



# Proceedings

การประชุมวิชาการระดับชาติ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน (ASTC) ครั้งที่ 7

The 7<sup>th</sup> Academic Science and Technology Conference

นวัตกรรม

วิทยาศาสตร์พื้นฐาน

วิทยาศาสตร์ประยุกต์

วิทยาศาสตร์สุขภาพ

คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

บูรณาการ วิจัย และ นวัตกรรม เพื่อสร้างเสริมสุขภาพ

Health Promotion Through Research Integration and Innovation

7 มิถุนายน 2562

ณ อาคารพิมเนศ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี



## [AS-P13] การใช้เพคตินจากเปลือกมะกรูดเป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด

## Utilization of Pectin from Kaffir Lime Peel as a Stabilizers in Kaffir Lime Juice Ice Cream

ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์, ภัศราภรณ์ ชาวพุ่ม, อมรรัตน์ จันทร์แมน, และปิยนุสรณ์ น้อยดั่ง \*

Tiptida Nusap, Passaraporn Kaopoom, Amornrat Chanman, and Piyanoort Noiduang \*

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

\*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: piyanoot.noi@siam.edu

## บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาการใช้เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะกรูดด้วยน้ำกลั่น และกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 มาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากน้ำมะกรูดเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า โดยแปรชนิดของเพคตินเป็น 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 ไอศกรีมที่ใช้เพคตินทางการค้า สูตรที่ 2 ไอศกรีมที่ใช้เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น สูตรที่ 3 ไอศกรีมที่ใช้เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 และสูตรที่ 4 ไอศกรีมที่ใช้เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1:1) ไอศกรีมทุกสูตรใช้เพคตินที่ความเข้มข้นเท่ากัน คือ ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 3 มีค่าร้อยละการขึ้นฟูสูงที่สุด ในขณะที่สูตรที่ 2 มีร้อยละการขึ้นฟูต่ำที่สุด เมื่อวัดอัตราการละลาย พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 ละลายเร็วที่สุด รองลงมา คือ สูตรที่ 1, 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าไอศกรีมทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ในด้านกลิ่น และรสชาติ ส่วนด้านสี พบว่าสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด ส่วนในด้านเนื้อสัมผัส และการละลายในปาก พบว่าสูตรที่ 3 ได้รับความชอบมากที่สุด ในด้านความชอบโดยรวม พบว่าสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรที่ 1 ที่เป็นสูตรควบคุม

**คำสำคัญ:** เพคติน, สารให้ความคงตัว, มะกรูด, กรดซิตริก, ไอศกรีม

## Abstract

This research was to use pectin extracted from kaffir lime peel by distilled water and citric acid concentration of 20% (w/v) was used as a stabilizer in the production of kaffir lime juice ice cream compared with commercial pectin. The production of ice cream with four various types of pectin (formula 1: commercial pectin ice cream, formula 2: ice cream with pectin extracted with distilled water, formula 3: ice cream with pectin extracted with 20% (w/v) citric acid and formula 4: ice cream with the mixture of pectin extracted with distilled water and pectin extracted with 20% (w/v) citric acid at ratio of 1:1) was investigated. All sample of ice cream were formulated using the same pectin concentration of 1% (w/w). The results showed that the formula 3 has the highest %overrun, while formula 2 has the lowest. Melting rate of formula 2 was the fastest followed by formula 1, 3 and 4. The results of sensory evaluation with 9-point hedonic scale showed that four formula of ice cream had no significant differences ( $p>0.05$ ) in odor and taste, while the color of formula 2 had the lowest scores. In term of melting in mouth, the formula 3 had the highest scores and overall acceptability of the formula 3 was no different from the formula 1, which was a control.

**Keywords:** pectin, stabilizer, kaffir lime, citric acid, ice cream

## บทนำ

มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) เป็นไม้ต้นขนาดเล็กในสกุลส้ม สูง 2-8 เมตร ส่วนที่ใช้ประโยชน์ ได้แก่ ผล เป็นรูปทรงกลมหรือ รูปไข่ โคนผลเรียวยาวเป็นจุก ผิวขรุขระ มีต่อมน้ำมัน ผลอ่อนสีเขียวแก่ สุกเป็นสีเหลือง มีรสเปรี้ยว ใบบนใบประกอบที่มีใบย่อยใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ ปลายใบและโคนใบมน ขอบใบเรียบ แผ่นใบเรียบเป็นมันสีเขียวเข้ม มีต่อมน้ำมันอยู่ตามผิวใบ มีกลิ่นหอมเฉพาะ ก้านใบมีปีกตุล้ายใบ ดอก

ออกเป็นข้อตามซอกใบที่ปลายกิ่ง ดอกสีขาว กลีบเลี้ยงมี 5 กลีบ กลีบดอกมี 5 แฉก โคนกลีบดอกติดกัน จากสรรพคุณต่างๆ ที่มีอยู่มากมายใน ทุกส่วน ทั้งส่วนใบ, ผล, ผิว, เปลือก และน้ำของมะกรูด<sup>(1)</sup> จึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหอมและเครื่องสำอาง และใช้เป็นเครื่องปรุงร แต่งกลิ่นในการประกอบอาหารบางชนิด และการแปรรูปเป็นมะกรูดเข้มข้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้อยู่ในวงจำกัด ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะ นำมะกรูดที่เหลือทิ้งจากการนำผิวมะกรูดไปใช้ในการผลิตพริกแกงเชิงพาณิชย์มาใช้ โดยนำมะกรูดที่ได้มาคั้นน้ำเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ ไอศกรีม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็งที่ได้รับความนิยมในการบริโภค และยังมีกรรมวิธีที่ง่ายและปลอดภัยของมะกรูดมา สกัดเพคติน (pectin) ซึ่งเพคตินเป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ที่พบได้ในเปลือกของผักและผลไม้ เช่น มะนาว มะกรูด กัลฉ่าย แอปเปิ้ล สตอ เบอรี่ สับปะรด เป็นต้น ซึ่งเพคตินจะทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด (thickener), การเกิดเจล (gelling agent), สารให้ความคงตัว (stabilizer), สารอิมัลซิไฟเออร์ และ cation-binding agent เป็นต้น ทำให้ที่พธิธิดา หนูทรัพย์ และคณะ (2561)<sup>(2)</sup> ได้สนใจที่จะศึกษาการ คุณสมบัติและประสิทธิภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและกรดซิตริก พบว่าเพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยน้ำกลั่น จะเป็นเพคตินชนิด high methoxyl pectin ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 จะเป็นเพคตินชนิด low methoxyl pectin ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shaha และคณะ (2013)<sup>(3)</sup> และจากการศึกษาดังกล่าวทำให้ทางผู้วิจัยสนใจที่จะนำเพคตินที่สกัดได้มาใช้ ประโยชน์ เพื่อใช้เป็นสารให้ความคงตัวไอศกรีม เนื่องจากเพคตินเป็นสารที่มีการส่งผ่านเข้าจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เพื่อนำมาเป็น ส่วนประกอบในการแปรรูปอาหาร และเพคตินที่นำเข้ามาซึ่งมีราคาที่สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการใช้เพ คตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและกรดซิตริกมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากน้ำมะกรูด

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การเตรียมน้ำมะกรูด และเพคตินจากเปลือกมะกรูด และตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดได้

นำมะกรูดที่เหลือใช้จากการทำพริกแกงเชิงพาณิชย์ทำการปอกเปลือกมะกรูดสีเขียวออก ล้างทำความสะอาด มาผ่าครึ่ง เอา เมล็ดออก แล้วคั้นน้ำเก็บไว้สำหรับการผลิตไอศกรีม ส่วนเปลือกนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ชัดด้วยเกลือแกง และ ล้างน้ำออก จะได้เป็นส่วนเปลือกสีขาวกับส่วนเนื้อมะกรูด นำากากส่วนนี้มาล้างด้วยน้ำเปล่าและขยำด้วยเกลือแกง ทำสลับกันหลายๆ ครั้งหรือจนกว่าจะหมดรสขม ล้างด้วยน้ำให้สะอาด บีบน้ำออกให้หมด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 1x1 เซนติเมตร นำเปลือกที่ได้ไปอบ ด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3-4 ชั่วโมง เมื่อเปลือกมะกรูดแห้ง นำไปเก็บในโถสุญญากาศ<sup>(2)</sup>

ทำการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดโดยใช้น้ำกลั่น และกรดซิตริกที่ความเข้มข้น ร้อยละ 20 ซึ่งขั้นตอนการสกัดดังนี้ ซึ่ง เปลือกมะกรูดที่อบแห้ง 50 กรัม เติมน้ำทำละลาย (น้ำกลั่น, กรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 20 (w/v)) ปริมาตร 700 มิลลิลิตร กวนในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทั้งให้เย็น 15 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง เก็บส่วนน้ำที่ได้ วัด ค่า pH นำส่วนน้ำที่ได้ไปตกตะกอน โดยเติม absolute ethanol (อัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร) คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง เก็บส่วนตะกอน อบตะกอนที่ได้ในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 6-8 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้งดี ซึ่งน้ำหนักหลังอบ และบดให้เป็นผง หาค่า %yield และตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพของ เพคตินที่สกัดได้ (การวิเคราะห์น้ำหนักสมมูล และ % methoxyl ดัดแปลงจาก ธนาวรรณ สุขเกษม, 2556)<sup>(4)</sup> การวิเคราะห์ปริมาณ กรดกาแลคทูโรนิก ดัดแปลงจาก งามอาจ เต็ดดวง, 2553<sup>(5)</sup> และค่าสี โดยใช้เครื่อง Calorimeter ยี่ห้อ Color Flex รุ่น 45/0 (ประเทศ สหรัฐอเมริกา) วัดตามระบบ CIE L\* a\* และ b\*

### 2. ศึกษาการใช้เพคตินที่สกัดได้ในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด

#### 2.1 ศึกษาการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม

การคัดเลือกสูตรควบคุมจากสูตรการผลิตไอศกรีมจากผลไม้ จำนวน 2 สูตร คือ โดยสูตรที่ 1 (เซอร์เบท) และ สูตรที่ 2 (เซอร์เบท) มีส่วนผสมดังตารางที่ 1 และทำการผลิตไอศกรีม ดัดแปลงตามวิธีของปิยนุสรณ์ น้อยด้วง และสาวตรี พูลเดช (2552)<sup>(6)</sup> ดังนี้ นำส่วนผสมของ แห่งผสมเข้าด้วยกันและส่วนของของเหลวผสมให้เข้ากัน แล้วนำของแข็งผสมกับของเหลว (ดังตารางที่ 1) อุณหภูมิผสมต่อให้มีอุณหภูมิ ประมาณ 60 องศาเซลเซียส นำไปปั่นในเครื่องโฮมจีเนซัน 5 นาที ที่ 11,000 รอบต่อนาที ให้ความร้อนหรือการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้อุ่น (cooling) ลงทันทีที่อุณหภูมิน้อยกว่า 4 องศาเซลเซียส บ่ม (Aging) ที่ 3-4 องศาเซลเซียส นาน

18 ชั่วโมง นำไอศกรีมไปปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม (freezing) ปั่นนานประมาณ 30-40 นาที เก็บไว้ในตู้เย็นหรือตู้แช่เยือกแข็ง (-18 องศาเซลเซียส) (hardening) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไอศกรีมที่ผลิตได้มาทดสอบคุณลักษณะทางด้านเคมี-กายภาพ ได้แก่ การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเครื่อง pH meter<sup>(7)</sup> ยี่ห้อ Eutech Instruments รุ่น 12-CHM-3206 (ประเทศมาเลเซีย) ค่าสี ด้วยระบบ CIE L\* a\* และ b\* โดยใช้เครื่อง Colorimeter ยี่ห้อ Color Flex รุ่น 45/0 (ประเทศสหรัฐอเมริกา) การวัดความหนืด<sup>(8)</sup> ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer รุ่น LVT (ประเทศสหรัฐอเมริกา) Spindle Set หัวเบอร์ 1 การวัดอัตราการละลาย (ตามวิธีของ Geilman และ Schmidt, 1992)<sup>(9)</sup> นำตัวอย่างไอศกรีมที่บรรจุด้วยพลาสติกหลังผ่านการแช่เยือกแข็ง 24 ชั่วโมง วางตัวอย่างและปล่อยให้ละลายบนตะแกรงลวด และชั่งน้ำหนักของเหลวที่ละลายออกมาทุกๆ 10 นาที ที่อุณหภูมิ  $30 \pm 1$  องศาเซลเซียส การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วยเครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer) ยี่ห้อ ATAGO รุ่น S-28 (ประเทศญี่ปุ่น) และปริมาณกรดทั้งหมด (ตามวิธีของ AOAC, 2000)<sup>(7)</sup> การวัดค่าร้อยละการขึ้นฟู (% overruns) (ตามวิธีของวรรณมาและวิบูลย์ศักดิ์, 2531)<sup>(10)</sup> และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Paired preference test โดยใช้ผู้ทดสอบ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม จำนวน 35 คน และให้ผู้ทดสอบเลือกว่าชอบไอศกรีมสูตรใดมากที่สุดและวิเคราะห์ผล โดยใช้ตารางสถิติ Two-sample analysis ที่  $df = 1$ , แบบ one-tailed ระดับนัยสำคัญที่  $p \leq 0.05$  แล้วจึงเลือกไอศกรีมสูตรควบคุมในการผลิตไอศกรีมในขั้นตอนต่อไป

**ตารางที่ 1** แสดงอัตราส่วนของส่วนผสมของไอศกรีมสูตรมาตรฐาน

ส่วนผสม	สูตรที่ 1: เซอร์เบท (ร้อยละ)	สูตรที่ 2: เซอร์เบท (ร้อยละ)
น้ำตาลทราย	13.00	20.00
นมสด	13.50	-
น้ำมะกรูด	20.00	20.00
น้ำ	49.70	58.70
ไข่ไก่ (ไข่ขาว)	3.00	-
สารให้ความคงตัว (เพคตินทางการค้า)	0.50	1.00

ที่มา: สูตรที่ 1 ดัดแปลงจาก มณีรัตน์ บุญญะมาลี. 2548<sup>(11)</sup> สูตรที่ 2 ดัดแปลงจาก เบญจพร มีเกาะ. 2549<sup>(12)</sup>

## 2.2 ศึกษาการใช้เพคตินที่สกัดได้ในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดเปรียบเทียบกับ เพคตินทางการค้า

สูตรไอศกรีมที่คัดเลือกได้จากการทดลองที่ 2.1 นำมาใช้เป็นสูตรควบคุมในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด โดยใช้เพคตินทางการค้า เพคตินที่สกัดได้จากน้ำกลั่น และกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นสารให้ความคงตัว จากนั้นตรวจสอบคุณภาพทางเคมี-กายภาพของไอศกรีมที่ผลิตได้ เช่นเดียวกับกรทดลองที่ 2.1 และทดสอบทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้เพคตินทางการค้า นำไอศกรีมที่ได้จากการศึกษาในข้างต้น มาทำการทดสอบด้านประสาทสัมผัสในช่วงเวลา 10:00-11:00 น. และ 14:00-15:00 น. โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม จำนวน 35 คน เสิร์ฟตัวอย่างที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส หรือนำออกจากตู้แช่แข็งแล้วทิ้งไว้วัน 3-5 นาที ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวมโดยวิธี 9-point hedonic scale จากนั้นนำคะแนนมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยหาค่าความแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างระหว่าง สิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 1. การเตรียมน้ำมะกรูด และเพคตินจากเปลือกมะกรูด และตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดได้

จากการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูด โดยใช้ น้ำกลั่น และกรดซิตริก ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 20 (w/v) เป็นตัวทำละลายที่ใช้สกัด แสดงในตารางที่ 2 พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าน้ำหนักสมมูลสูงใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า ขณะที่เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้น ร้อยละ 20 พบว่ามีน้ำหนักสมมูลต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากกรดซิตริกที่ใช้ในการสกัด สามารถละลายพันธะไกลโคซิดิกได้เป็นเพคตินที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ทำให้น้ำหนักสมมูลของสารลดลง ส่งผลให้มีค่าปริมาณหมู่เมทอกซิลน้อยลง<sup>(3,4)</sup> ซึ่งในเพคตินทางการค้าและเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าน้ำหนักสมมูลสูง แสดงว่ามีหมู่เมทอกซิลสูง

**ตารางที่ 2** การวิเคราะห์น้ำหนักสมมูล, ร้อยละของเมทอกซิล (%methoxy), ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (%DE) และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ เทียบกับเพคตินทางการค้า

เพคตินที่สกัดได้ (ตัวทำละลาย)	น้ำหนักสมมูล	ร้อยละของ เมทอกซิล (%methoxyl)	ระดับการเกิดเอสเทอร์ฟิเคชัน (%DE)	กรดกาแลคทูโรนิก ( $\mu\text{g/ml}$ )
เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น	1,253.93 $\pm$ 6.59 <sup>b</sup>	16.45 $\pm$ 0.51 <sup>a</sup>	87.87 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	67.56 $\pm$ 1.01 <sup>b</sup>
เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 20	284.68 $\pm$ 6.02 <sup>c</sup>	2.83 $\pm$ 0.55 <sup>c</sup>	21.87 $\pm$ 1.82 <sup>c</sup>	27.53 $\pm$ 0.49 <sup>c</sup>
เพคตินทางการค้า (Grade 150)	1,441.32 $\pm$ 0.94 <sup>a</sup>	14.29 $\pm$ 0.71 <sup>b</sup>	86.06 $\pm$ 0.82 <sup>b</sup>	86.74 $\pm$ 0.66 <sup>a</sup>

หมายเหตุ ค่า  $\pm$  หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

<sup>a-f</sup> ที่กำกับในแนวดิ่งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ส่วนค่า %methoxyl ของเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่า 16.45 และเมื่อนำมาหาค่า %DE พบว่ามีค่ามากกว่า 50 ซึ่งจัดเป็นเพคตินชนิด high methoxyl pectin ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 มีค่า %methoxyl เท่ากับ 2.83 และเมื่อนำมาหาค่า %DE พบว่ามีค่าน้อยกว่า 50 เป็นเพคตินชนิด low methoxyl pectin<sup>(13)</sup>

ส่วนค่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก แสดงถึงความบริสุทธิ์ของเพคติน ซึ่งเพคตินทางการค้ามีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกเท่ากับ 86.74  $\mu\text{g/ml}$  เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก เท่ากับ 67.56  $\mu\text{g/ml}$  ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 จะมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกลดลง เท่ากับ 25.90  $\mu\text{g/ml}$  เนื่องจากเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกมีปริมาณของหมู่เมทอกซิลอยู่น้อย เมื่อนำเพคตินที่ได้ไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกและวัดค่าการดูดกลืนแสงค่าที่ได้ จึงลดลงตามความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้น<sup>(5)</sup>

## 2. ศึกษาการใช้เพคตินที่สกัดได้เป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด

### 2.1 การผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม

จากการคัดเลือกสูตรเบื้องต้นจากสูตรไอศกรีมผลไม้ 2 สูตร คือ สูตรที่ 1 เป็นไอศกรีมเชอร์เบท และสูตรที่ 2 เป็นไอศกรีมชอร์เบท โดยใช้เพคตินทางการค้าเป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม ดัดแปลงตามวิธีของปิยนุสรณ์น้อยดวง และสาวิตรี พูลเดช (2552)<sup>(6)</sup> จากการทดสอบคุณภาพด้านเคมี-กายภาพไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรเบื้องต้นทั้ง 2 สูตรพบว่าไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรที่ 1 (เชอร์เบท) มีค่าร้อยละการขึ้นฟู, ปริมาณกรด, ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) และอัตราการละลาย มีค่าต่ำกว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 (ชอร์เบท) ส่วนค่าความหนืดและความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงกว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 (ชอร์เบท) แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3 และภาพที่ 1

จากผลการทดลองในตารางที่ 3 พบว่าไอศกรีมชอร์เบทมีความหนืดสูงกว่าไอศกรีมเชอร์เบท ซึ่งอาจจะเกิดจากส่วนผสมที่แตกต่างกัน และปริมาณน้ำตาลและสารให้ความคงตัวที่ใช้ไม่เท่ากัน เนื่องจากในสูตรชอร์เบทมีปริมาณสารให้ความหวานปริมาณมากจึงทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดแก่ส่วนผสมเพิ่มขึ้น<sup>(14)</sup> จึงส่งผลทำให้ค่าร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมชอร์เบทสูงกว่าไอศกรีมเชอร์เบท และไอศกรีมสูตรที่ 1 (เชอร์เบท) มีอัตราการละลายที่ต่ำกว่าและการกักเก็บอากาศได้ดีกว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 (ชอร์เบท) แสดงในภาพที่ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจากในส่วนผสมของสูตรไอศกรีมสูตรที่ 1 (เชอร์เบท) มีส่วนของปริมาณน้ำในส่วนผสมน้อยกว่าและมีส่วนของนมสดขาดมันเนย ซึ่งนมจะมีส่วนโปรตีนเคซีน เวโยโปรตีน ซึ่งมีหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวและเป็นอิมัลซิไฟเออร์ในไอศกรีม และการอุ่นน้ำของไอศกรีมทำให้ไอศกรีมมีเนื้อนุ่ม ละเยียด และมีความคงตัวของไอศกรีม มีอัตราการละลายที่ต่ำหรือช้ากว่า<sup>(14)</sup> ส่วนไอศกรีมสูตรที่ 2 (ชอร์เบท) ที่ไม่มีส่วนผสมของโปรตีนนมแต่จะมีส่วนของปริมาณของน้ำตาลมากกว่าในส่วนผสมส่งผลให้ไอศกรีมเนื้อแฉะ และจะละลายเร็ว<sup>(15)</sup> และพบว่าไอศกรีมสูตรที่ 1 (เชอร์เบท) มีค่าความสว่าง (L\*) มากกว่า แต่มีค่าสีเขียว

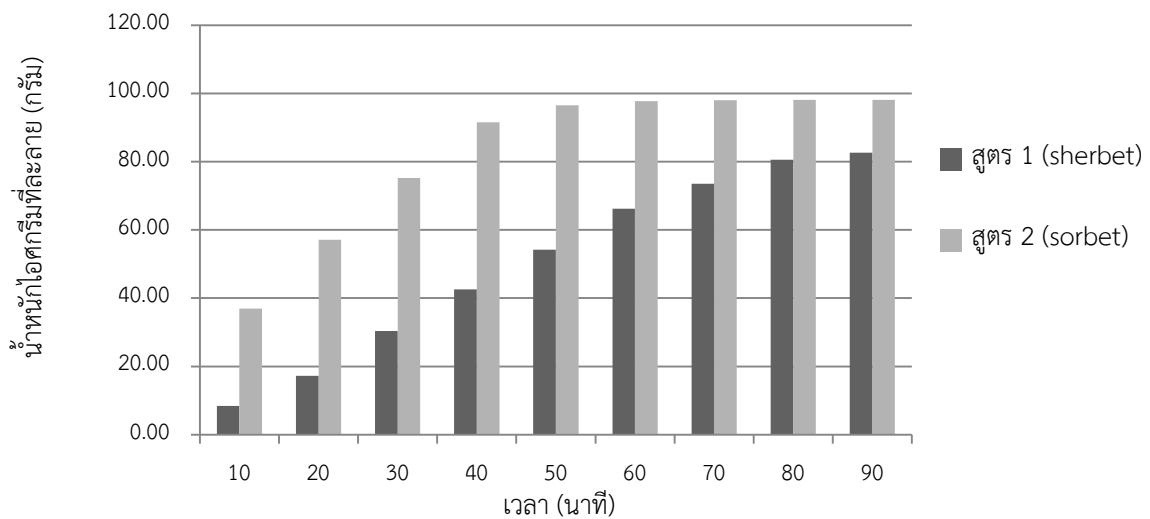
(a\*) และสีเหลือง (b\*) น้อยกว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 (ซอร์เบท) ซึ่งไอศกรีมทั้งสองสูตร ให้สีของผลิตภัณฑ์คล้ายกัน โดยไอศกรีมซอร์เบทจะสีอ่อนกว่าไอศกรีมซอร์เบทเล็กน้อย

ตารางที่ 3 คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม

คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ		สูตรไอศกรีม	
		สูตรที่ 1 : ซอร์เบท	สูตรที่ 2 : ซอร์เบท
ร้อยละการขึ้นฟู		38.83	53.13
ความหนืด (cP)		10.50 ± 3.54	82.00 ± 15.56
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		2.87 ± 0.031	2.16 ± 0.027
ปริมาณกรด (%)		1.13 ± 0.035	1.22 ± 0.007
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix)		17.83 ± 0.58	29.00 ± 0.00
ค่าสี*	L* (ค่าความสว่าง)	77.60 ± 0.50	73.24 ± 0.59
	a* (ค่าสีเขียว)	-0.34 ± 0.10	-1.08 ± 0.10
	b* (ค่าสีเหลือง)	7.98 ± 0.25	8.17 ± 0.04

หมายเหตุ ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

\* ที่กำกับในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 1 อัตราการละลายของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรมาตรฐาน

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดทั้ง 2 สูตร เพื่อหาสูตรเบื้องต้นที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดต่อไป โดยนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Paired preference test โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม จำนวน 35 คน และให้ผู้ทดสอบเลือกว่าชอบไอศกรีมสูตรใดมากที่สุด ผลจากการทดสอบ Paired preference test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากจำนวนผู้ทดสอบ 35 คน ต้องมีผู้ที่เลือกสูตรใดสูตรหนึ่งมากกว่าหรือเท่ากับ 24 คน พบว่ามีคนเลือกไอศกรีมสูตรซอร์เบท จำนวน 11 คน และเลือกสูตรไอศกรีมซอร์เบท จำนวน 24 คน จากตาราง Two-sample analysis จึงสรุปได้ว่าไอศกรีมสูตรซอร์เบทได้รับความชอบมากกว่าไอศกรีมสูตรซอร์เบท และเมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point hedonic scale พบว่า ไอศกรีมซอร์เบท มีคะแนนความชอบในทุกด้านมากกว่าไอศกรีมสูตรซอร์เบท ดังแสดงผลในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมจากน้ำมะกรูด

สูตรไอศกรีม	ลักษณะคุณภาพ					
	สี*	กลิ่น*	รสชาติ*	เนื้อสัมผัส*	การละลายในปาก*	ความชอบโดยรวม*
สูตรที่ 1 (เซอร์เบท)	5.09 ± 1.56	5.77 ± 1.33	6.34 ± 1.59	6.20 ± 1.43	6.51 ± 1.20	6.37 ± 1.93
สูตรที่ 2 (เซอร์เบท)	7.11 ± 0.99	6.63 ± 1.17	7.17 ± 1.20	6.86 ± 1.09	6.94 ± 1.00	7.57 ± 0.85

หมายเหตุ ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

\* ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

จากการทดสอบคุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ และทางประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 (เซอร์เบท) เหมาะสมที่จะใช้เป็นสูตรควบคุม เนื่องจากเป็นสูตรที่มีค่าร้อยละการขึ้นฟูและความหนืดมากกว่าไอศกรีมสูตรที่ 1 (เซอร์เบท) และเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Paired preference test และวิธี 9-Point hedonic scale พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนทั้ง 2 วิธีมากกว่าสูตรที่ 1 (เซอร์เบท) ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 2 (เซอร์เบท) ในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดในขั้นตอนต่อไป

## 2.2 ศึกษาการใช้เพคตินที่สกัดได้ในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า

จากการทดลองการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม พบว่าสูตรที่เหมาะสม คือ สูตรไอศกรีมเซอร์เบท จากนั้นจึงนำสูตรดังกล่าวมาศึกษาผลของชนิดของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะกรูดมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า โดยแปรผันชนิดของเพคตินในการผลิตไอศกรีม จำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินทางการค้า สูตรที่ 2 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น สูตรที่ 3 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 และสูตรที่ 4 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1 : 1) จากการทดสอบคุณภาพด้านเคมี-กายภาพของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดทั้ง 4 สูตร พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 3 ค่าร้อยละการขึ้นฟูสูงที่สุด เนื่องจากไอศกรีมที่ใช้เพคตินชนิด low methoxyl pectin มีขนาดโมเลกุลต่ำ และช่วง pH ของส่วนไอศกรีมที่ต่ำ และมีเกลือโซเดียมคลอไรด์เล็กน้อย จะทำให้ไอศกรีมมีความหนืดสูงขึ้น มีการอุ้มน้ำที่ดี และเกิดเกล็ดน้ำแข็งขนาดเล็ก และส่วนสูตรที่ใช้เป็นเพคตินชนิด high methoxyl pectin จะมีค่าร้อยละการขึ้นฟูและความหนืดต่ำกว่า เนื่องมาจากเพคตินที่ใช้มีขนาดโมเลกุลที่ยาวมากกว่าจะละลายและอุ้มน้ำได้ลดลง จึงทำให้มีความหนืดต่ำกว่า และร้อยละการขึ้นฟูลดลง<sup>(13,16)</sup> และเมื่อตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่าสูตรที่ 3 มีค่าต่ำกว่าสูตรอื่นๆ และสอดคล้องกับปริมาณกรดที่สูตรที่ 3 มีค่าสูงกว่าสูตรอื่นๆ ทั้งนี้อาจเกิดจากเพคตินที่ใช้ในสูตรที่ 3 สกัดด้วยกรดซิตริกร้อยละ 20 ซึ่งอาจจะมีกรดที่ใช้ในการสกัดเพคตินปนมา ส่งผลให้มีค่า pH ลดลงเล็กน้อยหรือมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด พบว่ามีค่าใกล้เคียงอยู่ระหว่าง 27.00-30.00 องศาบริกซ์ แสดงผลในตารางที่ 5 ส่วนค่าสี พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 4 มีค่าความสว่าง (L\*) มากที่สุด รองลงมา คือ สูตรที่ 3, 1 และ 2 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b\*) พบว่าสูตรที่ 2 มีค่าสูงกว่าสูตรอื่นๆ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีสีเข้มแตกต่างจากเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก ซึ่งส่งผลทำให้ไอศกรีมที่ใช้เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น จะให้สีที่เข้มกว่าสูตรอื่นๆ ส่วนค่าอัตราการละลายของไอศกรีม พบว่าสูตรที่ 1 และ 2 จะมีค่าอัตราการละลายที่เร็วกว่าสูตรที่ 3 และ 4 แสดงในภาพที่ 4

เมื่อนำไอศกรีมจากน้ำมะกรูดทั้ง 4 สูตร มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในแต่ละด้าน พบว่าทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ในด้านกลิ่นและรสชาติ ส่วนในด้านสี พบว่าสูตรที่ 2 มีความแตกต่างกับสูตรที่ 1, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้อาจเกิดจากสีของเพคตินที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมที่เข้มมากกว่า จึงส่งผลทำให้คะแนนความชอบในด้านสีน้อยกว่าไอศกรีมสูตรอื่นๆ ส่วนในด้านเนื้อสัมผัสพบว่าไอศกรีมสูตรที่ 1, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่แตกต่างกับไอศกรีมสูตรที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ส่วนด้านการละลายในปาก พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) กับไอศกรีมสูตรที่ 2 ส่วนความชอบโดยรวม พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรที่ 1 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) กับไอศกรีมสูตรที่ 2 และ 4 ดังแสดงผลในตารางที่ 6 ซึ่งจากผลการทดสอบทางด้านเคมีและกายภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีคุณสมบัติคล้ายกับเพคตินทางการค้า และ

แตกต่างจากเพคตินที่สกัดด้วยสารละลายกรดซิตริก แล้วเมื่อนำเพคตินทั้ง 3 ประเภทมาใช้ในการผลิตไอศกรีม จะเห็นได้ว่าไอศกรีมสูตรที่ 3 ที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ทั้งนี้อาจเกิดจากเพคตินที่ใช้เป็น low methoxyl pectin ที่ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสและคุณภาพของไอศกรีม โดยเพคตินจะช่วยควบคุมขนาดผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์<sup>(17)</sup> จึงทำให้มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสและการละลายในปากสูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรที่ใช้เพคตินชนิด high methoxyl pectin เป็นสารให้ความคงตัว พบว่าไอศกรีมมีผลึกน้ำแข็ง และละลายได้เร็ว นอกจากนี้ยังพบว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 ที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นที่เป็นเพคตินชนิด high methoxyl pectin ได้คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัสและการละลายในปากน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการอบแห้งในขั้นตอนการผลิตเพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น และเพคตินที่สกัดได้มีขนาดโมเลกุลที่ยาวมากกว่าจะละลายและอุ้มน้ำได้ลดลง<sup>(13,16)</sup> จึงทำให้มีความหนืดต่ำกว่า จึงส่งผลให้ไอศกรีมที่ผลิตได้มีสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และการละลายในปาก ซึ่งทำให้คะแนนความชอบต่ำกว่าสูตรอื่นๆ

**ตารางที่ 5** คุณภาพด้านเคมี-กายภาพของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดที่ใช้เพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยตัวทำละลายต่างๆ เป็นสารให้ความคงตัว เปรียบเทียบกับการใช้เพคตินทางการค้าเป็นสารให้ความคงตัว

คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ		สูตรไอศกรีม			
		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ร้อยละการขึ้นฟู		52.62	49.72	55.10	53.19
ความหนืด (cP)		83.33 ± 1.15 <sup>c</sup>	23.33 ± 0.58 <sup>d</sup>	115.67 ± 0.58 <sup>b</sup>	146.00 ± 1.00 <sup>a</sup>
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		2.14 ± 0.031 <sup>a</sup>	2.15 ± 0.015 <sup>a</sup>	2.11 ± 0.025 <sup>b</sup>	2.17 ± 0.035 <sup>a</sup>
ปริมาณกรด (%)		1.27 ± 0.016 <sup>b</sup>	1.25 ± 0.012 <sup>b</sup>	1.47 ± 0.014 <sup>a</sup>	1.29 ± 0.016 <sup>b</sup>
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix)		27.25 ± 0.35 <sup>b</sup>	30.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	27.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	28.75 ± 0.35 <sup>b</sup>
ค่าสี	L* (ค่าความสว่าง)	78.19 ± 0.39 <sup>b</sup>	64.63 ± 0.08 <sup>c</sup>	82.35 ± 0.67 <sup>a</sup>	82.60 ± 1.18 <sup>a</sup>
	a* (ค่าสีเขียว)	-1.52 ± 0.08 <sup>b</sup>	-1.43 ± 0.04 <sup>c</sup>	-1.68 ± 0.03 <sup>a</sup>	-1.45 ± 0.01 <sup>c</sup>
	b* (ค่าสีเหลือง)	9.21 ± 0.11 <sup>b</sup>	20.84 ± 0.11 <sup>a</sup>	7.77 ± 0.27 <sup>d</sup>	8.41 ± 0.05 <sup>c</sup>

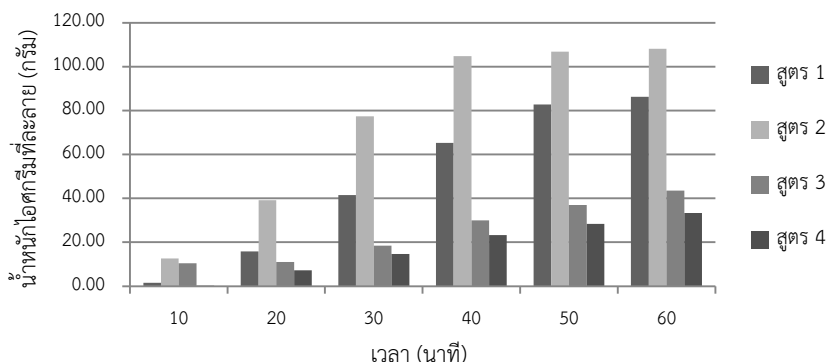
หมายเหตุ สูตรที่ 1: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินทางการค้า

สูตรที่ 2: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น

สูตรที่ 3: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 20

สูตรที่ 4: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้น ร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1 : 1)

ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล



■ สูตรที่ 1: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินทางการค้า

■ สูตรที่ 2: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น

■ สูตรที่ 3: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20

■ สูตรที่ 4: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้น ร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1 : 1)

**ภาพที่ 4** อัตราการละลายของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดที่ใช้เพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยตัวทำละลายต่างๆ เป็นสารให้ความคงตัว เปรียบเทียบกับการใช้เพคตินทางการค้าเป็นสารให้ความคงตัว



**ตารางที่ 6** คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดที่ใช้เพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยตัวทำละลายต่างๆเป็นสารให้ความคงตัว เปรียบเทียบกับการใช้เพคตินทางการค้าเป็นสารให้ความคงตัวโดยวิธี 9-point hedonic scale

ลักษณะคุณภาพ	ระดับคะแนน			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
สี	7.00 ± 1.14 <sup>a</sup>	3.80 ± 1.85 <sup>b</sup>	7.40 ± 1.28 <sup>a</sup>	7.33 ± 1.40 <sup>a</sup>
กลิ่น	6.27 ± 1.20 <sup>a</sup>	6.00 ± 1.39 <sup>a</sup>	6.37 ± 1.54 <sup>a</sup>	6.53 ± 1.14 <sup>a</sup>
รสชาติ	6.87 ± 1.43 <sup>a</sup>	6.60 ± 1.04 <sup>a</sup>	6.70 ± 1.09 <sup>a</sup>	6.43 ± 1.14 <sup>a</sup>
เนื้อสัมผัส	6.77 ± 1.07 <sup>a</sup>	5.73 ± 1.34 <sup>b</sup>	7.10 ± 1.32 <sup>a</sup>	6.40 ± 1.83 <sup>ab</sup>
การละลายในปาก	6.67 ± 1.40 <sup>ab</sup>	6.00 ± 1.58 <sup>b</sup>	6.90 ± 1.42 <sup>a</sup>	6.27 ± 1.74 <sup>ab</sup>
ความชอบโดยรวม	7.37 ± 0.93 <sup>a</sup>	5.90 ± 1.40 <sup>b</sup>	6.97 ± 1.40 <sup>a</sup>	6.13 ± 1.85 <sup>b</sup>

หมายเหตุ สูตรที่ 1: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินทางการค้า

สูตรที่ 2: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น

สูตรที่ 3: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20

สูตรที่ 4: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1 : 1)

ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

<sup>a,b,c</sup> ที่กำกับในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## สรุป

การผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม พบว่าสูตรที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีม คือ สูตรไอศกรีมซอร์เบท จากนั้นจึงนำเพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยน้ำกลั่น ซึ่งจะได้เพคตินชนิด high methoxyl pectin ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 จะเป็นเพคตินชนิด low methoxyl pectin มาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากน้ำมะกรูด จากการศึกษาผลของชนิดของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะกรูดเปรียบเทียบกับการใช้เพคตินทางการค้า โดยไอศกรีมที่ผลิตขึ้น มีจำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินทางการค้า สูตรที่ 2 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น สูตรที่ 3 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 และสูตรที่ 4 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1 : 1) พบว่า เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น เมื่อนำมาผลิตไอศกรีมจะส่งผลให้ไอศกรีมมีสีเข้มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ใช้เพคตินทางการค้าและเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก และการใช้เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกในการผลิตไอศกรีมมีผลทำให้ความเปรี้ยวของไอศกรีมเพิ่มขึ้น ส่วนไอศกรีมที่ใช้เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น พบว่ามีค่าร้อยละการขึ้นฟูและความหนืดต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากเพคตินที่ใช้เป็นชนิด high methoxyl pectin ที่มีขนาดโมเลกุลที่ยาวมากกว่าจะละลายและอุ้มน้ำได้ลดลง ส่วนไอศกรีมที่ใช้เพคตินชนิด low methoxyl pectin ที่มีขนาดโมเลกุลต่ำกว่า จะทำให้ไอศกรีมมีความหนืดสูงขึ้น มีการอุ้มน้ำที่ดี และเกิดเกล็ดน้ำแข็งขนาดเล็ก<sup>(13,16)</sup> และเมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างในด้านกลิ่นและรสชาติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ส่วนในด้านสี พบว่าสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเกิดจากสีของเพคตินที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมที่เข้มมากกว่า จึงส่งผลทำให้คะแนนความชอบในด้านสีน้อยกว่าไอศกรีมสูตรอื่นๆ ส่วนในด้านเนื้อสัมผัสและการละลายในปาก พบว่าสูตรที่ 3 ได้รับความชอบมากที่สุด ทั้งนี้อาจเกิดจากไอศกรีมที่ผลิตได้ละลายช้าและมีลิกน้ำแข็งขนาดเล็ก ในขณะที่สูตรที่ 2 ได้รับความชอบน้อยที่สุด ซึ่งไอศกรีมสูตรนี้จะมีลิกน้ำแข็งขนาดใหญ่และละลายเร็วกว่าสูตรอื่นๆ ดังนั้นเพคตินที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด คือ เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20

## เอกสารอ้างอิง

1. มะกรูด ประโยชน์ของมะกรูด สมุนไพรหลากสรรพคุณคู่ครัวไทย. [อินเทอร์เน็ต]. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 19 มิ.ย. 2558]. เข้าถึงได้จาก: <http://health.kapook.com/view97811.html>.

2. ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์, ภัศราภรณ์ ขาวพุ่ม, จิตติประภา พรหมดี และปิยนุสรณ์ น้อยด้วง. คุณสมบัติและประสิทธิภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริก. ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6 วันที่ 6 มิถุนายน 2561, ณ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (พื้นที่ส่วนขยาย มฉก.2) จังหวัดสมุทรปราการ; 2561. หน้า 241-6.
3. Shaha, R.K. Punichelvana, Y.N.A.P. and Afandi A. Optimized Extraction Condition and Characterization of Pectin from Kaffir Lime (*Citrus hystrix*). Res. J. Agriculture & Forestry Sci. 2013; 1(2): 1-11.
4. ชนาวรรณ สุขเกษม. สารสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* L. var capitata L.) ฤทธิ์ยับยั้ง ต่ำปลิงวังบาล อ้าเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สถาบันวิจัยและพัฒนา; 2556.
5. อองอาจ เต็ดดวง. การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน. [สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2553.
6. ปิยนุสรณ์ น้อยด้วง และสาวิตรี พูลเดช. การใช้ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานในไอศกรีมจากตะลิงปลิงสูตรพลังงานต่ำ. ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 35 วันที่ 15-17 ตุลาคม 2552, โรงแรมเดอะไฮด์ รีสอร์ท จังหวัดชลบุรี; 2552, หน้า 264.
7. A.O.A.C. Official Method of Analysis. (17<sup>th</sup> ed.). The Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 2000.
8. Goff, H.D. and Hartel. R.W. Ice cream and frozen desserts. In: Hui, Y.H. Cornillon, P. Legarretta, I.G. Lim, M.H. Murrell K.D. and Nip W.K., editors. Handbook of frozen foods. New York: Marcel Dekker Inc., 2004. p. 499-570.
9. Geilman, W.G. and Schmidt, D.E. Physical characteristics of frozen desserts made form ultrafiltered milk and various carbohydrates. J. Dairy Sci. 1992; 75(10): 2670-75.
10. วรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิลละ. นมและผลิตภัณฑ์นม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียน สโตร์.; 2531. 187 หน้า.
11. มณีรัตน์ บุญญะมาลี. การพัฒนาไอศกรีมเชอร์เบทโดยใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาล. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2548.
12. เบญจพร มีเกาะ. 51 สูตรไอศกรีมยอดนิยม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยควอลิตี้บุ๊คส์; 2549. 160 หน้า
13. นิธิยา รัตนานพนธ์. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์; 2553. หน้า 181-5 และหน้า 324-33.
14. Marshall, R.T. and Arbuckle. W.S. Ice cream. 5<sup>th</sup> ed. New York: Chapman & Hall; 1996. 349 p.
15. Smith, K.E. and Bradley, R.L. Effects on Freezing Point of Carbohydrates Commonly Used in Frozen Desserts 1983. J. Dairy Sci. 1983; 66: 2464-67.
16. Panda, H. The Complete Book on Gums and Stabilizers for Food Industry. Delhi: Asia Pacific Business Press Inc. 2010. 126-54.
17. Tyagi, V., Sharma, P.K. and Malviya R. Pectins and Their Role in Food and Pharmaceutical Industry: A Review. J. Chronother Drug Deliv. 2015; 6(3): 65-77.