โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ	การใช้แป้งจากเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิลดไขมัน
ชื่อนิสิต	นางสาวธมนวรรณ ทองทวี
	นางสาวธัญนันท์ วชิรปรีชาพงษ์
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา	2561

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด
The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.

การใช้แป้งจากเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิลดไขมัน

โดย

นางสาวธมนวรรณ ทองทวี
นางสาวธัญนันท์ วชิรปรีชาพงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภา คงเป็นสุข

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ประจำปีการศึกษา 2561

UTILIZATION OF JACKFRUIT SEED FLOUR AS A STABILIZER IN REDUCED FAT COCONUT MILK ICE CREAM

Miss Tamonwan Thongtavee
Miss Thanyanan Wachirapreechapong

Project Advisor

Asst. Prof. Varapha Kongpensook, Ph.D

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology
Department of Food Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

หัวข้องานวิจัย	การใช้แป้งจากเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิลดไขมัน
โดย	นางสาว ธมนวรรณ ทองทวี
	นางสาว ธัญนันท์ วชิรปรีชาพงษ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภา คงเป็นสุข
ปีการศึกษา	2561

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ประจำปีการศึกษา 2561

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภา คงเป็นสุข)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้อวิจัย	การใช้แป้งจากเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิลดไขมัน
โดย	นางสาวธมนวรรณ ทองทวี
	นางสาวธัญนันท์ วชิรปรีชาพงษ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วรภา คงเป็นสุข
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

ไอศกรีมกะทิเป็นอาหารหวานชนิดหนึ่งที่นิยม แต่เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคสนใจต่อปัญหาสุขภาพมากยิ่งขึ้น จึงหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันสูง ไอศกรีมที่ลดปริมาณไขมันส่งผลให้ไอศกรีมละลายเร็ว และคุณภาพทางเนื้อสัมผัสด้อยลง ดังนั้นการผลิตไอศกรีมกะทิลดไขมันจึงจำเป็นต้องศึกษาการใช้สารให้ความคงตัวเข้ามาช่วยปรับปรุงคุณภาพของไอศกรีมให้ดีขึ้น เมล็ดขนุนมีสารจำพวกโพลิแซ็กคาไรด์ซึ่งมีคุณสมบัติในการเกิดเจลได้ จึงสนใจนำแป้งเมล็ดขนุนมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมกะทิลดไขมัน งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ศึกษาการเตรียมและวิเคราะห์สมบัติของแป้งเมล็ดขนุน โดยเตรียมเมล็ดขนุนดิบที่ลอกเปลือกและเยื่อหุ้มเมล็ดออกแล้ว นำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60ºC จนมีความชื้นต่ำกว่า 5% แล้วนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีของแป้งเมล็ดขนุน พบว่า มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 72.24% และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านกายภาพระหว่างการเก็บของแป้งเมล็ดขนุนเป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w), ความชื้น, ความหนืดสูงสุด และpasting temperature เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่ค่าความสว่าง(L*), ค่าสีแดง(a*), ค่าสีเหลือง(b*), การละลาย และกำลังการพองตัว ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) การวิจัยส่วนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณไขมันในไอศกรีมกะทิและชนิดสารให้ความคงตัวของไอศกรีมกะทิลดไขมัน โดยแปรปริมาณไขมัน 3 ระดับ (5%, 9%, และ13%) และชนิดสารให้ความคงตัว 2 ชนิด (เจลาติน และ แป้งเมล็ดขนุน) (กำหนดปริมาณสารให้ความคงตัว 0.7% เท่ากัน) เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ไอศกรีมกะทิไขมัน13% ไม่ใส่สารให้ความคงตัว) วิเคราะห์คุณสมบัติด้านเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและไอศกรีมมิกซ์ พบว่าปริมาณไขมันที่มากขึ้นส่งผลให้ไอศกรีมมิกซ์มีค่าปริมาณของแข็งและความหนืดมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เจลาตินส่งผลให้ไอศกรีม มีค่าความหนืด %overrun และเวลาในการละลายที่มากกว่าไอศกรีมที่ใส่แป้งเมล็ดขนุน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่แป้งเมล็ดขนุนส่งผลให้ไอศกรีมมีค่าความหนืด ความแข็ง และการละลายไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p\geq0.05$) และมีค่าความแข็งมากกว่าไอศกรีมที่ใส่เจลาติน ($p<0.05$) จึงเลือกไอศกรีม 5 สูตร ซึ่งแปรปริมาณไขมัน 2 ระดับ (5% และ 9%) และชนิดสารให้ความคงตัว 2 ชนิด (เจลาติน และ แป้งเมล็ดขนุน) เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เพื่อทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ โดยผู้ทดสอบจำนวน 34 คน พบว่าผู้บริโภคยอมรับไอศกรีมลดไขมันที่มีปริมาณไขมัน 9% การวิจัยส่วนที่ 3 ศึกษาผลของปริมาณแป้งเมล็ดขนุนเพื่อใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมกะทิลดไขมันที่มีปริมาณไขมัน 9% โดยแปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุน 4 ระดับ (0.7%, 1.2%, 1.7%, และ2.2%) พบว่า ปริมาณแป้งที่มากขึ้นส่งผลให้ไอศกรีมมิกซ์มีค่าปริมาณของแข็งและความหนืดมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และจากการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์พบว่า ผู้บริโภคยอมรับการเติมแป้งเมล็ดขนุนได้ถึงปริมาณ 1.7%

Project Title Utilization of jackfruit seed flour as a stabilizer in reduced fat coconut milk ice cream
Student Tamonwan Thongtavee
Thanyanan Wachirapreechapong
Study Program Bachelor of Science in Food Technology
Advisor Asst. Prof. Varapha Kongpensook, Ph.D.
Academic Year 2018

ABSTRACT

Coconut milk ice cream is one of the most favorable Thai dessert. Nowadays, consumers are aware of their health problems, they tend to avoid foods with high-fat content. Fat reduced ice cream could melt too fast and has poor texture. Therefore, a stabilizer is used to improve the quality of fat reduced ice cream. Jackfruit seeds contain high polysaccharides which have gel formation property. This study aims to use jackfruit seed flour as a stabilizer in reduced fat coconut milk ice cream. This research was divided into 3 parts. First part, the jackfruit seed flour was prepared and its chemical properties were analyzed. Raw jackfruit seeds were peeled and dehydrated in a hot air oven at 60 $^{\circ}$C until the moisture content was less than 5%. Then, the seeds were ground and sifted through 60-mesh sieve. The analysis showed that it contains 72.24% of carbohydrate. After 2 months storage, the water activity, moisture content, peak viscosity and pasting temperature significantly changed ($p<0.05$). However, the brightness (L*), red (a *), yellow (b *), solubility, and swelling power did not significantly change ($p\geq0.05$). The second part, the effects of fat content in coconut milk ice cream and types of stabilizers in reduced fat coconut milk ice cream were studied. Ice cream formulas with varying fat contents (5%, 9%, and 13%) and 2 types of stabilizers (gelatin and jackfruit seed flour, 0.7 %) were compared to the control formula (13% fat coconut milk ice cream without stabilizer). The results showed that increasing the amount of fat significantly increased the total soluble solid and viscosity in ice cream mix ($p<0.05$). The ice cream with gelatin provided a higher %overrun, viscosity, and longer melting time than the ice cream containing jackfruit seed flour ($p<0.05$). However, the ice cream with jackfruit seed flour did not give significant different in viscosity, hardness, and melting time when comparing to the control formula ($p\geq0.05$). Therefore, 5 formulas were selected with varying fat content into 2 levels (5% and 9%) and 2 types of stabilizers (gelatin and jackfruit seed flour), compared with the control formula. The acceptance test of 34 respondents reported that the 9% fat coconut milk ice cream was accepted. The last part, the amount of jackfruit seed flour as a stabilizer in the 9% fat content coconut milk ice cream was investigated by being varied in 4 levels (0.7%, 1.2%, 1.7%, and 2.2%). The results showed that increasing the amount of jackfruit seed flour caused the ice cream mix to have higher amount of total soluble solid and viscosity ($p<0.05$). The acceptance test also reported that the consumers accepted the addition of jackfruit seed flour up to 1.7%.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้โดยได้รับเงินทุนสนับสนุนจากงบประมาณการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. วรภา คงเป็นสุข เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้ความรู้ ความช่วยเหลือ และช่วยแก้ไขส่วนที่บกพร่องต่าง ๆในงานวิจัย ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

และขอขอบคุณบุคลากร นิสิตปริญญาตรี และ ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดสอบทางประสาทสัมผัส รวมถึงความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คอยสนับสนุน และเป็นกำลังใจให้จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ไอศกรีม	3-4
2.2 ไอศกรีมกะทิ	5-9
2.3 กระบวนการทำไอศกรีม	10-14
2.4 เมล็ดขนุน	14-15
2.5 แป้งเมล็ดขนุน	15-16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	17
3.1 วัตถุดิบ วัสดุ และอุปกรณ์	17-18
3.2 การเตรียมแป้งจากเมล็ดขนุนและศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของแป้งเมล็ดขนุน	18-19
3.3 การศึกษาผลของปริมาณไขมันในไอศกรีมกะทิและชนิดสารให้ความคงตัวของไอศกรีมกะทิลดไขมัน	20-23
3.4 การศึกษาผลของปริมาณแป้งเมล็ดขนุนเพื่อใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมกะทิลดไขมัน	23-24
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	25
4.1 คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของแป้งเมล็ดขนุน (Jackfruit seed flour) และการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ	25-29
4.2 การศึกษาผลของปริมาณไขมันในไอศกรีมกะทิและชนิดสารให้ความคงตัวของไอศกรีมกะทิลดไขมัน	30-38
4.3 การศึกษาผลของปริมาณแป้งเมล็ดขนุนที่มีต่อคุณสมบัติของไอศกรีมกะทิลดไขมัน	38-44

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 45
เอกสารอ้างอิง 46-49
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ ของแป้งเมล็ดขนุน 50-56
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพของไอศกรีมกะทิ 57-60
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (7 Point Hedonic scale ,Line scale) 61
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 62-87
ภาคผนวก จ ผลวิเคราะห์สมบัติด้านต่าง ๆ ของแป้งเมล็ดขนุนและไอศกรีมกะทิ 88-94
ประวัติผู้วิจัย 95-96

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบของไอศกรีมกะทิ	5
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของวิธีการพาสเจอไรซ์แบบต่าง ๆ	11
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดขนุน	15
3.1	แสดงปริมาณไขมันกะทิ(%) และ ชนิดสารให้ความคงตัว ในไอศกรีมกะทิลดไขมันแต่ละสูตร	20
3.2	แสดงปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมแต่ละสูตร (ต่อ 100 กรัม)	21
3.3	แสดงปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมแต่ละสูตร (ต่อ 100 กรัม)	24
4.1	ผลการวิเคราะห์Proximate analysisของแป้งเมล็ดขนุน	25
ง.1	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าปริมาณน้ำอิสระของแป้งเมล็ดขนุน	62
ง.2	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าปริมาณความชื้น (%) ของแป้งเมล็ดขนุน	62
ง.3	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า L* ของแป้งเมล็ดขนุน	63
ง.4	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า a* ของแป้งเมล็ดขนุน	63
ง.5	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า b* ของแป้งเมล็ดขนุน	63
ง.6	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าร้อยละการละลาย (solubility) ที่ 55 °C ของแป้งเมล็ดขนุน	64
ง.7	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าร้อยละการละลาย (solubility) ที่ 65 °C ของแป้งเมล็ดขนุน	64
ง.8	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าร้อยละการละลาย (solubility) ที่ 75 °C ของแป้งเมล็ดขนุน	64
ง.9	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าร้อยละการละลาย (solubility) ที่ 85 °C ของแป้งเมล็ดขนุน	65
ง.10	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่ากำลังการพองตัว ที่ 55 °C ของแป้งเมล็ดขนุน	65
ง.11	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่ากำลังการพองตัว ที่ 65 °C ของแป้งเมล็ดขนุน	65

ง.12	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่ากำลังการพองตัว ที่ 75 ºC ของแป้งเมล็ดขนุน	66
ง.13	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่ากำลังการพองตัว ที่ 85 ºC ของแป้งเมล็ดขนุน	66
ง.14	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Peak viscosityของแป้งเมล็ดขนุน	67
ง.15	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Trough1ของแป้งเมล็ดขนุน	67
ง.16	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Breakdownของแป้งเมล็ดขนุน	67
ง.17	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Final viscosityของแป้งเมล็ดขนุน	68
ง.18	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Setbackของแป้งเมล็ดขนุน	68
ง.19	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Peak timeของแป้งเมล็ดขนุน	68
ง.20	การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Pasting temperature ของแป้งเมล็ดขนุน	69
ง.21	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชอบด้านกลิ่นของไอศกรีม	70
ง.22	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชอบด้านรสชาติของไอศกรีม	70
ง.23	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชอบด้านเนื้อสัมผัสของไอศกรีม	71
ง.24	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชอบโดยรวมของไอศกรีม	71
ง.25	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความหวานของไอศกรีม	72
ง.26	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มกลิ่นรสกะทิของไอศกรีม	72
ง.27	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเคลือบมันในปากของไอศกรีม	73
ง.28	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเนียนเรียบของเนื้อไอศกรีม	73
ง.29	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อการละลายในปากของไอศกรีม	74
ง.30	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าViscosity (ความหนืด)	74
ง.31	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า%T	75
ง.32	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าpH	75
ง.33	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า %Overrun	76
ง.34	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าการละลาย	76
ง.35	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความแข็ง (Hardness)	76
ง.36	ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า L*	77

ง.37 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า a* 77

ง.38 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า b* 77

ง.39 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าของแข็งทั้งหมด (Total solid) 78

ง.40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความชอบด้านกลิ่น ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 79

ง.40.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าความชอบด้านกลิ่น ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 79

ง.41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความชอบด้านรสชาติ ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 80

ง.41.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าความชอบด้านรสชาติ ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 80

ง.42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความชอบด้านเนื้อสัมผัสของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 81

ง.42.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าความชอบด้านเนื้อสัมผัส ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 81

ง.43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความชอบโดยรวมของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 82

ง.43.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าความชอบโดยรวม ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 82

ง.44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความเข้มความหวาน ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 83

ง.44.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลความเข้มความหวาน ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 83

ง.45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความเข้มกลิ่นรสกะทิ ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 84

ง.45.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลความเข้มกลิ่นรสกะทิ ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 84

ง.46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความเคลือบมันในปาก ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 85

ง.46.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลความเคลือบมันในปาก ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 85

ง.47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความเนียนเรียบของเนื้อไอศกรีมของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 86

ง.47.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลความเนียนเรียบ ของเนื้อไอศกรีมของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 86

ง.48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการละลายภายในปาก ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 87

ง.48.1	ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลการละลายภายในปาก ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน	87
จ.1	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีกายภาพของแป้งเมล็ดขนุนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ	88
จ.2	ผลการวิเคราะห์ Rapid Visco Analyzer ของแป้งเมล็ดขนุนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ	89
จ.3	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมมิกซ์	90
จ.4	ผลการวิเคราะห์ความหนืดไอศกรีมมิกซ์	90
จ.5	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของไอศกรีม	91
จ.6	ผลการวิเคราะห์ค่าสีของไอศกรีม	91
จ.7	ผลการทดสอบการยอมรับประสาทสัมผัส (ความชอบด้านต่าง ๆ)	92
จ.8	ผลการทดสอบการยอมรับประสาทสัมผัส (ความเข้มของลักษณะด้านต่าง ๆ)	92
จ.9	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และ ทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์ไขมัน 9%	93
จ.10	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของไอศกรีมไขมัน 9%	93
จ.11	ผลการวิเคราะห์ค่าสีของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% แต่ละสูตร	93
จ.12	ผลการทดสอบการยอมรับประสาทสัมผัส (ความชอบด้านต่าง ๆ) ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9%	94
จ.13	ผลการทดสอบการยอมรับประสาทสัมผัส (ความเข้มของลักษณะด้านต่าง ๆ) ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9%	94

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้างทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์	4
2.1	โครงสร้างทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม	4
2.2	โครงสร้างของเจลาติน	8
2.3	กลไกการเกิดเจลของเจลาติน	9
2.4	กระบวนการทำไอศกรีม	10
2.5	ผลของความดันในการโฮโมจีไนซ์เม็ดไขมันในส่วนผสมของไอศกรีม	12
4.1	แผนภูมิแสดงค่าปริมาณความชื้นของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน	25
4.2	แผนภูมิแสดงค่าปริมาณน้ำอิสระของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน	26
4.3	แผนภูมิเปรียบเทียบค่า pasting properties ต่าง ๆของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน	27
4.4	แผนภูมิแสดงค่า Pasting temperature ของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน	27
4.5	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าสี (L*, a*,b*) ของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน	28
4.6	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าปริมาณการละลาย (Solubility) ของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนกับอุณหภูมิต่าง ๆ (55, 65, 75 และ85 °C)	29
4.7	แผนภูมิเปรียบเทียบค่ากำลังการพองตัว (swelling power) ของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนกับอุณหภูมิต่าง ๆ (55, 65, 75 และ85 °C)	29
4.8	แผนภูมิแสดงค่าความเป็นกรดด่างของไอศกรีมมิกซ์ทั้ง 7 สูตร	30
4.9	แผนภูมิแสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมมิกซ์ทั้ง 7 สูตร	31
4.10	แผนภูมิแสดงค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์สูตรที่ใส่เจลาติน	31
4.11	แผนภูมิแสดงค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ของสูตรควบคุมและสูตรที่ใส่แป้งเมล็ดขนุน	32
4.12	แผนภูมิแสดงค่า% overrun ของไอศกรีมกะทิทั้ง 7 สูตร	33
4.13	แผนภูมิแสดงค่าการละลายของไอศกรีมกะทิทั้ง 7 สูตร	34
4.14	แผนภูมิแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของไอศกรีมกะทิทั้ง 7 สูตร	34
4.15	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าสี (L*, a*,b*) ของไอศกรีมกะทิทั้ง 7 สูตร	35

4.16	แผนภูมิแสดงคะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ของไอศกรีมกะทิทั้ง 5 สูตร	36
4.17	แผนภูมิแสดงคะแนนการทดสอบความเข้มทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ของไอศกรีมกะทิทั้ง 5 สูตร	37
4.18	แผนภูมิแสดงค่าความเป็นกรดด่างของไอศกรีมมิกซ์กะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ	38
4.19	แผนภูมิแสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมมิกซ์กะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ	39
4.20	แผนภูมิแสดงค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์กะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ	39
4.21	แผนภูมิแสดงค่า% overrun ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ	40
4.22	แผนภูมิแสดงค่าการละลายของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ	41
4.23	แผนภูมิแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ	41
4.24	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าสี (L*, a*,b*) ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ	42
4.25	แผนภูมิแสดงคะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ	43
4.26	แผนภูมิแสดงคะแนนการทดสอบความเข้มทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ	44

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันการผลิตไอศกรีมมีการนำผลิตภัณฑ์จากพืชมาเป็นวัตถุดิบทดแทนผลิตภัณฑ์จากนมมากขึ้น เช่น มะพร้าว ถั่วเหลือง ข้าว เป็นต้น เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่อาจจะมีอาการแพ้อาหารที่มีส่วนผสมจากผลิตภัณฑ์นม ไอศกรีมกะทิเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่คนไทยนิยมบริโภค แต่เนื่องจากกรดไขมันอิ่มตัวในกะทินั้นมีผลต่อการเพิ่มระดับโคเลสเตอรอลในกระแสเลือดซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่าง ๆ ไขมันเป็นส่วนประกอบสำคัญในไอศกรีม ให้ความหนืดแก่ไอศกรีมมิกซ์ ส่งผลให้ไอศกรีมมีกลิ่นรสดี เนื้อสัมผัสเรียบเนียนเหนียวหนืดและมีความเคลือบมันในปาก การลดไขมันในไอศกรีมส่งผลให้ไอศกรีมละลายเร็วขึ้น และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้อยลง ทำให้ไอศกรีมไขมันต่ำไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นการผลิตไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจึงจำเป็นต้องศึกษาการใช้สารให้ความคงตัว เข้ามาช่วยปรับปรุงคุณภาพของไอศกรีมให้มีความคงตัวสูง ละลายช้า มีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนและนุ่มเบา ซึ่งเป็นคุณลักษณะไอศกรีมเนื้อนิ่มที่ผู้บริโภคต้องการ

เมล็ดขนุนส่วนมากจะเป็นส่วนเหลือทิ้งจากการบริโภคผลขนุนสุก ซึ่งมักนำไปต้มสุกเพื่อบริโภคเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกใหม่ อีกทั้งเมล็ดขนุนมีคาร์โบไฮเดรตสูงเหมาะแก่การนำมาผลิตเป็นแป้งซึ่งเป็นสารจำพวกโพลิแซ็กคาไรด์ มีคุณสมบัติในการเกิดเจลได้ ดังนั้น เพื่อหาแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มและสร้างประโยชน์ด้านอื่น ๆ ให้แก่วัตถุดิบที่ยังไม่นิยมนำมาบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เช่น เมล็ดขนุน ผู้วิจัยจึงต้องการใช้แป้งเมล็ดขนุน มาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมกะทิลดไขมัน และศึกษาผลต่อสมบัติด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะเนื้อสัมผัส เพิ่มความข้นหนืด และการขึ้นฟูให้กับไอศกรีม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมแป้งเมล็ดขนุนเพื่อใช้เป็นสารให้ความคงตัวและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างการเก็บของแป้งเมล็ดขนุน
2. เพื่อศึกษาการประยุกต์แป้งเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิลดไขมัน เปรียบเทียบกับการใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัว

ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย

1. ศึกษาการเตรียมแป้งจากเมล็ดขนุน และศึกษาคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บ
2. ศึกษากระบวนการผลิตและสูตรในการผลิตไอศกรีมกะทิ ศึกษาผลการวิเคราะห์และผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของปริมาณไขมันในไอศกรีมกะทิ และชนิดของสารให้ความคงตัวของไอศกรีมกะทิลดไขมัน
3. ศึกษาผลการวิเคราะห์และผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของปริมาณแป้งเมล็ดขนุนเพื่อใช้เป็นการให้ความคงตัวในไอศกรีมกะทิลดไขมัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้กรรมวิธีเตรียมแป้งเมล็ดขนุนและสูตรไอศกรีมกะทิโดยใช้แป้งเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัวที่เป็นที่ยอมรับ
2. เพื่อส่งเสริมให้ใช้เมล็ดขนุนให้เกิดประโยชน์และมีมูลค่ามากขึ้น
3. ได้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิที่ดีต่อสุขภาพด้านการลดปริมาณไขมัน

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

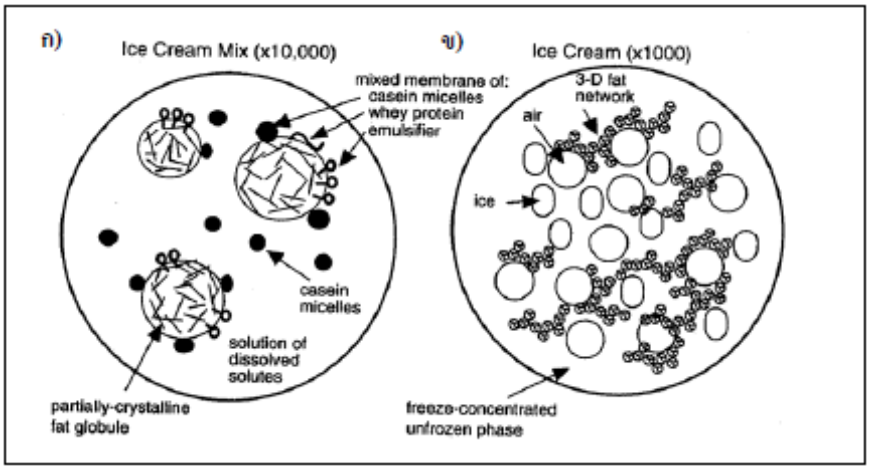
2.1 ไอศกรีม

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 354) พ.ศ. 2556 เรื่องไอศกรีม กำหนดว่าไอศกรีมเป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานแบ่งเป็น 5 ชนิด ได้แก่ 1.) ไอศกรีมนม ได้แก่ ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้นมหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม 2.) ไอศกรีมดัดแปลง ได้แก่ ไอศกรีมนมที่ทำขึ้นโดยใช้ไขมันชนิดอื่นแทนมันเนยทั้งหมดหรือแต่บางส่วน หรือไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันแต่ผลิตภัณฑ์นั้นมิใช่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม 3.) ไอศกรีมผสม ได้แก่ ไอศกรีมนมหรือไอศกรีมดัดแปลง ซึ่งมีผลไม้หรือวัตถุอื่น ที่เป็นอาหารเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย 4.) ไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง และไอศกรีมผสม ชนิดเหลว หรือแห้ง หรือผง 5.) ไอศกรีมหวานเย็น ได้แก่ ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้น้ำและน้ำตาล หรืออาจมีวัตถุอื่นที่เป็นอาหาร เป็นส่วนผสมอยู่ด้วย ไอศกรีมดังกล่าวอาจใส่วัตถุแต่งกลิ่น รส และสีด้วยก็ได้ ไอศกรีมทุกชนิด ยกเว้นไอศกรีมผสม ต้องผ่านกระบวนการผลิตตามลำดับ ดังต่อไปนี้ คือ การผ่านความร้อน ต้องผ่านกรรมวิธิหนึ่งวิธีใด ได้แก่ ทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 68.5ºC และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ ไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือ ทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80ºC และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ ไม่น้อยกว่า 25 วินาที และจะต้องมีเครื่องวัดอุณหภูมิพร้อมด้วยเครื่องบันทึกอัตโนมัติแสดงอุณหภูมิ เวลาที่ใช้จริง หรือ ทำให้ร้อนโดยกรรมวิธีอื่นตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเห็นชอบด้วย เมื่อให้ความร้อนแล้วต้องทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 4ºC และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ จากนั้นนำไปปั่น กวน หรือผสม แล้วแต่กรณี และทำให้เยือกแข็งที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า -2.2ºC ก่อนบรรจุลงในภาชนะบรรจุเพื่อจำหน่าย และต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า -2.2ºC นี้ จนกว่าจะจำหน่าย (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา สำนักอาหาร, 2556)

2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพของไอศกรีม

โครงสร้างของไอศกรีมเป็นระบบทางเคมีกายภาพ (physicochemical system) ที่ซับซ้อน ภาพ 2.1 ก แสดงโครงสร้างของไอศกรีมมิกซ์ (ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม) ประกอบด้วยอนุภาคเม็ดไขมันที่เกิดผลึกบางส่วน (partially crystalline fat globules) เคซีนไมเซลล์ที่กระจายตัวอยู่ในส่วนของของเหลวหรือสารละลายผสมของน้ำตาล เกลือ เวย์โปรตีนและสารให้ความคงตัว และบนผิวของเม็ดไขมันจะมีบางส่วนของเคซีนไมเซลล์ เวย์โปรตีน และอิมัลซิไฟเออร์ถูกดูดซับอยู่ สำหรับโครงสร้างของไอศกรีม แสดงในภาพ 2.1 ข ประกอบด้วย ผลึกน้ำแข็ง เซลล์อากาศ (air cell) โครงข่าย 3 มิติของเม็ดไขมัน (3-D fat network or partially coalesced fat globules) ที่กระจายตัวอยู่ใน

ไอศกรีมมิกซ์ที่เป็นของเหลว และโครงข่ายสามมิติของเม็ดไขมันจะล้อมรอบเซลล์อากาศและผลึกน้ำแข็ง (Marshall et al., 2003) โครงข่าย 3 มิติของไอศกรีมจะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการบ่มและการแช่เยือกแข็ง เซลล์อากาศในไอศกรีมที่ผลิตด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบไม่ต่อเนื่อง (batch freezer) และแบบต่อเนื่อง (continuous type freezer) มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 5-300 ไมครอน โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 60 ไมครอน เซลล์ที่มีขนาดเล็กจะถูกล้อมรอบด้วยชั้นของผลึกไขมัน เซลล์อากาศที่มีขนาดใหญ่จะทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสคล้ายเกล็ดหิมะ ขณะที่เซลล์อากาศที่มีขนาดเล็กจะให้เนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนดังนั้นค่าเฉลี่ยของเซลล์อากาศที่ 60-100 ไมครอน จะเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับไอศกรีมเกือบทุกชนิด (อรพิน ชัยประสพ, 2544; Marshall et al., 2003)



ที่มา: Marshall et al. (2003)

ภาพ 2.1 โครงสร้างทางกายภาพของ ก) ไอศกรีมมิกซ์ และ ข) ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

ส่วนปริมาณน้ำที่กลายเป็นน้ำแข็งในไอศกรีมจะแตกต่างกันขึ้นกับอุณหภูมิ ขณะที่ออกจากเครื่องแช่เยือกแข็งในขั้นตอนการปั่น ที่อุณหภูมิ -5°C จะมีปริมาณน้ำที่เป็นน้ำแข็งประมาณ 50% และประมาณ 95% ที่อุณหภูมิบ่มแข็ง (hardening) ที่ -30°C และประมาณ 70% ที่อุณหภูมิห้องเก็บ -11°C ส่วนขนาดของผลึกน้ำแข็งจะมีการแปรผันตามอุณหภูมิการเก็บผลิตภัณฑ์ โดยเฉลี่ยผลึกน้ำแข็งจะมีขนาดประมาณ 40-50 ไมครอน ขนาดผลึกน้ำแข็งยังมีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมด้วย กล่าวคือ ไอศกรีมที่มีขนาดผลึกน้ำแข็งเฉลี่ยที่เล็กกว่า 50 ไมครอน จะทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เนียน แต่ถ้าผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ (มากกว่า 50 ไมครอน) จะทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่หยาบไม่น่ารับประทาน (Donhowe et al., 1991)

2.2 ไอศกรีมกะทิ

ไอศกรีมดัดแปลงกะทิ ซึ่งได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอย่างสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในประเทศไทย ไอศกรีมดัดแปลงกะทิถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Mellorine-type products ซึ่งเป็นไอศกรีมที่ใช้น้ำมันหรือไขมันชนิดอื่นทดแทนไขมันนม (พัชรินทร์ รักถาวร, 2542) สูตรการทำไอศกรีมกะทิมีมากมาย โดยส่วนประกอบของไอศกรีมกะทิหลัก ๆ ได้แก่ กะทิ น้ำ น้ำตาลทรายขาว เกลือ หางนมผง และสารให้ความคงตัว ตัวอย่างส่วนประกอบของไอศกรีมกะทิ แสดงในตาราง 2.1

ตาราง 2.1 : องค์ประกอบของไอศกรีมกะทิ

ส่วนผสม	ปริมาณ%โดยน้ำหนัก*	ปริมาณ%โดยน้ำหนัก**
กะทิ	67.74	72.00
น้ำ	12.71	15.00
น้ำตาลทรายขาว	12.58	9.00
เกลือ	0.06	0.06
หางนมผง	6.46	3.24
สารให้ความคงตัว	0.45	0.70
รวม	100.00	100.00

หมายเหตุ * ที่มา: ศิวพร พุดตาน และ สมจิตร สุรพัฒน์. (2550)

** ที่มา: ดัดแปลงจาก ศิวพร พุดตาน และ สมจิตร สุรพัฒน์. (2550)

2.2.1 กะทิ

กะทิเป็นระบบอิมัลชันตามธรรมชาติ โดยประกอบด้วยส่วนที่เป็นวัฏภาค (เฟส) ของน้ำและวัฏภาค (เฟส) ของน้ำมันมะพร้าวซึ่งไม่ละลายซึ่งกันและกัน กะทิที่ใช้ประกอบหรือผลิตอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ โดยเฟสของน้ำมันมะพร้าวจะกระจายตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ เรียกว่า ดร็อปเล็ต อยู่ในเฟสของน้ำที่เป็นเฟสต่อเนื่อง (Tangsuphoom and Coupland, 2005) ในกะทิมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ตามธรรมชาติ (Birosel

et al., 1963) ช่วยให้กะทิมีความคงตัวอยู่ได้ระยะหนึ่งโดยไม่แยกชั้นหรือแตกมัน อย่างไรก็ตามกะทิจะสูญเสียความคงตัวได้ง่ายเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน ซึ่งทำให้โปรตีนกะทิเกิดการเปลี่ยนสภาพ กะทิที่ได้รับความร้อนจะเริ่มสูญเสียความคงตัว โดยดร็อปเล็ตที่เป็นเม็ดน้ำมันอาจเกิดการเกาะกลุ่มกัน และ/หรือ การรวมตัวกัน ซึ่งต่อมาจะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน รวมตัวหนาแน่นเป็นชั้นครีมขุ่น เรียกว่าการแยกชั้นครีม จากนั้นเมื่อดร็อปเล็ตในชั้นครีมรวมตัวกันอย่างสมบูรณ์ เป็นเนื้อเดียวกัน จะเห็นเป็นชั้นน้ำมันใสลอยตัวอยู่ที่ผิวหน้าเรียกว่า การแตกมัน การแยกชั้นครีมและการแตกมันที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน ถ้าเกิดการแยกชั้นครีมอย่างมากก็มักนำไปสู่การแตกมันในที่สุด (Dickinson and Stainsby, 1982; Dickinson, 1992; McClements, 1999)

องค์ประกอบของน้ำกะทิที่ได้จากการบีบเนื้อมะพร้าวขูดโดยไม่เติมน้ำ ประกอบด้วย ความชื้น 50-54% โปรตีน 2.8-4.4% เถ้า 1.0-1.5% คาร์โบไฮเดรต 5.5-8.3% และไขมัน 15-40% (นิศรา ฮะเจริญ, 2554) ไขมันของน้ำกะทิอยู่ในรูปของน้ำมันมะพร้าวมีกลิ่นเฉพาะและมีสีใสเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ 26-27ºC มีไตรกลีเซอไรด์เป็นองค์ประกอบหลัก (84-93.1%) กรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่า 90% ขณะที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะกรดโอเลอิก (Oleic acid) และกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) มีประมาณ 10% ของกรดไขมันทั้งหมด สำหรับกรดไขมันอิ่มตัวพบว่ามีกรดลอริก (Lauric acid) มากที่สุดประมาณ 40-50% นอกจากนี้พบกรดไขมันอิ่มตัวที่มี C6-C10 ซึ่งไม่พบในน้ำมันพืชชนิดอื่น เนื่องจากกรดไขมันอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมีปริมาณมากในน้ำมันมะพร้าว ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีจุดหลอมเหลว 24-27ºC และอุณหภูมิในการแข็งตัวประมาณ 5ºC หรือต่ำกว่า (วิภาวี ก้อนคำดี, 2558) ความแก่อ่อนในระหว่างการเก็บเกี่ยวมะพร้าวมีผลต่อกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมัน โดยน้ำมันที่ได้จากมะพร้าวที่อ่อนกว่ามีกรดไขมันอิ่มตัวที่มี C6-C10 คือกรดลอริกต่ำ มีกรดปาล์มิติก (Palmitic acid) กรดโอเลอิก (Oleic acid) และกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) ที่สูงกว่า ซึ่งกรดไขมัน 3 อันดับหลังลดลงอย่างเห็นได้ชัดในมะพร้าวแก่ (Salunkhe et al., 1992)

2.2.2 น้ำ

น้ำ เป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในไอศกรีมดัดแปลงกะทิ น้ำทำหน้าที่เป็นเฟสต่อเนื่องในไอศกรีมโดยอยู่ในสภาพผลึกน้ำแข็งเกือบทั้งหมด ณ อุณหภูมิที่รับประทาน ความสมดุลระหว่างผลึกน้ำแข็งกับส่วนที่เป็นของเหลวและขนาดของผลึกน้ำแข็ง มีบทบาทสำคัญต่อการรับประทานไอศกรีมดัดแปลงกะทิ (ปิยะธิดา เกิดช่วย, 2551)

2.2.3 สารให้ความหวาน

สารให้ความหวาน ทำหน้าที่เพิ่มความหวาน ให้กลิ่นรส และมีบทบาทในการป้องกันการเป็นน้ำแข็ง (Anti-freeze) ของไอศกรีม สารให้ความหวานที่นิยมใช้ในไอศกรีมดัดแปลงกะทิมากที่สุด ได้แก่ น้ำตาลทรายและคอร์นไซรัป (Corn syrup) การเพิ่มปริมาณสารให้ความหวานในไอศกรีมมีผลทำให้จุดเยือกแข็งลดลง ดังนั้นผลิตภัณฑ์จะมีความนุ่มนวลกว่าและง่ายต่อการตักรับประทานที่อุณหภูมิเย็นจัด เพราะปริมาณน้ำที่เป็นน้ำแข็งมีน้อย ในส่วนผสมของไอศกรีมมักมีปริมาณน้ำตาลอยู่ระหว่าง 10-18% โดยน้ำหนัก (ปิยะธิดา เกิดช่วย, 2551)

2.2.4 หางนม

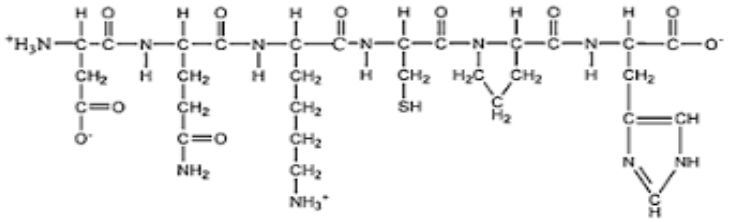
เนื้อนมไม่รวมมันเนยเป็นองค์ประกอบที่ได้จากนม เช่น หางนม ซึ่งประกอบด้วย โปรตีน น้ำตาลแลกโทส และเกลือ ทำให้เกิดลักษณะเนื้อแก่ไอศกรีม ให้ความนุ่มเนียนแน่นเนื้อ เพิ่มกลิ่นรสนมและเพิ่มคุณค่าทางอาหาร โปรตีนมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์และจับกับอิมัลซิไฟเออร์ชนิดอื่นที่ผิวของไขมันส่งเสริมการเกิดร่างแหของเม็ดไขมันที่ผิวของฟองอากาศ (Partial coalescence) นอกจากนี้โปรตีนยังมีคุณสมบัติในการช่วยเกิดโฟมและจับน้ำ มีผลให้ความหนืดของไอศกรีมเหลวเพิ่มขึ้น ไอศกรีมละลายช้าลง และผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็ก (ปาวรีย์ กุณะแสงคา, 2556)

2.2.5 สารให้ความคงตัว

สารให้ความคงตัวมีหลายชนิด เช่น เจลาติน โซเดียมอัลจิเนต คาราจีแนน กัวกัม โลคัสบีนกัม และคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส เป็นต้น สารเหล่านี้สามารถละลายน้ำและการเกิดพันธะกับโมเลกุลของน้ำเป็นเจล สารให้ความคงตัวช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในไอศกรีม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะที่อุณหภูมิห้องเก็บรักษาไม่คงที่ เนื่องจากสารให้ความคงตัวมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น จึงลดการเคลื่อนที่ของสารต่าง ๆ รวมทั้งน้ำ ซึ่งเป็นการขัดขวางการโตของผลึกน้ำแข็ง สารให้ความคงตัวมีส่วนสำคัญต่อการให้เนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนและให้รูปร่างต่อไอศกรีม ช่วยเพิ่มความหนืดแต่ไม่มีผลต่อการลดจุดเยือกแข็ง นอกจากนี้ช่วยให้เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ มีความต้านทานต่อการละลายดี การใช้สารให้ความคงตัวในปริมาณมากเกินไป ทำให้ไอศกรีมมีสมบัติการละลายไม่ดี ไอศกรีมแฉะและเหนียวหนัก (ศิวพร พุดตาล, 2550)

2.2.5.1 เจลาติน (Gelatin)

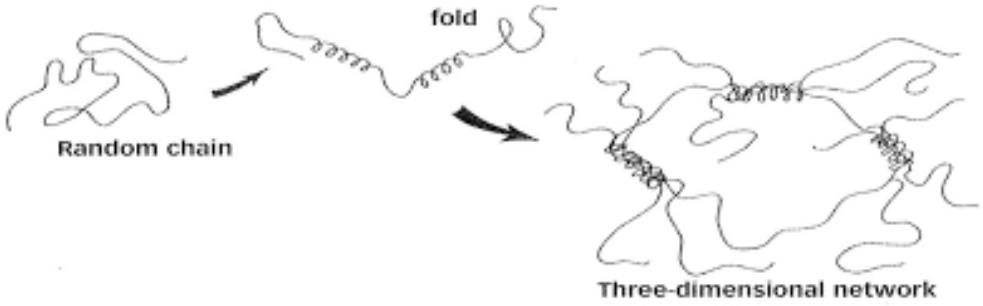
เจลาตินเป็นสายพอลิเมอร์ของโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ต่อกันเป็นสายยาว โดยพบไกลซีนในปริมาณมากที่สุด ประมาณ 33% ของกรดอะมิโนทั้งหมด พบโพรลีน 12% และไฮดรอกซีโพรลีน 11% โครงสร้างของเจลาติน แสดงในภาพ 2.2 ระหว่างกรดอะมิโนแต่ละชนิดจะมีพันธะเพปไทด์เชื่อมอยู่เพื่อประกอบเป็นสายพอลิเพปไทด์ สายพอลิเพปไทด์จะมีการบิดเป็นเกลียวโดยมีพันธะไฮโดรเจนเชื่อมอยู่ระหว่างกรดอะมิโน เพื่อทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นเกลียว (α-chain) (Haug et al., 2004)



ที่มา: Liu et al. (2011)

ภาพ 2.2 โครงสร้างของเจลาติน

เมื่อสารละลายเจลาตินได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นสารละลายคอลลอยด์ (colloidal solution) โมเลกุลของเจลาตินจะยืดตัวออกอยู่ในรูปของ random coil และเมื่อทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง โมเลกุลที่ยืดตัวออกแล้วจะเริ่มเกิดการขดตัวอย่างช้า ๆ (fold) เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงจุดก่อเจลจะมีการเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลมากขึ้น จึงเกิดการรวมตัวกัน เป็นโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงขึ้นเชื่อมกันระหว่างโมเลกุลมากขึ้นด้วยพันธะไฮโดรเจน พันธะไอโอนิก หรือพันธะไฮโดรโฟบิก จนเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ แสดงในภาพ 2.3 ซึ่งในระยะนี้ทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลเกิดการจับ ตัวกันอย่างคงตัวและแข็งแรงมากขึ้นพันธะหลักที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมกันของโมเลกุลเจลาตินคือพันธะไฮโดรเจน และหากมีการให้ความร้อนอีกครั้งจะเกิดการหลอมเหลวเป็นสารละลาย (Schrieber and Gareis, 2007)



ที่มา : Schrieber and Gareis. (2007)

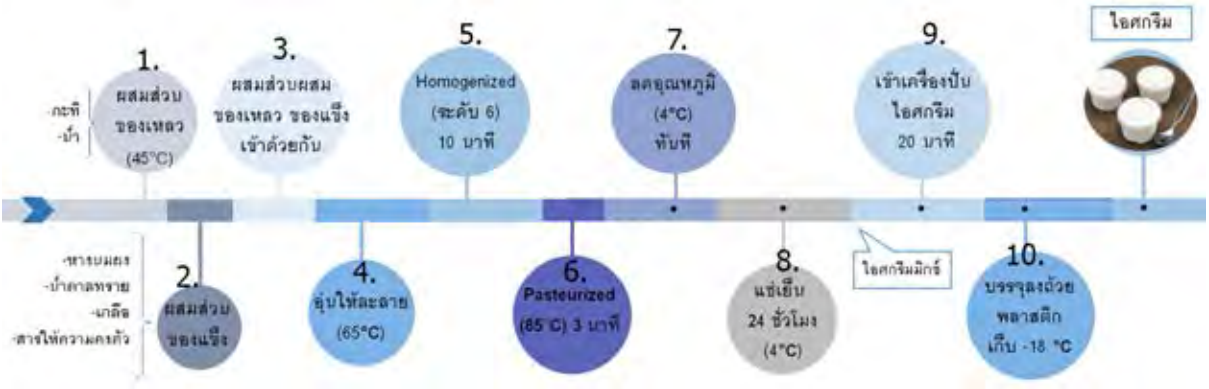
ภาพ 2.3 กลไกการเกิดเจลของเจลาติน

2.2.5.2 แป้งกล้วย

นวพร หงส์พันธุ์ และ จันทรสุดา อดุยศักดิ์สกุล, 2556 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมสดที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรเป็นสารให้ความคงตัวเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ใช้สารให้ความคงตัวทางการค้า 3 ชนิด ได้แก่ กัวร์กัม คาราจีแนน และเพคติน ที่ระดับความเข้มข้น 0.5% (โดยน้ำหนัก) ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมนมสดทุกสูตร พบว่า มีค่า pH 6.9 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 19–23°Brix %overrun 9.09-9.69% และความหนืด 3226.67-3866.67 cP ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในการวัดค่าเนื้อสัมผัสพบว่าไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วย เพคติน และคาราจีแนน มีค่าความแข็ง การเกาะกัน และความเหนียวติดกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้กัวร์กัม มีค่าความแข็ง การเกาะกัน และความเหนียวติดกันสูงที่สุด 6.97, 0.17, และ 1.42 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมสดทุกสูตรในด้านลักษณะปรากฏ ความขาว กลิ่นรส ความหวาน ความเนียนละเอียดของเนื้อไอศกรีม ความรู้สึกตกค้างหลังชิม และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนน ความชอบโดยรวมเฉลี่ยต่อไอศกรีมนมสดสูตรที่ใช้แป้งกล้วยน้ำว้ามากที่สุด 7.97 คะแนน ดังนั้นแป้งกล้วยน้ำว้าดัดแปรจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมนมสด

2.3 กระบวนการทำไอศกรีม

กระบวนการทำไอศกรีมมีขั้นตอนดังนี้



ภาพ 2.4 กระบวนการทำไอศกรีม

2.3.1 การเตรียมส่วนผสม (Mix preparation)

กระบวนการผสมจะขึ้นกับวัตถุดิบที่ใช้ ส่วนผสมที่เป็นของเหลว เช่น น้ำ นม ครีมและไขมันเหลว จะเติมลงในหม้อผสมโดยตรง ส่วนผสมที่เป็นของแห้ง เช่น น้ำตาล สารให้ความคงตัว และนมผง จะมีปัญหาในการกระจายตัว อาจเตรียมให้เป็นของเหลวข้นก่อนจะทำให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดีขึ้น ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การมีอากาศปะปนเข้าไปในส่วนผสมระหว่างการผสม อาจก่อให้เกิดปัญหาระหว่างกระบวนการพาสเจอไรซ์ (pasteurization) การโฮโมจีไนซ์ (homogenization) และการบ่ม (aging) โดยอาจเกิดการไหม้ที่ก้นภาชนะ หรือเกิดการแยกชั้นของส่วนผสม (ถนอมดวง แซ่ลิ, 2549)

2.3.2 การให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ

เนื่องจากการใช้ความร้อนในระดับสูงจะทำให้โปรตีนเสียสภาพได้ แต่การใช้ความร้อนที่มากเกินไปจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสจนไม่เป็นที่ยอมรับ เช่น กลิ่นคาราเมลหรือกลิ่นไหม้ขึ้น ดังนั้นรสชาติจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จำกัดอุณหภูมิและเวลาในระหว่างการพาสเจอ-ไรซ์ (อรพิน ชัยประสพ, 2544) การพาสเจอไรซ์ เป็นการให้ความร้อนกับไอศกรีมมิกซ์ เพื่อทำลายเซลล์จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค แต่อย่างไรก็ตามจำนวนจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรคก็จะลดลงด้วย โดยปกติปริมาณจุลินทรีย์สูงสุดที่ยอมให้มีได้ในไอศกรีมหลังการละลายไม่เกิน 10^5 cfu ต่อกรัมตัวอย่าง และเป็นโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงสุดได้ 100 cfu ต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งระดับความร้อนต่ำสุดที่ใช้จะแตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 2.2

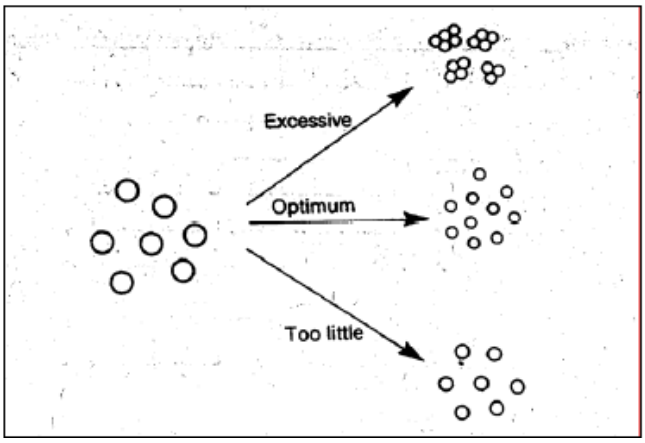
ตาราง 2.2 : ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของวิธีการพาสเจอไรซ์แบบต่าง ๆ (พัชรินทร์ รักถาวร, 2542)

วิธีการ	เวลา	อุณหภูมิ(°C)
Batch	30 นาที	69
HTST	25 นาที	80
HHST	1-3วินาที	90
UHT	2-4 วินาที	138

2.3.3 การโฮโมจีไนซ์ (Homogenization)

การโฮโมจีไนซ์ ทำเพื่อลดขนาดของเม็ดไขมันในอิมัลชันให้มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน ทำให้อิมัลชันของไอศกรีมมิกซ์มีความคงตัว นอกจากนี้ยังทำให้ส่วนผสมกระจายตัวและเม็ดไขมันเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งการโฮโมจีไนซ์เป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตไอศกรีมอย่างมาก เนื่องจากการโฮโมจีไนซ์จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของไอศกรีม โดยช่วยเพิ่มอัตราการขึ้นโฟมในขณะปั่นไอศกรีม และช่วยยับยั้งการโตของผลึกน้ำแข็งระหว่างการเก็บ (Ruger et al., 2002) ช่วยปรับปรุงพฤติกรรมการหลอมละลาย (meltdown behavior) ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม (Koxholt et al., 2001) ซึ่งจะทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่เนียน อุณหภูมิของไอศกรีมมิกซ์ขณะทำการโฮโมจีไนซ์ควรอยู่ในช่วง 62.8 - 76.7°C แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะทำให้เม็ดไขมันจับกันเป็นก้อน มีความหนืดสูง และต้องใช้เวลานานในการปั่นไอศกรีมมิกซ์ ไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการพาสเจอไรซ์แล้วจะถูกทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 65.5°C ส่วนความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนซ์ขึ้นอยู่กับความหนืด และความคงตัวของไอศกรีมมิกซ์ และอุณหภูมิโดยทั่วไปแล้วจะใช้ความดันรวมประมาณ 2,000-2,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สำหรับการโฮโมจีไนซ์ระบบเดี่ยว (single-stage homogenizer) และสำหรับการโฮโมจีไนซ์ระบบสองระดับความดัน (two-stage homogenizer) จะใช้ความดันประมาณ 2,500-3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้วที่ระดับแรก และ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในระดับที่สอง จากการศึกษาผลของความดันในการโฮโมจีไนซ์ ไอศกรีมมิกซ์มีไขมัน 10% ต่อการเสียความคงตัวของเม็ดไขมันและหลอมละลายของไอศกรีม พบว่า ระดับความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนซ์ไอศกรีมมิกซ์อย่างน้อยที่ 1,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่ระดับความดันแรก และที่ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่ความดันระดับที่สอง จะทำให้ไอศกรีมมีโครงสร้างทางกายภาพที่เหมาะสม

และคงตัว (Koxholt et al., 2001) ในการผลิตไอศกรีมนั้นไม่ต้องการลดขนาดเม็ดไขมันจนมีขนาดเล็กที่สุด และการโฮโมจีไนซ์ที่มากเกินไปเป็นสิ่งที่ผิดปกติ ถ้าใช้ความดันที่สูงเกินไป เม็ดไขมันจะจับตัวกันเป็นก้อน และเกิดการเปลี่ยนสถานะกลับระหว่างการแช่เยือกแข็ง ในทางตรงกันข้าม ถ้าใช้ความดันไม่เพียงพอ ก็จะไม่เกิดการกระจายตัวที่เหมาะสมของเม็ดไขมัน (ถนอมดวง แซ่ลิ, 2549)



ที่มา: อรพิม ชัยประสพ (2544)

ภาพ 2.5 ผลของความดันในการโฮโมจีไนซ์เม็ดไขมันในไอศกรีมมิกซ์

2.3.4 การบ่มไอศกรีมมิกซ์ (Aging ice cream mix)

การบ่มไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการพาสเจอไรซ์และโฮโมจิไนซ์ โดยแช่เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 °C เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้โปรตีนนมและสารให้ความคงตัวเกิดการดูดน้ำ และเกิดการพองตัวที่สมบูรณ์ (Fully hydrate) เกิดโครงสร้างเป็นเจลที่คงตัว ส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ผลึกของไขมันทำให้ไขมันจับตัวกันทำให้สามารถจับอากาศขณะปั่นให้แข็งตัวได้ดี มีผลทำให้ไอศกรีมเนียน และมีการกระจายตัวของฟองอากาศมากขึ้น การบ่มช่วยให้ไอศกรีมมีรูปร่าง และเนื้อสัมผัสเรียบเนียน ทำให้ไอศกรีมมีคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสดีขึ้น เพิ่มความต้านทานในการละลายและช่วยให้มีความคงตัวดีขึ้นเมื่อเก็บรักษาไอศกรีม (ถนอมดวง แซ่ลิ, 2549)

2.3.5 การแช่เยือกแข็ง (Freezing)

กระบวนการแช่เยือกแข็งไอศกรีมที่ผลิตทางการค้า มีสองขั้นตอน คือ การปั่นให้แข็งและการบ่มแข็ง โดยในระหว่างกระบวนการแช่เยือกแข็งจะเกิดการกระจายตัวของฟองอากาศและการจัดเรียงตัวใหม่ของเม็ดไขมันจะเกิดขึ้น ทำให้เกิดโครงสร้างของไอศกรีมที่ประกอบด้วย ผลึกน้ำแข็ง เซลล์

อากาศ โครงข่ายสามมิติของเม็ดไขมัน ส่วนของเหลวที่ไม่แข็งตัวซึ่งมีโปรตีน สารให้ความคงตัว น้ำตาล และเกลือละลายอยู่ (ถนอมดวง แซ่ลิ, 2549)

2.3.5.1 การปั่นให้แข็ง

เป็นการลดอุณหภูมิในเครื่องแช่เยือกแข็งโดยมีการกวน เพื่อเติมอากาศ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอากาศแทรกอยู่ภายใน อาจเรียกขั้นตอนนี้ว่าการปั่นให้แข็งหรือ dynamic freezing ทำโดยนำไอศกรีมมิกซ์ สารปรุงแต่งกลิ่นรส สี เนื้อผลไม้ หรือถั่ว บรรจุลงในเครื่องแช่เยือกแข็ง ในขั้นตอนนี้อากาศจะถูกเติมเข้าไปในส่วนผสมพร้อม ๆ กับการทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งโดยทั่วไปไอศกรีมควรจะมีอากาศแทรกอยู่ 50% โดยปริมาตร จากการทำงานของเครื่องแช่เยือกแข็งที่หมุนกระแทกกับผนัง ทำให้ฟองอากาศแตกตัวเป็นฟองที่มีขนาดเล็กประมาณ 50 ไมครอน นอกจากนี้ยังทำให้เสียความคงตัว หรือเกิดการเชื่อมติดกันบางส่วน (partial coalescence) ของเม็ดไขมัน ซึ่งมีผลดีต่อการตีปั่นให้อากาศเข้าไปในไอศกรีม เนื่องจากเม็ดไขมันที่เสียความคงตัวจะล้อมรอบเซลล์อากาศและทำให้เซลล์อากาศในโครงสร้างไอศกรีมมีความคงตัว ส่วนปริมาณอากาศที่ตีเข้าไปในระหว่างการแช่เยือกแข็งไอศกรีม เรียกว่า อัตราการขึ้นฟู (overrun)

$$\% \text{ Overrun} = \frac{\text{น้ำหนักของ ice cream mix ก่อนปั่น - น้ำหนักของไอศกรีมหลังปั่น}}{\text{น้ำหนักของไอศกรีมหลังปั่น}} \times 100$$

ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการปั่นให้แข็งนั้นควรต้องมีขนาดเล็ก เพราะคุณภาพเนื้อสัมผัสของไอศกรีมจะพิจารณาจากขนาดของผลึกน้ำแข็ง ไอศกรีมที่มีขนาดผลึกน้ำแข็งเล็กจะให้เนื้อสัมผัสที่เนียน ไอศกรีมเมื่อออกจากเครื่องแช่เยือกแข็งควรมีอุณหภูมิประมาณ -5°C หรือต่ำกว่า และน้ำประมาณ 50% ในส่วนผสมจะแข็งตัวเป็นผลึกน้ำแข็ง (อรพิม ชัยประสพ, 2544)

2.3.5.2 การบ่มแข็ง

ไอศกรีมหลังจากออกจากเครื่องแช่เยือกแข็งที่ -5°C แล้วจำเป็นต้องแช่เยือกแข็งต่อไป เพื่อรักษาเนื้อสัมผัสและโครงสร้างของไอศกรีมที่เกิดขึ้นในขั้นตอนกานปั่นแข็ง โดยการลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็วจนถึง -30 หรือ -40°C โดยใช้เวลาน้อยที่สุด จึงจะทำให้

ไอศกรีมที่ได้มีเนื้อสัมผัสและคุณภาพที่ดี ในระหว่างการบ่มแข็งจะเกิดโครงสร้างที่แข็ง ซึ่งจะขัดขวางการรวมตัวของเซลล์อากาศ และยังช่วยลดการเกิดเนื้อสัมผัสที่หยาบเนื่องจากการเกิดผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่ (ถนอมดวง แซ่ลิ, 2549)

2.3.6 การเก็บรักษาไอศกรีม (Storage)

ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมควรเก็บในอุณหภูมิที่คงที่ การแปรปรวนของอุณหภูมิการเก็บจะนำไปสู่การเคลื่อนที่และการรวมตัวของน้ำ และเกิดเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่หลังการแข็งตัวอีกครั้ง (Donhowe and Hartel, 1996a, 1996b; Hagiwara and Hartel, 1996; Flores and Goff, 1999) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน ๆ ควรมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงเฟส (glass transition temperature; Tg) ของผลิตภัณฑ์ (Hagiwara and Hartel, 1996) เพื่อป้องการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่หรือการโตของผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ หรือเก็บที่อุณหภูมิในช่วง -20 ถึง -25°C ถ้าต้องการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน ๆ สำหรับระหว่างการขนย้ายและการจัดจำหน่ายในเวลาสั้นสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -13 ถึง -18°C ได้ (อรพิม ชัยประสพ, 2544)

2.4 เมล็ดขนุน

ขนุน (Jackfruit) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Artocarpus heterophyllus Lamk* มีถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์ในประเทศอินเดีย มีการนำมาปลูกตั้งแต่สมัยโบราณในเขตร้อนโดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ และคณะ, 2544) ขนุนเป็นพืชเศรษฐกิจเมืองร้อนที่ให้ผลมีขนาดใหญ่ที่สุดสามารถบริโภคได้ทั้งผลดิบและผลสุก นอกจากนี้ยังนำไปแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ มีปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทย ขนุนออกดอกปีละ 2 ครั้ง คือช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคม และเมษายนถึงพฤษภาคม (ราม แย้มแสงสังข์ และ ผกามาศ เจษฎ์พัฒนานนท์, 2555) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ขนุนเป็นผลไม้หลายชนิดซึ่งประมาณ 8-15% ของน้ำหนักผลไม้เป็นเมล็ด (Mukprasirt and Sajjaanantakul, 2004) อาจมีเมล็ด 100-500 เม็ดในผลไม้เดี่ยวซึ่งมีอายุ 3-4 วันหรือมากกว่า (John and Narasimham, 1993) เมล็ดเดี่ยวล้อมรอบด้วยเปลือกสีขาวล้อมรอบเยื่อสีน้ำตาลบาง ๆ ซึ่งปกคลุมเมล็ดสีขาวเนื้อเนียน (Rahman et al., 1999)

ตาราง 2.3 : องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดขนุน (Ocloo et al., 2010)

Moisture (%db)	Protein (%db)	Fat (%db)	Ash (%db)	Fiber (%db)	Carbohydrate (%db)	Energy (Kcal/100g)
6.09±0.01	13.50±0.06	1.27±0.01	2.70±0.02	3.19±0.01	79.34±0.06	382.79±1.20

ตาราง 2.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมี พบว่า เมล็ดขนุนมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูง จึงเหมาะแก่การนำมาทำเป็นแป้ง (Preedy et al., 2011) เมล็ดขนุนจัดเป็นอาหารให้พลังงานสูง อุดมไปด้วยวิตามินเอ วิตามินบี1 วิตามินบี2 วิตามินซี และแร่ธาตุจำเป็น เช่น ซิงค์ ธาตุเหล็ก แคลเซียม โปแตสเซียม ฟอสฟอรัส แมงกานีส ทองแดง เป็นต้น รวมทั้งสารสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายหลายประการ เช่น สารพอลิฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และซาโปนิน

2.5 แป้งเมล็ดขนุน

การทดลองของ Mahanta และ Kalita, 2015 ศึกษาแป้งเมล็ดขนุน พบว่า มีความคงตัวของเจลที่ผ่านการแช่แข็งอยู่ในระดับที่สูงมาก ไม่มีการหดตัวของเจลแป้งเมล็ดขนุนที่เก็บในสภาวะที่ 4 °C เป็นเวลา 5 วัน ซึ่งให้ผลที่ดีกว่าเจลแป้งที่ได้จากข้าว มันฝรั่ง มันสำปะหลัง และท้าวยายม่อม

2.5.1 วิธีสกัดแป้งเมล็ดขนุน

นำเมล็ดขนุนมาทำความสะอาดและลอกเปลือกหุ้มสีขาวออก เมล็ดที่ได้จะยังมีเยื่อหุ้มสีน้ำตาลอยู่จึงต้องนำไปแช่ด้วย 2%NaOH ที่อุณหภูมิประมาณ 80°C เป็นเวลา 5 นาทีเพื่อให้เยื่อหุ้มสีน้ำตาลหลุดออก จากนั้นนำไปล้าง จะได้เมล็ดขนุนที่มีเนื้อสีขาว จากนั้นนำเมล็ดขนุนไปหั่นด้วยเครื่องหั่นแบบRotary จากนั้นนำเข้า Tray Dried ที่อุณหภูมิประมาณ 60°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เพื่อลดค่าความชื้นของเมล็ดเป็น 10% จากนั้นนำชั้นเมล็ดขนุนที่ผ่านทำแห้งไปบดเป็นแป้งโดยใช้เครื่องบด จากนั้น นำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 mesh บรรจุและเก็บแป้งเมล็ดขนุนที่ได้ในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิประมาณ 8°C จนกว่าจะใช้งาน %yield ของแป้งที่ได้เท่ากับ 46% (Chowdhury et al., 2012)

2.5.2 การใช้ประโยชน์แป้งเมล็ดขนุน

ประไพพรรณ เอมดวง และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2555 ศึกษาการใช้แป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของสปันจ์เค้ก และศึกษาผลของปริมาณแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ที่เติมในสูตรเค้กสำเร็จรูปต่อสมบัติทางกายภาพของเค้ก โดยแปรอัตราส่วนของแป้งเมล็ดขนุนต่อแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ (100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, และ 0:100) วิเคราะห์ค่าความหนืดของแบตเตอร์ ปริมาตรจำเพาะของเค้ก สีเนื้อในและเนื้อสัมผัสของสปันจ์เค้ก พบว่าเมื่อปริมาณแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้น เค้กมีปริมาตรจำเพาะ ค่าความเป็นสีแดง (a*) และความหนืดของแบตเตอร์เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความแน่นเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ และ กมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล, 2546 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดแป้งจากเมล็ดขนุน พบว่าผลผลิตที่ได้ (yield) มีค่าประมาณ 50% ของน้ำหนักเมล็ดแห้งซึ่งในการศึกษาได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการแช่สารละลายต่างที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ 4 ระดับคือ 0%, 0.5%, 1.0%, และ 2.0% (โดยน้ำหนัก) ด้วยระยะเวลา 7, 15, 30 และ 60 นาทีซึ่งพบว่าปัจจัยทั้งสองไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนและเถ้ารวมทั้งอุณหภูมิการเกิดเจล (pasting temperature) ของแป้งเมล็ดขนุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อปริมาณไขมัน, เถ้าและการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่อได้รับความร้อนของแป้งเมล็ดขนุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยทำให้ค่าความหนืดสุดท้ายเมื่ออุณหภูมิลดลงเหลือ 50°C breakdown setback viscosity สูงกว่าแป้งเมล็ดขนุนที่ผลิตจากเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลายด่างหรือชุดควบคุม (Control) อีกทั้งยังมีกำลังการพองตัวและการละลายของแป้งที่ได้แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ วัสดุ และอุปกรณ์

วัตถุดิบ

- เมล็ดขนุนดิบ *Artocarpus heterophyllus* (ซื้อจากตลาดโบเบ๊ เมื่อวันที่ 16 มกราคม 2562) ปริมาณ 15 กิโลกรัม
- กะทิ UHT ตรากะทิชาวเกาะ (บริษัท เทพผดุงพรมะพร้าว จำกัด lot การผลิต 2561)
- หางนมผง (skim milk powder) ตรา Tatra (Mlékárna Hlinsko, a.s. lot การผลิต 2561)
- น้ำตาลทราย ตรามิตรผล (บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด lot การผลิต 2561)
- เกลือ ตราปรุงทิพย์ (บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด lot การผลิต 2561)
- เจลาตินผง ตรา McGarrett (บริษัท คอนติเนนตัล ฟูด จำกัด lot การผลิต 2561)

อุปกรณ์เครื่องครัว

- หม้อ stainless steel ขนาด 24 cm.
- หม้อ stainless steel ขนาด 28 cm.
- ตะแกรงขนาด 60 mesh
- อุปกรณ์เครื่องครัว เช่น มีด เขียง ทัพพี กะละมัง ฯลฯ
- เทอร์โมมิเตอร์
- เตาแม่เหล็กไฟฟ้า (PHILIPS รุ่น HD4911, Netherland)

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

- เครื่องชั่ง (ทศนิยม 3 ตำแหน่ง)
- ตู้อบลมร้อน 60°C
- เครื่องบด Stainless steel grain grinder (เซียวเฮงฮวด,ประเทศไทย)
- เครื่องทำไอศกรีม (Nemox รุ่น GELATO CHEF 5L Nemox International S.R.L,USA)
- เครื่อง Hand homogenizer (IKA รุ่น T25 digital ULTRA-TURRAX, China)
- กล่องพลาสติก SUPER LOCK ขนาด 850 mL (เพื่อบรรจุไอศกรีมมิกซ์)
- ถุงพลาสติก Polypropylene ขนาด 25x38 cm. (เพื่อบรรจุแป้งเมล็ดขนุน)

สารเคมี

- สารละลาย NaOH เข้มข้น 2%

3.2 การเตรียมแป้งจากเมล็ดขนุนและศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของแป้งเมล็ดขนุน

3.2.1 วิธีการเตรียมแป้งเมล็ดขนุน ดัดแปลงจาก อมรรัตน์ มุขประเสริฐ และ กมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล, 2546

1) ทำความสะอาดเมล็ดขนุนที่คัดแยกแล้วด้วยน้ำสะอาด
2) ลอกเปลือกหุ้มสีขาวออก โดยอบเมล็ดขนุนด้วยเครื่องอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมงเพื่อให้เปลือกหุ้มสีขาวแห้งและหลุดจากเมล็ดขนุน
3) แช่เมล็ดขนุน ด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 2% (อัตราส่วน เมล็ดขนุน 5 กิโลกรัม : 2%NaOH 1 ลิตร) ที่อุณหภูมิประมาณ 80°C 5 นาที เพื่อให้เยื่อหุ้มสีน้ำตาลหลุดออก จากนั้นนำเมล็ดขนุนที่ได้ไปล้างด้วยน้ำสะอาด จะได้เมล็ดขนุนที่มีเนื้อสีขาว
4) อบเมล็ดขนุนในเครื่องอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้นของเมล็ด จนความชื้นของเมล็ดไม่เกิน 10%
5) บดหยาบเมล็ดขนุนแห้งโดยใช้เครื่องบด เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการทำแห้ง
6) นำเมล็ดขนุนบดหยาบไปอบในเครื่องอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จนมีความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 5%
7) นำเมล็ดขนุนแห้งไปบดละเอียดเป็นแป้งโดยใช้เครื่องบด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh จะได้ตัวอย่างแป้งเมล็ดขนุน บรรจุและเก็บแป้งเมล็ดขนุนที่ได้ในถุงพลาสติก Polypropylene ขนาด 25x38 cm ที่อุณหภูมิ 28°C (เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป)

3.2.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเมล็ดขนุน (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตามวิธีดังนี้

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน	วิธี AOAC (2005) section 32.1.22
การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน	วิธี AOAC (2005) section 32.1.13
การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ	วิธี AOAC (2005) section 32.1.15

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า วิธี AOAC (2005) section 32.1.15

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ (AOAC (2005))

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น วิธี AOAC (2005) section 32.1.03

3.2.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและเคมีกายภาพระหว่างการเก็บของแป้งเมล็ดขนุน

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีกายภาพของแป้งเมล็ดขนุนที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก polypropylene ในสภาวะไม่มีแสง ที่อุณหภูมิ 28°C โดยวิเคราะห์ทุก 1 เดือน เป็นเวลา 2 เดือน (0,1,2 เดือน) วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ด้วยโปรแกรม SPSS version 22

3.2.3.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น วิธี AOAC (2005) section 32.1.03

3.2.3.2 วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (A_w) โดยใช้เครื่อง AquaLab Model : Series3

3.2.3.3 วิเคราะห์สมบัติของการเกิดเพสท์ โดยใช้เครื่อง Rapid Visco Analyzer วัดค่าดังนี้

- Peak viscosity
- Final viscosity
- Breakdown
- Setback

3.2.3.4 วิเคราะห์สีระบบ CIE (L*,a*, b*) โดยใช้เครื่อง Chroma meter (KONICA MINOLTA : CR-400, Japan)

3.2.3.5 วิเคราะห์การละลาย (Solubility) และ กำลังการพองตัว (Swelling power) ดัดแปลงจาก Li and Corke (1999) (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

3.3 การศึกษาผลของปริมาณไขมันในไอศกรีมกะทิและชนิดสารให้ความคงตัวของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

3.3.1 การเตรียมไอศกรีมกะทิ

ศึกษาการประยุกต์แป้งเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัวของไอศกรีมกะทิลดไขมัน เปรียบเทียบกับการใช้เจลาติน เตรียมไอศกรีมกะทิ 7 สูตร โดยแบ่ง ปริมาณไขมันกะทิ และชนิดสารให้ความคงตัว ตามตาราง 3.1 และ ปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิต ตามตาราง 3.2

ตาราง 3.1 : แสดงปริมาณไขมันกะทิ (%) และ ชนิดสารให้ความคงตัว ในไอศกรีมกะทิลดไขมันแต่ละสูตร

สูตร	ปริมาณไขมันกะทิ (%)	ชนิดสารให้ความคงตัว
I (Control)	13	-
II	13	เจลาติน
III	9	เจลาติน
IV	5	เจลาติน
V	13	แป้งเมล็ดขนุน
VI	9	แป้งเมล็ดขนุน
VII	5	แป้งเมล็ดขนุน

ตาราง 3.2 : แสดงปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมแต่ละสูตร (ต่อ 100 กรัม)

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม) (ต่อ 100 กรัม)			
	13%*	9%	5%	Control
กะทิ	72.00	48.00	26.61	72.00
น้ำ	15.00	39.00	60.39	15.70
น้ำตาลทราย	9.00	9.00	9.00	9.00
หางนมผง	3.24	3.24	3.24	3.24
Stabilizer (Gelatin/แป้งเมล็ดขนุน)	0.70	0.70	0.70	-
เกลือ	0.06	0.06	0.06	0.06
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

*ที่มา: ดัดแปลงจาก ศิวพร พุดตาน และ สมจิต สุรพัฒน์ (2550)

เตรียมไอศกรีมกะทิ ดัดแปลงจาก ปฏิบัติการวิชา 2314432 Food Processing III (2561) ดังนี้

1) ผสมส่วนผสมที่เป็นของเหลว (กะทิ ,น้ำ) ให้ความร้อนใน Water bath จนมีอุณหภูมิประมาณ 45°C
2) ผสมส่วนผสมที่เป็นของแข็ง ได้แก่ น้ำตาลทราย เกลือ หางนมผง และ Stabilizer ให้เข้ากัน
3) เทส่วนผสมในข้อ 2 ลงในส่วนผสมในข้อ 1 คนให้เข้ากัน โดยยังคงอุณหภูมิไว้ไม่เกิน 65°C
4) นำส่วนผสมในข้อ 3 มา Homogenized ด้วยเครื่อง Hand homogenizer ที่ระดับ 6 เป็นเวลา 10 นาที
5) จากนั้น Pasteurized ที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 85°C 2.30 นาที พร้อมคนส่วนผสมตลอดเวลา
6) เมื่อครบเวลาที่กำหนด ทำการลดอุณหภูมิทันที จนกระทั้งมีอุณหภูมิ 4°C
7) จากนั้นแช่เย็น ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้เป็นไอศกรีมมิกซ์
8) นำไอศกรีมมิกซ์เข้าเครื่องปั่นไอศกรีม เป็นเวลา 20 นาที
9) เก็บไอศกรีมในกล่องพลาสติก ที่อุณหภูมิ -18°C เป็นเวลา 1 วันก่อนที่จะนำมาตรวจวัดคุณสมบัติต่อไป

3.3.2 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของไอศกรีมกะทิ

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในการผลิตไอศกรีมกะทิแบบลดไขมันโดยใช้แป้งเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัว เปรียบเทียบกับไอศกรีมกะทิลดไขมันโดยใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัว โดยมีไอศกรีมกะทิไขมันเต็ม ไม่ใส่สารให้ความคงตัว เป็นสูตรควบคุม วัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและไอศกรีมมิกซ์

3.3.2.1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของไอศกรีมมิกซ์

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter
- ปริมาณของแข็งทั้งหมด ดัดแปลงจาก AOAC (2012) section 941.08 (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

3.3.2.2 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของไอศกรีมและไอศกรีมมิกซ์ (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

ไอศกรีมมิกซ์

- วิเคราะห์ความหนืด วัดจากไอศกรีมมิกซ์ โดยเครื่องวัดความหนืด (Fungi Lab Viscometer, รุ่น Premium series, USA) ดัดแปลงจาก Chang et al. (1995)

ไอศกรีม

- ค่า % overrun วัดจากไอศกรีม โดยวิธี Marshall et al. (2003)
- อัตราการละลาย วัดจากไอศกรีม ดัดแปลงจาก Al-saleh et al. (2011)
- เนื้อสัมผัส ค่าความแข็ง วัดจาก โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems รุ่น TA-XT2i) ดัดแปลงจาก Ismail et al. (2013)
- สี ระบบCIE (L*, a*, b*) วัดจากไอศกรีม โดยใช้เครื่องChroma meter (KONICA MINOLTA : CR-400, Japan)

3.3.2.3 วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial with control in CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ด้วยโปรแกรม SPSS version 22

3.3.3 การทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิลดไขมัน (Acceptance test)

3.3.3.1 เลือกไอศกรีมกะทิ 5 สูตร เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปริมาณไขมัน 2 ระดับ (5% และ 9%) และชนิดสารให้ความคงตัว 2 ชนิด (เจลาตินและ แป้งเมล็ดขนุน) เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

3.3.3.2 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 34 คน โดยผู้ทดสอบแต่ละคนประเมินตัวอย่างไอศกรีมกะทิ (เตรียมตามวิธีในข้อ 3.3.1) ทั้ง 5 ตัวอย่าง โดยได้รับตัวอย่างทีละ 1 ตัวอย่างโดยการสุ่ม แล้วประเมินความชอบลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วย 7-point Hedonic scale และประเมินความเข้มของลักษณะด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความหวาน กลิ่นรสกะทิ ความเคลือบมันในปาก ความเนียนเรียบ การละลายในปาก ด้วย Line scale for intensity (ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงในภาคผนวก ค)

3.3.3.3 วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial with control in RCBD (โดยให้ผู้ทดสอบเป็น Block) วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ด้วยโปรแกรม SPSS version 22

3.4 การศึกษาผลของปริมาณแป้งเมล็ดขนุนเพื่อใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมกะทิลดไขมัน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกะทิ 5 สูตร ในการทดลองส่วนที่ 3.3.3 สูตรไอศกรีมกะทิลดไขมันที่ใช้แป้งเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัว ที่ผู้บริโภคยอมรับคือ สูตรไอศกรีมกะทิลดไขมัน ปริมาณไขมัน 9% จึงคัดเลือกสูตรดังกล่าว เพื่อนำมาศึกษาผลของปริมาณแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณภาพของไอศกรีมกะทิลดไขมัน โดยการแปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุน 4 ระดับ ได้แก่ 0.7% 1.2% 1.7% และ 2.2% (โดยลดปริมาณน้ำตาลในสูตร) เติมกลิ่นรสมะพร้าวปริมาณ 0.05% เพื่อกลบกลิ่นแป้งเมล็ดขนุนในไอศกรีมทุกสูตร ปริมาณส่วนผสมอื่น ๆ แสดงในตาราง 3.3

ตาราง 3.3 : แสดงปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมแต่ละสูตร (ต่อ 100 กรัม)

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (กรัม) (ต่อ 100 กรัม)			
	แป้งเมล็ดขนุน 0.7%	แป้งเมล็ดขนุน 1.2%	แป้งเมล็ดขนุน 1.7%	แป้งเมล็ดขนุน 2.2%
กะทิ	48.00	48.00	48.00	48.00
น้ำ	38.95	38.95	38.95	38.95
น้ำตาลทราย	9.00	8.50	8.00	7.50
หางนมผง	3.24	3.24	3.24	3.24
Stabilizer (Gelatin/แป้งเมล็ดขนุน)	0.70	1.20	1.70	2.20
เกลือ	0.06	0.06	0.06	0.06
กลิ่นมะพร้าว	0.05	0.05	0.05	0.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

3.4.1 เตรียมไอศกรีม ศึกษาคุณสมบัติ ทางเคมีและ ทางกายภาพ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1-3.3.2

3.4.2 ทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิลดไขมัน (Acceptance test) ของไอศกรีมกะทิปริมาณไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนทั้ง 4 สูตร (วิธีการทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3.2) วางแผนการทดลองแบบ RCBD (โดยให้คนเป็นBlock)

3.4.3 วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DNMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ด้วยโปรแกรม SPSS version 22

3.4.4 วิเคราะห์ผลของการเติมกลิ่นรสมะพร้าวต่อความชอบด้านกลิ่น และเนื้อสัมผัสของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ใส่แป้ง 0.7% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย T-test ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ด้วยโปรแกรม SPSS version 22

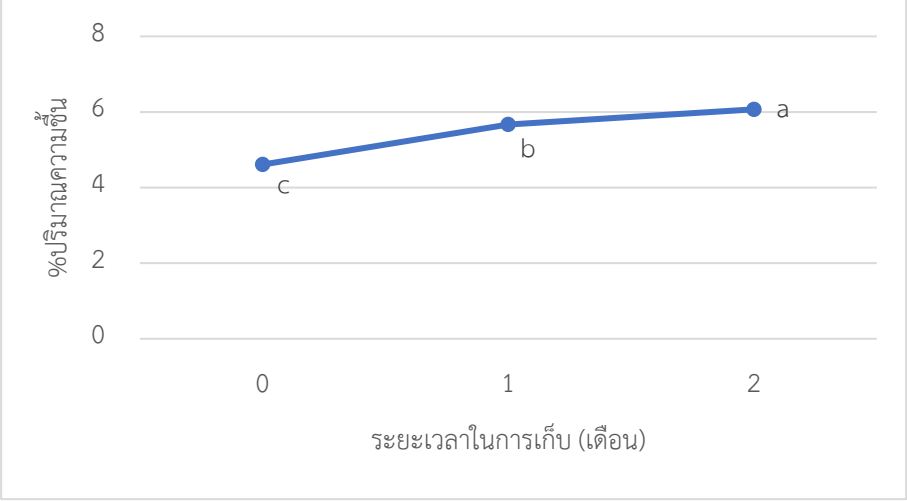
บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของแป้งเมล็ดขนุน (Jackfruit seed flour) และการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ

ตาราง 4.1 ผลการวิเคราะห์ proximate analysis ของแป้งเมล็ดขนุน

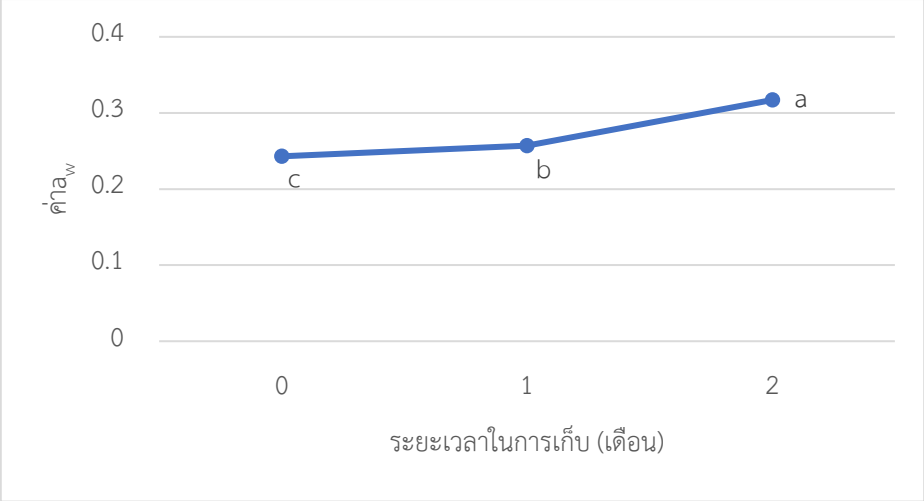
โปรตีน (%db)	ไขมัน (%db)	เถ้า (%db)	ไฟเบอร์ (%db)
13.17±0.14	4.99±0.93	3.97±0.10	1.02±0.22

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งเมล็ดขนุนที่เตรียมได้ แสดงในตาราง 4.1 พบว่าแป้งเมล็ดขนุนมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเพราะเป็นแหล่งโปรตีนสูง จากการคำนวณแป้งเมล็ดขนุนมีคาร์โบไฮเดรต 72.24% และเมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดขนุน (Ocloo et al., 2010) ซึ่งแสดงในตาราง 2.3 พบว่า มีคาร์โบไฮเดรตต่างกันเล็กน้อย แต่มีโปรตีนใกล้เคียงกัน



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

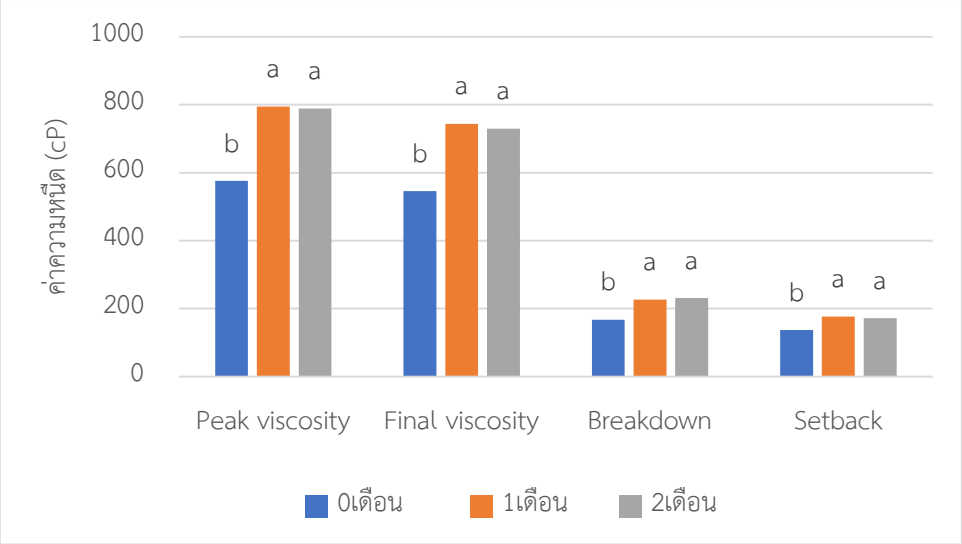
ภาพ 4.1 แผนภูมิแสดงค่าปริมาณความชื้นของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.2 แผนภูมิแสดงค่าปริมาณน้ำอิสระของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน

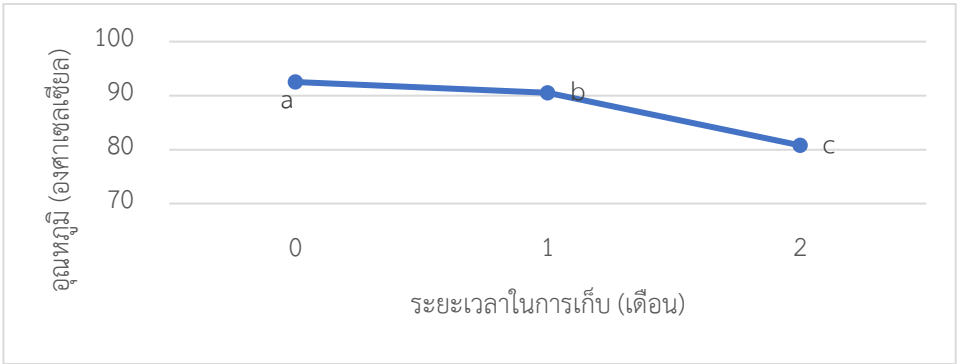
เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งเมล็ดขนุนที่เก็บได้ในถุงพลาสติกชนิด polypropylene ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 เดือน พบว่ามีปริมาณความชื้น และ ปริมาณน้ำอิสระ ของแป้งเมล็ดขนุนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ระหว่างการเก็บในแต่ละเดือน ดังแสดงในภาพ 4.1 และ 4.2 (รายละเอียดในตาราง จ.1 (ภาคผนวก)) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว อาจเป็นผลมาจากสภาวะการเก็บแป้งเมล็ดขนุนในถุงที่มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 0.7 กรัม/ตร.ม./วัน แต่การเพิ่มขึ้นดังกล่าวไม่ได้ส่งผลต่อลักษณะภายนอกของแป้ง



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.3 แผนภูมิเปรียบเทียบค่า pasting properties ต่าง ๆของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน

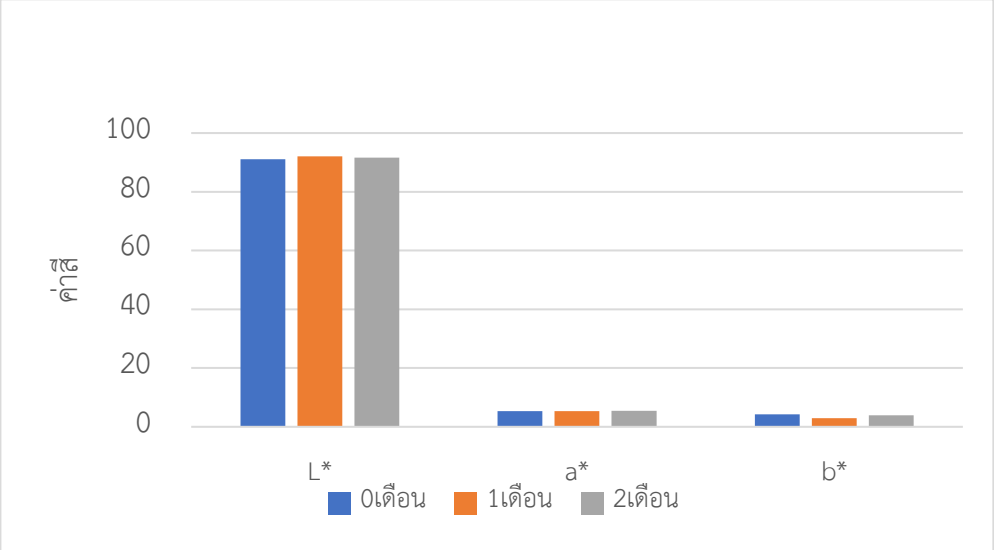
จากภาพ 4.3 (รายละเอียดในตาราง จ.2 (ภาคผนวก)) พบว่า peak viscosity, final viscosity, breakdown และ setback ของค่าเริ่มต้นที่เดือนที่ 0 มีค่าน้อยกว่าเดือนที่1และ2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่เดือนที่1และ 2 ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$) อาจเป็นผลจากระหว่างการเก็บกรดไขมันอิสระถูกปล่อยออกมาซึ่งสามารถเพิ่มโอกาสในการเกิด starch-lipid complex ซึ่งการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอาจมีสาเหตุมาจาก lipase activity โดยผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยในส่วนของการศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อกรดไขมันและสมบัติการเกิดเพสท์ของแป้ง (Salman and Copeland, 2007)



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

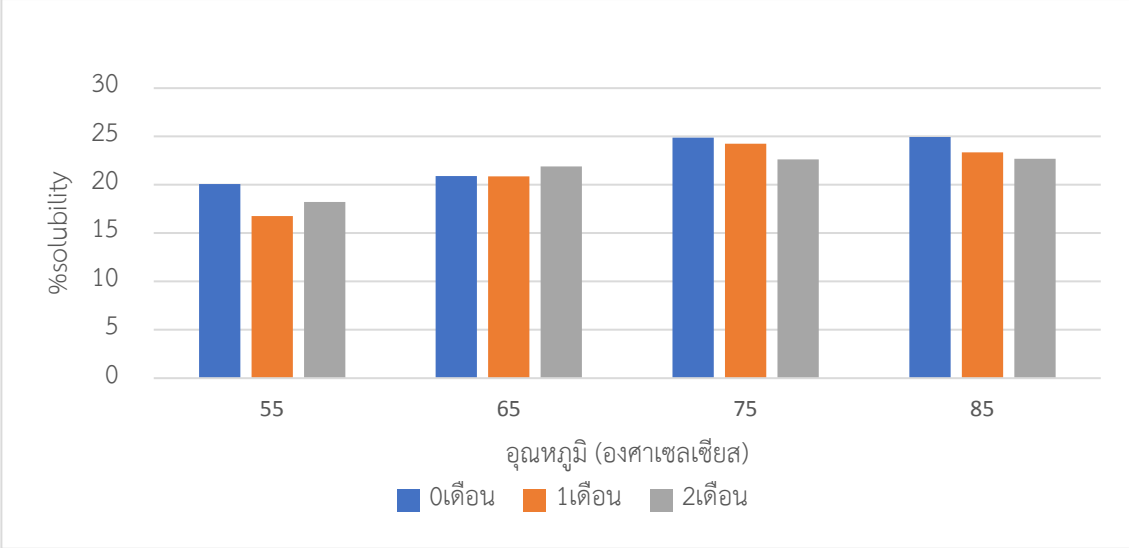
ภาพ 4.4 แผนภูมิแสดงค่า Pasting temperature ของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน

จากภาพ 4.4 (รายละเอียดในตาราง จ.2 (ภาคผนวก)) พบว่า pasting temperature ระหว่างการเก็บลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเป็นผลมาจากการที่แป้งมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งความชื้นที่สูงมีส่วนทำให้เกิดการ gelatinization ของแป้ง เพราะโมเลกุลของน้ำทำหน้าที่คล้ายกับ plasticizer agents ของสารพอลิเมอร์ โดยผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยในส่วนของการศึกษาอุณหภูมิ gelatinization ของแป้ง (Coral et al., 2009)

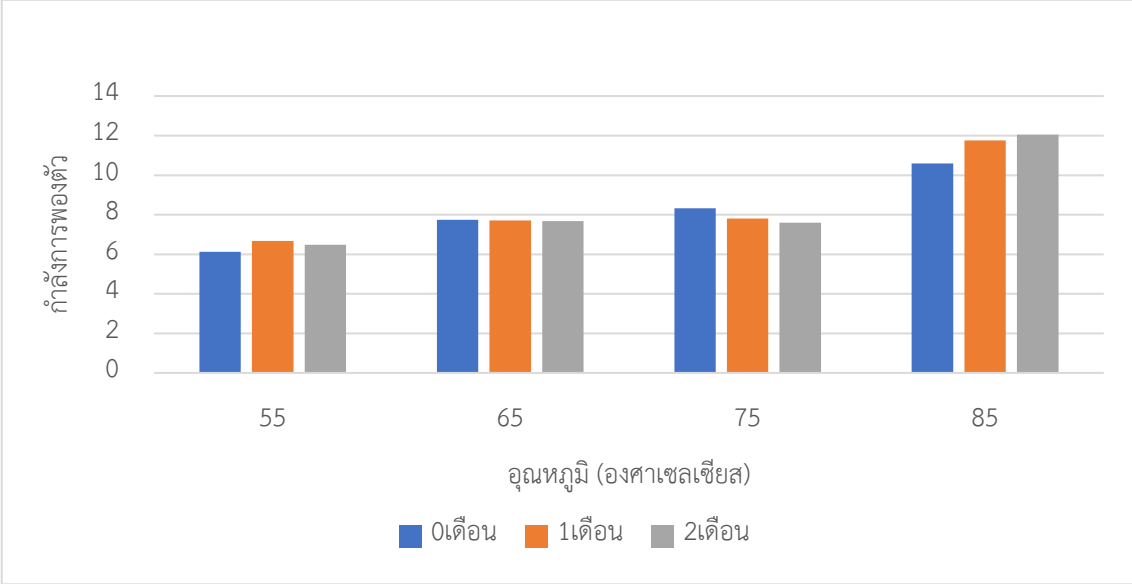


ภาพ 4.5 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าสี (L*, a*,b*) ของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน

จากภาพ 4.5 และ (รายละเอียดในตาราง จ.1 (ภาคผนวก)) พบว่า ค่าความสว่างL* ค่าสีแดงa* และค่าสีเหลืองb* ระหว่างการเก็บแป้งเมล็ดขนุนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)



ภาพ 4.6 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าปริมาณการละลาย (Solubility) ของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนกับอุณหภูมิต่าง ๆ (55, 65, 75 และ85 °C)

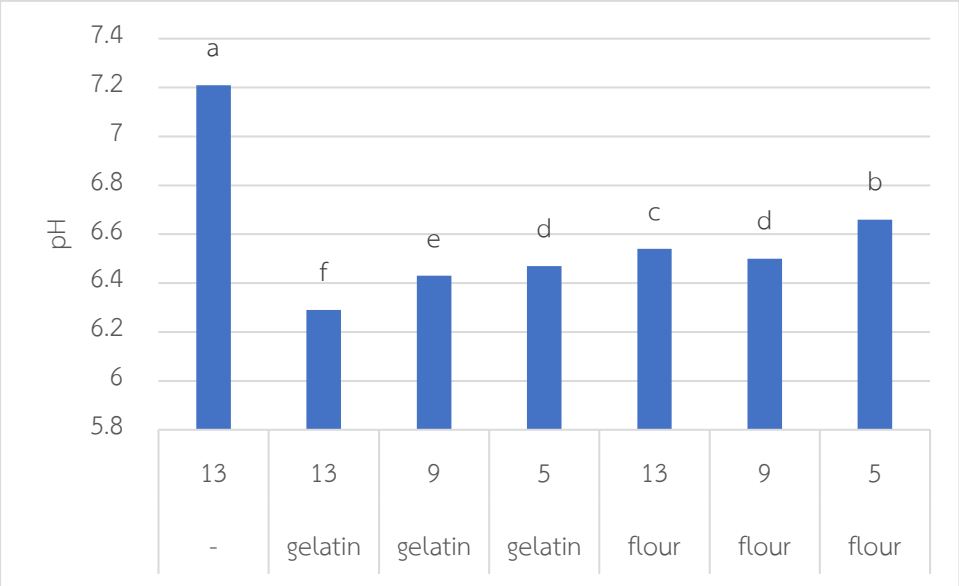


ภาพ 4.7 แผนภูมิเปรียบเทียบค่ากำลังการพองตัว (swelling power) ของแป้งเมล็ดขนุนระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือนกับอุณหภูมิต่าง ๆ (55, 65, 75 และ85 °C)

จากภาพ 4.6 และ 4.7 (รายละเอียดในตาราง จ.1 (ภาคผนวก)) พบว่า ค่าปริมาณการละลายและค่ากำลังการพองตัวของแป้งเมล็ดขนุนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ระหว่างการเก็บในแต่ละเดือน แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นการละลายและการพองตัวของแป้งก็เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

4.2 การศึกษาผลของปริมาณไขมันในไอศกรีมกะทิและชนิดสารให้ความคงตัวของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

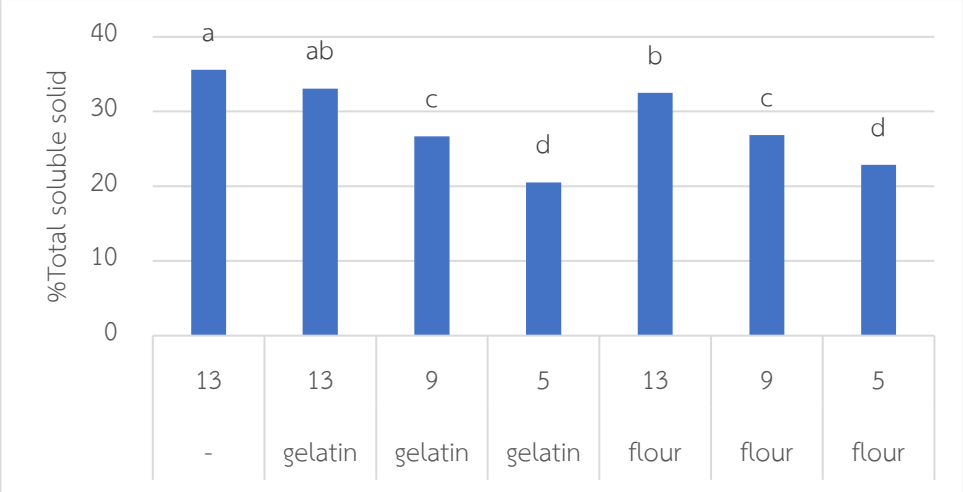
4.2.1 คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.8 แผนภูมิแสดงค่าความเป็นกรดด่างของไอศกรีมมิกซ์ทั้ง 7 สูตร

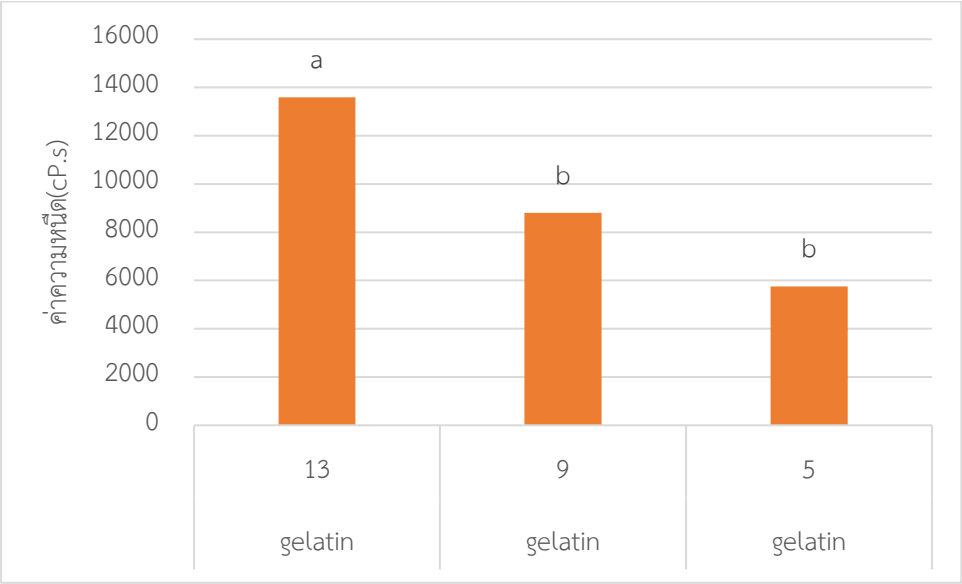
เมื่อเตรียมไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีม 7 สูตร โดยแปรปริมาณไขมัน 3 ระดับ และ ชนิดของสารให้ความคงตัว 2 ชนิด นำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของไอศกรีมอยู่ในช่วง 6.29-7.21 (รายละเอียดในตาราง จ.3 (ภาคผนวก)) ซึ่ง จากภาพ 4.8 แสดงว่าการใส่สารให้ความคงตัวส่งผลให้ไอศกรีมกะทิมีค่า pH ลดลง โดยไอศกรีมมิกซ์ มีความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยในส่วนของการศึกษาสมบัติทางกายภาพของไอศกรีม (Schmidt et al., 1993)



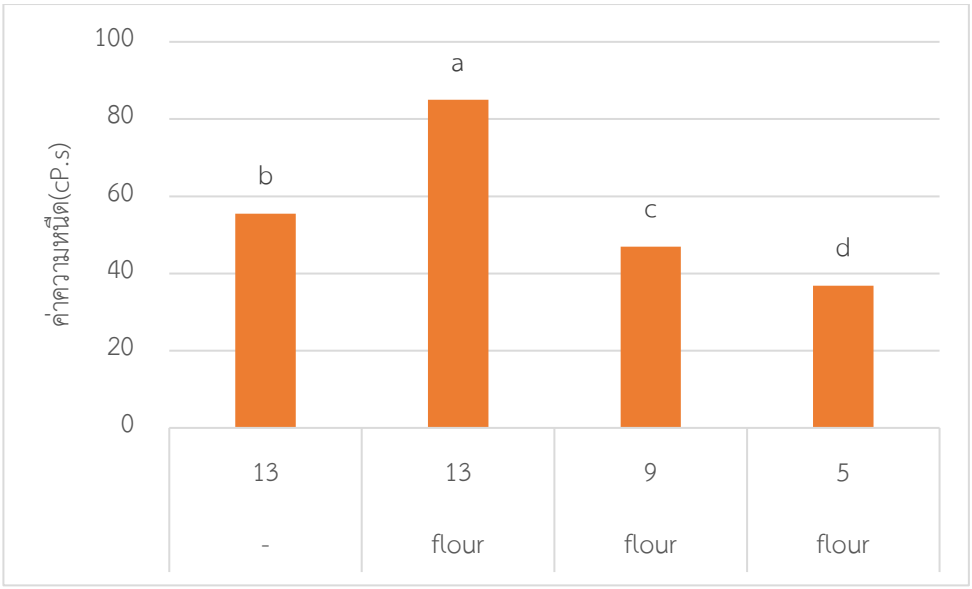
หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.9 แผนภูมิแสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมมิกซ์ทั้ง 7 สูตร

จากภาพ 4.9 (รายละเอียดในตาราง จ.3 (ภาคผนวก)) พบว่า ไอศกรีมมิกซ์มีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากขึ้น เมื่อระดับไขมันมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ชนิดของสารให้ความคงตัวไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้ในปริมาณที่น้อยมากจึงไม่ส่งต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดมากนัก



ภาพ 4.10 แผนภูมิแสดงค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์สูตรที่ใส่เจลาติน

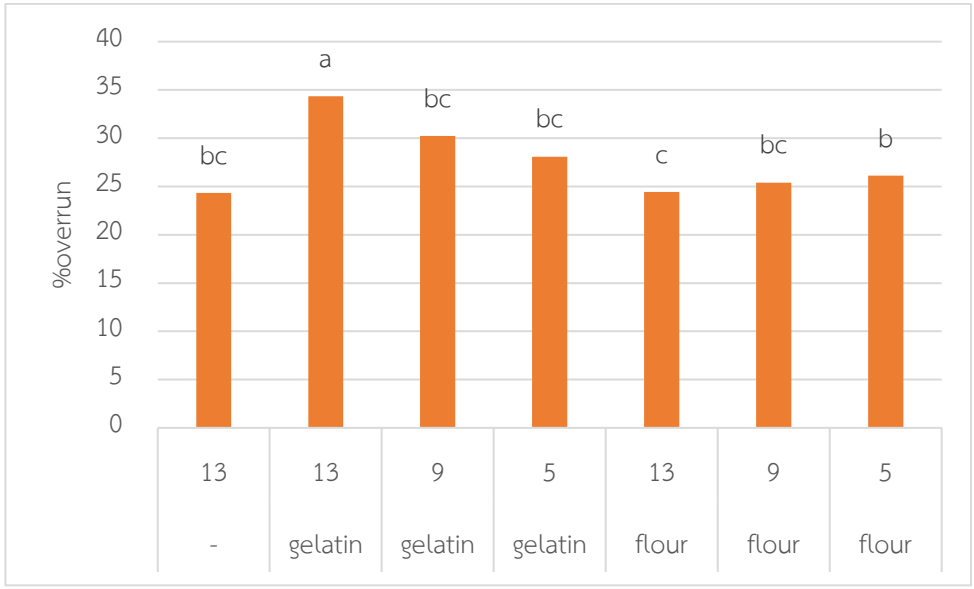


หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.11 แผนภูมิแสดงค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ของสูตรควบคุมและสูตรที่ใส่แป้งเมล็ดขนุน

จากภาพ 4.10 และ 4.11 (รายละเอียดในตาราง จ.4 (ภาคผนวก)) พบว่า ไอศกรีมมิกซ์ที่มีเจลาตินมีค่าความหนืดมากขึ้น เมื่อระดับไขมันมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนไอศกรีมมิกซ์ไขมัน 13% ที่มีแป้งเมล็ดขนุนมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่า ปริมาณไขมัน และชนิดสารให้ความคงตัว มีผลกับค่าความหนืด อาจเนื่องจากว่าเจลาติน เป็นพอลิเมอร์ของโปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดมาต่อเรียงกัน ซึ่งกรดอะมิโนเหล่านี้มีคุณสมบัติทำให้เกิดโครงสร้างเจลได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ แต่ แป้งเมล็ดขนุนเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งเมื่อเกิด gelatinization แล้วลดอุณหภูมิลงจึงเกิดการ retrogradation โมเลกุลของอะไมโลส (amylose) และ อะไมโลเพกทิน (amylopectin) จะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กัน และขับน้ำที่เคยจับอยู่ออกจากโมเลกุล ให้เกิดเป็นผลึกใหม่ ส่งผลให้ไอศกรีมมิกซ์ที่ใช้แป้งเมล็ดขนุนมีค่าความหนืดที่ต่ำกว่าไอศกรีมมิกซ์ที่ใช้เจลาติน

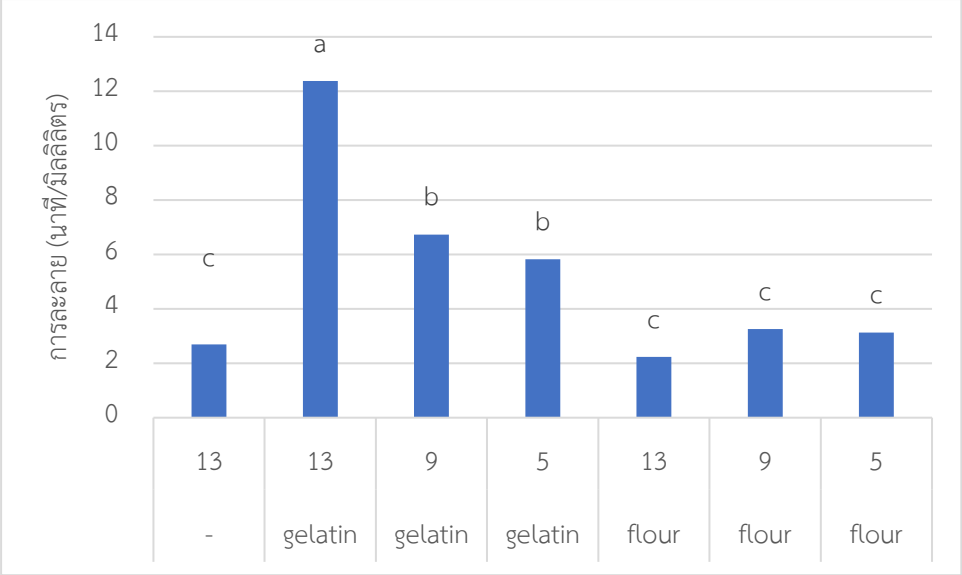
4.2.2 คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของไอศกรีม



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.12 แผนภูมิแสดงค่า% overrun ของไอศกรีมกะทิทั้ง 7 สูตร

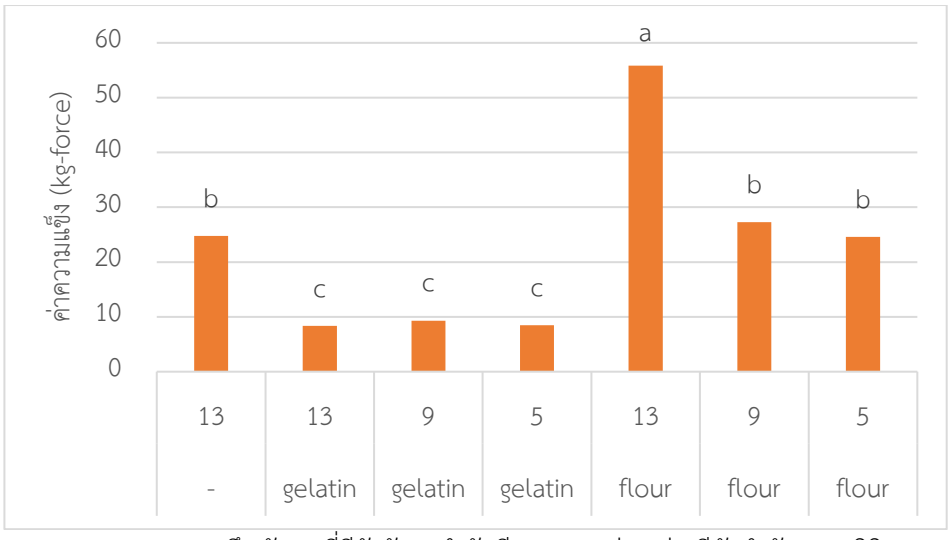
จากภาพ 4.12 (รายละเอียดในตาราง จ.5 (ภาคผนวก)) พบว่า สูตรที่มีค่า %overrun มากที่สุดคือ 13% ที่ใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัว อาจเนื่องมาจาก เมื่อโปรตีนเกิดการเสียสภาพ พันธะเปปไทด์จะคลายเกลียวออกจากกัน เมื่อมีการเติมอากาศเข้าไปในส่วนผสมจึงเก็บกักอากาศไว้ได้ดี และส่วนของโปรตีนจะทำหน้าที่ไปล้อมรอบเซลล์อากาศไว้ทำให้โครงสร้างแข็งแรงมากขึ้น โดยผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยในส่วนของการศึกษาสารให้ความคงตัวในการพัฒนาไอศกรีมเนื้อนิ่ม (จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์, 2561) ส่วนไอศกรีมกะทิที่ใช้แป้งเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัว ค่า%overrunมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณไขมันในสูตรที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากไขมันมีบทบาทในการขัดขวางการตีอากาศเข้าเนื้อไอศกรีม โดยผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยในส่วนของการศึกษาไอศกรีม (Marshall and Arbuckle, 1996)



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.13 แผนภูมิแสดงค่าการละลายของไอศกรีมกะทิทั้ง 7 สูตร

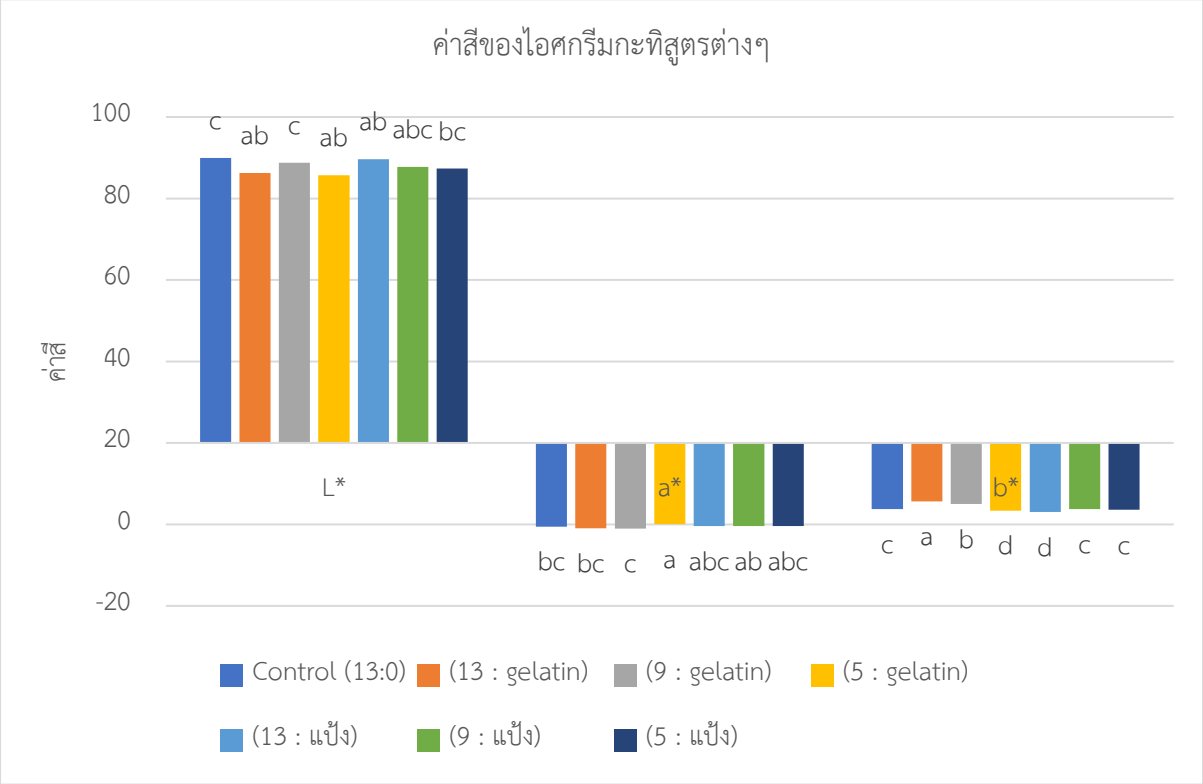
จากภาพ 4.13 (รายละเอียดในตาราง จ.5 (ภาคผนวก)) พบว่าไอศกรีมที่ใช้แป้งเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัวมีอัตราการละลายที่ไม่แตกต่างกับไอศกรีมกะทิสูตรควบคุม แต่ ไอศกรีมที่ใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัวมีอัตราการละลายช้า เนื่องมาจาก ความหนืดที่สูงขึ้นจะทำให้ความต้านทานการละลายที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.14 แผนภูมิแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของไอศกรีมกะทิทั้ง 7 สูตร

จากภาพ 4.14 (รายละเอียดในตาราง จ.5 (ภาคผนวก)) พบว่า ไอศกรีมที่ใช้แป้งเมล็ดขนุนเป็นสารทดแทนไขมันที่มีปริมาณไขมัน13% มีค่าความแข็งสูงสุด และ ที่มีปริมาณไขมัน 9%และ 5% มีค่าความแข็งไม่แตกต่างจากไอศกรีมลดไขมันสูตรควบคุมที่มีปริมาณไขมัน13% ซึ่งโดยปกติแล้วความแข็งมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของไอศกรีม ซึ่งหากลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งมากขึ้น แปลว่า แป้งเมล็ดขนุนช่วยเพิ่มโครงสร้างของไอศกรีม ทำให้ทดแทนโครงสร้างที่หายไปจากการลดไขมันได้ ส่วนไอศกรีมที่ใช้เจลาตินทั้ง 3 สูตร มีค่าความแข็งน้อย เนื่องมาจาก เจลาตินมีโครงสร้างที่ช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ไอศกรีมจึงมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มกว่า

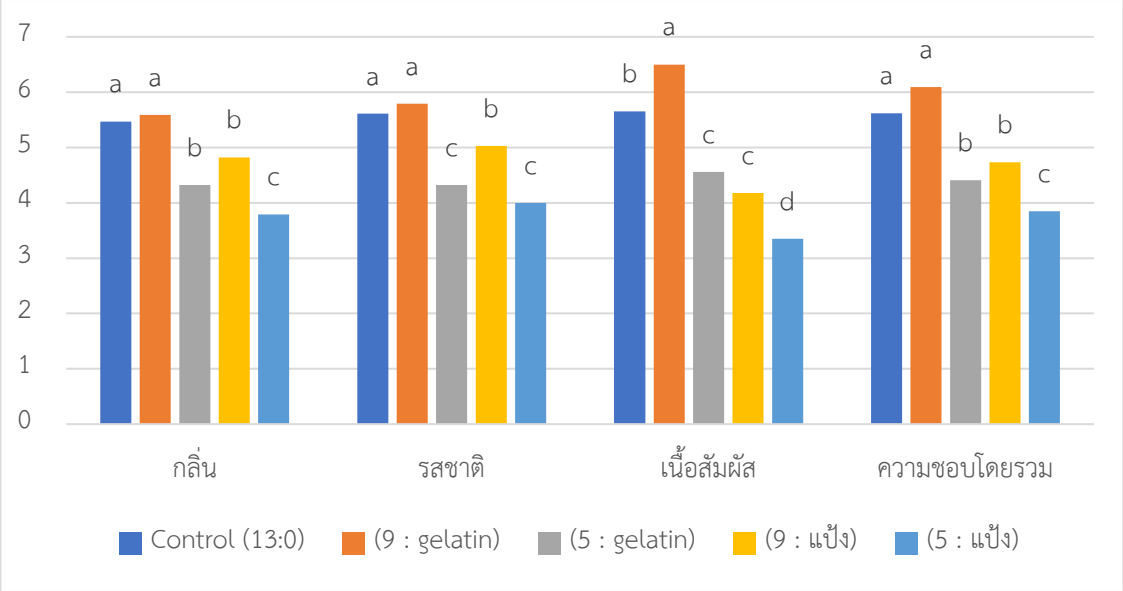


สูตร (ร้อยละไขมัน : ชนิดสารให้ความคงตัว)

หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.15 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าสี (L*, a*,b*) ของไอศกรีมกะทิทั้ง 7 สูตร

จากภาพ 4.15 (รายละเอียดในตาราง จ.6 (ภาคผนวก)) พบว่า ค่าสีของไอศกรีมกะทิสูตรต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไอศกรีมสูตรต่าง ๆ ยังมีลักษณะเป็นสีขาว

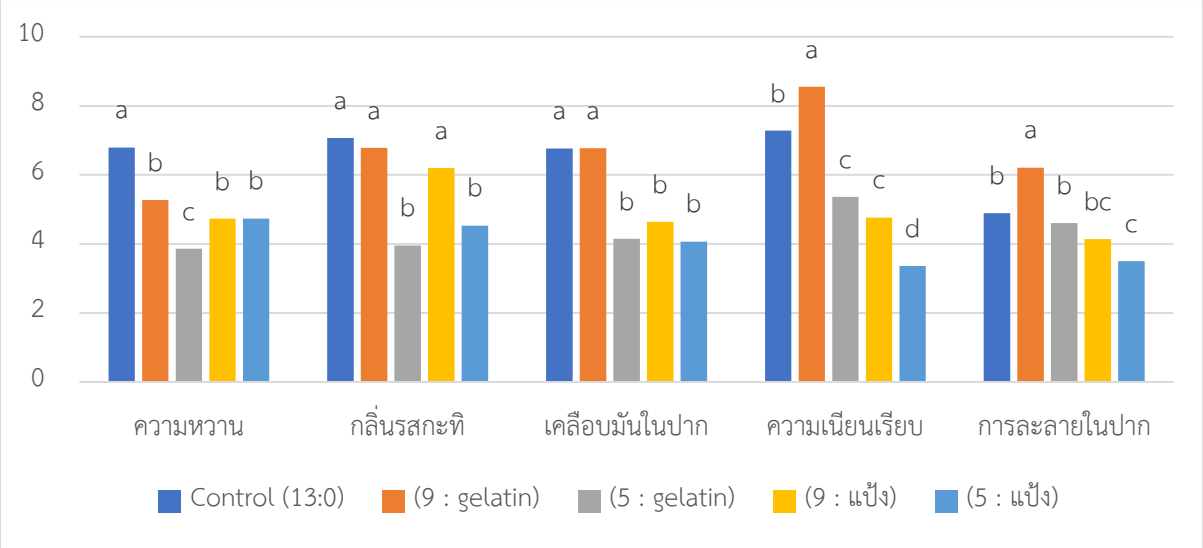


สูตร (ร้อยละไขมัน : ชนิดสารให้ความคงตัว)

หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.16 แผนภูมิแสดงคะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ (กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) ของไอศกรีมกะทิทั้ง 5 สูตร

เลือกไอศกรีมกะทิลดไขมันทั้ง 4 สูตร(ไขมัน 9% และ 5%) และสูตรควบคุม มาทดสอบทางประสาทสัมผัส จากภาพ 4.16 (รายละเอียดในตาราง จ.7 (ภาคผนวก)) พบว่า ไอศกรีมสูตรไขมัน9%ใส่เจลาติน ได้คะแนนสูงสุดทุกด้าน ได้แก่ ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ส่วนไอศกรีมที่ได้รับความชอบน้อยที่สุด คือ สูตรไขมัน5%ใส่แป้งเมล็ดขนุน ส่วนสูตรไขมัน9% ใส่แป้งเมล็ดขนุน มีคะแนนความชอบใกล้เคียง สูตรไขมัน5% ใส่เจลาติน ทางด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แต่ด้านรสชาติ สูตรไขมัน9% ใส่แป้งเมล็ดขนุน ได้คะแนนความชอบมากกว่า สูตรไขมัน5% ใส่เจลาติน



สูตร (ร้อยละไขมัน : ชนิดสารให้ความคงตัว)

หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.17 แผนภูมิแสดงคะแนนการทดสอบความเข้มทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ (ความหวาน, กลิ่นรสกะทิ, เคลือบมันในปาก, ความเนียนเรียบของเนื้อไอศกรีม, การละลายในปาก) ของไอศกรีมกะทิทั้ง 5 สูตร

จากภาพ 4.17 (รายละเอียดในตาราง จ.8 (ภาคผนวก)) พบว่า ด้านความหวาน เมื่อลดปริมาณไขมันลงส่งผลให้ความหวานลดลงส่วนความเข้มกลิ่นรสกะทิ เมื่อลดปริมาณไขมันลงถึง9%ทั้งสูตรที่ใส่เจลาตินและแป้ง ยังสามารถคงกลิ่นรสกะทิได้เท่าสูตรควบคุม แต่เมื่อลดไขมันลงถึง5%ทั้งสูตรที่ใส่เจลาตินและแป้ง ทำให้กลิ่นกะทิลดลงด้วย

ด้านเคลือบมันในปากเมื่อลดปริมาณไขมันลงถึง 9% สูตรที่ใส่เจลาติน สามารถคงความเคลือบมันในปากได้เท่าสูตรควบคุม ส่วนสูตรไขมัน9%ใส่แป้งและสูตรไขมัน5%ทั้งสูตรที่ใส่เจลาตินและแป้ง มีความเคลือบมันลดลงใกล้เคียงกัน

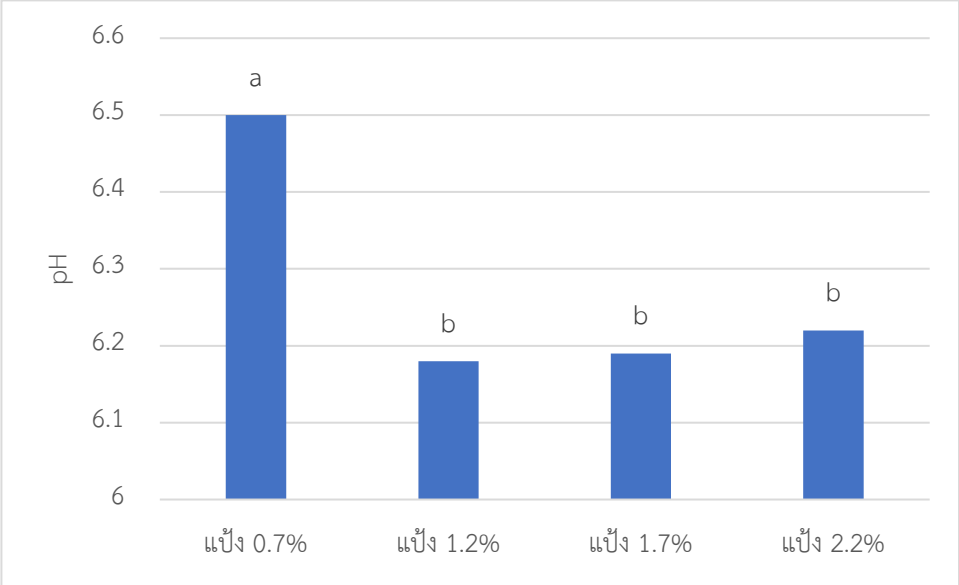
ด้านความเนียนเรียบ ไอศกรีมสูตรไขมัน9%ใส่เจลาตินมีความเนียนเรียบมากที่สุด สูตรไขมัน5%ใส่เจลาตินและสูตรไขมัน9%ใส่แป้งให้ความเนียนเรียบรองลงมาใกล้เคียงกัน และสูตรไขมัน5%ที่ใส่แป้ง มีความเนียนเรียบน้อยที่สุด

ด้านการละลายในปาก สูตรไขมัน9%ใส่เจลาติน ใช้เวลาในการละลายมากที่สุด ส่วนสูตรควบคุมและสูตรไขมัน5%ใส่เจลาติน ใช้เวลาในการละลายน้อยลงใกล้เคียงกันกับ สูตรไขมัน9%ใส่แป้ง แต่สูตรไขมัน9%ใส่แป้งและสูตรไขมัน5%ใส่แป้ง ใช้เวลาในการละลายน้อยที่สุด เป็นผลมาจากการทำงานของเจลาตินที่ช่วยให้ละลายช้า แต่แป้งเมล็ดขนุนที่ใส่มีปริมาณน้อยไม่สามารถช่วยให้ละลายได้ช้าลง

จากการศึกษาผลของปริมาณไขมันในไอศกรีมกะทิและชนิดสารให้ความคงตัวของไอศกรีมกะทิลดไขมัน พบว่าผู้บริโภคยอมรับไอศกรีมลดไขมันที่ใช้แป้งเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัว ปริมาณไขมัน 9% จึงได้ทำการเลือกสูตรดังกล่าวมาศึกษาปริมาณแป้งเมล็ดขนุนทีมีต่อคุณสมบัติของไอศกรีมกะทิลดไขมัน ในส่วนถัดไป

4.3 การศึกษาผลของปริมาณแป้งเมล็ดขนุนทีมีต่อคุณสมบัติของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

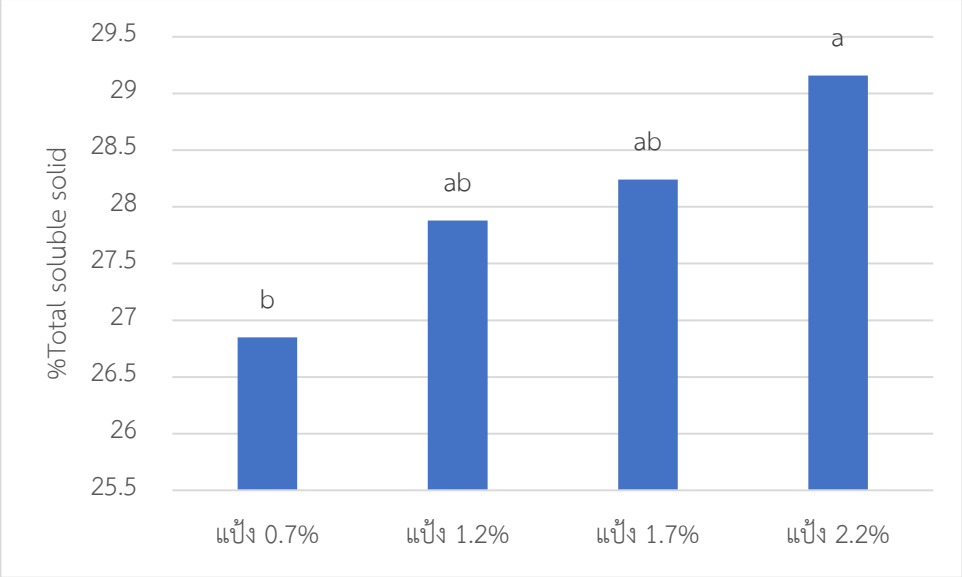
4.3.1 คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.18 แผนภูมิแสดงค่าความเป็นกรดด่างของไอศกรีมมิกซ์กะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ

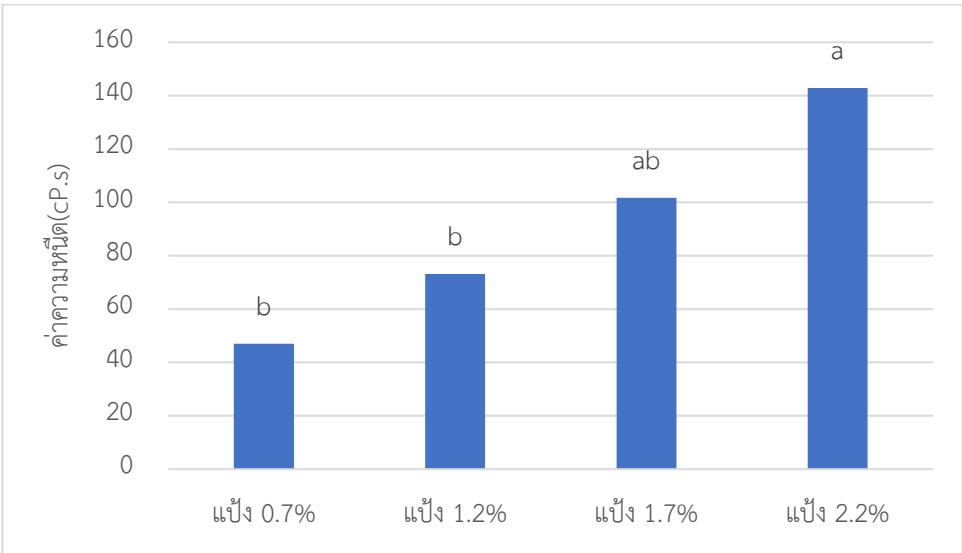
เมื่อเตรียมไอศกรีม 4 สูตร โดยแปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุน 0.7%, 1.2%, 1.7% และ 2.2% (โดยลดปริมาณน้ำตาลในสูตร) และวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีม จากภาพ 4.18 (รายละเอียดในตาราง จ.9 (ภาคผนวก)) พบว่า ไอศกรีมกะทิสูตรไขมัน 9% ใส่แป้งปริมาณ 0.7% มีค่าความเป็นกรดด่างมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญ อาจเป็นผลมาจากไอศกรีมกะทิสูตรไขมัน 9% ใส่แป้งปริมาณ 0.7% มีการใช้น้ำที่เป็นวัตถุดิบในช่วงเวลาแตกต่างกับ ไอศกรีมกะทิสูตรไขมัน 9% ใส่แป้งที่ปริมาณอื่น ๆ แต่จากการเติมแป้งที่มากขึ้น มีแนวโน้มทำให้ค่าความเป็นกรดด่างมากขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq0.05$)



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.19 แผนภูมิแสดงค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมมิกซ์กะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ

จากภาพ 4.19 (รายละเอียดในตาราง จ.9 (ภาคผนวก)) พบว่า ปริมาณแป้งที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

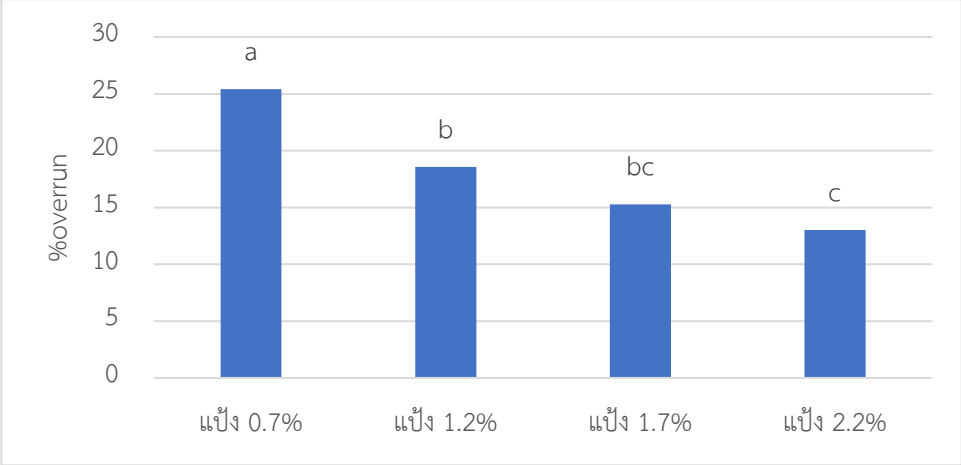


หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.20 แผนภูมิแสดงค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์กะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ

จากภาพ 4.20 (รายละเอียดในตาราง จ.9 (ภาคผนวก)) พบว่า ปริมาณแป้งที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าความหนืด มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เป็นผลมาจากมีปริมาณของเม็ดแป้งที่มากขึ้น ทำให้เมื่อให้ความร้อน เกิดการแตกตัวของโครงสร้างผลึกและส่วนกิ่งก้านของโมเลกุลอะไมโลเพคตินที่แตกออกมา จะถูกโมเลกุลของน้ำแทรกเข้าไปจนเกิดการพองตัวไปแนวรอบ ๆ เม็ดแป้ง เมื่อแป้งเกิดการพองตัว จะมีคุณสมบัติในการคืนตัว (Retrogradation) ต่ำ จึงไม่ทำให้แป้งเหลวลงเมื่อทิ้งไว้นานจนเย็น ส่งผลให้มีค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้น

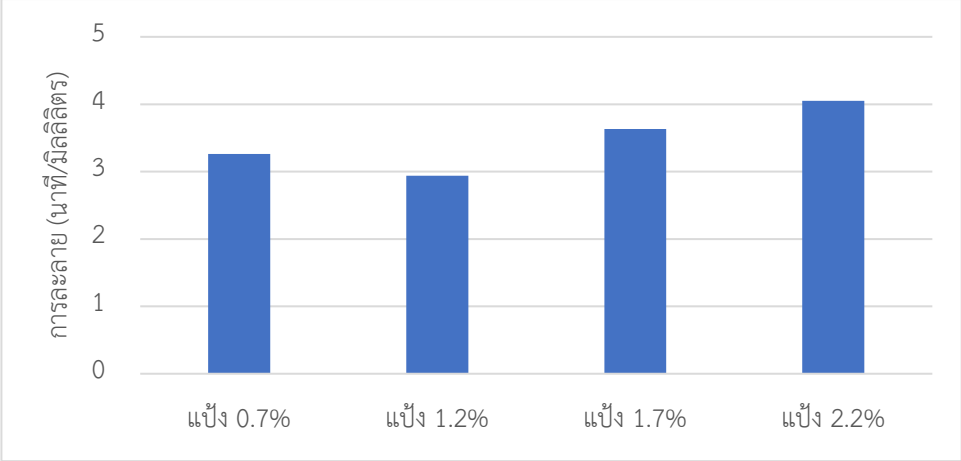
4.3.2 คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของไอศกรีม



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

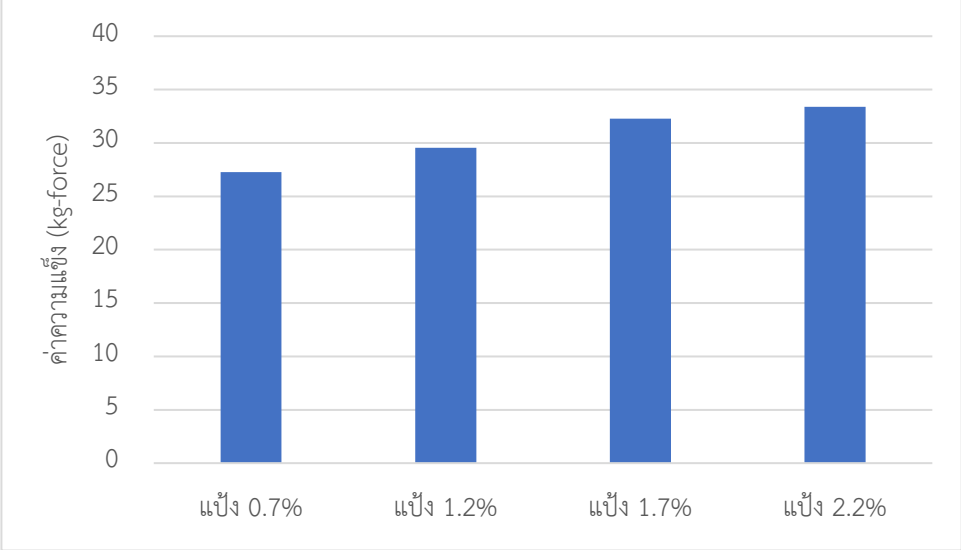
ภาพ 4.21 แผนภูมิแสดงค่า% overrun ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ

จากภาพ 4.21 (รายละเอียดในตาราง จ.10 (ภาคผนวก)) ค่า%overrunมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในสูตรที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งมีบทบาทในการขัดขวางการตีอากาศเข้าเนื้อไอศกรีม



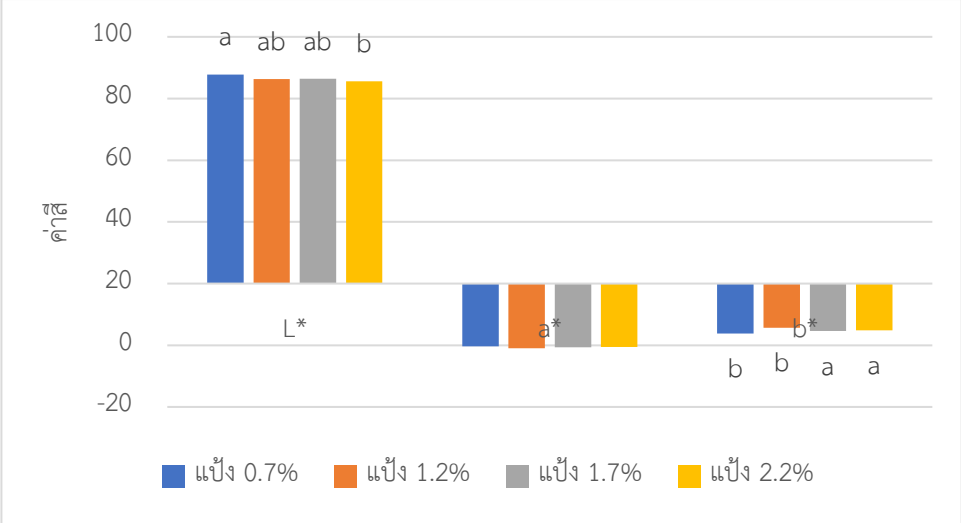
ภาพ 4.22 แผนภูมิแสดงค่าการละลายของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ

จากภาพ 4.22 (รายละเอียดในตาราง จ.10 (ภาคผนวก)) พบว่า ไอศกรีมแต่ละสูตรมีค่าการละลายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ ไอศกรีมมีค่าการละลายที่ช้าลง



ภาพ 4.23 แผนภูมิแสดงค่าความแข็ง (Hardness) ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ

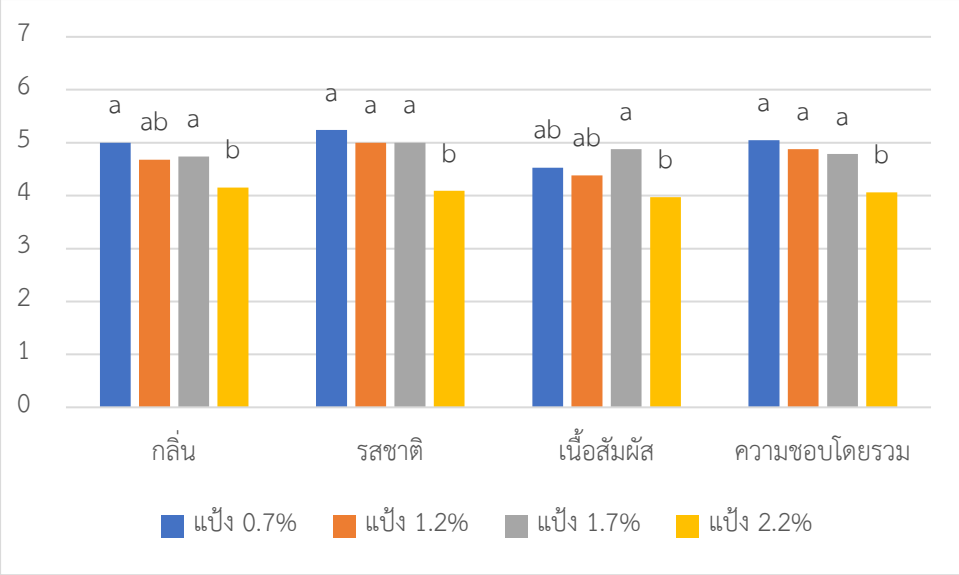
จากภาพ 4.23 (รายละเอียดในตาราง จ.10 (ภาคผนวก)) พบว่า ไอศกรีมแต่ละสูตรมีค่าความแข็ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.24 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าสี (L*, a*,b*) ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ

จากภาพ 4.24 (รายละเอียดในตาราง จ.11 (ภาคผนวก)) พบว่า ค่าสีแดงของไอศกรีมกะทิสูตรต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\geq0.05$) ค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองของไอศกรีมกะทิสูตรต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเมื่อเติมแป้งในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง ส่วน ค่าสีเหลืองมีค่าเพิ่มมากขึ้น เป็นผลมาจากสีของแป้งเมล็ดขนุน แต่ไอศกรีมสูตรต่าง ๆ ยังมีลักษณะเป็นสีขาวครีม

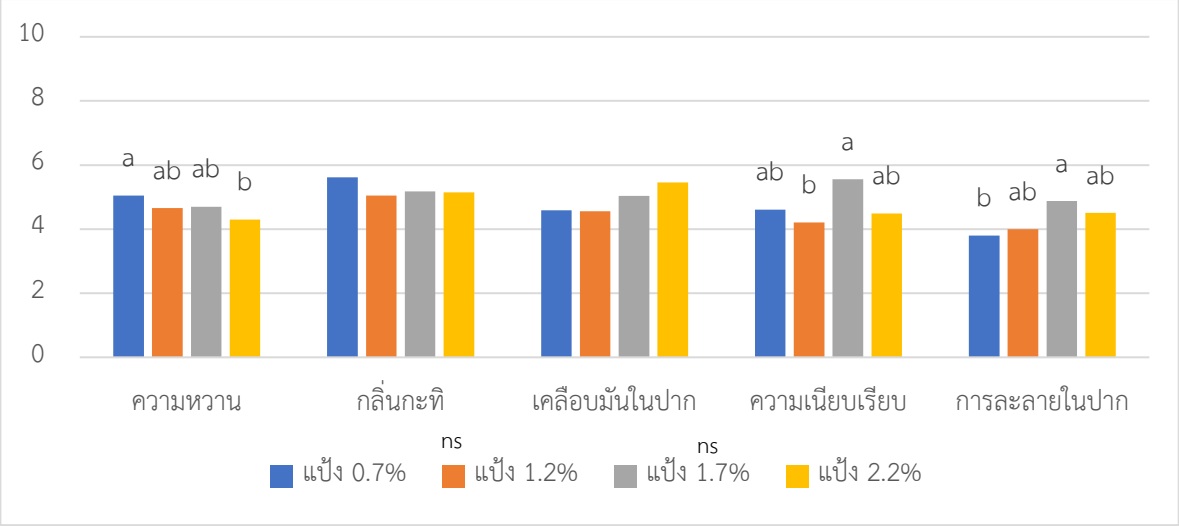


หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.25 แผนภูมิแสดงคะแนนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ (กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ

เมื่อทดสอบการยอมรับของไอศกรีมทั้ง 4 สูตร โดยผู้บริโภค จำนวน 34 คน จากภาพ 4.25 (รายละเอียดในตาราง จ.12 (ภาคผนวก)) พบว่า ไอศกรีมกะทิสูตรไขมัน9%ใส่แป้งปริมาณ 0.7%, 1.2% และ 1.7% มีคะแนนความชอบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทุกด้าน ได้แก่ ด้านกลิ่น ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ส่วนไอศกรีมกะทิสูตรไขมัน9%ใส่แป้งปริมาณ 2.2% ได้รับความนิยมน้อยที่สุดทุกด้าน

จากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (T-test) ของการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น และด้านเนื้อสัมผัส ระหว่าง ไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ใส่แป้ง 0.7% ที่ไม่เติมกลิ่นมะพร้าว(การทดลองส่วนที่ 2) และเติมกลิ่นมะพร้าว (การทดลองส่วนที่ 3) พบว่า ไอศกรีมที่เติมกลิ่นมะพร้าวมีความชอบด้านกลิ่นมากกว่าไอศกรีมที่ไม่เติมกลิ่นมะพร้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วน ด้านเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)



หมายเหตุ a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาพ 4.26 แผนภูมิแสดงคะแนนการทดสอบความเข้มทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ (ความหวาน, กลิ่นรสกะทิ, เคลือบมันในปาก, ความเนียนเรียบของเนื้อไอศกรีม, การละลายในปาก) ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% ที่แปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในระดับต่าง ๆ

จากภาพ 4.26 (รายละเอียดในตาราง จ.13 (ภาคผนวก)) พบว่า ด้านความหวาน ให้ผลการทดสอบที่สอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลที่ใส่ในแต่สูตร ส่วนด้านกลิ่นกะทิ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) เพราะแต่ละสูตรมีปริมาณกะทิเท่ากัน และเติมกลิ่นกะทิในปริมาณเท่ากันเช่นกัน

ด้านความเคลือบมันในปาก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) แต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณแป้งเพิ่มมากขึ้น อาจเป็นผลมาจากผู้ทดสอบมีความรู้สึกความแป้งเคลือบปากมาเกี่ยวข้องด้วย

ด้านความเนียนเรียบ ไอศกรีมกะทิสูตรที่ใส่แป้งเมล็ดขนุน 1.7% มีคะแนนสูงสุด

ด้านการละลายในปาก ไอศกรีมกะทิมีแนวโน้มใช้เวลาในการละลายเพิ่มมากขึ้นเมื่อใส่ปริมาณแป้งเพิ่มขึ้น

ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทำให้ทราบว่าผู้บริโภคสามารถให้การยอมรับปริมาณการเติมแป้งเมล็ดขนุนเพิ่มขึ้นถึง 1.7%

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้พบว่าสามารถผลิตแป้งจากเมล็ดขนุนได้ เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างการเก็บเป็นเวลา 60 วัน พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระ(a_w), ค่าความชื้น, ความหนืดสูงสุด และpasting temperature มีการเปลี่ยนแปลง รวมทั้งเพื่อพัฒนาไอศกรีมกะทิลดไขมันโดยใช้แป้งเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัวและศึกษาคุณสมบัติด้านเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมและไอศกรีมมิกซ์ได้ และจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ 5 สูตร (สูตรควบคุม, สูตรไขมัน9% ใส่เจลาติน, สูตรไขมัน9% ใส่แป้ง, สูตรไขมัน5% ใส่เจลาติน, สูตรไขมัน5% ใส่แป้ง) โดยผู้ทดสอบจำนวน 34 คน พบว่า ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่าง ๆ บ่งบอกว่าผู้ทดสอบสามารถยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิที่มีปริมาณไขมัน9%ที่ใส่แป้งเมล็ดขนุน และเมื่อแปรปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในไอศกรีมที่มีปริมาณไขมัน 9% 4 สูตร (0.7%, 1.2%, 1.7% และ 2.2%) จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม โดยผู้ทดสอบจำนวน 34 คน พบว่า ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่าง ๆ บ่งบอกว่าผู้ทดสอบสามารถยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิลดไขมันที่มีปริมาณไขมัน 9% ใช้แป้งเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัวได้ถึงปริมาณ 1.7%

ข้อเสนอแนะ

- ในขั้นตอนการผลิตแป้งเมล็ดขนุนควรมีการร่อนผ่านตะแกรงขนาดเล็กลง เพื่อลดขนาดของเม็ดแป้งเมื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีมกะทิลดไขมัน ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมมีความเรียบเนียนมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

จันทร์เพ็ญ มะลิพันธ์. (2561). การใช้สารให้ความคงตัวในการพัฒนาไอศกรีมเนื้อนิ่มจากน้ำนมข้าวกล้อง. ใน รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่2 พ.ศ.2561, หน้า 349-360.

ถนอมดวง แซ่ลิ. (2549). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดัดแปลงจากโปรตีนถั่วเหลืองและไขมันพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พัชรินทร์ รักถาวร. (2542). การผลิตและปรับปรุงคุณภาพไอศกรีมกะทิลดไขมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ, สุนทร ดุริยะประพันธ์, ทักษิณ อาชวาคม, สายันต์ ตันพานิช, ชลธิชา นิวาสประกฤติ และ ปรียานันท์ ศรสูงเนิน. (2544). โครงการทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2561). คู่มือปฏิบัติการ วิชา 2314432 Food Processing III ภาคปลาย 2561. [ม.ป.ท.: ม.ป.พ.].

ราม แย้มแสงสังข์ และ ผกามาศ เจษฎ์พัฒนานนท์. (2555). การสกัดพรีไบโอติกส์และสารประกอบฟีนอลิกส์จากเม็ดขนุนในระดับโรงงานจำลอง. วารสารวิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 36(3): 213-220.

วิภาวี ก้อนคำดี. (2558). การศึกษากลไกการเกิดตะกรันที่เกิดขึ้นระหว่างการพาสเจอร์ไรส์น้ำกะทิ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นวพร หงส์พันธุ์ และ จันทรสุดา อดุยศักดิ์สกุล. (2556). ผลของแป้งกล้วยดัดแปรและสารให้ความคงตัวทางการค้าต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมสด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44(2): 217-220.

นิศรา ฮะเจริญ. (2554). การเพิ่มความคงตัวต่อความร้อนในการแปรรูปและความคงตัวต่อความเย็นในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กะทิสเตอริไรส์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ปิยะธิดา เกิดช่วย. (2551). การใช้เวย์โปรตีนเข้มข้นและมอลโทเดร็กซ์ทรินในไอศกรีมดัดแปลงกะทิไขมันต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประไพพรรณ เอมดวง และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. (2555). ผลของแป้งเมล็ดขนุนพรีเจลาติไนซ์ต่อสมบัติทางกายภาพของสปันจ์เค้กที่อบด้วยไมโครเวฟซึ่งเตรียมจากส่วนผสมเค้กเมล็ดขนุนสำเร็จรูป. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43(2)(พิเศษ): 197-200.

ศิวพร พุดตาล. (2550). ผลของสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานต่อคุณภาพของไอศกรีมกะทิ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวพร พุดตาล และ สมจิต สุรพัฒน์. (2550). การลดไขมันในไอศกรีมกะทิโดยใช้สารทดแทนไขมัน. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา สำนักอาหาร. (2556). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 354 พ.ศ. 2556 เรื่องไอศกรีม. กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร.

อมรรัตน์ มุขประเสริฐ และ กมลทิพย์ สัจจาอนันตกุล. (2546). ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดแป้งจากเมล็ดขนุน. ใน รายงานวิจัยประจำปี 2545-2546. หน้า 175-178. กรุงเทพมหานคร.

อรพิน ชัยประสพ. (2544). เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์นม. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Al-Saleh, A.A., Metwalli, A.A.M., and Ismail, E.A. (2011). Physicochemical properties of probiotic frozen yoghurt made from camel milk. International Journal of Dairy Technology. 64(4): 557–562.

AOAC International. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, 18thEdition. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC International. (2012). Official Methods of Analysis, Method 941.08, Total Solids in Ice Cream and Frozen Desserts. AOAC International. Gaithersburg, MD.

Birosel, D.M., Gonzales, A.L., and Santos, M.P. (1963). The nature and properties of the emulsifier system of oil globulin in coconut milk and cream. The Philippines Journal of Science. 92(1): 1-15.

Chang, J.L., Marshall, R.T. and Heyman, H. (1995). Casein micelles partially hydrolyzed by chymosin to modify the texture of low fat ice cream. Journal of Dairy Science. 78: 2617-2623.

Chowdhury, R., Bhattacharyya, K., and Chattopadhyay, P. (2012). Study on functional properties of raw and blended Jackfruit seed flour (a non-conventional source) for food application. Indian Journal of Natural Products and Resources. 3(3): 347-353.

Coral, D.F., Pineda-Gomez, P., Rosales-Rivera, A., and Rodriguez-Garcia, M.E. (2009). Determination of the Gelatinization Temperature of Starch Presents in Maize Flours. Conference Series 167. Journal of Physics.

Dickinson, E., and Stainsby, G. (1982). Colloids in Foods. London: Applies Science Publishers.

Dickinson, E. (1992). An Introduction to food Colloids. Oxford: Oxford Science Publishers.

Donhowe, D.P., Hartel, R.W., and Bradley, R.L. (1991). Determination of icecrystal size Distributions in frozen desserts. Journal of Dairy Science. 74:3334–3344.

Donhowe, D.P., and Hartel, R.W. (1996a). Recrystallization of ice cream during controlled Accelerated storage. International Dairy Journal. 6: 1191-1208.

Donhowe, D.P., and Hartel, R.W. (1996b). Recrystallization of ice during bulk storage of ice Cream. International Dairy Journal. 6: 1209-1221.

Flores, A.A., and Goff, H.D. (1999). Recrystallization in ice cream after constant and cycling temperature storage conditions as affected by stabilizers. Journal of Dairy Science. 82: 2408-1415.

Hagiwara, T., and Hartel, R.W. (1996). Effect of sweetener, stabilizer, and storage temperature on ice recrystallization in ice cream. Journal of Dairy Science. 79: 735-744.

Haug, I.J., Draget, K.I., and Smidsrod, O. (2004). Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin. Food Hydrocolloids. 18: 203-213.

Ismail, E.A., Al-Saleh, A.A., and Metwalli, A.A.M. (2013). Effect of inulin supplementation on rheological properties of low-fat ice cream. Life Science Journal 10(3): 1742-1746.

John, P.J., and Narasimham, P. (1993). Processing and evaluation of carbonated beverage from jackfruit waste (*Artocarpus heterophyllus*). Journal of Food Processing and Preservation. 16: 373-380.

Koxholt, M.M.R., Eisenmann, B., and Hinrichst, J. (2001). Efftect of the fat globulesize on the Meltdown of ice cream. Journal of Dairy Science. 84: 31-37.

Li, J., and Corke, H. (1999). Physicochemical properties of maize starches expressing *dull* and *sugary-2* mutants in different genetic backgrounds. Food Chemistry. Journal of Agriculture. 47: 4939-4943.

Liu, Y., Liu, X., and Wang, X. (2011). Biomimetic synthesis of gelatin polypeptide assisted noble-metal nanoparticles and their interaction study. Nanoscale Reearchs Letters. 6: 6-22.

Mahanta, C.L., and Kalita, D. (2015). Processing and Utilization of Jackfruit Seeds. In Preedy, V.R.(Eds.), Processing and Impact on Active Components in Food. (395-400). London: Academic press.

Marshall, R.T., and Arbuckle, W.S. (1996). Ice Cream. (5th Ed), NewYork: Chapman & Hall.

Marshall, R.T., Goff, H.D., and Hartel, R.W. (2003). Ice cream. (6th Ed), NewYork: Chapman & Hall.

McClements, D.J. (1999). Food Emulsions Principles, Practice and Techniques. Florida: CRC press.

Mukprasirt, A., and Sajjaanantakul, K. (2004). Physico-chemical properties of flour and starch from jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) compared with modified starches. International Journal of Food Science and Technology. 39: 271-276.

Ocloo, F.C.K., Bansa, D., Boatin, R., Adom, T., and Agbemavor, W.S. (2010). Physico-chemical, functional and pasting characteristics of flour produced from Jackfruits (*Artocarpus heterophyllus*) seeds. Agriculture of Biology. North American Journal. 1: 903–908.

Preedy, V.R., Watson, R.R., and Patel, V.B. (2011). Nuts and seeds in health and disease prevention. London: Academic Press.

Rahman, M.A., Nahar, N., Mian, A.J., and Mosihuzzaman, M. (1999). Variation of carbohydrates composition of two forms of fruit from jack tree (*Artocarpus heterophyllus* L.) with maturity and climatic conditions. Food Chemistry. 65: 91-97.

Ruger, P.R., Baer, R.J., and Kasperson, K.M. (2002). Effect of double homogenization and Whey concentrate on the texture of ice cream. Journal of Dairy Science. 85: 1684-1692.

Salman, H., and Copeland, L. (2007). Effect of storage on fat acidity and pasting characteristics of wheat flour. Cereal Chemistry. 84: 600-606.

Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N., and Kadam, S.S. (1992). Coconut. In World Oilseeds : Chemistry, Technology, and Utilization. 280-325.

Schrieber, R., and Gareis, H. (2007). Gelatine Handbook. [Online]. http://www.proagar.cl/espanol/Agar-Agar_English.html (June 24, 2019).

Schmidt, K.A., Lundy, A., Reynolds, J., and Yee, L.N. (1993). Carbohydrate or protein based fat mimicker effects on ice milk properties. Journal of Food Science. 58(4): 761–763, 779.

Tangsuphoom, N., and Coupland, J.N. (2005). Effect of Heating and Homogenization on the Stability of Coconut Milk Emulsions. Journal of Food Science. 70(8): 466-470.

ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ ของแป้งเมล็ดขนุน

ก.1. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธี AOAC (2005) section 32.1.22

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Kjeldahl tube
2. Flask
3. Pipette
4. กระดาษกรอง whatman No.41 (ashless)
5. Catalyst tablet
6. บีกเกอร์
7. กระบอกตวง
8. น้ำกลั่น
9. Kjeldahl digestion and distillation apparatus
10. Buchi digestion unit (รุ่น K-424, Switzerland)
11. Buchi scrubber (รุ่น B-414, Switzerland)
12. เครื่องกลั่นหาปริมาณไนโตรเจน (VELP scientific รุ่น UDK 127,USA)
13. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Denver Instrument รุ่น SI-234, Germany)

สารเคมี

1. Reagent grade conc. H_2SO_4
2. Anhydrous $CuSO_4$
3. Anhydrous Na_2SO_4 (or K_2SO_4)
4. 35% NaOH solution
5. 4% (saturated) boric acid
6. 0.1 N HCl
7. Methyl red-Bromocresol green solution

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมการย่อยสารตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.7 กรัม ใส่ Kjeldahl tube โดยชั่งผ่านกระดาษกรองเบอร์ 41
2. ใส่ Catalyst tablet ลงใน Kjeldahl tube หลอดละ 1 เม็ด
3. ใส่กรด H_2SO_4 20 mL นำไปย่อยประมาณ 20 – 30 นาที หรือ จนได้สารละลายใสสีน้ำตาล (คล้ายน้ำปลา) *อย่าถอดสายยางเครื่องกำจัดไอกรดออกจนกว่าจะไม่มีไอกรดแล้ว

2. การกลั่น

1. ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นทุกหลอดอย่างช้าๆหลอดละ 25 mL
2. เตรียมการกลั่นโดยใช้เครื่อง Kjeldahl distillation apparatus ต่ออุปกรณ์ให้เรียบร้อย
3. ตั้งระบบให้เครื่อง Preheating ก่อน จากนั้นทำการ Cleaning
4. ตวง 4% boric acid 25 ml ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 mL และหยด Methyl red-Bromocresol green indicator ลงไป 2 หยด โดยนำแต่ละขวดไปรองรับก๊าซ NH_3 ที่เครื่อง Kjeldahl distillation apparatus จาก Kjeldahl tube แต่ละหลอด (สีของสารละลายเป็นสีชมพู)
5. ทำการกลั่นสารตัวอย่างใน Kjeldahl tube ทีละหนึ่งหลอด เริ่มจากหลอดที่ 1 ซึ่งเป็น Blank ไล่ไปเรื่อยๆจนครบจำนวนโดยตั้งระบบ Distillation กำหนดค่า NaOH ที่จะใช้ในการทำปฏิกิริยาให้มีปริมาณมากเกินพอ (ตั้งไว้ประมาณ 7 mL ก่อน เมื่อเครื่องทำงานจึงกดเพิ่มลงไปจนเห็นสารละลายใน Kjeldahl tube เป็นสีดำ)
6. นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับ 0.1 N HCl จนได้สีของสารละลายเป็นสีชมพู(จุดยุติ) อ่านค่าปริมาตรสารละลาย 0.1 N HCl ที่ใช้ในการไทเทรต
7. นำปริมาตร 0.1 N HCl ที่ใช้ในการไทเทรตไปคำนวณหา %N และ % Protein ที่มีในตัวอย่างตามสูตรดังนี้

   %Nitrogen = (mL HCl – mL blank) x normality x 14.007 x (100/mg sample)

   %Protein = %N x conversion factor

   (conversion factor ของโปรตีน ในพืช เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ = 6.25)

ก.2. วิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธี AOAC (2005) section 32.1.13

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Soxhlet extractor (Gerhardt รุ่น HC61, Germany)
2. Hot air oven 105 ºC (Memmert รุ่น W350, Germany)
3. Evaporator (Eyela รุ่น SB-651, Japan)
4. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Denver Instrument รุ่น SI-234, Germany)
5. Thimble
6. กระบอกตวงขนาด 100 ml
7. Desiccator

สารเคมี

1. Petroleum ether

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างปริมาณ 3 กรัม ลงใน thimble
2. ชั่ง Flat bottom flasks และจดน้ำหนักที่แน่นอน
3. ประกอบชุดหาไขมันให้เรียบร้อยบนเตาให้ความร้อนโดยเอา thimble ที่มีตัวอย่างใส่ในชุด Soxhlet และปิดตัวอย่างด้วยสำลี
4. เติม Solvent ใส่ใน bottom flasks ประมาณ 200 มิลลิลิตร
5. เปิดเตาเพื่อให้ความร้อนกับ bottom flasks ไอของ solvent จะระเหยขึ้นไป และควบแน่นกลับลงมาใน thimble ซึ่งจะสกัดไขมันที่มีในตัวอย่างออกมา
6. เมื่อสกัดไขมันออกหมดแล้ว นำ thimble ออก แล้วให้ความร้อนต่อไป solvent จะถูกควบแน่นเก็บใน Soxhlet ซึ่งสามารถเอา solvent ไปใช้งานอื่นได้
7. ระเหยตัวทำละลายออกด้วย Rotary vacuum evaporator
8. อบด้วย Hot air oven อุณหภูมิ 100 ± 5 ºC เป็นเวลา 1 ชม. ปล่อยให้เย็นใน Desiccator และชั่งน้ำหนัก อบจนกว่าน้ำหนักจะคงที่
9. คำนวณ % Fat (w/w) $= \frac{\text{น้ำหนักไขมัน (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}} \times 100$

$$\% \text{ Error (w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันจากน้ำกลั่น (g)}}{\text{น้ำหนักน้ำกลั่น (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ Fat corrected (w/w)} = \% \text{ Fat} - \% \text{ Error}$$

ก.3. วิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบตามวิธี AOAC (2005) section 32.1.15

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Hot air oven 105 °C (Memmert รุ่น W350, Germany)
2. เตาเผา (Muffle furnance, Fisher Scientific รุ่น SI-234, Germany)
3. บีกเกอร์ ขนาด 500 mL
4. ผ้าขาวบาง
5. แท่งแก้วที่มีปลายเป็นยาง
6. Erlenmeyer flask
7. กระดาษลิตมัส
8. จานกระเบื้องหรือจานอลูมิเนียม
9. เดซิเคเตอร์ (Desiccator)
10. ครูซิเบิลพร้อมฝา

สารเคมี

11. 1.25% (w/w) H_2SO_4
12. 5% (w/w) NaOH
13. 1% (w/w) HCl
14. 95% ethanol
15. น้ำกลั่นต้มเดือดประมาณ 2000-3000 ml.

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในบิกเกอร์ขนาด 500 ml บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2. เติม 1.25% H_2SO_4 จนถึงขีดบอกปริมาตร 200 ml
3. ต้มส่วนผสมจนเดือด แล้วต้มต่อด้วยไฟอ่อนอีก 20 นาที ระหว่างต้ม หากปริมาตรลดลงต่ำกว่าขีด 200 ml ให้เติมน้ำกลั่นต้มเดือดลงไปจนถึงขีด ระหว่างต้มคนด้วยแท่งแก้วที่มีปลายเป็นยาง เป็นระยะ ๆ
4. นำส่วนผสมมากรองผ่านผ้าขาวบางหลายๆชั้น บนกรวย Buchner ที่ต่อกับปั๊มลม
5. ล้างกากด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดหลายครั้ง จนน้ำล้างที่ผ่านออกมาไม่เป็นกรดอีกต่อไป (ทดสอบความเป็นกรดของน้ำล้างที่ผ่านออกมาด้วยกระดาษลิตมัส)

6. นำกากใส่กลับลงไปในบีกเกอร์ใบเดิม หากมีกากที่ติดอยู่ที่ผ้าขาวบาง ให้ชะออกด้วยน้ำกลั่นปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น
7. เติม 5% NaOH ปริมาตร 50 ml
8. เติมน้ำกลั่นต้มเดือดจนถึงขีดบอกปริมาตร 200 ml
9. ต้มส่วนผสมจนเดือด แล้วต้มด้วยไฟอ่อนอีก 20 นาที ระหว่างต้ม หากปริมาตรลดลงต่ำกว่าขีด 200 ml ให้เติมน้ำกลั่นต้มเดือดลงไปจนถึงขีด ระหว่างต้มคนด้วยแท่งแก้วที่มีปลายเป็นยาง เป็นระยะ ๆ
10. นำส่วนผสมมากรองผ่านผ้าขาวบางหลายๆชั้น บนกรวย Buchner ซึ่งวางบนฟลาสก์ที่ต่อกับปั๊มลม
11. ล้างกากมะพร้าวด้วยน้ำกลั่นต้มเดือดหลายครั้ง จากนั้นชะด้วย 1% HCl 1 ให้ทั่ว แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือด จนน้ำล้างที่ผ่านออกมาไม่เป็นกรด (ทดสอบความเป็นกรดของน้ำล้างที่ผ่านออกมาด้วยกระดาษลิตมัส)
12. ชะกากด้วย 95% ethanol
13. นำกากใส่ลงในจานกระเบื้องหรือจานอลูมิเนียม อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100-105 ℃ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
14. นำจานออกมาจากตู้อบ ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก (หักลบน้ำหนักของภาชนะแล้วให้น้ำหนักตัวอย่างขณะนี้เป็นน้ำหนัก A)
15. ชั่งกรูซิเบิลพร้อมฝาที่เผาและทิ้งให้เย็นแล้ว
16. นำกากออกมาใส่กรูซิเบิลพร้อมฝาที่เผาและทิ้งให้เย็นแล้ว นำไปเผาบนเตา (burner) จนเถ้าสีดำและหมดควัน (ทำในตู้ควัน)
17. นำไปเผาต่อในเตาเผา (furnace) ที่ 550 ℃ จนได้เถ้าสีขาวเทา
18. นำกรูซิเบิลออกมาจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก (หักลบน้ำหนักของภาชนะแล้วให้น้ำหนักตัวอย่างขณะนี้เป็นน้ำหนัก B)
19. นำน้ำหนัก B มาลบออกจากน้ำหนัก A น้ำหนักที่หายไปในระหว่างการเผาคือน้ำหนักของ crude fiber
20. รายงานปริมาณ crude fiber ในรูปน้ำหนัก crude fiber(กรัม) ต่อแป้งเมล็ดขนุน 5 กรัม

ก.4. วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามวิธี AOAC (2005) section 32.1.15

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เตาเผา (Muffle furnance, Fisher Scientific รุ่น SI-234, Germany)
2. เดซิเคเตอร์ (Desiccator)
3. ครูซิเบิลพร้อมฝา
4. Hot plate
5. ตู้ดูดควัน

วิธีการทดลอง

1. ชั่งกรูซิเบิลพร้อมฝาที่เผาและทิ้งให้เย็นแล้ว
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1.00 g ทราบน้ำหนักแน่นอน ใส่ในกรูซิเบิลพร้อมฝา
3. นำกรูซิเบิลที่บรรจุตัวอย่างไปเผาบนเตา (burner) จนได้เถ้าสีดำและหมดควัน (ทำในตู้ควัน)
4. นำไปเผาต่อในเตาเผา (furnace) ที่ 550 °C จนได้เถ้าสีขาวเทา
5. นำกรูซิเบิลออกมาจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
6. รายงานปริมาณเถ้าในรูปร้อยละโดยน้ำหนัก

$$\%\text{เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \boldsymbol{x}\ 100$$

ก.5. วิเคราะห์กำลังการพองตัวและการละลาย ดัดแปลงจาก Li และ Corke (1999)

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. หลอดเซนทริฟิว 12 หลอด
2. ช้อนตักสาร 4 ช้อน
3. บีกเกอร์ 250 ml. 2อัน
4. น้ำมันพืช ตรา องุ่น
5. Desiccator
6. ถาดอะลูมิเนียม 12 ถาด

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 0.3 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ลงในหลอดเซนทริฟิว แล้วเติมน้ำกลั่นประมาณ 15 ml
2. นำหลอดเซนทริฟิวแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 55°C, 65°C, 75°C, 85°C พร้อมกับการเขย่าในระดับคงที่ เป็นเวลา 30 นาที
3. นำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนทริฟิว ที่ความเร็ว 2000 xg ที่ 4°C เป็นเวลา 15 นาที
4. แยกส่วนใสใสในถาดอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C จนน้ำหนักคงที่
5. นำมาชังน้ำหนักและมาคำนวนเป็นร้อยละการละลาย
6. นำแป้งที่เหลือในหลอกเซนทริฟิวมาชั่งน้ำหนักและคำนวณเป็นร้อยละกำลังการพองตัว

$$\text{ร้อยละการละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งส่วนที่ละลายน้ำ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

$$\text{กำลังการพองตัว} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่พองตัวแล้ว} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง} \times (100 - \text{ร้อยละการละลาย})}$$

ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพของไอศกรีมกะทิ

ข.1.วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid) ดัดแปลงจาก AOAC (2012)

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ถาดอลูมิเนียม
2. Hot plate
3. เตาอบลมร้อน (hot air oven)
4. desiccator

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักถาดอลูมิเนียม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ทศนิยม 3 ตำแหน่ง)
2. ชั่งตัวอย่างอย่างไอศกรีมมิกซ์ประมาณ 3 กรัม (จดน้ำหนักที่แน่นอน) โดยใส่ตัวอย่างในถาดอลูมิเนียม และให้ความร้อนใน Hot plate ปรับอุณหภูมิ 105 ℃ เพื่อให้ตัวอย่างละเหยเป็นเวลา 30 นาที หรือจนกระทั่งแห้ง
3. นำถาดอลูมิเนียม ใส่ในตู้อบลมร้อนที่ 100 – 105 ℃ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เพื่อไล่ความชื้น
4. นำไปพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccator ประมาณ 30 นาที
5. เมื่อเย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
6. ใส่ในตู้อบลมร้อนอบต่ออีก 1 ชั่วโมง
7. นำไปพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccator ประมาณ 30 นาที
8. เมื่อเย็นแล้วนำไปชั่งน้ำหนักอย่างรวดเร็วเพื่อกันการดูดความชื้น
   ข้อ 6-8 จนกระทั้งน้ำหนักคงที่ (เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.002 g)

ข.2. วิเคราะห์ค่าความหนืด (Viscosity) ดัดแปลงจาก Chang et al. (1995)

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Viscometer ยี่ห้อ Fungilab รุ่น Premium series

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดเครื่อง
2. หน้า Main Menu เลือกหัวข้อ Measurement Menu

3. แก้ไขค่า SP (ชนิดของหัววัด) เลือกที่ R5 สำหรับไอศกรีมกะทิสูตรเติมเจลาติน หรือ R2 สำหรับไอศกรีมกะทิสูตรควบคุม และสูตรเติมแป้งเมล็ดขนุน
4. แก้ไขค่า rpm (ความเร็วรอบในการหมุนมอเตอร์) เลือกที่ 20.0 สำหรับไอศกรีมกะทิสูตรเติมเจลาติน หรือ 150.0 สำหรับไอศกรีมกะทิสูตรควบคุม และสูตรเติมแป้งเมล็ดขนุน
5. กดปุ่ม ON เพื่อเริ่มต้นวัดความหนืด
6. เมื่อเวลาผ่านไป 30 วินาที บันทึกค่าความหนืดที่ได้เป็น cP.s

ข.3. วิเคราะห์ค่าการละลาย (Meltdown) ดัดแปลงจาก Al-saleh et al. (2011)

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. กรวยแก้ว
2. กระบอกตวงขนาด 25 mL

วิธีการวิเคราะห์

1. บรรจุไอศกรีม ในถ้วยพลาสติกขนาด 2 ออนซ์ เก็บที่ -18 ºC 3 วัน
2. ตัดถ้วยพลาสติกออก วางไอศกรีมลงบนกรวยแก้วที่วางอยู่เหนือกระบอกตวงที่อุณหภูมิห้อง (~ 25 °C) พร้อมจับเวลาทันที
3. จับเวลาจนกระทั่งไอศกรีมละลายจนมีปริมาตร 5 mL
4. ค่าการละลายจะรายงานเป็น min/mL

ข.4. วิเคราะห์ค่า % Overrun ตามวิธีของ Marshall et al. (2003)

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ถ้วยพลาสติกขนาด 3 ออนซ์
2. เครื่องชั่ง (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)
3. ช้อน

วิธีการวิเคราะห์

1. บันทึกน้ำหนักถ้วยเปล่า 3 ใบ
2. เทไอศกรีมมิกซ์ที่บ่มแล้วเป็นเวลา 24 ชั่วโมงลงในถ้วยพลาสติกจนเต็มขอบถ้วย ปาดผิวหน้าของไอศกรีมมิกซ์ให้ผิวหน้าเรียบและมีระดับเท่ากับขอบถ้วย

3. บันทึกน้ำหนักของถ้วยที่บรรจุไอศกรีมมิกซ์ทุกใบ
4. เมื่อปั่นไอศกรีมได้แล้ว ให้บรรจุไอศกรีมลงในถ้วยดังกล่าวจนเต็มขอบถ้วย ปาดผิวหน้าของไอศกรีมให้ผิวหน้าเรียบและมีระดับเท่ากับขอบถ้วย
5. บันทึกน้ำหนักของถ้วยที่บรรจุไอศกรีมทุกใบ
6. หาน้ำหนัก ice cream mix ก่อนปั่น น้ำหนักของไอศกรีมหลังปั่น และ ค่า %Overrun ตามสมการ

น้ำหนัก ice cream mix ก่อนปั่น = น้ำหนักไอศกรีมมิกซ์รวมถ้วย – น้ำหนักถ้วย

น้ำหนักของไอศกรีมหลังปั่น = น้ำหนักไอศกรีมรวมถ้วย – น้ำหนักถ้วย

$$\text{Overrun \%} = \frac{\text{น้ำหนักของ ice cream mix ก่อนปั่น - น้ำหนักของไอศกรีมหลังปั่น}}{\text{น้ำหนักของไอศกรีมหลังปั่น}} \times 100$$

ข.5. วิเคราะห์เนื้อสัมผัส/ความแข็ง ตามวิธีของ Ismail Al-Saleh et al. (2013)

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Texture analyzer ยี่ห้อ Stable microsystems รุ่น TA-XT2i

วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้หัววัดขนิด Cylinder probe 0.5 stainless (P/5)
2. ตั้งค่าการดังนี้

   Pre – Test Speed: 3.0 mm/sec

   Test Speed: 3.3 mm/sec

   Post – Test Speed: 3.0 mm/sec

   Target Mode: Distance

   Distance: 15 mm

   Trigger Type: 0 = Auto (Force)

   Trigger Force: 5 g
3. บันทึกผลค่าความแข็ง (Hardness) เป็นหน่วย kg-force

ข.6. วิเคราะห์สีในระบบ CIE (L* a* b*)

วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Chromameter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-400

วิธีการวิเคราะห์

1. เสียบ AC Adapter เข้ากับ DP-400
2. ต่อ DP-400 เข้ากับหัววัด CR-400 ด้วยสาย RS-232C
3. เสียบปลั๊กเปิดเครื่องโดยเลื่อน Switch Power ไปที่ On ของทั้งตัวเครื่องและหัววัด
4. ทำการ Calibration เครื่องกับแผ่น White Plate ก่อนการใช้งาน
5. นำหัววัดวางบนตัวอย่างที่ต้องการวัดแล้วกดวัด 1 ครั้ง
6. บันทึกค่าที่ได้ (L* a* b*)
7. เลือกพื้นผิวของตัวอย่าง 5 พื้นที่เพื่อทำการวัดโดยไม่ซ้ำกัน
8. นำค่าที่ได้ทั้งหมด 5 ค่า หาค่าเฉลี่ย

ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (7 Point Hedonic scale ,Line scale)

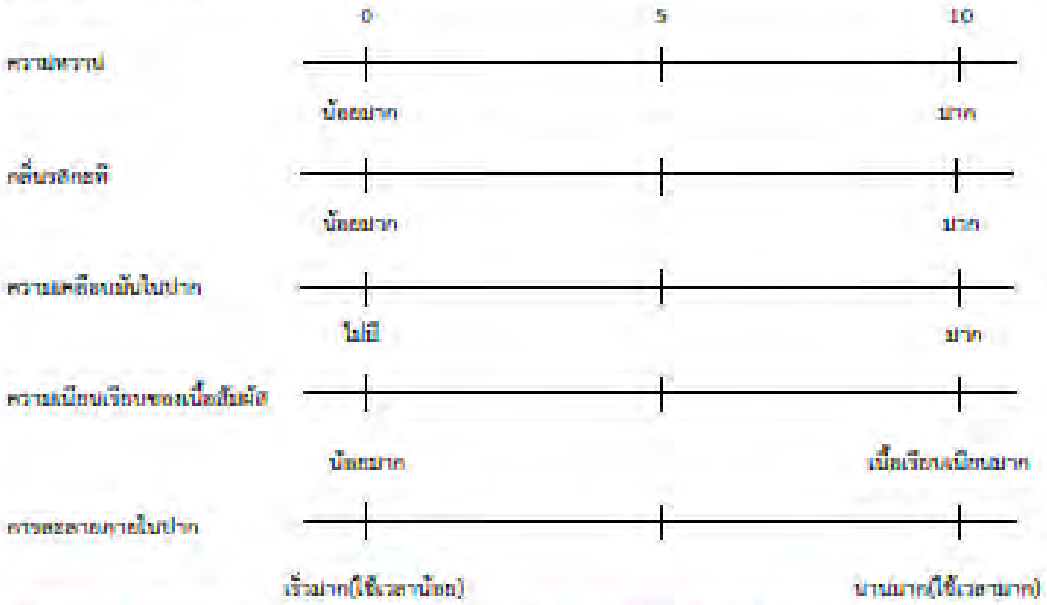
วันที่..... ผลิตภัณฑ์ : ไอศกรีมกะทิ

เลขประจำตัวผู้ทดสอบ..... รหัสตัวอย่าง.....

คำแนะนำ : ให้ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่าง และให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มจากตักรับประทานไอศกรีม และให้คะแนนความชอบของกลิ่นภายในปาก จากนั้นให้คะแนนความชอบในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมตามลำดับโดยใส่เครื่องหมาย ☑ ตามความรู้สึกของท่าน

คุณลักษณะ	ระดับความพึงพอใจ						
	1=ไม่ชอบมาก	2=ไม่ชอบปานกลาง	3=ไม่ชอบเล็กน้อย	4=เฉยๆ	5=ชอบเล็กน้อย	6=ชอบปานกลาง	7=ชอบมาก
กลิ่น							
รสชาติ							
เนื้อสัมผัส							
ความชอบโดยรวม							

คำแนะนำ : ให้ผู้ทดสอบประเมินความเข้มลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิ โดยการขีดระดับคะแนนในสเกลตามความรู้สึกของท่าน



*การทดสอบนี้ท่านอาจรู้สึกเย็น ขอให้รับประทานการทดสอบต่างกันไปต่ำกว่า 1 นาที (แล้วเรียกผู้ดูแลการทดสอบเพื่อรอทดสอบตัวอย่างต่อไป)

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ส่วนที่1 : ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งเมล็ดขนุน

ตาราง ง.1 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า ปริมาณน้ำอิสระของแป้งเมล็ดขนุน

		Subset for alpha = 0.05		
trt	N	1	2	3
2m	3	.2433		
begin	3		.2567	
1m	3			.3170
Sig.		1.000	1.000	1.000

ตาราง ง.2 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าปริมาณความชื้น (%) ของแป้งเมล็ดขนุน

		Subset for alpha = 0.05		
trt	N	1	2	3
begin	3	4.6103		
2m	3		5.6700	
1m	3			6.0667
Sig.		1.000	1.000	1.000

ตาราง ง.3 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า L* ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05
		1
begin	5	91.3100
2m	5	91.5960
1m	5	91.6000
Sig.		.592

ตาราง ง.4 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า a* ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
begin	5	-.6640	
2m	5		5.3260
1m	5		5.4140
Sig.		1.000	.350

ตาราง ง.5 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า b* ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
begin	5	3.6040	
2m	5	4.8660	
1m	5		10.0940
Sig.		.244	1.000

ตาราง ง.6 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าร้อยละการละลาย (solubility) ที่ 55 °C ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1m	3	16.7733
2m	3	18.2100
begin	3	20.0833
Sig.		.203

ตาราง ง.7 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าร้อยละการละลาย (solubility) ที่ 65 °C ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1m	3	20.8667
begin	3	20.9133
2m	3	21.9000
Sig.		.061

ตาราง ง.8 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าร้อยละการละลาย (solubility) ที่ 75 °C ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2m	3	22.6433
1m	3	24.2433
begin	3	24.9367
Sig.		.078

ตาราง ง.9 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าร้อยละการละลาย (solubility) ที่ 85 °C ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2m	3	22.6967
1m	3	23.3700
begin	3	24.8900
Sig.		.106

ตาราง ง.10 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่ากำลังการพองตัว ที่ 55 °C ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05
		1
begin	3	6.1267
2m	3	6.4833
1m	3	6.6700
Sig.		.141

ตาราง ง.11 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่ากำลังการพองตัว ที่ 65 °C ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2m	3	7.6767
1m	3	7.7067
begin	3	7.7467
Sig.		.470

ตาราง ง.12 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่ากำลังการพองตัว ที่ 75 °C ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05
		1
2m	3	7.5933
1m	3	7.8100
begin	3	8.3233
Sig.		.222

ตาราง ง.13 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่ากำลังการพองตัว ที่ 85 °C ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05
		1
begin	3	10.5867
1m	3	11.7567
2m	3	12.0533
Sig.		.095

ตาราง ง.14 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Peak viscosity ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
begin	3	576.3333	
2m	3		789.3333
1m	3		794.3333
Sig.		1.000	.838

ตาราง ง.15 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Trough1 ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
begin	3	408.6667	
2m	3		558.0000
1m	3		567.6667
Sig.		1.000	.503

ตาราง ง.16 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Breakdown ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
begin	3	167.6667	
1m	3		226.6667
2m	3		231.3333
Sig.		1.000	.694

ตาราง ง.17 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Final viscosity ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
begin	3	545.6667	
2m	3		730.0000
1m	3		744.3333
Sig.		1.000	.461

ตาราง ง.18 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Setback ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
begin	3	137.0000	
2m	3		172.0000
1m	3		176.6667
Sig.		1.000	.405

ตาราง ง.19 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Peak time ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05
		1
begin	3	5.1533
1m	3	5.2433
2m	3	5.2467
Sig.		.154

ตาราง ง.20 : การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่า Pasting temperature ของแป้งเมล็ดขนุน

trt	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2m	3	80.7833		
1m	3		90.5167	
begin	3			92.5167
Sig.		1.000	1.000	1.000

ส่วนที่ 2 : การศึกษาผลของปริมาณไขมันและชนิดสารให้ความคงตัวของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

ตารางที่ ง.21 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชอบด้านกลิ่นของไอศกรีม

SV	Df	SS	MS	F
Trt	4	78.553	19.638	16.136
FAT	1	44.735	44.735	36.758
STABILIZER	1	14.235	14.235	11.697
F*S	1	0.471	0.471	0.387
Block (people)	33	84	2.545	2.092
Error	132	160.647	1.217	-
Total	169	323.2	-	-

ตารางที่ ง.22 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชอบด้านรสชาติของไอศกรีม

SV	Df	SS	MS	F
Trt	4	83.624	20.906	14.870
FAT	1	53.125	53.125	37.784
STABILIZER	1	10.066	10.066	7.159
F*S	1	1.654	1.654	1.176
Block (people)	33	68.424	2.073	1.475
Error	132	185.576	1.406	-
Total	169	337.624	-	-

ตารางที่ ง.23 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชอบด้านเนื้อสัมผัสของไอศกรีม

SV	Df	SS	MS	F
Trt	4	208.671	52.168	47.253
FAT	1	64.971	64.971	58.850
STABILIZER	1	105.882	105.882	95.908
F*S	1	10.618	10.618	9.618
Block (people)	33	103.624	3.140	2.844
Error	132	145.729	1.104	
Total	169	458.024		

ตารางที่ ง.24 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความชอบโดยรวมของไอศกรีม

SV	Df	SS	MS	F
Trt	4	111.529	27.882	27.452
FAT	1	55.654	55.654	54.778
STABILIZER	1	31.066	31.066	30.577
F*S	1	5.360	5.360	5.276
Block (people)	33	59.812	1.812	1.784
Error	132	134.071	1.016	
Total	169	305.412		

ตารางที่ ง.25 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความหวานของไอศกรีม

SV	Df	SS	MS	F
Trt	4	159.264	39.816	18.075
FAT	1	16.871	16.871	7.658
STABILIZER	1	0.906	0.906	0.411
F*S	1	16.871	16.871	7.658
Block (people)	33	331.864	10.056	4.565
Error	132	290.776	2.203	
Total	169	781.904		

ตารางที่ ง.26 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มกลิ่นรสกะทิของไอศกรีม

SV	Df	SS	MS	F
Trt	4	262.791	65.698	19.715
FAT	1	172.350	172.350	51.726
STABILIZER	1	7.353E-5	7.353E-5	$2.207*10^{-5}$
F*S	1	11.357	11.357	3.408
Block (people)	33	310.686	9.415	2.825
Error	132	439.881	3.332	
Total	169	1013.358		

ตารางที่ ง.27 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเคลือบมันในปากของไอศกรีม

SV	Df	SS	MS	F
Trt	4	256.379	64.095	21.364
FAT	1	86.242	86.242	28.747
STABILIZER	1	41.250	41.250	13.75
F*S	1	35.721	35.721	11.907
Block (people)	33	375.793	11.388	3.796
Error	132	396.017	3	
Total	169	1028.189		

ตารางที่ ง.28 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเนียนเรียบของเนื้อไอศกรีม

SV	Df	SS	MS	F
Trt	4	576.313	144.078	37.536
FAT	1	179.171	179.171	46.683
STABILIZER	1	284.492	284.492	74.125
F*S	1	27.450	27.450	7.152
Block (people)	33	324.114	9.822	2.559
Error	132	506.667	3.838	
Total	169	1407.094		

ตารางที่ ง.29 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อการละลายในปากของไอศกรีม

SV	Df	SS	MS	F
Trt	4	138.304	34.576	8.4
FAT	1	42.919	42.919	10.427
STABILIZER	1	85.447	85.447	20.760
F*S	1	7.814	7.814	1.898
Block (people)	33	295.412	8.952	2.175
Error	132	543.336	4.116	
Total	169	977.052		

ตารางที่ ง.30 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าViscosity (ความหนืด)

SV	SS	df	MS	F
Trt	5.41E+08	6	90179833	81.325
FAT	47414453	2	23707227	21.3793613
STABILIZER	3.91E+08	1	3.91E+08	353.044947
F*S	46233537	2	23116768	20.8468814
Error	15524373	14	1108884	
Total	5.57E+08	20		

ตารางที่ ง.31 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า%T

SV	SS	df	MS	F
Trt	968.193	6	161.366	26.487
FAT	924.856	2	462.428	75.9074196
STABILIZER	32.536	1	32.536	5.34077479
F*S	10.487	2	5.243	0.8606369
Error	85.29	14	6.092	
Total	1053.484	20		

ตารางที่ ง.32 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าpH

SV	SS	df	MS	F
Trt	1.565	6	0.261	782.6
FAT	0.065	2	0.033	92.41
STABILIZER	0.128	1	0.128	358.44
F*S	0.026	2	0.013	36.40
Error	0.005	14	3.571E-04	
Total	1.57	20		

ตารางที่ ง.33 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า %Overrun

SV	SS	df	MS	F
Trt	263.846	6	43.974	11.942
FAT	40.579	2	20.29	5.51059207
STABILIZER	21.364	1	21.364	5.80228137
F*S	188.029	2	94.015	25.5336773
Error	51.552	14	3.682	
Total	315.398	20		

ตารางที่ ง.34 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าการละลาย

SV	SS	df	MS	F
Trt	349.406	6	58.234	25.701
FAT	27.368	2	13.684	6.03883495
STABILIZER	132.954	1	132.954	58.6734334
F*S	50.253	2	25.126	11.0882613
Error	31.722	14	2.266	
Total	381.127	20		

ตารางที่ ง.35 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความแข็ง (Hardness)

SV	SS	df	MS	F
Trt	5146.789	6	857.798	23.983
FAT	870.974	2	435.487	12.1760051
STABILIZER	3331.048	1	3331.048	93.1344853
F*S	929.089	2	464.545	12.9884527
Error	500.728	14	35.766	
Total	5647.516	20		

ตารางที่ ง.36 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า L*

SV	SS	df	MS	F
Trt	47.429	6	7.905	5.199
FAT	10.638	2	5.319	3.49934211
STABILIZER	7.833	1	7.833	5.15328947
F*S	13.942	2	6.971	4.58618421
Error	21.285	14	1.52	
Total	68.714	20		

ตารางที่ ง.37 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า a*

SV	SS	df	MS	F
Trt	2.697	6	0.45	4.109
FAT	1.127	2	0.564	5.17431193
STABILIZER	0.254	1	0.254	2.33027523
F*S	1.139	2	0.569	5.22018349
Error	1.531	14	0.109	
Total	4.229	20		

ตารางที่ ง.38 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า b*

SV	SS	df	MS	F
Trt	16.602	6	2.767	50.793
FAT	3.313	2	1.657	30.6851852
STABILIZER	6.909	1	6.909	127.944444
F*S	6.054	2	3.027	56.0555556
Error	0.763	14	0.054	
Total	17.364	20		

ตารางที่ ง.39 : ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของ2ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าของแข็งทั้งหมด (Total solid)

SV	SS	df	MS	F
Trt	2.697	6	0.45	4.109
FAT	1.127	2	0.564	5.17431193
STABILIZER	0.254	1	0.254	2.33027523
F*S	1.139	2	0.569	5.22018349
Error	1.531	14	0.109	
Total	4.229	20		

ส่วนที่ 3 : การศึกษาผลของปริมาณแป้งเมล็ดขนุนทีมีต่อคุณภาพของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

ตารางที่ ง.40 : ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความชอบด้านกลิ่น ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: smell

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	76.118[a]	36	2.114	1.645	.028
Intercept	2927.654	1	2927.654	2278.099	.000
people	63.096	33	1.912	1.488	.069
%Flour	13.022	3	4.341	3.378	.021
Error	127.228	99	1.285		
Total	3131.000	136			
Corrected Total	203.346	135			

ตารางที่ ง.40.1 : ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าความชอบด้านกลิ่น ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

%Flour	N	Subset 1	Subset 2
22.00	34	4.1471	
12.00	34	4.6765	4.6765
17.00	34		4.7353
7.00	34		5.0000
Sig.		.057	.272

ตารางที่ ง.41 : ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความชอบด้านรสชาติ ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: taste

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	82.118[a]	36	2.281	1.602	.036
Intercept	3173.890	1	3173.890	2228.592	.000
people	55.860	33	1.693	1.189	.254
%Flour	26.257	3	8.752	6.146	.001
Error	140.993	99	1.424		
Total	3397.000	136			
Corrected Total	223.110	135			

ตารางที่ ง.41.1 : ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าความชอบด้านรสชาติ ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

%Flour	N	Subset 1	Subset 2
22.00	34	4.0882	
17.00	34		5.0000
12.00	34		5.0000
7.00	34		5.2353
Sig.		1.000	.449

ตารางที่ ง.42 : ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความชอบด้านเนื้อสัมผัสของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: texture

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	94.559[a]	36	2.627	1.307	.151
Intercept	2682.471	1	2682.471	1334.693	.000
people	80.029	33	2.425	1.207	.237
%Flour	14.529	3	4.843	2.410	.072
Error	198.971	99	2.010		
Total	2976.000	136			
Corrected Total	293.529	135			

ตารางที่ ง.42.1 : ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าความชอบด้านเนื้อสัมผัสของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

%Flour	N	Subset	
		1	2
22.00	34	3.9706	
12.00	34	4.3824	4.3824
7.00	34	4.5294	4.5294
17.00	34		4.8824
Sig.		.128	.174

ตารางที่ ง.43 : ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลค่าความชอบโดยรวมของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: overall

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	75.176[a]	36	2.088	1.597	.036
Intercept	3002.360	1	3002.360	2295.892	.000
people	55.390	33	1.678	1.284	.174
%Flour	19.787	3	6.596	5.044	.003
Error	129.463	99	1.308		
Total	3207.000	136			
Corrected Total	204.640	135			

ตารางที่ ง.43.1 : ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลค่าความชอบโดยรวมของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

%Flour	N	Subset 1	Subset 2
22.00	34	4.0588	
17.00	34		4.7941
12.00	34		4.8824
7.00	34		5.0588
Sig.		1.000	.373

ตารางที่ ง.44 : ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความเข้มความหวาน ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: sweet

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	193.574[a]	36	5.377	4.101	.000
Intercept	2976.106	1	2976.106	2269.922	.000
people	183.899	33	5.573	4.250	.000
%Flour	9.676	3	3.225	2.460	.067
Error	129.799	99	1.311		
Total	3299.480	136			
Corrected Total	323.374	135			

ตารางที่ ง.44.1 : ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลความเข้มความหวาน ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

%Flour	N	Subset	
		1	2
12.00	34	4.3000	
7.00	34	4.6559	4.6559
22.00	34	4.7029	4.7029
17.00	34		5.0529
Sig.		.175	.181

ตารางที่ ง.45 : ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความเข้มกลิ่นรสกะทิ ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: coconut smell

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	233.809[a]	36	6.495	3.037	.000
Intercept	3509.874	1	3509.874	1641.466	.000
people	206.509	33	6.258	2.927	.000
%Flour	27.300	3	9.100	4.256	.007
Error	211.687	99	2.138		
Total	3955.370	136			
Corrected Total	445.496	135			

ตารางที่ ง.45.1 : ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลความเข้มกลิ่นรสกะทิ ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

%Flour	N	Subset 1	Subset 2
12.00	34	4.3735	
22.00	34		5.1500
17.00	34		5.1794
7.00	34		5.6176
Sig.		1.000	.218

ตารางที่ ง.46 : ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความเคลือบมันในปาก ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: mouthfeel

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	334.484[a]	36	9.291	2.303	.001
Intercept	2953.694	1	2953.694	732.280	.000
people	266.266	33	8.069	2.000	.005
%Flour	68.218	3	22.739	5.638	.001
Error	399.322	99	4.034		
Total	3687.500	136			
Corrected Total	733.806	135			

ตารางที่ ง.46.1 : ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลความเคลือบมันในปาก ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

%Flour	N	Subset 1	Subset 2
12.00	34	3.5529	
7.00	34		4.5941
17.00	34		5.0382
22.00	34		5.4559
Sig.		1.000	.097

ตารางที่ ง.47 : ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความเนียนเรียบของเนื้อไอศกรีม ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: smooth

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	249.429[a]	36	6.929	1.528	.052
Intercept	3026.842	1	3026.842	667.553	.000
people	214.173	33	6.490	1.431	.090
%Flour	35.256	3	11.752	2.592	.057
Error	448.889	99	4.534		
Total	3725.160	136			
Corrected Total	698.318	135			

ตารางที่ ง.47.1 : ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลความเนียนเรียบ ของเนื้อไอศกรีมของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

%Flour	N	Subset	
		1	2
12.00	34	4.2059	
22.00	34	4.4912	4.4912
7.00	34	4.6118	4.6118
17.00	34		5.5618
Sig.		.464	.052

ตารางที่ ง.48 : ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการละลายภายในปาก ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: melting time

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	229.681[a]	36	6.380	1.756	.015
Intercept	2511.201	1	2511.201	691.046	.000
people	205.009	33	6.212	1.710	.023
%Flour	24.672	3	8.224	2.263	.086
Error	359.758	99	3.634		
Total	3100.640	136			
Corrected Total	589.439	135			

ตารางที่ ง.48.1 : ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan ของข้อมูลการละลายภายในปาก ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

%Flour	N	Subset	
		1	2
7.00	34	3.7971	
12.00	34	4.0000	4.0000
22.00	34	4.5088	4.5088
17.00	34		4.8824
Sig.		.150	.074

ภาคผนวก จ ผลวิเคราะห์สมบัติด้านต่าง ๆ ของแป้งเมล็ดขนุนและไอศกรีมกะทิ

ส่วนที่1 : ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งเมล็ดขนุน

ตาราง จ.1 : ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีกายภาพของแป้งเมล็ดขนุนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ

สมบัติของแป้ง	ระยะเวลาการเก็บ		
	0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ค่าสี			
- L*^{ns}	91.14±1.22	92.08±0.36	91.59±0.11
- a*^{ns}	5.37±0.12	5.30±0.91	5.40±0.03
- b*^{ns}	4.29±1.88	2.99±0.72	3.96±0.12
ปริมาณน้ำอิสระ	0.243±0.005^{c}	0.257±0.004^{b}	0.317±0.009^{a}
ปริมาณความชื้น (%)	4.61±0.013^{c}	5.67±0.135^{b}	6.07±0.091^{a}
ร้อยละการละลาย (solubility)			
- 55°C ^{ns}	20.08±0.27	16.77±0.11	18.21±2.23
- 65°C ^{ns}	20.91±4.19	20.87±0.32	21.90±0.81
- 75°C ^{ns}	24.89±0.95	24.24±0.94	22.64±1.77
- 85°C ^{ns}	24.94±1.19	23.37±0.98	22.70±1.79
กำลังการพองตัว (%)			
- 55°C ^{ns}	6.13±0.48	6.67±0.21	6.48±0.40
- 65°C ^{ns}	7.75±0.09	7.71±0.08	7.68±0.14
- 75°C ^{ns}	8.32±0.92	7.81±0.18	7.59±0.58
- 85°C ^{ns}	10.59±0.79	11.76±0.94	12.05±0.90

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ

a,b,... หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง จ.2 : ผลการวิเคราะห์ Rapid Visco Analyzer ของแป้งเมล็ดขนุนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บ

สมบัติของแป้ง	ระยะเวลาการเก็บ		
	0 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
Peak viscosity	576.33±10.97^{b}	794.33±40.86^{a}	789.33±25.89^{a}
Trough1	408.67±10.21^{b}	567.67±18.77^{a}	558.00±19.31^{a}
Breakdown	167.67±1.15^{b}	226.67±22.81^{a}	231.33±7.37^{a}
Final viscosity	545.67±10.41^{b}	744.33±27.74^{a}	730.00±24.76^{a}
Setback	137.00±1.00^{b}	176.67±9.07^{a}	172.00±6.25^{a}
Peak time^{ns}	5.15±0.04	5.24±0.10	5.25±0.04
Pasting temperature	92.52±0.51^{a}	90.52±0.77^{b}	80.78±0.80^{c}

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ

a,b,... หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ส่วนที่ 2 : การศึกษาผลของปริมาณไขมันและชนิดสารให้ความคงตัวของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

ตาราง จ.3 : ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมมิกซ์

สูตร	pH	Total soluble solid	%Torque (N.m)
13% + gelatin	6.29±0.04^{f}	33.06±1.69^{ab}	27.13±5.30^{b}
9% + gelatin	6.43±0.01^{e}	26.66±1.93^{c}	16.32±1.99^{cd}
5% + gelatin	6.47±0.01^{d}	20.50±2.66^{d}	11.47±0.96^{e}
Control (13%)	7.21±0.02^{a}	35.59 ±0.49^{a}	20.00±0.50^{c}
13% + แป้งเมล็ดขนุน	6.54±0.01^{c}	32.52±1.52^{b}	31.85±2.60^{a}
9% + แป้งเมล็ดขนุน	6.50±0.01^{d}	26.85±0.73^{c}	17.35 ±1.21^{cd}
5% + แป้งเมล็ดขนุน	6.66±0.03^{b}	22.86±0.56^{d}	13.781.11^{de}

a,b,... หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง จ.4 : ผลการวิเคราะห์ความหนืดไอศกรีมมิกซ์

สูตร	ค่าความหนืด* (cP.s)
13% + gelatin	13592.21±2641.96^{A}
9% + gelatin	8802.98±742.76^{B}
5% + gelatin	5755.22±480.07^{C}
Control (13%)	55.48±0.55^{b}
13% + แป้งเมล็ดขนุน	84.98±6.90^{a}
9% + แป้งเมล็ดขนุน	46.98±2.02^{c}
5% + แป้งเมล็ดขนุน	36.82±2.97^{d}

A,B,... หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

a,b,... หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* หมายเหตุ

- ไอศกรีมกะทิสูตรเติมเจลาติน วัดด้วยหัววัดชนิด R5 ความเร็วรอบ 20 rpm
- ไอศกรีมกะทิสูตร control และ สูตรเติมแป้งเมล็ดขนุน วัดด้วยหัววัดชนิด R2 ความเร็วรอบ 150 rpm

ตาราง จ.5 : ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของไอศกรีม

สูตร	%Overrun	การละลาย (melting) (min/ml)	Hardness (kg-force)
Control (13%)	24.34±3.10^{e}	2.69±0.59^{c}	24.78±1.82^{b}
13% + gelatin	34.25±1.91^{a}	12.38±0.70^{a}	8.35±7.90^{c}
9% + gelatin	30.23±1.00^{b}	6.73±1.77^{b}	9.32±0.94^{c}
5% + gelatin	28.08±1.81^{c}	5.82±1.20^{b}	8.46±3.05^{c}
13% + แป้งเมล็ดขนุน	24.44±2.28^{e}	2.24±0.09^{c}	55.85±10.95^{a}
9% + แป้งเมล็ดขนุน	25.41±0.86^{de}	3.26±0.36^{c}	27.28±6.62^{b}
5% + แป้งเมล็ดขนุน	26.12±1.53^{d}	3.13±0.22^{c}	24.62±3.28^{b}

a,b,... หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง จ.6 : ผลการวิเคราะห์ค่าสีของไอศกรีม

สูตร	L*	a*	b*
Control (13%)	89.99±0.93^{a}	-0.52±0.56^{bc}	3.73±0.14^{c}
13% + gelatin	86.29±0.55^{c}	-0.96±0.09^{bc}	5.67±0.29^{a}
9% + gelatin	88.76±1.13^{ab}	-1.02±0.10^{c}	5.05±0.37^{b}
5% + gelatin	85.69±2.49^{c}	0.08±0.34^{a}	3.38±0.30^{cd}
13% + แป้งเมล็ดขนุน	89.60±0.44^{ab}	-0.43±0.02^{abc}	3.03±0.17^{d}
9% + แป้งเมล็ดขนุน	87.78±1.35^{abc}	-0.37±0.58^{ab}	3.78±0.08^{c}
5% + แป้งเมล็ดขนุน	87.32±0.15^{bc}	-0.40±0.36^{abc}	3.57±0.13^{c}

a,b,... หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง จ.7 : ผลการทดสอบการยอมรับประสาทสัมผัส (ความชอบด้านต่างๆ)

ความชอบ / สูตร	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
Control (13%)	5.47±0.96[a]	5.61±0.92[a]	5.65±1.35[b]	5.62±0.74[a]
9% + gelatin	5.59±0.99[a]	5.79±0.98[a]	6.50±0.90[a]	6.09±0.83[a]
5%+ gelatin	4.32±1.27[b]	4.32±1.15[c]	4.56±1.28[c]	4.41±1.10[b]
9% + แป้งเมล็ดขนุน	4.82±1.59[b]	5.03±1.57[b]	4.18±1.42[c]	4.73±1.44[b]
5% + แป้งเมล็ดขนุน	3.79±1.17[c]	4.00±1.46[c]	3.35±1.12[d]	3.85±1.16[c]

a,b,... หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง จ.8 : ผลการทดสอบการยอมรับประสาทสัมผัส (ความเข้มของลักษณะด้านต่างๆ)

ความเข้ม / สูตร	ความหวาน	กลิ่นรสกะทิ	เคลือบมันในปาก	ความเนียนเรียบของเนื้อไอศกรีม	การละลายภายในปาก
Control (13%)	6.79±1.53[a]	7.07±1.66[a]	6.76±1.94[a]	7.28±2.21[b]	4.89±1.93[b]
9% + gelatin	5.27±1.68[b]	6.78±1.95[a]	6.77±2.17[a]	8.55±1.81[a]	6.21±2.31[a]
5%+ gelatin	3.86±1.90[c]	3.95±1.98[b]	4.15±2.21[b]	5.36±2.49[c]	4.60±2.15[b]
9% + แป้งเมล็ดขนุน	4.73±1.92[b]	6.20±2.55[a]	4.64±2.18[b]	4.76±2.29[c]	4.14±2.16[bc]
5% + แป้งเมล็ดขนุน	4.73±2.54[b]	4.53±2.40[b]	4.07±2.30[b]	3.36±2.36[d]	3.50±2.67[c]

a,b,... หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ส่วนที่ 3 : การศึกษาผลของปริมาณแป้งเมล็ดขนุนที่มีต่อคุณภาพของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

ตาราง จ.9 : ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และ ทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์ไขมัน 9%

สูตร	ค่าความหนืด(cP.s)	pH	Total soluble solid	% Torque (N.m)
แป้งเมล็ดขนุน 0.7%	46.98±2.02^{b}	6.50±0.01^{a}	26.85±0.73^{b}	17.35 ±1.21^{b}
แป้งเมล็ดขนุน 1.2%	73.22±12.35^{b}	6.18±0.04^{b}	27.88±0.97^{ab}	27.42±4.62^{b}
แป้งเมล็ดขนุน 1.7%	101.72±26.49^{ab}	6.19±0.02^{b}	28.24±1.67^{ab}	38.13±9.91^{ab}
แป้งเมล็ดขนุน 2.2%	142.90±61.70^{a}	6.22±0.03^{b}	29.16±0.81^{a}	53.62±23.26^{a}

a,b,... หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง จ.10 : ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของไอศกรีมไขมัน 9%

สูตร	%Overrun	การละลาย (melting) (min/ml)^{ns}	Hardness (kg-force)
แป้งเมล็ดขนุน 0.7%	25.41±0.86^{a}	3.26±0.36	27.28±6.62^{a}
แป้งเมล็ดขนุน 1.2%	18.58±4.60^{b}	2.94±0.21	29.56±0.84^{a}
แป้งเมล็ดขนุน 1.7%	15.26±0.75^{bc}	3.63±1.25	32.28±1.56^{a}
แป้งเมล็ดขนุน 2.2%	13.02±1.00^{c}	4.05±0.37	33.39±0.93^{a}

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ

a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง จ.11 : ผลการวิเคราะห์ค่าสีของไอศกรีมกะทิไขมัน 9% แต่ละสูตร

สูตร	L*	a*^{ns}	b*
แป้งเมล็ดขนุน 0.7%	87.78±1.35^{a}	-0.37±0.58	3.78±0.08^{b}
แป้งเมล็ดขนุน 1.2%	86.29±0.55^{ab}	-0.96±0.09	5.67±0.29^{b}
แป้งเมล็ดขนุน 1.7%	86.38±0.28^{ab}	-0.67±0.05	4.62±0.12^{a}
แป้งเมล็ดขนุน 2.2%	85.55±0.51^{b}	-0.52±0.14	4.86±0.44^{a}

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ

a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง จ.12 : ผลการทดสอบการยอมรับประสาทสัมผัส (ความชอบด้านต่าง ๆ) ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9%

ความชอบ / สูตร	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
แป้งเมล็ดขนุน 0.7%	5.00±1.07^{a}	5.24±1.13^{a}	4.53±1.38^{ab}	5.05±0.95^{a}
แป้งเมล็ดขนุน 1.2%	4.68±0.91^{ab}	5.00±0.89^{a}	4.38±1.37^{ab}	4.88±0.91^{a}
แป้งเมล็ดขนุน 1.7%	4.74±1.24^{a}	5.00±1.44^{a}	4.88±1.61^{a}	4.79±1.39^{a}
แป้งเมล็ดขนุน 2.2%	4.15±1.50^{b}	4.09±1.36^{b}	3.97±1.45^{b}	4.06±1.39^{b}

a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง จ.13 : ผลการทดสอบการยอมรับประสาทสัมผัส (ความเข้มของลักษณะด้านต่าง ๆ) ของไอศกรีมกะทิไขมัน 9%

ความเข้ม / สูตร	ความหวาน	กลิ่นรสกะทิ^{ns}	เคลือบมันในปาก^{ns}	ความเนียนเรียบของเนื้อไอศกรีม	การละลายภายในปาก
แป้งเมล็ดขนุน 0.7%	5.05±1.53^{a}	5.62±1.73	4.59±2.18	4.61±2.00^{ab}	3.80±2.04^{b}
แป้งเมล็ดขนุน 1.2%	4.66±1.30^{ab}	5.05±1.30	4.56±1.36	4.21±2.28^{b}	4.00±2.40^{ab}
แป้งเมล็ดขนุน 1.7%	4.70±1.72^{ab}	5.18±1.75	5.04±2.52	5.56±2.26^{a}	4.88±2.18^{a}
แป้งเมล็ดขนุน 2.2%	4.30±1.59^{b}	5.15±1.86	5.46±2.24	4.49±2.40^{ab}	4.51±1.56^{ab}

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญ

a,b,.. หมายถึง ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวธมนวรรณ ทองทวี

ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่สำเร็จการศึกษา 2561

ผลงานและรางวัลทางวิชาการ

- ฝ่ายประชาสัมพันธ์ งานจุฬาฯ Expo 2017 ปีการศึกษา 2559
- เข้าร่วมการแข่งขันการประกวดผลิตภัณฑ์ งานกีฬาเปิดกระป๋อง ครั้งที่ 26 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน ปีการศึกษา2561

โทรศัพท์ 083-077-3050

Email kpkpoon@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวธัญนันท์ วชิรปรีชาพงษ์
ตำแหน่ง ผู้ร่วมวิจัย
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา 2561
ผลงานและรางวัลทางวิชาการ

- ฝ่ายประชาสัมพันธ์ งานจุฬาฯ Expo 2017 ปีการศึกษา 2559
- เข้าร่วมการแข่งขันการประกวดผลิตภัณฑ์ งานกีฬาเปิดกระป๋อง ครั้งที่ 26 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน ปีการศึกษา2561

โทรศัพท์ 089-146-5557
Email thanyanan.w@hotmail.com