำ ร้อยละ 73.39 เจลาตินผง (แม็กกาเร็ต) ร้อยละ 0.27 กัวร์กัม (Healthy & Tasty) ร้อยละ 0.10 ผงมะนาว (คนอร์) ร้อยละ 2.29 และเกลือ (ปรุงทิพย์) ร้อยละ 0.01

2. การเตรียมน้ำและกากหม่อน

นำผลหม่อนแช่แข็ง (บริษัท ไร่นายจุลคุ้นวงศ์ จำกัด) มาทำละลายโดยแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียด 5 นาที กรองด้วยผ้าขาวบางแยกน้ำและกากหม่อน [12]

3. การผลิตเชอร์เบทหม่อนสูตรพื้นฐาน

3.1 ศึกษาความเข้มข้นน้ำหม่อนที่เหมาะสมในการผลิตเชอร์เบท ใช้ปริมาณผลหม่อนร้อยละ 10, 20 และ 40 โดยน้ำหนัก โดยใช้น้ำหม่อนแทนส่วนผสมที่เป็นน้ำของไอศกรีม

3.2 ศึกษาปริมาณการเติมกากหม่อน (Mulberry Fruit Pomace) ที่เหมาะสมในการผลิตเชอร์เบท โดยนำสูตรที่ได้รับการยอมรับและมีความชอบรวมมากที่สุด จากข้อ 3.1 มาเติมกากหม่อนร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก เพื่อเพิ่มใยอาหาร เนื้อสัมผัสไอศกรีม และใช้ประโยชน์จากกากที่เหลือ

วิธีผลิตไอศกรีม นำส่วนผสมที่เป็นของแข็งผสมกับส่วนผสมที่เป็นของเหลว คนจนละลาย นำส่วนผสมทั้งหมดต้มที่อุณหภูมิ 80°C ระยะเวลา 5 นาที เทใส่ในภาชนะปิดสนิทและทำให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิ 4บC จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 4°C นาน 12 ชั่วโมง นำส่วนผสมที่ได้ (ไอศกรีมมิกซ์) ไปปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม (Nemox รุ่น Gelato Pro 3000) อุณหภูมิน้อยกว่า 4°C นาน 30 นาที ตักไอศกรีมเก็บไว้ในตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ -18°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง [13]

การทดสอบทางประสาทสัมผัส ไอศกรีมที่มีความเข้มข้นน้ำหม่อน ร้อยละ 40 และเติมกากหม่อนร้อยละ 10ได้รับการยอมรับและมีความชอบรวมมากที่สุด (คะแนน 7.28±1.03) ลักษณะไอศกรีมที่ได้ผิวไม่เรียบเนียน มีสีแดงม่วง มีกากหม่อนกระจายตัว รสชาติหวานอมเปรี้ยว จึงเลือกสูตรดังกล่าวเป็นสูตรพื้นฐานในการทดแทนด้วยสารให้ความหวานต่อไป

4. การทดแทนน้ำตาลด้วยสารให้ความหวาน

ทดลองหาระดับที่เหมาะสมในการทดแทนน้ำตาลในส่วนผสมของไอศกรีมเชอร์เบทหม่อนด้วยสตีเวีย (บริษัท ซูก้าเวีย จำกัด) เปรียบเทียบกับการใช้มอลทิทอล (บริษัท เบเกอรี่แลนด์ (ไทยแลนด์)) และน้ำตาล เนื่องจากสตีเวียมีความหวานมากกว่าน้ำตาล 300 เท่า ปริมาณที่ใช้ทดแทนพิจารณาจากการให้ความหวานเท่ากับน้ำตาล คือ สตีเวีย 0.2 กรัม มีค่าความหวานเท่ากับน้ำตาล 5 กรัม และมอลทิทอล 1 กรัม มีค่าความหวานเท่ากับน้ำตาล 1 กรัม [6] จากการที่สตีเวียมีความหวานมากกว่าน้ำตาล การใช้ทดแทนน้ำตาลทั้งหมดน่าจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีม ดังนั้นจึงเลือกใช้สตีเวียทดแทนที่ระดับร้อยละ 50 ของน้ำตาล และเปรียบเทียบการใช้และไม่ใช้กากหม่อนแทนน้ำหนักน้ำตาลที่หายไป ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

สูตรที่ 1 น้ำตาลร้อยละ 100 (สูตรพื้นฐานของเชอร์เบทหม่อน)

สูตรที่ 2 น้ำตาล ร้อยละ 50 + สตีเวีย ร้อยละ 50

สูตรที่ 3 น้ำตาล ร้อยละ 50 + สตีเวีย ร้อยละ 50 + กากหม่อนร้อยละ 11.44 ทดแทนน้ำหนักน้ำตาลที่หายไป

สูตรที่ 4 มอลทิทอล ร้อยละ 50 + สตีเวีย ร้อยละ 50

สูตรที่ 5 มอลทิทอล ร้อยละ 100

5. การวัดสมบัติทางกายภาพ และเคมีของไอศกรีมเชอร์เบท

วัดการขึ้นฟู โดยใช้วิธีดัดแปลง [14] ชั่งน้ำหนักไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีมหลังแช่เยือกแข็งแล้วนำไปวัดการขึ้นฟู ด้วยการบรรจุไอศกรีมให้เต็มถ้วยบนเครื่องชั่ง ชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่ได้ และนำข้อมูลไปคำนวณค่าร้อยละการขึ้นฟู วัดความหนืด โดยนำไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4°C วัดความหนืดด้วยเครื่อง Viscometer (Viscos Basic Plus) ที่อุณหภูมิ 4±0.5°C [15] วัดค่าสี L* a* และ b* ด้วยเครื่อง Hunter Lab (ColorFlex) วัดการละลาย โดยการควบคุมอุณหภูมิที่ -12±0.5°C ชั่งน้ำหนักของเหลวที่ละลายออกมาจากไอศกรีม ทุก 5 นาที [14]

วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids: TSS) ด้วยเครื่อง Hand Refractometer และวัดความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH-Meter (Mettler Toledo รุ่น Seven Compact) ของไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4°C

ตารางที่ 1 ส่วนผสมเชอร์เบทหม่อนทดแทนน้ำตาลด้วยสตีเวียและมอลทิทอลที่ระดับต่างกัน

วัตถุดิบ (กรัม)	น้ำตาล 100	น้ำตาล 50+ สตีเวีย 50	น้ำตาล 50+ สตีเวีย 50+กาก	มอลทิทอล 50 + สตีเวีย 50	มอลทิทอล 100
น้ำตาล	23.85	11.93	11.93	-	-
สตีเวีย	-	0.48	0.48	0.48	-
มอลทิทอล	-	-	-	11.93	23.85
กากหม่อน	10.00	10.00	21.44*	10.00	10.00
น้ำคั้นผลหม่อน	73.40	73.40	73.40	73.40	73.40
เจลาตินผง	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
กัวร์กัม	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ผงมะนาว	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30
เกลือ	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
รวม	**110.50**	**98.61**	**110.50**	**98.61**	**110.05**

หมายเหตุ: * หมายถึง ผลรวมกากหม่อน ร้อยละ 10 และกากหม่อนร้อยละ 11.44 ที่เติมทดแทนน้ำหนักน้ำตาลที่หายไป

6. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-Point Hedonic Scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบรวม กับผู้ทดสอบชิม 50 คน ซึ่งเป็นนิสิตภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

นำตัวอย่างไอศกรีมเชอร์เบทหม่อนที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนที่ได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (Proximate Analysis) ด้วยวิธี AOAC [16] เปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน

8. การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

เชอร์เบทหม่อนประมาณ 1 กรัม ผสมเอทานอล 10 มิลลิลิตร สกัดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์ที่ความเร็วรอบ 3,500 rpm 35 นาที และนำส่วนใสเก็บในขวดสีชาเพื่อวิเคราะห์ต่อไป [17] โดยวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน ด้วยวิธี pH-Differential [18] นำสารสกัด 0.5 มิลลิลิตร ละลายในโพแทสเซียมคลอไรด์ (0.025 โมลาร์) pH 1.0 4.5 มิลลิลิตร และโซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรต (0.4 โมลาร์) pH 4.5 4.5 มิลลิลิตร ทิ้งในที่มืด 15 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสง (A) ที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัม/ลิตร) จากสมการ $(A \times MW \times DF \times 1000)/(\varepsilon \times 1)$ โดย Molar Weight (MW)=449.2 g mol^{-1} และ Coefficient of Cyaniding-3-Glucoside (ε)=26900 $Lmol^{-1}cm^{-1}$

วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu [17] โดยใช้สารสกัด 50 µl ละลายใน Folin-Ciocalteu Reagent (10% w/v) 3 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 15 นาที และเติมโซเดียมคาร์บอเนต (10% w/v) 1.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 15 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสง

750 นาโนเมตร ใช้กรดแกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐาน รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (mg GAE/g Ice Cream)

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธี คือ FRAP [19] เตรียม Stock Solutions ประกอบด้วย 300 มิลลิโมลาร์ อะซิเตท บัฟเฟอร์ pH 3.6 25 มิลลิลิตร 10 มิลลิโมลาร์ TPTZ 2.5 มิลลิลิตร และ 20 มิลลิโมลาร์ เฟอริกคลอไรด์ 2.5 มิลลิลิตร อุ่นสารละลายที่อุณหภูมิ 37°C ก่อนนำมา 2.85 มิลลิลิตร ผสมกับสารสกัด 0.15 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสง 593 นาโนเมตร และ DPPH [20] โดยผสม 0.0001 โมลาร์ DPPH ในเอทานอล 3 มิลลิลิตร กับสารสกัด 0.2 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที นำมาวัดค่าดูดกลืนแสง 517 นาโนเมตร เปรียบเทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ รายงานผลเป็นฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (mg TE/g Ice Cream)

9. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

โดยแต่ละขั้นตอนการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (n = 3) วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows

ผลการวิจัย

1. ผลของการใช้สตีเวียและมอลทิทอลทดแทนน้ำตาลต่อสมบัติทางกายภาพ-เคมีของเชอร์เบทหม่อน

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ พบว่าค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ และการละลายของไอศกรีมลดลงเมื่อใช้สารให้ความหวาน เนื่องจากน้ำตาลนอกจากให้ความหวานแล้วยังมีบทบาทให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียนและให้ความหนืดแก่ไอศกรีม เมื่อไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดสูงจะแข็งตัวได้เร็ว และส่งผลให้ไอศกรีมละลายช้าลง [20] การใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 50 มีผลทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในด้านความหนืด การขึ้นฟู และค่า pH การใช้สตีเวียและมอลทิทอลอย่างละร้อยละ 50 ทำให้การละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในด้านความหนืด การขึ้นฟู ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าสี และค่า pH ส่วนการใช้มอลทิทอลอย่างเดียวพบว่ามีผลต่อสมบัติทางกายภาพ-เคมีใกล้เคียงกับการใช้น้ำตาลอย่างเดียว ยกเว้นการขึ้นฟูที่มีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากมีความหนืดน้อย เมื่อนำมาตีปั่นด้วยเครื่องทำไอศกรีมแล้วจึงจับอากาศได้น้อย การขึ้นฟูจึงน้อยลงด้วย [14] ค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมทั้งหมดยังอยู่ในช่วงมาตรฐานการขึ้นฟูสำหรับเซอร์เบท คือ ร้อยละ 25-50 [21] ทั้งนี้ได้มีการศึกษาการใช้สติเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 90 ทำให้ค่าความหนืด และการขึ้นฟูของไอศกรีมนม ไอศกรีมโยเกิร์ต และไอศกรีมเชอร์เบทลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณของแข็งลดลงเฉพาะไอศกรีมเชอร์เบทและไอศกรีมโยเกิร์ต แต่ไม่พบความแตกต่างในด้านการละลาย [23]

ในการทดลองครั้งนี้ ใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 50 พบว่าค่าความหนืดลดลงแต่ยังไม่มากพอที่จะส่งผลให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการใช้กากหม่อนทดแทนน้ำหนักน้ำตาลที่หายไปจากการใช้สตีเวียพบว่าความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่การขึ้นฟูลดลงและมีการละลายต่ำสุด คือ ร้อยละ 10.72 ± 0.55 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากสูตรพื้นฐานและสูตรอื่น

การใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลพบว่าส่วนผสมของไอศกรีมมิกซ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำกว่าสูตรพื้นฐานและสูตรที่ใช้มอลทิทอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้

เนื่องจากสตีเวียมีความหวานมากกว่าน้ำตาล 300 เท่า ปริมาณที่ใช้จึงน้อยกว่า ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในส่วนผสมลดน้อยลงไปด้วย และแม้จะใช้กากหม่อนช่วยทดแทนน้ำหนักน้ำตาลที่หายไปยังไม่ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ส่วนการใช้มอลทิทอลมีความหวานใกล้เคียงกับน้ำตาล ปริมาณที่ใช้จึงใกล้เคียงหรือเท่ากับการใช้น้ำตาล ส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดน้อยลงอาจมีผลทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสหยาบ เนื้อไม่แน่น และเกิดผลึกน้ำแข็งได้ง่าย [24] ดังนั้น การใช้สารให้ความหวานต่างชนิดกันจึงต้องพิจารณาระดับการทดแทนที่เหมาะสมซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสไอศกรีม

ตารางที่ 2 ค่าวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเซอร์เบทหม่อนที่ทดแทนน้ำตาลด้วยสตีเวียและมอลทิทอล

ชนิดสารให้ความหวาน (ร้อยละ)	ค่าวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของเซอร์เบท (Mean ± S.D.)			
	ความหนืด [ns] (เซนติพอยด์)	การขึ้นฟู (ร้อยละ)	อัตราการละลายที่ เวลา 30 นาที (ร้อยละ)	TSS (°Brix)
สูตรพื้นฐาน (น้ำตาล 100)	22.83±0.45	45.32±0.89^{ab}	22.78±1.35^{a}	24.26±0.30^{a}
น้ำตาล 50 + สตีเวีย 50	20.40±1.30	47.40±0.44^{a}	18.56±1.73^{b}	21.26±0.30^{b}
น้ำตาล 50 + สตีเวีย 50 + กาก	22.56±3.25	44.97±3.19^{ab}	10.72±0.55^{d}	20.53±0.57^{d}
มอลทิทอล 50 + สตีเวีย 50	20.80±0.95	41.80±0.38^{bc}	15.41±1.19^{c}	24.10±0.17^{a}
มอลทิทอล 100	21.80±0.55	38.84±1.24^{c}	21.10±0.25^{b}	24.10±0.10^{a}

ตัวอักษรในแนวตั้ง (a, b และ c) ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 50 และเติมกากหม่อนทดแทนน้ำหนักน้ำตาลที่หายไปทำให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีลดลงจากสูตรพื้นฐาน เนื่องจากการเติมกากหม่อนที่มีสีม่วงแดงในส่วนผสม ส่วนสูตรที่ใช้มอลทิทอลอย่างเดียวและมอลทิทอลกับสตีเวียอย่างละร้อยละ 50 ให้ค่า L*, a* และ b* ไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน

ความเป็นกรดด่าง (pH) การทดแทนน้ำตาลด้วยสตีเวียและมอลทิทอลไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของไอศกรีมมิกซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.33-3.38 ซึ่งค่าความเป็นกรดด่างเกิดจากน้ำหม่อนที่มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วงร้อยละ 3.52-5.60 [25] และการเติมผงมะนาวตามลักษณะของไอศกรีมเซอร์เบทที่นิยมให้ออกรสเปรี้ยวเล็กน้อย

ตารางที่ 3 ค่าสีและความเป็นกรด-ด่างของเชอร์เบทหม่อนที่ทดแทนน้ำตาลด้วยสตีเวียและมอลทิทอล

ชนิดสารให้ความหวาน (ร้อยละ)	ค่าสีและความเป็นกรด-ด่าง (Mean ± S.D.) ของเชอร์เบทหม่อน			
	L*	a*	b*	กรด-ด่าง ns
สูตรพื้นฐาน (น้ำตาล 100)	24.76±0.64^{a}	16.59±1.22^{ab}	3.50±0.90^{ab}	3.37±0.00
น้ำตาล 50 + สตีเวีย 50	22.08±2.04^{b}	14.40±1.41^{bc}	2.97±0.55^{bc}	3.36±0.02
น้ำตาล 50 + สตีเวีย 50 + กาก	21.35±1.47^{b}	12.44±0.28^{c}	2.13±0.23^{c}	3.37±0.00
มอลทิทอล 50 + สตีเวีย 50	25.70±0.38^{a}	18.84±0.19^{a}	4.48±0.05^{a}	3.38±0.01
มอลทิทอล 100	25.65±0.75^{a}	16.31±3.29^{ab}	3.51±1.05^{ab}	3.33±0.02

ตัวอักษรในแนวตั้ง (a, b และ c) ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 4 การใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 50 และเติมกากหม่อนทดแทนน้ำหนักน้ำตาลที่หายไป มีคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏและสีไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรพื้นฐาน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ผลิตไอศกรีมเชอร์เบทพลังงานต่ำ เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนาการ การเติมกากหม่อนช่วยเพิ่มใยอาหารและสารสีม่วงแดงของแอนโทไซยานิน จึงเลือกสูตรดังกล่าวเพื่อไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการต่อไป โดยมีคะแนนความชอบรวมระดับปานกลาง (คะแนน 7.07±0.82) ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าไอศกรีมมีรสชาติเหมือนการบริโภคน้ำหม่อน และมีกลิ่นหอมของมะนาว นอกจากนี้ผู้ทดสอบบางคน ร้อยละ 4 ให้ความเห็นว่าสูตรที่ใช้มอลทิทอลและสตีเวียร่วมกันมีรสขมเล็กน้อย งานวิจัยของ Mohammad ได้ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมให้มีพลังงานและ Glycemic Index ต่ำ ด้วยการใช้สตีเวียร่วมกับซูโครสที่ความเข้มข้นสตีเวีย 5 ระดับ ร้อยละ 0, 0.02, 0.04, 0.07 และ 0.11 พบว่าการใช้สตีเวียที่ความเข้มข้นสูงเป็นสารให้ความหวานทำให้ไอศกรีมมีรสขมติดคอหลังรับประทาน (Bitter Aftertaste) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อรสขมของสตีเวีย เช่น ความเข้มข้นสตีเวีย สารให้ความหวานที่ใช้เป็นส่วนผสมร่วมกัน ชนิดของผลไม้ และส่วนผสมอื่นในสูตรไอศกรีม [24, 26]

ตารางที่ 4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเชอร์เบทหม่อนที่ทดแทนน้ำตาลด้วยสตีเวียและมอลทิทอล

คุณลักษณะ	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Mean ± S.D.) ของเชอร์เบทหม่อนที่ใช้สารให้ความหวานต่างกัน				
	สูตรพื้นฐาน น้ำตาล 100	น้ำตาล 50 + สตีเวีย 50	น้ำตาล 50 + สตีเวีย 50 + กาก	มอลทิทอล 50 + สตีเวีย 50	มอลทิทอล 100
ลักษณะปรากฏ	7.22±1.05^{ab}	6.30±1.35^{b}	7.41±0.97^{a}	7.26±1.28^{ab}	7.00±1.73^{ab}
สี	7.33±0.96^{a}	6.33±1.68^{b}	7.48±1.05^{a}	7.41±1.21^{a}	7.26±1.31^{a}
กลิ่นรส^{ns}	6.52±1.42	6.48±1.25	6.74±0.98	6.41±1.30	5.81±1.61
รสชาติ^{ns}	7.00±1.10	6.63±1.52	6.78±0.97	6.22±1.60	6.00±1.68
เนื้อสัมผัส^{ns}	6.48±1.60	6.93±1.54	7.04±0.94	6.93±1.10	6.85±1.63
การละลายในปาก^{ns}	6.70±1.38	6.70±1.63	7.15±1.02	6.96±1.31	6.96±1.40
ความชอบรวม^{ns}	6.74±0.85	6.63±1.41	7.07±0.82	6.93±1.07	6.44±1.39

ตัวอักษรในแนวตั้ง (a, b และ c) ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

หมายเหตุ: ตัวเลขในตัวอย่างไอศกรีม หมายถึง ปริมาณร้อยละของสารให้ความหวานที่ใช้เทียบกับปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในส่วนผสม เช่น สูตรพื้นฐาน น้ำตาล 100 หมายถึง สูตรพื้นฐานที่ใช้น้ำตาลอย่างเดียว สูตรน้ำตาล 50 และสตีเวีย 50 หมายถึง สูตรที่ใช้น้ำตาลและสตีเวียอย่างละร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำตาลที่ใช้

3. เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการสูตรพื้นฐานและสูตรทดแทนด้วยสารให้ความหวาน

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเชอร์เบทหม่อนที่ใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 50 และเติมกากหม่อนทดแทนน้ำหนักน้ำตาลที่หายไปเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐานซึ่งเป็นเชอร์เบทหม่อนที่ใช้น้ำตาลพบว่าเชอร์เบทหม่อนที่ใช้สตีเวียและกากหม่อนมีค่าพลังงานและคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณพลังงานลดลงร้อยละ 29.13 คือ จาก 111.91±0.01 Kcal เป็น 79.31±0.00 Kcal มีคาร์โบไฮเดรตลดลงร้อยละ 2.87 และมีไขมันต่ำมาก (ร้อยละ 0.19) มีปริมาณโปรตีน ใยอาหาร และเถ้าเพิ่มขึ้นจากสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีน ใยอาหาร และเป็นผลมาจากการใช้กากหม่อนเนื่องจากในหม่อน 100 กรัม มีโปรตีน 1.68 กรัม ใยอาหาร 2.03 กรัม เถ้า 1.52 กรัม และมีสารอาหารอื่นที่สำคัญ เช่น เหล็ก วิตามินบี 1 และวิตามินบี 6 เท่ากับ 43.48, 50.65 และ 930.10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ เป็นต้น [27] เชอร์เบทหม่อนที่พัฒนาขึ้นมีค่าพลังงานลดลง คาร์โบไฮเดรตลดลง และมีไขมันต่ำมาก จึงน่าจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้บริโภคที่ต้องการจำกัดปริมาณพลังงาน น้ำตาล และไขมัน

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ

คุณค่าทางโภชนาการ	คุณค่าทางโภชนาการของเชอร์เบทหม่อน 100 กรัม (Mean ± S.D.)	
	สูตรพื้นฐาน (น้ำตาลร้อยละ 100)	น้ำตาลร้อยละ 50 สตีเวียร้อยละ 50 + กาก
พลังงาน (Kcal)	111.91±0.01[a]	79.31±0.00[b]
ความชื้น (%)	72.03±0.01[a]	79.99±0.01[b]
คาร์โบไฮเดรต (%)	26.98±0.00[a]	18.18±0.00[b]
ไขมัน[ns] (%)	0.19±0.00	0.19±0.00
โปรตีน (%)	0.54±0.00[a]	1.22±0.00[b]
ใยอาหาร (Dietary Fiber) (%)	0.52±0.00[a]	1.24±0.00[b]
เถ้า (%)	0.22±0.00[a]	0.43±0.00[b]

ตัวอักษรในแนวตั้ง (a, b และ c) ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ผลการวิเคราะห์พบว่าเชอร์เบทหม่อนสูตรที่ใช้น้ำตาลร่วมกับสตีเวียร้อยละ 50 และเติมกากหม่อนมีปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 0.40±0.02 mg/g Ice Cream มากกว่าสูตรพื้นฐาน 1.6 เท่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด เท่ากับ 16.62±0.26 mg GAE/g Ice Cream มากกว่าสูตรพื้นฐาน 1.5 เท่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH เท่ากับ 12.33±0.13 mg TE/g Ice Cream และโดยวิธี FRAP เท่ากับ 0.01±0.00 mg TE/g Ice Cream (ตารางที่ 6) ชี้ให้เห็นว่าการเติมกากหม่อนนอกจากจะเพิ่มการใช้ประโยชน์จากของเหลือแล้ว ยังช่วยเพิ่มฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ เป็นประโยชน์ในด้านสุขภาพ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคเรื้อรังไม่ติดต่อและปัญหาสุขภาพอื่น

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ	เชอร์เบทหม่อน	
	สูตรพื้นฐาน (น้ำตาล 100)	น้ำตาล 50 + สตีเวีย 50 + กาก
แอนโทไซยานิน (mg/g Ice Cream)	0.25±0.01[b]	0.40±0.02[a]
Total Phenolics (mg GAE/g Ice Cream)	11.19±0.28[b]	16.62±0.26[a]
DPPH (mg TE/g Ice Cream)	11.19±0.01[b]	12.33±0.13[a]
FRAP (mg TE/g Ice Cream)	0.00±0.00[b]	0.01±0.00[a]

ตัวอักษรในแนวตั้ง (a, b และ c) ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สรุปและอภิปรายผล

เซอร์เบทเป็นไอศกรีมประเภทไขมันต่ำ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาไอศกรีมเพื่อสุขภาพที่ต้องการให้มีน้ำตาลต่ำและไขมันต่ำ โดยใช้สารให้ความหวานสตีเวียและมอลทิทอลทดแทนน้ำตาลที่ใช้ในส่วนผสม การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสูตรที่ใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 50 มอลทิทอลร่วมกับสตีเวียทดแทนน้ำตาลทั้งหมดและการใช้มอลทิทอลอย่างเดียวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสูตรพื้นฐาน การใช้มอลทิทอลอย่างเดียวให้สมบัติทากายภาพและเคมีใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน สูตรที่ใช้สตีเวียทดแทนน้ำตาลร้อยละ 50 และเติมกากหม่อนทดแทนน้ำหนักน้ำตาลที่หายไป ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง อัตราการละลายลดลง แต่ไม่มีผลต่อค่าความหนืด การขึ้นฟู และความเป็นกรด-ด่าง การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระชี้ให้เห็นว่าสูตรดังกล่าวมีคุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจากสูตรพื้นฐาน ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพในการลดความเสี่ยงต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอื่น โดยมีค่าพลังงานลดลง คาร์โบไฮเดรตลดลง มีไขมันต่ำ มีโปรตีนและใยอาหารเพิ่มขึ้น และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรไอศกรีมเชิงพาณิชย์ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] Wichai Aekplakorn, Hataichanok Puckcharern, Kthaikla Thaikla, and Warapone Satheannoppakao. (2016). *Thai National Health Examination Survey, (NHES V).* Bangkok: Aksorn Graphic and Design Publising House.

[2] Matthias, D. Eisner., Hans, Wildmoser., and Erich J. Windhab. (2005, August). Air cell microstructuring In high viscous Ice cream matrix. *Colloids and surfaces A: Physicochemical and engineering aspects. 1-3*(263), 390-399.

[3] Natcharat Paekul, Lily Ingsrisawang, and Tasanee Limsuwan. (2014, May-August). Effect of Sugar Substitutes Sucralose and Maltitol on Sensory, Physical and Chemical Characteristics of Sherbet Ice Cream. *Journal of Home Economics*. *57*(2), 21-30.

[4] Pisamai Kulkanjanatorn. (2014). *Stevia...Sweet Choice...For Healthy.* Retrieved from http://www.pharmacy.mahidol.ac.th

[5] Figlewicz, D.P., Ioannou, G., Bennett, Jay J., Kittleson, S., Savard, C., and Roth, C.L. (2009, December). Effect of moderate intake of sweeteners on metabolic health in the rat. *Physiology & Behavior. 5*(98), 618-624.

[6] Sookjai Choojun. (2012). *Low-Calorie Sweenters: Biological Production, Properties and Utilization*. Bangkok: Chulalongkorn University.

[7] Usa Phukasmart. (2013, January-March). Sugar and role of artificial sweeteners. *Food Journal*. *43*(1), 33-39.

[8] Pawlowska, AM., Oleszek, W., and Braca, A. (2008, May). Quali-quantitative analyses of Flavonoids of *Morus nigra* L. and *Morus alba* L. (Moraceae) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56*(9), 3377-3380.

[9] Kaewkaen, P., Tong-un,T., Wattanathorn, J., Muchimapura, S., Kaewrueng, W., and Wongcharoenwanakit, S. (2012, June). Mulberry fruit extract protects against memory impairment and hippocampal damage in animal model of vascular dementia. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* pp. 92-100.

[10] Limsuwan, T., Paekul, N., and Ingsriwan, L. (2014). Effect of butterfly pea extract and flower petals on sensory, chemical and microbiological characteristics of sugar-free ice cream. *Asian Journal of Food and Agro-Industry. 7*(01), 57-67.

[11] Nuntaporn Aukkanit. (2011). Development of Herbal Ice-cream. In *Research report.* Bangkok: Suan Sunandha Rajabhat University.

[12] Piyanoot Noiduang, and Sawitre Pooldach. (2010). Production of Low Calories Ice cream from Averrhoa bilimbi Linn. Fruit. In *Research report.* Bangkok: Siam University.

[13] Orapin Chaiprasop. (2011). *Dairy Technology.* Bangkok: Ramkhamhang University.

[14] Arbuckle, W.S. (1986). *Ice Cream.* 4th ed. New York: Van Nostrand Reinhold.

[15] Ohmes, R.L., Marshall, R.T., and Heymann, H. (1998, May). Sensory and physical properties of Ice creams containing milk fat or fat replacers. *Journal Dairy Science. 81*(5), 1222-1228.

[16] AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC international.* 17th ed. USA.

[17] Jean-Yu, Hwang, Yung-Shin, Shyu, and Cheng-Kuang, Hsu. (2009, March). Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. *Science Direct.* 42(1): 312-318.

[18] Wrolstad Ronald E. (2000). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible Spectroscopoy. In *Handbook of Food Analytical Chemistry*. Wrolstad, Ronald E, Acree, T.E., Decker,E.A., Penner, M.H., Reid, D.S., Schwartz, SJ., Shoemaker, C.F., Smith D., and Sporns, P. p. 19. Hoboken, New Jersey, Canada: John Wiley & Sons, Inc.,

[19] Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., and Hawkins B.D. (2006, September-November). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*. *19*(6-7), 669-675.

[20] Kubola, J., and Siriamornpun, S. (2008, October). Phenolic contents and antioxidant activities of bitter gourd (Momordica charantia L.) leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. *Food Chemistry*. *110*(4), 881-890.

[21] Marshall, R.T., and Arbuckle, W.S. (1996). *Ice Cream*. 5th ed. New York: Chapman & Hall.

[22] Marshall, R.T., Goff, H. D., and Hartel, R.W. (2003). *Ice cream.* 6th ed. New York: Kluwer Academic Plenum Publishers.

[23] Sangkaeo, W., and Praditvattanakul, S. (2014, May-August). The Development of Reduced Calories Ice-Cream Using Sugar Substitution with Stevia Extract. *Agricultural Sci. J. 45*(2), 717-720.

[24] Alizadeh, M., Azizi-Lalabadi, M., and Kheirouri, S. (2014, January). Impact of using stevia on physiochemical, sensory, rheology and glycemic Index of soft ice cream. *Food and Nutrition Sciences.* 5: 390-396.

[25] Ercisli, S., and Orhan, E. (2006). Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruit. *Food Chemistry. 103*(4), 1380-1384.

[26] Alizadeh, M., Azizi-Lalabadi, M., Hojat-ansari, H., and Kheirouri, S. (2014). Effect of *Stevia* as a Substitute for Sugar on Physicochemical and Sensory Properties of Fruit Based Milk Shake. *Journal of Scientific Research & Reports. 3*(11), 1421-1429.

[27] Wasan Nuipirom. (2003). *Mulberry and Processing.* Bangkok. Department of Agriculture Ministry of Agriculture and Cooperation.