ความสามารถของเจลโลสในการเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้จากมะขามหวาน

THE EFFICACY OF JELLOSE AS STABILIZER IN GELATO ICE CREAM FROM SWEET TAMARIND

ธนัชพร ใจภักดี
ปิยดา ปาเลย์
สุธาสินี ยอดอุดม

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความสามารถของเจลโลสในการเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้จากมะขามหวาน

THE EFFICACY OF JELLOSE AS STABILIZER IN GELATO ICE CREAM FROM SWEET TAMARIND

T148882

ธนัชพร ใจภักดี

ปิยดา ปาเลย์

สุธาสินี ยอดอุดม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระบบ.....
เลขทะเบียน 148882
วัน.เดือน.ปี 30 พ.ย. 2560

b.12876744
i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ความสามารถของเจลโลสในการเป็นสารให้ความคงตัวใน ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้จากมะขามหวาน

THE EFFICACY OF JELLOSE AS STABILIZER IN GELATO ICE CREAM FROM SWEET TAMARIND

จัดทำโดย

ธนัชพร	ใจภักดี	รหัสนักศึกษา	55080023
ปิยดา	ปาเลย์	รหัสนักศึกษา	55080036
สุธาสินี	ยอดอุดม	รหัสนักศึกษา	55080062

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

(รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา)
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

3 / มี.ค. / ๒๕๕๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	ความสามารถของเจลโลสในการเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้จากมะขามหวาน
ชื่อนักศึกษา	ธนัชพร ใจภักดี รหัสนักศึกษา 55080023 ปิยดา ปาเลย์ รหัสนักศึกษา 55080036 สุธาสินี ยอดอุดม รหัสนักศึกษา 55080062
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร. วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน โดยมีเจลโลสเป็นสารให้ความคงตัว และมีเนื้อมะขามหวานเป็นส่วนที่ตัวให้กลิ่นรสมะขาม โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x3 factorial in completely randomized design (CRD) มีปัจจัยที่ศึกษาทั้งหมด 2 ปัจจัยคือ ปริมาณเจลโลส 2 ระดับ ได้แก่ 1% และ2 % (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) และปริมาณเนื้อมะขามหวาน 3 ระดับ ได้แก่ 15% ,25% และ35% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก) มีการตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ อัตราการละลาย, การขึ้นฟูของไอศกรีม, ความแข็ง, ความหนืด (ก่อนการบ่ม) และทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อไป จากการทดลอง พบว่าไอศกรีมจากการทดลองที่2 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด โดยมีปริมาณเจลโลส 1 % (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) และปริมาณเนื้อมะขามหวาน 25 % (นน./นน.ส่วนผสมหลัก, โดยนน.เปียก) โดยไอศกรีมมีอัตราการละลาย 0.09 ± 0.00 มิลลิลิตร/นาที การขึ้นฟูของไอศกรีม 5.55 ± 0.20 % ความแข็ง 1967.80 ± 25.97 กิโลกรัมแรง ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานมีสีน้ำตาลอ่อน โดยมีความสว่าง(L*) 64.09 ± 3.03 ค่าสีแดง (a*) 6.82 ± 0.57 ค่าสีเหลือง (b*) 20.59 ± 0.12 และ Hue angle 71.69 ± 1.48 และค่าความหนืด(ก่อนการบ่ม) 2.53±5.29 x 10^3 เซนติพอยส์ พบมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ เถ้า(2.89±0.12%), ไขมัน(10.65±0.52%), โปรตีน(7.62±0.32%), เยื่อใย (19.42±0.41%) และคาร์โบไฮเดรต(59.42±0.72%) พบจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีในไอศกรีม 1.6x10^4 โคโลนี/กรัม เมื่อนำผลการทดลองมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่า เมื่อใช้ปริมาณเจลโลส และปริมาณเนื้อมะขามหวานเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานมีอัตราการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$ และทำให้ค่าความหนืดของของผสม (ก่อนการบ่ม) ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ปริมาณเนื้อมะขามหวานจะทำให้ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่ได้มีการขึ้นฟู, ความแข็ง ความสว่าง (L*) และHue angle ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$ ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) กับค่าสีเหลือง (b*) ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานจะเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ อันตรกริยาระหว่างปริมาณเจลโลส และปริมาณเนื้อมะขามหวานที่เพิ่มขึ้นทำให้ได้ไอศกรีมที่มีอัตราการละลาย ความแข็ง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$ และมี Hue angle ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ในขณะที่ความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม) และค่าสีแดง(a*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$ และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

คำสำคัญ : เจลโลส, มะขามหวาน, เจลาโต้ไอศกรีม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	The efficacy of jellose as stabilizer in gelato ice cream from sweet tamarind		
Student name	Thanatchaporn	Jaipakdee	Student ID 55080023
	Piyada	Palay	Student ID 55080036
	Suthasinee	Yodudom	Student ID 55080062
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology		
Year	2016		
Advisor	Assoc.Prof.Dr. Woatthichai Narkrugsa		

ABSTRACT

This study aimed to develop sweet tamarind gelato ice cream that used jellose as a stabilizer and tamarind pulp as a flavor. The experiment was designed to 2x3 factorial in Completely Randomized Design. There was 2 factors, jellose (at level of 1% and 2% w/w of total solid, db) and sweet tamarind pulp (at level of 15% , 25% and 35% w/w of overall principal composition, wb). Gelato ice cream has to be inspected melting rate, overrun, hardness, mixed viscosity and organoleptic test with 9-point Hedonic scale together for ice cream characterization Just about right (JAR) by untrained 60 panelists. The results showed that gelato ice cream using 1% jellose(w/w of total solid, db) and 25% sweet tamarind pulp(w/w overall principal composition, wb) was the highest acceptance score and > 70% panelist selected "enough". The characteristics of treatment 2 (1% w/w of total solid,db) jellose and 25% (w/w overall principal composition, wb) sweet tamarind pulp, with melting rate (0.09±0.00 mL/min), overrun (5.55±0.20%), hardness (1,967.80±25.97 kg Force). Sweet tamarind gelato ice cream have rust-coloured,lightness(L*)(64.09±3.03),redness(a*)(6.82±0.57),yellowness(b*) (20.59±0.12), hue angle (tan^{-1} b*/a*) (71.69±1.48) and mixed viscosity (2.53±5.29 x10^3 cP). The total solid (%,w/w. db) of ash (2.89±0.12%), fat (10.65±0.52%), protein (7.62±0.32%), crude fiber (19.42±0.41%) and total carbohydrate (59.42±0.72%). From total plate count inspection, the results revealed that there was 1.6 x 10^4 CFU/g .Regarding with correlation coefficient study, the results showed that's increasing jellose resulted in a high mixed viscosity significantly ($p<0.05$) but the melting rate decreasing highly significant($p<0.01$) ,whereas the sweet tamarind pulp uses resulted in melting rate, overrun, hardness, lightness and hue angle was decreased highly significant($p<0.01$) on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the other hand the redness(a*) and yellowness(b*) tended to increase highly significant ($p<0.01$). The mixed viscosity was decreasing high significant($p<0.05$). The interaction between jellose and sweet tamarind pulp were increased the level of them resulted in increasing in mix viscosity and redness were highly significant($p<0.01$). The yellowness was reduced with high significant ($p<0.05$). However, melting rate and hardness were increased highly significant($p<0.01$) and hue angle was increased high significant(0.05).

Keywords: Jellose, Tamarind pulp, Gelato ice cream

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

กลุ่มของข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณามอบความรู้ต่างๆ ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยเฉพาะ รศ. ดร. วุฒิชัย นาครักษา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำแนะนำ ความรู้ และข้อเสนอแนะต่างๆ รวมถึงการช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาในด้านต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อกลุ่มของข้าพเจ้า รวมถึง ดร. ระจิตร สุวพานิช กรรมการสอบโครงร่างและปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำแนะนำ และวิธีการแก้ไขปัญหา จนสำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบริษัทปิ่นเพชร จำกัด อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ ที่ให้การสนับสนุนเจลโลสและเนื้อมะขามหวานในการทำไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

ขอขอบพระคุณนักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่ค่อยให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก ในด้านเครื่องมือ สารเคมี และห้องปฏิบัติการ ตลอดจนให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานต่างๆเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อนๆพี่ๆ นักศึกษา ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมถึงผู้ที่มีพระคุณที่มิได้เอ่ยนาม ไว้ ณ ที่นี้ทุกท่าน ที่ค่อยให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่สำคัญที่มีมาให้ตลอดการศึกษา จนสำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดี

ธนัชพร ใจภักดี
ปิยดา ปาเลย์
สุธาสินี ยอดอุดม
1 มิถุนายน 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ..... V

สารบัญ..... VI

สารบัญตาราง..... IX

สารบัญภาพ..... XI

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 2

2.1 ฝักมะขาม..... 2

2.2 เนื้อมะขาม..... 4

2.3 เมล็ดมะขาม..... 5

2.4 ไอศกรีม..... 9

2.5 ส่วนประกอบของไอศกรีม..... 10

2.6 ส่วนแบ่งการตลาด..... 13

2.7 เจลาโต้..... 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 16

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี..... 16

3.2 อุปกรณ์..... 16

3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง..... 17

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง..... 17

3.5 การตรวจสอบคุณลักษณะของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน..... 20

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 23

4.1 ผลการตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน 23

4.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

(Organoleptic Test)..... 39

4.3 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่ได้รับการยอมรับจาก

ผู้บริโภคมากที่สุด..... 42

4.4 การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่ได้รับการ

ยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด..... 43

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 44

5.1 สรุปผล..... 44

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 45

บรรณานุกรม..... 46

ภาคผนวก..... 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก..... 50

ภาคผนวก ข..... 56

ภาคผนวก ค..... 60

ภาคผนวก ง..... 62

ภาคผนวก จ..... 65

ภาคผนวก ฉ..... 66

ภาคผนวก ช..... 67

ประวัติผู้เขียน..... 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	รายชื่อสายพันธุ์มะขามหวานในประเทศไทย	3
2.2	คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดมะขามคั่วเฉพาะส่วนที่กินได้ 100 กรัม	7
2.3	ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบขแงผลมะขาม	8
2.4	ปริมาณแร่ธาตุของเนื้อมะขาม, เมล็ดมะขาม, เนื้อในเมล็ดมะขาม และเปลือกเมล็ดชั้นนอกของมะขาม	8
2.5	ส่วนประกอบของเมล็ดมะขาม, เนื้อในเมล็ดมะขาม และเปลือกเมล็ดชั้นนอกของมะขาม	9
2.7	ชนิดของสารให้ความคงตัวที่ใช้กันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม	14
3.1	ส่วนผสมหลักในการทำไอศกรีมเจลาโต้	18
4.1	อัตราการละลายของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	23
4.2	แสดงค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) อัตราการละลายของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	24
4.3	การขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	25
4.4	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์การขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	27
4.5	ความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	28
4.6	ค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	29
4.7	คุณลักษณะทางกายภาพด้านสีของไอศกรีมเจลาโต้มะขาม	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.8	ค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในค่าความสว่าง(L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าสี Hue angleของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	35
4.9	คุณลักษณะทางกายภาพด้านความหนืดของของผสม (ก่อนการบ่ม).....	36
4.10	ค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความหนืดของของผสม (ก่อนการบ่ม).....	37
4.11	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน (9-point Hedonic scale).....	39
4.12	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี JAR ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน.....	41
4.13	องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมเจลาโตมะขามหวานของการทดลองที่ 2.....	42
4.14	ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร.....	43
5.1	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของการตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ฝักมะขาม	2
2.2	เนื้อมะขาม	4
2.3	เมล็ดมะขาม, เนื้อในเมล็ดมะขาม และแป้งของเนื้อในเมล็ดมะขาม	5
2.4	โครงสร้างโมเลกุลของเจลโลสจากเมล็ดมะขาม	6
2.5	แผนผังการผลิตไอศกรีมเจลาโต้	12
2.6	ส่วนแบ่งการตลาดไอศกรีมปี 2553 - 2555	13
2.7	ส่วนแบ่งการตลาดไอศกรีมปี 2556 - 2558	14
2.8	ไอศกรีมเจลาโต้	14
3.1	แผนผังการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	19
4.1	กราฟอัตราการละลายของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	24
4.2	กราฟ 3D scatter plot ของอัตราการละลายของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	25
4.3	กราฟการขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	26
4.4	กราฟ 3D scatter plot แสดงข้อมูลของการขึ้นฟูต่อสูตรไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	27
4.5	กราฟความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	29
4.6	กราฟ 3D scatter plot ของความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	30
4.7	กราฟแสดงค่าความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานของการทดลองที่1-6	31
4.8	กราฟค่าความสว่าง (L*), ค่าสีแดง (a*),ค่าสีเหลือง (b*) และค่า Hue angle ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.9	กราฟ 3D scatter plotแสดงข้อมูลของค่าHue angle ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	35
4.10	กราฟค่าความหนืดของของผสม (ก่อนการบ่ม)	37
4.11	กราฟ 3D scatter plot ค่าความหนืดของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน	38
4.12	ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานในการทดลองที่ 2 โดยมีปริมาณ เจลโลส 1% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.แห้ง) ปริมาณมะขามหวาน 25% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.เปียก)	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะขามเป็นต้นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่และเป็นพืชตามท้องถิ่นในประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัดเพชรบูรณ์ที่มีมะขามหวานที่มีชื่อเสียงในด้านของความอร่อยมากที่สุดในประเทศไทย มะขามนั้นเป็นพืชที่มีประโยชน์มากมายทั้งในด้านของยาสมุนไพรและยังสามารถนำมาแปรรูปได้หลากหลาย การแปรรูปของมะขามเราสามารถนำเอาส่วนต่างๆมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากมายไม่ว่าจะเป็น ลำต้น ใบ และ ฝักมะขาม และไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ ส่วนที่เป็นของเสียจากภาค อุตสาหกรรมการแปรรูปของมะขามจำนวนมากก็คือ ส่วนของเมล็ด โดยเรามีความสนใจที่จะนำเมล็ดซึ่ง เป็นของที่เหลือจากกระบวนการผลิตมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยทำการสกัดเจลโลสในเมล็ดมะขามออกมา โดยเจลโลสมีคุณสมบัติเป็นสารให้ความคงตัวที่ดี (Gliksman, 1986) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญ อย่างมากในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้ที่มีเอกลักษณ์ในด้านของเนื้อไอศกรีมที่เนียนนุ่ม (Marshall *et al.*, 2003) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้โดยการใช้เจลโลสเป็นสารให้ความคงตัวในเนื้อไอศกรีมเจลาโตจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากข้อมูลส่วนแบ่งทางการตลาดตั้งแต่ปี 2556-2557 มีอัตราการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้น ร้อยละ 15 หรือมีมูลค่าตลาดประมาณ 15,000 ล้านบาท (Marketeer, 2556 and 2558) และยังมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยข้อมูลทางการตลาดไอศกรีมปี 2558 มีมูลค่าสูงถึง 15,750 ถึง 16,500 ล้านบาท (Marketeer, 2558) มูลค่าทางการตลาดของไอศกรีมมีมูลค่ามหาศาล ถึงแม้เศรษฐกิจจะตกมากเพียงใดแต่ยอดขายของไอศกรีมยังคงสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อพัฒนาสูตรในการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน (Sweet tamarind gelato ice cream)

1.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของเจลโลส และเนื้อมะขามหวานที่มีต่อคุณลักษณะของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะขาม (Tamarind)

มะขามมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Tamarindus indica* Linn. เคยจัดอยู่ในวงศ์ Caesalpiniceae ขณะนี้ได้จัดอยู่ในวงศ์ Fabaceae ปลูกได้ในประเทศในเขตร้อนชื้น เชื่อกันว่ามีถิ่นกำเนิดในแอฟริกาจาก นั้นมนุษย์ในยุคก่อนประวัติศาสตร์ได้นำมะขามมาปลูกในแถบอินเดีย ประเทศไทยและอินเดียเป็นแหล่ง ปลูกมะขามขนาดใหญ่ซึ่งมีอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับมะขามจำนวนมาก นอกจากนี้มะขามยังปลูกได้ใน ประเทศแถบร้อนชื้น เช่น ประเทศในแถบอเมริกากลาง เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแอฟริกา จึงนับว่า มะขามไม้ผลที่มีค่าทางเศรษฐกิจในหลายภูมิภาค มะขามมีชื่อพื้นเมืองหลายชื่อ ได้แก่ asam, Indian tamarind, jawa, khaam, magyee, สำหรับในประเทศไทย มะขามมีชื่อพื้นเมืองว่า อำเปียล (เขมร สุรินทร์), ตะลูบ (ชาวบนนครราชสีมา), หมากแกง (ฉาน แม่ฮ่องสอน), ซึงกัก หรือ ทงฮ้วยเฮียง (จีน), ส่ามอเกล (กะเหรี่ยงแม่ฮ่องสอน), ม่องโคล้ง (กะเหรี่ยงกาญจนบุรี) (ภัคสิริ และไมตรี, 2011; Sing *et al*., 2007 and USDA, 2015)

ภาพที่ 2.1 ฝักมะขาม (Tamarind pod)

ที่มา : บริษัท ปิ่นเพชร จำกัด (2559)

มะขามหวานเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ มีอายุยืน แผ่กิ่งก้านสาขาเป็นพุ่มทรงกลมแน่น ลำต้น เหนียวหักโคนยาก และรากลึก ทนแล้งเป็นไม้ผลกึ่งเขียวตลอดปี (Semi-evergreen) แต่จะค่อย ๆ สลัด ใบแก่ในฤดูร้อน ประมาณเดือนมีนาคม – เมษายน พร้อมกันนั้นก็จะผลิใบใหม่ขึ้นมาแทนเมื่อใบ เริ่มแก่ก็ จะออกดอก คือ ประมาณเดือนเมษายน – พฤษภาคม ติดฝักอ่อนพอมองเห็นได้ราว ๆ ปลายเดือน พฤษภาคม – มิถุนายนและฝักจะแก่เก็บได้ประมาณปลายเดือนธันวาคม – มีนาคม ซึ่งจะช้าหรือเร็วขึ้น อยู่กับพันธุ์ ปริมาณของฝนและความชื้น (ภัคสิริ และไมตรี, 2554; Sing *et al*., 2007 and USDA, 2015)

เกษตรกรผู้ปลูกมะขามหวานภายในจังหวัดเพชรบูรณ์พัฒนามาตรฐานจนผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ขึ้นทะเบียนมะขามหวานเพชรบูรณ์เป็นสินค้าอันเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ หรือเครื่องหมาย GI (Geographical Indications) เพื่อเป็นเครื่องหมายรับรองว่าเป็นมะขามเพชรบูรณ์แท้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะขามสามารถจำแนกออกได้เป็นมะขามหวานและมะขามเปรี้ยว สำหรับมะขาม หวานที่พบเห็น และปรากฏอยู่ทุกวันนี้มีอยู่มากกว่า 20 พันธุ์ บางพันธุ์อาจจะมีลักษณะและรูปร่างคล้ายคลึงกันเจ้าของ มะขามจะตั้งชื่อขึ้นมาเอง โดยเอาแหล่งปลูกหรือชื่อเจ้าของนั้นตั้งเป็นชื่อพันธุ์ ดังจะเห็นได้จากมีการ ประกวดมะขามหวานตามจังหวัดต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพบว่ามีพันธุ์ใหม่เกิดขึ้นอยู่ เสมอ ๆ เมื่อรวบรวมแล้วศึกษาลักษณะและคุณสมบัติประจำพันธุ์แล้ว พบว่ามีพันธุ์มะขามหวานอยู่เพียง ไม่กี่พันธุ์ แต่อย่างไรก็ดีพอจะอนุโลมเรียกชื่อพันธุ์ตามที่มีอยู่ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 รายชื่อสายพันธุ์มะขามหวานในประเทศไทย

สายพันธุ์มะขามหวาน	แหล่งที่ปลูก
พันธุ์หมื่นจง	อ.หล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์
พันธุ์สีทอง	อ.หล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์
พันธุ์ศรีชมพู	ไร่ศรีชมพู อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
พันธุ์น้ำผึ้ง	ไร่คุณประจักษ์ บ้านยาวี ต.วังชมภู อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
พันธุ์น้ำดุกหรือปากดุก	บ้านปากดุก อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์
พันธุ์ขันตี	อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
พันธุ์อินทผาลัม	อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์
พันธุ์แจ้ห่ม (นายปั่น)	อ.แจ้ห่ม จ.ลำปาง
พันธุ์เจ้าห่ม (ครูประชาสาร)	อ.แจ้ห่ม จ.ลำปาง
พันธุ์มหาจรูญ	บ้านหนองตะโพน อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี
พันธุ์ครูอินทร์	บ้านนาทราย ต.พระสาน อ.เขมราฐ จ.อุบลราชธานี
พันธุ์ไผ่ใหญ่	บ้านไผ่ใหญ่ อ.ม่วงสามสิบ จ.อุบลราชธานี
พันธุ์พระโรจน์	บ้านพระโรจน์ ต.หนองช้างใหญ่ อ.ม่วงสามสิบ จ.อุบลราชธานี
พันธุ์ครูบัวพันธุ์	บ้านบัวเทิง อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี
พันธุ์ส้มป่อย	อ.มุกดาหาร จ.นครพนม
พันธุ์นิ่มนวล	อ.ธาตุพนม จ.นครพนม
พันธุ์นาศรีนวล	อ.ดอนตาล จ.นครพนม
พันธุ์นวลละออง	กิ่ง อ.นาหว้า จ.นครพนม

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร (2554)

นอกจากนี้ก็ยังมีพันธุ์อื่น ๆ เช่น พันธุ์นากว้าง, กงสะเด็น, หลังแตก, เจ้าเนื้อเศรษฐกิจ (เมล็ดลีบ) เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร , 2554)

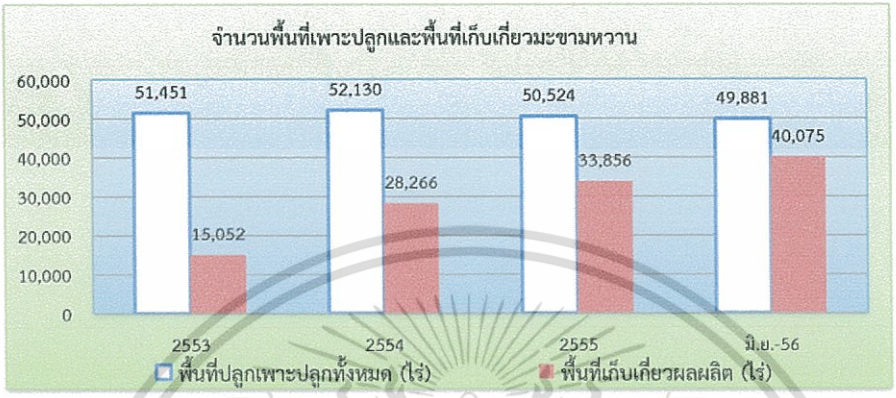
2.1.1 การเก็บเกี่ยวของมะขาม

กรมส่งเสริมการเกษตร (2554) มีการศึกษาข้อมูลสำหรับจังหวัดเพชรบูรณ์ ในปี 2556 มีพื้นที่เพาะปลูกมะขามหวาน 49,881ไร่ คิดเป็นร้อยละ 30.87 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ เก็บผลผลิตได้47,496.74 ตัน คิดเป็นร้อยละ 51.21 ของผลผลิตทั้งประเทศมีมูลค่าราว 1,500 ล้านบาท พันธุ์ของมะขามหวานที่นิยมปลูกในจังหวัดได้แก่ สีทอง ศรีชมพู และประกายทองมีเกษตรกรที่ปลูกมะขามหวานในจังหวัดเพชรบูรณ์ที่ผ่าน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน GAP (Good Agricultural Practice) จำนวน 1,438 ราย มีพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 18,204.20 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 37.44 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมดในจังหวัด แนวโน้มการปลูกมะขามหวานเริ่มลดลงสังเกตได้จากเนื้อที่การเพาะปลูกมะขามหวานเนื้อที่การเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อตันและผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ที่ได้จากการเพาะปลูกมะขามหวานดังแผนภูมิ (สำนักงานสถิติจังหวัดเพชรบูรณ์,2558)

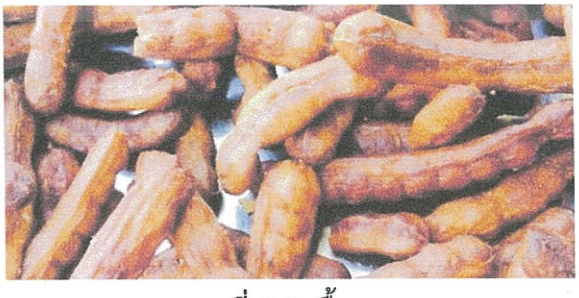
แผนภูมิที่ 1 จำนวนพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่เก็บเกี่ยวมะขามหวาน ปี 2553 – 2556



ที่มา : สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบูรณ์

2.2 เนื้อมะขาม (Tamarind pulp)

ประโยชน์ของมะขาม และสรรพคุณมะขามนั้นมีมากมาย จัดว่าเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพที่มีคุณค่า ทางโภชนาการสูง และยังมีสรรพคุณใช้เป็นยารักษาโรคอีกด้วย โดยส่วนที่นำมาใช้เป็นยาจะเป็นเนื้อฝักแก่ (มะขามเปียก) เปลือกของลำต้น(ทั้งสดและแห้ง) และเนื้อในเมล็ด สามารถช่วยรักษาได้หลายโรค เช่น เป็นยาขับเสมหะ แก้อาการท้องเดิน บรรเทาอาการท้องผูก ใช้เป็นยาถ่ายพยาธิ เป็นต้น มะขามยังอุดม ไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อย่างวิตามินซี วิตามินบี2 วิตามินเอ ธาตุแคลเซียม ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เป็นต้น โดยมะขามที่แก่จัดนั้นเราจะเรียกว่า “มะขามเปียก” โดยมะขามหวาน 100 กรัม จะมีแคลอรี่เท่ากับ 314 แคลอรี่ (นิรนาม, 2558 ; Sing *et al.*, 2007 and Shaikh *et al.*, 2015)



ภาพที่ 2.2 เนื้อมะขาม

ที่มา : บริษัท ปิ่นเพชร จำกัด (2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เมล็ดมะขาม (Tamarind seed)

เมล็ดมะขามเป็นของเหลือทิ้งจากครัวเรือนและโรงงานมะขาม เช่น โรงงานผลิตครีมมะขาม จังหวัดพะเยาพบว่าในแต่ละปีมีเมล็ดมะขามเหลือทิ้งในปริมาณมาก ซึ่งเป็นมลภาวะในด้านสิ่งแวดล้อม เมล็ดมะขามประกอบด้วยเปลือกของเมล็ดซึ่งมีสีน้ำตาลแดง ในปริมาณ 30-35% และเนื้อในสีขาวมี ปริมาณ 60-65% ซึ่งทั้งสองส่วนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน

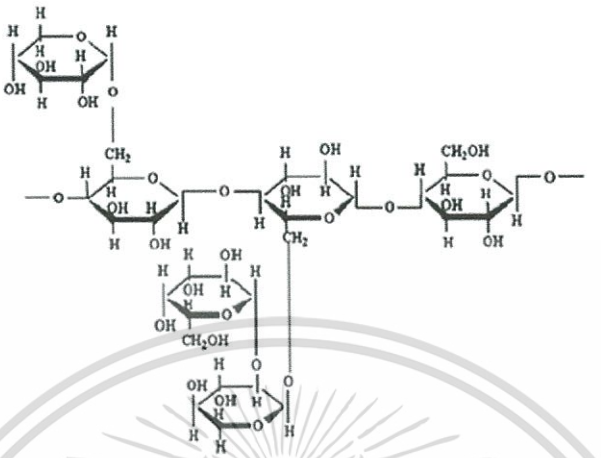
ภาพที่ 2.3 เมล็ดมะขาม, เนื้อในเมล็ดมะขาม และแป้งของเนื้อในเมล็ดมะขาม

เมล็ดมะขามประกอบด้วยอัลบูมินอยด์ (albuminoids) ไขมัน 14-20% คาร์โบไฮเดรต 59–60% น้ำมันที่ถูกทำให้แห้งบางส่วน (semi-drying fixed oil) 3.9–20% น้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) 2.8% สารที่มีลักษณะเป็นเมือก (mucilaginous material) 60% ได้แก่ โพลีโอส (polyose) ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้า องค์ประกอบของเปลือก หุ้มเมล็ดมะขามประกอบด้วยโปรตีน 9.1% และไฟเบอร์ 11.3% โดยที่เมล็ดมะขามประกอบด้วยโปรตีน 13%, ลิปิด 7.1%, ขี้เถ้า 4.2% และคาร์โบไฮเดรต 61.7% ในอุตสาหกรรมกัมที่สกัดจากเมล็ดมะขาม เรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า Jellose หรือ Polyose สามารถละลายน้ำได้ดี ทนทานต่อสภาวะที่เป็นกรดด่างได้ดี และเกิดเจลได้ โดยสามารถเกิดเจลได้ ในระบบที่มีน้ำตาล ซึ่งเป็นสมบัติและลักษณะที่คล้ายกับเพกทินจากผลไม้ จึงนำมาใช้ในการสร้างเจล ที่คล้ายกับเพกทินในผลิตภัณฑ์ได้ เช่น แยม, เยลลี่ และมามาเลด แต่สิ่งที่แตกต่างจากเพกทินที่ได้จากผลไม้ คือ เจลของกัมเมล็ดมะขามอยู่ในสภาวะที่เป็นกลาง จึงมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น กัมเมล็ดมะขามได้รับอนุญาตให้เป็นสารเติมแต่งใน ผลิตภัณฑ์อาหารได้ เช่น ทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) เป็นสารให้ความข้นหนืด และสารที่ทำให้เกิดเจลในอุตสาหกรรมอาหาร กัมเมล็ดมะขามจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับ กัมชนิดอื่น ได้แก่ กัวร์กัม และ แอลจิเนต เป็นต้น (ภัคสิริ และไมตรี, 2554; Singh *et al.*, 2007 and Shaikh *et al.*,2015)

Tamarind Seed Polysaccharide (TPS) คือ กาแล็คโตไซโลกลูแคน (Galactoxyloglucan) ที่ได้จากการแยกจากส่วนของเนื้อในเม็ดมะขาม ซึ่งมีคุณสมบัติคือ มีความหนืดสูง,สามารถทนต่อช่วงความเป็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรด-ด่าง (pH) ได้กว้าง และมีความเหนียว ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้ TPS มีคุณสมบัติในการสารให้ความคงตัว (stabilizer) , สารให้ความข้นหนืด (thickener) , สารทำให้เกิดเจล (gelling agent) และสารยึดเกาะในอาหารและอุตสาหกรรมยา (Shaikh *et al.*,2015)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของเจลโลสจากเมล็ดมะขาม
ที่มา : Shaikh *et al.*,(2015)

โครงสร้างเคมีของแป้งเนื้อในเมล็ดมะขาม (Tamarind kernel powder) เป็นโพลีเมอร์ที่มีหลายกิ่งก้านโพลีแซคคาไรด์ ชนิดไซโลกลูแคน (xyloglucan) จัดเป็นคาร์โบไฮเดตรประเภทหนึ่ง Tamarind Seed Polysaccharide (TPS) มีค่าเฉลี่ยของมวลโมเลกุล 52350 ดาลตัน และมีโมโนเมอร์ 3 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโครส (sugars-glucose) , กาแล็คโตส (galactose) และ ไซโลส (xylose) ในอัตราส่วน 3:2:1 โพลิเมอร์ประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นแกนหลักจับกับไซโลส ((1-2)- β -D-xylose) และกาแลคโตไซโลส ((1-2)- β -D-galactoxylose) ประมาณ 80 เปอร์เซ็นของกลูโคสส่วนที่เหลือถูกแทนที่ด้วยไซโลส (xylose) และกาแลคโตไซโลส (galactoxylose) ด้วยพันธะ 1-6 (1-6 linked) ส่วนที่เหลือเพียงบางส่วนถูกแทนที่ด้วย *p*-1-2 กาแลคโตส (galactose) กิ่งก้านของ TSP เป็นโพลีแซคคาไรด์ ประกอบด้วยโซ่สายหลักของหน่วยกลูโคลไพราโนโซล (glucopyrynosyl) ในส่วนของโซ่กิ่งประกอบด้วย single D-xylopyranosyl ต่อกับหน่วยของกลูโคไพราโนโซลด้วยพันธะ 1-6 ที่ตำแหน่งที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ โดยธรรมชาติของตัว TPS เป็นตัวทำละลายที่ดีสามารถละลายในน้ำได้ (Singh *et al.,* 2007 and Shaikh *et al.*,2015) ดังภาพที่ 2.4

เมล็ดมะขามยังประกอบด้วยน้ำมันไม่ระเหย(seed oil) ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมัน ได้แก่ กรดปามิติก (palmitic acid), กรดสเตอริก (stearic acid), กรดโอลิอิก (oleic acid) , กรดลิโนเลอิก (linoleic acid), กรดอะราชิโดนิก (arachidonic acid), กรดบีฮินิก (behenic acid) และกรดลิกโนเซอริก (lignoceric acid) อีกทั้งยังมีสารกลุ่มสเตอรอยด์ ได้แก่ β -sitosterol, campesterol, stigmasterol นอกจากนี้ยังพบเม็ดสีจำพวกลิวโคแอนโธไซยานิดินส์ (leucoanthocyanidin) ซึ่งให้สีน้ำตาล ส่วนสารให้กลิ่นในเมล็ดมะขามคั่ว ประกอบด้วยสารพวกไพราซีน (pyrazine) ฟูรัล (fural) และสารประกอบอัลดิไฮด์ (aldehyde) (ภัคสิริ และไมตรี , 2554 ; Singh *et al.*, 2007 and Shaikh *et al.*,2015)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนที่รับประทานได้ของมะขามโดยเฉพาะในส่วนที่เป็นเนื้อมะขามมีความชื้น 28.2 กรัม โดยเนื้อมะขามซึ่งมีรสเปรี้ยวได้มาจากส่วนที่เป็นกรด ในส่วนที่เป็นกรดนี้เป็นกรดอินทรีย์ 98% โดยเป็นกรดทาร์ทาริก (Tartaric acid) ในปริมาณ 8-23.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ดังตารางที่ 2.2 นอกจากนั้นรสชาติที่อยู่ในเนื้อของมะขามจะได้จาก 2-acetylfuran (Singh *et al.*,2007)

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม ของส่วนที่รับประทานได้ของมะขาม

Constituents	Pulp (ripe)	Leave (young)	ปริมาณ
Calories	115	-	-
Moisture (g)	28.2	70.5	80.0
Protein (g)	3.10	5.8	0.45
Fat (g)	0.1	2.1	1.54
Fibre (g)	5.6	1.9	1.5
Carbohydrate (g)	67.4	18.2	-
Invert Sugar (g)	30-41	-	-
Ash (g)	2.9	1.5	0.72
Calcium (mg)	35-170	101	35.5
Phosphorus (mg)	54-110	140	45.6
Iron (mg)	1.3-10.9	5.2	1.5
Sodium (mg)	24	-	-
Potassium (mg)	375	-	-
Thiamine (mg)	0.16	0.24	0.072
Riboflavin (mg)	0.07	0.17	0.148
Niacin (mg)	0.6-0.7	4.1	1.14
Ascorbic acid (mg)	0.7-3.0	3.0	13.8
Tartaric (mg)	8-23.8	-	-

ที่มา : Singh *et al.*,(2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบของผลมะขาม

Constituents	Amount (Per 100 gm)
Ash	2.6-3.9 gm
Calcium	34-94 mg
Carbohydrate	41.1-61.4 gm
Fat	0.6 gm
Fibre	2.9 gm
Iron	0.2-0.9 mg
Niacin	1 gm
Phosphorous	34-78 mg
Protein	2-3 gm
Riboflavin	0.1 mg
Thiamine	0.33 mg
Vitamin C	44 mg
Water	17.8-35.8 gm

ที่มา : Shaikh *et al.*,(2015)

ตารางที่ 2.4 ปริมาณแร่ธาตุของเนื้อมะขาม, เมล็ด, เนื้อในเมล็ด และเปลือกเมล็ดชั้นนอกของมะขาม

Mineral mg/100mg	Pulp	Seed	Kernel	Testa
Calcium	81-466	9.3-768	120	100
Copper	0.8-1.2	1.6-19	-	-
Iron	1.3-10.9	6.5	80	80
Magnesium	25-72	17.5-118.3	180	120
Manganese	-	0.9	-	-
Nickle	0.5	-	-	-
Phosphorous	86-190	68.4-165	-	-
Potassium	62-570	272.8-610	1020	240
Sodium	3-76.7	19.2-28.8	210	240
Zinc	0.8-1.1	2.8	100	120

ที่มา : Shaikh *et al.*,(2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบของเมล็ดมะขาม, เนื้อในเมล็ด และเปลือกเมล็ดชั้นนอกของมะขาม

Constituents	Whole Seed	Seed Kernel	Testa
Calories/100 gm	340.3	-	-
Carbohydrates	50-57	65.1-72.2	-
Crude Fibre	7.4-8.8	2.5-8.2	21.6
Fat/Oil	4.5-16.2	3.9-16.2	-
Moisture	9.4-11.3	11.4-22.7	11
Nitrogen free extract	59	-	-
Protein	13.3-26.9	15-20.9	-
Reducing Sugar	7.4	-	-
Starch	33.1	-	-
Tannin	-	-	20.2
Total Ash	1.6-4.2	2.4-4.2	7.4
Total Sugar	11.3-25.3	-	-
Yield of TKP	50-60	-	-

ที่มา : Shaikh *et al.*,(2015)

2.4 ไอศกรีม (ice-cream)

2.4.1 นิยามไอศกรีม

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิต พ.ศ. 2542 นิยามไอศกรีมว่า เป็นคำนาม หมายถึง ของกินที่ทำด้วยน้ำหวาน กะทิ หรือนม เป็นต้น ทำให้ข้นด้วยความเย็น

ไอศกรีมเป็นคำทับศัพท์ แต่มิได้เขียนตามหลักเกณฑ์การทับศัพท์ของราชบัณฑิตยสถาน ทั้งนี้ก็เพราะคำไอศกรีม เขียนแบบนี้มาตั้งแต่ครั้งที่คนไทยเพิ่งจะรู้จักของกินชนิดนี้ใหม่ๆ (สมัยรัชกาลที่5) จึงถือได้ว่าเป็นคำที่ยืมมาจากภาษาต่างประเทศจนเป็นคำไทย

ไอศกรีม (*ice cream* in English; *glaces à la crème* in Freanch; *Eiskrem* in German; *helado* in Spanish; *morozhenoe* in Russian; *Roomijis* in Dutch; *FlØdeis* in Danish; *gelato* in Italian; *sorvetes de crème* in Portugese) คือส่วนผสมของอาหารแช่แข็งที่ได้จากการรวมกันของส่วนผสมของนม , สารให้ความหวาน , อิมัลซิไฟเออร์ และสารเติมแต่งรสชาติ โดยอาจประกอบไปด้วยส่วนผสมอย่างอื่น เช่น ไข่, สารแต่งสีอาหาร และไฮโดรไลซ์สตาร์ช ที่อาจเติมลงไปด้วย ส่วนผสมทั้งหมดนี้จะผ่านการผสม, พาสเจอร์ไรซ์ และการโฮโมจีไนซ์ก่อนการทำให้แข็ง การแช่เยือกแข็งจะเกี่ยวข้องกับการกำจัดความร้อนอย่างรวดเร็วในขณะที่ จะมีการปั่นเพื่อกักเก็บหรือจับอากาศไว้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์แช่แข็งที่ได้จะมีความเนียน และความนุ่มของเนื้อผลิตภัณฑ์ (Marshall *et al.*, 2003)

" Ice cream is a food produced by freezing, while stirring, a pasteurized mix consisting of one or more of the optional dairy ingredients specified in paragragh b of this section, and many contain one or more of the optional caseinates specified in paragraph c of this section subject to the conditions hereinafter set forth, one or more of the optional hydrolyzed milk

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

protein as provided for in paragragh d of this section subject to the conditions hereinafter set forth, and other safe and suitable nonmilk-derived ingredients; and excluding other food fats, except such as are natural components of flavoring ingredients used or are added in incidental amounts to complish specific functions. Ice cream is sweetened with safe and suitable sweeteners and may be characterized by the addition of flavoring ingredients.

Ice cream contains not less than 1.6 pounds of total solid to the gallon, and weight not less than 4.5 pounds to the gallon. Ice cream contains not less than 10 percent milk fat, nor less than 10 percent nonfat milk solid, except that when it contains milkfat at 1 percent increments above the 10 percent minimum, it may contain the following milkfat-to-nonfat milk solid level " (USFDA, 2015)

2.4.1 การจำแนกชนิดไอศกรีม

USFDA และ Marshall *et al*. (2003) ได้จำแนกประเภทไอศกรีมที่มีส่วนผสมไขมันนม โดยเป็นส่วนผสมที่สำคัญซึ่งมีผลต่อคุณลักษณะของไอศกรีม ไว้ดังนี้

2.4.1.1 Reduced fat: มีไขมันน้อยกว่า 25% ของผลิตภัณฑ์

2.4.1.2 Light: ลดไขมันทั้งหมด 50% ของผลิตภัณฑ์ หรือ ลด 1ใน3 ของแคลอรี่ ให้มีแคลอรี่น้อยกว่า 50% จากไขมัน

2.4.1.3 Low fat: มีไขมันทั้งหมดไม่เกิน 3 กรัม ต่อการเสิร์ฟ

2.4.1.4 Nonfat or fat free: มีไขมันน้อยกว่า 0.5 กรัมต่อการเสิร์ฟ

2.5 ส่วนประกอบของไอศกรีม

Tharp และ Young ได้จัดการอบรมที่ National University Of Singapore ณ ประเทศสิงคโปร์ ในเดือนมิถุนายน 2013 ในการอบรมนั้น Tharp และ Young ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมว่าไอศกรีมมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

2.5.1 ผลิตภัณฑ์นม ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการทำไอศกรีม โดยในผลิตภัณฑ์นมประกอบไปด้วยไขมัน โปรตีน แลกโทส(น้ำตาลในนม) และแร่ธาตุในนม ได้แก่ แคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) โซเดียม (Na) และโพแทสเซียม (P)

2.5.2 สารให้ความหวาน มีบทบาทสำคัญต่อสูตรของไอศกรีม กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์ไอศกรีมซึ่งปริมาณ และชนิดของสารให้ความหวานที่ใช้มีผลต่อชนิด และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของไอศกรีม ในไอศกรีมมีปริมาณสารให้ความหวานอยู่ประมาณ 50% โดยความหวานของสารให้ความหวานจะแตกต่างกันที่ความเข้มข้น, อุณหภูมิ, ค่าความเป็นกรด และรสชาติ

2.5.3 สารให้ความคงตัว เป็นไฮโดรคอลลอยด์โดยสามารถจับกับน้ำได้ (คอลลอยด์ คือสารที่สามารถกระจายเป็นเนื้อเดียวกันซึ่งมีอนุภาคขนาดเล็ก) ตัวอย่างชนิดของสารให้ความคงตัว ได้แก่

2.5.3.1 กัวกัม ได้จากเอนโดสเปิร์มของพืชชนิดกัว ปลูกในอินเดีย และปากีสถาน

2.5.3.2 โลคัสบีนกัม ได้จากเอนโดสเปิร์มของถั่วคารอบ

2.5.3.3 ทารากัม คุณสมบัติอยู่ระหว่างโลคัสบีนกัมและกัวกัม จากเอนโดสเปิร์มของพืชชนิดทารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.4 CMC มีเซลลูโลสเป็นโครงสร้างหลัก ประกอบด้วยหน่วยของกลูโคส (เด็กซ์โตรส)

2.5.3.5 คาราจีแนน สกัดได้จากสาหร่าย ประกอบไปด้วยโปรตีนเป็นหลัก

2.5.3.6 แอลจิเนต สกัดได้ออกมาจากสาหร่าย โดยประกอบด้วยสัดส่วนของกรดกูลูโรนิก

2.5.3.7 แซนแทนกัม พอลิแซคคาร์ไรด์จากจุลินทรีย์ (สกัดได้จาก *Xanthamonas campestis*)

2.5.3.8 เจลาติน โปรตีนที่ได้จากสัตว์ ,เป็นหนึ่งในสารให้ความคงตัวที่ทำงานได้อย่างหลากหลาย

2.5.3.9 เพกติน ได้มาจากผลไม้ที่มีเปลือก, เจลที่ระดับความเข้มข้นสูงในที่ที่มีความเป็นกรด และระดับน้ำตาลสูง (60 - 65 %)

2.5.3.10 Microcrystalline cellulose เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งโครงสร้างคือ เซลลูโลส สายสั้น เดิมเป็นพอลิเมอร์สายยาวของน้ำตาลกลูโคส ที่ถูกทำให้สั้นลง

2.5.4 อิมัลซิไฟเออร์ เป็นสารลดแรงตึงผิว หมายถึงความสามารถของโมเลกุลในการเปลี่ยนลักษณะของพื้นผิว หรือระหว่างบริเวณสองเฟสที่แตกต่างกัน เป็นส่วนผสมหนึ่งที่สำคัญของไอศกรีม ตัวอย่างของอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในไอศกรีม ได้แก่

2.5.4.1 Mono- และ diglycerides (MDG)

2.5.4.2 PS 80 และ 65

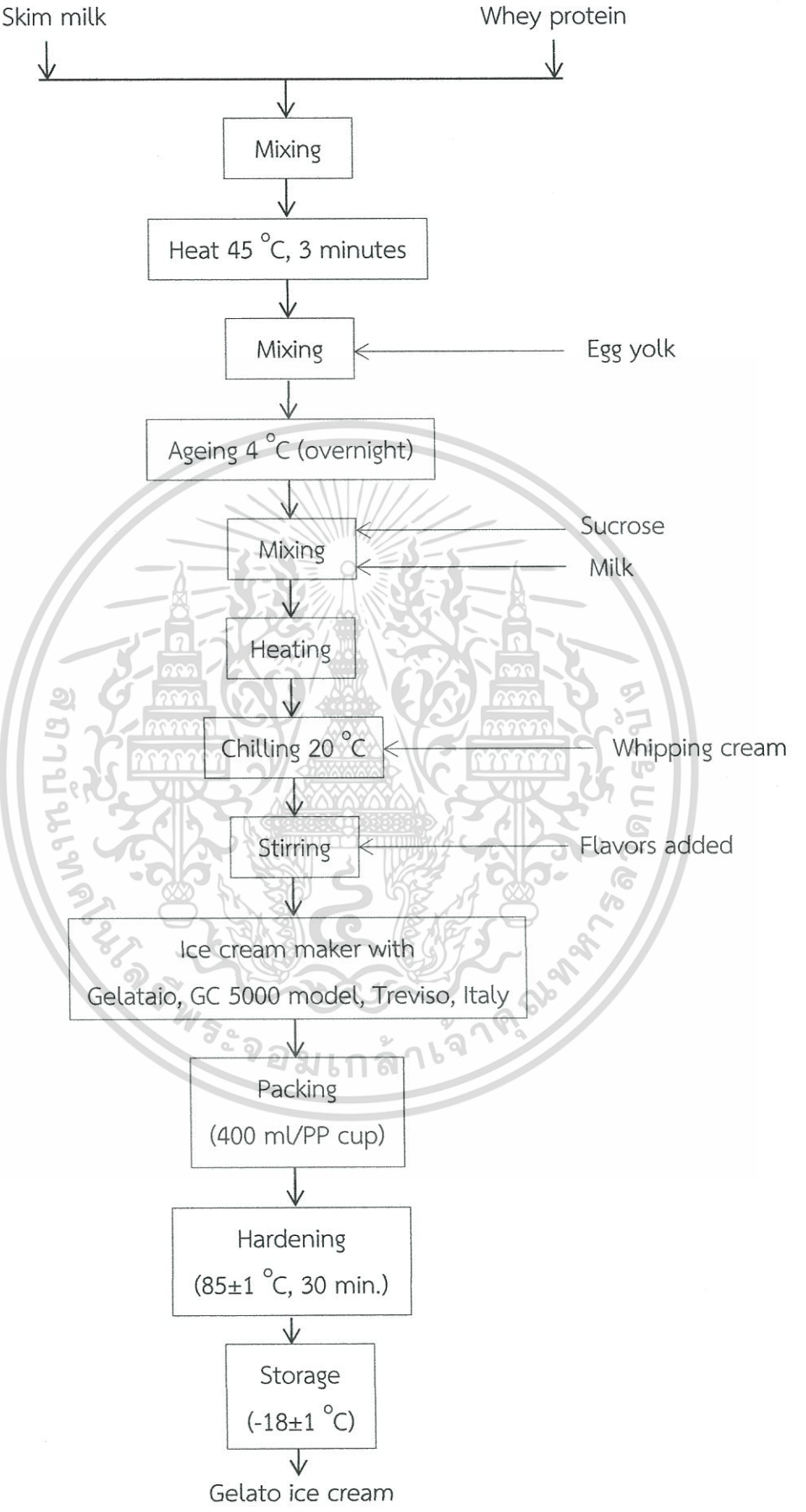
2.5.4.3 Propylene glycol monoesters

2.5.4.4 ฟอสโฟลิพิด เช่น เลซิติน

2.5.4.5 โปรตีน เคซีนในน้ำนม

2.5.5 น้ำ ช่วยให้โครงสร้างมีความเป็นระเบียบ มีความสำคัญอย่างมากในกรณีของการจับตัวเป็นน้ำแข็ง เนื่องจากจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีมเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 แผนผังการผลิตไอศกรีมเจลาโต้

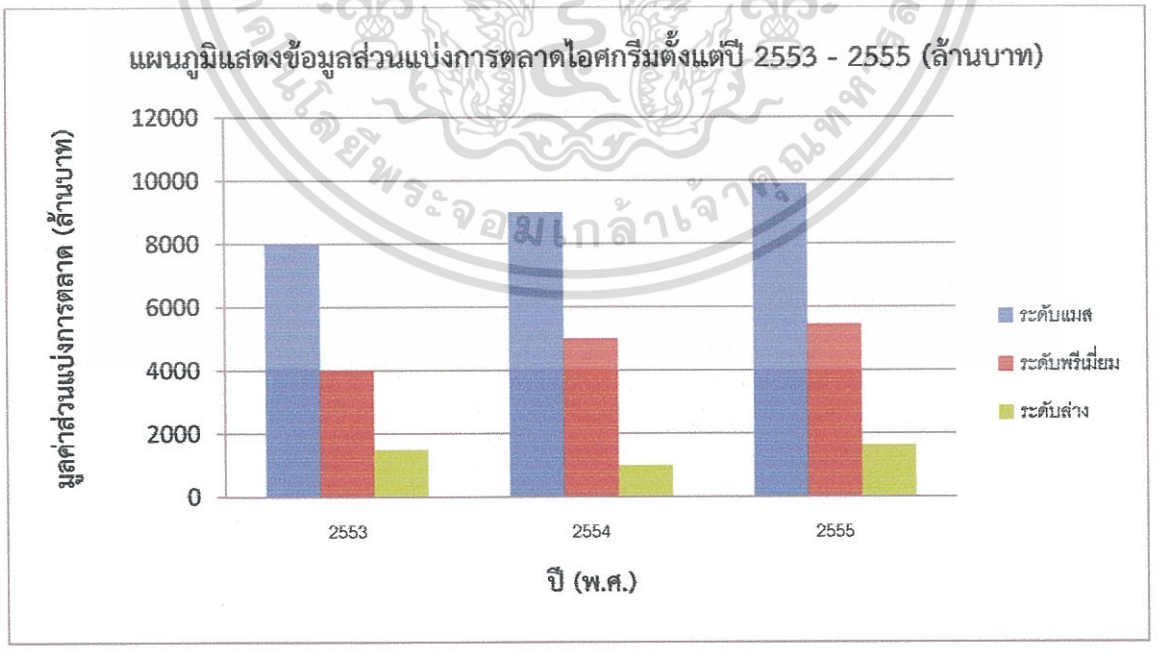
ที่มา: Alfaifi and Stathopoulos.,(2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองการผลิตไอศกรีมเจลาโต้ดังภาพที่ 2.5 ประกอบไปด้วยไขมันนม 7-8%, ของแข็งในนมที่ไม่รวมไขมัน 10-14% และน้ำตาลซูโครส 20% โดยในการทดลองไม่มีการใส่สารให้ความคงตัว และอิมัลซิไฟเออร์ในบางการทดลอง เริ่มจากการผสมนมผงขาดมันเนย เวย์โปรตีน และนม จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสนาน 3 นาที และผสมไข่แดงผงทิ้งไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส ทั้งคืน ไข่แดงผง และน้ำตาลซูโครสถูกผสมกันในระดับปริมาณที่พอเหมาะ ในการผสมกันนี้จะใช้ความร้อนต่ำ มีการคนตลอดเวลาจนกระทั่งอุณหภูมิอยู่ที่ 85 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำมาผสมกับครีมโดยปราศจากการให้ความร้อนซึ่งใช้ถาดน้ำแข็งแช่เย็นไว้ (อุณหภูมิ 20องศาเซลเซียส) แล้วนำกลิ่นวนิลลาสกัดมาผสมเป็นเวลา 1 นาที นำส่วนผสมมาเข้าเครื่องทำไอศกรีม (Il Gelataio GC5000 model, Treviso, Italy) นำไอศกรีมที่ได้บรรจุลงในภาชนะชนิดพอลิโพรไพลีน (Polypropylene) ขนาด 400 มิลลิลิตร ไอศกรีมจะถูกทำให้แข็งตัวในเครื่องแช่เยือกแข็งที่ -85±1 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที และเก็บไว้ในตู้แช่เยือกแข็งที่ -18±1 องศาเซลเซียสจนกระทั่งนำไปทดสอบ (Alfaifi and Stathopoulos.,2010)

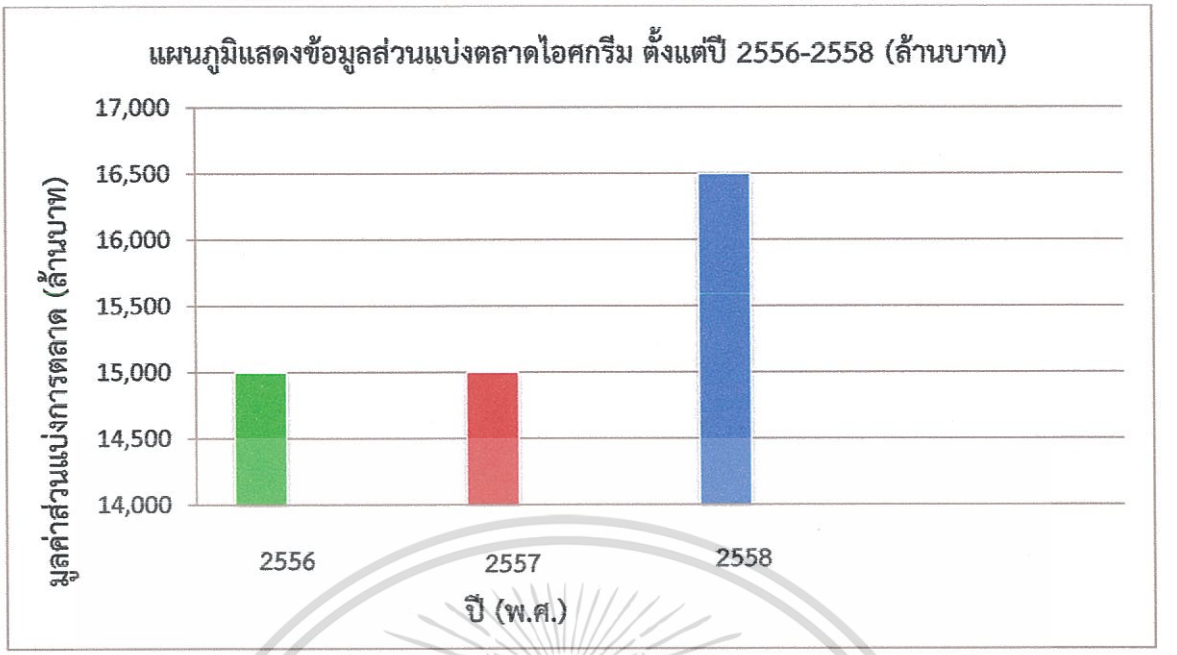
2.6 ส่วนแบ่งการตลาด

ส่วนแบ่งทางการตลาดตั้งแต่ปี 2556-2557 มีอัตราการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้น ร้อยละ 15 หรือมีมูลค่าตลาดประมาณ 15,000 ล้านบาท (Marketeer, 2556 and 2558) และยังเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2558 มีมูลค่าทางการตลาดประมาณ 15,750-16,500 ล้านบาท (Marketeer, 2558) ดังแสดงในภาพที่ 2.7 ส่วนแบ่งการตลาดไอศกรีมปี 2555 ตามกลุ่มผู้บริโภค คือ กลุ่มเด็ก 2,030 ล้านบาท , กลุ่มผู้ใหญ่ 2,327 ล้านบาท และกลุ่มอื่นๆ 288 ล้านบาท ตลาดรวม 7,491 ล้านบาท ส่วนแบ่งตลาดไอศกรีม ปี 2556 ตามกลุ่มผู้บริโภค คือ กลุ่มเด็ก 1,393 ล้านบาท , กลุ่มวัยรุ่น 1,726 ล้านบาท , กลุ่มผู้ใหญ่ 2,167 ล้านบาท และกลุ่มอื่นๆ 388 ล้านบาท และมีส่วนแบ่งตลาดไอศกรีมของไอศกรีมแบบพรีเมี่ยม 33% และ อื่นๆ 67% (Marketeer, 2556) โดยเฉลี่ยคนไทยมีอัตราการบริโภคไอศกรีมปริมาณ 2 ลิตรต่อคนต่อปี (Marketeer, 2557)



ภาพที่ 2.6 ส่วนแบ่งการตลาดไอศกรีมปี 2553 - 2555
ที่มา : ศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 ส่วนแบ่งการตลาดไอศกรีมปี 2556 - 2558
ที่มา : Marketeer (2556 and 2558)

2.7 เจลาโต้ (Gelato)

ภาพที่ 2.8 ไอศกรีมเจลาโต

ที่มา : foodnetworksolution,2559

ด้วยความเป็นเจลาโต้ ผู้คนในอิตาลีต่างก็มักจะกล่าวถึง เจลาโต้ ว่าเป็น ศิลปะที่เก่าแก่ที่สุดในการทำไอศกรีมโฮมเมด สำหรับคนอิตาลีถือเป็นงานศิลปะ โดยอาจารย์ Luciano Ferrari ได้กล่าวไว้ว่า Gelato is an ice cream but it is not a NORMAL ice cream. "Gelato is ice cream with Romance"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจลาโต้เป็นไอศกรีมสไตล์อิตาเลี่ยนที่อุดมด้วยไขมัน และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเยอะ ทำให้กลิ่นรสมีความชัดเจนและมีค่าการขึ้นฟู (overrun) น้อยประมาณ 0-10% เจลาโต้ส่วนใหญ่จะใช้ผลไม้เป็นตัวให้กลิ่นรส สูตรโดยทั่วไปจะประกอบด้วยไขมันนม 18%, นมที่ปราศจากไขมัน 7.5%, น้ำตาล 16% และ ไข่ 4% (Marshall *et al.*, 2003)

วราภา ได้กล่าวไว้ในหนังสือเรื่อง ไอศกรีมอิตาเลียนโฮมเมด ว่าเจลาโต้เป็นไอศกรีมที่ไม่มีมาตรฐานที่แน่นอน ว่าควรเป็นแบบไหน แต่เมื่อนึกถึงเจลาโต้ จะนึกถึงไอศกรีมสุดยอดความอร่อย จากประเทศอิตาลี มีทั้งที่ทำจากนมล้วนๆ ทำจากนมผสมครีม หรือทำจากนม ครีม คัสตาร์ด ไข่แดง แต่สิ่งที่บ่งบอกความเป็นเจลาโต้ที่เหมือนกัน คือ มีลักษณะเนื้อไอศกรีมที่เนียน และมีความหนืดมากกว่าไอศกรีมทั่วไป เกิดจากการที่ตีฟองอากาศเข้าไปน้อยกว่าไอศกรีมธรรมดา และเมื่อดูสัดส่วนของนมกับครีมเจลาโต้จะใช้สัดส่วนนมมากกว่าครีม ดังตัวอย่างไอศกรีมเจลาโต้พีช ซึ่งมีส่วนผสม ได้แก่ ลูกพีชแช่แข็ง น้ำมะนาว เกลือป่น นมผง น้ำตาลทราย นมสดรสจืด และวิปปิ้งครีมชนิด dairy

เจลาโต้เป็นไอศกรีมที่มีของแข็งที่ไม่รวมไขมันนม (milk solids non fat) สูง มีค่า over run หรือมีฟองอากาศในเนื้อไอศกรีมน้อย ให้ความรู้สึกข้นมันในปากมากกว่าหรือเท่ากับไอศกรีมทั่วๆไป แม้มีปริมาณไขมันเนย (butter fat) ต่ำ ประมาณร้อยละ 5-7

โดยอาจสามารถแยกความแตกต่างของไอศกรีมเจลาโต้กับไอศกรีมทั่วไปได้ดังนี้ (Luciano, 2005) เจลาโต้เป็นไอศกรีมที่มีไขมันต่ำ เจลาโต้กับไอศกรีมทั่วไป ต่างก็ผลิตจากวัตถุดิบหลักเดียวกัน เพียงแต่แตกต่างกันที่ปริมาณมากน้อยของส่วนผสมแต่ละอย่างเจลาโต้ใช้นมโคสดเป็นส่วนประกอบหลักและใช้ครีมในปริมาณที่น้อยกว่าไอศกรีมทั่วไป ซึ่งทำให้ เจลาโต้ มีไขมันต่ำอยู่ที่ประมาณ 3-8% เท่านั้น ในขณะที่ไอศกรีมทั่วไปจะมีไขมันอยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่ 10-17% ขึ้นไป แต่ถ้าเป็นไอศกรีมประเภทซอร์เบทก็จะเหมือนๆกันคือไม่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ (Fat free) เจลาโต้ มีปริมาณอากาศในเนื้อไอศกรีมน้อยโดยปริมาณอากาศนั้นเกิดขึ้นในขณะที่เครื่องปั่นไอศกรีมกำลังปั่นส่วนผสมของไอศกรีม ซึ่งจะเกิดฟองอากาศแทรกเข้าไปในส่วนผสมที่กำลังรวมตัวกลายเป็นไอศกรีมระหว่างกระบวนการปั่นและลดอุณหภูมิ โดยทั่วไป Gelato จะมีอากาศแทรกอยู่ในเนื้อไอศกรีมประมาณ 20-40% ส่วนไอศกรีมทั่วๆไปจะมีปริมาณอากาศอยู่ที่ 50-80% จุดนี้ทำให้ Gelato นั้นแตกต่างจากไอศกรีมทั่วไปอย่างชัดเจน และมีรสชาติที่เข้มข้นกว่าไอศกรีมทั่วๆไป เพราะมีอากาศแทรกตัวอยู่น้อยกว่า

เจลาโต้มีเนื้อสัมผัสที่เนียนนุ่มจุดเด่นอีกข้อหนึ่งของ เจลาโต้คือมีเนื้อสัมผัสที่เนียนนุ่ม ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้เครื่องปั่นที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับผลิต เจลาโต้ โดยเฉพาะ รวมถึงการเก็บรักษาที่ต้องควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ระดับ -18 องศาเซลเซียส โดยที่ไอศกรีมทั่วไปจะเก็บรักษาอยู่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้เนื้อไอศกรีมดูแน่นและแข็งกว่า เจลาโต้มีการตกแต่งที่สวยงาม น่าดึงดูด นอกจากนี้เจลาโต้แบบดั้งเดิมนั้นจะใช้ช้อนตักที่เรียกว่า Spatula ตักปาดลงไปในถ้วยไอศกรีมให้เต็มและพูนขึ้นมา ไม่ได้ใช้ Scoop ไอศกรีมตักแบบเป็นลูกๆอย่างที่คุ้นเคยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 มะขามหวานคละสายพันธ์ เก็บเกี่ยวปี พ.ศ. 2558 จาก บริษัท ปิ่นเพชร จำกัด อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ ประเทศไทย เนื้อมะขามหวานมีความชื้นเท่ากับ 15.87±27% มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 8.99-9.10, มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.15-3.31, ค่าสี ค่าความสว่าง (L*) 35.57±0.96, ค่าสีแดง (a*) 11.51±0.35,ค่าสีเหลือง (b*) 5.63±0.04 และมีค่า Hue angle 26.10±0.53 ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.1.1.2 เจลโลสผง จาก บริษัท ปิ่นเพชร จำกัด อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ ประเทศไทย เจลโลสผงมีสีเหลืองนวลจนถึงสีน้ำตาลอ่อน มีความชื้นเท่ากับ 7.86±22% และมีขนาดอนุภาคต่ำกว่ากว่า 80 เมช ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.1.1.3 นมพาสเจอไรซ์แบบพร่องมันเนย มีปริมาณไขมัน 4% ตรา เมจิ, บริษัท ซีพี-เมจิ จำกัด ประเทศไทย

3.1.1.4 วิปปิ้งครีม ตรา Anchor , บริษัท Fonterra ,ประเทศนิวซีแลนด์

3.1.1.5 หางนมผง ตรา Cathay dairy , ประเทศเนเธอแลนด์, แบ่งบรรจุโดย บริษัท ฟินิกซ์ โกลด์ คอนซอร์เที่ยม จำกัด 42/10 ม.6 ต.บางน้ำจืด อ.เมือง จ.สมุทรสาคร 7400

3.1.1.6 น้ำเชื่อม ความเข้มข้น 77% ตรา มิตรผล, บ. น้ำตาลมิตรผล จำกัด, ประเทศไทย

3.1.1.7 เกลือ ตรา ปรุงทิพย์, บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด, ประเทศไทย

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 Isopropyl alcohol (W-TECH, Thailand)

3.1.2.2 Sulfuric acid (V.S.Chem House, Thailand)

3.1.2.3 Potassium sulfate (Carlo Erba Reagenti, Italy)

3.1.2.4 Sodium hydroxide (Carlo Erba Reagenti, Italy)

3.1.2.5 Hydrochloride acid (Mallinckrodt Chemicals, Thailand)

3.1.2.6 Acetone (Labscan, Thailand)

3.1.2.7 Copper (II) Sulphate (Carlo Erba Reagenti, Italy)

3.1.2.8 Boric acid (Merck, Germany)

3.1.2.9 n-Octanol (Veevees Trade Impex, India)

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องทำไอศกรีม (Nemox,Creaserie, Gelato 5K, Italy)

3.2.2 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (AND, GF-3000, Japan)

3.2.3 เครื่องแช่เย็น (Whirlpool, SF-C995 GYN, Thailand)

3.2.4 เครื่องตีปั่นผสม (Imarflex, IF-317, Thailand)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.2.5 ตู้อบลมร้อน (Path OV663, Thailand)

3.2.6 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร(Crude fiber analysis, Model FIWE, Italy)

3.2.7 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาโปรตีน (Kjedhal distillation) (Gerhardt, Bonn, Denmark)

3.2.8 เตาเผา (Muffle furnace) (Model CWF1200, Carbolite, England)

3.2.9 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาไขมัน (Soxtherm) (Gerhardt, Bonn, Denmark)

3.2.10 เครื่องวัดสี Chroma Meter (Konica Minolta, CR-400, Thailand)

3.2.11 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA-XT2i, England)

3.2.12 เครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Viscosity, Brookfield Viscosimeter DV-III, United State)

3.2.13 เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH meter, Mettler Toledo, Thailand)

3.2.14 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Digital Hand Refractometer, Atago, Japan)

3.3 สถานที่ดำเนินการทดลอง

3.3.1 ห้องปฏิบัติการ และอาคารแปรรูป 1 คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 การศึกษาการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

การศึกษาอิทธิพลของเจลโลสในการทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัว ในการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน (ตามแผนผังการผลิตที่แสดงในภาพที่ 3.1 โดยใช้สูตรดัดแปลงของวราภา (2558) ดังที่แสดงในตารางที่ 3.1) จัดสิ่งทดลองแบบ 2x3 Factorial in Completely Randomized Design (CRD)

โดยมี ปัจจัยที่ 1. เป็นปริมาณเจลโลส 1% และ 2% (โดย นน./นน.ส่วนผสมหลัก โดยนน.แห้ง)

ปัจจัยที่ 2. เป็นปริมาณของเนื้อมะขามหวาน

มี 3 ระดับ คือ 15%
25%
35%

} (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก)

ในการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานเริ่มต้นจากการนำนมพาสเจอไรซ์ชนิดพร่องมันเนย, วิปปิ้งครีม, เกลือป่น และ หางนมผง มาผสมกัน จากนั้นนำไปให้ความ ร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ในอ่างน้ำร้อนจากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ส่วนผสมแบ่งออกมาประมาณ 150 กรัม เพื่อนำมาต้มกับเนื้อมะขามที่เตรียมไว้ โดยต้มเพื่อให้เนื้อมะขาม มีความอ่อนตัวลงที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และนำส่วนที่เหลือของนมไปเทไว้ใน เครื่องปั่นละเอียด (Blender) เพื่อเตรียมปั่นผสมต่อไป จากนั้นเตรียมเจลโลสผงซึ่งเป็นสารให้ความคงตัว โดยนำไปละลาย น้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเครื่องปั่นละเอียดเป็นเวลา 10 นาที เมื่อส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จึงใส่น้ำเชื่อมลงไป และปั่นต่ออีกประมาณ 2 นาที นำไปวิเคราะห์หาความหนืดของของผสม (ก่อนการบ่ม) ด้วยเครื่อง Brookfield DV-III ตามหัวข้อ 3.5.1.5 จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง นำมาเข้าเครื่องทำไอศกรีม(Nemox) เป็นระยะเวลาประมาณ 22 นาที แล้วถ่ายลงในถ้วยภาชนะบรรจุ ชนิด (PE) นำไปเก็บในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปตรวจสอบคุณลักษณะของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

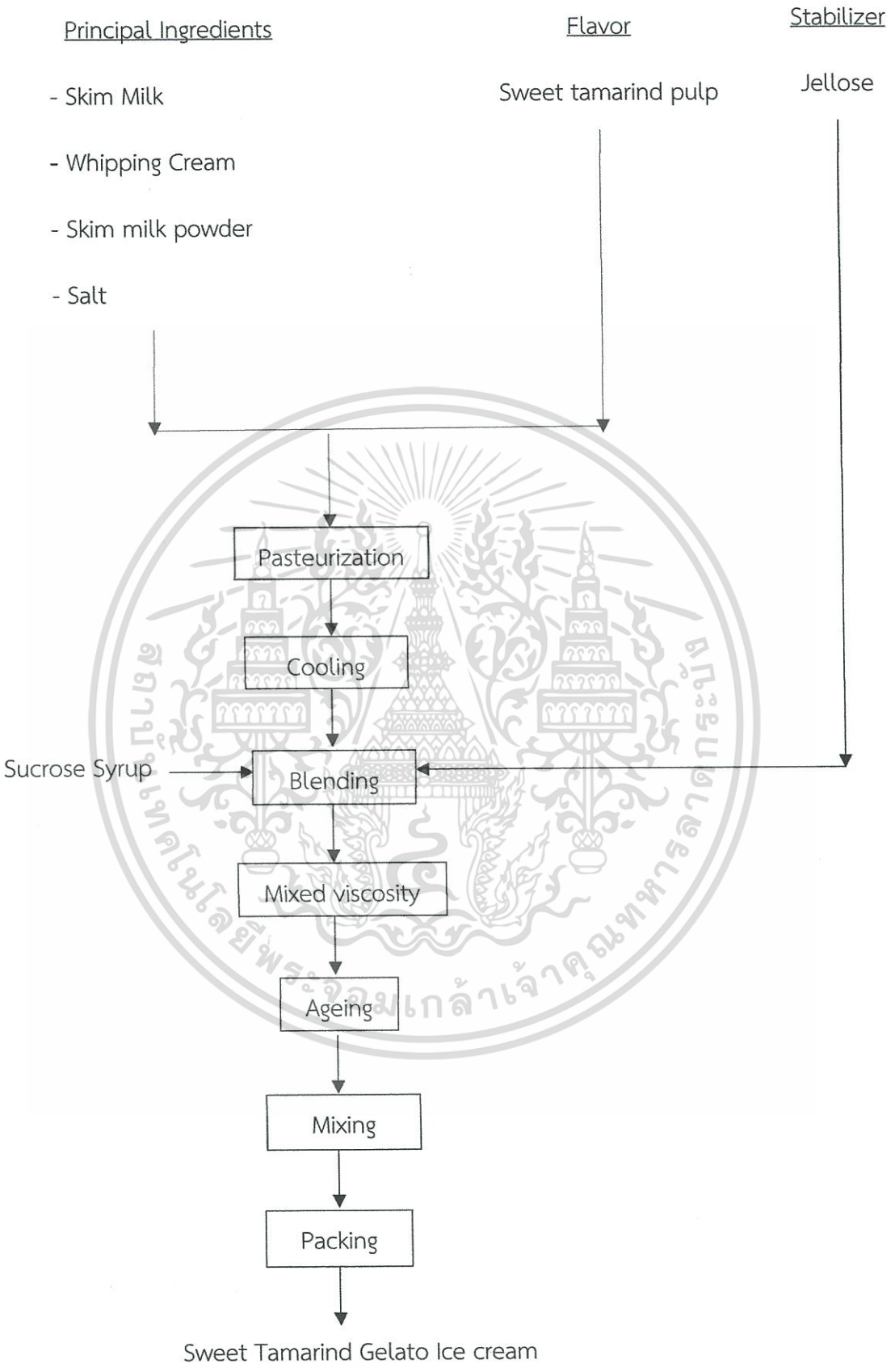
148882

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมหลักในการทำไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

ส่วนผสมหลัก	ปริมาณ (กรัม)
1. นมพาสเจอไรซ์แบบพร่องมันเนย	200
2. วิปปิ้งครีม	100
3. น้ำเชื่อม	70
4. เกลือป่น	0.25
5.หางนมผง	10
น้ำหนักรวมส่วนผสมหลัก	380.25

ที่มา : ดัดแปลงจาก วราภา (2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แผนผังการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การตรวจสอบคุณลักษณะของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

ในการตรวจสอบคุณลักษณะของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานนั้น ทำการตรวจสอบคุณลักษณะทั้งหมด 4 ด้าน คือ ด้านกายภาพ, ด้านประสาทสัมผัส, ด้านเคมี และด้านเชื้อจุลินทรีย์

ในการตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านกายภาพของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน ใช้แผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมัน 95% ($p<0.05$) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Ducan multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) และ3D sacatter plot ด้วยใช้โปรแกรม SPSS version 23.0 (License for King Mongkuts Institute Of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand) สำหรับการคำนวณหาสมการเส้นตรง (Linear Regression Equation) โดยใช้โปรแกรม Design Expert version 7.0 (Trial2 : ระยะเวลา 8 พฤษภาคม – 22 มิถุนายน 2559

3.5.1 การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

3.5.1.1 การตรวจสอบอัตราการละลาย

การตรวจสอบคุณลักษณะในการละลายของไอศกรีมโดยดัดแปลงวิธีการของ El-Nagar *et al.*, (2002) โดยไอศกรีมน้ำหนัก 40 กรัม นำไอศกรีมลงบนกรวยกรองที่มีตาข่ายขึงอยู่ โดยมีกระบอกตวงมรองรับไอศกรีม ทำการละลายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 60 นาที โดยตรวจดูปริมาณไอศกรีมที่ละลายลงในกระบอกตวงทุกๆ โดยทำการทดลองทั้งหมดสามซ้ำ

3.5.1.2 การตรวจสอบการขึ้นฟู

ค่าของปริมาณที่เพิ่มขึ้นของไอศกรีมโดยดัดแปลงวิธีการของ Arbuckle.,(1986) เนื่องจากปริมาตรอากาศที่เพิ่มขึ้นของส่วนผสมการที่ ปริมาตร อากาศเพิ่มขึ้นเกิดจากขณะปั่นไอศกรีมมีการผสมอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีม การผสมอากาศจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของส่วนผสมหากอากาศมากเกินไปไอศกรีมจะเบาโปร่งไม่น่ารับประทาน แต่ถ้าหากมีอากาศมากเกินไปเนื้อจะแน่นหรือหนัก โดยวัดปริมาตรของไอศกรีมก่อนปั่นโดยอ่านค่าจากบีกเกอร์ตวง นำบีกเกอร์ใบเดิมมาใส่ไอศกรีมที่ปั่นเสร็จแล้วเพิ่มดูปริมาตรของไอศกรีมที่ฟูมากขึ้นจากเดิม และอ่านค่าที่ได้ แล้วคำนวณหาการขึ้นฟูตามสูตรด้านล่าง โดยทำการทดลองทั้งหมดสามซ้ำ

$$\text{การขึ้นฟู} = \frac{\text{ปริมาตรไอศกรีมหลังปั่น} - \text{ปริมาตรไอศกรีมก่อนปั่น}}{\text{ปริมาตรไอศกรีมก่อนปั่น}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.3 การวัดค่าความแข็ง

การตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านความแข็งโดยดัดแปลงวิธีการของAlfaifi and Stathopoulos (2010) เราจะใช้เครื่อง Texture Analyzer,TA-Xi 2 โดยต้องรักษาอุณหภูมิของไอศกรีมให้ได้ที่ -10 องศาเซลเซียส จะทดสอบที่ 3 ตำแหน่งที่ผิวหน้าของไอศกรีม ใช้หัว 2 mm diameter Stainless Steel cylinder probe (P/2) โดยจะใช้เวลาทั้งหมด 5 วินาที โดยตั้งค่าเครื่อง Texture ที่ Mode: Compression, Pre-test speed: 1.0 mm/s, Test Speed:2.4 mm/s, Post-test speed: 7.0 mm/s, Target mode:Distance 10 mm, Trigger type:Auto – 20 g และ Data Acquisition Rate:200 pps โดยทำการทดลองทั้งหมดเก้าซ้ำ

3.5.1.4 การตรวจวัดสี

ตรวจสอบวัดค่าสีของไอศกรีมเจลาโต้จากมะขามหวานโดยวิธีการของ Herald *et al.*,(2008) ใช้เครื่องวัดสี Chroma Meter (CR- 400) ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง (L*), ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) และนำมา คำนวณค่า Hue angle โดยคำนวณจากสูตร Hue angle = $\tan^{-1}(b^{*}/a^{*})$ โดยทำการทดลองทั้งหมดสามซ้ำ

3.5.1.5 การวัดค่าความหนืดของของผสม (ก่อนการบ่ม)

ตรวจสอบค่าความหนืดของของผสม (ก่อนการบ่ม)โดยดัดแปลงวิธีการของ Muse and Hartel (2004) โดยใช้เครื่องวัดความหนืด Brookfield DV-III โดยนำตัวอย่างใส่ในsmall sample ขนาด 15 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 8±1 องศาเซลเซียส วัดความหนืดโดยกำหนดค่า Torque ที่ 80 % ขึ้นไป โดยบันทึกค่าความหนืดที่อ่านได้ในหน่วย centi-point (cP)

3.5.2 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน (Organoleptic Test)

นำไอศกรีมเจลาโต้มะขามทั้ง 6 การทดลองมาทดสอบโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point Hedonic scale) (เมื่อคะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 9 คือ ชอบมากที่สุด) และ การวัดความพอดีดูจากลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการชิมแบบ (Just about right : JAR) โดยให้ผู้ชิมเลือก “not enough” หรือ “enough” หรือ “too much”ในแต่ละคุณลักษณะ โดยมีผู้ทดสอบชิมจำนวน 90 คน โดยทดสอบคุณลักษณะทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความหนืด และความชอบโดยรวม

ขั้นตอนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน วิเคราะห์ผลทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized complete Block Design) โดยให้ผู้ชิมเป็น Block เนื่องจากผู้ทดสอบไม่ได้ผ่านการฝึกฝน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย วิธี Ducan multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) เพื่อเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบการยอมรับมากที่สุด โดยใช้โปรแกรม SPSS version 23.0 (License for King Mongkuts Institute Of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand) เพื่อใช้ในการสรุปสูตรไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่ดีที่สุด และนำไปทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และทำการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

นำตัวอย่างไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดจากหัวข้อที่ มาทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน ดังนี้

3.5.3.1 ปริมาณความชื้น (moisture, %) (AOAC.,1995)

3.5.3.2 ปริมาณเถ้า (ash, %) (AOAC.,1995)

3.5.3.3 ปริมาณไขมัน (fat, %) (AOAC.,1995)

3.5.3.4 ปริมาณโปรตีน (protein, %) (AOAC.,1995)

3.5.3.5 ปริมาณเส้นใย (crud fiber, %) (AOAC.,1995)

3.5.3.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (total carbohydrate, %) คำนวณจาก 100% ลบด้วยปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน และโปรตีน

3.5.4 การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

ทำการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์โดยใช้วิธีการของ AOAC.,(2000) ได้แก่ การตรวจสอบหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ด้วยวิธี Total plate count โดยใช้เทคนิค Pour plate ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้จากมะขามหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์

ผลจากการตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน มีผลการตรวจสอบทั้งหมด 4 ด้าน คือ ทางด้านกายภาพ ด้านประสาทสัมผัส ด้านเคมี และด้านจุลินทรีย์ ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

4.1.1 ผลการศึกษาอัตราการละลายของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน แสดงดังตารางที่ 4.1

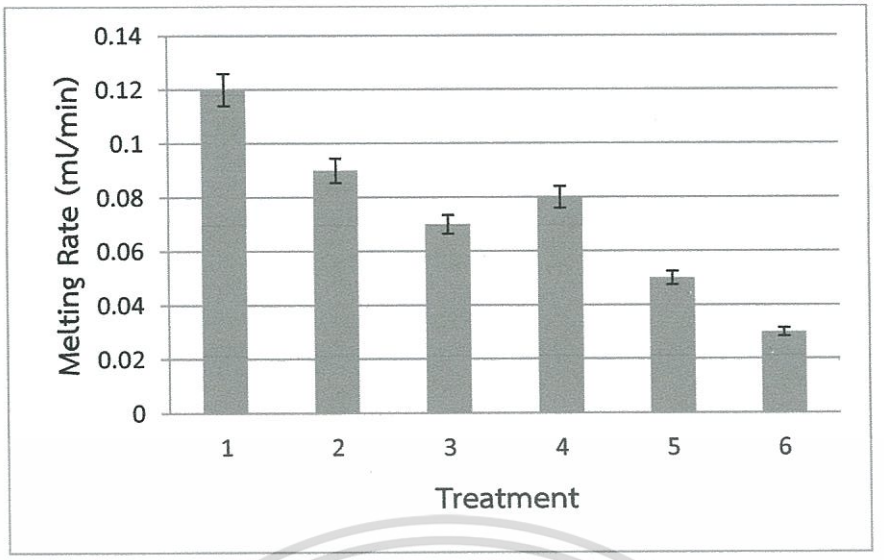
อัตราการละลายของไอศกรีมมีความสำคัญมากกับไอศกรีม เนื่องจากการที่ผลิตภัณฑ์ละลาย อย่างรวดเร็วไม่เป็นที่พึงปรารถนาของผู้บริโภค Marshall *et al.*,(2003) ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพด้านคุณสมบัติการละลายของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน แสดงผลในรูปปริมาตรต่อเวลา (มล./นาที) ในเทอมของอัตราการละลายพบว่าค่าอัตราการละลายของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานในแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ โดยที่ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่เติมปริมาณเจลโลสและปริมาณเนื้อมะขามหวานเพิ่มขึ้น จะทำให้ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานมีค่าอัตราการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานในการทดลองที่ 6 ที่ใช้ปริมาณเจลโลส 2% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) และปริมาณเนื้อมะขามหวาน 40% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก) โดยมีค่าอัตราการละลาย 0.03±0.00 มล./นาที ดังแสดงในตาราง ที่ 4.1 และที่ภาพ 4.1 ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานผลของ Bolliger *et al.*,(2000) พบว่าไอศกรีมที่มีระดับความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวน้อย จะทำให้มีอัตราการละลายที่เร็วกว่า ส่วน Hartel *et al.*,(2003) รายงานว่าไอศกรีมที่ใช้สารให้ความคงตัวในปริมาณมากๆ จะป้องกันการไหล(flow)ของส่วนที่จะละลายของไอศกรีม และทำให้การละลายลดลง

ตารางที่ 4.1 อัตราการละลายของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

การทดลองที่	เจลโลส (% นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง)	เนื้อมะขามหวาน (% นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.เปียก)	อัตราการละลาย (มิลลิลิตร/นาที)
1	1%	15%	0.12 ± 0.00^{e}
2	1%	25%	0.09 ± 0.00^{d}
3	1%	35%	0.07 ± 0.01^{c}
4	2%	15%	0.08 ± 0.01^{c}
5	2%	25%	0.05 ± 0.00^{b}
6	2%	35%	0.03 ± 0.00^{a}

หมายเหตุ : ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 กราฟอัตราการละลายของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการละลายกับปัจจัยที่ศึกษาคือ ปริมาณเจลโลส ปริมาณเนื้อมะขามหวาน และอันตรกิริยา(interaction)ระหว่างปริมาณเจลโลสกับปริมาณเนื้อมะขามหวาน ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Correlation Coefficient) พบว่าเมื่อใช้ปริมาณเจลโลสและปริมาณเนื้อมะขามหวานเพิ่มขึ้น จะทำให้ไอศกรีมมีความคงตัวเพิ่มมากขึ้น โดยที่มีอัตราการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการละลาย กับปริมาณเจลโลส ปริมาณเนื้อมะขามหวาน และ อันตรกิริยา(interaction) ระหว่างปริมาณเจลโลสกับปริมาณเนื้อมะขามหวานมีค่าเท่ากับ -0.736^{**} , -0.664^{**} และ -0.965^{**} ตามลำดับที่ $p<0.01$ ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของอัตราการละลายของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

	ปัจจัย		
	ปริมาณเจลโลส	ปริมาณเนื้อมะขามหวาน	ปริมาณเจลโลส*ปริมาณเนื้อมะขามหวาน
อัตราการละลาย	-0.736^{**}	-0.664^{**}	-0.965^{**}

หมายเหตุ : 1. ** หมายถึง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$

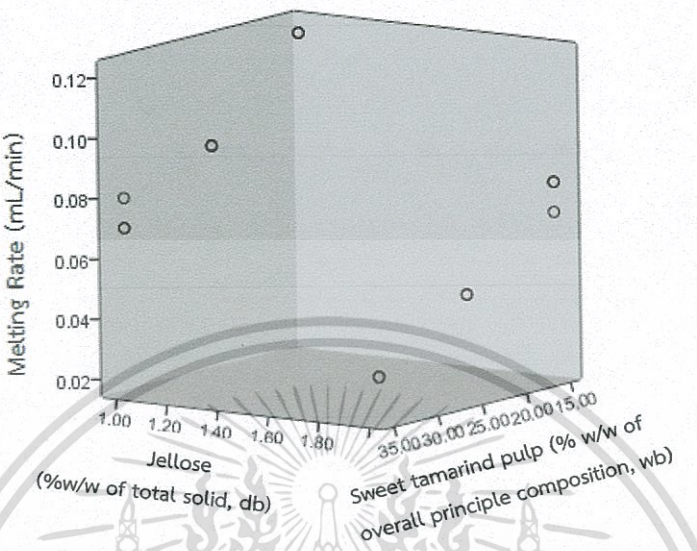
2. คำนวณจากข้อมูลทั้งหมด(N) 18 ข้อมูล

จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณทางสถิติในรูปของสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) จะได้สมการอัตราการละลายของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานดังนี้

$$Y = 0.20833 - 0.042222\ X_1 - 3.07143E\text{-}003\ X_2 \quad (R^2 = 0.99)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟ 3D-Scatter plot จะได้กราฟดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 กราฟ 3D scatter plot ของอัตราการละลายของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

4.1.2 ผลการศึกษาการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานโดยแสดงดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3

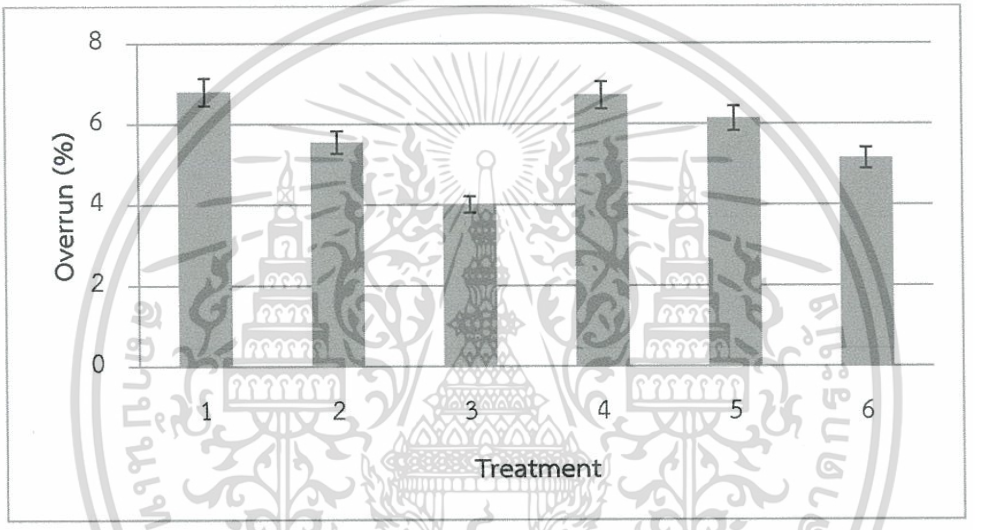
ตารางที่ 4.3 การขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

การทดลองที่	เจลโลส (% นน./นน.ส่วนผสมหลักโดย นน.แห้ง)	เนื้อมะขามหวาน (% นน./นน.ส่วนผสมหลัก โดย นน.เปียก)	การขึ้นฟู (%)
1	1%	15%	6.72 ± 0.08^{a}
2	1%	25%	5.55 ± 0.20^{bc}
3	1%	35%	4.01 ± 0.39^{d}
4	2%	15%	6.80 ± 0.61^{a}
5	2%	25%	6.14 ± 0.50^{ab}
6	2%	35%	5.16 ± 0.61^{c}

หมายเหตุ : ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน ในแนวตั้ง แสดงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการศึกษาการขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน โดยแสดงผลการทดลองในรูปของค่าเปอร์เซ็นการขึ้นฟู พบว่าในแต่ละการทดลองของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ พบว่าไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานในการทดลองที่ 1 และ 4 ที่มีปริมาณเนื้อมะขามหวาน 15 % (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก) โดยมีปริมาณเจลโลสที่1% และเจลโลส 2% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) ตามลำดับ มีค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานสูงที่สุด โดยไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิตที่ $p<0.05$ ซึ่งมีค่าการขึ้นฟู เท่ากับ 6.72 ± 0.08 % และ 6.80 ± 0.61 % ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3 โดยค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามมีความสอดคล้องกับการรายงานของ Marshall *et al.*,(2003) ว่าไอศกรีมเจลาโต้จะมีเปอร์เซ็นของการขึ้นฟูประมาณ 0-10% หรือไม่มีค่าการขึ้นฟูเลย แต่ในขนาดที่ไอศกรีมโดยทั่วไปมีค่าการขึ้นฟูประมาณ 50-60% Muse and Hartel (2003)



ภาพที่ 4.3 กราฟการขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างการขึ้นฟูกับปัจจัยที่ศึกษาคือ ปริมาณเจลโลส ปริมาณเนื้อมะขามหวาน และอันตรกิริยา(interaction)ระหว่างปริมาณเจลโลสกับปริมาณเนื้อมะขามหวาน ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าปริมาณเจลโลสและอันตรกิยาระหว่างปริมาณเจลโลสและปริมาณเนื้อมะขามหวานไม่มีผลต่อการขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน แต่ปริมาณเนื้อมะขามหวานมีผลต่อการขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน พบว่าหากเพิ่มปริมาณเนื้อมะขามหวานมากขึ้นค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าการขึ้นฟูเท่ากับ -0.860^{**} ที่ $p<0.01$ แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์การขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

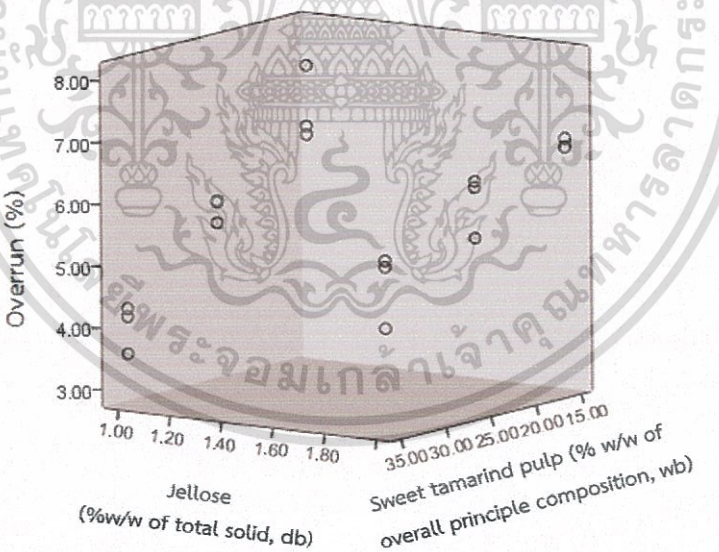
	ปัจจัย		
	ปริมาณเจลโลส	ปริมาณเนื้อมะขามหวาน	ปริมาณเจลโลส*ปริมาณเนื้อมะขามหวาน
การขึ้นฟู	0.266^{ns}	-0.860^{**}	-0.346^{ns}

หมายเหตุ : 1. ** หมายถึง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$
2. คำนวณจากข้อมูลทั้งหมด(N) 18 ข้อมูล

จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณทางสถิติในรูปของสมการถดถอยเชิงเส้นจะได้สมการการขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานดังนี้

$$Y = 8.10833+0.54889\ X_1 -0.13721\ X_2\ (R^2 =0.76)$$

และเมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟ 3D-Scatter plot จะได้กราฟดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 กราฟ 3D scatter plot แสดงข้อมูลของการขึ้นฟูต่อสูตรไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการศึกษาความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5

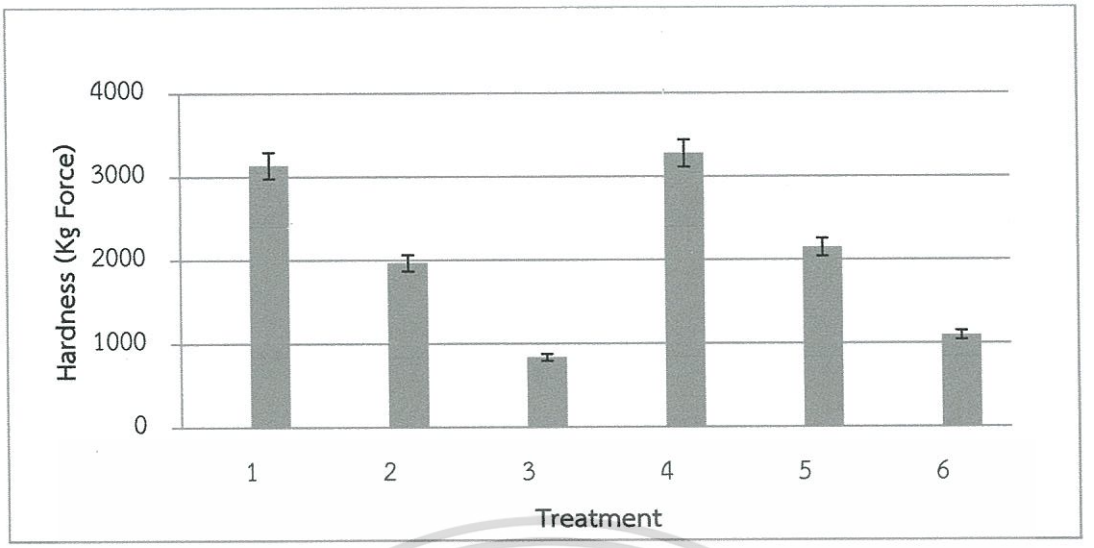
ตารางที่ 4.5 ความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

การทดลองที่	เจลโลส (% นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.แห้ง)	เนื้อมะขามหวาน (% นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.เปียก)	ความแข็ง (กิโลกรัมแรง)
1	1%	15%	3136.22 ± 24.08^{e}
2	1%	25%	1967.87 ± 25.97^{c}
3	1%	35%	836.86 ± 27.09^{a}
4	2%	15%	3277.54 ± 18.08^{f}
5	2%	25%	2148.51 ± 27.84^{d}
6	2%	35%	1096.20 ± 24.64^{b}

หมายเหตุ : ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน ค่าความแข็งของไอศกรีมวัดได้จากความสามารถในการต้านทานแรงกดเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ โดยค่าความแข็งจะขึ้นกับการขึ้นฟู, ขนาดของผลึกน้ำแข็ง, เฟสน้ำแข็ง, ปริมาณน้ำแข็ง และความคงตัวของไขมัน Muse and Hartel (2004) ผลค่าความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน พบว่าในแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p <0.05$ โดยเปรียบเทียบความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่มีการใส่ปริมาณเจลโลสระหว่าง 1% และ2% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) พบว่าจะมีความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p <0.05$ และในการใส่ปริมาณเนื้อมะขามหวานทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น พบว่า ยิ่งเพิ่มปริมาณเนื้อมะขามหวานมากขึ้น ความแข็งจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p <0.05$ เนื่องจากเนื้อมะขามหวานเป็นแหล่งของกรดธรรมชาติถึง 98% โดยกรดนั้นคือ กรดทาทาริก Sirgh *et al.*, (2007) กรดทาทาริกจากเนื้อมะขามหวานจะทำให้โปรตีนของนมและครีมที่ใช้ในส่วนประกอบหลักของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานเกิดการเสียสภาพไป จึงเป็นเหตุผลว่าการเพิ่มปริมาณเนื้อมะขามหวาน จะส่งผลให้ค่าความแข็งลดลง ดังนั้นผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพทางด้านความแข็งปริมาณเจลโลสและปริมาณเนื้อมะขามหวานมีความสัมพันธ์แบบผกผันกันต่อความแข็ง โดยในการทดลองที่ 4 มีปริมาณเจลโลส 2% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) และเนื้อมะขามหวาน 20%(นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก) มีค่าความแข็งมากที่สุดเท่ากับ 3277.5 ± 18.08 ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5 – 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 กราฟความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งกับปัจจัยที่ศึกษาคือ ปริมาณเจลโลส ปริมาณเนื้อมะขามหวาน และอันตรกิริยา(interaction)ระหว่างปริมาณเจลโลสกับเนื้อมะขามหวาน ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าปริมาณเจลโลสไม่มีผลต่อความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน แต่ปริมาณเนื้อมะขามหวานและอันตรกริยาระหว่างปริมาณเจลโลสและปริมาณเนื้อมะขามหวานมีผลทำให้ความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าความแข็งเท่ากับ -0.994^{**} และ -0.598^{**} ตามลำดับ ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานกับปัจจัย

	ปัจจัย		
	ปริมาณเจลโลส	ปริมาณเนื้อมะขามหวาน	ปริมาณเจลโลส*ปริมาณเนื้อมะขาม
ความแข็ง	0.105^{ns}	-0.994^{**}	-0.598^{**}

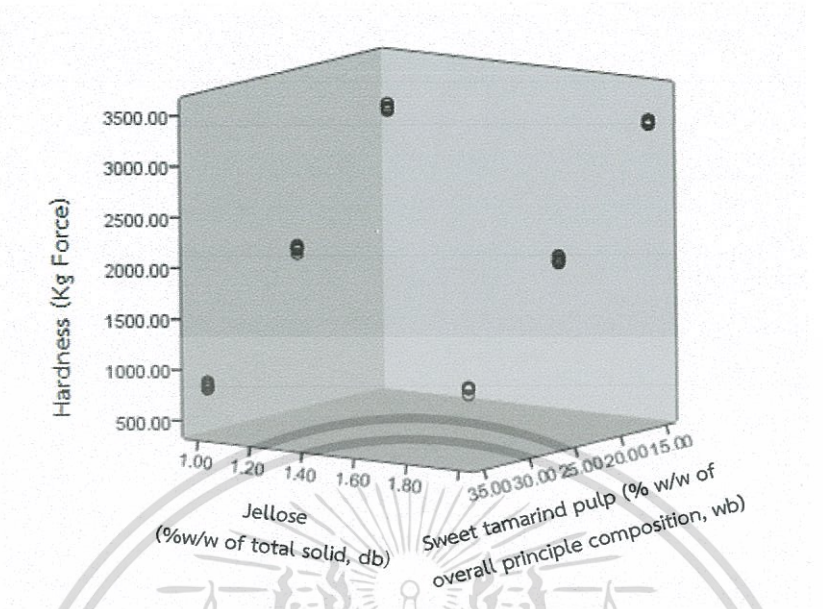
หมายเหตุ : 1. ** หมายถึง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$
2. คำนวณจากข้อมูลทั้งหมด(N) 54 ข้อมูล

จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณทางสถิติในรูปของสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) จะได้สมการความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานดังนี้

$$Y = 4586.92405+193.80126X_1 -112.01768X_2 \ (R^2 = 0.99)$$

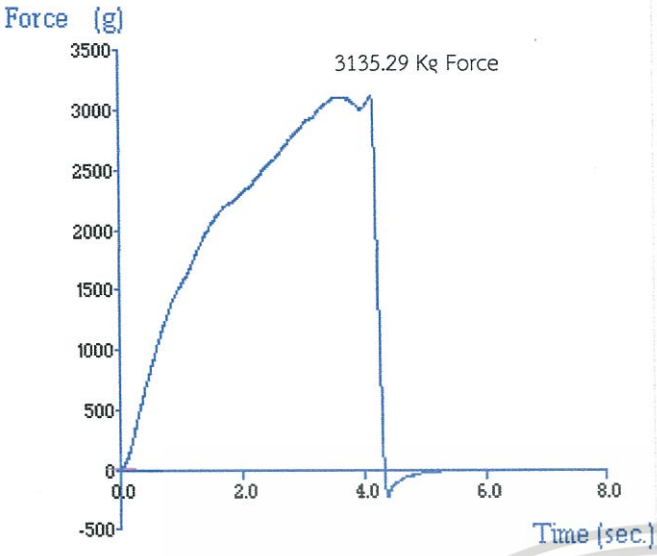
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟ 3D-Scatter plot จะได้กราฟดังภาพที่ 4.6

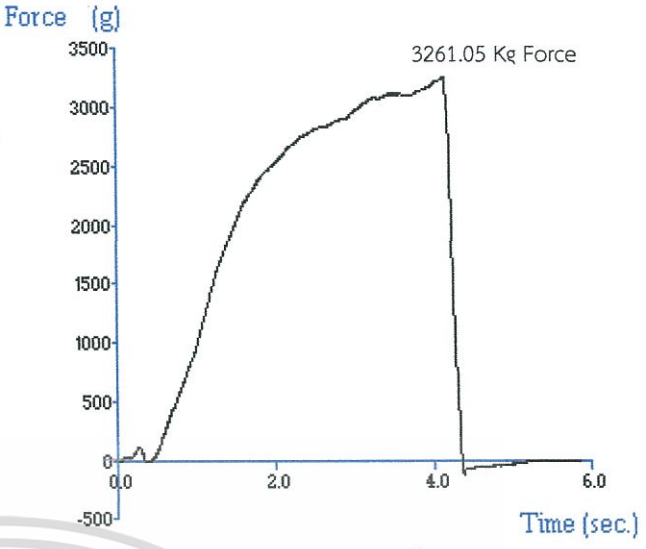


ภาพที่ 4.6 กราฟ 3D scatter plot ของความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

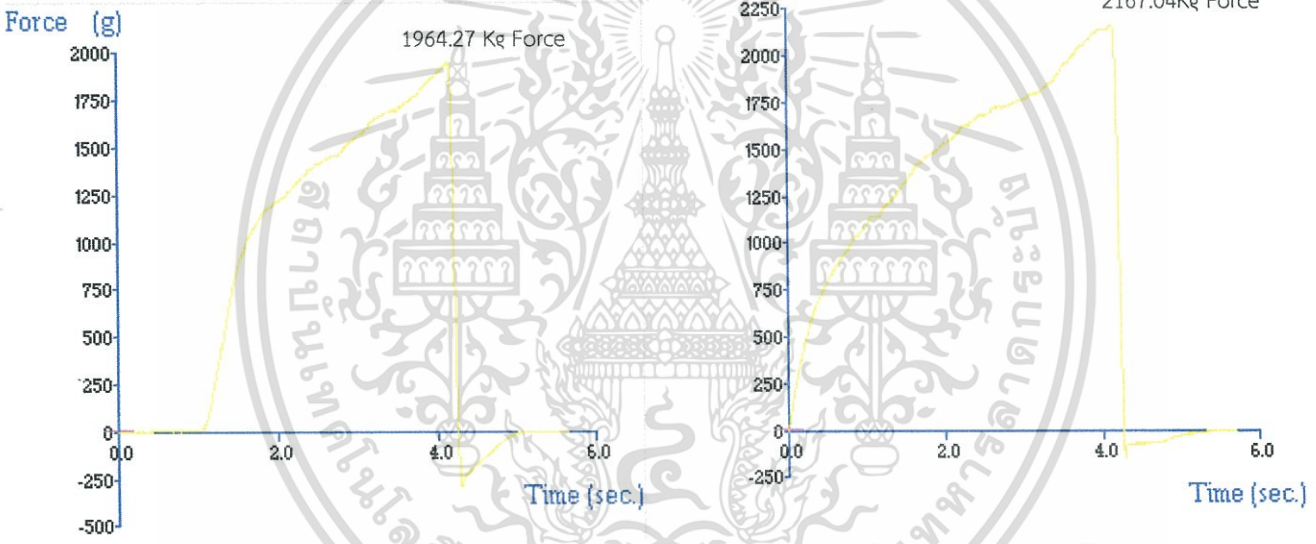
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การทดลองที่ 1 เจลโลส 1% เนื้อมะขามหวาน 15%

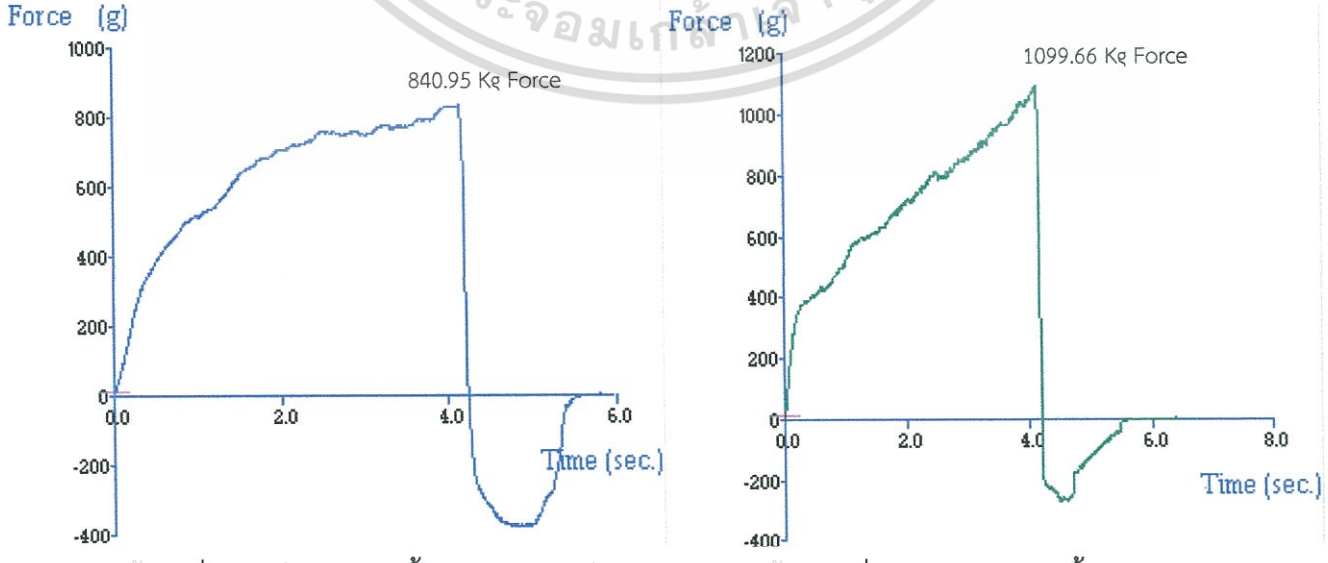


การทดลองที่ 4 เจลโลส 2% เนื้อมะขามหวาน 15%



การทดลองที่ 2 เจลโลส 1% เนื้อมะขามหวาน 25%

การทดลองที่ 5 เจลโลส 2% เนื้อมะขามหวาน 25%



การทดลองที่ 3 เจลโลส 1% เนื้อมะขามหวาน 35%

การทดลองที่ 6 เจลโลส 2% เนื้อมะขามหวาน 35%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความแข็งของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานของการทดลองที่1-6

4.1.4 ผลการศึกษาค่าสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 คุณลักษณะทางกายภาพด้านสีของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

การทดลองที่	เจลโลส (% นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง)	เนื้อมะขามหวาน (% นน./นน.ส่วนผสมหลักมโดย,นน.เปียก)	L*	a*	b*	Hue angle
1	1%	15%	68.13 ± 3.36^{b}	4.54 ± 0.27^{a}	17.71 ± 1.03^{a}	77.25 ± 2.65^{c}
2	1%	25%	64.09 ± 3.03^{ab}	6.82 ± 0.56^{b}	20.21 ± 1.75^{bc}	71.69 ± 1.48^{ab}
3	1%	35%	60.53 ± 2.86^{a}	8.04 ± 0.56^{c}	20.59 ± 0.12^{c}	68.16 ± 3.16^{a}
4	2%	15%	68.48 ± 2.93^{b}	5.03 ± 0.65^{a}	18.22 ± 0.41^{ab}	74.57 ± 1.94^{bc}
5	2%	25%	64.87 ± 2.56^{ab}	6.77 ± 0.10^{b}	20.53 ± 0.84^{c}	71.71 ± 0.95^{ab}
6	2%	35%	61.89 ± 2.97^{a}	7.71 ± 0.20^{c}	20.97 ± 1.65^{c}	69.71 ± 2.01^{a}

หมายเหตุ : ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ค่า L* แสดงถึงค่าความสว่าง 0 ถึง 100

(+ a*) แสดงถึงค่าสีแดง (- a*) แสดงถึงค่าสีเขียว

(+ b*) แสดงถึงค่าสีเหลือง (- b*) แสดงถึงค่าสีน้ำเงิน

จากผลการวิเคราะห์คุณลักษณะด้านสีของไอศกรีมเจลาโต้มะขาม แสดงผลเป็นค่า L* (ค่าความสว่าง) ค่า a* (ค่าความเป็นสีแดง) และค่า b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) พบว่าในแต่ละการทดลองของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ โดยไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่เติมปริมาณเนื้อมะขามเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง (L*) จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าไอศกรีมเจลโต้ที่มีปริมาณเนื้อมะขามหวาน 15% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก) ในทั้งสองระดับความเข้มข้นของเจลโลสที่ 1% และ2%(นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) ตามลำดับ มีค่า ความสว่าง(L*) สูงสุด โดยไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.9

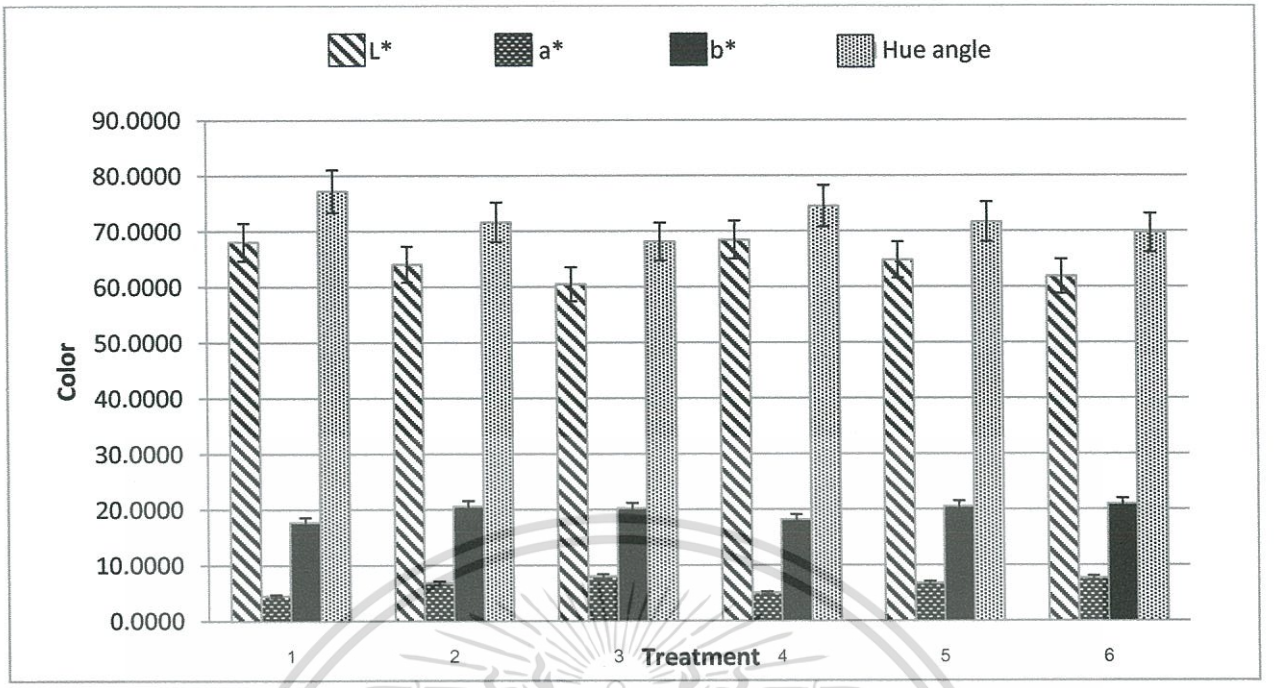
การเพิ่มปริมาณเนื้อมะขามหวานมีผลทำให้ค่าสีแดง (a*) ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่$p<0.05$ ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่มีปริมาณเนื้อมะขาม 35% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก) ในทั้งสองระดับความเข้มข้นของเจลโลสที่ 1% และ2% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก, โดยนน.แห้ง) มีค่า สีแดง (a*) สูงสุด โดยไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.9

ค่าสีเหลือง (b*) ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน มีความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ โดยการทดลองที่6 มีค่าสีเหลืองสูงที่สุด เท่ากับ20.97 ± 1.652 แต่ไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติกับการทดลองที่ 3 และ 5 ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.9

เมื่อเติมปริมาณเนื้อมะขามหวานเพิ่มขึ้นทำให้ค่า Hue angle ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ โดยที่ปริมาณเนื้อมะขามหวานที่ 35%(นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก) ในทั้งสองระดับความเข้มข้นของเจลโลสที่ 1% และ2%(นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) มีค่า Hue angle น้อยที่สุดโดยไม่แตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.9

จากผลการที่ได้พบว่าเมื่อใส่ปริมาณเนื้อมะขามหวานเพิ่มมากขึ้น ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานจะมีค่าสีแดงและสีเหลือง มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าความสว่างและ Hue angle มีค่าแนวโน้มลดลง เนื่องจากตัวเนื้อมะขามหวานมีสีน้ำตาลเข้ม (Rust-coloured) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของเนื้อมะขามหวาน Singh *et al.*, (2007) ทำให้ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานมีสีน้ำตาลดังในรูป ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 กราฟค่าความสว่าง (L*), ค่าสีแดง (a*),ค่าสีเหลือง และค่า Hue angle ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง(L*) ,ค่าสีแดง (a*) , ค่าสีเหลือง (b*) และค่า Hue angle กับปัจจัยที่ศึกษาคือ ปริมาณเจลโลส ปริมาณเนื้อมะขามหวาน และอันตรกิริยา (interaction)ระหว่างปริมาณเจลโลสกับปริมาณเนื้อมะขามหวาน ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าความสว่าง(L*) พบว่าปริมาณเจลโลสและอันตรกริยา(interaction)ระหว่างปริมาณเจลโลสและเนื้อมะขามหวานไม่มีผลต่อค่าความสว่าง(L*)ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน แต่ปริมาณเนื้อมะขามหวานมีผลทำให้ค่าความสว่าง(L*)ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าความสว่าง(L*)เท่ากับ - 0.761

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าสีแดง (a*) พบว่าปริมาณเจลโลสไม่มีผลต่อค่าสีแดง (a*) ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน แต่ปริมาณเนื้อมะขามหวานและอันตรกริยา(interaction)ระหว่างปริมาณเจลโลสและเนื้อมะขามหวานมีผลทำให้ค่าสีแดง (a*) ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าสีแดง (a*) เท่ากับ 0.940** และ 0.622** ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าสีเหลือง (b*) พบว่าปริมาณเจลโลสไม่มีผลต่อค่าสีเหลือง (b*) ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน แต่ปริมาณเนื้อมะขามหวานและอันตรกริยา(interaction)ระหว่างปริมาณเจลโลสและเนื้อมะขามหวานมีผลทำให้ค่าสีเหลือง (b*) ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าสีแดง (b*) เท่ากับ 0.685** และ 0.564* ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า Hue angle พบว่าปริมาณเจลโลสไม่มีผลต่อค่า Hue angle ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน แต่ปริมาณเนื้อมะขามหวานและอันตรกริยา(interaction)ระหว่างปริมาณเจลโลสและปริมาณเนื้อมะขามหวานมีผลทำให้ค่า Hue angle ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าHue angle เท่ากับ -0.818** และ-0.538* ตามลำดับ ดังที่แสดงข้อมูลทั้งหมดไว้ในตาราง 4.8 ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในค่าความสว่าง(L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) และค่าสี Hue angleของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

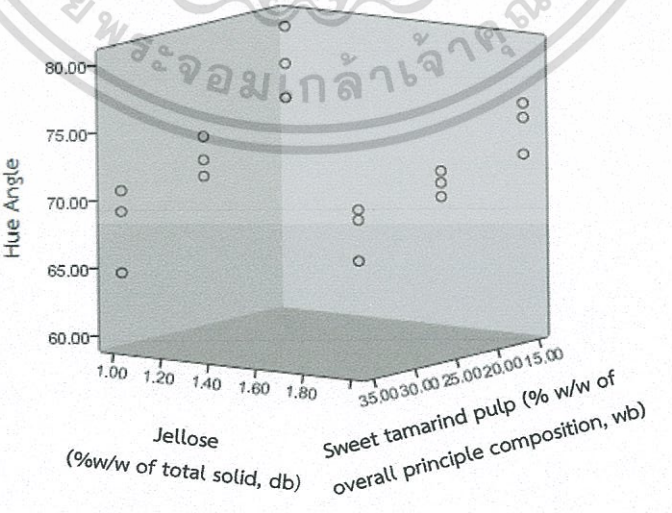
	ปัจจัย		
	ปริมาณเจลโลส	ปริมาณเนื้อมะขามหวาน	ปริมาณเจลโลส*ปริมาณเนื้อมะขามหวาน
ค่าความสว่าง(L*)	0.109^{ns}	-0.761^{**}	-0.431^{ns}
ค่าสีแดง (a*)	0.014^{ns}	0.940^{**}	0.622^{**}
ค่าสีเหลือง (b*)	0.129^{ns}	0.685^{**}	0.564^{*}
Hue angle	-0.053^{ns}	-0.818^{**}	-0.538^{*}

หมายเหตุ : 1. ** หมายถึง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$ และ
* หมายถึง มีความสัมพันธ์อย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$
2. คำนวณจากข้อมูลทั้งหมด(N) 18 ข้อมูล

จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณทางสถิติในรูปของสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) จะได้สมการค่า Hue angle ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานดังนี้

$$Y = 83.44667 - 0.37000X_1 - 0.45905X_2 \quad (R^2 = 0.68)$$

และเมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟ 3D-Scatter plot จะได้กราฟดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.9 กราฟ 3D scatter plotแสดงข้อมูลของค่าHue angle ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ผลการศึกษาความหนืดของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานดังแสดงในตารางที่ 4.9

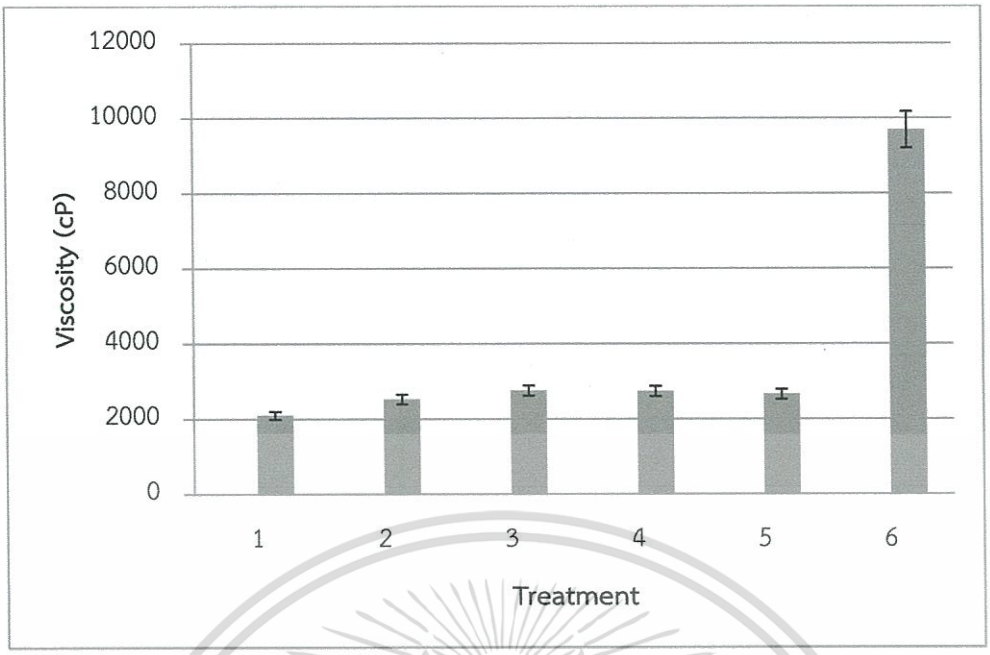
ตารางที่ 4.9 คุณลักษณะทางกายภาพด้านความหนืดของของผสม (ก่อนการบ่ม)

การทดลองที่	เจลโลส (% นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง)	เนื้อมะขามหวาน (% นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.เปียก)	ค่าความหนืด (x 10^3 เซนติพอยส์)
1	1%	15%	2.10 ± 7.21^{f}
2	1%	25%	2.53 ± 5.29^{e}
3	1%	35%	2.75 ± 5.58^{d}
4	2%	15%	2.66 ± 6.80^{b}
5	2%	25%	2.74 ± 4.00^{c}
6	2%	35%	9.70 ± 5.03^{a}

หมายเหตุ : ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างในแนวตั้ง แสดงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพด้านความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม) พบว่าในแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ โดยของผสมที่เพิ่มปริมาณเจลโลสและปริมาณเนื้อมะขามหวานมากขึ้น มีผลทำให้ความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม)เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเนื้อมะขามหวานและเจลโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทโพลีแซคคาร์ไรด์ ซึ่งโพลีแซคคาร์ไรด์มีความสามารถในการเพิ่มความหนืดในระบบของอาหาร Whistler and BeMiller(1977) อีกทั้งความหนืดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารให้ความคงตัว Marshall *et al*,(.2003) ดังนั้นในการทดลองที่ 6 ที่มีปริมาณเจลโลส 2% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) ปริมาณเนื้อมะขามหวาน 35% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก) มีค่าความหนืดสูงสุด มีค่าเท่ากับ 9.699 ± 5.031 ดังแสดงในตารางที่ 4.9 แต่ความหนืดของของผสมทั่วไป(ก่อนการบ่ม)อยู่ในช่วง 50-300 cP Marshall *et al*,. (1996) ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานมีค่าความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม)ที่มากกว่าไอศกรีมทั่วไป ทำให้เครื่องทำไอศกรีมยิ่งต้องใช้แรงมากขึ้นในการปั่นไอศกรีม ปริมาณอากาศที่ถูกตีเข้าไปในเนื้อไอศกรีมจึงมีปริมาณน้อย ส่งผลต่อค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมเจลาโต้ลดลง และตามการศึกษาของ Arbuckle (1950) รายงานว่าเมื่อค่าของความหนืดเพิ่มมากขึ้นจะส่งเสริมทำให้เนื้อของไอศกรีมมีความเนียนนุ่มมากขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 กราฟค่าความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับปัจจัยที่ศึกษาคือ ปริมาณเจลโลส ปริมาณเนื้อมะขามหวาน และอันตรกิริยา(interaction)ระหว่างปริมาณเจลโลสกับปริมาณเนื้อมะขามหวาน ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าเมื่อใช้ปริมาณเจลโลส และปริมาณเนื้อมะขามหวาน ส่งผลให้ความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม)เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าอันตรกริยา (interaction)ระหว่างปริมาณเจลโลสและเนื้อมะขามหวาน มีผลให้ความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม)เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม) ปริมาณเจลโลส ปริมาณเนื้อมะขาม และอันตรกิริยา(interaction) ระหว่างปริมาณเจลโลสกับปริมาณเนื้อมะขามหวานมีค่าเท่ากับ 0.482* , 0.582* และ0.841** ตามลำดับ แสดงไว้ในตางรางที่ 4.10 ด้านล่าง

ตารางที่ 4.10 ค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม)

	ปัจจัย		
	ปริมาณเจลโลส	ปริมาณเนื้อมะขามหวาน	ปริมาณเจลโลส*ปริมาณเนื้อมะขามหวาน
ความหนืด	0.482*	0.582*	0.841**

หมายเหตุ : 1. ** หมายถึง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$ และ

* หมายถึง มีความสัมพันธ์อย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

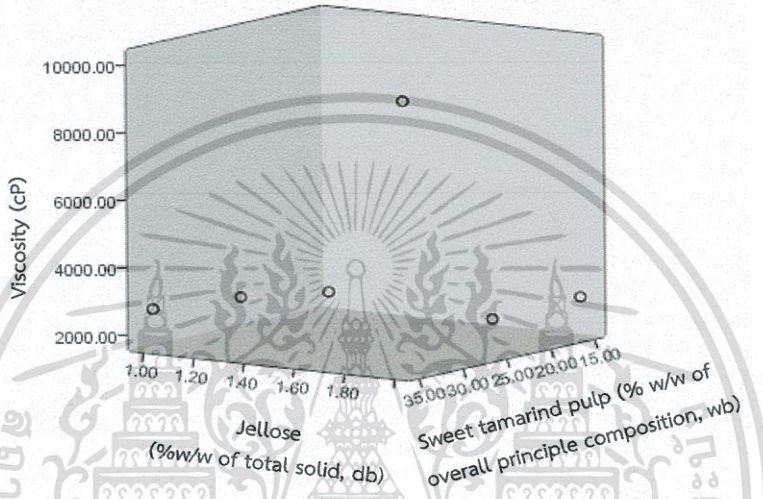
2. คำนวณจากข้อมูลทั้งหมด(N) 18 ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณทางสถิติในรูปของสมการถดถอยแบบพหุคูณ(Regreession Equation) จะได้สมการค่าความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม)ดังนี้

$$Y = 6944.52778-5305.86111X_1 -282.41667 X_1+315.21667 X_1 X_1 (R^2 =0.80)$$

และเมื่อนำมาแสดงในรูปกราฟ 3D-Scatter plot จะได้กราฟดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.11 กราฟ 3D scatter plot ค่าความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน (Organoleptic Test)

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานด้วยวิธีการชิมแล้วให้คะแนนแบบ (9-point Hedonic scale)

การทดลองที่	เจลโลส (% นน./นน ส่วนผสมหลัก, โดยนน.แห้ง)	เนื้อมะขามหวาน (% นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก)	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
			รสชาติ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
1	1%	15%	5.90 ± 1.45^{a}	5.67 ± 1.47^{a}	5.43 ± 1.50^{a}	6.10 ± 1.32^{a}	5.80 ± 1.37^{a}
2	1%	25%	6.57 ± 1.18^{b}	6.77 ± 1.17^{b}	6.43 ± 1.28^{b}	6.53 ± 1.01^{a}	6.60 ± 1.19^{b}
3	1%	35%	5.93 ± 1.41^{a}	6.57 ± 1.25^{b}	6.40 ± 1.28^{b}	6.23 ± 1.65^{a}	5.87 ± 1.07^{a}
4	2%	15%	5.97 ± 1.07^{a}	5.63 ± 1.22^{a}	5.53 ± 0.97^{a}	6.17 ± 1.21^{a}	5.90 ± 1.07^{a}
5	2%	25%	6.90 ± 1.22^{b}	6.80 ± 1.06^{b}	6.30 ± 1.24^{b}	6.73 ± 1.20^{a}	6.87 ± 1.17^{b}
6	2%	35%	5.93 ±1.23^{a}	6.53 ± 1.22^{b}	5.77 ± 1.38^{ab}	6.30 ± 1.39^{a}	5.83 ± 1.15^{a}

หมายเหตุ : ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ และตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p< 0.05$

จากตารางที่ 4.11 ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน (9-point Hedonic scale) โดยการประเมินคุณภาพด้านรสชาติ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมพบว่าการทดลองที่ 2 ที่มีการใช้ปริมาณเจลโลส 1% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.แห้ง) ปริมาณเนื้อมะขามหวาน 25% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.เปียก) และการทดลองที่ 5 ที่มีการใช้ปริมาณเจลโลส 2% (นน./นน. ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.แห้ง) ปริมาณมะขามหวาน 25% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.เปียก) ได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบในด้านต่างๆ สูงที่สุด แต่เนื่องจากผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างการทดลองที่ 5 และ 2 ได้ กล่าวคือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ จึงเลือกการทดลองที่ 2 เนื่องจากเป็นการลดต้นทุนการผลิตในการใช้ปริมาณเจลโลส

ภาพที่ 4.12 ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานในการทดลองที่ 2 โดยมีปริมาณเจลโลส 1% (นน./นน. ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.แห้ง) ปริมาณเนื้อมะขามหวาน 25% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.เปียก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบทางประสามสัมผัสโดยวิธี JAR ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

การทดลองที่	เจลโลส (% นน./นน. ส่วนผสมหลัก , โดยนน. แห้ง)	เนื้อมะขามหวาน (% นน./นน. ส่วนผสมหลัก , โดยนน. เปียก)	คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี			คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น			คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส			คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหวาน		
			"not enough"	"enough"	"too much"	"not enough"	"enough"	"too much"	"not enough"	"enough"	"too much"	"not enough"	"enough"	"too much"
1	1%	15%	18	12 (40%)	0	18	11 (36.67%)	1	9	21 (70%)	0	15	12 (40%)	2
2	1%	25%	3	21 (70%)	0	7	22 (73.33%)	1	5	23 (76.67%)	2	6	23 (76.67%)	1
3	1%	35%	2	12 (40%)	16	6	10 (33.33%)	14	5	21 (70%)	4	6	17 (56.67%)	7
4	2%	15%	16	13 (43.33%)	1	18	12 (40%)	0	6	21 (70%)	3	10	17 (56.67%)	3
5	2%	25%	6	22 (73.33%)	2	8	21 (70%)	1	2	24 (80%)	4	2	23 (76.67%)	5
6	2%	35%	2	13 (43.33%)	15	9	6 (20%)	15	6	21 (70%)	3	6	21 (70%)	3

จากตารางที่ 4.12 ในการชิมแบบวิธี JAR โดยตั้งเกณฑ์การยอมรับไว้อย่างน้อยร้อยละ 70 พบว่าในการทดสอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความหวานพบว่าการทดลองที่ 2 ที่มีการใช้ปริมาณเจลโลส 1% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.แห้ง) ปริมาณเนื้อมะขามหวาน 25% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.เปียก) และการทดลองที่ 5 ที่มีการใช้ปริมาณเจลโลส 2% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.แห้ง) ปริมาณเนื้อมะขามหวาน 25% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.เปียก) ได้การยอมรับดีที่สุด กล่าวคือได้รับคะแนนในระดับความพอดี (Enough) ที่ร้อยละ 70 ขึ้นไปในการทดสอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความหวาน ดังนั้นจึงเป็นข้อสรุปที่ว่าจะทำการเลือกการทดลองที่ 2 เนื่องจากเป็นการลดต้นทุนการผลิตในการใช้ปริมาณเจลโลส โดยจะนำการทดลองที่ 2 ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อไป

4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน โดยเลือก จากการทดลองที่ได้ผ่านการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด คะแนนการยอมรับมากที่สุดเป็นการทดลองที่ 5 แต่เนื่องจาก ผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างการทดลองที่ 5 และ 2 ได้ จึงเลือกการทดลองที่ 2 เนื่องจากเป็นการลดต้นทุนการผลิตในการใช้ปริมาณเจลโลส แสดงดังตารางที่ 4.12

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานการทดลองที่ 2 คือ ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่มี การใช้ปริมาณเจลโลส 1% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.แห้ง) และมีปริมาณเนื้อมะขามหวาน 25% (นน./นน.ส่วนผสมหลัก ,โดยนน.เปียก) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมี(% นน./นน. ,โดยนน.แห้ง)ดังนี้ เถ้า, ไขมัน, โปรตีน, เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ในปริมาณ 2.89± 0.12%, 10.65± 0.52% , 7.62± 0.32% , 19.42± 0.41% และ59.42± 0.72%ตามลำดับ และมีความชื้น 65.35 ± 0.15 %

ตารางที่ 4.13 องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมเจลาโตมะขามหวานของการทดลองที่ 2 (ปริมาณเจลโลส 1%, ปริมาณเนื้อมะขามหวาน 25%)

องค์ประกอบทางเคมี (%, db)	Total solid
เถ้า	2.89± 0.12
ไขมัน	10.65± 0.52
โปรตีน	7.62± 0.32
เยื่อใย	19.42± 0.41
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	59.42± 0.72

หมายเหตุ 1. ความชื้น 65.35 ± 0.15 %

2. คำนวณจากข้อมูลทั้ง(N) 3 ข้อมูล

จากตารางที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่ผลิตได้จากการทดลองที่2 สามารถจัดเป็นไอศกรีมดัดแปลงแบบไขมันต่ำ โดยมีปริมาณไขมันประมาณ 10 % กำหนดให้การรับประทานไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานหนึ่งครั้ง(serving size) เท่ากับ 80 กรัม ซึ่งในการบริโภคแต่ละครั้งผู้บริโภคจะได้รับปริมาณไขมันไม่เกิน 3 กรัม ของไขมันต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ตามประกาศของ USFDA (Marshall,2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 354) พ.ศ. 2556 เรื่อง ไอศกรีม กำหนดให้มีบักเตรีได้ไม่เกิน 600,000 ในอาหาร 1 กรัม

โดยจากการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าผลการตรวจนับ (โคโลนี/กรัม) พบว่าในไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานมีปริมาณจุลินทรีย์มี จำนวน 16,000 โคโลนี/กรัม ซึ่งถือว่าน้อยกว่าจำนวนที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดไว้คือ 600,000 ในอาหาร 1 กรัม แสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารด้วยวิธี Total plate count

ตัวอย่าง	ซ้ำที่	จำนวนโคโลนีที่นับได้ ระดับความเจือจาง 10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	อัตราส่วนจำนวนโคโลนีจำนวนสูง/จำนวนต่ำ	ผลการตรวจนับ CFU/g
ไอศกรีมเจลาโต้มะขาม	1	5	34	2	$\frac{65,000}{15,600}$	$\approx 1.6 \times 10^4$ (16,000)
	2	143	65	1		
	3	168	96	27	≈ 4.17	
	เฉลี่ย	155.5×10^2 $\approx 15,600$	65×10^3 $= 65,000$	< 30 ไม่คิด		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ในการผลิตไอศกรีมไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานโดยมีเจลโลสเป็นสารให้ความคงตัว และเนื้อมะขามหวานเป็นตัวให้กลิ่นรสของไอศกรีม พบว่าไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นไอศกรีมดัดแปลงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 354 พ.ศ.2556 เรื่องไอศกรีม โดยการทดลองที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด คือ การทดลองที่ 5 คือ เจลโลส 2 % (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) และเนื้อมะขามหวาน 25 % (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก) เนื่องจากผู้บริโภคไม่สามารถแยกปริมาณของเจลโลส 1 % (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) และ 2 % (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) ได้ จึงได้เลือกการทดลองที่ 2 คือ มีเจลโลส 1 % (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) และผู้ชิมยังให้การยอมรับที่ไม่แตกต่างจากการทดลองที่ 5 การทดลองที่ 2 คือ เจลโลส 1 % (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.แห้ง) และเนื้อมะขามหวาน 25 % (นน./นน.ส่วนผสมหลัก,โดยนน.เปียก) การตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพได้แก่ อัตราการละลาย (0.09 ± 0.00 มิลลิลิตร/นาที), การขึ้นฟูของไอศกรีม (5.55±0.20 %), ความแข็ง (1967.87 ± 25.97 กิโลกรัมแรง), ความสว่าง (64.09 ± 3.03) , ค่าสีแดง (6.82 ± 0.57) , ค่าสีเหลือง (20.59 ± 0.12) และค่า Hue angle (71.69 ± 1.48) และ ความหนืดของของผสม (ก่อนการบ่ม) (2.53 ± 5.29 x 10^3 เซนติพอยส์) พบมีองค์ประกอบทางเคมี(%นน./นน,โดยนน.แห้ง) ได้แก่ เถ้า (2.89±0.12%), ไขมัน(10.65±0.52%), โปรตีน(7.62±0.32%), เยื่อใย(19.42±0.41%) และคาร์โบไฮเดรต (59.42±0.72%) พบจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีในไอศกรีม 1.6x10^4 โคโลนี/กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาทางสถิติยังพบว่าค่าการตรวจสอบคุณภาพต่างๆ มีค่าความสัมพันธ์ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ดังตาราง 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านกายภาพของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

ปัจจัย	อัตราการละลาย	การขึ้นความฟู	ความแข็ง	สี				ความหนืด
				L^*	a^*	b^*	Hue angle	
Jellose	- 0.736**	0.266ns	0.105ns	0.109	0.014	0.129	- 0.053	0.482*
Tamarind	- 0.664**	- 0.860**	- 0.994**	- 0.761**	0.940**	0.685**	- 0.818**	0.582*
Jellose* Tamarind	- 0.969**	- 0.421ns	- 0.530**	- 0.378	0.567*	0.529*	- 0.495*	0.825**
Total	N = 18	N = 18	N = 54	N = 18	N = 18	N = 18	N = 18	N = 18

หมายเหตุ : ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ โดย * ,** และ ns คือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P <0.01 , P<0.05 และ ns ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ

ค่า L* แสดงถึงค่าความสว่าง 0 ถึง 100

(+ a*) แสดงถึงค่าสีแดง (- a*) แสดงถึงค่าสีเขียว

(+ b*) แสดงถึงค่าสีเหลือง (- b*) แสดงถึงค่าสีน้ำเงิน

จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แสดงในตารางที่ 5.1 พบว่าเมื่อนำผลการทดลองมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่า เมื่อใช้ปริมาณเจลโลส และปริมาณเนื้อมะขามหวานเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่มีอัตราการละลายลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$ และทำให้ค่าความหนืดของของผสม (ก่อนการบ่ม) ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ปริมาณเนื้อมะขามหวานจะทำให้ไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานที่ได้มีการขึ้นฟู, ความแข็ง ความสว่าง (L*) และ Hue angle ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$ ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) กับค่าสีเหลือง (b*) ของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ อันตรกริยาระหว่างปริมาณเจลโลสและปริมาณเนื้อมะขามหวานที่เพิ่มขึ้นทำให้ได้ไอศกรีมที่มีอัตราการละลาย ความแข็ง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$ และมี Hue angle ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$ ในขณะที่ความหนืดของของผสม(ก่อนการบ่ม) และค่าสีแดง(a*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $p<0.01$ และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาและพัฒนาไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานโดยใช้เจลโลสเป็นสารให้ความคงตัวโดยที่เจลโลสทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้ดี ดังนั้นสามารถดัดแปลงใช้ตัวที่ให้กลิ่นรส (flavor) เป็นผลไม้ชนิดอื่นได้นอกเหนือจากมะขามหวานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กระทรวงสาธารณสุข. 2556. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 354 เรื่อง ไอศกรีม. นนทบุรี : สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. 2542. นิยามไอศกรีม. กรุงเทพฯ: สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.

ภัคสิริ สินไชยกิจ และไมตรีสุทธจิตต์. 2554. คุณสมบัติชีวเคมีและการประยุกต์ใช้ของเมล็ดมะขาม วารสารนเรศวรพะเยา พฤษภาคม- สิงหาคม 2554. 4(2): 5-16.

วราภา (สัตยบุตร) ปองเงิน. 2558. ไอศกรีมอิตาเลียนโฮมเมด. กรุงเทพฯ: อมรินทร์ CUISINE อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2558.

สำนักงานสถิติจังหวัดเพชรบูรณ์. 2558. จำนวนพื้นที่เพาะปลูก และพื้นที่เก็บเกี่ยวมะขามหวาน.[Online]. Available:http://osthailand.nic.go.th/masterplan_area/userfiles/file%20Download/Report%20Analysis%20Province/รายงานวิเคราะห์สถานการณ์จังหวัดเพชรบูรณ์.pdf. 9 มกราคม 2559.

Akesowan, A. 2008. Effect of combined stabilizers containing Konjac flour and k-Carrageenan on ice cream. Australian Journal of Technology. 12(2): 81-85.

Alfaifi, M.S. and Stathopoulos, C.E. 2010. Effect of egg yolk substitution by sweet whey protein concentrate (WPC), on physical properties of Gelato ice cream. International Food Research Journal 17: 787-793.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 15 thed, Association of official Anlytical Chemists, Washington, D.C. 1298.

Caillet, A., Cogne, C., Andrieu, J., Laurant, P. and Rivoire, A. 2003. Characterization of ice cream structure by direct optical microscopy. Influence of freezing parameter. LWT – Food Science and Technology 36: 743-749.

Dheeraj Singh, Lobsang Wangchu and Surendra Kumar Moond. 2007. Processed products of Tamarind. Natural Product Radiance. 6(4): .315-321.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Foodnetworksolution. 2555. เจลาโต้.[Online]. Available: http://www.facebook.com/notes/just-jela-ice-cream/what-is-gelato-. January 18, 2016.

Foodnetworksolution. 2556. เจลาโต้.[Online]. Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2703/gelato. January 18, 2016.

Goff, H., Freslon, B., Sahagian, M., Hauber, T., Stone, A. and Stanley, D. 1995. Structural development in ice cream-dynamic rheological measurements. Journal of Texture Studies. 26: 517-536.

Gliksman, M. 1996. High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for improved body and texture of low fat ice cream. Journal of Dairy Science 91: 1308-1316.

Manager. 2558. มะขามเพชรบูรณ์.[Online]. Available: manager.co.th/iBizChannel/ViewNew.aspx?NewsID=9800. July 3, 2016.

Marangoni A, Ali I, Kermasha S. 1988. Composition and properties of seeds of the true legume *Tamarindus indica*. Journal Food Science. 53: 1452-1455.

Marathe, R.M., Annapure, U.S., Singhal, R.S. and Kulkarni, P.R., 2002, Gelling behavior of polyose from tamarind kernel polysaccharide, Food Hydrocolloids. 16: 423-426.

Marketeer. 2558. ตลาดไอศกรีม.[Online]. Available: http://marketeer.co.th/2015/07/ice-cream-14-15/. November 10, 2015.

Marketeer. 2014. Margeteer Index.[Online]. Available: http://marketeer.co.th/2014/06/marketeer-index/. December 30, 2015.

Marshall, R.T. and Arbukle, W.S. 1996. Ice cream. 5th ed, New York : Chapman & Hall.

Marshall, R.T., Goff, H.D. and Hartel, R.W. 2003. Ice cream. 6th ed, New York : Chapman & Hall.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MGR Online. 2558. ตลาดโฟร์เซนโยเกิร์ต.[Online]. Available: http://www.manager.co.th/iBizChannel/ViewNews.aspx?NewsID=9580000007574&Html=1&TabID=1. January 8, 2016.

Mirhosseini, H. and Tabatabaee A.B. 2012. A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. Food Research International. 46 387–398.

Muse, M. and Hartel, R. 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. Journal of Dairy Science. 87: 1-10.

S Bolling, H.D. Goff and B.W Tharp. 2000. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. International Dairy Journal. 10(4): 303-309.

S.S.Shaikh, K.J.Shivsharan, R.K.Pawar, N.S.Misal, H.R.Mene and B.A.More. 2015. Tamarind seed polysaccharide : A versatile pharmaceutical excipient and its modification. International Journal of Pharmaceutical Science Review and Research. 31: 157-164.

Tanaka, M., Pearson, A. and DeMan, J. 1972. Measurement of ice cream with a constant speed penetrometer. Food Science Technology 5(2): 105-110.

Thomas, E. 1981. Structure and properties of ice cream emulsion. Food Technology 35(1): 41-48.

Thomas, J. Herald, Fadi M. Aramouni and Mahmoud H. Abu-Ghoush. 2008. Comparison study of egg yolk and egg alternatives in French vanilla ice cream. Journal of Texture Studies 39: 284-295

U.S.FDA. 2015. CFS-Code of Federal Regulation Tiltle 21.[Online]. Available: www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=135.110. July 3, 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

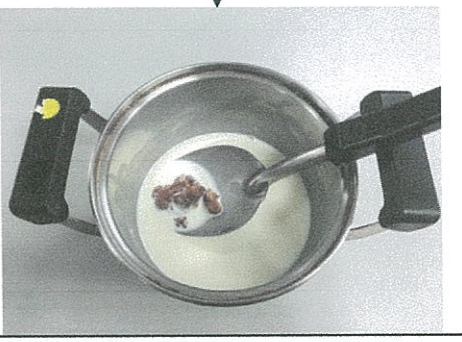
ก.1 วิธีการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

เตรียมวิปปิ้งครีม , นมพาสเจอไรซ์ชนิดพร่องมันเนย, เกลือป่น และ หางนมผง และนำมาผสมกัน

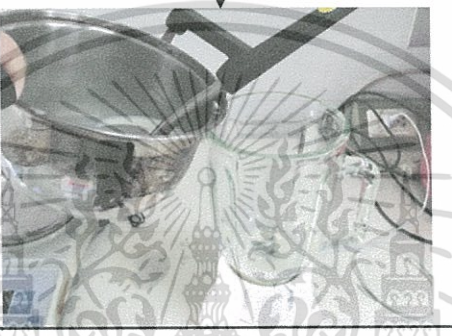
นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที* ในอ่างน้ำร้อน

ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



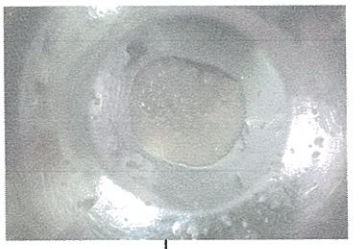
แบ่งออกมาประมาณ 150 กรัม เพื่อนำมาต้มกับเนื้อมะขามหวานที่เตรียมไว้



นำส่วนที่เหลือของนมไปเทไว้ใน เครื่องปั่นละเอียด (Blender)

เตรียมเจลโลสโดยนำไปละลายน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



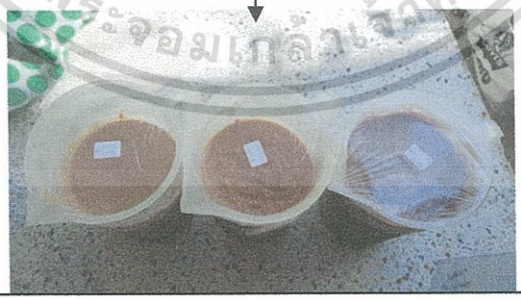
นำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเครื่องปั่นละเอียดเป็นเวลา 10 นาที

เมื่อส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จึงใส่น้ำเชื่อมลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

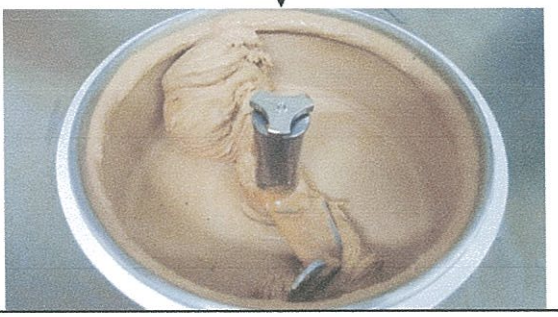
ปั่นต่ออีกประมาณ 2 นาที

นำไปวิเคราะห์หาความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield DV-III



บ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นำมาเข้าเครื่องทำไอศกรีม (Nemox) เป็นระยะเวลาประมาณ 22 นาที

สูตรที่ 1 : เจลโลส 1% เนื้อมะขามหวาน 15%	สูตรที่ 2 : เจลโลส 1% เนื้อมะขามหวาน 25%	สูตรที่ 3 : เจลโลส 1% เนื้อมะขามหวาน 35%
สูตรที่ 4 : เจลโลส 2% เนื้อมะขามหวาน 15%	สูตรที่ 5 : เจลโลส 2% เนื้อมะขามหวาน 25%	สูตรที่ 6 : เจลโลส 2% เนื้อมะขามหวาน 35%

นำไปเก็บในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำไปตรวจสอบคุณลักษณะของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*** หมายเหตุ :**

การคำนวณค่าปริมาณความร้อน

$Q = mc\Delta T$

โดย Q = พลังงานความร้อน

m = มวล

c = ความจุความร้อนจำเพาะ

ΔT = อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

โดยในการทดลองการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 10 นาที

$$Q = mc(70\text{-}30)$$

$$Q_1 = mc(40)$$

แต่การผ่านความร้อนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 354 พ.ศ.2556 เรื่องไอศกรีม จะต้องทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 68.5 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาที

$$Q_2 = mc(68.5\text{-}30)$$

$$Q_2 = mc(28.5)$$

$$Q_1/Q_2 = ms(40)/ms(28.5)$$

$$Q_1 = 2Q_2$$

จะเห็นได้ว่าการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานนั้นใช้พลังงานความร้อนเป็น 2 เท่าของการผ่านความร้อนตามประกาศกระทรวงสาธารณะสุข ดังนั้นจะถือได้ว่าการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานเป็นไปได้ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 354 พ.ศ.2556 เรื่องไอศกรีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

ข.1 การวัดค่าความฟู (%Overrun)

1.1 อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง
2. บีกเกอร์

1.2 วิธีการ

1. วัดปริมาตรไอศกรีมมิกซ์ที่บรรจุในบีกเกอร์พลาสติก บันทึกค่าที่ได้
2. ปั่นไอศกรีมมิกซ์จนแข็งตัวแล้วบรรจุลงบีกเกอร์ไอศกรีมใบเดิม ชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่ได้ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณ

1.3 การคำนวณ

$$\text{Overrun (\%) (ร้อยละโดยปริมาตร)} = \frac{\text{ปริมาตรไอศกรีมหลังปั่น} - \text{ปริมาตรไอศกรีมก่อนปั่น}}{\text{ปริมาตรไอศกรีมก่อนปั่น}} \times 100$$

ข.2 การวัดค่าการละลาย (Melting rate)

2.1 อุปกรณ์

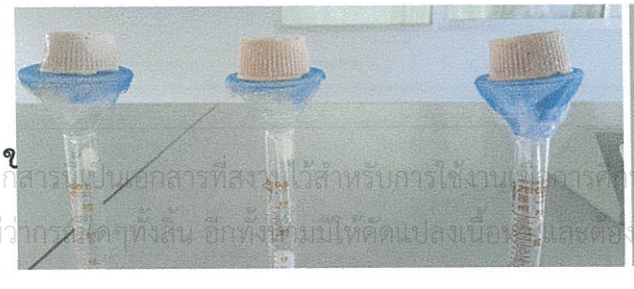
1. ตาข่าย
2. กระบอกตวง
3. กรวยแก้ว

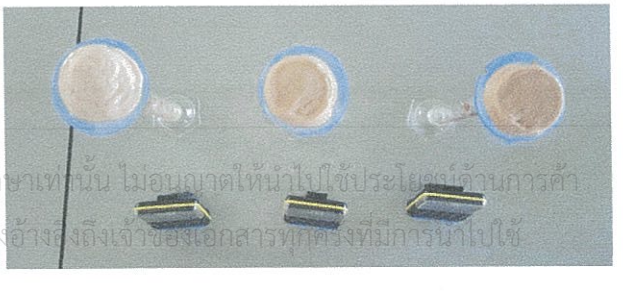
2.2 วิธีการ

1. นำไอศกรีมที่ผ่านการปั่นแล้วน้ำหนักประมาณ 40 กรัม นำมาวางลงบนกรวยที่มีตาข่ายขึงอยู่ โดยมีกระบอกตวงมารองไอศกรีม
2. ทำการละลายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เริ่มจับเวลาการละลายทุกๆ 5 นาที เป็นเวลาทั้งหมด 60 นาที
3. ตรวจดูปริมาตรไอศกรีมที่ละลายในกระบอกตวงนำไปคำนวณ

2.3 สูตรการคำนวณ

$$\text{Melting rate} = \frac{\text{ปริมาตรไอศกรีมที่เวลา 60 นาที}}{60}$$





ข
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดความแข็ง ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-Xi2

1. อุปกรณ์

1. เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-Xi2
2. บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร
3. แท่งแก้วคนสาร
4. ผ้านุ่ม สาหรับเช็ด

2. วิธีการ

1. การใส่ Load cell และการประกอบเครื่อง

- Load cell มี 1 ขนาด คือ 50 กิโลกรัม

2. การเข้าสู่โปรแกรม และการ Load cell

- Texture Expert ⟶ T.A. ⟶ Calibrate Force⟶ วางตุ่มน้ำหนักขนาด 50 กิโลกรัม บนเครื่อง ⟶ กดตกลง ⟶ T.A. ⟶ Calibrate Probe⟶ ติดตั้งฐาน และหัว Probeต่อเข้ากับข้อต่อสั้น ⟶ ตั้งค่า return ให้เกินความสูงของถ้วยเล็กน้อย ⟶ กดตกลง

3. การตั้งค่า

- T.A. ⟶ Calibrate Force การตั้งค่าเครื่อง Texture ที่ Mode: Compression, Pre-test speed: 1.0 mm/s, Test Speed: 2.4 mm/s, Post-test speed: 7.0 mm/s, Target mode: Distance 10 mm, Trigger type: Auto – 20 g และ Data Acquisition Rate:200 pps ⟶ Update

4. การวัดตัวอย่าง

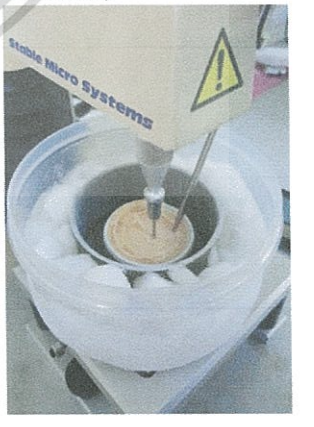
- T.A. ⟶ Run a test การตั้งค่าเครื่อง Texture ที่ Probe Selection:2 mm diameter Stainless Steel cylinder probe ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ตำแหน่ง

5. การ Save รูปภาพ

- เมื่อได้กราฟแล้วให้คลิก function + print screen แล้วนำไปวางใน โปรแกรม paint

6. การเปรียบเทียบกราฟ และค่าความแข็งที่ได้

- เลือกกราฟ (เลือกจากข้อมูลที่มีอยู่แล้ว) คลิกที่ไฟล์นั้น ⟶ GoTo ⟶ Max Force... ⟶ Process Data ⟶ Mark Force...จะได้จุดสูงสุดของกราฟคือ ค่าความแข็ง (Hardness)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.4 การตรวจวัดสี

วัดค่าสีด้วยเครื่อง Chroma Meter ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CR-400

1. วิธีการ

- เสียบปลั๊ก แล้วเปิดเครื่องวัดสี
- ทำการ Calibrate เครื่องด้วยแผ่น Calibrate
- วัดตัวอย่างโดยนำเครื่องวัดสีให้สัมผัสกับผิวหน้าของตัวอย่างแล้วกดวัดค่า
- ค่าสีที่ได้ออกมาจะอยู่ในรูปแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง(L*), ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)
- นำค่าที่ได้มาคำนวณค่า Hue angle โดยคำนวณจากสูตร Hue angle = $\tan^{-1}(b/a)$

ข.5 วัดค่าความหนืด (Viscosity)

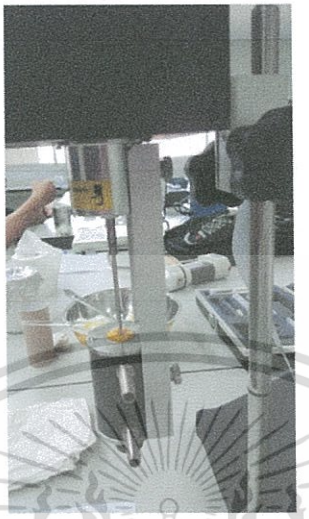
วัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer Model DV-III

1. วิธีการ

- ปรับลูกน้ำให้อยู่ที่จุดกึ่งกลางของกรอบ เพื่อตั้งเครื่องให้สมดุล
- ก่อนเปิดเครื่องให้ใส่ guard
- เปิด switch ซึ่งอยู่ด้านหลังฐานของเครื่องทางขวามือ จอปรากฏ remove spindle press any key
- กดปุ่มอะไรก็ได้ 1 ครั้ง รอจนหน้าจอจะปรากฏ replace spindle press any key (ใช้เวลาประมาณ 15 วินาที) กดปุ่มอะไรก็ได้ 1 ครั้ง หน้าจอจะปรากฏ
- ใส่ตัวอย่างให้เรียบร้อย การเตรียมตัวอย่างใส่ลงใน small sample จนปริมาตรถึงขอบด้านบนจุ่มหัว spindle ลงในตัวอย่างโดยใช้มือด้านหนึ่งจับแกนของมอเตอร์ให้นิ่ง ต่อ spindle เข้ากับแกนของมอเตอร์ หมุนตามเข็มนาฬิกาจนแน่น
- กด Select Spindle เพื่อเลือกเบอร์ของเข็มให้ตรงกับเข็มที่นามาใช้ แล้วกดSelect Spindle อีกครั้ง เพื่อให้เครื่องบันทึก จากนั้น กดปุ่ม Motor on/off เพื่อเปิดเครื่อง
- กดปุ่ม Set speed เพื่อกำหนดความเร็วรอบในการหมุน โดยจะต้องกำหนดค่าเริ่มต้นที่ค่าน้อย ๆ ก่อน เช่น 10 rpm แล้วกด Set speed อีกครั้ง เพื่อให้เครื่องบันทึก การเลือกความเร็วรอบในการหมุนควรจะให้มีค่าใกล้ 100 % TORQUE
- การเปลี่ยนความเร็วรอบ ให้กลับไปทำตามข้อ 8 ใหม่ การเปลี่ยนความเร็วรอบจะต้องเพิ่มค่าครั้ง ละน้อยๆ เช่น 10 rpm จนกว่าค่า torque จะมีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 100%
- ถ้าค่า TORQUE ขึ้น error แสดงว่าใช้ความเร็วรอบมากเกินไปต้องลดความเร็วรอบลง
- ถ้าค่า TORQUE มีค่าต่ำ ทั้งที่ตั้งค่าความเร็วรอบ (rpm) สูงสุดแล้ว แสดงว่าเข็มที่ใช้ไม่เหมาะสม ให้เปลี่ยนหัวเข็มใหม่โดยทำการลดค่าความเร็วรอบลงทีละน้อย จนมีค่าความเร็วรอบถึง 0 แล้วทำการกดปุ่ม motor on/off เพื่อให้ motor off แล้วจึงทำการเปลี่ยนหัวเข็มหลังจากนั้น ทำการกด motor on อีกครั้ง แล้วจึงทำ ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อวัดค่าเสร็จก็ลดความเร็วรอบลงครั้งละน้อยๆ ให้ค่าถึงศูนย์ แล้วกดปุ่ม motor off ให้ motor หยุดทางาน และปิด switch ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ให้เป็นระเบียบและถูกต้อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบสอบถามการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

9-point Hedonic scale และ Just about right

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ ไอศกรีมเจลาโต้มะขาม ชุดที่.....

คำชี้แจง กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทดลองต่อไปนี้ และให้คะแนนความชอบตามที่ท่านรู้สึกต่อผลิตภัณฑ์ในแต่ละปัจจัยคุณภาพจากคะแนนสเกลความชอบที่กำหนดให้

กำหนดให้ สเกลความชอบ:

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = เฉยๆ
6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

ตัวอย่าง.....

9-point Hedonic scale

ปัจจัยคุณภาพ	คะแนนความชอบ
สี	
กลิ่น	
เนื้อสัมผัส	
ความหนืด	
รสชาติ	
ความชอบโดยรวม	

Just about right

ปัจจัยคุณภาพ	“not enough”	“enough”	“too much”
สี			
กลิ่น			
เนื้อสัมผัส			
ความหวาน			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง.....

9-point Hedonic scale

ปัจจัยคุณภาพ	คะแนนความชอบ
สี	
กลิ่น	
เนื้อสัมผัส	
ความหนืด	
รสชาติ	
ความชอบโดยรวม	

Just about right

ปัจจัยคุณภาพ	“not enough”	“enough”	“too much”
สี			
กลิ่น			
เนื้อสัมผัส			
ความหวาน			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ตัวอย่าง.....

9-point Hedonic scale

ปัจจัยคุณภาพ	คะแนนความชอบ
สี	
กลิ่น	
เนื้อสัมผัส	
ความหนืด	
รสชาติ	
ความชอบโดยรวม	

Just about right

ปัจจัยคุณภาพ	“not enough”	“enough”	“too much”
สี			
กลิ่น			
เนื้อสัมผัส			
ความหวาน			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน

ง.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC.,1995)

1.1 อุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ และภาชนะหาความชื้น (Aluminium can)
2. โถดูดความชื้น และเครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

1.2 วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3-5 กรัม ด้วยตาชั่งละเอียด
3. นำไปอบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่
4. ปิดฝา และทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desssicator)
5. นำออกมาชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

ง.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC.,1995)

2.1 วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่าง 3-5 กรัม ใส่ลงใน crucible ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งน้ำหนัก
2. เผาใส่ Furnance ที่ 550 องศาเซลเซียส จนกว่าจะมีสีขาว ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนหลังเผา

$$\text{เปอร์เซ็นเถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}} \times 100$$

ง.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC.,1995)

3.1 สารเคมี

1. ปิโตรเลียมอีเทอร์

3.2 วิธีการ

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมลูกแก้วกันเดือด ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

2. นำตัวอย่าง 3-4 กรัม ไปอบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง หรือจนได้น้ำหนักที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างจากข้อที่ 1 ประมาณ 3-4 กรัม โดยทราบน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ลงในทิมเบิล

4. ตวงปิโตรเลียมอีเทอร์ 140 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ไขมัน ที่มีทิมเบิลอยู่ นำเข้าเครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) และชุดสกัดต่อเข้าคอนเดนเซอร์ ทำการสกัดโดยใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง

5. นำบีกเกอร์ไประเหยปิโตรเลียมอีเทอร์โดยนำไปวางบน Hot plate ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนปิโตรเลียมอีเทอร์ระเหยออกหมด ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่ได้

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักบีกเกอร์} + \text{น้ำหนักไขมัน}) - \text{น้ำหนักบีกเกอร์}}{\text{น้ำหนักตัว}} \times 100$$

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้}}{100 - \text{ปริมาณความชื้น}} \times 100$$

ง.4 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน แบบ Buchi – Kjeldahl System (AOAC.,1995)

4.1 สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดบอริกความเข้มข้น 2%
3. กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 40%
5. คะตะลิสต์ (Catalyst) เตรียมโดยผสมคอปเปอร์ซัลเฟสต่อโพแทสเซียมซัลเฟต 1:10
6. อินดิเคเตอร์ผสม โดยผสม 0.1% เมทธิลลีนบลู และ 0.2% เมธิลเรด

4.2 วิธีการวิเคราะห์ Digetion vessel

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงใน Digetion vessel
2. เติมคะตะลิสต์ (Catalyst) 10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร และลูกแก้วป้องกันการเดือด
3. นำ Digetion vessel ตั้งเข้ากับชุดย่อยโปรตีน ทำการย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส
4. นำหลอดที่ย่อยเสร็จแล้วใส่ในเครื่องกลั่นโปรตีน ตรวจเช็คความเรียบร้อยของระบบน้ำสำหรับหล่อเย็น ถังน้ำกลั่น ถังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40%
5. เติมกรดบอริกเข้มข้น 2% ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ หยดอินดิเคเตอร์ทั้งสองอย่างละหยด จะได้สารละลายสีม่วง นำขวดรูปชมพู่ใส่ในชุดกลั่นเสียบท่อพลาสติกที่ต่อจากคอนเด็นเซอร์ลงในกรดบอริก เพื่อดักจับแก๊สแอมโมเนียที่กลั่นออกมาได้
6. นำส่วนที่กลั่นได้ไปไทเทรต กับกรดไฮโดรคลอริก จนได้สารละลายสีชมพูม่วง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในอาหาร} = \frac{(A-B) \times N \times 14}{W \times 1000} \times 100$$

A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ Blank

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (Normal)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน x 6.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.5 การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (AOAC.,1995)

5.1 สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.255N
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.313N
3. อะซิโตน (Acetone)
4. n-Octanol

5.2 วิธีวิเคราะห์

1. เผาถ้วยชนิดทนไฟที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอน
2. นำตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยชนิดทนไฟ ต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ไขอาหารในส่วนของ Hot etraction unit ปิดล็อกให้แน่น
3. เติมกรดซิลฟูริกอุ่นๆ จำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในขวดย่อยของแต่ละตัวอย่าง
4. หยด n-Octanol 1 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟองล้น ให้ความร้อนจนเดือด
5. ลดความร้อนลง และต้มต่อให้เดือด 30 นาที
6. กรองเอากรดออก โดยเลื่อนคันโยกไปที่ Vacuum ถ้ากรองไม่ลงให้ใช้แรงดันที่ตำแหน่ง Pressure ช่วย
7. ล้างกากด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง
8. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์อุ่นๆ 150 มิลลิลิตร ลงในขวดย่อยของแต่ละตัวอย่าง
9. หยด n-Octanol 1 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟองล้น ให้ความร้อนจนเดือด
10. ลดความร้อนลง และต้มต่อให้เดือด 30 นาที
11. กรองเอากรดออก โดยเลื่อนคันโยกไปที่ Vacuum ถ้ากรองไม่ลงให้ใช้แรงดันที่ตำแหน่ง Pressure ช่วย
12. ล้างกากที่อยู่ในถ้วยทนร้อนด้วยอะซิโตน 25 มิลลิลิตร กรองให้แห้ง
13. นำถ้วยทนร้อนไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอน
14. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกมาใส่ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก เพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอน

$$\text{เปอร์เซ็นต์เยื่อใย (Crude fiber)} = \frac{(Wc-Wb)-(Wd-Wa)\times 100}{Ws\ (\text{dry basis})}$$

ง.6 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = 100 – (เปอร์เซ็นต์ความชื้น + เปอร์เซ็นต์โปรตีน + เปอร์เซ็นต์ไขมัน + เปอร์เซ็นต์เยื่อใย + เปอร์เซ็นต์เถ้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

จ.1 การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธี Total viable count เทคนิค pour plate โดยวิธีของ A.O.A.C. (2000)

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)

2. เปปโตน (Peptone water) ร้อยละ 0.1 ในหลอดทดลองปริมาตร 9 มิลลิลิตร และในขวดฝาเกลียวปริมาตร 225 มิลลิลิตร

2. วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกทนร้อน เติมเปปโตนร้อยละ 0.1 จากขวดฝาเกลียวปริมาตร 225 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตัวอย่างอาหารที่ได้จะมีระดับความเจือจาง 10^{-1}

2. เจือจางสารละลายตัวอย่างให้มีระดับความเจือจางเป็น 10^{-1} 10^{-1} โดยใช้เปปโตนร้อยละ 0.1

3. ปิเปตตัวอย่างอาหาร 1 มิลลิลิตร จากแต่ละระดับความเจือจางลงในจานเพาะเชื้อที่ปลอดเชื้อ

4. เททับด้วยอาหาร PCA ประมาณ 15-20 มิลลิลิตร แกว่งจานเพาะเชื้อเบาๆ แล้วตั้งทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัว

5. บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นระยะเวลา 24-48 ชั่วโมง

6. ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี และรายงานผลเป็นจำนวน Colony Forming Unit (CFU) ต่อกรัมตัวอย่าง

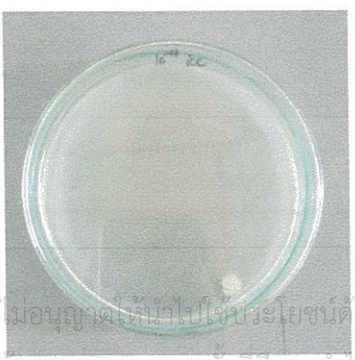
3. การคำนวณ

Total viable count = ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนี x ระดับความเจือจาง

(CFU/กรัมตัวอย่าง)

ระดับความเจือจางที่10^{-2}

ระดับความเจือจางที่10^{-3}



ระดับความเจือจางที่10^{-4}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
โปรแกรมที่ใช้คำนวณทางสถิติ

IBM

IBM Singapore Pte Ltd
Registration No. 1975-01566-C
IBM Singapore Pte Ltd, 9 Changi Business Park Central 1, The IBM Place, Singapore 486048

Proof of Entitlement

P.O. No: 97517862
Administration Contact :
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF
TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
1 CHALONG KRUNG 1
LADKRABANG, BANGKOK 10520
THAILAND

This Proof of Entitlement, supported by your matching paid invoice or receipt, is evidence of your level of authorized use of the Eligible Products listed below. All Eligible Products are provided to you subject to the terms listed on the IBM Terms and Conditions page.

IBM Agreement Number: 181884
IBM Customer Number: 444231
Relationship SVP Level: ED

IBM Site Number: 3252239
Anniversary: 01-Oct

IBM Order Reference Number: 55465024
Total points on this order: 240.00

IBM Order Reference Date: 22-Sep-2015
Order SVP Level: ED

Customer:

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF
TECHNOLOGY LADKRABANG
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
1 CHALONG KRUNG 1
LADKRABANG, BANGKOK 10520
THAILAND

Transaction Business Partner: C & C INFO ADVANCE CO.,LTD.

Quantity	Part Number	Description	Software Subscription and Support Coverage Dates

IBM Customer Number: 444231

Original

Page 1 of 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช
การคำนวณต้นทุนการผลิต

ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนการผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวาน (สูตร 2 : เจลโลส 1% เนื้อมะขามหวาน 25%)

1. วัตถุดิบ สารเคมีและบรรจุภัณฑ์

เจลโลส ตรา ปิ่นเพชร	4.12 กรัม	ราคา 5.77 บาท
เนื้อมะขามหวาน ตรา ปิ่นเพชร	95 กรัม	ราคา 79.78 บาท
นมพาสเจอไรซ์แบบพร่องมันเนย ตรา Meiji	200 กรัม	ราคา 11.08 บาท
วิปปิ้งครีม ตรา Anchor	100 กรัม	ราคา 37.60 บาท
น้ำเชื่อม ตรา มิตรผล	70 กรัม	ราคา 2.22 บาท
เกลือป่น ตรา ปรุงทิพย์	0.25 กรัม	ราคา 0.003 บาท
หางนมผง ตรา Cathay dairy	10 กรัม	ราคา 1.6 บาท
น้ำในการละลายเจลโลส	1.5 ลิตร	ราคา 0.015 บาท

น้ำหนักโดยรวม 480 กรัม เท่ากับ 138.068 บาท

โดย 1 รอบการผลิตจะใช้วัตถุดิบ 960 กรัม เท่ากับ 276.136 บาท

ดังนั้น ใน 1 วัน (8 ชั่วโมง) จะมีค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบต่อวัน เท่ากับ 4418.176 บาท

ถ้วยบรรจุชนิด PE ขนาด 100 กรัม จำนวน 150 ถ้วย ราคา 96 บาท

2. ค่าใช้ไฟฟ้าในการผลิตทั้งหมด

ต้มส่วนผสมในหม้อสแตนเลส นาน 8 ชั่วโมง ใช้ไฟฟ้าคิดเป็น 326.4 บาท

ปั่นส่วนผสมด้วยเครื่องปั่นละเอียด ครั้งละ 12 นาที รวมใน 1 วัน ใช้ไฟฟ้าคิดเป็น 331.1 บาท

ส่วนผสมก่อนบ่ม ใช้เวลาบ่มในห้องเย็น 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ใช้ไฟฟ้าคิดเป็น 75.35 บาท

นำส่วนผสมมาทำให้เป็นไอศกรีมด้วยเครื่อง Nemox ครั้งละ 22นาที/ครั้ง จำนวน 16 ครั้ง ใช้ไฟฟ้าคิดเป็น 8.98 บาท

3. ค่าแรงงาน

ค่าแรงงาน 300 บาท/คน เท่ากับ 900 บาท

ผลรวมทั้งหมด = 4418.176 + 96 + 326.4 + 331.1 + 75.35 + 8.98 + 900 = 615.006 บาท/153 ถ้วย ดังนั้น ในเวลา 8 ชม.จะสามารถผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานได้ 153 ถ้วยหรือ 15360 กรัม (1 ถ้วยมีน้ำหนักสุทธิ 100 กรัม) และใน 1 วัน จะผลิตไอศกรีมเจลาโต้มะขามหวานได้ 459 ถ้วยหรือ 46,080 กรัม ต้นทุนการผลิตต่อ 1 ถ้วย เท่ากับ 40.24 บาท

หมายเหตุ : อัตราค่าไฟฟ้าคิดตามการไฟฟ้านครหลวง ราคานี้ยังไม่รวมภาษี
(http://www.mea.or.th/profile/index.php?l=th&tid=3&mid=111&pid=109)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ธนัชพร ใจภักดี
วัน เดือน ปี เกิด	31 มกราคม 2537
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจาก โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ หอวัง นนทบุรี

ชื่อ-นามสกุล	ปิยดา ปาเลย์
วัน เดือน ปี เกิด	21 กันยายน 2534
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียน คณะราษฎ์บำรุงปทุมธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนหอวัง

ชื่อ-นามสกุล	สุธาสินี ยอดอุดม
วัน เดือน ปี เกิด	04 กันยายน 2535
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจาก โรงเรียนเบญจมราชาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้