



วิทยานิพนธ์

การผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน
จากผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด

**THE PRODUCTION AND SHELF-LIFE STUDY OF REDUCED
FAT SWEETENED CONDENSED COCONUT MILK FROM
BY-PRODUCTS OF VIRGIN COCONUT OIL PRODUCTION**

นางสาวเสาวคนธ์ ชยาวิวัฒนาวงศ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การอาหาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน จากผลิตภัณฑ์
ผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด

The Production and Shelf-Life Study of Reduced Fat Sweetened Condensed Coconut
Milk from By-Products of Virgin Coconut Oil Production

นางผู้วิจัย นางสาวเสาวคนธ์ ชยวิวัฒนาวงศ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์มาศอุบล ทองงาม, Ph.D.)

กรรมการ

(อาจารย์ปรารณา ปรารณาดิ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์ธนะบุญย์ สัจจานันตกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจฉกหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิข้นหวานพร่องไขมัน จากผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้
ของการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด

The Production and Shelf-Life Study of Reduced Fat Sweetened Condensed Coconut Milk from
By-Products of Virgin Coconut Oil Production

โดย

นางสาวเสาวคนธ์ ชยาวิวัฒนาวงศ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการอาหาร)
พ.ศ. 2550

เสาวคนธ์ ขย่าวิวัฒนาวงศ์ 2550: การผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน จากผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, Ph.D. 99 หน้า

การผลิตน้ำมันมะพร้าวสด (virgin coconut oil) จากน้ำกะทิ มีส่วนเหลือที่เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายในน้ำ (โปรตีน 1) โปรตีนที่ละลายในน้ำ (โปรตีน 2) ซึ่งได้จากการตกตะกอนโปรตีนในทางกะทิ 1 ด้วยความร้อน และของเหลวที่เหลือจากการแยกโปรตีน 2 ออกแล้ว (ทางกะทิ 2) ซึ่งมีปริมาณโปรตีนเป็น 36.95, 9.21 และ 0.64% ตามลำดับ อัตราส่วนโปรตีน 1 : โปรตีน 2 : ทางกะทิ 2 เป็น 1 : 3.25 : 49.62 ในงานวิจัยนี้ทดลองหาสูตรที่เหมาะสมของการผลิตน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน และเตรียมน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันจากผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด เมื่อผสมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ทั้ง 3 ชนิด และน้ำกะทิเข้มข้น (น้ำมัน 17%) ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน พบว่าปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้น ทำให้ความข้นหนืดและความสว่างเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณน้ำกะทิเข้มข้นที่สูงขึ้น ทำให้ความข้นหนืดเพิ่มขึ้นแต่ไม่เพิ่มความสว่าง สูตรที่มีโปรตีน 1 3.25% โปรตีน 2 10.25% ทางกะทิ 2 71.60% น้ำตาล 15% และน้ำกะทิเข้มข้น 0% ได้คะแนนความชอบโดยรวมเข้าใกล้คะแนนชอบปานกลาง โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากสูตรอื่น ๆ และใช้เตรียมเป็นน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารลดค่าวอเตอร์แอคทีวี้พบว่ากลีเซอรอลสามารถลดค่าวอเตอร์แอคทีวี้ของน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันได้ดีกว่าซอร์บิทอลและกลูโคส น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันที่เติมกลีเซอรอล 7% ร่วมกับการระเหยน้ำ มีค่าวอเตอร์แอคทีวี้ลดลงจาก 0.887 เหลือ 0.826 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับนมชั้นหวานทางการค้า คือ 0.82 และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากผลิตภัณฑ์สูตรที่ไม่เติมกลีเซอรอล เมื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันโดยใช้สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 และ 50°C และใช้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวมที่มีค่าเท่ากับ 6 เป็นเกณฑ์กำหนดการหมดอายุของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน พบว่าอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30°C) ของน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันที่ได้จากการทำนาย คือ 345 วัน

Saowakon Chayawiwattanawong 2007: The Production and Shelf-Life Study of Reduced Fat Sweetened Condensed Coconut Milk from By-Products of Virgin Coconut Oil Production. Master of Science (Food Science), Major Field: Food Science, Department of Food Science and Technology. Thesis Advisor: Associate Professor Sukoncheun Sringam, Ph.D. 99 pages.

The production of virgin coconut oil (VCO) have protein by-products; protein 1 (insoluble protein), protein 2 (soluble protein) and skim milk 2 (supernatant from protein 2 precipitation) which contain 36.95, 9.21 and 0.64% protein, respectively. The mass proportion ratio of protein 1, protein 2 and skim milk 2 is 1: 3.25: 49.62. In this research, suitable formula of ready to eat reduced fat coconut milk and preparation of reduced fat sweetened condensed coconut milk from by-products of virgin coconut oil production were investigated. Mixing all by-products and concentrated coconut milk (17% fat) at different ratios resulted in increased viscosity and lightness with increasing protein content, and increased viscosity but not lightness with increasing concentrated coconut milk content. The overall preference liking score of formula consisting of 3.15% protein 1, 10.25% protein 2, 71.60% skim milk 2, 15% sugar and 0% concentrated coconut milk was closed to moderately like, without significant difference from other formulas. The formula was then used for preparation of reduced fat sweetened condensed coconut milk. From the experiment, it was found that glycerol was the most capable in reducing the a_w of reduced fat sweetened condensed coconut milk followed by sorbitol and glucose. Adding 7% of glycerol and water evaporation reduced a_w from 0.887 to 0.826 closed to a_w of 0.82 of commercial sweetened condensed milk. The overall liking score was slightly like which was not different from the one with no glycerol added. Shelf lives at accelerated temperature of 40 and 50°C were studied using the overall liking score at 6 as an expiration criteria. It was predicted that shelf-life of reduced fat sweetened condensed coconut milk at room temperature (30°C) was 345 days.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สุคนธ์ชื่น ศรีงาม ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านคำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนการตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์มาศอุบล ทองงาม กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก อาจารย์ปรารธนา ปรารธนาดี กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สินีนาถ จริยโชติเลิศ อาจารย์ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทุก ๆ ด้าน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องสมุด และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณามอบทุนอุดหนุนและส่งเสริมวิทยานิพนธ์ เพื่อสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณพ่อและแม่ ที่ให้การสนับสนุนการศึกษา คอยให้คำปรึกษา ให้ความรัก และเป็นกำลังใจให้เสมอมา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้องสาขาวิทยาศาสตร์ การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือต่าง ๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจให้เสมอมา จนทำให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลงอย่างสมบูรณ์

เสาวคนธ์ ชยาวิวัฒนาวงศ์

กันยายน 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	28
ผลและวิจารณ์	34
สรุป	70
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	73
ภาคผนวก	81
ภาคผนวก ก	82
ภาคผนวก ข	89
ภาคผนวก ค	91
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	99

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ชนิดและปริมาณของโปรตีนในมะพร้าวที่ผ่านการแยกเอาน้ำมันออก	5
2 ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารที่ระดับวอเตอร์แอกทีวิตีต่าง ๆ	20
3 ค่าวอเตอร์แอกทีวิตีของสารละลายอิมตัวของสารลดค่าวอเตอร์แอกทีวิตีชนิดต่าง ๆ	21
4 ประสิทธิภาพการลดค่าวอเตอร์แอกทีวิตีของสารลดค่าวอเตอร์แอกทีวิตีชนิดต่าง ๆ	21
5 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันมะพร้าวสดจากน้ำกะทิสด	34
6 อัตราส่วนการผสมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ และสัดส่วนการผสมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้กับหัวกะทิ ให้ได้ส่วนผสมที่มีลักษณะปรากฏแตกต่างกัน	39
7 ส่วนผสมและองค์ประกอบของน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคร 5 สูตร	40
8 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคร 5 สูตร	41
9 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน	44
10 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์น้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน	46
11 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคร ที่ได้จากการคืนรูปน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน	47
12 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน จากผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด	48
13 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนเชื้อราและยีสต์ ของน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30°C ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ	58
14 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนเชื้อราและยีสต์ ของน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 40°C ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ	59
15 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนเชื้อราและยีสต์ ของน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 50°C ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ	60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ค1 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความหวานของ ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน 5 สูตร (ผลการทดลองในตารางที่ 8)	92
ค2 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความมันของ ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน 5 สูตร (ผลการทดลองในตารางที่ 8)	92
ค3 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นของ ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน 5 สูตร (ผลการทดลองในตารางที่ 8)	93
ค4 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความข้นหนืดของ ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน 5 สูตร (ผลการทดลองในตารางที่ 8)	93
ค5 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบโดยรวมของ ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน 5 สูตร (ผลการทดลองในตารางที่ 8)	94
ค6 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความหวานของ ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 10)	94
ค7 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นรสของ ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 10)	95
ค8 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อเนื้อสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 10)	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ค9 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความขื่นหนืดของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขุ่นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 10)	96
ค10 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขุ่นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 10)	96
ค11 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความหวานของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำที่ได้จากการคืนรูปน้ำกะทิขุ่นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 11)	97
ค12 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำที่ได้จากการคืนรูปน้ำกะทิขุ่นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 11)	97
ค13 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำที่ได้จากการคืนรูปน้ำกะทิขุ่นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 11)	98
ค14 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำที่ได้จากการคืนรูปน้ำกะทิขุ่นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 11)	98

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยความขุ่นหนืด และความสว่างของส่วนผสมโปรตีน 6 อัตราส่วน ที่เติมน้ำกะทิเข้มข้นในปริมาณต่าง ๆ กัน	37
2	อิทธิพลของชนิดสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่อการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ของผลิตภัณฑ์	42
3	ลักษณะปรากฏของน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน ก่อนการเก็บรักษา	49
4	ค่าสี L^* (A), a^* (B), b^* (C) ของน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	52
5	ลักษณะสีของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 สัปดาห์	53
6	ลักษณะเจลของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน ที่เก็บรักษาไว้ที่ อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส	54
7	ค่าความขุ่นหนืดของน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ในเวลาต่าง ๆ	55
8	ค่า pH ของน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ในเวลาต่าง ๆ	56
9	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ ต่าง ๆ	61
10	คะแนนความชอบต่อสีของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน เมื่อเก็บ รักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ	62
11	คะแนนความชอบต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน เมื่อเก็บ รักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ	63
12	คะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บ ต่าง ๆ	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันโดยรวม เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา การเก็บต่าง ๆ	65
14	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง (a^*) กับคะแนนความชอบโดยรวมของ ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน	67
15	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเหลือง (b^*) กับคะแนนความชอบโดยรวมของ ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน	68

การผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน จากผลิตภัณฑ์ ผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด

The Production and Shelf-Life Study of Reduced Fat Sweetened Condensed Coconut Milk from By-Products of Virgin Coconut Oil

คำนำ

มะพร้าวจัดเป็นแหล่งของน้ำมันและโปรตีน ซึ่งปัจจุบันมีการผลิตน้ำมันมะพร้าวที่สามารถใช้บริโภคได้โดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธี โดยใช้วิธีการสกัดน้ำมันและโปรตีนจากเนื้อมะพร้าวสดด้วยน้ำได้เป็นน้ำกะทิ แล้วแยกน้ำมันและโปรตีนในน้ำกะทิออกจากกัน เรียกกระบวนการนี้ว่า aqueous process ทำให้ได้น้ำมันมะพร้าวสดที่บริสุทธิ์ (virgin coconut oil) ในการผลิตน้ำมันมะพร้าวสดโดยการหมุนเหวี่ยงน้ำกะทิสามารถแยกส่วนต่าง ๆ ได้เป็น 3 ส่วน คือ ครีมหรือหัวกะทิ (coconut cream) โปรตีนที่ไม่ละลายในน้ำ (insoluble protein) และหางกะทิ (coconut skim milk) ครีมจะนำไปใช้ในการสกัดน้ำมันมะพร้าวสด เนื่องจากเป็นส่วนที่มีน้ำมันมากที่สุด และส่วนที่เหลือจัดเป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นส่วนที่มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบหลักและยังไม่มีหรือนำมาใช้ประโยชน์ (สุคนธ์ชื่น, 2542) ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้นี้สามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลายอย่าง เช่น เครื่องดื่มโปรตีน ผลิตภัณฑ์ชั้นหวาน เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ชั้นหวานจากโปรตีนมะพร้าวเป็นผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมชั้นหวาน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเติมน้ำตาลในนมสด แล้วทำให้เข้มข้นภายใต้สุญญากาศ ส่วนประกอบของนมชั้นหวานคือ ไขมัน 8% น้ำตาล 45% ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน 20% และน้ำ 28% การที่มีน้ำตาลในปริมาณสูงทำให้มีความดันออสโมติก (osmotic pressure) สูงเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ได้ (เสาวลักษณ์, 2539)

การผลิตนมชั้นหวานจะไม่มาเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูง เพราะจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป การถนอมรักษาผลิตภัณฑ์ให้มีอายุการเก็บได้ยาวนานนั้น จึงต้องใช้วิธีการควบคุมค่าวอเตอร์แอคทิวิตีให้ต่ำกว่า 0.85 (Frazier and Westhoff, 1988) และเนื่องจาก

ผลิตภัณฑ์ขึ้นหวานจากโปรตีนมะพร้าวมีส่วนประกอบหลักคือ โปรตีน น้ำตาล และน้ำ ซึ่งมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีสูงกว่า 0.85 จึงจำเป็นต้องใช้สารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (humectant) ปรับระดับวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำลง ซึ่งการเลือกใช้สารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีในอาหารควรคำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ได้แก่ ความเป็นพิษ คุณสมบัติทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี ตลอดจนการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ (Labuza and Hyman, 1998)

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ จากการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด
2. ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนการผสมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ต่อคุณภาพทางกายภาพของส่วนผสมโปรตีน
3. ศึกษาสูตรน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำตาลที่เหมาะสม
4. ศึกษาอิทธิพลของชนิดสารลดค่าอิมัลชันแอมูลิฟายด์ต่อการลดค่าอิมัลชันแอมูลิฟายด์ของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน
5. ศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารลดค่าอิมัลชันแอมูลิฟายด์ต่อความชอบของผู้บริโภค
6. ศึกษาอายุการเก็บของน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน โดยวิธีการเร่ง

การตรวจเอกสาร

น้ำกะทิเป็นของเหลวที่ได้จากการบีบคั้นเนื้อมะพร้าวชูด อาจเติมน้ำหรือไม่เติมน้ำก็ได้ และมีลักษณะเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Simuang *et al.*, 2004) ซึ่งนิยมใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในการปรุงอาหารทั้งอาหารคาวและอาหารหวานของคนไทยและคนในแถบเอเชียอีกหลายประเทศ น้ำกะทิสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง น้ำกะทิเข้มข้น กะทิผง เนยกะทิ และน้ำมันมะพร้าวสด

คุณลักษณะของน้ำกะทิ

น้ำกะทิจัดเป็นอาหารที่มีลักษณะเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil – in – water emulsion) ซึ่งหมายถึงของผสมของน้ำมันที่กระจายตัวอยู่ในสารละลายน้ำ และถูกล้อมรอบหรือห่อหุ้มด้วยโปรตีน ลักษณะดังกล่าวเกิดจากระบบมีแรงตึงผิว (interfacial tension) ระหว่างโมเลกุลของน้ำและไขมันที่ต่ำลงเพราะมีโปรตีนเป็นตัวลดแรงตึงผิว (กรพกา, 2539) โดยธรรมชาติ น้ำกะทิจะมีอิมัลซิไฟเออร์อยู่แล้ว ซึ่ง Birosel *et al.* (1963) รายงานว่าในน้ำกะทิมียออสฟอลิปิด (phospholipid) ได้แก่ เลซิธิน (lecithin) และเซฟาลิน (cephalin) ซึ่งเป็นอิมัลซิไฟเออร์ทำหน้าที่ร่วมกับโปรตีน ทำให้อิมัลชันน้ำกะทิมีความคงตัวเพิ่มขึ้น

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกะทิ

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกะทิมีความผันแปรเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ หลายอย่าง เช่น สายพันธุ์ สภาพทางภูมิศาสตร์ในการเพาะปลูก สภาพการดูแลรักษา ความแก่อ่อนของมะพร้าว วิธีการที่ใช้ในการสกัดน้ำกะทิ และระดับความเจือจางเนื่องจากการเติมน้ำหรือน้ำมันมะพร้าว (Cancel, 1979) Banzon *et al.* (1990) รายงานว่า องค์ประกอบของน้ำกะทิขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใช้ในการสกัด เมื่อสกัดน้ำกะทิโดยไม่เติมน้ำจะทำให้ได้น้ำกะทิที่มีปริมาณไขมันสูง องค์ประกอบของน้ำกะทิที่ได้จากการบีบเนื้อมะพร้าวโดยไม่เติมน้ำ จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบหลักที่สำคัญของน้ำกะทิ คือ น้ำมัน และโปรตีน ซึ่งมีปริมาณน้ำมันมากกว่าโปรตีนโดยประมาณถึง 10 เท่า

แสงเงิน (2534) พบว่าน้ำกะทิเมื่อสกัดโดยใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวต่อน้ำ 4:1 ที่ทำการคั้นเพียงครั้งเดียวจะมีปริมาณไขมัน 22.3% ปริมาณโปรตีน 2.20% และความชื้น 69.20%

มะพร้าวที่ผ่านการแยกเอาน้ำมันออก (defatted coconut) มีปริมาณโปรตีน 17.2% (โดยน้ำหนักแห้ง) ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน 5 ชนิด คือ อัลบูมิน โกลบูลิน โปรลามีน กลูเตลิน-1 และ กลูเตลิน-2 อัลบูมินและโกลบูลินเป็นโปรตีนที่เด่น เนื่องจากมีปริมาณค่อนข้างสูง คือ 21.0% และ 40.1% ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนชนิดต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 1 (Kwon *et al.*, 1996) Kwon *et al.* (1996) ศึกษาองค์ประกอบของกรดอะมิโนในโปรตีนจากมะพร้าวที่ผ่านการแยกเอาน้ำมันออก พบว่ามีกรดกลูตามิก อาร์จินีน และกรดแอสปาร์ติก อยู่ในปริมาณมาก แต่มีฮิสทีดีน และเมไทโอนีน น้อย Hagenmaier *et al.* (1974) ทำการศึกษากรดอะมิโนในทางกะทิผงที่ผ่านการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (spray-dried coconut skim milk) พบว่ามีกรดกลูตามิก อาร์จินีน และกรดแอสปาร์ติก อยู่ในปริมาณมาก แต่มีไอโซลูซีน และเมไทโอนีน ปริมาณน้อย

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณของโปรตีนในมะพร้าวที่ผ่านการแยกเอาน้ำมันออก

ชนิด	ปริมาณโปรตีน (%)
อัลบูมิน	21.0
โกลบูลิน	40.0
โปรลามีน	3.3
กลูเตลิน-1	14.4
กลูเตลิน-2	4.8

ที่มา: Kwon *et al.* (1996)

Hagenmaier *et al.* (1973) รายงานว่าโปรตีนที่ละลายอยู่ในส่วนน้ำ (aqueous phase) มีเพียง 30% เท่านั้น ที่เหลือเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) โดยดูดซับอยู่บริเวณพื้นผิวระหว่างน้ำมันและน้ำ เป็นการช่วยลดแรงตึงผิว (interfacial tension) ทำให้อนุภาคน้ำมันขนาดเล็กกระจายตัวอยู่เป็นเฟสกระจาย (disperse phase) ได้ โปรตีนที่พบมากในน้ำกะทิสั้นส่วนใหญ่ คือ อัลบูมิน และโกลบูลิน ซึ่งมีปริมาณมากถึง 80% ในเอนโดสเปิร์มของมะพร้าว (Samson *et al.*, 1971; Balachandran and Arumugan, 1992)

Buccat *et al.* (1973) ได้ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ (10-80°C) ต่อคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิ พบว่าความหนาแน่นและ pH ของน้ำกะทิจะแปรผกผันกับอุณหภูมิ ส่วนค่าแรงตึงผิว (surface tension) และความหนืดจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิจนถึง 60°C หลังจากนั้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าแรงตึงผิวและความหนืดจะลดลง แต่อย่างไรก็ตามโปรตีนของน้ำกะทิจะรวมตัวกันทั้งหมดเมื่ออุณหภูมิถึง 80°C (Hagenmaier *et al.*, 1980) โปรตีนของน้ำกะทิทั้งหมด เช่น อัลบูมิน โกลบูลิน โปรลามีน และกลูเตลิน จะรวมตัวกันโดยความร้อนอย่างง่ายดายและตกตะกอนที่ pH 4 (Nuevo *et al.*, 1968; Strength and Melo, 1969; Samson *et al.*, 1971)

โดยธรรมชาติเมื่อดังน้ำกะทิทิ้งไว้จะเกิดการแยกตัวเป็นชั้นห้วกะทิด้านบน (coconut cream) และชั้นหางกะทิด้านล่าง (coconut skim milk) (Escueta *et al.*, 1985) ถึงแม้ว่าจะมีอิมีลซิไฟเออร์อยู่ก็ไม่สามารถคงตัวอยู่ได้ตลอด เนื่องจากอนุภาคไขมันเคลื่อนที่อย่างอิสระลอยตัวสูงขึ้นและมีแรงดึงดูดระหว่างกันทำให้เกาะกลุ่มกันใหญ่ขึ้น (flocculation)

น้ำกะทิมีส่วนประกอบหลักคือน้ำมันมะพร้าว ซึ่งประกอบด้วย triacylglycerol 84-93.1%, 1,2-diacylglycerol 1.5-5.1%, 1,3-diacylglycerol 1.2-2.1%, monoglyceride 1-7%, free fatty acid 1-1.26%, phospholipids 0.03-0.4%, glycolipid 0.2-0.35% และ sterol 0.1% (Gopalakrishnan *et al.*, 1987) โดยที่ triacylglycerol ประกอบด้วย trisaturated 84%, disaturated - monounsaturated 14% และ monosaturated-diunsaturated 4% (Young, 1983) องค์ประกอบของ phospholipids เป็น phosphatidyl choline 34.6%, phosphatidyl ethanolamine 24.6% phosphatidyl inositol 19% และองค์ประกอบของ glycolipid ส่วนใหญ่เป็น monogalactosyl diglyceride 40% (Krishnamurthy and Chandrasekhara, 1983)

คาร์โบไฮเดรตที่พบในน้ำกะทิสส่วนใหญ่ คือ น้ำตาลซูโครส และมีสตาร์ชอยู่บ้าง ส่วนเกลือแร่ที่พบได้แก่ ฟอสฟอรัส แคลเซียม และโพแทสเซียม นอกจากนี้ น้ำกะทิที่สกัดได้ใหม่ๆ พบว่ามีวิตามินบีและกรดแอสคอร์บิกอยู่ด้วยเล็กน้อย (Seow and Gwee, 1997)

การแยกน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิ

การแยกน้ำมันมะพร้าวออกจากน้ำกะทิเป็นการทำให้อิมัลชันแตกตัวอย่างสมบูรณ์ น้ำมันมะพร้าวที่แยกออกมาได้สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้อีก เช่น อุตสาหกรรมยา ใช้เคลือบลูกอมเพื่อให้เกิดความมันวาว เป็นต้น การแยกน้ำมันมะพร้าวออกจากน้ำกะทิสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การให้ความร้อน การแช่แข็งและการทำละลาย การใช้เอนไซม์ การใช้กรด และการเหวี่ยงแยก เป็นต้น การแยกน้ำมันมะพร้าววิธีดั้งเดิมจะให้ความร้อนแก่น้ำกะทิจนกระทั่งน้ำมันแยกลอยตัวออกมา ส่วนโปรตีนจะตกตะกอน แต่เนื่องจากวิธีนี้จะทำให้น้ำมันมะพร้าวมีสีเข้มขึ้น และโปรตีนเสียสภาพไป (ไพศาล และ ไพบุลย์, 2528) จึงได้มีการพัฒนาการแยกน้ำมันโดยใช้เทคนิคการหมุนเหวี่ยงมาแยกน้ำมันและโปรตีน หรือใช้ร่วมกับการลดอุณหภูมิ การใช้เอนไซม์ และการใช้กรด

Gunetileke and Laurentius (1974) ทดลองหาสภาวะการแยกน้ำมันและโปรตีนจากน้ำกะทิ โดยบรรจุน้ำกะทิในหลอดทดลองขนาด 50 มล. นำไปเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกที่ 2,000 x g เป็นเวลา 0, 2 และ 5 นาที แล้วนำไปแช่เย็นที่ 10°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นปรับอุณหภูมิกลับมาที่อุณหภูมิ 25°C พบว่าถ้าไม่มีการเหวี่ยงแยกน้ำกะทีก่อนแช่เย็น จะไม่สามารถแยกน้ำมันออกได้ ถ้าใช้เวลาในการเหวี่ยงแยก 2 นาที สามารถแยกน้ำมันออกได้เพียงครั้งเดียว และถ้าใช้เวลาในการเหวี่ยงแยก 5 นาที จะสามารถแยกน้ำมันออกได้อย่างสมบูรณ์ การแยกของน้ำมันเกิดได้เนื่องจากภายหลังการเหวี่ยงแยกเม็ดไขมันจะเรียงตัวอัดกันแน่นในชั้นครีม และหากใช้เวลากการเหวี่ยงแยกนานขึ้น เม็ดไขมันจะยิ่งเรียงตัวอัดแน่นขึ้นและมีโอกาสสัมผัสกันมากขึ้น เมื่อนำไปแช่เย็นและทำการละลายไขมันที่หลอมละลายสามารถรวมตัวกันเป็นชั้นน้ำมันแยกตัวออกมา

กรพกา (2539) ทดลองแยกน้ำมันมะพร้าวจากหัวกะทิ โดยนำหัวกะทิที่มีปริมาณไขมันที่แตกต่างกัน 9 ระดับ คือ 41.31, 41.56, 49.01, 50.63, 52.03, 57.88, 72.53, 75.00 และ 78.89% ใส่หลอดหมุนเหวี่ยงขนาด 10 มล. แล้วนำมาเก็บที่อุณหภูมิ -9, 0, 5 และ 14°C นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาหลอมละลายที่อุณหภูมิห้อง (30°C) แล้วนำไปเหวี่ยงแยกที่ความเร็วรอบ 2,000 rpm นาน 5 นาที พบว่าหัวกะทิที่มีปริมาณไขมัน 50.63% เกิดการแยกตัวกันของน้ำมันดีที่สุด โดยเปอร์เซ็นต์การได้คืนสูงสุด คือ 96.04, 95.81, 96.67 และ 94.36% ตามลำดับอุณหภูมิที่นำมาเก็บ ส่วนหัวกะทิที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่า 50% อุณหภูมิที่ใช้ในการแยกน้ำมันมะพร้าวจากหัวกะทิมิผลต่อเปอร์เซ็นต์การได้คืนของน้ำมันมะพร้าวเพียงเล็กน้อย เนื่องจากหัวกะทิมีปริมาณไขมัน

น้อยกว่า 50% เม็ดไขมันในอิมัลชันยังมีระยะห่างกัน จึงเกิดการสร้างพันธะไขมันได้ไม่มากนัก เมื่อลดอุณหภูมิลงน้ำมันมะพร้าวจะเกิดผลึกได้ไม่ดี ซึ่งผลึกจะทำให้อิมัลชันเสถียรภาพ โดยการทำลายโครงสร้างของโปรตีนที่ล้อมรอบและสร้างไขมันกับผลึกน้ำมันมะพร้าวที่อยู่ใกล้กัน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิผลึกของน้ำมันมะพร้าวจะหลอมละลายและรวมตัวกันกับเม็ดไขมันอื่น ๆ เกิดเป็นชั้นน้ำมันแยกออกมาจากหัวกะทิ และหัวกะทิที่มีปริมาณไขมันมากกว่า 50% อุณหภูมิที่ใช้ในการแยกน้ำมันมะพร้าวจากหัวกะทิไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การได้คืนของน้ำมันมะพร้าว เนื่องจากที่ระดับไขมันในหัวกะทิที่สูงกว่า 50% เม็ดไขมันจะถูกห่อหุ้มด้วยโปรตีน แม้จะอยู่ใกล้กันแต่โปรตีนที่ถูกอิมัลซิไฟด์อยู่ล้อมรอบเม็ดไขมันที่มีมากขึ้นตามจำนวนไขมันที่เพิ่มขึ้น อาจไปกีดขวางการสร้างพันธะระหว่างเม็ดไขมันได้ นอกจากนี้ไขมันบางส่วนยังถูกโปรตีนตรึงไว้อยู่ จึงทำให้ไขมันที่แยกออกมาจากอิมัลชันมีปริมาณน้อย

สุคนธ์ชื่น (2542) ได้ทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำมันมะพร้าวออกจากน้ำกะทิ โดยเริ่มจากการแยกหัวกะทิ การทำให้ไขมันในหัวกะทิรวมตัวกันด้วยความเย็นก่อนการทำลายอิมัลชัน พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการรวมตัวกันของไขมันในหัวกะทิ คือ เท่ากับหรือต่ำกว่า 15°C และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำลายอิมัลชันหลังการกวนปั่น คือ 80°C ซึ่งทำให้ได้ผลผลิตน้ำมันร้อยละ 97.57 และน้ำมันมะพร้าวที่ได้มีลักษณะใส ไม่มีสี มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวของน้ำมันมะพร้าว

McGlone *et al.* (1986) ทดลองสกัดน้ำมันมะพร้าวโดยวิธี Enzymatic Process โดยใช้อัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวบดต่อน้ำ 1:4 จากนั้นผสมเอนไซม์ α -amylase, polygalacturonase (PG) และ protease ลงไปแล้วทิ้งไว้ 30 นาที ที่ 40°C ก่อนนำไปเหวี่ยงแยกที่ 12,300 x g แยกเป็น 3 ชั้นคือ ชั้นบนเป็นน้ำมันมะพร้าว ชั้นกลางเป็นน้ำ ชั้นล่างเป็นเศษมะพร้าวที่หลงเหลืออยู่ในน้ำกะทิ วิธีนี้สามารถแยกน้ำมันออกมาได้สูงถึง 80% เนื่องจากเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดนี้สามารถย่อยสารประกอบโมเลกุลใหญ่ได้ คือ สตาร์ช เพกทิน และ โปรตีน เมื่อนำไปเหวี่ยงแยกจึงสามารถแยกน้ำมันออกมาได้ Che Man *et al.* (1996) ทดลองใช้เอนไซม์ชนิดต่างๆดังนี้ α -amylase, protease, cellulase และ polygalacturonase เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้เอนไซม์สกัดน้ำมันมะพร้าว โดยใช้เนื้อมะพร้าว 150 กรัมผสมน้ำ 150 มล. นวดผสมนาน 5 นาที แล้วคั้นน้ำกะทิออกมา นำน้ำกะทิที่ได้ไปให้ความร้อนที่ 90°C นาน 3 นาที และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น หลังจากนั้นเติมน้ำ 600 มล. แล้วเขย่าให้เข้ากัน และเติมเอนไซม์ 0.1 % (w/w) ควบคุมอุณหภูมิที่ 25°C พีเอช 6.5 นาน 1 ชั่วโมง พบว่าการใช้เอนไซม์ที่ผสมกันหลายชนิด คือ ผสมระหว่างเอนไซม์ α -amylase, protease, cellulase

และ polygalacturonase จะให้ปริมาณน้ำมันมะพร้าวออกมามากที่สุด คือร้อยละ 41.67 ของปริมาณน้ำมันที่มีอยู่ในน้ำกะทิ

การตกตะกอนโปรตีน

โปรตีนสามารถละลายอยู่ในน้ำได้มีเหตุผลหลักสองประการ คือ โมเลกุลของโปรตีนมีส่วนที่ชอบน้ำ สามารถเกิดแรงดึงดูดกับน้ำได้เรียกส่วนนี้ว่า hydrophilic patches ทำให้เกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าเอาโมเลกุลของน้ำมาล้อมรอบโมเลกุลของโปรตีนได้ อีกสาเหตุหนึ่งคือบนโมเลกุลของโปรตีนมีแรงผลักไฟฟ้าสถิต (electrostatic repulsion) สูงกว่าแรงดึงดูด ทำให้โมเลกุลของโปรตีนห่างกัน จึงไม่สามารถรวมตัวเข้ามาอยู่ใกล้กันแล้วตกตะกอนลงมาได้ ดังนั้นปัจจัยใดก็ตามที่สามารถเพิ่มปฏิกริยาระหว่างโมเลกุลของโปรตีนด้วยตัวเอง (protein-protein interaction) หรือการลดปฏิกริยาระหว่างโมเลกุลของโปรตีนและน้ำ (protein-water interaction) ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของโปรตีนลดลง เป็นผลให้โปรตีนเกิดการตกตะกอน ซึ่งทำได้หลายวิธี (บุญยืน, 2522) เช่น

1. โดยตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กตริก (isoelectric precipitation) เนื่องจากโปรตีนมีประจุสุทธิเป็นศูนย์ที่จุดไอโซอิเล็กตริก ทำให้ไม่มีแรงดึงดูดกับน้ำ โปรตีนจึงละลายน้ำได้น้อยที่สุด ดังนั้นเมื่อต้องการทำให้โปรตีนชนิดใดตกตะกอน จึงต้องทำให้สารละลายของโปรตีนให้มี pH เท่ากับจุดไอโซอิเล็กตริกของโปรตีนชนิดนั้น

2. โดยวิธีเติมเกลือลงไปมาก ๆ ให้ตกตะกอน (salting out) เมื่อเติมเกลือจำนวนมากลงในสารละลายของโปรตีนในน้ำ ทำให้โปรตีนตกตะกอน ทั้งนี้แล้วแต่ชนิดของโปรตีน ตัวอย่างเช่น ในไข่ขาวมีอัลบูมินกับโกลบูลินปนกันอยู่ เมื่อเติมแอมโมเนียมซัลเฟตลงไปให้กลายเป็นสารละลายกึ่งอิ่มตัว (half saturated solution) โกลบูลินจะตกตะกอนออกมา เมื่อเติมแอมโมเนียมซัลเฟตลงไปอีกจนเป็นสารละลายอิ่มตัว (saturated solution) อัลบูมินจะตกตะกอนออกมา

กำลังของไอออน (ionic strength) มีส่วนช่วยให้โปรตีนตกตะกอนดีขึ้น ถ้ายังมีกำลังของไอออนสูงยิ่งทำให้โปรตีนตกตะกอนได้มาก

การที่เติมเกลือแล้วโปรตีนตกตะกอนออกมา เพราะเกลือไปแย่งน้ำซึ่งละลายโปรตีนอยู่มาละลายตัวเอง เมื่อเติมเกลือลงไปมาก เกลือแย่งน้ำมาละลายตัวเองมากขึ้น โปรตีนจะตกตะกอนเพิ่มขึ้น โดยปกติไอออนของเกลือมีน้ำ (water of hydration) อยู่ล้อมรอบ ไอออนของเกลือจึงจำเป็นต้องแย่งน้ำที่ล้อมรอบโมเลกุลของโปรตีนมาล้อมรอบตัวเอง และทำให้โปรตีนตกตะกอนออกมา

3. โดยการเติมเกลือของโลหะหนัก ตอนแรกเติมต่างจำนวนเล็กน้อยลงในสารละลายของโปรตีนก่อน เพื่อให้โปรตีนมีประจุลบ แล้วจึงเติมสารละลายของเกลือโลหะหนักลงไป ไอออนของโลหะหนักจะไปรวมตัวกับโปรตีนซึ่งมีประจุลบ เกิดเป็นเกลือซึ่งไม่ละลายน้ำจึงทำให้ตกตะกอนออกมา

การเติมโลหะหนักที่มีประจุบวก เนื่องจากที่ pH 7 หรือมากกว่า โมเลกุลของโปรตีนส่วนใหญ่มีประจุลบ โลหะหนักที่มีประจุบวกจะมาจับกับประจุลบของโปรตีน เกลือของโลหะหนักทำหน้าที่เหมือนเป็นตัวเชื่อมโยงโมเลกุลโปรตีนเข้าด้วยกัน ทำให้โปรตีนตกตะกอนลงมา เกิดได้ดีที่ pH เป็นกลางหรือต่างเล็กน้อย แต่ถ้ามีโลหะหนักมากเกินไปทำให้โปรตีนมีประจุอีกและไม่ตกตะกอน

การแยกโดยใช้อนุมูลโลหะ (metal cations) อนุมูลโลหะที่ใช้กันอย่างกว้างขวางโดยทั่วไปคือ แคลเซียมและแมกนีเซียม เช่น ในอุตสาหกรรมการทำเต้าหู้ เต้าฮวย เป็นต้น จากการทดลอง Soetrisno and Holmes (1992) พบว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมซัลเฟตแอนไฮดไรต์ สามารถตกตะกอนโปรตีนจากสารละลายโปรตีนแบ่งถั่วเหลืองได้ถึง 19.0 และ 16.8 กรัมต่อ 100 กรัมของแบ่งถั่วเหลือง เทียบเป็นปริมาณโปรตีนที่แยกได้ (protein recovery) 67.7 และ 62.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4. โดยการเติมอัลคาลอยเดิลรีเอเจนต์ (alkaloidal reagent) อัลคาลอยเดิลรีเอเจนต์ คือสารที่ทำให้เบสอินทรีย์ (organic base) ตกตะกอน อัลคาลอยด์เป็นสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบซึ่งอยู่ในพืช สามารถละลายน้ำได้เมื่ออยู่ในรูปของเกลือ โดยจัดเป็นสารประเภทหนึ่งในกลุ่มของโปรตีน สามารถตกตะกอนได้เมื่อเติมรีเอเจนต์นี้ลงไป ตัวอย่างของอัลคาลอยเดิลรีเอเจนต์ เช่น กรดไตรคลอโรอะซิติก (trichloroacetic acid) กรดตังสติก (tungstic acid) เป็นต้น สารพวกอัลคาลอยเดิลรีเอเจนต์เหล่านี้นำมาใช้เพื่อทำให้โปรตีนตกตะกอนได้ โดยไฮโดรเจน

อื้ออานจากกรดของอัลคาลอยเคิลรีเอเจนต์ไปทำให้โปรตีนในสารละลายมีประจุบวก โปรตีนซึ่งมีประจุบวกนี้จะรวมตัวกับอนุโมลกรดที่มีประจุลบเกิดเป็นเกลือซึ่งไม่ละลายน้ำ จึงทำให้โปรตีนตกตะกอนออกมา

5. โดยการเติมแอลกอฮอล์หรืออะซีโตน เมื่อเติมแอลกอฮอล์หรืออะซีโตนลงในสารละลายของโปรตีน โปรตีนจะตกตะกอนออกมาเนื่องจากไปมีผลต่อค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant) ของสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ทำให้ความสามารถในการเป็นตัวทำละลายของน้ำลดลง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแอลกอฮอล์หรืออะซีโตนมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดที่แรงกระทำระหว่างโมเลกุลของโปรตีน ในส่วนของพลังงานไฟฟ้าสถิตยบนโมเลกุลโปรตีนมีแรงกระทำที่สูงกว่าแรงกระทำระหว่างโปรตีนกับน้ำ เกิดการรวมตัวกันของโมเลกุลโปรตีนทำให้ตกตะกอนลงมา เช่น การแยกโกลบินออกจากเม็ดเลือดแดง ทำโดยเติมอะซีโตนลงในเม็ดเลือดแดงที่ถูกทำให้แตกออกด้วยสารซาโปนิน (saponin) เฮโมโกลบินจะตกตะกอนออกมา แล้วจึงแยกโกลบินออกจากเฮโมโกลบิน (บุญยืน, 2522)

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน

Kinsella (1976) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่าสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน คือ “สมบัติทางกายภาพและเคมี ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติโปรตีนในอาหารระหว่างการแปรรูป การเก็บรักษา การจัดเตรียมเพื่อการบริโภค” ซึ่งหมายถึงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่มีอิทธิพลต่อหน้าที่ของโปรตีนในอาหาร (Damodaran and Paraf, 1997)

สำหรับการใช้ประโยชน์ในอาหารส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับความสามารถในการละลายได้ (solubility) การทำให้ข้นหนืด (thickening/ viscosity) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำเป็นหลัก (hydration properties) นอกจากนั้นรวมถึงคุณสมบัติในการเกิดอิมัลชัน (emulsification) และการรักษาความคงตัวของอิมัลชัน (emulsification stability) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของโปรตีนที่พื้นผิว (surface properties) เนื่องจากต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ (oil-water interface) และที่ผิวร่วมระหว่างอากาศกับน้ำ (air-water interface) ตามลำดับ (ปาริณต, 2548)

1. ความสามารถในการละลาย (Solubility)

คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนในอาหารจะเกิดขึ้นได้เมื่อโปรตีนมีความสามารถในการละลาย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำได้ดี เพื่อใช้ในการทำให้เกิดเป็นอิมัลชัน ฟอง และเจลต่อไป หากโปรตีนไม่ละลายน้ำแล้ว คุณสมบัติเชิงหน้าที่จะเหลือเพียงความสามารถในการกระจายตัว และการคูดน้ำเท่านั้น หากโปรตีนละลายในน้ำได้น้อยก็จะเกิดการตกตะกอนหรือการแยกชั้นของโปรตีน ความสามารถในการละลายจะขึ้นอยู่กับความสมดุลระหว่างอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นได้ในน้ำ (hydrophilic interactions) และอันตรกิริยาที่ไม่เกิดในน้ำ (hydrophobic interactions) ของโปรตีน เช่น สมดุลระหว่างการเกิดพันธะไฮโดรเจน (โปรตีน-น้ำ) และการเกิดพันธะนอนโพลาร์ (โปรตีน-โปรตีน) ในระหว่างการละลาย เป็นต้น ดังนั้นสัดส่วนและบริเวณที่มีคุณสมบัติไฮโดรโฟบิกกับไฮโดรฟิลิกของโปรตีนจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดความสามารถในการละลายของโปรตีน (ปาริฉัตร, 2548)

ความสามารถในการละลายของโปรตีนในตัวทำละลายของเหลวขึ้นกับ pH ทั้งนี้เป็นเพราะความสามารถในการละลายของโปรตีนจะขึ้นอยู่กับจุดไอโซอิเล็กตริก (pI) โดยที่ pH สูงหรือต่ำกว่า pI โปรตีนมีการกระจายของประจุที่มีแรงผลักของไฟฟ้าสถิต ทำให้โปรตีนเกิดการละลายน้ำ โปรตีนส่วนใหญ่มีค่าการละลายต่ำสุดที่ pH เท่ากับจุดไอโซอิเล็กตริก โปรตีนจะมีประจุรวมเป็นศูนย์และมีโครงสร้างโมเลกุลที่เสถียรได้ เนื่องจากแรงผลักของไฟฟ้าสถิตของไอออนนั้นมีค่าต่ำสุด และปฏิกิริยาความไม่ชอบน้ำระหว่างบริเวณพื้นที่ผิวส่วนไม่มีขั้วมีค่าสูงสุด ดังนั้นโปรตีนจึงละลายน้ำได้น้อย อย่างไรก็ตามโปรตีนบางชนิด เช่น โปรตีนเวย์ (α -lactalbumin, β -lactoglobulin และ bovine serum albumin) (pI = 4.8 - 5.2) มีการละลายสูงสุดที่จุดไอโซอิเล็กตริก เนื่องจากบริเวณพื้นที่ผิวของโปรตีนที่มีอยู่ถูกเปิดออกทำให้มีอัตราส่วนของกลุ่มที่ชอบน้ำต่อกลุ่มที่ไม่ชอบน้ำสูง ถึงแม้ว่าโปรตีนเวย์ในธรรมชาติมีจำนวนประจุมากที่จุดไอโซอิเล็กตริกและไม่มีประจุที่ชอบน้ำที่บริเวณพื้นที่ผิวก็ตาม แต่การให้ความร้อนสามารถทำให้เกิดการสร้างแรงผลักระหว่างโมเลกุลน้ำเกิดขึ้น มีผลให้เกิดการรวมกลุ่มของโปรตีนส่วนที่ไม่ชอบน้ำ เนื่องจากการให้ความร้อนทำให้เกิดการเสียสภาพ โดยทำให้ความชอบน้ำและความไม่ชอบน้ำของโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาความสมดุลของโปรตีน-โปรตีน และ โปรตีน-ตัวถูกละลาย

(Damodaran and Paraf, 1997)

ผลของเกลือที่มีต่อการละลายของโปรตีนมี 2 ลักษณะ ที่แตกต่างกันขึ้นกับลักษณะทางเคมีกายภาพของพื้นที่ผิวโปรตีน โดยปกติที่กำลังไอออนต่ำ (low ionic strength) หรือน้อยกว่า 0.5 โมลต่อลิตร ความสามารถในการละลายของโปรตีนที่มีส่วนความไม่ชอบน้ำถูกเปิดออกทำให้การละลายลดลง (salting-out) และการละลายของโปรตีนที่มีพื้นที่ผิวที่ชอบน้ำเพิ่มสูงขึ้น (salting-in) ด้วยการเพิ่มกำลังไอออน นั่นคือ ลักษณะของ salting-in และ salting-out ของโปรตีนที่เกิดจากเกลือที่มีความเกี่ยวข้องต่อลักษณะความชอบน้ำและความไม่ชอบน้ำของโปรตีนที่บริเวณพื้นที่ผิว (Damodaran and Paraf, 1997)

Onsaard *et al.* (2005) ศึกษาความสามารถในการละลายของโปรตีนมะพร้าวที่แยกจากส่วนหางกะทิ (skim milk) ชนิดโปรตีนไอโซเลต (CSPI) และโปรตีนคอนเซนเตรท (CSPC) เปรียบเทียบกับเวย์โปรตีนไอโซเลต (WPI) โดยละลายโปรตีนทั้ง 3 ชนิด ปริมาณ 0.1% โดยน้ำหนัก ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0, 100 และ 200 mM ตามลำดับ ที่ระดับ pH 3-8 พบว่าในสถานะที่ไม่มีเกลือ (โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0 mM) โปรตีน CSPI, CSPC และ WPI มีความสามารถในการละลายต่ำสุดที่ pH 4, 5 และใกล้เคียง 5 ตามลำดับ เนื่องจากที่ pH นี้ เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับจุดไอโซอิเล็กทริก (pI) โปรตีนจะมีประจุรวมเป็นศูนย์และมีโครงสร้างโมเลกุลที่เสถียรได้ทำให้โปรตีนละลายน้ำได้น้อย ส่วนในสถานะที่มีเกลือ (โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 100 และ 200 mM) โปรตีนทั้ง 3 ชนิด มีความสามารถในการละลายสูงกว่าการละลายในน้ำกลั่น เนื่องจากไอออนของเกลือมีผลต่อประจุของโปรตีน ทำให้มีแรงผลักทางไฟฟ้าสถิตระหว่างอนุภาค ซึ่งช่วยป้องกันการเข้ามารวมตัวกันของอนุภาค ทำให้สามารถละลายได้ โดยเรียงลำดับความสามารถในการละลายมากที่สุดไปน้อยสุดได้ดังนี้ WPI, CSPC และ CSPI ตามลำดับ

Onsaard *et al.* (2006) ศึกษาความสามารถในการละลายโปรตีนมะพร้าวที่แยกจากส่วน หัวกะทิ (coconut cream) ซึ่งแยกโดยวิธีการตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric precipitation) ได้เป็นโปรตีน CCP1 และวิธีการแช่เยือกแข็ง-ละลาย (freeze-thaw treatment) ได้เป็นโปรตีน CCP2 เปรียบเทียบกับเวย์โปรตีนไอโซเลต (WPI) โดยละลายโปรตีนทั้ง 3 ชนิด ปริมาณ 0.1% โดยน้ำหนัก ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0, 100 และ 200 mM ตามลำดับ ที่ระดับ pH 3-8 พบว่าความสามารถในการละลายต่ำสุดของ CCP1, CCP2 และ WPI เกิดที่ pH ประมาณ 4, 4.5 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับจุดไอโซอิเล็กทริก (pI) ทำให้โปรตีนจะมีประจุรวมเป็นศูนย์และมีโครงสร้างโมเลกุลที่เสถียรได้ เป็นผลทำให้โปรตีนละลายน้ำได้น้อย ในสถานะที่มีเกลือ (โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 100 และ 200 mM) WPI มีการละลายเพิ่มขึ้น

เมื่อความเข้มข้นของเกลือมากขึ้น แต่โปรตีนมะพร้าวทั้ง 2 ชนิด มีความสามารถในการละลาย ลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือ โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ pH ห่างจาก pI เนื่องจากมีแรงผลักกันทางไฟฟ้าสถิตของโมเลกุลโปรตีน ซึ่งสามารถเรียงลำดับจากความสามารถในการละลายมากที่สุดไปน้อยสุดได้ดังนี้ WPI, CCP2 และ CCP1 ตามลำดับ

2. การทำให้เกิดความข้นหนืด (Thickening)

การยอมรับของผู้บริโภคต่ออาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวกึ่งของแข็ง (เช่น น้ำเกรวี่ ชูป เครื่องดื่ม) ขึ้นกับความข้นหนืดหรือระดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ ความข้นหนืดของสารละลายส่วนมากเกี่ยวข้องกับชนิดของตัวถูกละลาย สารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง สายโพลีเมอร์ที่มีขนาดใหญ่ทำให้มีความข้นหนืดสูงขณะที่ความเข้มข้นต่ำ ทั้งนี้ขึ้นกับคุณสมบัติของโมเลกุลต่าง ๆ เช่น ขนาด รูปร่าง การม้วนขดของโมเลกุล และการดูดซับน้ำของโปรตีน สารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากันที่โพลีเมอร์มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นอิสระ จะมีความข้นหนืดมากกว่าสารละลายที่มีลักษณะของโพลีเมอร์มีการม้วนขดกันแน่น ดังเช่นกับโพลีแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ มีสายโพลีเมอร์ม้วนขดของส่วนที่ไม่ชอบน้ำสูง ทำให้มีค่าความข้นหนืดสูง ในขณะที่มีความเข้มข้นสูง ลักษณะของไฮโดรคอลลอยด์ดังกล่าวนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการทำให้ข้นหนืด ซึ่งโปรตีนที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เช่นนี้เช่น เจลาติน ไมโอซิน เป็นต้น (Damodaran and Paraf, 1997)

การเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนมีผลต่อความข้นหนืดของสารละลายโปรตีนเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลโปรตีนที่เกาะกับน้ำเพิ่มขึ้น รวมถึงความสามารถในการดูดซับน้ำและการพองตัวของโปรตีนที่มีผลต่อความข้นหนืด นอกจากนี้การเสียดสีบางส่วนของโปรตีนจากการให้ความร้อน ยังทำให้ส่วนของไฮโดรโฟบิกของโปรตีนแต่ละโมเลกุลหันเข้าหากันมากขึ้น ทำให้เกิดอนุภาคใหม่ของโปรตีน-โปรตีน เกาะกลุ่มกัน เป็นสาเหตุทำให้เกิดการต้านแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของสารละลายโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอีกด้วย

(Damodaran and Paraf, 1997)

สภาวะที่มีผลต่อความหนืดของโปรตีน ได้แก่ pH กำลังของไอออน และอุณหภูมิ เช่น ความหนืดของสารละลายโปรตีนโกลบูลิน โดยทั่วไปที่ pH ที่จุดไอโซอิเล็กทริกมีค่าลดลง การให้ความร้อนบางส่วนแก่เวย์โปรตีนทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น การเพิ่มกำลังไอออนโดยทั่วไปทำให้

สารละลายมีความหนืดลดลง เนื่องจากการเพิ่มกำลังไอออนมีผลต่อความสามารถในการยึดน้ำไว้ในสารประกอบ (Damodaran and Paraf, 1997)

3. การเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier)

ผลิตภัณฑ์อิมัลชันหรืออิมัลชันกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่ไม่ได้มีการรักษาความคงตัวโดยโครงสร้างของเจล มักจะผ่านกระบวนการลดขนาดของอนุภาคไขมันโดยการโฮโมจิไนส์ การเติมโปรตีนเพื่อให้ทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ในขณะที่ทำให้เกิดเป็นอิมัลชัน โดยทำหน้าที่ลดแรงดึงดูดของเฟสน้ำมันกับเฟสของน้ำและทำให้เกิดเป็นอิมัลชันได้ง่ายขึ้น แต่การลดแรงดึงดูดเพียงอย่างเดียวจะไม่ทำให้อิมัลชันนั้น ๆ คงตัว เนื่องจากอนุภาคไขมันยังสามารถเคลื่อนเข้าหากันแบบบราวน์ (Brownian motion) และรวมตัวกันได้ในช่วงการเก็บรักษา ดังนั้นหากระบบอิมัลชันมีโปรตีนที่มีความยืดหยุ่นสูงหรือเกิดเป็นฟิล์มบาง ๆ ก็จะสามารถขัดขวางการเข้ารวมตัวกันของอนุภาคไขมัน และทำให้อิมัลชันนั้น ๆ มีความคงตัวตามระยะเวลาที่ต้องการได้ (ปาริฉัตร, 2548)

แม้ว่าโปรตีนจะไม่สามารถลดแรงดึงดูดได้มากเท่ากับสารอิมัลซิไฟเออร์ที่มีขนาดเล็ก เช่น ฟอสโฟลิปิด แต่โปรตีนจะมีบทบาทสำคัญในการรักษาความคงตัวของอิมัลชันในระยะยาว โดยโมเลกุลหรืออนุภาคที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ การดูดซับของโปรตีนที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ เกิดขึ้นเนื่องจากการคลายเกลียวหรือการเสียสภาพของโปรตีนในระหว่างกระบวนการผลิต เช่น การให้แรงเฉือนในระหว่างโฮโมจิไนส์ การให้ความร้อนในระหว่างการทำเชื้อ เป็นต้น ทำให้โปรตีนส่วนที่กระจายตัวในน้ำมันได้ดีหันเข้าหาพื้นผิวของอนุภาคไขมัน ในขณะที่ส่วนที่กระจายตัวในน้ำได้ดีหันเข้าหาเฟสของน้ำ ดังนั้นอนุภาคไขมันที่ถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของโปรตีนจะกระจายตัวอยู่ในเฟสของน้ำได้ แม้ว่าการเกิดอิมัลชันจะเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่มีเสถียรภาพทางอุณหพลศาสตร์ ความคงตัวของอิมัลชันระยะยาวเกิดขึ้นจากการที่โมเลกุลโปรตีนทำหน้าที่กีดขวางไม่ให้อนุภาคไขมันรวมตัวกัน โปรตีนที่จะมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีจึงจะต้องคลายเกลียวได้ง่ายที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ การที่โปรตีนจะคลายเกลียวได้มากน้อยเพียงใด จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโปรตีนที่มีอยู่ในระบบพื้นที่ผิวของอนุภาคไขมัน ระยะเวลาที่โปรตีนสัมผัสกับผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ โครงสร้างระดับโมเลกุลของโปรตีนก่อนการดูดซับที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ ความสามารถในการเกิดเป็นฟิล์มบางล้อมรอบหยดไขมันและความสามารถของโปรตีนที่จะเกิดเจลในเฟสของน้ำซึ่งเป็น bulk phase (Dickinson, 1993)

อย่างไรก็ตามโปรตีนที่มีการคลายเกลียวมากเกินไป อาจเป็นสาเหตุทำให้ความสามารถในการละลายลดลง เป็นผลให้ไปขัดขวางคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Damodaran, 1994)

Onsaard *et al.* (2005) ศึกษาความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำโดยใช้โปรตีนมะพร้าวที่แยกจากส่วนหางกะทิ (skim milk) ชนิดโปรตีนไอโซเลต (CSPI) และโปรตีนคอนเซนเตรท (CSPC) เป็นตัวช่วยให้อิมัลชันเกิดความคงตัว เปรียบเทียบกับการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลต (WPI) โดยใช้โปรตีน CSPI, CSPC และ WPI ปริมาณ 0.2% โดยน้ำหนัก เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ในอิมัลชันน้ำมันข้าวโพดเข้มข้น 10% เตรียมที่ระดับ pH 3-8 และความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0-500 mM ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 30-90°C เป็นเวลา 30 นาที พบว่าในสภาวะที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 และ 100 mM ตามลำดับ ที่ pH 7 อิมัลชันที่เตรียมโดยใช้ CSPI และ WPI มีขนาดของอนุภาคน้ำมันขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.46 และ 0.5 μm ตามลำดับ) เป็นผลให้อิมัลชันมีความคงตัวต่อการรวมตัวของอนุภาคและการแยกเป็นครีมได้ดี เนื่องจากอนุภาคน้ำมันขนาดเล็กจะลอยตัวได้ช้ากว่าอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ ส่วนอิมัลชันที่เตรียมโดยใช้ CSPC พบว่ามีขนาดของอนุภาคน้ำมันทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ทำให้ไม่คงตัวต่อการรวมตัวของอนุภาค และการแยกเป็นครีม และการที่มีความเข้มข้นของเกลือต่ำ (กำลังไอออนต่ำ) จะทำให้มีแรงผลักทางไฟฟ้าสถิตระหว่างอนุภาคมาก ซึ่งช่วยป้องกันการเข้ามาใกล้กันของอนุภาค ส่วนในสภาวะที่ไม่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่ pH เดียวกัน สามารถให้อิมัลชันที่เตรียมโดยใช้ CSPI และ WPI มีความคงตัวได้โดยให้ความร้อนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 80 และ 90°C ตามลำดับ เป็นเวลา 30 นาที เนื่องจากความร้อนไปมีผลทำให้เกิดการคลายเกลียวและเพิ่มพื้นที่ส่วนของไฮโดรโฟบิก จึงทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคของโปรตีน ทำให้สามารถเอาชนะแรงดึงดูดแวนเดอร์วาลส์ได้ ส่วนอิมัลชันที่เตรียมโดยใช้ CSPC เมื่อให้ความร้อนแล้ว พบว่ามีความคงตัวน้อยกว่าอิมัลชันที่เตรียมโดยใช้ CSPI และ WPI จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า โปรตีน CSPI มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ในอุตสาหกรรมอาหาร

Onsaard *et al.* (2006) ศึกษาความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำโดยใช้โปรตีนมะพร้าวที่แยกจากส่วนของหัวกะทิ (coconut cream) โดยวิธีการตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric precipitation) ได้เป็นโปรตีน CCP1 และวิธีการแช่เยือกแข็ง-ละลาย (freeze-thaw treatment) ได้เป็นโปรตีน CCP2 เปรียบเทียบกับการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลต (WPI) การทดลองในส่วนแรกทำการศึกษาอิทธิพลของปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมต่อขนาดอนุภาคและความคงตัวของ

อิมัลชัน โดยวัดขนาดอนุภาคของอิมัลชันน้ำมันข้าวโพดเข้มข้น 10% ที่ทำให้คงตัวด้วย CCP1 และ CCP2 ปริมาณ 0.1-1.0% โดยน้ำหนัก ที่ pH 6.2 หลังการโฮโมจิไนส์ พบว่าขนาดอนุภาคของอิมัลชันที่ใช้ CCP1 และ CCP2 ปริมาณ 0.2% โดยน้ำหนัก เป็นตัวช่วยให้เกิดความคงตัว มีขนาดอนุภาคเล็ก (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 และ 2 μm ตามลำดับ) ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียงพอในการป้องกันไม่ให้อนุภาคของน้ำมันมาใกล้กันหรือรวมตัวหลังการโฮโมจิไนส์ นอกจากนี้ยังพบว่าอิมัลชันที่ใช้ CCP1 เป็นตัวช่วยให้เกิดความคงตัว จะมีขนาดของอนุภาคใหญ่ขึ้นเมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาจากขนาดของอนุภาคแล้ว จึงเลือก CCP2 มาใช้สำหรับการศึกษาความคงตัวของอิมัลชัน เนื่องจากมีขนาดของอนุภาคที่เล็กกว่า CCP1

จากนั้นศึกษาความคงตัวของอิมัลชัน โดยใช้ CCP2 และ WPI ปริมาณ 0.2% โดยน้ำหนัก เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ในน้ำมันข้าวโพดเข้มข้น 10% โดยเตรียมอิมัลชันเตรียมที่ระดับ pH 3-8 และความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0-500 mM ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50-90 $^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที พบว่าอิมัลชันที่เตรียมโดยใช้ WPI มีอนุภาคนาขนาดเล็กเพียงขนาดเดียว ทำให้มีความคงตัวต่อการรวมตัวของอนุภาค และการแยกเป็นครีมได้ดี ที่ pH 7 ในขณะที่อิมัลชันที่เตรียมโดยใช้ CCP2 มีอนุภาคนาขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ทำให้ไม่คงตัวต่อการรวมตัวของอนุภาค และการแยกเป็นครีม ที่ pH เดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า WPI สามารถทำให้อิมัลชันมีความคงตัวได้ดีกว่า CCP2 เนื่องจากอนุภาคนาขนาดเล็กจะลอยตัวได้ช้ากว่าอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้อิมัลชันที่เตรียมโดยใช้โปรตีน CCP2 และ WPI มีความคงตัวต่อการรวมตัวของอนุภาค และการแยกเป็นครีมได้ดี ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 และ 100 mM ตามลำดับ ส่วนในสภาวะที่ไม่มีเกลือ (โซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0 mM) อิมัลชันที่เตรียมโดยใช้โปรตีนทั้ง 2 ชนิด สามารถทำให้เกิดความคงตัวได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อให้ความร้อนที่ 50-90 $^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที (Onsaard *et al.*, 2006)

ผลิตภัณฑ์นมข้นหวาน

ผลิตภัณฑ์นมข้นหวาน (sweetened condensed milk) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเติมน้ำตาลลงไปนมนข้นจืด หรือนมระเหยน้ำ แล้วนำไปทำให้เข้มข้นภายใต้สุญญากาศ ส่วนประกอบของนมข้นหวานคือ ไขมัน 8% น้ำตาล 45% ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน 20% และน้ำ 28% การที่มีน้ำตาลในปริมาณสูง ทำให้จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (เสาวลักษณ์, 2539)

กระบวนการผลิตนมข้นหวานประกอบด้วย การปรับมาตรฐานของไขมันและของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน การให้ความร้อนเพื่อให้โปรตีนมีความคงตัว การให้ความร้อนนอกจากจะทำให้โปรตีนคงตัวไม่ตกตะกอนเมื่อให้ความร้อนสูงแล้ว ยังช่วยทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์อีกด้วย ขั้นตอนต่อไปคือการเติมน้ำตาล ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญมากของกระบวนการผลิตนมข้นหวาน ทั้งนี้เพราะการที่นมข้นหวานจะเก็บไว้ได้นานหรือไม่สั้น อยู่ที่ปริมาณน้ำตาลมากพอที่จะทำให้มีความดันออสโมติก (Osmotic Pressure) สูงเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ การเติมน้ำตาลทำได้ 2 แบบ คือ การเติมน้ำตาลโดยตรงก่อนการให้ความร้อน กับการเติมเป็นน้ำเชื่อมในเครื่องระเหย แล้วทำการระเหยต่อไปจนได้ความเข้มข้นของปริมาณของแข็งตามที่ต้องการ จากนั้นทำให้เย็นลงทันที โดยมีการกวนอย่างแรงระหว่างการทำให้เย็น เมื่อนมข้นหวานเย็นลงถึง 30°C อาจจะเติมน้ำตาลแลคโตสที่ปนละเล็กละเอียด เพื่อเป็นตัวนำในการทำให้น้ำตาลแลคโตสเกิดการตกผลึก ทำการกวนอย่างแรงอย่างน้อยอีก 1 ชม. แล้วจึงทำให้เย็นลงจนถึง 15-18°C หลังจากนั้นเก็บไว้ค้างคืนในถังเพื่อให้ น้ำตาลแลคโตสเกิดการตกผลึกอย่างสมบูรณ์ (นรินทร์, 2531)

Streiff (1998) ทดลองผลิตนมข้นหวานพร่องไขมัน (reduced fat sweetened condensed milk) และนมข้นหวานปราศจากไขมัน (fat free sweetened condensed milk) โดยการใช้วัตถุดิบที่มีการลดไขมันหรือเอาไขมันออกไปแล้ว เช่น นมที่ผ่านการแยกครีมออกแล้วจะมีไขมันนมอยู่ประมาณ 2.3% ผสมกับเวย์โปรตีนแล้วนำไปให้ความร้อนที่ 160-190°F นาน 10-20 นาที เพื่อให้โปรตีนคงตัว แล้วโฮโมจิไนส์ 2 ครั้ง โดยครั้งแรกให้ความดันที่ 800-2,500 psi และครั้งที่ 2 ให้ความดันเป็น 10% ของความดันที่ใช้ในครั้งแรก จากนั้นเติมสารละลายน้ำตาล 62.5% แล้วระเหยน้ำออกภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 120-130°F ด้วยเครื่องระเหยน้ำแบบสุญญากาศ (vacuum evaporator) จนกระทั่งได้ความเข้มข้นที่ต้องการคือ 1,000-4,000 เซนติพอยส์ แล้วทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิประมาณ 80-90°F จากนั้นเติมเกล็ดน้ำตาลแลคโตสเพื่อให้เกิดการตกผลึกของน้ำตาลแลคโตส แล้วลดอุณหภูมิให้ลงเหลือ 65-67°F บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์แล้วปิดผนึกโดยไม่ต้องให้ความร้อนอีก พบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องปกติเป็นระยะเวลานาน 12-15 เดือน นมข้นหวานพร่องไขมันและนมข้นหวานปราศจากไขมันที่ได้นี้ยังคงมีลักษณะดีอยู่ กล่าวคือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี ไม่มีการเกิดผลึกของน้ำตาล และมีความเข้มข้นคงเดิม

การใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคทีวิตีในอาหาร

ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (water activity, a_w) เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่ออายุการเก็บของอาหาร เนื่องจากเป็นค่าที่แปรผันโดยตรงกับปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ในขณะที่อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปัจจัยอื่น ๆ มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร นอกจากนั้นค่าวอเตอร์แอคทีวิตียังมีผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ และวิตามินในอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสี รส และกลิ่นของอาหารอย่างชัดเจน (รัตนันท์, 2543)

การพิจารณาถึงค่าวอเตอร์แอคทีวิตีของอาหารจัดว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงหลายชนิดรวมถึงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เกิดขึ้นในช่วงค่าวอเตอร์แอคทีวิตีที่แน่นอนช่วงหนึ่ง อันเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ผลิตภัณฑ์อาหารเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมเสียได้ง่ายตามธรรมชาติ การเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นหรือค่าวอเตอร์แอคทีวิตี ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของอาหาร อาจทำให้มีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ตำแหน่งนั้น ๆ เมื่อค่าวอเตอร์แอคทีวิตีที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่าวอเตอร์แอคทีวิตีต่ำสุดสำหรับการเจริญ (minimal water activity values for growth) ของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ จะทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารเนื่องจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์นี้จะเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (รุ่งนภา, 2540) เนื่องจากยีสต์ รา และแบคทีเรียจำเป็นต้องใช้น้ำอิสระในการเจริญเติบโต ดังนั้นการลดผลิตภัณฑ์ให้มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตีต่ำกว่า 0.6 จะช่วยควบคุมการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์เหล่านี้ได้ ตัวอย่างของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารและระดับของวอเตอร์แอคทีวิตีที่จุลินทรีย์เหล่านี้สามารถเจริญเติบโตได้ แสดงในตารางที่ 2 วิธีที่ง่ายที่สุดในการลดค่าวอเตอร์แอคทีวิตีในอาหาร คือการกำจัดน้ำในอาหาร เช่น การทำให้สุก การอบ หรือการทำให้แห้ง และกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิสูง (รัตนันท์, 2543)

ตารางที่ 2 ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารที่ระดับวอเตอร์แอกติวิตีต่าง ๆ

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w)	จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย	ตัวอย่างอาหาร
0.950	<i>Pseudomonas</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Proteus</i> , <i>Shigella</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> <i>perfringens</i> , ยีสต์บางชนิด	อาหารที่เน่าเสียง่าย เช่น ผัก ผลไม้สด นม เนื้อ ปลา ไส้กรอก ขนมปัง
0.910	<i>Salmonella</i> , <i>Vibrio</i> <i>parabaenolyticus</i> , <i>C. botulinum</i> , <i>Serratia</i> , <i>Lactobacillus</i> , ราบางชนิด	แฮม น้ำผลไม้เข้มข้นซึ่งมีน้ำตาล 55% โดยน้ำหนัก หรือมีเกลือ (NaCl) 12%
0.870	ยีสต์หลายชนิด	ซาลามี มาคารีน เค้กไข่ขาว (Sponge cake) อาหารซึ่งมีน้ำตาล 65% โดยน้ำหนัก หรือมีเกลือ (NaCl) 15%
0.800	<i>Mycotoxigenic penicillia</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	น้ำผลไม้เข้มข้นเกือบทุกชนิด นมข้นหวาน ข้าว แป้ง เค้กผลไม้ เค้กที่ใส่น้ำตาลมาก
0.750	<i>Halophilic bacteria</i> , <i>Mycotoxigenic aspergilli</i>	แฮม มาร์มาเลด
0.650	Xerophilic molds	เชลล์ โมลาส ถั่ว ผลไม้อบแห้ง บางชนิด
0.600	Osmophilic yeasts และราบางชนิด	ผลไม้แห้งความชื้นประมาณ 15-20%
0.500	จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้	เครื่องเทศความชื้นประมาณ 10% ถั่วเคี้ยวความชื้นประมาณ 12%
0.400	จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้	ไข่ผงความชื้นประมาณ 5%
0.300	จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้	คุกกี้ แครกเกอร์ความชื้น ประมาณ 3-5%

ที่มา: รัตนันท์ (2543)

โดยทั่วไปนิยมปรับค่าวอเตอร์แอกติวิตีของอาหารให้มีค่าต่ำลงด้วยการเติมส่วนผสม (ingredients) ที่มีผลในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีหรือที่เรียกว่าสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีหรือสารดูดความชื้น (humectants) ลงในอาหาร ซึ่งความสามารถในการลดระดับวอเตอร์แอกติวิตีของสารเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารดูดความชื้นที่ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ (Labuza and Hyman, 1998) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นอกเหนือไปจากปัจจัยของค่าวอเตอร์แอกติวิตี ปัจจัยเหล่านั้นได้แก่ pH อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา ความร้อนที่ให้ระหว่างการแปรรูป วัตถุดิบเสีย เป็นต้น

ตารางที่ 3 ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของสารละลายอิมิตัวของสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีชนิดต่าง ๆ

สารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี	ความเข้มข้นของสารละลายอิมิตัว (%)	วอเตอร์แอกติวิตี
แลคโตส	20	0.97
กลูโคส	47	0.92
โพแทสเซียมคลอไรด์	27	0.86
ซูโครส	69	0.86
ซอร์บิทอล	70	0.79
โซเดียมคลอไรด์	26	0.75
ฟรุคโตส	75	0.63
กลีเซอรอล	100	0.00

ที่มา: Labuza and Hyman (1998)

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีชนิดต่าง ๆ

วอเตอร์แอกติวิตี	ความเข้มข้น (โมลาร์)			
	โซเดียมคลอไรด์	แคลเซียมคลอไรด์	ซูโครส	กลีเซอรอล
0.995	0.15	0.10	0.27	0.28
0.960	1.20	0.77	1.92	2.21
0.850	4.03	2.12	5.98	8.47
0.750	-	3.00	-	14.8

ที่มา: Labuza and Hyman (1998)

อย่างไรก็ตามการเลือกใช้สารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีเพื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารควรคำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ อันได้แก่ กลิ่นรส (flavour) ของสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ใช้ เช่น การใช้เกลือหรือน้ำตาลซึ่งเป็นที่นิยมในอาหาร อาจก่อให้เกิดรสชาติที่เค็มหรือหวานจนเกินไป ความเป็นพิษ (toxicity) โดยสารประกอบนั้นจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ณ ระดับความเข้มข้นที่ใช้ในอาหาร นอกจากนี้แล้วสารดังกล่าวจะต้องไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์อาหาร อันได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี ตลอดจนการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์นั้น ๆ (Labuza and Hyman, 1998)

ปิยะนุช (2545) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษานมเปรี้ยว โดยใช้สารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีและบรรจุภัณฑ์ ซึ่งทำการศึกษากายภาพผลิตภัณฑ์ด้วยการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไส้ถั่วกวน โดยการแทนที่น้ำตาลซูโครสด้วยกลีเซอรอล ซอร์บิทอล และกลูโคสในระดับการแทนที่ 16.7, 33.3, 50 และ 66.7% พบว่ากลีเซอรอลให้ผลในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้สูงสุด รองลงมาคือซอร์บิทอลและกลูโคส และสามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไส้ถั่วกวนได้ต่ำสุดเป็น 0.80 โดยที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสยังเป็นที่ยอมรับ และมีราคาต้นทุนต่ำสุดด้วยการแทนที่ซูโครสด้วยกลีเซอรอลในระดับ 16.7% เมื่อศึกษาอิทธิพลของการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไส้ถั่วกวน ชนิดฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุ และการใช้สารดูดความชื้นในภาชนะบรรจุร่วมกัน พบว่าการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไส้ถั่วกวน ทำให้ปริมาณความชื้นและระดับวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแบ่งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา กล่าวคือปริมาณความชื้นลดลงจากปกติ 10.7-12.0% เป็น 9.8-11.4% และระดับวอเตอร์แอกติวิตีลดลงจาก 0.74-0.78 เป็น 0.71-0.76 นอกจากนี้การใช้สารดูดความชื้นซิลิกาเจลและเพาเวอร์ดราย ทำให้ปริมาณความชื้นของส่วนแบ่งลดลงจากปกติ 10.6-12.0% เป็น 10.5-11.6% และ 9.8-11.5% ตามลำดับ ในขณะที่ระดับวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนแบ่งลดลงจากปกติ 0.74-0.78 เป็น 0.73-0.77 และ 0.71-0.76 ตามลำดับ และมีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของ Xerophilic fungi บนผลิตภัณฑ์ลดลงเช่นกัน โดยพบว่า การลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไส้ถั่วกวนและการใช้สารดูดความชื้นในภาชนะบรรจุ ทำให้นมเปรี้ยวมีการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น 2 และ 1 สัปดาห์ ตามลำดับ

Buchanan and Bagi (1997) ศึกษาถึงอิทธิพลของชนิดและระดับความเข้มข้นของสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่มีต่อการเจริญของจุลินทรีย์ *Escherichia coli* O157:H7 3 สายพันธุ์ ในสภาวะแวดล้อมที่มีระดับอุณหภูมิและ pH ต่าง ๆ โดยทดลองเลี้ยงเชื้อดังกล่าวในอาหารเลี้ยงเชื้อ brain-heart infusion ที่เติมสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี 3 ชนิด อันได้แก่ แมนนิทอล ซอร์บิทอล และ

ซูโครส ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของสารละลายวอเตอร์แอคทีวิตี้ที่เพิ่มขึ้น อันเป็นผลให้ระดับวอเตอร์แอคทีวิตี้มีค่าต่ำลง จะส่งผลให้ระยะเวลา lag phase และ generation time ของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่าการเจริญของจุลินทรีย์เป็นไปได้ช้าและยากขึ้น และเมื่อพิจารณาผลของชนิดสารละลายวอเตอร์แอคทีวิตี้ พบว่าที่ระดับความเข้มข้นต่ำนั้น ชนิดของสารละลายวอเตอร์แอคทีวิตี้ที่แตกต่างกัน ไม่มีผลให้การเจริญของจุลินทรีย์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่เมื่อระดับความเข้มข้นสูงขึ้น ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ของสารประกอบทั้ง 3 ชนิด เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ซอร์บิทอล แมนนิทอล และซูโครส ตามลำดับ

Muguruma *et al.* (1987) ศึกษาถึงอิทธิพลของสารละลายวอเตอร์แอคทีวิตี้ชนิดต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแข็งที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทดลองใช้สารละลายวอเตอร์แอคทีวิตี้ชนิดต่าง ๆ อันได้แก่ กลีเซอรอล โพรพิลีนไกลคอล ซอร์บิทอล ร่วมกับการใช้เกลือในการผลิตเนื้อวุ้นและเนื้อหมูกึ่งแข็ง ผลการทดลองพบว่า การเติมโพรพิลีนไกลคอลและซอร์บิทอล มีผลให้ปริมาณความชื้นและระดับวอเตอร์แอคทีวิตี้ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูกึ่งแข็งมีค่าลดลง โดยโพรพิลีนไกลคอลมีประสิทธิภาพในการลดระดับวอเตอร์แอคทีวิตี้ที่ดีกว่าซอร์บิทอล เมื่อพิจารณาถึงปริมาณโปรตีน myosin heavy chain ที่สกัดได้จากตัวอย่างเนื้อหมูกึ่งแข็ง อันเป็นเครื่องชี้บ่งถึงคุณภาพทางโครงสร้างหรือลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าการเติมโพรพิลีนไกลคอลจะทำให้คุณภาพดังกล่าวดีขึ้นกว่าการใช้เกลือเพียงอย่างเดียวในการผลิตเนื้อหมูกึ่งแข็ง นอกจากนี้เมื่อทำการทดลองในตัวอย่างเนื้อวุ้นกึ่งแข็ง พบว่าการใช้ส่วนผสมของกลีเซอรอล 10% โพรพิลีนไกลคอล 5% และซอร์บิทอล 4% ร่วมกับการผลิตเนื้อวุ้นกึ่งแข็ง จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางโครงสร้างหรือลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้เกลือเพียงอย่างเดียว เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างเนื้อวุ้นกึ่งแข็งที่ได้ดังกล่าวที่อุณหภูมิ 4°C เป็นระยะเวลา 3 เดือน จากนั้นเก็บที่อุณหภูมิ 25°C เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพทางโครงสร้างหรือลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

Dymysza and Silverman (1979) ศึกษาถึงการผลิตเนื้อปลานึ่งแห้งด้วยการแช่เนื้อปลาในสารละลายที่ประกอบด้วยกลีเซอรอล 40% โซเดียมอะซิเตต 10% โซเดียมคลอไรด์ 7% น้ำ 43% ในขณะที่มีการให้ความร้อนแก่สารละลายควบคู่กันไปด้วยเป็นเวลา 20 นาที ผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อปลากึ่งแห้งที่ได้มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ 0.82 ซึ่งมีค่าต่ำเพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้ นอกจากนี้หลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 87 วัน

พบว่าผลิตภัณฑ์มีความคงตัวต่อการเจริญของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่ดีมาก อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ได้ดังกล่าวมีรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเท่าที่ควร จึงมีการทดลองนำผลิตภัณฑ์มาผ่านกระบวนการกำจัดตัวถูกละลายบางส่วนออกไป โดยการต้มตัวอย่างเนื้อปลาทิ้งลงในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับและคะแนนการยอมรับจะสูงขึ้นอีก เมื่อนำตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดตัวถูกละลายดังกล่าวมาปรุงรสเพิ่มด้วยซอสหรือนำไปชุบแป้งทอดก่อนการบริโภค

การเปลี่ยนแปลงของน้ำกะทิและการประเมินอายุการเก็บ

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นเวลาที่ผลิตภัณฑ์สามารถอยู่บนชั้นของผู้ค้าปลีกและผู้บริโภคได้ ก่อนที่อาหารจะมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์อาหารไว้ในสภาวะที่ระบุ อายุการเก็บเป็นเวลาระหว่างที่อาหารมีความปลอดภัยอยู่ ยังคงมีลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ที่ต้องการอยู่ และสอดคล้องกับการระบุข้อมูลทางด้านโภชนาการที่ระบุไว้ (รุ่งนภา, 2540) อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เน่าเสียยาก เช่น อาหารกระป๋อง อาหารแห้ง อาหารแช่แข็ง จะบอกอายุการเก็บในหน่วยเดือน หรือปี ในขณะที่อาหารที่เน่าเสียง่ายจะบอกอายุการเก็บในหน่วยวัน ความสำคัญของการศึกษาอายุการเก็บ คือกำหนดวันหมดอายุของอาหารเพื่อให้ผู้บริโภคทราบ ปัจจัยที่สำคัญต่ออายุการเก็บอาหารสด คือ เชื้อจุลินทรีย์ ส่วนปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บของอาหารแปรรูป มักเป็นปัจจัยทางกายภาพ และเคมี ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เกิดขึ้นในตลาดควรทำการศึกษาอายุการเก็บเป็นอย่างมาก แต่การทดสอบโดยทดลองเก็บจริงอาจไม่สะดวกสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บนาน จึงมีการศึกษาโดยวิธีเร่งแทน (Smith, 1993)

Labuza and Schmidl (1985) อธิบายการทดสอบอายุการเก็บรักษาโดยวิธีการเร่งการเก็บ (Accelerated shelf-life test) ซึ่งเป็นวิธีการเร่งการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ให้เร็วขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้คาดคะเนอายุของผลิตภัณฑ์โดยไม่ต้องรอถึง 12-24 เดือน ในการกำหนดเวลาสิ้นสุดในการเร่งอายุการเก็บ อาจใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัสหรือการวัดปัจจัยคุณภาพอื่น ๆ เช่น การวัดปฏิกิริยาทางเคมี การตรวจสอบทางกายภาพ เป็นต้น สามารถทำนายอายุการเก็บแบบเร่งได้จาก Arrhenius model หรือ Q_{10} model โดยค่าหาได้จากอัตราส่วน

อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่างกัน 10°C ดังสมการที่ (1) หรือหาได้จากอัตราส่วนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่างกัน 10°C ดังสมการที่ (2)

$$Q_{10} = \frac{\text{อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่ } (T + 10) \text{ องศาเซลเซียส}}{\text{อัตราเร็วของปฏิกิริยาที่ } T \text{ องศาเซลเซียส}} \quad (1)$$

$$Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บที่ } T \text{ องศาเซลเซียส}}{\text{อายุการเก็บที่ } (T + 10) \text{ องศาเซลเซียส}} \quad (2)$$

$$Q_{10} = \frac{\theta(T)}{\theta(T + 10)}$$

$$\theta = \text{อายุการเก็บของตัวอย่าง}$$

$$T = \text{อุณหภูมิที่ใช้เก็บตัวอย่างเป็นองศาเซลเซียส}$$

เมื่อทราบค่า Q_{10} ของผลิตภัณฑ์แล้วสามารถใช้ค่า Q_{10} ไปใช้ในการทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิอื่น ๆ ได้ และถ้ากรณีผลต่างของอุณหภูมิไม่เท่ากับ 10 องศาเซลเซียส นำค่า Q_{10} ที่หาได้จากสมการที่ (1) หรือ (2) มาแทนค่าในสมการที่ (3)

$$Q_{10}^{\Delta/10} = \frac{\text{อายุการเก็บที่ } T_1 \text{ องศาเซลเซียส}}{\text{อายุการเก็บที่ } T_2 \text{ องศาเซลเซียส}} \quad (3)$$

$$= \frac{\theta_s(T_1)}{\theta_s(T_2)}$$

$$\Delta = T_2 - T_1$$

$$\theta = \text{อายุการเก็บของตัวอย่าง}$$

$$T_1 = \text{อุณหภูมิที่ต้องการทราบอายุการเก็บ}$$

$$T_2 = \text{อุณหภูมิที่ทราบอายุการเก็บ}$$

ตัวอย่าง ถ้าผลิตภัณฑ์หนึ่งมีค่า $Q_{10} = 3$ มีอายุการเก็บที่ 35 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน
 ดังนั้นอายุการเก็บที่ 20 องศาเซลเซียส คำนวณได้จาก

$$Q_{10}^{(35-20)/10} = \frac{\theta(20)}{\theta(35)}$$

$$\begin{aligned}\theta(20) &= Q_{10}^{15/10} \times \theta(35) \\ &= 3^{15/10} \times 6 \\ &= 31.2 \text{ เดือน}\end{aligned}$$

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 น้ำกะทิสด คั้นได้จากเนื้อมะพร้าวขูดที่ปอกผิวสีน้ำตาลออกแล้ว โดยอัตราส่วนของเนื้อมะพร้าวขูดต่อน้ำ คือ 1 : 1

1.2 น้ำตาลทรายขาว (ตรา มิตรผล)

2. สารเคมี

2.1 สารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี ได้แก่ กลีเซอรอล (Glycerol) ซอร์บิทอล (Sorbitol) และ กลูโคส (Glucose) บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด

2.2 กรดซัลฟูริกเข้มข้น

2.3 อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ (Plate Count Agar) บริษัท Britania

2.4 อาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์และรา (Potato Dextrose Agar) บริษัท Britania

2.5 เปปโตน (Peptone) บริษัท Britania

3. อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1 เครื่องแยกครีม (Elecraam SER 122746) ประเทศฝรั่งเศส

3.2 เครื่องปั่นผสม (Waring blender ยี่ห้อ Hitachi รุ่น Powerful Blender) ประเทศญี่ปุ่น

3.3 เครื่องกวนผสมแบบควบคุมอุณหภูมิ (Hot plate stirrer ยี่ห้อ VELP Scientifica รุ่น T. Are 2) ประเทศอิตาลี

3.4 เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Thermoconstanter novasina RTD-33) ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

3.5 เครื่องวัดความข้นหนืด ยี่ห้อ Brookfield viscometer รุ่น RV-DV III และหัววัด UL-Adapter ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.6 เครื่องวัดความชื้นหนืด ยี่ห้อ Bostwick consistometer

3.7 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500d ประเทศญี่ปุ่น

3.8 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (Microcomputer pH-VISION Jenco Model 6071)

ประเทศจีน

3.9 เครื่องวิเคราะห์น้ำมัน วิธี Babcock (Gerber Centrifuge SER 3680-409)

ประเทศเยอรมัน

3.10 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน วิธี Kjeldahl

Digestion Unit ยี่ห้อ Buchi รุ่น K-435 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

Distillation Unit ยี่ห้อ Buchi รุ่น B-316 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

3.11 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven ยี่ห้อ Memmert รุ่น 854-Schwabach) ประเทศเยอรมัน

3.12 ตู้บ่ม (Incubator ยี่ห้อ Memmert) ประเทศเยอรมัน

3.13 เทอร์โมมิเตอร์

3.14 ขวดแก้วสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์

3.15 อุปกรณ์การทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.16 อุปกรณ์เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

1. องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้

1.1 การแยกครีมจากน้ำกะทิ

นำน้ำกะทิสดที่คั้นได้จากเนื้อมะพร้าวชูดต่อน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65°C นาน 5 นาที นำไปทำให้เย็นทันทีจนอุณหภูมิลดเหลือ 40°C จากนั้นนำน้ำกะทิที่ได้ไปผ่านเครื่องแยกครีม ซึ่งเป็นเครื่องเซนติฟิวส์สองทาง สำหรับแยกของเหลว 2 ชนิดที่มีความหนาแน่นต่างกัน ได้เป็นส่วนของหัวกะทิที่มีปริมาณน้ำมันอยู่สูงและมีความหนาแน่นต่ำอยู่ในรูปอิมัลชัน เรียกว่าส่วนครีม (coconut cream) ส่วนของโปรตีนที่เป็นของแข็งไม่ละลายน้ำ (insoluble protein) ที่ติดอยู่ในเครื่อง และส่วนของเหลวที่มีโปรตีนละลายอยู่เล็กน้อย หรือเรียกว่าส่วนหางกะทิ 1 (coconut skim milk 1) ซึ่งเป็นส่วนที่มีความหนาแน่นสูง

1.2 ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้

ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด (virgin coconut oil) ที่จะนำมาใช้สำหรับการผลิตน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมันประกอบด้วย โปรตีน 1 คือโปรตีนที่ไม่ละลายในน้ำ ซึ่งติดอยู่ในเครื่องแยกครีม โปรตีน 2 คือ โปรตีนที่ได้จากการนำเอาส่วนหางกะทิ 1 มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C นาน 10 นาที ด้วยเครื่องเครื่องกวนผสมแบบควบคุมอุณหภูมิ แล้วจึงกรองเอาโปรตีนออกด้วยผ้าขาวบาง และหางกะทิ 2 คือ ส่วนของเหลวที่เหลือจากการแยกโปรตีน 2 ออกจากหางกะทิ 1 แล้ว นำผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ทั้ง 3 ส่วนนี้มาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน และความชื้น ตามวิธีของ A.O.A.C (2000) แสดงในภาคผนวก ก

2. อิทธิพลของอัตราส่วนการผสมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ต่อคุณภาพทางกายภาพ

นำผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ทั้ง 3 ส่วน มาผสมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ 6 อัตราส่วน โดยให้อัตราส่วนโปรตีน 1 และโปรตีน 2 มีค่าคงที่ตามอัตราส่วนผลพลอยได้เริ่มต้น และปรับปริมาณของหางกะทิ 2 ของแต่ละอัตราส่วนเป็น 1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6 และ 0.5 เท่า ของอัตราส่วนหางกะทิผลพลอยได้เริ่มต้น นำส่วนผสมทั้ง 6 อัตราส่วนมาเติมน้ำกะทิเข้มข้นซึ่งคั้นได้จากเนื้อมะพร้าวขูดค่อน้ำในอัตราส่วน 2 : 1 (น้ำมัน 17%) ในปริมาณ 0, 5, 10, 15 และ 20% โดยน้ำหนัก ปั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสมที่ความเร็วสูงสุคนาน 3 นาที จากนั้นนำมาตรวจวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CM-3500d) และความข้นหนืดด้วยเครื่องวัดความข้นหนืด (Brookfield viscometer RV-DV III) หัววัด UL-Adapter ความเร็วรอบ 100 rpm โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial 6 x 5 ในแผน Completely Randomized Design (CRD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3. สูตรน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำตาลที่เหมาะสม

เลือกอัตราส่วนการผสมที่ได้จากข้อ 2 มา 5 สูตร ผสมกับน้ำตาลให้มีความเข้มข้นของน้ำตาลเป็น 15 % โดยน้ำหนัก นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C นาน 10 นาที จากนั้นนำมาทดสอบความชอบด้านความหวาน ความมัน กลิ่นรส ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม โดยเสิร์ฟน้ำกะทิพร้อมไขมันร่วมกับชาหริ่มในสถานะเย็นเหมือนการบริโภคตามปกติ โดยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน เพื่อคัดเลือกสูตรน้ำกะทิพร้อมไขมันที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากการนำผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์มากที่สุด มีไขมันต่ำที่สุด และผู้ทดสอบมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ด้วย โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

4. อิทธิพลของชนิดสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่อการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์

เลือกสูตรน้ำกะทิพร้อมไขมันที่ได้จากข้อ 3 มาเตรียมเป็นน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน โดยให้ความเข้มข้นของโปรตีน 1 โปรตีน 2 และน้ำตาลมีค่าคงที่ ตามสัดส่วนของสูตรที่เหมาะสมที่เลือกได้จากข้อ 3 แล้วลดปริมาณของหางกะทิ 2 ลงให้เหลือประมาณ 15% ของหางกะทิ 2 ในสูตรที่เหมาะสม เพื่อประหยัดเวลาในการระเหยน้ำทำให้เข้มข้น เติมสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กลีเซอรอล (Glycerol) ซอร์บิทอล (Sorbitol) และกลูโคส (Glucose) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10 และ 15% โดยน้ำหนัก ของส่วนผสมทั้งหมดไม่รวมสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ระเหยน้ำจนได้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดที่เหมาะสมต่อการกระบวนการผลิตและการใช้งาน จากนั้นนำไปวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตีด้วยเครื่องวัดระดับวอเตอร์แอกติวิตี (Thermoconstanter novasina RTD-33) เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของชนิดสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

5. อิทธิพลของปริมาณสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่อความชอบของผู้บริโภค

เลือกชนิดสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่สามารถลดระดับวอเตอร์แอกติวิตีของน้ำกะทิข้นหวานได้มากที่สุดมาศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อคุณภาพทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส โดยใช้สารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ระดับความเข้มข้น 4 ระดับ ที่สามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีให้มีค่าใกล้เคียงกับนมข้นหวานทางการค้า คือ 0.82 เติมน้ำในสูตรน้ำกะทิพร้อมไขมันเช่นเดียวกับข้อ 4 นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C นำไปวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตีด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Thermoconstanter novasina RTD-33) และความชื้นหนืดด้วยเครื่องวัดความชื้นหนืด (Bostwick consistometer) โดยตรง แล้วนำตัวอย่างน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมันที่เตรียมได้มาทดสอบความชอบด้านความหวาน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความชื้นหนืด และความชอบโดยรวม โดยเสิร์ฟน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมันร่วมกับแครกเกอร์รับประทานโดยใช้แครกเกอร์จุ่มน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน จากนั้นนำตัวอย่างมาคืนรูปโดยการเจือจางด้วยน้ำให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมกับการบริโภค คือมีความเข้มข้นของโปรตีน 2.13% (เติมน้ำประมาณ 2.3 เท่า) แล้วนำไปทดสอบความชอบด้านความหวาน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยเสิร์ฟน้ำกะทิพร้อมไขมันร่วมกับชาหริ่มในสถานะเย็นเหมือนการบริโภคตามปกติ โดยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบทั่วไป 30 คน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

6. การหาอายุการเก็บของน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมันโดยวิธีการเร่ง

6.1 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน

เตรียมน้ำกะทิพร้อมไขมันตามสัดส่วนของสูตรที่เลือกได้จากข้อ 3 โดยให้ความเข้มข้นของโปรตีน 1 โปรตีน 2 และน้ำตาลมีค่าคงที่ แล้วลดปริมาณของหางกะทิ 2 ลงให้เหลือประมาณ 15% ของหางกะทิ 2 เพื่อประหยัดเวลาในการระเหยน้ำทำให้เข้มข้น แล้วเติมสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีชนิดและความเข้มข้นที่เลือกได้จากข้อ 4 และ 5 ตามลำดับ นำส่วนผสมมาให้ความร้อนที่ 80°C ระเหยน้ำจนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นหนืดที่เหมาะสมต่อการกระบวนผลิตและการใช้งาน จากนั้นบรรจุลงในขวดแก้วปิดฝาให้สนิท แล้วทำให้เย็นลงโดยแช่น้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 10°C จากนั้นนำมาเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 40 และ 50°C เพื่อเร่งการเปลี่ยนแปลง

คุณภาพ สุ่มตัวอย่างน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันตามระยะเวลา ทุก 14 วัน ในช่วง 10 สัปดาห์แรก และทุก 7 วัน ในช่วง 3 สัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา ตรวจวัดคุณภาพทางด้านสีด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CM-3500d) ความขุ่นหนืดด้วยเครื่องวัดความขุ่นหนืด (Bostwick consistometer) โดยเจือจางน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันกับน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 และค่าพีเอช ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางด้านเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อราและยีสต์ จากนั้นทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 24 คน เพื่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมที่เท่ากับ 6 เป็นเกณฑ์การหมดอายุ เพื่อนำมาใช้สำหรับกำหนดอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน และเลือกลักษณะคุณภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงที่สุด มาหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงกับเวลา เพื่อใช้ในการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันในระหว่างการเก็บรักษา ควบคู่ไปกับการพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมที่เท่ากับ 6 ด้วย

6.2 การกำหนดอายุของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน

นำค่าปัจจัยคุณภาพที่แสดงการหมดอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน ที่ได้จากข้อ 6.1 มากำหนดอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บที่อุณหภูมิเร่ง คือ 40 และ 50°C โดยแทนค่าในสมการเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยคุณภาพกับเวลาในการเก็บรักษาน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่อุณหภูมินั้น ๆ จากนั้นนำค่าอายุการเก็บที่อุณหภูมิเร่งมาทำนายอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30°C) ของตัวอย่างน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน คำนวณโดยใช้เทคนิค Q_{10} (Labuza and Schmidl, 1985)

7. สถานที่ทำการวิจัย

ห้องวิจัยปริญญโท ห้องปฏิบัติการเคมีทางอาหาร ห้องทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

8. ระยะเวลาทำการวิจัย

การทดลองเริ่มเดือน มกราคม 2549 สิ้นสุดเดือนกรกฎาคม 2550

ผลและวิจารณ์

1. องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ จากการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด

การผลิตน้ำมันมะพร้าวสดโดยการหมุนเหวี่ยงน้ำกะทิ เมื่อนำนํ้ากะทิไปผ่านเข้าเครื่องแยกครีม สามารถแยกส่วนต่าง ๆ ได้เป็น 3 ส่วน คือ ครีมหรือหัวกะทิ (coconut cream) โพรตีนที่ติดอยู่ในเครื่อง และหางกะทิ 1 ส่วนของครีมจะนำไปใช้ในการสกัดน้ำมันมะพร้าวสด ดังนั้นส่วนต่าง ๆ ที่เหลือจึงเป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด

ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด (virgin coconut oil) สำหรับนำมาใช้ผลิตน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน ประกอบด้วย โพรตีน 1 คือ โพรตีนที่ไม่ละลายในน้ำเป็นของแข็งซึ่งติดอยู่บนผนังเครื่องแยกครีม มีลักษณะเป็นของแข็งที่ค่อนข้างแห้งและมีสีขาวคล้ำ โพรตีน 2 คือ โพรตีนที่ได้จากการนำเอาส่วนหางกะทิ 1 มาให้ความร้อน แล้วจึงกรองออกด้วยผ้าขาวบาง ซึ่งเป็นโพรตีนที่ละลายในน้ำ มีลักษณะเป็นตะกอนละเอียด ๆ มีสีขาว และหางกะทิ 2 คือ ส่วนของเหลวที่เหลือจากการแยกเอาโพรตีน 2 ออกจากหางกะทิ 1 แล้ว มีลักษณะที่ค่อนข้างใส เมื่อนำส่วนต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ ผลพลอยได้ที่แยกได้จากน้ำกะทิไปชั่งน้ำหนัก และเทียบเป็นอัตราส่วน แล้ววิเคราะห์ปริมาณโพรตีน ไขมัน และความชื้น ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ จากการผลิตน้ำมันมะพร้าวสดจากน้ำกะทิสด

ผลพลอยได้	ผลผลิต (กรัม)	อัตราส่วน	องค์ประกอบ (%)		
			โพรตีน	ไขมัน	ความชื้น
โพรตีน 1	13.32	1	36.95	0.5	56.52
โพรตีน 2	43.27	3.25	9.21	0.5	84.09
หางกะทิ 2	660.93	49.62	0.64	0	96.24

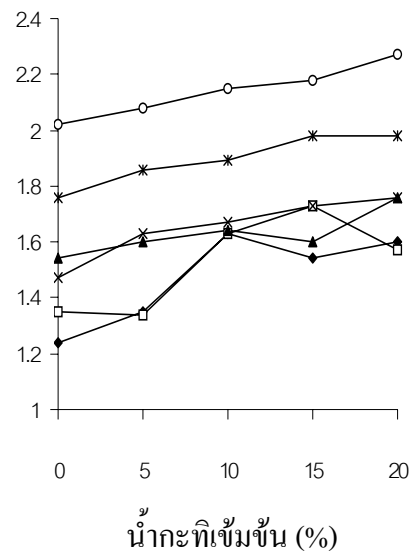
จากตารางที่ 5 พบว่าผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ทั้ง 3 ส่วน มีผลผลิตและองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบหลักส่วนใหญ่จะเป็นความชื้นและโปรตีน ส่วนไขมันจะมีอยู่เพียงเล็กน้อย โดยโปรตีน 1 จะมีผลผลิตน้อยที่สุด แต่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนมากกว่าโปรตีน 2 และหางกะทิ 2 ที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องจากว่าธรรมชาติของส่วนประกอบในน้ำกะทิ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือโปรตีน ไขมัน และน้ำ โดยอนุภาคไขมันเป็นวัฏภาคกระจายตัว (dispersed phase) ที่กระจายตัวอยู่ในน้ำซึ่งเป็นวัฏภาคต่อเนื่อง (continuous phase) และโปรตีนจะเป็นตัวเชื่อมระหว่างผิวหน้าอนุภาคไขมันกับน้ำ (สุคนธ์ชื่น, 2537) ดังนั้นเมื่อทำการหมุนเหวี่ยงน้ำกะทิ จะทำให้ได้เป็นส่วนของครีมซึ่งมีไขมันอยู่มากที่สุด ส่วนของโปรตีนที่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายในน้ำ (โปรตีน 1) ที่ติดอยู่กับผนังเครื่องแยกครีม และส่วนของหางกะทิที่มีโปรตีนที่ละลายในน้ำ (โปรตีน 2) อยู่เล็กน้อย ซึ่ง Hagenmaier *et al.* (1972) กล่าวว่าโปรตีนละลายอยู่ในส่วนน้ำ (aqueous phase) เพียง 30% เท่านั้น ที่เหลือเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยดูดซับอยู่บริเวณพื้นผิวระหว่างน้ำมันกับน้ำ ทำให้อนุภาคไขมันในน้ำกะทิเปียกน้ำ (wet) กระจายตัว (disperse) ไหลได้ (fluidize) และละลายได้ (dissolve) ซึ่งก็หมายถึงโปรตีนที่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำนั่นเอง แม้ว่าโปรตีน 1 จะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนมากกว่าโปรตีน 2 แต่เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตโปรตีนแล้วพบว่าโปรตีน 2 มีผลผลิตที่มากกว่า เนื่องจากโปรตีน 2 แยกได้จากส่วนของหางกะทิ ซึ่งเป็นส่วนที่มีปริมาณมากที่สุดจากการหมุนเหวี่ยงกะทิ จึงเป็นส่วนที่มีผลผลิตโปรตีนมากกว่าโปรตีนที่ไม่ละลายในน้ำ (โปรตีน 1) นอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีน 1 มีความชื้นน้อยกว่าโปรตีน 2 และหางกะทิ 2 ก่อนข้างมาก เนื่องจากโปรตีน 1 มีลักษณะเป็นของแข็งที่ไม่ละลายในน้ำที่ติดอยู่ในเครื่องแยกครีม ซึ่งสามารถแยกออกจากส่วนของครีมและหางกะทิได้ด้วยแรงเหวี่ยง ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงทำให้มีลักษณะที่ค่อนข้างแห้งและมีความชื้นน้อยกว่าโปรตีน 2 ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำและถูกแยกโดยการตกตะกอนด้วยความร้อน แล้วกรองออกโดยผ้าขาวบาง จะมีลักษณะเป็นตะกอนละเอียด ๆ เนื่องจากไม่สามารถบีบเอาน้ำหางกะทิออกได้หมด จึงเป็นผลให้โปรตีน 2 มีความชื้นมากกว่าโปรตีน 1 แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ทั้ง 3 ส่วนนี้ มีปริมาณไขมันที่น้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หางกะทิ 2 ที่พบว่ามีไขมันอยู่ 0 % หรือไม่มีไขมันเหลืออยู่เลยนั่นเอง

จากการแยกน้ำมันมะพร้าวสดจากน้ำกะทิสด 1,000 กรัม พบว่าอัตราส่วนระหว่างโปรตีน 1 โปรตีน 2 และหางกะทิ 2 คือ 1: 3.25: 49.62 ซึ่งเป็นอัตราส่วนเริ่มต้นสำหรับนำไปใช้ในการเตรียมส่วนผสมโปรตีน เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่มีอัตราส่วนของโปรตีนชนิดต่าง ๆ เหมือนในน้ำกะทิธรรมชาติ

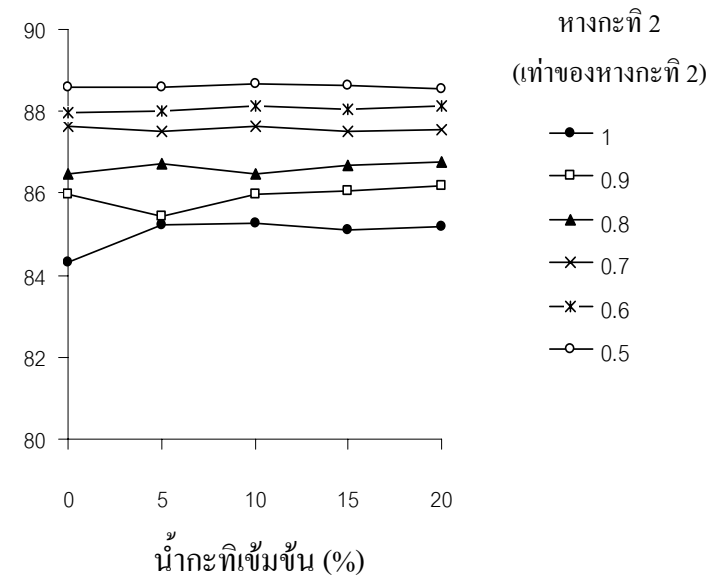
2. ผลของอัตราส่วนการผสมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ต่อคุณภาพทางกายภาพ ของส่วนผสมโปรตีน

การปรับอัตราส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ทั้ง 3 ส่วน โดยให้อัตราส่วนโปรตีน 1 และโปรตีน 2 มีค่าคงที่ตามอัตราส่วนผลพลอยได้เริ่มต้น (1 : 3.25) และปรับปริมาณของหางกะทิ 2 เป็น 1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6 และ 0.5 เท่า ของอัตราส่วนหางกะทิในผลพลอยได้เริ่มต้น (49.62) เพื่อให้ส่วนผสมมีระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน และการเติมน้ำกะทิเข้มข้นในส่วนผสม ปริมาณ 0, 5, 10, 15 และ 20% โดยน้ำหนักของแต่ละอัตราส่วน เพื่อให้ส่วนผสมมีกลิ่นรสที่ดี ใกล้เคียงกับน้ำกะทิธรรมชาติ เนื่องจากน้ำกะทิเข้มข้นสามารถทำหน้าที่ให้กลิ่นรสที่ดี โดยเฉพาะ ในส่วนผสมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ที่มีความเข้มข้นต่ำ เมื่อนำส่วนผสมทั้งหมดมาตรวจสอบ คุณภาพด้านกายภาพโดยวัดความข้นหนืดด้วยเครื่องวัดความข้นหนืด (Brookfield viscometer) และค่าความสว่างด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CM-3500d) พบว่าส่วนผสมโปรตีนที่มีปริมาณของหางกะทิ 2 ลดลง ซึ่งมีผลให้ปริมาณโปรตีนสูงขึ้น มีค่าความข้นหนืดและความสว่างของน้ำกะทิ เพิ่มขึ้น โดยลักษณะความข้นหนืดของส่วนผสมโปรตีนที่มีโปรตีนอยู่น้อย (สัดส่วนหางกะทิ 2 สูง) จะมีลักษณะใสเหมือนน้ำกะทิเจือจาง ส่วนลักษณะความข้นหนืดของส่วนผสมโปรตีนที่มีโปรตีน อยู่มาก (สัดส่วนหางกะทิ 2 ต่ำ) จะมีลักษณะขาวขุ่นเหมือนน้ำกะทิที่เข้มข้น ซึ่งให้ผลสอดคล้อง กับค่าความสว่าง (L^*) ที่เพิ่มขึ้นด้วย ดังแสดงในภาพที่ 1

ความขุ่นหนืด (cp)



ความสว่าง (L*)



ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยความขุ่นหนืด และความสว่างของส่วนผสมโปรตีน 6 อัตราส่วน ที่เติมน้ำกะทิ เข้มข้นในปริมาณต่าง ๆ กัน

การที่ส่วนผสมโปรตีนมีความข้นหนืดและความสว่างเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของโปรตีนสูงขึ้น เนื่องจากมีโปรตีนกระจายตัวอยู่มากกว่ามีผลทำให้เกิดการต้านต่อแรงกระทำ จึงทำให้มีความข้นหนืดมากขึ้น (Damodaran and Paraf, 1997; Flourey *et al.*, 2002) และเกิดการสะท้อนแสงได้มากจึงทำให้มีความสว่างเพิ่มขึ้น (Prabhasankar *et al.*, 2007) นอกจากนี้ปริมาณน้ำกะทิเข้มข้นก็มีผลต่อความข้นหนืดเช่นกัน เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำกะทิเข้มข้นมีทั้งอนุภาคโปรตีนและไขมันที่ต้านแรงกระทำและสะท้อนแสงได้ ซึ่งเมื่อเติมในปริมาณมากขึ้นจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นด้วย แต่ปริมาณน้ำกะทิเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความสว่าง อาจเป็นเพราะว่าน้ำกะทิที่เติมลงไปมีปริมาณน้อย เป็นผลให้ส่วนผสมโปรตีนมีไขมันค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำกะทิธรรมชาติ ประกอบกับการเตรียมส่วนผสมโปรตีนไม่มีการโฮโมจิไนส์ ซึ่งอาจทำให้อนุภาคของไขมันมีขนาดไม่เล็กพอ จึงมีการกระจายตัวได้น้อยและมีพื้นที่ผิวที่ทำให้แสงตกกระทบได้น้อย เป็นผลให้เกิดการสะท้อนแสงออกมาได้น้อยตามไปด้วยเช่นกัน (ปีติกันต์, 2548; Chiewchan *et al.*, 2006)

แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้พบว่า ยังไม่มีส่วนผสมโปรตีนใดที่มีลักษณะที่เหมาะสมในการใช้แทนน้ำกะทิอย่างเด่นชัด เนื่องจากไม่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมือนกับน้ำกะทิธรรมชาติ โดยน้ำกะทิธรรมชาติมีความข้นหนืด 2.36 cp และมีค่าความสว่างเท่ากับ 88.72 ถึงแม้ว่าจะมีส่วนผสมโปรตีนบางตัวอย่างที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับน้ำกะทิธรรมชาติก็ตาม เช่น ตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของหางกะทิ 2 เป็น 0.5 เท่า ของอัตราส่วนหางกะทิในผลพลอยได้เริ่มต้น และมีการเติมน้ำกะทิเข้มข้นปริมาณ 20% โดยน้ำหนัก พบว่ามีความข้นหนืดและความสว่างที่ใกล้เคียงกับน้ำกะทิธรรมชาติ กล่าวคือ มีความข้นหนืด 2.27 cp และมีค่าความสว่างเท่ากับ 88.56 แต่จากลักษณะปรากฏที่สังเกตเห็นได้ พบว่าส่วนผสมโปรตีนตัวอย่างดังกล่าวนี้มีลักษณะปรากฏที่มีความข้นหนืดมากกว่าน้ำกะทิธรรมชาติมาก ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการนำมาบริโภค ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดส่วนผสมโปรตีนที่มีความเข้มข้นของโปรตีนในระดับต่าง ๆ มาพิจารณาเพื่อคัดเลือกอีกครั้งหนึ่ง โดยกำหนดในลักษณะที่ให้ส่วนผสมโปรตีนที่มีปริมาณโปรตีนมากใช้น้ำกะทิเข้มข้นในปริมาณน้อย และส่วนผสมโปรตีนที่มีปริมาณโปรตีนน้อยใช้น้ำกะทิเข้มข้นในปริมาณมาก เพื่อให้ส่วนผสมของแต่ละส่วนผสมโปรตีนมีลักษณะปรากฏที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากทั้งโปรตีนและน้ำกะทิเข้มข้นมีผลต่อความข้นหนืด ดังนั้นเมื่อใช้ปริมาณโปรตีนน้อยก็ต้องใช้น้ำกะทิเข้มข้นปริมาณเพิ่มมากขึ้น และเมื่อใช้ปริมาณโปรตีนมากก็ต้องลดปริมาณน้ำกะทิเข้มข้นให้น้อยลง

การกำหนดส่วนผสมโปรตีนสำหรับการคัดเลือก จะกำหนดให้สัดส่วนของหางกะทิ 2 เป็น 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9 เท่า ของหางกะทิในอัตราส่วนเริ่มต้น ให้ส่วนผสมมีความเข้มข้น ลดลงตามลำดับ โดยอัตราส่วนเริ่มต้นของหางกะทิ 2 มีค่าเป็น 49.62 และเติมน้ำกะทิเข้มข้น 0-20% ตามลำดับความเข้มข้น คือไม่เติมน้ำกะทิเข้มข้นในตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูงสุด และเติม 20% ในตัวอย่างที่มีความเข้มข้นน้อยสุด ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 อัตราส่วนการผสมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ และสัดส่วนการผสมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ กับน้ำกะทิเข้มข้น ให้ได้ส่วนผสมที่มีลักษณะปรากฏแตกต่างกัน

ส่วนผสม	สัดส่วนผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้			ส่วนผสม (%)	
	โปรตีน 1 : โปรตีน 2 : หางกะทิ 2			ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้	น้ำกะทิเข้มข้น
1	1	:	3.25 : 24.81	100	0
2	1	:	3.25 : 29.77	95	5
3	1	:	3.25 : 34.73	90	10
4	1	:	3.25 : 39.70	85	15
5	1	:	3.25 : 44.66	80	20

3. สูตรน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำตาลที่เหมาะสม

เมื่อใช้อัตราส่วนการผสมโปรตีนที่ได้จากตารางที่ 6 จำนวน 5 อัตราส่วน ผสมกับน้ำตาล ให้มีความเข้มข้นของน้ำตาลเป็น 15% โดยน้ำหนัก จะได้ส่วนผสมทั้งหมด 5 สูตร ดังแสดงใน ตารางที่ 7 ซึ่งแต่ละสูตรมีส่วนผสมและองค์ประกอบแตกต่างกัน โดยส่วนผสมสูตรที่ 1 จะมี องค์ประกอบของโปรตีนมากที่สุด แต่มีไขมันน้อยที่สุด ในขณะที่ส่วนผสมสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 จะมีองค์ประกอบของโปรตีนน้อย และไขมันมากตามกันไปเป็นลำดับ

ตารางที่ 7 ส่วนผสมและองค์ประกอบของน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำ 5 สูตร

สูตร	ส่วนผสม (%)					องค์ประกอบ (%)	
	โปรตีน 1	โปรตีน 2	หางกะทิ 2	น้ำกะทิเข้มข้น	น้ำตาล	โปรตีน	ไขมัน
1	3.15	10.25	71.60	0	15	2.57	0.07
2	2.63	8.54	69.58	4.25	15	2.21	0.78
3	2.25	7.33	66.92	8.50	15	2.00	1.49
4	1.97	6.41	63.87	12.75	15	1.73	2.21
5	1.75	5.70	60.55	17	15	1.57	2.93

จากการพิจารณาลักษณะปรากฏของน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำทั้ง 5 สูตร พบว่า น้ำกะทิพร้อมไขมันสูตรที่ 1 มีลักษณะที่ค่อนข้างข้นมากกว่าสูตรอื่น ๆ ทั้ง 4 สูตร และไม่มีน้ำมันลอยอยู่ที่ผิวหน้า แต่สูตรอื่น ๆ จะเห็นหยดน้ำมันลอยอยู่ที่ผิวหน้าค่อนข้างมาก มีลักษณะเหมือนกับน้ำกะทิ ซึ่งสามารถยอมรับได้ ส่วนสีของน้ำกะทิพร้อมไขมันทั้ง 5 สูตร มีลักษณะเป็นสีขาวทึบแสงเหมือนน้ำกะทิตดไม่แตกต่างกัน และมีกลิ่นหอมเฉพาะของโปรตีนซึ่งคล้ายกับน้ำมะพร้าวหอม

เมื่อนำน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำทั้ง 5 สูตร มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความชอบด้านความหวาน ความมัน กลิ่นรส ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม โดยเสิร์ฟน้ำกะทิพร้อมไขมันร่วมกับชาหริ่มในสถานะเย็นเหมือนการบริโภคตามปกติ โดยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale พบว่าคะแนนความชอบของทุกคุณลักษณะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ระหว่างตัวอย่าง โดยผู้ทดสอบมีความชอบผลิตภัณฑ์ทุกสูตร อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย – ชอบปานกลาง ในทุกคุณลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำ 5 สูตร

คุณลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบต่อสูตร				
	1	2	3	4	5
ความหวาน ^{ns}	7.00	6.83	6.93	6.77	6.90
ความมัน ^{ns}	6.77	6.97	6.97	6.87	6.87
กลิ่นรส ^{ns}	6.80	6.90	7.00	6.90	6.97
ความข้นหนืด ^{ns}	6.70	6.60	6.70	6.93	6.80
ความชอบโดยรวม ^{ns}	6.95	6.95	6.98	7.15	7.12

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

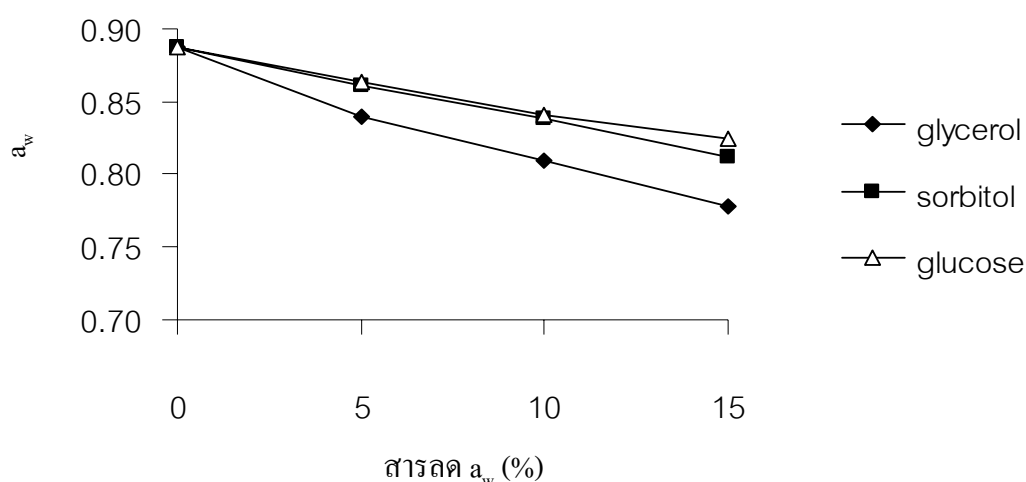
เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวม พบว่าทุกสูตรของน้ำกะทิพร้อมไขมันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบ 6.95-7.15 ดังนั้นการเลือกสูตรสำหรับนำไปเตรียมเป็นน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน จะเลือกสูตรที่มีการนำเอาผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ไขมันน้อยที่สุด และผู้บริโภคมีความชอบผลิตภัณฑ์ด้วย คือสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้มากที่สุด 85% มีไขมันน้อยสุดเพียง 0.07% เนื่องจากไม่มีการเติมน้ำกะทิเข้มข้น และมีคะแนนความชอบโดยรวมเข้าใกล้ขอบปานกลางและไม่แตกต่างจากตัวอย่างอื่น ๆ

4. ผลของชนิดสารลดค่าวอเตอร์แอกทีวี่ต่อการลดค่าวอเตอร์แอกทีวี่ของผลิตภัณฑ์ข้นหวานพร้อมไขมัน

การเตรียมน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมันโดยให้ความเข้มข้นของโปรตีน 1 โปรตีน 2 และน้ำตาลมีค่าคงที่ แล้วลดปริมาณของหางกะทิ 2 ลง เพื่อลดเวลาในการระเหยน้ำทำให้เข้มข้น ซึ่งเป็นผลทำให้โปรตีนเริ่มต้นมีความเข้มข้น 6.41% เมื่อระเหยน้ำออกประมาณ 9% โดยน้ำหนัก จึงหยุดการให้ความร้อน เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดอยู่ในลักษณะที่สามารถคนได้ และไม่สามารถระเหยน้ำออกไปได้อีก เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ข้นหนืดมากเกินไปทำให้คนได้ยากและติดภาชนะ อีกทั้งยังทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้ โดยความข้นหนืดในลักษณะที่สามารถคนได้นี้ค่าวอเตอร์แอกทีวี่ของผลิตภัณฑ์ยังมีค่าสูงอยู่ ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารลดค่าวอเตอร์

แอคติวิตี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีอยู่ในระดับต่ำ เมื่อหยุดระเหยน้ำแล้วพบว่า ผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นของโปรตีนประมาณ 7%

การศึกษาอิทธิพลของชนิดสารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตีที่มีต่อการลดระดับวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน โดยใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตีชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และกลูโคส ในน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ซึ่งผลการทดลองที่แสดงถึงระดับวอเตอร์แอคติวิตีของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน แสดงไว้ในภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่ไม่มีการใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (สารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี 0%) มีค่าวอเตอร์แอคติวิตีเท่ากับ 0.887 จากนั้นเมื่อมีการเติมสารลดค่าวอเตอร์ในปริมาณต่าง ๆ พบว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตีของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันนั้นมีความลดลงตามปริมาณสารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตีที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากสารประกอบต่าง ๆ เหล่านี้มีประสิทธิภาพในการลดระดับวอเตอร์แอคติวิตีของอาหารได้ดีกว่าน้ำตาลซูโครส หรืออาจกล่าวได้ว่าสารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่าง ๆ เหล่านี้มีความสามารถในการจับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าน้ำตาลซูโครส (Cauvain and Young, 2000) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยต่าง ๆ ที่รายงานว่าประสิทธิภาพในการลดระดับวอเตอร์แอคติวิตีของน้ำตาลซูโครสมีค่าต่ำกว่ากลูโคส ซอร์บิทอล และกลีเซอรอล (Chirife *et al.*, 1980; Golden and Beuchat, 1990; Tokuoka and Ishitani, 1991)



ภาพที่ 2 อิทธิพลของชนิดสารลดค่าวอเตอร์แอคติวิตีต่อการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตีของผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดระดับวอเตอร์แอคทีวิตีของสารทั้ง 3 ชนิด จะเห็นว่ากลีเซอรอลนั้นมีประสิทธิภาพในการลดระดับวอเตอร์แอคทีวิตีของน้ำกะทิข้นหวาน พร่องไขมันดีที่สุดในทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้ ในขณะที่ซอร์บิทอลและกลูโคสนั้นมี ประสิทธิภาพในการลดระดับวอเตอร์แอคทีวิตีใกล้เคียงกัน และประสิทธิภาพในการลดระดับ วอเตอร์แอคทีวิตีดังกล่าวดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลีเซอรอล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะนุช (2545) ที่ทำการทดลองใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคทีวิตีในไส้ขนมเปียะ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็ เนื่องจากซอร์บิทอลและกลูโคสนั้นมีมวลโมเลกุล 182 และ 180 ตามลำดับ ซึ่งมีขนาดโมเลกุล ใกล้เคียงกัน ในขณะที่กลีเซอรอลมีขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่าอย่างเห็นได้ชัด โดยมวลโมเลกุลของ กลีเซอรอล คือ 92 ดังนั้นที่ระดับปริมาณความเข้มข้นโดยน้ำหนักเท่ากัน กลีเซอรอลจะมีจำนวน โมเลกุลมากกว่า ทำให้สามารถยึดจับโมเลกุลของน้ำได้เป็นจำนวนที่มากกว่า จึงส่งผลให้ ประสิทธิภาพในการลดค่าวอเตอร์แอคทีวิตีดีกว่าซอร์บิทอล และกลูโคส (Chen, 1987; Suhendro *et al.*, 1995; Cauvain and Young, 2000)

นอกจากปัจจัยขนาดโมเลกุลแล้ว ยังมีอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการลด ระดับวอเตอร์แอคทีวิตี คือ ความสามารถในการละลายได้ในน้ำของสารประกอบนั้น ๆ ซึ่งเมื่อ พิจารณาถึงความสามารถในการละลายได้ในน้ำของกลีเซอรอล ซอร์บิทอล กลูโคส และซูโครส พบว่ากลีเซอรอลเป็นสารประกอบที่มีความสามารถในการละลายได้ในน้ำดีที่สุด โดย Labuza and Hyman (1998) รายงานว่าความสามารถในการละลายได้ในน้ำสูงสุดของซูโครส กลูโคส ซอร์บิทอล และกลีเซอรอล คือ 69, 47, 70 และ 100% ตามลำดับ นอกจากนี้การที่กลีเซอรอลเป็น สารประกอบที่มีสถานะเป็นของเหลว ในขณะที่สารลดค่าวอเตอร์แอคทีวิตีชนิดอื่นมีสถานะเป็น ของแข็ง ทำให้การผสมของกลีเซอรอลกับน้ำกะทิเป็นไปได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ อันเป็นผลส่งเสริมให้ความสามารถในการเข้าจับกับโมเลกุลของน้ำดียิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ กรณิที่ใช้สารลดค่าวอเตอร์แอคทีวิตีชนิดอื่น ๆ เช่นเดียวกับการรายงานของ Rao (1997) ที่กล่าวว่า ปัจจัยหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้กลีเซอรอลมีประสิทธิภาพในการลดระดับวอเตอร์แอคทีวิตีที่ดี และ เป็นที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร คือ การที่กลีเซอรอลนั้นมีสถานะเป็นของเหลวนั่นเอง ดังนั้นจากการทดลองนี้จึงเลือกกลีเซอรอลมาใช้ในการผลิตน้ำกะทิข้นหวานพร่องไขมัน

5. ผลของปริมาณสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่อความชอบของผู้บริโภค

การใช้กลีเซอรอลสำหรับเป็นสารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีในผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน โดยเลือกใช้ในระดับความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 7, 8, 9, และ 10% เนื่องจากเป็นระดับความเข้มข้นที่สามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ให้มีค่าใกล้เคียงกับนมชั้นหวานทางการค้า คือ 0.82

เมื่อวัดคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันที่ใช้กลีเซอรอลในระดับความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 7, 8, 9, และ 10% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมดไม่รวมกลีเซอรอลเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันที่ไม่เติมกลีเซอรอล (0%) พบว่าทั้งค่าวอเตอร์แอกติวิตีและค่าความชื้นหนืดของน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันทุกตัวอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันที่ไม่เติมกลีเซอรอล (0%) มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีสูงถึง 0.887 และความชื้นหนืดมากที่สุด เมื่อวัดด้วยเครื่อง Bostwick consistometer โดยค่าของ Bostwick เป็นระยะทางการไหล ค่าสูงแสดงว่ามีความชื้นหนืดต่ำ พบว่ามีอัตราการไหล 4.5 ซม./20 วินาที โดยน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันที่เติมกลีเซอรอลในปริมาณที่สูงขึ้น มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีและความหนืดลดลงตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน

คุณสมบัติทางกายภาพ	ปริมาณกลีเซอรอล (%)				
	0	7	8	9	10
วอเตอร์แอกติวิตี	0.887 ^a	0.826 ^b	0.821 ^c	0.812 ^d	0.809 ^e
ความชื้นหนืด (ซม./20 วินาที)	4.5 ^c	5.5 ^d	5.55 ^c	6.0 ^b	6.25 ^a

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการพิจารณาลักษณะปรากฏของน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อเติมกลีเซอรอลในปริมาณต่าง ๆ พบว่าน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมันที่ไม่เติมกลีเซอรอล จะมีลักษณะที่ข้นมาก แต่เมื่อเติมกลีเซอรอลลงไปแล้ว น้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมันมีความข้นหนืดลดลง กล่าวคือ มีลักษณะที่เหลวขึ้น และมีความข้นหนืดลดลงมากขึ้นเมื่อปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น โดยน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมันที่เติมกลีเซอรอล 9 และ 10 % มีลักษณะที่เหลวจนสามารถเทได้ การที่ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตีลดลงเมื่อความเข้มข้นของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นทำให้สามารถยึดจับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น และนอกจากนี้กลีเซอรอลยังเป็นสารประกอบที่มีลักษณะเป็นของเหลว ซึ่งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืดลดลงเมื่อปริมาณของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น

การศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารลดค่าวอเตอร์แอคทีวิตีต่อความชอบของผู้บริโภค โดยใช้กลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้น 0, 7, 8, 9, และ 10% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมดไม่รวมกลีเซอรอล โดยทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งจะทดสอบเป็น 2 รูปแบบ คือเป็นแบบข้นหวานกับแบบคั้นรูปโดยการเจือจางด้วยน้ำ เนื่องจากลักษณะการนำไปใช้บริโภคสามารถใช้ได้ทั้ง 2 ลักษณะ จึงทดสอบชิม 2 ลักษณะ การทดสอบทางประสาทสัมผัสในลักษณะข้นหวานจะทดสอบความชอบด้านความหวาน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม โดยเสิร์ฟน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมันร่วมกับแครกเกอร์ ซึ่งรับประทานแบบใช้แครกเกอร์จมน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน จากคะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale พบว่าความชอบต่อคุณลักษณะด้านความหวาน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ความชอบต่อกลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม ของทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์น้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน

คุณลักษณะทาง ประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล (%)				
	0	7	8	9	10
ความหวาน	5.30 ^b	6.33 ^a	5.53 ^b	6.17 ^a	6.60 ^a
กลิ่นรส	6.47 ^a	6.13 ^a	6.30 ^a	6.70 ^a	6.57 ^a
เนื้อสัมผัส	6.67 ^a	6.27 ^a	6.60 ^a	6.43 ^a	6.73 ^a
ความข้นหนืด	6.30 ^a	5.93 ^a	6.13 ^a	6.20 ^a	6.23 ^a
ความชอบโดยรวม	6.60 ^a	6.23 ^a	6.37 ^a	6.67 ^a	6.63 ^a

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะด้านความหวาน ที่แตกต่างกันทางสถิติ โดยตัวอย่างที่ไม่เติมกลีเซอรอลมีคะแนนต่ำที่สุด อยู่ในระดับความชอบเฉย ๆ อาจเนื่องมาจากการทดสอบชิมใช้แคแรกเกอร์ซึ่งมีรสชาติจืด เมื่อรับประทานกับผลิตภัณฑ์น้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน แล้วอาจจะทำให้รสชาติจืดตามไปด้วย ซึ่งทั้งนี้ก็อาจจะเกี่ยวเนื่องมาจากปริมาณของตัวอย่างที่ผู้ทดสอบชิมด้วย เพราะผู้ทดสอบบางคนใช้แคแรกเกอร์จุ่มน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมันในปริมาณมาก ในขณะที่ผู้ทดสอบบางคนอาจจะจุ่มในปริมาณน้อย จึงทำให้การรับรู้รสชาติมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ผู้ทดสอบบางคนชอบรับประทานรสหวานก็จะให้คะแนนสูงในตัวอย่างที่มีรสหวานมาก แต่บางคนที่ไม่ชอบรับประทานรสหวานก็จะให้คะแนนสูงในตัวอย่างที่มีรสหวานน้อยตามไปด้วย จึงส่งผลให้คะแนนมีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อนำน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมันมาคั้นรูปโดยการเจือจางด้วยน้ำประมาณ 2.3 เท่า เพื่อให้ น้ำกะทิมีความเจือจางที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคในลักษณะที่ใกล้เคียงกับน้ำกะทิสด แล้วทดสอบความชอบด้านความหวาน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยเสิร์ฟ น้ำกะทิพร้อมไขมันร่วมกับข้าวหริ่มในสถานะเย็นเหมือนการบริโภคตามปกติ โดยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale พบว่าความชอบต่อคุณลักษณะด้านความหวาน กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ของทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ยกเว้นความชอบโดยรวมที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่มีการเติมสารกลีเซอรอล 10% ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 6.20 ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ที่เติมกลีเซอรอล (%)				
	0	7	8	9	10
ความหวาน	6.53 ^a	6.43 ^a	6.80 ^a	6.40 ^a	5.97 ^a
กลิ่นรส	6.53 ^a	6.93 ^a	6.73 ^a	6.63 ^a	6.27 ^a
เนื้อสัมผัส	6.43 ^a	6.63 ^a	6.87 ^a	6.67 ^a	6.43 ^a
ความชอบโดยรวม	6.80 ^a	6.90 ^a	6.87 ^a	6.67 ^{ab}	6.20 ^b

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องจากการใช้กลีเซอรอลในปริมาณสูง จะทำให้อาหารมีรสหวานจัด และมีผลให้รู้สึกชาและระคายที่ลิ้น ซึ่งยังคงติดค้างอยู่ที่ลิ้น (after taste) หลังจากกลืนอาหารลงไป แล้ว ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการรายงานของ Bone (1973), Toller and Christian (1978), Chirfe *et al.* (1980), Pelaez and Karel (1980), Prabhakar and Ramurthi (1990), Rao (1997) และ ปิยะนุช (2545) ที่รายงานถึงปัญหาทางด้านรสชาติของอาหารอันเกิดจากการใช้กลีเซอรอลในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 รูปแบบ พบว่าสูตรที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมมากและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือ สูตรที่ไม่เติมสารกลีเซอรอล และสูตรที่เติมสารกลีเซอรอล 7, 8 และ 9% ซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมัน 6.80, 6.90, 6.87 และ 6.67 ตามลำดับ ดังนั้นการเลือกสูตรน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการผลิตน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน จำเป็นต้องใช้ปัจจัยอื่นมาช่วยในการตัดสินใจนอกเหนือไปจากปัจจัยด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส ปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ ต้นทุนของวัตถุดิบ โดยพิจารณาถึงปริมาณการใช้ของสารกลีเซอรอล และค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของผลิตภัณฑ์ที่สามารถลดได้ ซึ่งจากการพิจารณาจะเห็นว่า สูตรที่เติมสารกลีเซอรอล 7% นั้นเป็นสูตรที่ทำให้มีต้นทุนของวัตถุดิบต่ำ เนื่องจากสูตรนี้มีการใช้สารกลีเซอรอลในปริมาณน้อย อีกทั้งยังสามารถลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ให้มีระดับต่ำที่ใกล้เคียงกับนมขึ้นหวานทางการค้า คือ 0.82 ซึ่งเป็นสภาวะที่สามารถจะถนอมรักษาผลิตภัณฑ์ให้มีอายุการเก็บรักษาได้เป็น

เวลานาน ดังนั้นจากการทดลองนี้จึงเลือกสูตรที่เติมสารกลีเซอรอล 7% มาผลิตเป็นน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน

ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน จากผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด มีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 12

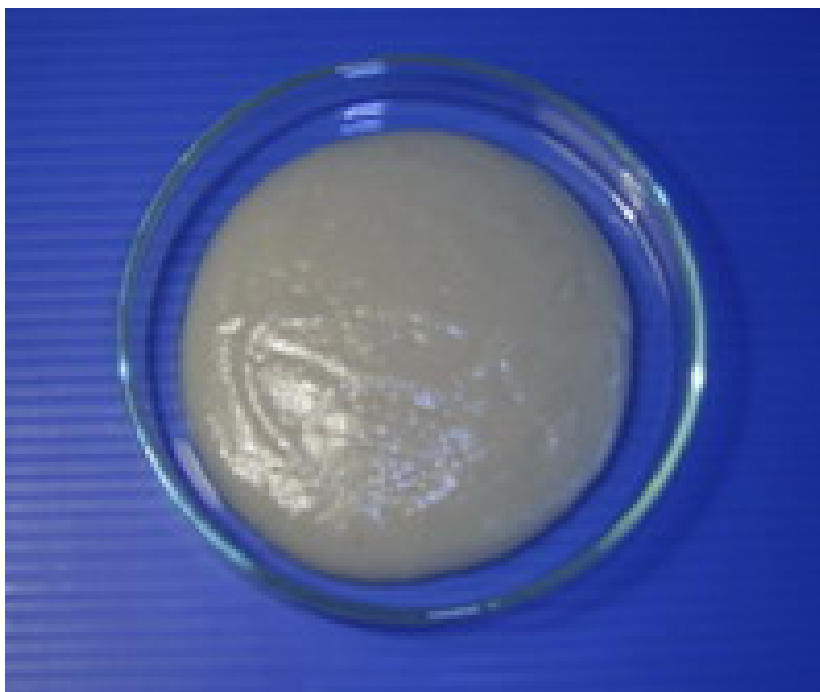
ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน จากผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด

องค์ประกอบ	%
โปรตีน	7.03
ไขมัน	0.23
น้ำตาล	49.38
กลีเซอรอล	7.13

6. อายุการเก็บของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันโดยวิธีการเร่ง

6.1 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน

เมื่อผลิตน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันบรรจุขวดแก้วและตรวจสอบลักษณะปรากฏ พบว่าน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันมีสีขาวคล้ำอมเทา ลักษณะเนื้อสัมผัสเรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ คล้ายขนมไทยที่มีน้ำกะทิเป็นส่วนประกอบ การที่น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันมีสีขาวคล้ำอาจเกิดจากโปรตีน 1 ที่เป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ ซึ่งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นจะมีลักษณะเป็นสีขาวคล้ำ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะของสีที่คล้ำตามไปด้วย ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะปรากฏของน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน ก่อนการเก็บรักษา

เมื่อนำตัวอย่างน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และที่สภาวะเร่ง คืออุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นลุ่มตัวอย่างมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่าง ๆ ทางด้านกายภาพ ได้แก่ สี และความข้นหนืด ทางด้านเคมี คือ ฟีเอช ทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนเชื้อราและยีสต์ และทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale โดยให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางด้านสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม โดยสุ่มตามระยะเวลาทุก 14 วันในช่วง 10 สัปดาห์แรก และทุก 7 วัน ในช่วง 3 สัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นหวานด้วยตาเปล่า พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีสีขาวอมสีน้ำตาลอ่อนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) กับผลิตภัณฑ์เริ่มต้น พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันเริ่มต้น (ที่ 0 สัปดาห์) มีค่าความสว่าง (L^*) คือ 61.98 ค่าสีแดง (a^*) คือ 0.10 และค่า

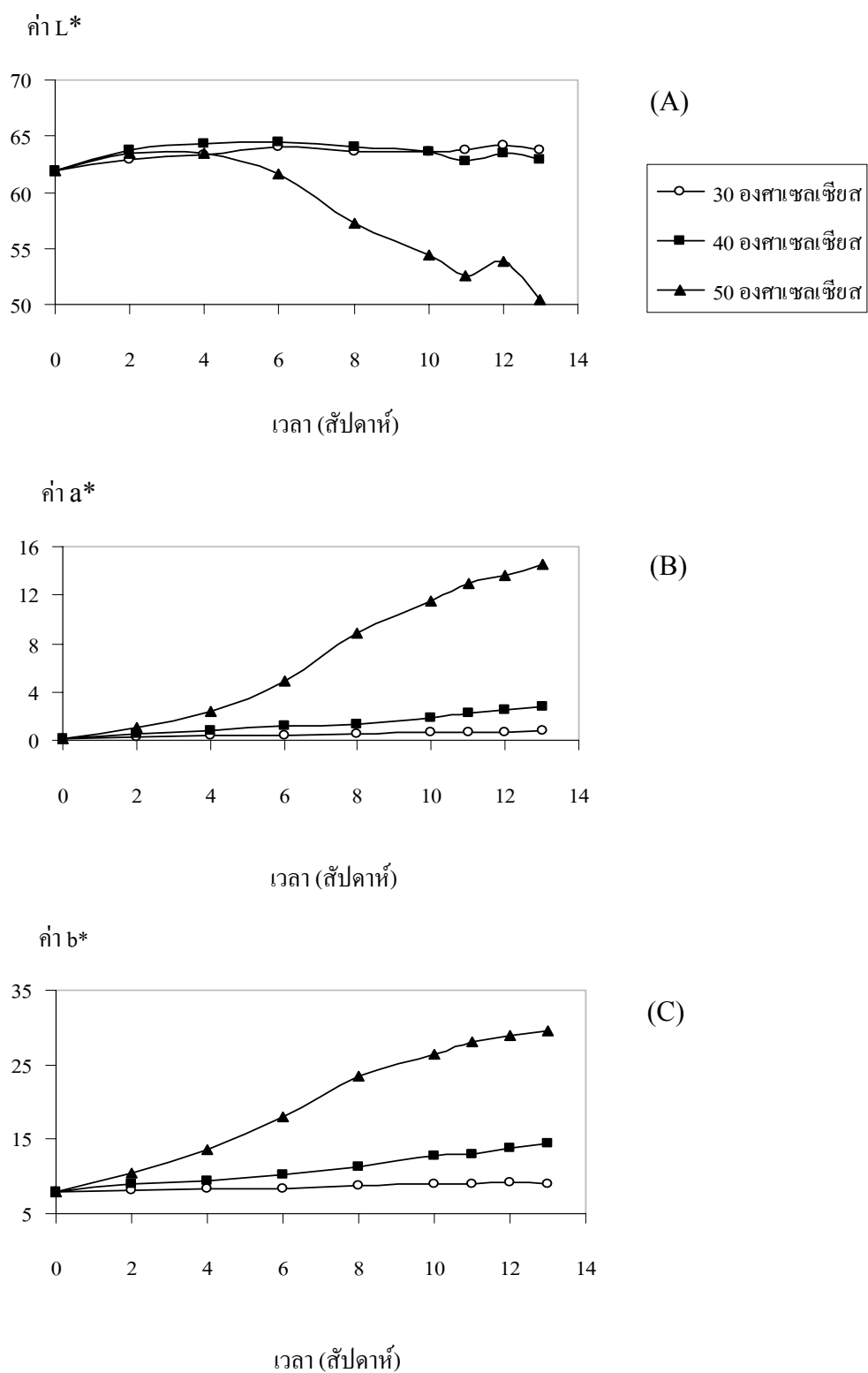
สีเหลือง คือ 8.04 ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในสัปดาห์สุดท้าย (ที่ 13 สัปดาห์) มีค่าความสว่าง (L^*) คือ 63.82 ค่าสีแดง (a^*) คือ 0.73 และค่าสีเหลือง คือ 9.05

สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่ามีสีขาวอมสีน้ำตาลอ่อนคูมีความสว่างกว่าผลิตภัณฑ์เริ่มต้นเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) กับผลิตภัณฑ์เริ่มต้น พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากผลิตภัณฑ์เริ่มต้น โดยในสัปดาห์สุดท้าย (ที่ 13 สัปดาห์) ค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้นจาก 61.98 เป็น 62.94 ค่าสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นจาก 0.10 เป็น 2.75 และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้นจาก 8.04 เป็น 14.47 ตามลำดับ ซึ่งจากลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ที่สังเกตเห็นมีความสัมพันธ์กับค่าสีที่วัดได้ กล่าวคือค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ที่เพิ่มขึ้น จะมีลักษณะของการเป็นสีน้ำตาลมากขึ้น ซึ่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะเดียวกับสีขาวอมน้ำตาลอ่อนที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า

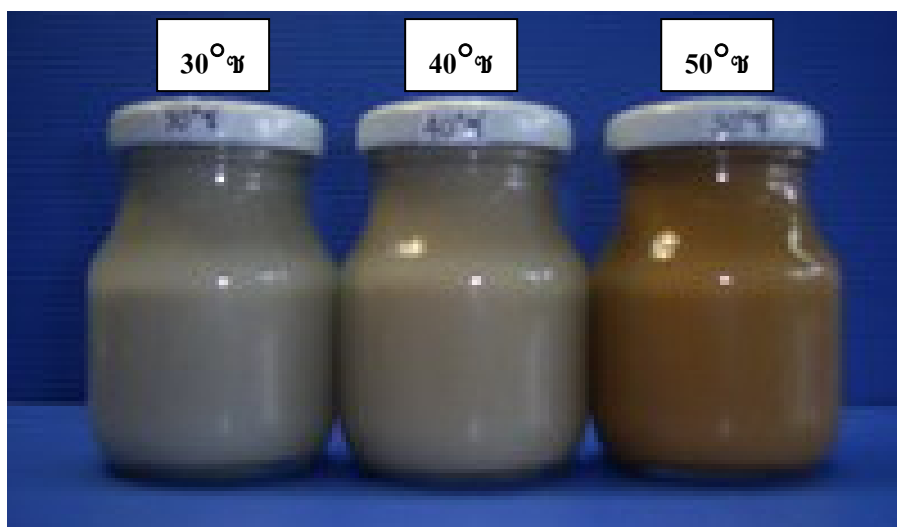
เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าในช่วง 4 สัปดาห์แรกของช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์มีความสว่างกว่าผลิตภัณฑ์เริ่มต้นมีลักษณะของสีขาวอมสีน้ำตาลอ่อน แต่หลังจากนั้นผลิตภัณฑ์เริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มมากขึ้นจนถึงสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา (ลักษณะคล้ายสีของน้ำตาลมะพร้าวที่เข้ม ๆ) ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) กับผลิตภัณฑ์เริ่มต้น ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 61.98 เป็น 63.47 ค่าสีแดง (a^*) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.10 เป็น 2.35 และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 8.04 เป็น 13.53 และหลังจากนั้นใน สัปดาห์สุดท้าย (ที่ 13 สัปดาห์) ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L^*) ลดลงเหลือ 50.47 ค่าสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นเป็น 14.60 และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้นเป็น 29.65 การลดลงของค่าความสว่าง (L^*) และการเพิ่มขึ้นของค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) นี้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลตามที่สังเกตเห็น และการที่ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้นในช่วงแรกนั้น อาจเป็นเพราะว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มมีการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเพียงเล็กน้อย เนื่องจากมีค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ลักษณะการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจึงยังไม่ชัดเจน เพราะผลิตภัณฑ์เริ่มต้นมีลักษณะเป็นสีขาวคล้ำ แต่เมื่อถึงช่วงหนึ่งปฏิกิริยาเมลลาร์ดเริ่มเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์จึงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีนและน้ำตาล ดังนั้นเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ๆ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์

เปลี่ยนเป็นสีตาลมากขึ้น เพราะทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยที่เร่งให้ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

การวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขั้นหวานพร้อมไขมัน พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อค่าสีทั้ง 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำกะทิขั้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เร็วกว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 10 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า (ปิติกานต์, 2548) การเปลี่ยนแปลงค่าสีที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 4 และ 5

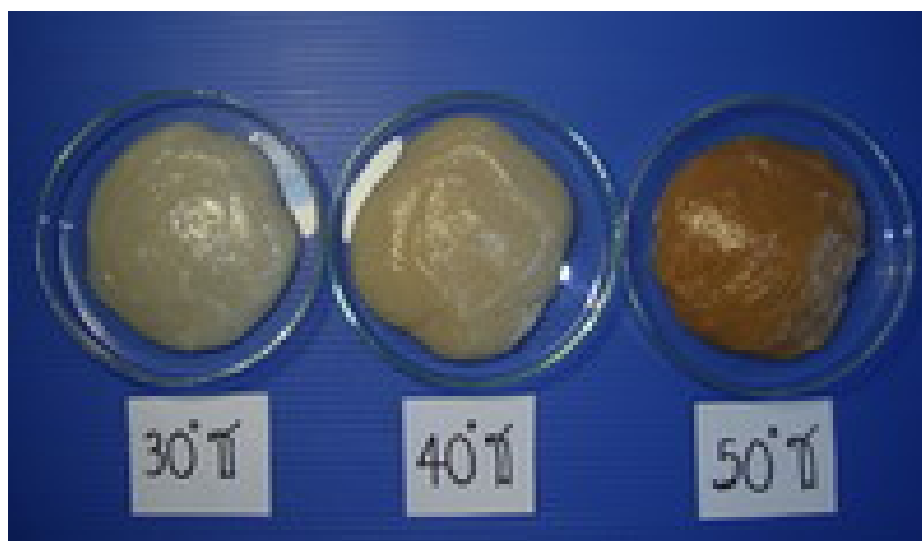


ภาพที่ 4 ค่าสี L^* (A), a^* (B), b^* (C) ของน้ำกะทิขึ้นหวนพร้อมไขมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ



ภาพที่ 5 ลักษณะสีของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขันทหวานพร่องไขมันเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13 สัปดาห์

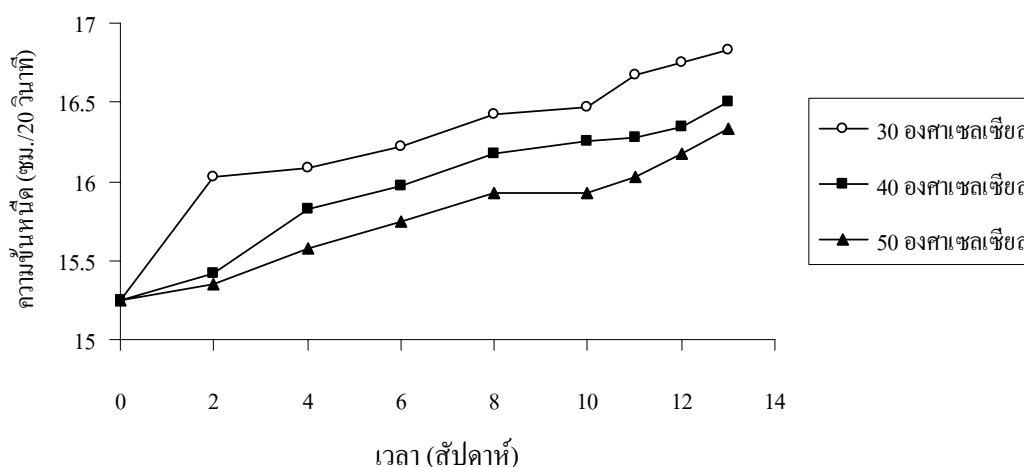
ค่าความข้นหนืดของน้ำกะทิขันทหวานพร่องไขมันภายหลังการผลิต พบว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ค่อนข้างข้นและไหลได้ช้า ดังภาพที่ 3 (หน้า 49) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขันทหวานพร่องไขมันไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ข้นมากและไม่สามารถไหลได้เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีลักษณะที่คล้ายเจลซึ่งอาจเกิดจากการรวมตัวกันของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ และมีน้ำแยกตัวออกมาอยู่ที่ด้านบนเล็กน้อย ซึ่งอุณหภูมิสูงอาจมีผลทำให้โปรตีนเกิดการเคลื่อนตัวมารวมกันได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้มีลักษณะที่เป็นเจลและมีน้ำแยกตัวมากกว่า นอกจากนี้การรวมตัวกันของโปรตีนยังเป็นผลทำให้น้ำถูกปลดปล่อยออกมา จึงทำให้เห็นน้ำออกมาอยู่ที่ด้านบนของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ลักษณะเฉดของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส

ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันมีลักษณะที่ขึ้นมาก จึงอาจจะทำให้เห็นความแตกต่างไม่ชัดเจนในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะการไหลที่เห็นความแตกต่างได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น จึงใช้วิธีการเจือจางผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำ ในอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ต่อน้ำ เป็น 70 : 30 เพื่อให้ น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันสามารถไหลได้ เมื่อวัดด้วยเครื่อง Bostwick consistometer ที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส โดยค่าของ Bostwick เป็นระยะทางการไหล ค่าสูงแสดงว่ามีความข้นหนืดต่ำ

เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาเจือจางด้วยน้ำ แล้ววัดค่าความข้นหนืด พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันมีความข้นหนืดเริ่มต้นเท่ากับ 15.25 ซม./20 วินาที และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างมีความข้นหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีการลดลงมากที่สุด รองลงมาคือที่ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ในสัปดาห์สุดท้าย (ที่ 13 สัปดาห์) คือ 16.83, 16.50 และ 16.33 ซม./20 วินาที ตามลำดับ กล่าวคือความข้นหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ $30^{\circ}\text{C} < 40^{\circ}\text{C} < 50^{\circ}\text{C}$ ดังภาพที่ 7

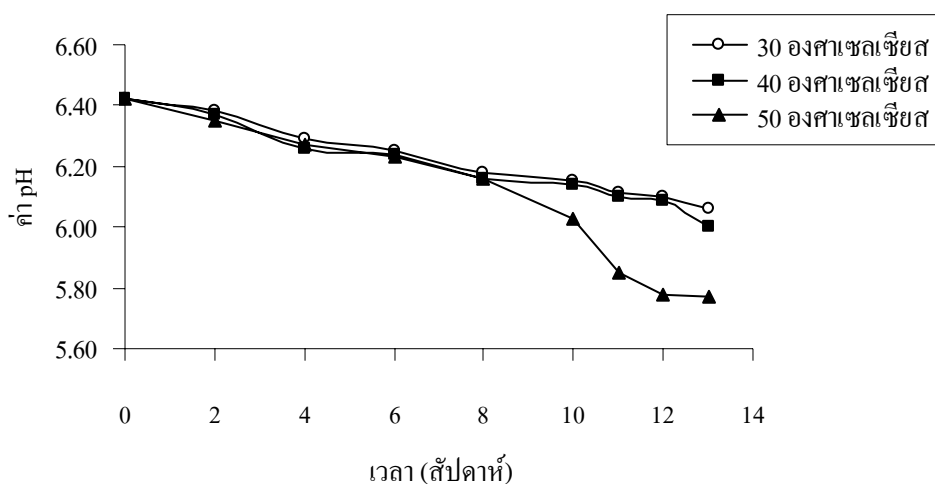


ภาพที่ 7 ค่าความชื้นหนืดของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ในเวลาต่าง ๆ ที่ทำการเจือจางแล้ว

สาเหตุที่ความชื้นหนืดของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่ทำการเจือจางแล้ว มีการลดลงเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น อาจเป็นเพราะการเจือจางผลิตภัณฑ์ มีการให้แรงในการคนตัวอย่าง ซึ่งอาจมีผลทำให้โครงสร้างของเจลแตก และน้ำที่ถูกโครงสร้างของเจลล้อมรอบไว้ก็สามารถออกมาได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นหนืดลดลง แต่การที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่ามีความชื้นหนืดลดลงน้อยกว่า อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะการเป็นเจลที่มากกว่าจึงทำให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้ดีกว่า ดังนั้นการให้แรงในการคนเพียงอย่างเดียวอาจไม่สามารถทำให้โครงสร้างเจลแตกออกได้มากเท่ากับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะของการเป็น เจลน้อยกว่าได้ ทำให้น้ำที่ถูกล้อมรอบไว้ด้วยโครงสร้างของเจลถูกปลดปล่อยมาได้น้อยกว่า เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นหนืดลดลงน้อยกว่า

การวัดค่า pH ของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อค่า pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า pH ของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 6.42 เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นค่า pH จะมีแนวโน้มลดลงจากค่า pH เริ่มต้น โดยในช่วง 8 สัปดาห์แรก ค่า pH ของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์มีค่า pH 6.18, 6.16 และ 6.16 ตามลำดับ แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 8 น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่า pH

ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำกะทิขึ้นหวานพว่องไขมันที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส มีค่า pH เป็น 6.06, 6.00 และ 5.77 ตามลำดับ ในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาดังแสดงในภาพที่ 8 การที่ผลิตภัณฑ์มีค่า pH ลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อาจเนื่องมาจากมีการแตกตัวให้โปรตอน (H^+) ของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพว่องไขมัน เนื่องจากในผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพว่องไขมันมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีน ซึ่งมีกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบในโมเลกุล โดยองค์ประกอบของกรดอะมิโนในโปรตีนจากมะพร้าวที่ผ่านการแยกเอาน้ำมันออกแล้ว พบว่ามีกรดกลูตามิก และกรดแอสปาร์ติก อยู่ในปริมาณมาก (Kwon *et al.*, 1996) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีสมบัติเป็นกรด (acidic amino acids) จึงสามารถแตกตัวให้กรดได้ (นิธิยา, 2545) โดยการแตกตัวให้โปรตอนอาจจะเกิดในลักษณะที่ค่อย ๆ แตกตัวมาเรื่อย ๆ ค่า pH ของผลิตภัณฑ์จึงมีแนวโน้มที่ลดลง และเมื่อมาถึงจุด ๆ หนึ่งที่อุณหภูมิและระยะเวลาเหมาะสมต่อการแตกตัว จึงเป็นผลทำให้เกิดการแตกตัวให้โปรตอนในปริมาณมาก โดยอุณหภูมิสูงจะมีผลต่อการแตกตัวให้โปรตอนมากกว่าอุณหภูมิต่ำ จึงมีผลทำให้ค่า pH ของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพว่องไขมันที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพว่องไขมันที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ สุมณฑา (2545) ที่กล่าวว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่า pH ของอาหารมีแนวโน้มที่จะเป็นกรดมากขึ้น



ภาพที่ 8 ค่า pH ของน้ำกะทิขึ้นหวานพว่องไขมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ในเวลาต่าง ๆ

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ในวันแรกที่ทำกรผลิตน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันพบว่ามีความจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ 2.57×10^2 โคโลนีต่อกรัม เชื้อราและยีสต์มีจำนวนน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม และตรวจไม่พบแบคทีเรียโคลิฟอร์มและแบคทีเรียชนิด *E. coli* ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดสำหรับนมชั้นหวาน คือตรวจไม่พบแบคทีเรียโคลิฟอร์มในนมชั้นหวาน 0.1 กรัม ยีสต์และราที่มีจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 โคโลนี ในนมชั้นหวาน 1 กรัม และตรวจพบ จุลินทรีย์ทั้งหมดในนมชั้นหวาน 1 กรัม ได้ไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี ณ แหล่งผลิต (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2545) หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่ามีความจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งเก็บเป็นเวลา 13 สัปดาห์พบว่ามีความจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.02×10^2 , 3.81×10^2 , 3.64×10^2 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ เชื้อราและยีสต์มีจำนวนน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ดังแสดงในตารางที่ 13, 14 และ 15 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดสำหรับนมชั้นหวาน ตลอดระยะเวลาจนถึงวันหมดอายุ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2545)

ตารางที่ 13 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนเชื้อราและยีสต์ ของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30°C ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	เชื้อราและยีสต์ (โคโลนี/กรัม)
0	2.57×10^2 ^a	น้อยกว่า 10^a
2	2.77×10^2 ^b	น้อยกว่า 10^a
4	3.07×10^2 ^c	น้อยกว่า 10^a
6	3.15×10^2 ^c	น้อยกว่า 10^a
8	3.34×10^2 ^d	น้อยกว่า 10^a
10	3.52×10^2 ^e	น้อยกว่า 10^a
11	3.78×10^2 ^f	น้อยกว่า 10^a
12	3.95×10^2 ^{fg}	น้อยกว่า 10^a
13	4.02×10^2 ^g	น้อยกว่า 10^a

ตัวอักษร ^{a-g} ที่เหมือนกันในแนวนอง หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 14 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนเชื้อราและยีสต์ ของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 40°C ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	เชื้อราและยีสต์ (โคโลนี/กรัม)
0	2.57×10^2 ^a	น้อยกว่า 10^a
2	2.70×10^2 ^a	น้อยกว่า 10^a
4	3.08×10^2 ^b	น้อยกว่า 10^a
6	3.20×10^2 ^{bc}	น้อยกว่า 10^a
8	3.31×10^2 ^{cd}	น้อยกว่า 10^a
10	3.44×10^2 ^d	น้อยกว่า 10^a
11	3.69×10^2 ^e	น้อยกว่า 10^a
12	3.73×10^2 ^e	น้อยกว่า 10^a
13	3.81×10^2 ^e	น้อยกว่า 10^a

ตัวอักษร ^{a-g} ที่เหมือนกันในแนวนอง หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

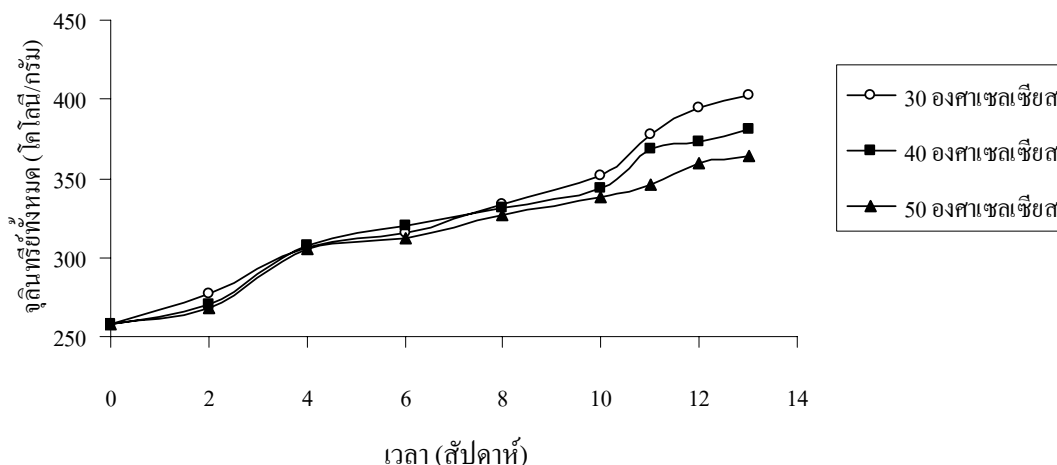
ตารางที่ 15 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนเชื้อราและยีสต์ ของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ 50°C ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	เชื้อราและยีสต์ (โคโลนี/กรัม)
0	2.57×10^2 ^a	น้อยกว่า 10^a
2	2.68×10^2 ^a	น้อยกว่า 10^a
4	3.05×10^2 ^b	น้อยกว่า 10^a
6	3.12×10^2 ^{bc}	น้อยกว่า 10^a
8	3.27×10^2 ^{cd}	น้อยกว่า 10^a
10	3.38×10^2 ^{de}	น้อยกว่า 10^a
11	3.46×10^2 ^{ef}	น้อยกว่า 10^a
12	3.60×10^2 ^{fg}	น้อยกว่า 10^a
13	3.64×10^2 ^g	น้อยกว่า 10^a

ตัวอักษร ^{a-g} ที่เหมือนกันในแนวนอง หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

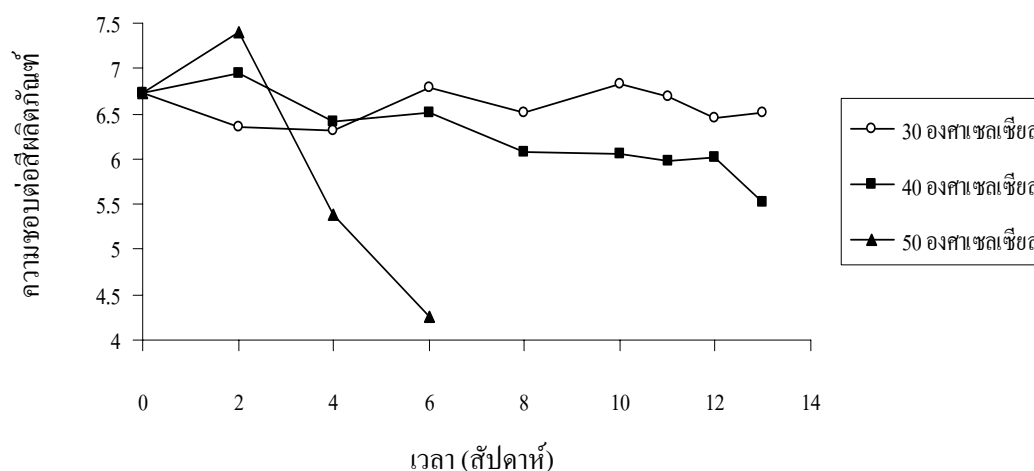
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิที่สูงกว่า จะมีการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ในปริมาณที่น้อยกว่าที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 9 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สาเหตุที่จุลินทรีย์ในน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาในอุณหภูมิสูงมีปริมาณน้อยกว่า อาจเป็นเพราะว่าเชื้อจุลินทรีย์ส่วนมากมักจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง (30-40 องศาเซลเซียส) โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเสีย (ปรียา, 2539) ดังนั้นน้ำกะทิขึ้นหวานที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิต่ำ (30 องศาเซลเซียส) จึงมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มากกว่าที่อุณหภูมิ 40 และ 50 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีเชื้อราและยีสต์ในผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิต่าง ๆ เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันมีค่าออกซิเจนที่ต่ำกว่า กล่าวคือ มีค่าประมาณ 0.80-0.82 แม้ว่าจะเป็นค่าที่เชื้อราบางชนิดสามารถเจริญได้ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะอาดในกระบวนการผลิตด้วย กล่าวคือ หากในกระบวนการผลิตมีการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม มีการบรรจุในภาชนะที่สะอาดและ

ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาณการบรรจุในภาชนะเต็มภาชนะ เมื่อปิดฝาแล้วต้องไม่มีอากาศตรงช่วงระหว่างฝากับผลิตภัณฑ์ ก็จะทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้



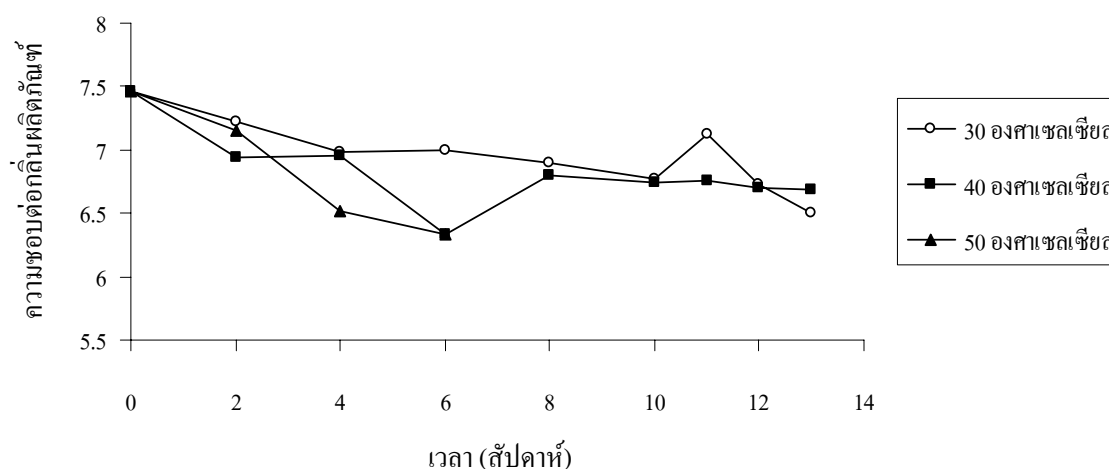
ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำกะทิขึ้นหวานพร่องไขมัน เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสีของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร่องไขมันที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในวันแรกที่ทำกรผลิตน้ำกะทิขึ้นหวานพร่องไขมันพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อสีของผลิตภัณฑ์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย คือ 6.73 แต่เมื่อเก็บไว้ 2 สัปดาห์ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อสีของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส คือ 6.95 และ 7.40 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส คือ 6.35 เนื่องจากสีของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานที่สังเกตเห็น พบว่าที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส น้ำกะทิจะมีสีค่อนข้างสว่างกว่าที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจจะในช่วงที่กำลังมีการเปลี่ยนแปลงของสีไปเป็นสีน้ำตาล ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีแดง (a^*) ที่มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นมา ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ก็เริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น ให้ผลสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L^*) ที่ลดลง ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ที่มีค่าเพิ่มขึ้น และผู้ทดสอบก็ให้คะแนนความชอบน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 10



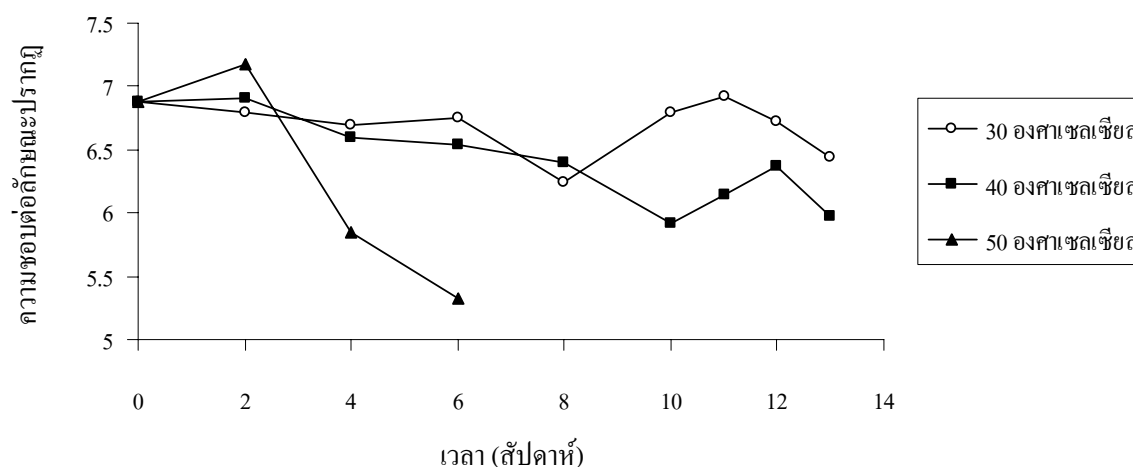
ภาพที่ 10 คะแนนความชอบต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไอซ์ครีม เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น ของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไอซ์ครีมที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในวันแรกที่ทำกรผลิตน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไอซ์ครีมพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง คือ 7.46 เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลดน้อยลง โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีคะแนนน้อยกว่าที่เก็บไว้ที่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการทดลองดมกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส จะมีกลิ่นหอมที่ค่อนข้างแรงลักษณะของกลิ่นคล้ายกับกลิ่นน้ำตาลไหม้ ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดนั่นเอง เพราะอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษานี้ค่อนข้างสูง ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส จะมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ คล้ายกับกลิ่นขนมไทยที่มีกะทิเป็นส่วนประกอบ ซึ่งผู้ทดสอบให้ความเห็นว่ากลิ่นคล้ายกับขนมอาลัว และสังขยาทาขนมปัง โดยคะแนนความชอบโดยเฉลี่ยในสัปดาห์สุดท้ายอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย คือ 6.50 และ 6.68 ตามลำดับ ดังภาพที่ 11



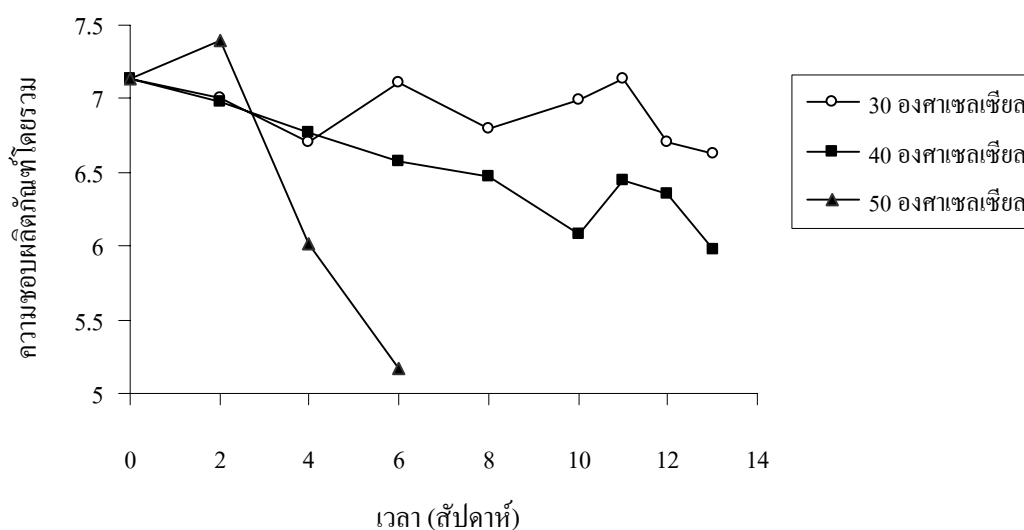
ภาพที่ 11 คะแนนความชอบต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ ของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในวันแรกที่ทำกรผลิตน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย คือ 6.88 แต่เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 7.17 ซึ่งมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส คือ 6.79 และ 6.90 เนื่องจากผู้ทดสอบนำลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานมาใช้ร่วมกับการตัดสินใจด้วย ซึ่งน้ำกะทิที่สังเกตเห็น พบว่าที่ 50 องศาเซลเซียส จะมีสีค่อนข้างสว่างกว่าที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจจะในช่วงที่กำลังมีการเปลี่ยนแปลงของสีไปเป็นสีน้ำตาล ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับความชอบต่อสีของผลิตภัณฑ์ จากการสังเกตลักษณะปรากฏโดยรวมของน้ำกะทิขึ้นหวานที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ยังคงมีลักษณะที่ดี ไม่มีการแยกชั้น แต่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพียง 5.85 เท่านั้น และคะแนนความชอบมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 คะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในวันแรกที่ทำกรผลิตน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง คือ 7.13 แต่เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวมที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 7.40 ซึ่งมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส คือ 7.00 และ 6.98 ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวมที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ลดลงเหลือ 6.02 จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 6 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมเพียง 5.71 เท่านั้น ซึ่งถือว่าผลิตภัณฑ์หมดอายุในการเก็บรักษา เนื่องจากมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ กล่าวคือ เกณฑ์การหมดอายุของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวาน จะพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมที่เท่ากับ 6 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่าในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส มีคะแนนความชอบโดยรวม 6.63 ซึ่งถือว่าผลิตภัณฑ์ยังไม่หมดอายุ แต่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส มีคะแนนความชอบโดยรวม 5.98 ถือว่าผลิตภัณฑ์หมดอายุเช่นกัน ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 คะแนนความชอบผลิตกันไข่ที่ขึ้นหวานพร้อมไขมัน โดยรวม เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ

จากภาพที่ 13 นำค่าที่ได้มาหาความสัมพันธ์ของการยอมรับผลิตกันไข่กับเวลา เพื่อใช้ในการในการสร้างสมการเส้นตรงและหาค่าสหสัมพันธ์ สำหรับนำไปประมาณอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปคำนวณค่า Q_{10} ต่อไป ซึ่งการประมาณค่าสมการเส้นตรงได้แปลงหน่วยของเวลาจากสัปดาห์เป็นวันแล้ว ซึ่งสมการเส้นตรงของคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตกันไข่ที่ขึ้นหวานพร้อมไขมัน มีดังนี้

น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

$$\text{สมการเส้นตรง } y = 7.099 - 0.011 x$$

$$\text{ค่าสหสัมพันธ์ } r^2 = 0.87$$

น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

$$\text{สมการเส้นตรง } y = 7.519 - 0.36 x$$

$$\text{ค่าสหสัมพันธ์ } r^2 = 0.83$$

6.2 อายุการเก็บรักษาของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน

อายุการเก็บรักษาของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ได้จากการนำคะแนนความชอบโดยรวมที่เป็นเกณฑ์กำหนดการหมดอายุของผลิตภัณฑ์ คือ มีค่าเท่ากับ 6 แทนในสมการเส้นตรงของคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน ข้อ 6.1 ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส อายุการเก็บรักษาที่ได้ คือ 100 วัน และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถคำนวณได้ด้วยวิธีเดียวกันกับ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส อายุการเก็บรักษาที่ได้ คือ 29 วัน แสดงตัวอย่างการคำนวณใน ภาคผนวกที่ ข1

การทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน คำนวณได้โดยใช้เทคนิค Q_{10} (Labuza and Schmidl, 1985) เป็นการนำอายุการเก็บที่ อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส มาคำนวณค่า Q_{10} จากนั้นนำค่า Q_{10} ไปแทนในสมการเพื่อหา อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{จากสมการ } Q_{10} &= \frac{\text{อายุการเก็บที่ } T_1 \text{ องศาเซลเซียส}}{\text{อายุการเก็บที่ } T_2 \text{ องศาเซลเซียส}} \\
 &= \frac{\text{อายุการเก็บที่ 40 องศาเซลเซียส}}{\text{อายุการเก็บที่ 50 องศาเซลเซียส}} \\
 &= 100 / 29 \\
 &= 3.45
 \end{aligned}$$

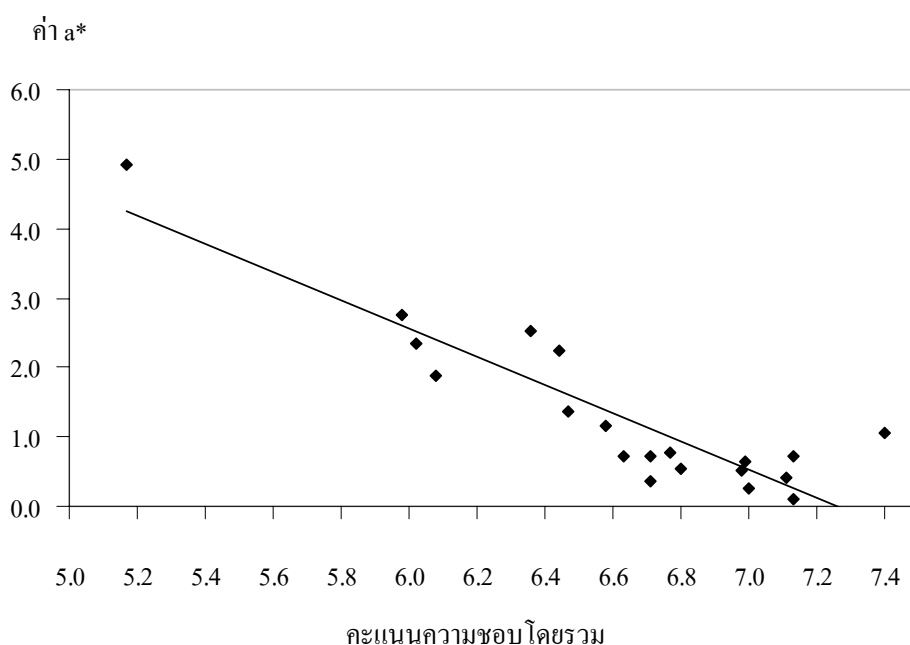
อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) โดยแทนค่าในสมการ

$$\begin{aligned}
 \theta_{30} &= Q_{10}^{\Delta/10} \times \text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } 40^{\circ}\text{ซ} \\
 &= 3.45^{(40-30)/10} \times 110 \\
 &= 345 \quad \text{วัน}
 \end{aligned}$$

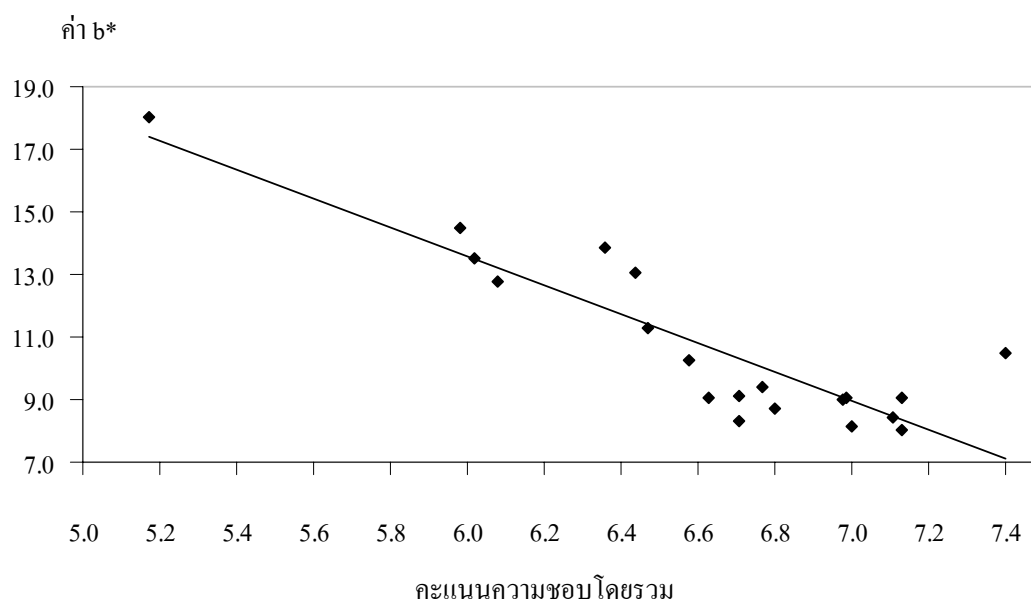
ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันที่อุณหภูมิห้อง คือ 345 วัน (ประมาณ 11.5 เดือน) เมื่อเปรียบเทียบกับนมชั้นหวานทางการค้าแล้วพบว่า มีระยะเวลาการเก็บที่น้อยกว่า โดยนมชั้นหวานจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 12-15 เดือน

จากการตรวจวัดคุณภาพด้านต่าง ๆ ในข้อ 6.1 จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านกายภาพที่สามารถตรวจสอบได้ คือ สี และความข้นหนืด โดยจากการทดลองทำให้ทราบว่าค่าสีมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด และมีผลต่อการไม่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนค่าความข้นหนืดมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มาก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ยังอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า ดังนั้นจึงนำค่าสีมาใช้ประโยชน์สำหรับเป็นปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บของน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน

การตรวจวัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) (จากภาพที่ 4) พบว่าค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงเลือกค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดงและค่าสีเหลืองกับคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวม ดังภาพที่ 14 และ 15



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง (a^*) กับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเหลือง (b*) กับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน

จากภาพที่ 14 และ 15 จะเห็นว่าเมื่อค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลง คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวมจะเพิ่มขึ้น นำค่าที่ได้มาหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) กับคะแนนความชอบโดยรวม โดยสร้างสมการเส้นตรงและหาค่าสหสัมพันธ์ (r^2) ซึ่งสมการเส้นตรงความสัมพันธ์ของค่าสีแดงและค่าสีเหลืองกับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน เป็นดังนี้

การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a*)

$$\begin{aligned} \text{สมการเส้นตรง} \quad y &= 14.75 - 2.03 x \\ \text{ค่าสหสัมพันธ์} \quad r^2 &= 0.808 \end{aligned} \quad \text{_____ (1)}$$

การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*)

$$\begin{aligned} \text{สมการเส้นตรง} \quad y &= 41.31 - 4.62 x \\ \text{ค่าสหสัมพันธ์} \quad r^2 &= 0.787 \end{aligned} \quad \text{_____ (2)}$$

จากการพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ของกราฟทั้ง 2 พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง (a^*) กับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่า ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ค่าสีแดง (a^*) เป็นค่ากำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขันทวนพร่องไขมัน

เมื่อนำคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวมที่ใช้เป็นเกณฑ์กำหนดการหมดอายุของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขันทวนพร่องไขมัน (คะแนน = 6) ไปแทนที่ค่า x ในสมการที่ (1) จะสามารถคำนวณหาค่า y ซึ่งเป็นค่าที่แทนค่าสีแดง (a^*) ได้ค่าเท่ากับ 2.57 ซึ่งสรุปได้ว่าระดับสีแดง (a^*) ของน้ำกะทิขันทวนพร่องไขมันที่ไม่เป็นที่ยอมรับของประชาชนทั่วไปมีค่าเท่ากับ 2.57 และสามารถใช้ค่าสีแดงที่เท่ากับ 2.57 นี้เป็นค่ากำหนดอายุของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขันทวนพร่องไขมันได้ โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสอีกสำหรับการหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขันทวนพร่องไขมันในครั้งต่อไป

สรุป

1. การสกัดน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ 3 ชนิดคือ โปรตีน 1 (โปรตีนที่เป็นของแข็งไม่ละลายน้ำ คัดอยู่ที่เครื่องแยกครีม) โปรตีน 2 (โปรตีนที่ละลายน้ำซึ่งได้จากการนำเอาส่วนหางกะทิ 1 มาตกตะกอนด้วยความร้อน) และหางกะทิ 2 (ส่วนของเหลวที่เหลือจากการแยกเอาโปรตีน 2 ออกแล้ว) มีองค์ประกอบของโปรตีน 36.95, 9.21 และ 0.64% ตามลำดับ ไขมัน 0.5, 0.5 และ 0% ตามลำดับ และความชื้น 56.52, 84.09 และ 96.24% ตามลำดับ

2. อัตราส่วนการผสมผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ ที่ปรับปริมาณหางกะทิ 2 ทั้ง 6 อัตราส่วน และเติมน้ำกะทิเข้มข้นซึ่งคั้นได้จากเนื้อมะพร้าวชูดต่อน้ำในอัตราส่วน 2 : 1 (น้ำมัน 17%) ปริมาณ 0-20% โดยน้ำหนัก พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพไม่เหมือนกับน้ำกะทิธรรมชาติ ดังนั้นจึงเลือกส่วนผสมโปรตีนที่มีสัดส่วนของหางกะทิ 2 เป็น 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 และ 0.9 เท่าของหางกะทิในอัตราส่วนเริ่มต้น และเติมน้ำกะทิเข้มข้นปริมาณ 0, 5, 10, 15 และ 20% โดยน้ำหนัก

3. เมื่อใช้อัตราส่วนการผสมโปรตีนจำนวน 5 อัตราส่วน ผสมกับน้ำตาลให้มีความเข้มข้นของน้ำตาลเป็น 15% จะได้น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำตาล 5 สูตร โดยสูตรที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีองค์ประกอบของโปรตีน 2.57, 2.21, 2.00, 1.73 และ 1.57% ตามลำดับ และไขมัน 0.07, 0.78, 1.49, 2.21 และ 2.93% ตามลำดับ และเมื่อทดสอบความชอบด้านความหวาน ความมัน กลิ่นรส ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม พบว่าสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับนำไปเตรียมเป็นน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน

4. การใช้สารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และกลูโคสในผลิตภัณฑ์น้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมัน ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลทำให้ระดับวอเตอร์แอกติวิตีในน้ำกะทิจนหวานพร้อมไขมันมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น โดยพบว่ากลีเซอรอลมีประสิทธิภาพในการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีดีที่สุด ในขณะที่ซอร์บิทอลและกลูโคสมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน และน้อยกว่ากลีเซอรอล

5. การพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำกะทิชั้นหวนพร้อมไขมันที่ใช้กลีเซอรอลในระดับความเข้มข้น 0, 7, 8, 9 และ 10% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด ไม่รวมกลีเซอรอล พบว่าการใช้กลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้น 7% โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด ไม่รวมกลีเซอรอล ร่วมกับการระเหยน้ำ สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลงจาก 0.887 เป็น 0.826 ซึ่งใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ชั้นหวนทางการค้า คือ 0.82 และมีความชื้นหนืดน้อยกว่าผลิตภัณฑ์น้ำกะทิชั้นพร้อมไขมันที่ไม่เติมกลีเซอรอล โดยลดจาก 4.5 เป็น 5.5 ซม./20 วินาที

6. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำกะทิชั้นหวนพร้อมไขมันที่เติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในลักษณะชั้นหวน โดยเสิร์ฟพร้อมกับแครกเกอร์ พบว่าความชอบต่อคุณลักษณะด้านความหวาน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความชอบต่อกลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความชื้นหนืด และความชอบโดยรวม ของทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำน้ำกะทิชั้นหวนพร้อมไขมันมาคั้นรูปโดยการเจือจางด้วยน้ำประมาณ 2.3 เท่า แล้วทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยเสิร์ฟพร้อมกับชาหริ่มในสถานะเย็นเหมือนการบริโภคตามปกติ พบว่าความชอบต่อคุณลักษณะด้านความหวาน กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ของทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นความชอบโดยรวมที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยตัวอย่างที่มีการเติมกลีเซอรอล 10% มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 6.02

7. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาของน้ำกะทิชั้นหวนพร้อมไขมันที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิเร่ง คือ 40 และ 50 องศาเซลเซียส สามารถสรุปได้ดังนี้

7.1 ค่าสี เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น น้ำกะทิชั้นหวนพร้อมไขมันที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้นในช่วง 4 สัปดาห์แรก และหลังจากนั้นมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนค่าสีแดง (a^*) และ (b^*) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

7.2 ความขุ่นหนืดของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่ทำการเจือจางแล้ว มีการลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีความขุ่นหนืดลดลงมากที่สุด รองลงมาคือที่ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

7.3 ค่า pH ของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยในช่วง 8 สัปดาห์แรก น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บไว้ทั้ง 3 อุณหภูมิ มีค่า pH ที่ไม่แตกต่างกัน แต่หลังจากนั้นน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส มีค่า pH ลดลงอย่างชัดเจน

7.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ที่พบในตัวอย่างน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส มีค่าน้อยกว่าที่ 40 องศาเซลเซียส ในขณะที่ปริมาณเชื้อราและยีสต์ที่พบในน้ำกะทิพร้อมไขมันที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม

7.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ และความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวม มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการลดลงมากที่สุด รองลงมาคือที่ 40 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

7.6 อายุการเก็บรักษาน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน พิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมที่เท่ากับ 6 ที่อุณหภูมิเร่ง 40 องศาเซลเซียส คือ 100 วัน และที่อุณหภูมิเร่ง 50 องศาเซลเซียส คือ 29 วัน เมื่อนำอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิเร่งมาทำนายอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) พบว่าสามารถเก็บได้นาน 345 วัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรพกา อรรถนิตย์. 2539. การผลิตน้ำกะทิล้นรูปแปลงไขมันบางส่วนด้วยน้ำมันพืชบรรจุ
กระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นรินทร์ ทองศิริ. 2531. เทคโนโลยีอาหารนม. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญยืน สาริกะภูติ. 2522. โปรตีน. ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
เชียงใหม่.
- ปาริฉัตร หงสประภาส. 2548. เอกสารคำสอน: โปรตีนในอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ปิติกานต์ ดติยพันธุ์. 2548. บทบาทของอิมัลซิไฟเออร์ สเตบิลไลเซอร์และโปรตีนต่อลักษณะ
คุณภาพของน้ำกะทิสเตอร์ไลซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปิยะนุช คันโธ. 2545. การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปียะโดยการใช้สารลดค่าออกเตอร
แอคติวิตีและบรรจุภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปรีชา วิบูลย์เศรษฐ์. 2539. การเน่าเสียของอาหาร, หน้า 73-91. ใน คณะจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ผู้
รวบรวม). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ไพศาล วุฒิจำนงค์ และ ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2528. การสกัดน้ำมันมะพร้าว. วารสาร
อุตสาหกรรมเกษตร. 2(1): 65.

รัตน์ท์ พรรณารุโณทัย. 2543. บทบาทของวอเตอร์แอคทีวิตต่อผลิตภัณฑ์อาหาร.
วารสารจารย์พา. 56(7): 57-61.

รุ่งนภา วิสิฐอุตรการ. 2540. การประเมินอายุการเก็บของอาหาร. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2537. การพัฒนาน้ำกะทิแปลงไขมันบางส่วนด้วยน้ำมันพืช.
รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2537. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2542. การแยกน้ำมันมะพร้าวจากน้ำกะทิ. วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย์).
33: 444-451.

สุมนชา วัฒนสินธุ์. 2545. จุลชีววิทยาทางอาหาร. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

แสงเงิน ไกรสิงห์. 2534. การผลิตเนยกะทิ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2545. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 265)
พ.ศ. 2545: นมโค. ใน ราชกิจจานุเบกษา ฉบับทั่วไป เล่ม 115 ตอนที่ 47, กรุงเทพฯ.

เสาวลักษณ์ ภูมิวิสนะ. 2539. นมและผลิตภัณฑ์นม. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักงานคณะกรรมการ
วิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis**. 17th ed., The association of Official Analytical
Chemists, Arlington, Virginia.

Balachandran, C. and C. Arumughan. 1992. Solubility and electrophoretic characteristics of
proteins in different regions of coconut endosperm. **J. Food Sci. Tech.** 29: 91-96.

- Banzon, J.A., O.N. Gonzalez, S.Y. de Leon and P.C. Sanchez. 1990. **Coconut as Food**. Philippine Coconut Research and Development Foundation, Inc., Quezon City, Philippines.
- Birosel, D.M., A.L. Gonzalez and M.P. Santos. 1963. The nature and properties of the emulsifier system of oil globules in coconut milk and cream. **Phil. J. Sci.** 92(1): 1-15.
- Bone, D. 1973. Water activity in intermediate moisture foods. **Food Tech.** 27(4): 71-76.
- Buccat, E.F., A.L. Gonzalez and G.C. Manalac. 1973. Production of proteins and other food products from coconut. *Cited by* J.A. Banzon, O.N. Gonzalez, S.Y. de Leon and P.C. Sanchez. **Coconut as Food**. Philippine Coconut Research and Development Foundation, Inc., Quezon City, Philippines.
- Buchanan, R.L. and L.K. Bagi. 1997. Effect of water activity and humectant identity on the growth kinetics of *Escherichia coli* O157: H7. **Food Microbiol.** 14: 413-423.
- Cancel, L.E. 1979. Coconut food products and bases, pp. 202-239. *In* J.G. Woodroof, ed. **Coconuts: Production, Processing, products**. 2nd ed. AVI, Westport, Connecticut.
- Cauvain, S.P. and L.S. Young. 2000. **Bakery Food Manufacture and Quality: Water Control and Effects**. Blackwell Sci., Ltd., UK.
- Che Man, Y. B., A. B. Asbi, M. N. Azudin and L. S. Wei. 1996. Aqueous Enzymatic Extraction of Coconut Oil. **J. Am. Oil. Chem. Soc.** 73: 683-686.
- Chen, C.S. 1987. Relationship between water activity and freezing point depression of food systems. **J. Food Sci.** 52(2): 433-435.

Chiewchan, N., C. Phungamngoen and S. Siri wattanayothin. 2006. Effect of homogenizing pressure and sterilizing condition on quality of canned high fat coconut milk.

J. Food En. 73: 38-44.

Chirfe, J., C. Ferro Fontan and E.A. Benmergui. 1980. The prediction of water activity in aqueous solutions in connection with intermediate moisture foods IV: aw prediction in aqueous non electrolyte solutions. **J. Food Tech.** 15: 59-70.

Damodaran, S. 1994. Structure-function relationship, pp. 27. *In* N.S. Hettiarochchy and G.R. Ziegler, eds. **Protein Functionality in Food Systems**. Marcel Dekker, Inc. New York.

_____ and A. Paraf. 1997. **Food Protein and Applications**. Marcel Dekker, Inc. New York.

Dickinson, E. 1993. Towards more natural emulsifiers. **Trends in Food Sci. Tech.** 4(10): 330-334.

Dymsha, H.A. and G. Silverman. 1979. Improving the acceptability of intermediate-moisture fish. **Food Tech.** 33(10): 52-53.

Escueta, E.E., M.C. Bourne and L.F. Hood. 1985. Effect of coconut cream addition to soy milk on the composition, texture, and sensory properties of tofu. **J. Food Sci.** 50: 887-889.

Floury, J., A. Desrumaux and J. Legrand. 2002. Effect of ultra-high pressure homogenization on structure and on rheological properties of soy protein-stabilized emulsion. **J. Food Sci.** 67(9): 3388-3395.

Frazier, W.C. and D.C. Westhoff. 1988. **Food microbiol.** McGraw-Hill Book, Inc. Singapore.

- Golden, D.A. and L.R. Beuchat. 1990. Colony formation by sublethally heat-injured *Zygosaccharomyces rouxii* as affected by solutes in the recovery medium and procedure for sterilizing medium. **Appl. Environ. Microbiol.** 56(8): 2319-2326.
- Gopalakrishnan, C.S., C.S. Narayanan, A.G. Mathew and C. Arumughan. 1987. Lipid composition of coconut cake oil. **J. Am. Oil. Chem. Soc.** 64: 539-541.
- Gunetileke, K.G. and S.F. Laurentius. 1974. Conditions for the separation of oil and protein from coconut milk emulsion. **J. Food Sci.** 39: 230-233.
- Hagenmaier, R. 1980. Coconut aqueous processing. *Cited by* J.A. Banzon, O.N. Gonzalez, S.Y. de Leon and P.C. Sanchez. **Coconut as Food**. Philippine Coconut Research and Development Foundation, Inc., Quezon City, Philippines.
- _____, C.M. Carter and K.F. Mattil. 1972. Critical unit operations of the aqueous processing of fresh coconuts. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 49: 178-181.
- _____, C.M. Carter and K.F. Mattil. 1973. Aqueous processing of fresh coconuts for recovery of oil and coconut skim milk. **J. Food Sci.** 38: 516-518.
- _____, K.F. Mattil and C.M. Carter. 1974. Dehydrated coconut skim milk as a food product: composition and functionality. **J. Food Sci.** 39: 196-199.
- Kinsella, J.E. 1976. Functional properties of protein in food. **A Crit. Rev. Food Sci Nutr.** 7: 219, 280.
- Krishnamurty, M.N. and N. Chandrasekhara. 1983. Polar lipids of coconut. **J. Food Sci. Tech.** 20: 206-209.

- Kwon, K., K.H. Park and K.C. Rhee. 1996. Fractionation and characterization of proteins from coconut (*Cocos nucifera* L.). **J. Agric. Food Chem.** 44: 1741-1745.
- Labuza, T.P. 1992. **Shelf-life dating of food**. Food and Nutrition. Westport, Connecticut, U.S.A. 500 p.
- _____ and C.R. Hyman. 1998. Moisture migration and control in multi-domain foods. **Trends in Food Sci. Tech.** 9: 47-55.
- _____ and M.K. Schmidl. 1985. Accelerated shelf-life testing of foods. **Food Tech.** 39(9): 57-62.
- Mcglone, O. C., A. L. M. Canales and J. V. Carter. 1986. Coconut oil extraction by a new enzymatic process. **J. Food Sci.** 51: 695-697.
- Muguruma, M., T. Nishimura, R. Umetsu, I. Goto and M. Yamaguchi. 1987. Humectants improve myosin extractability and water activity of raw, cured intermediate moisture meats. **Meat Sci.** 20: 179-194.
- Nuevo, C.R., T.V. Calzada and D.M. Birosel. 1968. Separation of the known proteins of coconut milk, pp. 625-639. *Cited by* J.A. Banzon, O.N. Gonzalez, S.Y. de Leon and P.C. Sanchez. **Coconut as Food**. Philippine Coconut Research and Development Foundation, Inc., Quezon City, Philippines.
- Onsaard, E., M. Vittayanont, S. Sringam and D.J. McClements. 2005. Properties and stability of oil-in-water emulsions stabilized by coconut skim milk proteins. **J. Agric. Food. Chem.** 53(14): 5747-5753.

- Onsaard, E., M. Vittayanont, S. Sringam and D.J. McClements. 2006. Comparison of properties of oil-in-water emulsions stabilized by coconut cream proteins with those stabilized by whey protein isolate. **J. Food Res. Inter.** 39: 78-86.
- Pelaez, J. and M. Karel. 1980. Development and stability of intermediate moisture tortillas. **J. Food Proc. Preserv.** 4: 51-65.
- Prabhakar, K., and R. Ramurthi. 1990. A study on the preparation of intermediate moisture meat. **J. Food Sci. Tech.** 27: 162-164.
- Prabhasankar, P., J. Rajiv, D. Indrani and G.V. Rao. 2007. Influence of whey protein concentrate, additives, their combinations on the quality and microstructure of vermicelli made from Indian T. Durum wheat variety. **J. Food En.** 80: 1239-1245.
- Rao, D.N. 1997. Intermediate moisture foods based on meats: a review. **Food Rev. Inter.** 13(4): 519-551.
- Samson, A.S., R.N. Khaund, C.M. Carter and K.F. Mattil. 1971. Extractability of coconut proteins. **J. Food Sci.** 36: 725-728.
- Seow, C.C. and C.N. Gwee. 1997. Coconut milk: chemistry and technology. **Int. J. Food Sci. Tech.** 32: 189-201.
- Simuang, J., N. Chiewchan and A. Tansakul. 2004. Effect of fat content and temperature on the apparent viscosity of coconut milk. **J. Food En.** 64: 193-197.
- Smith, G. 1993. Shelf-life testing, pp. 4418-4422. *In* R. Macrae, R.K. Robinson and M.J. Sadler (eds). **Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition** (Vol. 7). Academic Press, Inc., New York, U.S.A.

- Soetrisno, U.S.S. and Z.A. Holmes. 1992. Protein yields and characteristics from acid and salt coagulation of yellow pea (*Pisum sativum* L. Miranda) flour extractions. **J. Agric. Food Chem.** 40(6): 970-974.
- Streiff, P.J., W.E. Lannign, A.J. Irwin, J.A. Wright and T.D. Vernon. 1998. **Process for preparing reduced fat and fat free sweetened condensed milk.** United States Patent: 5,766,666.
- Strength, D.R. and T.S. Melo. 1969. Extraction and recovery of coconut protein. *Cited by* J.A. Banzon, O.N. Gonzalez, S.Y. de Leon and P.C. Sanchez. **Coconut as Food.** Philippine Coconut Research and Development Foundation, Inc., Quezon City, Philippine.
- Suhendro, E.L., R.D. Waniska, L.W. Rooney and M.H. Gomez. 1995. Effects of polyols on the processing and qualities of wheat torillas. **Cereal Chem.** 72(1): 122-127.
- Tokuoka, K. and T. Ishitani. 1991. Minimum water activities for the growth of yeasts isolated from high-sugar foods. **J. Gen. Appl. Microbiol.** 37: 111-119.
- Troller, J.A. and J.H.B. Chirtian. 1978. **Water Activity and Food.** Academic Press, Inc., USA.
- Young, F.V.K. 1983. Palm kernels and coconut oils: analytical characteristics, process technology and uses. **J. Am. Oil. Chem. Soc.** 60: 374-379.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี และกายภาพ

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การหาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- ตู้อบลมร้อน
- ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับใส่ตัวอย่าง (moisture can)
- เชสิกเคเตอร์

วิธีการวิเคราะห์

อบภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับใส่ตัวอย่างพร้อมฝา ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาใส่ในเชสิกเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็นลง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ชั่งตัวอย่างใส่ในภาชนะใส่ตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ประมาณ 2-3 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) นำไปใส่ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาภาชนะไว้ เมื่อครบเวลาแล้วจึงนำออกจากตู้อบ ปิดฝาภาชนะและนำมาใส่ในเชสิกเคเตอร์ทันที ทิ้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง (ปกติ 45-60 นาที) แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งน้ำหนักตัวอย่างพร้อมภาชนะหลังการอบ บันทึกน้ำหนักไว้แล้วนำไปอบซ้ำตามขั้นตอนเดิม โดยนำตัวอย่างออกมาชั่งทุกครั้งชั่วโมงจนกระทั่งมีน้ำหนักต่างกันไม่เกิน 0.005 กรัม คำนวณปริมาณความชื้น ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = (\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{หลังอบ}) \times 100 / \text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}$$

2. การหาปริมาณโปรตีน ดัดแปลงจากวิธีการของ AOAC (2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องย่อย Buchi
- เครื่องกลั่น Buchi
- หลอด Kjeldahl สำหรับใส่ตัวอย่าง

สารเคมี

- กรดซัลฟิวริกเข้มข้น ร้อยละ 95-98
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 32
- คอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)
- สารละลายกรดบอริกเข้มข้น ร้อยละ 2 เตรียมโดยละลายในน้ำอุ่น
- สารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน 0.1 นอร์มัล
- อินดิเคเตอร์ (สารผสมระหว่างเมทิลเรด 0.02 กรัม กับโบรโมครีซอลกรีน 0.1 กรัม ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ลงในหลอดย่อย ระวังอย่าให้ตัวอย่างติดข้างหลอด
2. ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งประกอบด้วยโพแทสเซียมซัลเฟต 10 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต 0.5 กรัม รวมทั้งใส่เม็ดลูกแก้วกันเดือด (glass bead) 2-3 เม็ด แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20-25 มิลลิลิตร
3. นำหลอดย่อยต่อเข้ากับชุดเครื่องย่อย ทำการย่อยจนกระทั่งได้สารละลายสีเขียวใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงเติมน้ำกลั่น 60-75 มิลลิลิตร หรือเติมเป็น 3 เท่า ของปริมาณกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

4. นำหลอดย่อยต่อเข้ากับชุดเครื่องกลั่น แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 32 จนสารละลายในหลอดย่อยเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

5. ร่องลึงที่กลั่นได้ด้วยขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุสารละลายกรดบอริกเข้มข้น ร้อยละ 2 จำนวน 60 มิลลิลิตร และหยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด โดยกลั่นนาน 3 นาที

6. นำไปไทเทรตกับสารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน 0.1 นอร์มัล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเทา บันทึกปริมาณกรดที่ใช้ในการไทเทรต แล้วคำนวณหาร้อยละไนโตรเจน หมายเหตุ ทำเบลงค์ควบคู่กันไปด้วย โดยเติมสารเช่นเดียวกับหลอดตัวอย่าง แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง

วิธีการคำนวณ

$$\text{ไนโตรเจน (ร้อยละ)} = \frac{(S-B) \times N \times 1.401}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

โดย S = ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง

B = ปริมาตรสารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้ไทเทรตกับเบลงค์

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน (นอร์มัล)

$$\text{โปรตีน (ร้อยละ)} = \text{ไนโตรเจน (ร้อยละ)} \times 6.25$$

$$\text{โดย } 6.25 = \text{แฟกเตอร์การคูณเป็นร้อยละของโปรตีนทั่วไป}$$

3. การหาปริมาณไขมัน โดยวิธีเบบีค็อกซ์

นำตัวอย่างอุณหภูมิ $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ซึ่งน้ำหนัก 9 กรัม (± 0.01) ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนลงในหลอดแก้วเบบีค็อกซ์ เติมน้ำ 9 มิลลิลิตร ด้วยปิเปต เขย่าให้เข้ากัน เพื่อปรับอุณหภูมิตัวอย่างให้เท่ากับ $22 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาณ 17.5 มิลลิลิตร แบ่งเติม โดยครั้งแรกเติม 3 มิลลิลิตร พร้อมเขย่าช้า ๆ 2-3 นาที เพื่อชะเอาตัวอย่างส่วนที่ติดอยู่ที่คอของหลอดแก้วเบบีค็อกซ์ จากนั้นเติมครั้งละ 2 มิลลิลิตร เขย่า 2 นาที จนกระทั่งหมด เวลาที่ใช้ในการเติมกรดไม่ควรเกิน 20 นาที

นำมาเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยง Gerber centrifuge หมุนเหวี่ยง 1,000 rpm ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 5 นาที จากนั้นเติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 60°C จนกระทั่งระดับน้ำอยู่ที่คอขวด แล้วเหวี่ยง 2 นาที จากนั้นเติมน้ำอุณหภูมิ 60°C อีกครั้ง จนระดับน้ำในขวดใกล้ถึงขีดบนสุดของหลอดแก้ว เหวี่ยง 1 นาที อ่านระดับสเกลที่เห็นชั้นน้ำมันด้านบน

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การวัดค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่อง Minlota รุ่น CM-3500d ใช้ Petridish เป็นที่ใส่ตัวอย่างในการวัด โดยมีสภาวะการวัดดังต่อไปนี้

แหล่งกำเนิดแสง	:	C (day light)
มุมมอง	:	10°
ชนิดการวัด	:	แสงสะท้อนกลับ (reflectance)
ระบบค่าสี	:	Hunter Lab

2. การวัดความข้นหนืด

วัดความข้นหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น RV-DV III พร้อมอุปกรณ์เสริม คือ หัววัดชนิด UL-Adapter ทำการวัดโดยใช้ตัวอย่างน้ำกะทิพร้อมไขมันครั้งละ 16 มิลลิลิตร โดยมีสภาวะการวัดดังต่อไปนี้

อุณหภูมิของตัวอย่าง	:	ประมาณ 30°C
รหัส Spindle	:	S00
ความเร็วรอบ	:	100 rpm
ค่า SR (Shear Rate)	:	97.8

3. การวัดระดับวอเตอร์แอกติวิตี

ทำการวัดระดับวอเตอร์แอกติวิตีของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันด้วยเครื่องวัดระดับวอเตอร์แอกติวิตี Thermoconstanter Novasina model RTD-33 โดยการนำตัวอย่างใส่ในถ้วยพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 1.5 เซนติเมตร บรรจุตัวอย่างประมาณ 2 ใน 3 ของความจุของถ้วยพลาสติก นำไปวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตีโดยวางถ้วยพลาสติกลงใน chamber ของเครื่องวัดทั้งจนสภาพภายใน chamber สมดุลที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จึงอ่านค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (equilibrium relative humidity, ERH) ที่แสดงบนเครื่องวัด แล้วจึงเปลี่ยนเป็นค่าวอเตอร์แอกติวิตีได้ดังนี้

$$a_w = \frac{\% \text{ ERH}}{100}$$

ภาคผนวก ข
การคำนวณหาอายุการเก็บ

1. การหาอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 และ 50°C

การคำนวณหาอายุการเก็บรักษาของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 และ 50°C สามารถคำนวณได้จากการนำคะแนนความชอบโดยรวมที่เป็นเกณฑ์กำหนดการหมดอายุของผลิตภัณฑ์ คือ มีค่าเท่ากับ 6 แทนในสมการของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่อุณหภูมิต่าง ๆ (จากภาพที่ 13)

ตัวอย่างการคำนวณ การหาอายุการเก็บรักษาของน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 40°C จากสมการอายุ $y = 7.099 - 0.011x$ โดยที่ค่า x คืออายุการเก็บรักษา (วัน) และค่า y คือคะแนนความชอบโดยรวมที่เป็นเกณฑ์กำหนดการหมดอายุของผลิตภัณฑ์ คือ 6

จากสมการ	y	=	$7.099 - 0.011x$
แทนค่า	y	=	6
	6	=	$7.099 - 0.011x$
ได้ค่า	x	=	$(7.099 - 6) / 0.011$
		=	100 วัน

ดังนั้นน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมันที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40°C สามารถเก็บได้นาน 100 วัน ตัวอย่างอื่น ๆ สามารถคำนวณได้ในทำนองเดียวกัน

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ค1 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความหวานของ
ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน 5 สูตร
(ผลการทดลองในตารางที่ 8)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	0.973	4	0.243	0.272	0.896 ^{ns}
B	112.273	29	3.871	4.325	0.000*
Error	103.827	116	0.895		
Corrected Total	217.073	149			

A หมายถึง สูตรน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค2 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความมันของผลิตภัณฑ์
น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน 5 สูตร (ผลการทดลองในตารางที่ 8)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	0.840	4	0.210	0.236	0.917 ^{ns}
B	77.073	29	2.658	2.988	0.000*
Error	103.160	116	0.889		
Corrected Total	181.073	149			

A หมายถึง สูตรน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค3 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์
น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำ 5 สูตร (ผลการทดลองในตารางที่ 8)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	0.707	4	0.177	0.245	0.912 ^{ns}
B	159.473	29	5.499	7.622	0.000*
Error	83.693	116	0.721		
Corrected Total	243.873	149			

A หมายถึง สูตรน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำ

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค4 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความข้นหนืดของ
ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำ 5 สูตร
(ผลการทดลองในตารางที่ 8)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	1.9907	4	0.477	0.784	0.538 ^{ns}
B	137.973	29	4.758	7.829	0.000*
Error	70.493	116	0.608		
Corrected Total	210.373	149			

A หมายถึง สูตรน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำ

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค5 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิ
พร้อมไขมันพร้อมบริโภคร 5 สูตร (ผลการทดลองในตารางที่ 8)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	1.107	4	0.277	0.327	0.859 ^{ns}
B	83.915	29	2.894	3.422	0.000*
Error	98.093	116	0.846		
Corrected Total	183.115	149			

A หมายถึง สูตรน้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคร

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค6 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความหวานของ
ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9
และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 10)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	36.173	4	9.043	12.054	0.000*
B	194.773	29	6.716	8.952	0.000*
Error	87.027	116	0.750		
Corrected Total	317.973	149			

A หมายถึง ปริมาณกลีเซอรอล

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค7 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ น้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 10)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	5.933	4	1.483	1.374	0.247 ^{ns}
B	179.633	29	6.194	5.736	0.000*
Error	125.267	116	1.080		
Corrected Total	310.833	149			

A หมายถึง ปริมาณกลีเซอรอล

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค8 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ น้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 10)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	4.293	4	1.073	1.671	0.161 ^{ns}
B	132.460	29	4.568	7.111	0.000*
Error	74.507	116	0.642		
Corrected Total	211.260	149			

A หมายถึง ปริมาณกลีเซอรอล

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ๙ การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความข้นหนืดของ
ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9
และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 10)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	2.360	4	0.590	0.734	0.571 ^{ns}
B	266.560	29	9.192	11.435	0.000*
Error	93.240	116	0.804		
Corrected Total	362.160	149			

A หมายถึง ปริมาณกลีเซอรอล

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ๑๐ การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิ
ข้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w)
(ผลการทดลองในตารางที่ 10)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	4.333	4	1.083	1.203	0.313 ^{ns}
B	128.700	29	4.438	4.928	0.000*
Error	104.467	116	0.901		
Corrected Total	237.500	149			

A หมายถึง ปริมาณกลีเซอรอล

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค11 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อความหวานของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำกะทิข้น ที่ได้จากการคืนรูปน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 11)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	10.893	4	2.723	2.345	0.059 ^{ns}
B	193.093	29	6.658	5.734	0.000*
Error	134.707	116	1.161		
Corrected Total	338.693	149			

A หมายถึง ปริมาณกลีเซอรอล

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค12 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำกะทิข้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w) (ผลการทดลองในตารางที่ 11)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	7.307	4	1.827	1.803	0.133 ^{ns}
B	74.540	29	2.570	2.538	0.000*
Error	117.493	116	1.013		
Corrected Total	199.340	149			

A หมายถึง ปริมาณกลีเซอรอล

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค13 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบที่มีต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำกะทิที่ผ่านการคั้นรูปน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w)
(ผลการทดลองในตารางที่ 11)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	3.960	4	0.990	1.044	0.388 ^{ns}
B	123.793	29	4.269	4.500	0.000*
Error	110.040	116	0.949		
Corrected Total	237.793	149			

A หมายถึง ปริมาณกลีเซอรอล

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ค14 การวิเคราะห์ทางสถิติ ระดับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิพร้อมไขมันพร้อมบริโภคน้ำกะทิที่ผ่านการคั้นรูปน้ำกะทิขึ้นหวานพร้อมไขมัน เมื่อแปรผันปริมาณกลีเซอรอล 0, 7, 8, 9 และ 10% (w/w)
(ผลการทดลองในตารางที่ 11)

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	9.840	4	2.460	2.860	0.027*
B	90.673	29	3.127	3.636	0.000*
Error	99.760	116	0.860		
Corrected Total	200.273	149			

A หมายถึง ปริมาณกลีเซอรอล

B หมายถึง ผู้ทดสอบชิม

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวเสาวคนธ์ ชยาวิวัฒนาวงศ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 29 มีนาคม 2523
สถานที่เกิด	นครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อการตีพิมพ์ ระดับนานาชาติ ประจำปีงบประมาณ 2549