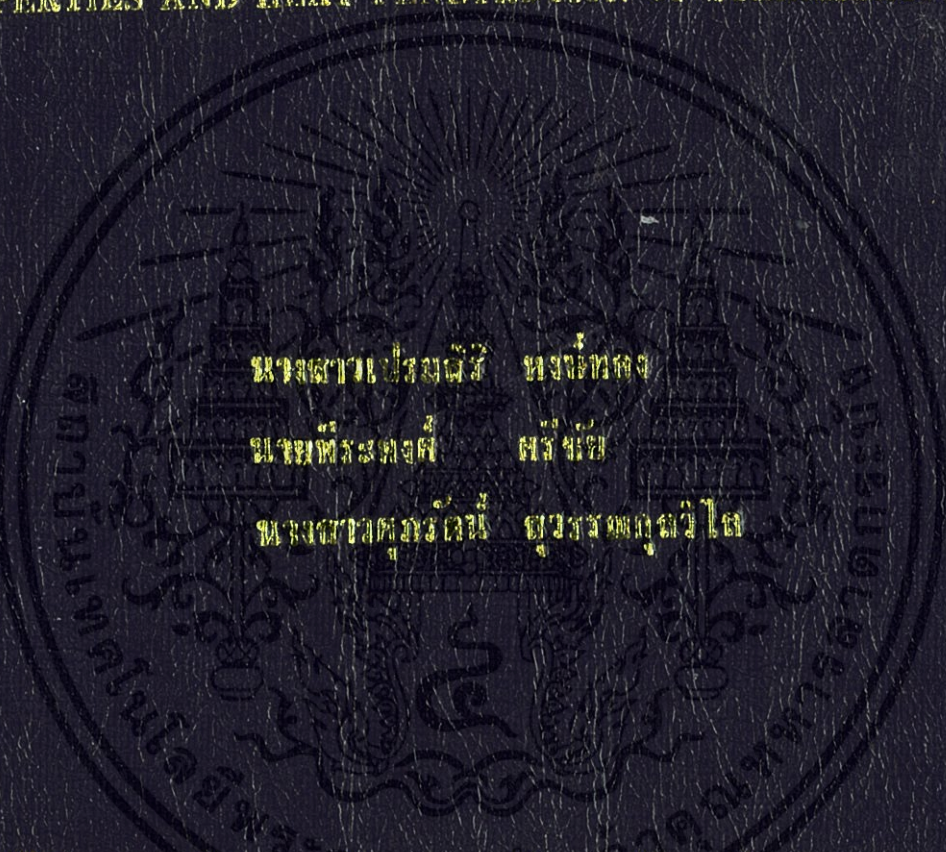


ผลของตัวประกอบในน้ำกะทิที่ระปิ้งก่อนนั้นต่อความคงทน
และการแพร่ผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ

EFFECT OF COMPONENTS IN CANNED COCONUT MILK TO PHYSICAL, CHEMICAL,
PROPERTIES AND HEAT PENETRATION OF STERILIZATION



นางสาว ประณีต หงษ์ทอง
นางพัชระ หงษ์ทอง ศรีชัย
นางสาวศุภรต์ ศรีชัย ชูรสกุลกุล ใส

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ผลของส่วนประกอบในน้ำกะทิกระป๋องต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี
และการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ

EFFECT OF COMPONENTS IN CANNED COCONUT MILK TO PHYSICAL, CHEMICAL
PROPERTIES AND HEAT PENETRATION OF STERILIZATION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ปีการศึกษา 2556 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF COMPONENTS IN CANNED COCONUT MILK TO PHYSICAL, CHEMICAL
PROPERTIES AND HEAT PENETRATION OF STERILIZATION



MS. PREMSIRI HONGTHONG

MR. PEERAPONG SRICHAJ

MS. SUPARAT SUWANKULWILAI

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ACADEMIC YEAR 2013
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลของส่วนประกอบในน้ำกะทิที่ระบ่งต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี

และการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ

EFFECT OF COMPONENTS IN CANNED COCONUT MILK TO PHYSICAL, CHEMICAL
PROPERTIES AND HEAT PENETRATION OF STERILIZATION

ผู้จัดทำ

- | | | | |
|-------------------|---------------|--------------|----------|
| 1. นางสาวเปรมสิริ | หงษ์ทอง | รหัสนักศึกษา | 53011012 |
| 2. นายพีระพงศ์ | ศรีชัย | รหัสนักศึกษา | 53011171 |
| 3. นางสาวศุภรัตน์ | สุวรรณกุลวิไล | รหัสนักศึกษา | 53011604 |

ธวัลลา อ.

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น (ดร.วริสา ชูวัฒนกุล) ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง ผลของส่วนประกอบในน้ำกะทิกระป๋องต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ

โดย นางสาวเปรมสิริ หงษ์ทอง
นายพีระพงศ์ ศรีชัย
นางสาวศุภรัตน์ สุวรรณกุลวิไล

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วริสา ชูวัฒนกุล

ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของส่วนผสมหลักของน้ำกะทิกระป๋องที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 18 ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ น้ำเปล่า, น้ำกะทิ และน้ำมันมะพร้าว กับสารอิมัลซิไฟเออร์คือ Tween60 เพื่อวัดผลถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ ได้แก่ ความหนืด, ความหนาแน่น และค่าสี และการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี ได้แก่ ค่า pH และค่า %Solid non fat โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลของลักษณะทางกายภาพและเคมีร่วมกับค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อของหม้อฆ่าเชื้อชนิด Still steam retort โดยการทดลองจะใช้ตัวอย่างในการทดลอง 4 สูตร ดังนี้ สูตรที่ 1 คือ น้ำเปล่าผสมกับสารปรุงแต่งและผสม Tween60 ร้อยละ 0.08 สูตรที่ 2 คือ น้ำกะทิผสมกับสารปรุงแต่งและผสม Tween60 ร้อยละ 0.08 สูตรที่ 3 คือ น้ำมันมะพร้าวผสมกับสารปรุงแต่งและผสม Tween60 ร้อยละ 0.08 และสูตรที่ 4 คือ สูตรที่มีการเติมทั้งกะทิและน้ำมันมะพร้าว ผสมกับสารปรุงแต่งและผสม Tween60 ร้อยละ 0.08 โดยสูตรที่ 2, 3 และ 4 จะมีการควบคุมปริมาณไขมันให้ได้ร้อยละ 18 และการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลา ได้แก่ 1. ก่อนการฆ่าเชื้อ 2. หลังการฆ่าเชื้อ 3. หลังจากบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 14 วัน และ 4. หลังจากบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 55 °C นาน 7 วัน

จากการศึกษาพบว่า ตัวอย่างสูตรที่ 2 ซึ่งมีน้ำกะทิเป็นส่วนประกอบหลัก จะมีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนในการฆ่าเชื้อน้อยที่สุด เนื่องจากมีผลทางกายภาพและเคมีดังนี้ 1. ความหนืดหลังการฆ่าเชื้อมีค่าเพิ่มขึ้นจากก่อนการฆ่าเชื้อ และความหนืดหลังการบ่มทั้ง 2 อุณหภูมิมีค่าไม่แตกต่างจากความหนืดหลังการฆ่าเชื้อ โดยมีพฤติกรรมการไหลแบบ Pseudoplastic 2. ค่าความหนาแน่นมีค่าไม่แตกต่างกันทั้ง 4 ช่วงเวลา 3. ค่าสีเมื่อเปรียบก่อนการฆ่าเชื้อกับหลังการฆ่าเชื้อ จะพบว่าค่าสีมีค่า L^* ลดลง ส่วนค่า a^* และ b^* มีค่าเพิ่มขึ้น และค่าสีหลังการบ่มทั้ง 2 อุณหภูมิ มีค่าไม่แตกต่างจากค่าสีหลังฆ่าเชื้อ 4. ค่า pH เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อ พบว่าค่า pH ลดลง และค่า pH หลังการบ่มทั้ง 2 อุณหภูมิมีค่าไม่แตกต่างจากค่า pH หลังการฆ่าเชื้อ และ 5. ค่า %Solid non fat จะพบว่าสูตรที่ 2 มีค่ามากที่สุด และค่า %Solid non fat มีค่าไม่แตกต่างกันทั้ง 4 ช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Effect of Components in Canned Coconut Milk to Physical, Chemical Properties and Heat Penetration for Sterilization
Student	Ms. Premsiri Hongthong Mr. Peerapong Srichai Ms. Suparat Suwankulwilai
Project Advisor	Dr. Varesa Chuwattanakul
Submitted for	Bachelor's Degree in Food Engineering, Major of Food Engineering Faculty of Engineering King's Mongkut Institute of Technology Ladkrabang
Year	2013

ABSTRACT

This research aims to study the effect of main components of canned coconut milk (18% fat) which consists of water, coconut milk, coconut oil and tween60 as emulsifier with physical properties (viscosity, density and color) and chemical properties (pH and %solid non fat). This research focused on analyzing the result of physical and chemical properties and heat penetration in sterilization process of still steam retort. 4 models of experiment were designed; model 1 consisted of water with tween60 (0.08%) and other ingredients, model 2 consisted of coconut milk with tween60 (0.08%) and other ingredients, model 3 consisted of coconut oil with tween60 (0.08%) and other ingredients, and model 4 consisted of coconut milk and coconut oil with tween60 (0.08%) and other ingredients with the same ratio. Model 2, 3, 4 were controlled with 18% fat quantity and studied with 4 conditions; before sterilization, after sterilization, incubation at 37°C 14 days, and incubation at 55°C 7 days.

As the results, we found that model 2 had the lowest heat transfer in sterilization process led to these results of physical and chemical properties. After sterilization, Pseudoplastic's flow behavior occurred. The viscosity was increased and was not significantly difference after incubation with 37°C and 55°C. All conditions of density were not significantly difference. Color value compared before sterilization and after sterilization shown that L* was decreased and a* b* were significantly increased. In addition, the color was not difference after incubating at 37°C and 55°C. pH decreased after sterilization and was not significantly difference after incubating at 37°C and 55°C. %Solid non fat of model 2 was higher than other models and not difference in 4 conditions.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.วรีสา ชูวัฒนกุล และคณะอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้ความรู้ คำปรึกษาและชี้แนะข้อบกพร่องในการทำปฏิญานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ที่คอยให้คำแนะนำในการทำการทดลอง และคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง

ขอขอบพระคุณรศ. ดร.มารีสา จาตุพรพิพัฒน์ และคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านการเพาะเลี้ยงเชื้อ ตลอดจนคำแนะนำในการคิดแผนการทดลอง จนเกิดเป็นปฏิญานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการและธุรการภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือในการติดต่ออิมูปร้อม์เพื่อทำการทดลอง และคำแนะนำในการใช้อุปกรณ์อย่างถูกวิธี จนผลการทดลองออกมาตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้

ขอขอบคุณเพื่อนๆนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคน ที่คอยให้กำลังใจในการทำงานและคอยให้คำแนะนำในการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ จนทำให้ปฏิญานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาและญาติพี่น้องอันเป็นที่รักทุกคน ที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ให้ทุนทรัพย์ ให้ความรักและความหวังดี

ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิญานิพนธ์เล่มนี้ทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนาม ทุกท่านคือส่วนหนึ่งของความสำเร็จในปฏิญานิพนธ์เล่มนี้

สุดท้ายคณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปฏิญานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจทุกท่านไม่มากนักน้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใด ต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เปรมสิริ หงษ์ทอง

พีระพงศ์ ศรีชัย

ศุภรัตน์ สุวรรณกุลวิไล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ข้อมูลทั่วไปของกะทิ	4
2.2 มาตรฐานกะทิ	5
2.3 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำกะทิ	6
2.4 อิมัลชัน	8
2.5 Tween 60	10
2.6 ความหนืด	11
2.7 ความหนาแน่น	14
2.8 การวัดสี	14
2.9 ค่า pH	16
2.10 เนื้อผลิตภัณฑ์ไม่รวมไขมัน (%Solid non fat)	17
2.11 ทฤษฎีการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ	18
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

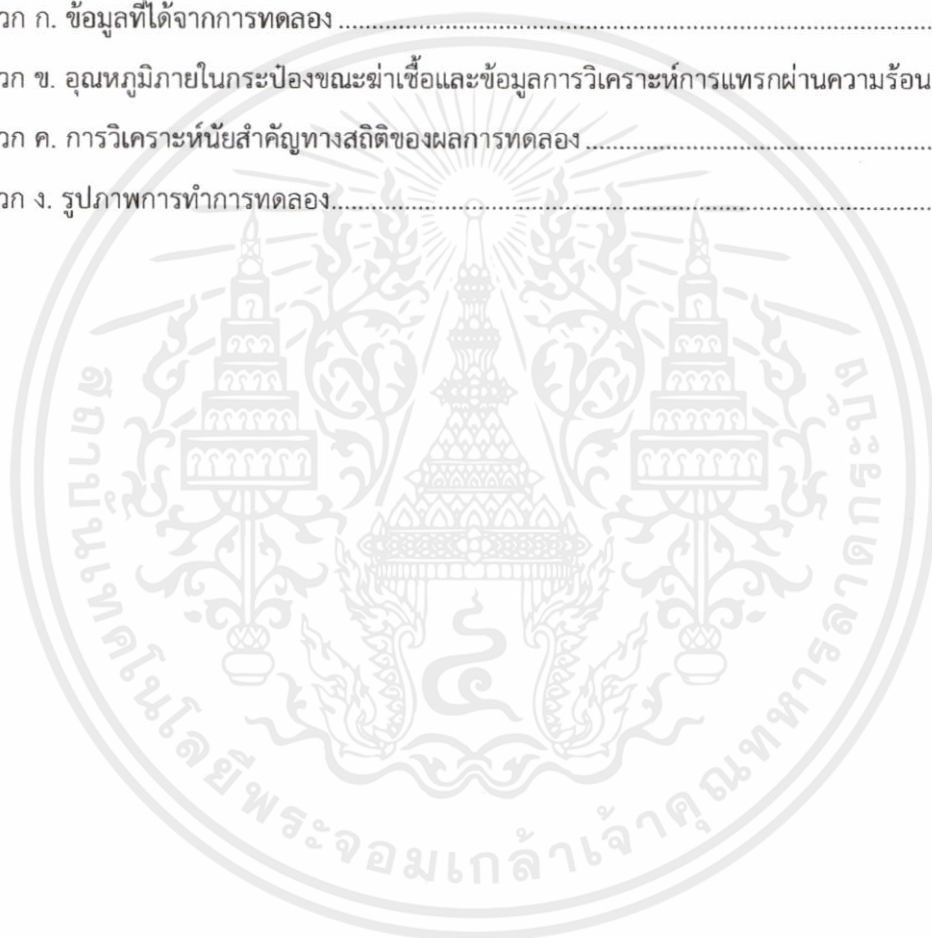
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	24
3.1 วิธีการเตรียมสารตัวอย่างในการทดลอง.....	24
3.2 ช่วงเวลาการทดลอง.....	25
3.3 วิธีวัดค่าทางกายภาพและเคมี.....	26
3.3.1 วิธีวัดค่าความหนืด.....	26
3.3.2 วิธีวัดค่าความหนาแน่น.....	27
3.3.3 วิธีวัดค่าสี.....	27
3.3.1 วิธีวัดค่า pH.....	28
3.3.1 วิธีวัดค่า %Solid non fat.....	29
3.4 วิธีวัดค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ.....	30
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	33
4.1 ผลทางด้านลักษณะทางกายภาพ.....	33
4.1.1 ค่าความหนืด.....	33
4.1.2 ค่าความหนาแน่น.....	37
4.1.3 ค่าสี.....	37
4.2 ผลทางด้านลักษณะทางเคมี.....	39
4.2.1 ค่า pH.....	39
4.2.2 ค่า %Solid non fat.....	40
4.3 ผลการวิเคราะห์การแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ.....	41
4.4 การวิเคราะห์ค่าลักษณะทางกายภาพและเคมีที่มีต่อการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ.....	44
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	46
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	46
5.2 ปัญหาที่พบ.....	47
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ก. ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	52
ภาคผนวก ข. อุณหภูมิภายในกระป๋องขณะฆ่าเชื้อและข้อมูลการวิเคราะห์การแทรกผ่านความร้อน.....	70
ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของผลการทดลอง	77
ภาคผนวก ง. รูปภาพการทำการทดลอง.....	90



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของน้ำกะทิที่ได้จากการบีบเนื้อมะพร้าวโดยไม่เติมน้ำ.....	3
2.2 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าว.....	4
2.3 คุณลักษณะทางเคมีของกะทิสำเร็จรูป.....	5
2.4 ค่าคุณสมบัติทางกายและเคมีของน้ำกะทิ.....	6
4.1 แสดงค่า Flow behavior index (n) และ Consistency index (K) ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา.....	36
4.2 แสดงค่า %Solid non fat ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา.....	40
4.3 แสดงค่า F_0 และค่าแสดงการแทรกผ่านความร้อนที่ได้จากการทดลองของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร.....	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Particle size distribution of non-homogenized coconut milk	7
2.2 โครงสร้างโมเลกุลของ Tween60.....	11
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนกับอัตราการเฉือนในรูปแบบปกติ	13
2.4 การบรรยายสีในระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ	15
2.5 แสดงการอ่านค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกราฟ Semilog scale	21
2.6 เปรียบเทียบอนุภาคไขมันของน้ำกะทิที่ใช้ Tween60 เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่อุณหภูมิ 28°C กับ 120°C	23
3.1 ตัวอย่างในการทดลองทั้ง 4 สูตร	25
3.2 เครื่องวัดความหนืดรุ่น Bookfield LVDVE230.....	26
3.3 การวัดความหนาแน่นของน้ำกะทิ.....	27
3.4 เครื่องวัดสียี่ห้อ Juki รุ่น JC 801.....	28
3.5 เครื่องวัด pH ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI3512.....	28
3.6 Butyrometer.....	29
3.7 ตู้อบลมร้อน.....	30
3.8 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิในกระป๋องแบบเข็มไร้สาย.....	31
3.9 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเข็มไร้สายลงในกระป๋อง.....	31
3.10 หม้อฆ่าเชื้อแบบ Still steam retort.....	31
3.11 การจัดเรียงน้ำกะทิกระป๋องลงในตะกร้าก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ	32
4.1 ผลของ Viscosity กับ Shear rate ของสารตัวอย่างสูตรที่ 1 เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา	33
4.2 ผลของ Viscosity กับ Shear rate ของสารตัวอย่างสูตรที่ 2 เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา	34
4.3 ผลของ Viscosity กับ Shear rate ของสารตัวอย่างสูตรที่ 3 เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา	34
4.4 ผลของ Viscosity กับ Shear rate ของสารตัวอย่างสูตรที่ 4 เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา	35
4.5 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแน่นของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา	37
4.6 ผลของค่า L* ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา	38
4.7 ผลของค่า a* ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถใดๆทางอื่น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 ผลของค่า b^* ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา.....	38
4.9 แผนภูมิแท่งแสดงค่า pH ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา.....	39
4.10 ผลของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในการฆ่าเชื้อของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร.....	41
4.11 ผลการวิเคราะห์ค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อของตัวอย่างสูตรที่ 1.....	42
4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อของตัวอย่างสูตรที่ 2.....	43
4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อของตัวอย่างสูตรที่ 3.....	43
4.14 ผลการวิเคราะห์ค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อของตัวอย่างสูตรที่ 4.....	44
4.15 การเกิดเจลในตัวอย่างสูตรที่ 2.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การแปรรูปมะพร้าวเป็นน้ำกะทิ มีจุดประสงค์เพื่อการเก็บรักษาผลผลิตและเพิ่มมูลค่าให้กับมะพร้าว น้ำกะทินั้นได้จากการคั้นหรือบีบส่วนของเหลวที่มีส่วนประกอบของไขมันออกจากเนื้อมะพร้าว ผลิตภัณฑ์กะทิบรรจุในภาชนะปิดสนิทของไทยมีส่วนแบ่งทางการตลาดถึงร้อยละ 85 ของโลก มูลค่าตลาดสำหรับกะทิสำเร็จรูปของไทยในปี 2551 มีมูลค่าประมาณ 4,000 ล้านบาท (กลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการค้าการลงทุน, 2553) แต่ด้วยกะทิเป็นอาหารประเภทกรดต่ำ (low acid food) มีค่า pH อยู่ประมาณ 6.2 และมีค่า Water activity มากกว่า 0.98 (ทศพรพรรณ, 2546) ดังนั้นจึงทำให้กะทิสามารถเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ง่าย จึงจำเป็นที่จะต้องมีการฆ่าเชื้อ ซึ่งสามารถทำการฆ่าเชื้อได้หลายระดับ ตั้งแต่การฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ ไปจนถึงระดับการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลส์ โดยนิยมใช้ภาชนะบรรจุเป็นกระป๋อง

กระบวนการผลิตน้ำกะทิกระป๋องในปัจจุบัน มีการปรับแต่งสูตรที่ใช้ในการผลิตหลายสูตร เพื่อให้ให้น้ำกะทิที่ได้มีรสสัมผัสที่ดี และมีปริมาณไขมันตรงตามความต้องการของผู้บริโภค โดยการปรับแต่งปริมาณไขมันในน้ำกะทิ จะใช้ส่วนผสมหลัก 3 ส่วนในการผลิต ได้แก่ น้ำเปล่า, น้ำกะทิ และน้ำมันมะพร้าว รวมไปถึงการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์หลายชนิดเพื่อให้ไขมันกับน้ำรวมตัวกันเป็นเนื้อเดียว แต่ในการผลิตน้ำกะทิบางล็อต เช่น ล็อตการผลิตน้ำกะทิที่มีไขมันร้อยละ 18 พบว่าการเติมสาร Tween60 ซึ่งเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์มีผลทำให้การฆ่าเชื้อหรือการแทรกผ่านความร้อนในกระป๋องมีประสิทธิภาพลดลง

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของส่วนผสมหลักของน้ำกะทิ 3 ส่วนที่ได้กล่าวข้างต้นกับสารอิมัลซิไฟเออร์คือ Tween60 เพื่อวัดผลถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพได้แก่ ความหนืด, ความหนาแน่น และค่าสี และการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีได้แก่ ค่า pH และค่า %Solid non fat โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลของลักษณะทางกายภาพและเคมีร่วมกับค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อของหม้อฆ่าเชื้อชนิด Still steam retort

ผลจากการศึกษาดังกล่าว จะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของส่วนผสมหลักของน้ำกะทิ 3 ส่วนกับสารอิมัลซิไฟเออร์คือ Tween60 เพื่อให้ทราบว่าส่วนผสมชนิดใดที่มีผลทำให้การฆ่าเชื้อหรือการแทรกผ่านความร้อนในกระป๋องมีประสิทธิภาพลดลง ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงสูตรในการผลิตน้ำกะทิกระป๋อง และเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- ศึกษาผลของส่วนประกอบของน้ำกะทิที่ระบ่งต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

- วัตถุดิบคือกะทิ จากจังหวัดชลบุรี
- สารอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้เป็นชนิด Tween 60 และใช้เติมในตัวอย่างของการทดลองด้วยอัตราส่วน 0.08% คงที่ตลอดการทดลอง
- ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความหนืด, ค่าความหนาแน่น และค่าสี
- ลักษณะทางเคมี ได้แก่ ค่า pH และค่า %Solid non fat
- หม้อฆ่าเชื้อที่ใช้ในการฆ่าเชื้อและทดลองหาค่าการแทรกผ่านความร้อน เป็นชนิด Still steam retort

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ทราบถึงผลของส่วนประกอบในน้ำกะทิที่ระบ่งต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ
- มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของกะทิ และกระบวนการฆ่าเชื้อของน้ำกะทิที่ระบ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของกะทิ

น้ำกะทิ (coconut milk) เป็นของเหลวสีขาวขุ่นที่ได้จากการคั้น หรือบีบเนื้อมะพร้าว (solid coconut endosperm) ส่วนเนื้อของมะพร้าว มีส่วนประกอบหลักคือ ไขมัน ซึ่งอยู่ในรูปของอิมัลชัน (emulsion) และของแข็งต่างๆ เช่น โปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำกะทิคือ น้ำมัน น้ำ โปรตีน และน้ำตาล อยู่รวมกันเป็นอิมัลชันของน้ำมันในน้ำ โดยมีโปรตีนทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ (Bucat et al., 1973) เนื่องจากน้ำกะทิมีปริมาณน้ำมันมากเมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีน โปรตีนไม่เพียงพอที่จะดึงน้ำมันให้กระจายแขวนลอยอยู่ทั่วไป น้ำกะทิเป็นอาหารประเภทที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid food) มีค่า pH ประมาณ 6.2 มีลักษณะเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion) ซึ่งสามารถคงตัวได้เนื่องจากโปรตีนบางชนิดที่ถูกดูดซับอยู่บริเวณพื้นผิวระหว่างน้ำมันและน้ำ นอกจากนี้ยังมีเยื่อเมมเบรนที่เกิดจากฟอสโฟลิปิด (phospholipid) คือ เซฟาลิน (cephalin) และเลซิทีน (lecithin) ล้อมรอบเม็ดไขมันไว้อีกด้วย (ชลดาและณัฐพงศ์, 2555)

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกะทิที่มีรายงานไว้จะอยู่ในช่วงกว้างเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น สายพันธุ์, สภาพภูมิศาสตร์, ในการเพาะปลูก, สภาวะการดูแลรักษา, ความแก่อ่อนของผล วิธีการที่ใช้ในการสกัดน้ำกะทิ และระดับความเจือจางเนื่องจากการเติมน้ำหรือน้ำมะพร้าว องค์ประกอบของน้ำกะทิที่ได้จากการบีบเนื้อมะพร้าวโดยไม่เติมน้ำ แสดงได้ดัง ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ำกะทิที่ได้จากการบีบเนื้อมะพร้าวโดยไม่เติมน้ำ (% by weight)

องค์ประกอบ (%)	Seow and Gwee (1997 b)	Seow and Gwee (1997 e)	Seow and Gwee (1997 g)	Seow and Gwee (1997 f)
ความชื้น	53.9	50.0	54.1	50.0
ไขมัน	34.7	40.0	32.2	39.8
โปรตีน (N × 6.25)	3.6*	3.0	4.4	2.8
เถ้า	1.2	1.5	1.0	1.2
คาร์โบไฮเดรต	6.6	5.5	8.3	6.2

* N × 5.30

ที่มา: (ทศพรพรรณ รัตนภักดิ์, 2546) การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ที่พบในน้ำกะทิ คือน้ำตาล โดยเฉพาะน้ำตาลซูโครส (sucrose) และมีสตาร์ช (starch) อยู่บ้าง ส่วนเกลือแร่ที่พบคือ ฟอสฟอรัส (phosphorus) แคลเซียม (calcium) และโพแทสเซียม (potassium) น้ำกะทิที่สกัดได้ใหม่ๆ จะมีวิตามินบีและกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) อยู่ด้วยเล็กน้อย

น้ำกะทิที่ได้จากการบีบโดยไม่เติมน้ำมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 5-10% (โดยน้ำหนักแห้ง) โปรตีนละลายอยู่ในส่วนน้ำเพียง 30% เท่านั้น ที่เหลือเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวอิมัลซิไฟเออร์ โดยดูดซับอยู่บริเวณพื้นผิวระหว่างน้ำมันและน้ำเป็นการช่วยลดแรงตึงผิว ทำให้อนุภาคขนาดเล็กกระจายตัวอยู่เป็นเฟสกระจายได้ นอกจากนี้ในน้ำกะทียังมีสารพวกฟอสโฟลิปิดซึ่งทำให้อิมัลชันมีความคงตัวเพิ่มขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามอิมัลชันของน้ำกะทิจะคงตัวอยู่ได้ไม่นาน เนื่องจากน้ำกะทิมีสัดส่วนของโปรตีนต่อไขมันประมาณ 1 ต่อ 10 แสดงให้เห็นว่าโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบอยู่นั้นมีปริมาณที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับไขมันจึงไม่เพียงพอที่จะทำให้เม็ดไขมันกระจายตัวอย่างอิสระในน้ำได้ เม็ดไขมันซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะลอยตัวสูงขึ้นและเกิดการรวมตัวกัน เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างเม็ดไขมัน น้ำกะทิจึงเกิดการแยกชั้นขึ้น โดยชั้นบนเป็นหัวกะทิ และชั้นล่างเป็นหางกะทิ (พธิญดา, 2552)

น้ำกะทิมีสัดส่วนประกอบหลักคือน้ำมันมะพร้าว ประกอบด้วย triacylglycerol 84-93.1%, 1,2-diacylglycerol 1.5-5.1%, 1,3-diacylglycerol 1.2-2.1%, monoglyceride 1-7%, free fatty acid 1-1.26%, phospholipid 0.03-0.4%, glycolipid 0.2-0.35% และ sterol 0.1% ซึ่งทั้ง glycolipid และ phospholipid จะพบมากในกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำกะทิ แสดงได้ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าว

ชนิดของกรดไขมัน	ปริมาณของกรดไขมัน, %
กรดคาร์ปโรอิก (caproic acid, C6)	0.4-0.6
กรดคาร์ปริลิก (caprylic acid, C8)	6.9-9.4
กรดคาร์ปริก (capric acid, C10)	6.2-7.8
กรดลอริก (lauric acid, C12)	45.9-50.3
กรดปาล์มมิติก (palmitic acid, C16)	7.7-9.7
กรดสเตียริก (stearic acid, C18)	2.3-3.2
กรดโอเลอิก (oleic acid, C18:1)	5.4-7.4
กรดลิโนเลอิก (linoleic acid, C18:2)	1.3-2.1

ที่มา : (ทศพรพรรณ รัตนภักดี, 2546)

น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง เป็นน้ำกะทิที่ผ่านกระบวนการบรรจุกระป๋องปิดฝา แล้วฆ่าเชื้ออย่างสมบูรณ์ในระดับอุตสาหกรรม (commercial sterilization) เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิการเก็บตามปกติ ทำให้สามารถเก็บได้นานโดยไม่ต้องเก็บในที่เย็น

2.2 มาตรฐานกะทิ

2.2.1 บทนิยาม ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

2.2.1.1 กะทิสำเร็จรูป หมายถึง ของเหลวที่ได้จากการคั้นหรือบีบเนื้อของผลมะพร้าวห้าว ซึ่งมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า โคคอส นูซิเฟอรา ลินน์. (*Cocos nucifera* Linn.) แล้วผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนเพื่อให้เก็บรักษาไว้ได้

2.2.1.2 สิ่งแปลกปลอม (foreign matter) หมายถึง วัตถุอื่นใดที่ปนเข้ามาในผลิตภัณฑ์ เช่น เส้นผม เศษดิน กรวด ทราย เป็นต้น

2.2.1.3 กะทิสำเร็จรูปชนิดพาสเจอร์ไลส์ หมายถึง กะทิสำเร็จรูปที่ผ่านการใช้ความร้อนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้อุณหภูมิสูงแต่ไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส และทำให้ผลิตภัณฑ์ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

2.2.1.4 กะทิสำเร็จรูปชนิดสเตอริไลส์ หมายถึง กะทิสำเร็จรูปที่ผ่านการใช้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์ที่จะทำให้อาหารเน่าเสียในระหว่างการเก็บ รวมทั้งครอบคลุมถึงการฆ่าเชื้อแบบยูเอสทีด้วย

2.2.2 คุณสมบัติที่ต้องการ

2.2.2.1 ลักษณะทั่วไป

เป็นของเหลว ทึบแสง ปราศจากสิ่งแปลกปลอม ไม่มีกลิ่นหืน และกลิ่นนํารังเกียจอื่นใด เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนแล้ว ต้องมีคะแนนของสีไม่น้อยกว่า 4 คะแนน และคะแนนของกลิ่นไม่น้อยกว่า 4 คะแนน เว้นแต่ในกรณีของกะทิที่ทำจากมะพร้าวที่ไม่ขูดผิวดำออก ให้มีคะแนนของสีไม่น้อยกว่า 2 คะแนน

2.2.2.2 คุณสมบัติทางเคมี

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางเคมีของกะทิสำเร็จรูป

รายการที่	คุณสมบัติที่ต้องการ	เกณฑ์ที่กำหนด	วิธีวิเคราะห์ตาม
1	ไขมัน ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	18	AOAC (1980) ข้อ 16.059
2	กรดไขมันอิสระ (คำนวณเป็นกรดคลอริก) ร้อยละไม่เกิน	0.3	AOAC (1980) ข้อ 16.023
3	ความเป็นกรด-ด่าง	5.5 ถึง 6.5	(AOAC1980) ข้อ 12.2
4	ของแข็งทั้งหมด ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	22	AOAC (1980) ข้อ 16.032

ที่มา : (มอก.582-2528)

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำกะทิ

กะทิเป็นอิมัลชันที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วนที่เป็นไขมันในน้ำที่สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วนได้อย่างชัดเจน คือส่วนเนื้อครีมที่เบากว่าและส่วนที่เป็นน้ำซึ่งหนักกว่า (มีไขมันประกอบอยู่น้อย) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์หลายคนได้ทดลองหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ค่าที่ได้จะออกมาเป็นช่วงที่ยอมรับได้ และสามารถใช้เป็นเกณฑ์ของคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ของน้ำกะทิได้ ค่าคุณสมบัติดังกล่าวเป็นค่าที่ผู้ผลิตน้ำกะทิเพื่อจำหน่ายต้องใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งแสดงได้ดัง ตารางที่ 2.4

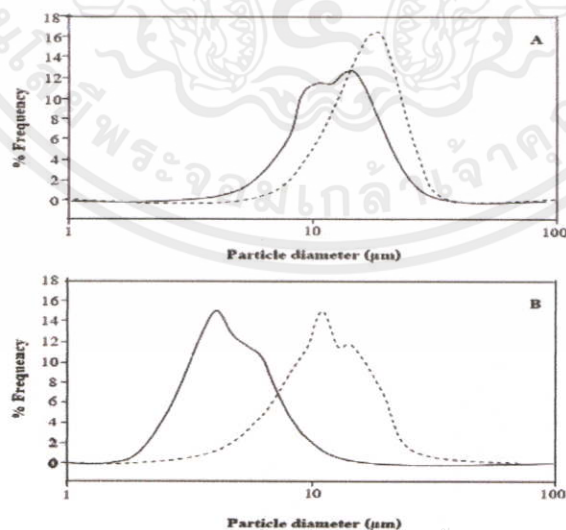
ตารางที่ 2.4 ค่าคุณสมบัติทางกายและเคมีของน้ำกะทิ

Physical and Chemical Properties	ช่วง
Viscosity (Centipoises)	1.61-2.02
Specific gravity	1.0029-1.0080
Surface tension, dynes/cm ²	97.76-125.43
Refractive index	1.3412-1.3446
pH	5.96-6.30
Flow behavior index (n)	0.713-0.930
Thermal conductivity, W/m°C	0.425-0.590
Specific heat, kJ/kg°C	3.277-3.711
Density, kg/m ³	969.00-983.05
Thermal diffusivity, m ² /s	1.325-1.634 x 10 ⁻⁷
Oil droplet size, μm	13.1

ที่มา : (พริญดา แก้วสวี, 2552)

ข้อมูลในตาราง 2.4 แสดงให้เห็นถึงค่าช่วงกว้างของลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของกะทิที่ได้รายงานไว้โดยนักวิจัยและนักวิชาการหลายท่าน ซึ่งพบว่ามีปัจจัยหลายอย่างส่งผลต่อคุณสมบัติของกะทิ Hahenmaier และคณะ (1972) ได้รายงานไว้ว่ากะทิประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 66 ไขมันร้อยละ 28 และของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันร้อยละ 28, มีความหนืด 4. 2, 3.0, 2.1 และ 1.8 เซนติพอยท์ (cP) จากการวัดที่อุณหภูมิตัวอย่างกะทิเป็น 29, 40, 56 และ 64°C ตามลำดับ Simuang และคณะ (2004) รายงานว่าปริมาณไขมัน (ร้อยละ 15-30) และอุณหภูมิ (70-90°C) มีผลต่อความหนืดที่ปรากฏของกะทิ ข้อสรุปดังกล่าวสามารถยืนยันได้จาก Peamprasart และ Chiewchan (2006) ซึ่งได้ระบุตัวอย่งน้ำกะทิ (มีปริมาณไขมันร้อยละ 15-30) แสดงพฤติกรรมการไหลแบบ pseudoplastic โดยมีดัชนีพฤติกรรมการไหล (Flow behavior index หรือ n) มีค่าระหว่าง 0.713 ถึง 0.930 โดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไขมันและการให้ความร้อนในขณะเตรียม นอกจากนี้แล้ว Peamprasart และ Chiewchan (2006) ยังได้รายงานอีกว่า

ตัวอย่างที่มีการให้ความร้อนในขั้นตอนการเตรียมจะมีผลต่อความหนืดที่เกิดขึ้นหรือค่าความคงตัว (Consistency index หรือ K) ของน้ำกะทิที่มีปริมาณไขมันเท่ากัน น้ำกะทิจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังเห็นได้จากการวิเคราะห์ขนาดของหยดไขมันที่กระจายตัวอยู่ในน้ำกะทิจากหลายวิธีการ เช่นการวิเคราะห์โดยใช้ภาพถ่ายกำลังขยายสูง (photomicrograph) ของหยดไขมันในชั้นครีมของกะทิพบว่า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงกว้าง (มีขนาดเล็กไปจนถึง 35 ไมโครเมตร) โดยหยดไขมันส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร Hagenmaier และคณะ (1972) รายงานว่ากะทิที่มาจาก การคั้นด้วยมือจะมีการแยกชั้นบางๆ ออกเป็น 3 ชั้น ที่มีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เป็น 6.5 และมีขนาดของหยดไขมันเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ไมโครเมตร Tangsuphoom และ Coupland (2005) วิเคราะห์ขนาดอนุภาคที่กระจายอยู่ในน้ำกะทิที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการโฮโมจีไนส์ที่ประกอบด้วยไขมันร้อยละ 5-17 และโปรตีนร้อยละ 1.5-2.0 โดยใช้เครื่องวัดการกระเจิงแสงแบบเลเซอร์ (laser light scattering instrument) พบว่าขนาดของหยดไขมันที่กระจายอยู่ในกะทิที่ไม่ผ่านกระบวนการโฮโมจีไนส์มีลักษณะเป็น lognormal form (ภาพที่ 2.1A) โดยมีหยดไขมันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (d_{43}) 13.1 ไมโครเมตร ส่วนกะทิที่ผ่านกระบวนการโฮโมจีไนส์มีขนาดอนุภาคไขมันแตกต่างจากกะทิที่ไม่ผ่านกระบวนการโฮโมจีไนส์เล็กน้อย (ภาพที่ 2.1B) อย่างไรก็ตามอนุภาคในตัวอย่างกะทิที่ผ่านกระบวนการโฮโมจีไนส์มีขนาดเล็กกว่าอนุภาคในตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการโฮโมจีไนส์ เมื่อระบบอิมัลชันกระจายอยู่ในสารละลาย Sodium dodecyl sulfate (SDS) ก่อนวิเคราะห์ โดย SDS เป็นสารลดแรงตึงของน้ำกะทิทำให้เกิดประจุลบล้อมรอบหยดไขมันและโปรตีนในระบบอิมัลชันของน้ำกะทิ จึงขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนและโปรตีน ช่วยป้องกันการรวมกันจนมีอนุภาคใหญ่ขึ้นของหยดไขมันและโปรตีน จากผลการวิเคราะห์พวกเขาได้สรุปว่ากระบวนการโฮโมจีไนส์มีผลในการลดขนาดอนุภาคของหยดไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หยดไขมันที่ละเอียดนั้นจะเกิดการรวมตัวกันให้มีขนาดอนุภาคเท่าเดิมก่อนการโฮโมจีไนส์ขึ้นได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.1 Particle size distribution of non-homogenized coconut milk (A) and homogenized coconut milk (B) dispersed in distilled water (—) and sodium dodecyl sulfate (SDS) (---) ไปใช้ที่มา: (Tangsuphoom and Coupland, 2005)

2.4 อิมัลชัน (Emulsion)

2.4.1 ความหมายและชนิดของอิมัลชัน

Petrowski (1976) ให้ความหมายของอิมัลชันว่า อิมัลชัน คือ ของเหลว 2 ชนิด หรือมากกว่าที่ไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (immiscible liquids) หรือเป็นระบบที่เรียกว่า Heterogeneous system ระบบอิมัลชันประกอบด้วย 2 ส่วน โดยที่ของเหลวชนิดหนึ่งกระจายตัวเป็นหยดเล็กๆอยู่ในของเหลวชนิดหนึ่ง ความคงตัวของอิมัลชันเกิดจากการมีองค์ประกอบชนิดที่สามอยู่ระหว่างผิวของของเหลวทั้งสอง องค์ประกอบชนิดที่สามดังกล่าวเรียกว่าสารอิมัลซิไฟเออร์ ของเหลวที่กระจายตัวเป็นหยดเหลวเล็กๆ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1-100 ไมโครเมตร และมักเป็นส่วนที่มีปริมาณน้อยกว่า ซึ่งเรียกว่าส่วนกระจายตัวหรือวัฏภาคภายใน (dispersed หรือ discontinuous หรือ internal phase) ส่วนของเหลวอีกชนิดหนึ่งที่หยดเหลวเล็กๆกระจายตัวอยู่เรียกว่าส่วนต่อเนื่องหรือวัฏภาคภายนอก (continuous หรือ external phase) อิมัลชันส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับน้ำและน้ำมัน ชนิดของอิมัลชันแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion หรือ O/W) อิมัลชันชนิดนี้น้ำเป็นส่วนต่อเนื่อง มีอนุภาคของน้ำมันเป็นส่วนกระจายตัว ตัวอย่างอิมัลชันน้ำมันในน้ำ ได้แก่ นํ้านม, นํ้าสลัด, มายองเนส, ซุป, ซอส และนํ้ากะทิ เป็นต้น
2. อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (water-in-oil emulsion หรือ WO) อิมัลชันชนิดนี้น้ำเป็นส่วนกระจายตัว และมีน้ำมันเป็นส่วนต่อเนื่อง ตัวอย่างอิมัลชันน้ำในน้ำมัน ได้แก่ เนยสด, มากา린 และผลิตภัณฑ์ทาขนมปัง เป็นต้น
3. อิมัลชันเชิงซ้อน หรือ อิมัลชันเชิงคู่ (multiple emulsion; oil-in-water-in-oil emulsion; O/W/O หรือ water-in-oil-in-water emulsion; W/O/W) อิมัลชันเชิงซ้อน หรืออิมัลชันเชิงคู่ คือ ระบบที่มีส่วนกระจายตัวเป็นหยดอิมัลชันขนาดเล็ก (microemulsion) อยู่ในส่วนต่อเนื่องของระบบอิมัลชันรวม (macroemulsion) โดยส่วนกระจายตัวที่เป็นอิมัลชันมีหยดของส่วนกระจายตัวที่เล็กกว่าบรรจุอยู่ เช่น อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ (W/O/W) ประกอบด้วยอนุภาคน้ำขนาดเล็กๆ หลายอนุภาคกระจายตัวภายในอนุภาคน้ำมันที่มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งกระจายตัวอยู่ในน้ำที่เป็นส่วนต่อเนื่อง อิมัลชันชนิดนี้เหมาะสมสำหรับการควบคุมการปลดปล่อยกลิ่นรส หรือเพื่อลดปริมาณน้ำมันของผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอิมัลชันบางชนิด (Dickinson, 1995)

2.4.2 ความคงตัวของอิมัลชัน

ความคงตัวของอิมัลชัน หมายถึง การที่อิมัลชันรักษาสภาพการกระจายตัวของส่วนกระจายตัวในส่วนต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอ แต่เนื่องจากความไม่สมดุลของแรงดึงดูดระหว่างอนุภาค ส่วนกระจายตัวและแรงโน้มถ่วงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการกระจายตัวของส่วนกระจายตัว ในกรณีที่เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำในขั้นแรกเกิดการรวมตัวของอนุภาคน้ำมัน (aggregation หรือ flocculation) เป็นผลจากการแรงดึงดูดซึ่งกันและกันระหว่างอนุภาคขนาดเล็ก ทำให้ส่วนกระจายตัวเกาะกลุ่มกันใหญ่ขึ้น โดยที่อนุภาคน้ำมันยังอยู่ในรูปร่างเหมือนเดิม พร้อมกับหรือตามด้วยการลอยขึ้นของอนุภาคน้ำมันไปอยู่รวมกันเป็นส่วนบน เนื่องจากมีความ

หนาแน่นน้อยกว่าน้ำซึ่งเป็นส่วนต่อเนื่อง เรียกว่า การแยกเป็นครีม (creaming) การแยกเป็นครีมเป็นกระบวนการแบบกลับคืนได้ (reversible process) เพราะหยดเหลวยังคงมีขนาดและรูปร่างเหมือนเดิม อัตราเร็วของการแยกเป็นครีมเป็นไปตามกฎของสโตก (Stoke's law) ในกรณีที่อนุภาคน้ำมันขนาดเล็กมาชนกันและรวมตัวกันเป็นอนุภาคน้ำมันขนาดใหญ่ (coalescence) อนุภาคน้ำมันขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้น จะดึงดูดให้อนุภาคให้อนุภาคน้ำมันขนาดเล็กมารวมตัวกันเป็นอนุภาคน้ำมันขนาดใหญ่ขึ้น จนในที่สุดมีขนาดใหญ่เกินกว่าจะรักษาสภาพอิมัลชันไว้ได้ จึงเกิดการแยกตัวของน้ำมันและน้ำอย่างสมบูรณ์ เรียกว่า อิมัลชันแตกตัว (emulsion breakdown) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่สามารถกลับคืนสภาพอิมัลชันได้อีก (irreversible process) (Das and Kinsella, 1990)

2.4.3 การเตรียมโฮโมจีไนส์

การเตรียมอิมัลชันเริ่มจากการผสมของเหลว 2 ชนิดซึ่งปกติไม่สามารถรวมตัวกันได้ จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้มาตีปั่นให้ของเหลวชนิดหนึ่งกลายเป็นอนุภาคขนาดเล็ก (droplet) กระจายอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นส่วนต่อเนื่อง ของเหลวมีขนาดอนุภาคเล็กลงได้โดยการใช้แรงหรือเรียกว่า การโฮโมจีไนเซชัน (homogenization) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นในการเตรียมอิมัลชัน เครื่องมือที่นิยมใช้สำหรับการทำโฮโมจีไนเซชันมีหลายแบบ เช่น เครื่องกวนผสมแบบใบพัด (paddle stirrer) เป็นเครื่องมือที่ใช้พลังงานต่ำ เวลานาน และแบบที่ใช้พลังงานสูง เวลาคือ โฮโมจีไนเซอร์ความดันสูง (seat and valve homogenizer) และ microfluidizer เป็นต้น (Darling and Birkett, 1987) สภาวะต่างๆ ที่ใช้สำหรับการโฮโมจีไนเซชันอิมัลชันชนิดต่างๆ มีความแตกต่างกันตามความเหมาะสม

Del Rosario and Punzalan (1977) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนส์ต่อความคงตัวของอิมัลชันน้ำกะทิ พบว่าอิมัลชันของน้ำกะทิที่เติม sodium caseinate และ sodium stearyl lactylate 0.5-2.5% เมื่อโฮโมจีไนส์ที่ 2000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) หรือโฮโมจีไนส์ระบบ 2 ขั้นตอนที่มีความดัน 2000 psi ร่วมกับ 1000 psi ทำให้มีความคงตัวดีกว่าเมื่อโฮโมจีไนส์ที่ 1000 psi แต่เมื่อใช้ความดันสูงถึง 5000 psi กลับทำให้เกิดการแยกชั้นครีมเร็วขึ้น

กรผลกา, (2539) ได้ทดลองการผลิตกะทิแปลงไขมันที่มีไขมัน 14% พบว่าการใช้ Tween 60 ปริมาณ 0.3% ร่วมกับการโฮโมจีไนส์แบบ 2 ขั้นตอน ด้วยความดัน 2500/500 psi (17/4 MPa) ทำให้น้ำกะทิแปลงไขมันมีความคงตัวที่ดีที่สุด คือไม่เกิดการแยกชั้นและไม่เกิดตะกอนอ่อน (curd)

ความคงตัวของอิมัลชันขึ้นกับขนาดของอนุภาคส่วนกระจายตัว เนื่องจากการลอยตัวของอนุภาคส่วนกระจายตัวเป็นไปตามกฎของสโตก ที่ว่าอนุภาคขนาดใหญ่ลอยตัวได้เร็วกว่าอนุภาคขนาดเล็ก ดังนั้นหลักของการเตรียมอิมัลชันคือต้องทำให้ขนาดอนุภาคของส่วนกระจายตัวเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ส่วนการรักษาสภาพอิมัลชันให้คงตัวอยู่ได้นานนั้น จำเป็นต้องป้องกันไม่ให้อนุภาคของเหลวที่กระจายตัวมาใกล้ชิดหรือสัมผัสกันจนรวมตัวกันเป็นหยดขนาดใหญ่เมื่อเวลาผ่านไป ต้องทำให้ส่วนกระจายตัวมาใกล้ชิดหรือสัมผัสกันจนรวมตัวกันเป็นหยดขนาดใหญ่ และทำให้ส่วนกระจายตัวมีความคงตัวทันทีภายหลังจากการทำให้อนุภาคมีขนาดเล็กลง โดยสามารถทำได้ 2 ทางคือ การทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคของเหลวที่อยู่ใกล้กันเพื่อ

ขัดขวางหรือหักล้างแรงดึงดูดแวน เดอ วาลส์ โดยการใส่สารอิมัลซิไฟเออร์ให้ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวอนุภาคของเหลว หรือโดยการเพิ่มความหนืดให้แก่ส่วนต่อเนื่อง เช่น การเติมสารให้ความหนืด หรือสเตบิไลเซอร์ (stabilizer) เช่น กัม (gum) และ สตาร์ชดัดแปร (modified starch) (Parker, 1987) อาจสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของอนุภาค คือ

อิมัลซิไฟเออร์เป็นสารซึ่งมีทั้งกลุ่มที่มีขั้ว (polar group) และไม่มีขั้ว (nonpolar group) อยู่ในโมเลกุลเดียวกัน กลุ่มที่มีขั้วได้แก่ $-COOH$, $-CHO$, $-OH$ กลุ่มเหล่านี้รวมกับน้ำได้ดี เรียกว่า Hydrophilic มีสัญลักษณ์เป็นหัววงกลม กลุ่มที่ไม่มีขั้วได้แก่ กลุ่มที่เป็นสายของอะตอมไฮโดรเจนและคาร์บอน (hydrocarbon chain) มีสัญลักษณ์เป็นหางหยักๆ ส่วนนี้รวมกับน้ำมันได้ดี แต่ไม่รวมกับน้ำ เรียกว่า Lipophilic หรือ Hydrophobic จากคุณสมบัติดังกล่าว อิมัลซิไฟเออร์จึงเป็นสารที่มีแรงดูดซับที่ผิวระหว่างน้ำและน้ำมันได้ดี หรือถูกดูดซับอยู่บนผิวอนุภาคน้ำมันในอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ โดยส่วนที่เป็น hydrophilic ของโมเลกุลสัมผัสอยู่กับน้ำซึ่งอยู่รอบนอกอนุภาคน้ำมัน และส่วน hydrophobic สัมผัสกับอนุภาคน้ำมันภายใน

การเลือกใช้อิมัลซิไฟเออร์ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของอิมัลชัน ขนาดของอนุภาค และสภาวะอื่นๆ เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของอิมัลซิไฟเออร์ซับซ้อนมาก ดังนั้นจึงไม่มีวิธีการเลือกใช้อย่างถูกต้องแน่นอน แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีวิธีการเลือกใช้อิมัลซิไฟเออร์ที่นิยมมากที่สุด คือ การหาค่า hydrophilic-lipophilic balance (HLB) Clayton (1943) อธิบายว่า โมเลกุลของสารอิมัลซิไฟเออร์ประกอบด้วยส่วนที่มีขั้วและไม่มีขั้ว ความสามารถในการละลายที่แตกต่างของสารอิมัลซิไฟเออร์เกี่ยวข้องกับการมีขั้วและไม่มีขั้ว (polarity)

2.5 Tween60 หรือ Polyoxyethylene 20 หรือ Sorbitan monostearate

ทวิน 60 มีชื่อชื่อวิทยาศาสตร์: Polyoxyethylene (20) Sorbitan monostearate หรือ Polysorbate 60 มีค่า HLB: 14.9 ใช้งานเป็น oil in water emulsifier ใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ช่วยให้อิมัลชันคงตัว ด้วยการลดแรงดึงผิว ของของเหลว และป้องกันไม่ให้อิมัลชันแยกเป็นชั้น ซึ่ง Tween60 มีผลต่อความคงตัวต่อการแช่แข็งและละลายของกะทิ กล่าวคือ ความเข้มข้นของ Tween60 ที่สูงขึ้นจะส่งผลให้กะทิมีแนวโน้มที่จะคงตัวต่อการแช่แข็ง-ละลายมาก (กิติมา, 2552)

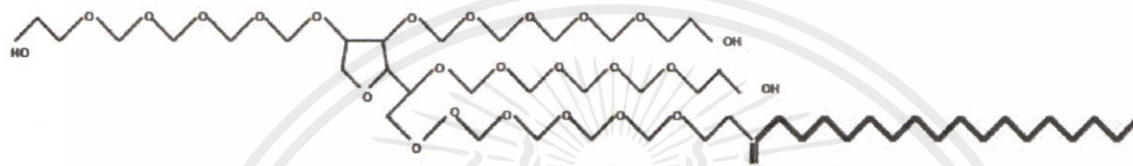
ทวิน 60 เป็นของเหลวเหมือนน้ำหรือกึ่งเป็นเจลที่อุณหภูมิ 25°C มีสีเหลืองมะนาวถึงสีส้ม มีกลิ่นเฉพาะตัวอ่อนๆ มีรสขม ละลายได้ในน้ำ เอทิลอะซิเตต อะนิลีน และโทลูอีน ไม่ละลายในน้ำแรมและน้ำมันพืช ประกอบด้วยส่วนผสมของเอสเตอริบบางส่วน (partial esters) ของซอร์บิทอล และอันไฮไดรด์ของมันทั้งชนิดโมโนและไดอันไฮไดรด์ (ซึ่งมีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 10 และมีน้ำน้อยกว่าร้อยละ 0.2) กับกรดสเตียริกที่รับประทานได้ และนำมาทำปฏิกิริยารวมตัว (condensed) กับเอทิลีนออกไซด์ โดยใช้เอทิลีนออกไซด์ประมาณ 20 โมล ของซอร์บิทอลและอันไฮไดรด์ของมัน (จันทิมา, 2546) ไม้อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณี- ข้อจำกัดของสารแปลกปนในผลิตภัณฑ์ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กากหลังเผา

ไม่เกินร้อยละ 0.25

ค่าของกรด	ไม่เกิน 2
ค่าสะปอนิฟิเคชัน	ไม่น้อยกว่า 45 และไม่เกิน 55
ค่าไฮดรอกซิล	ไม่น้อยกว่า 81 และไม่เกิน 96
1, 4 - ไดออกเซน	ผ่านการทดสอบ
น้ำ	ไม่เกินร้อยละ 3
โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม
อาร์เซนิก (คำนวณเป็น As)	ไม่เกิน 3 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของ Tween60

ที่มา : (จันทิมา, 2546)

2.6 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืด คือ แรงเสียดทานภายในของการไหลซึ่งต้านทานการไหลของของไหล ซึ่งจากความสัมพันธ์ของแรงเฉือนและอัตราการเฉือน สามารถจำแนกประเภทของไหลได้ 2 ประเภท คือของไหลแบบ Newtonian และของไหลแบบ Non-Newtonian

2.6.1 แรงเฉือนและอัตราการเฉือน (Shear stress and shear rate)

เมื่อของไหลถูกกระทำโดยแรงเฉือน จะเกิดการเสียรูป ถ้าแรงเฉือน (F) เกิดในพื้นที่ (A) บนพื้นผิวของไหลที่เชื่อมกับระนาบหนึ่งแนวราบจะทำให้ชั้นบนของของไหลเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ในขณะที่ชั้นที่ติดกับระนาบจะยังคงเดิม ระนาบชั้นบนจะลากส่วนของชั้นล่างไปด้วย และจะเป็นเช่นนี้ไปเป็นทอดๆ โดยความเร็วจะลดลงในแต่ละชั้น ดังนั้น Velocity Gradient Slope ของความเร็ว จะถูกกำหนดโดยของไหล ธรรมชาติของความชันของความเร็วจะขึ้นกับความหนืดของของไหล แรงเฉือน (τ) ของของไหลเป็นไปตามสมการ

$$\text{แรงเฉือน} = \frac{\text{แรงกระทำ}}{\text{พื้นที่}}$$

โดยหน่วยแรงเฉือนในระบบ SI คือ นิวตัน / ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2.6.2 ประเภทของความหนืด สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือของไหลแบบ Newtonian และของไหลแบบ Non-Newtonian

ไม่ว่าจะพิจารณาทั้งนี้ อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ของไหลแบบ Newtonian

ความสัมพันธ์ของแรงเฉือนและอัตราเฉือน เป็นความสัมพันธ์ที่แบ่งประเภทของของไหล โดยความหนืดเคลื่อนที่ สามารถกำหนดได้จาก สัดส่วนของแรงเฉือนและอัตราการเฉือน โดยหน่วยของความหนืดเคลื่อนที่ในระบบ SI คือ นิวตัน.วินาที / ตารางเมตร

2) ของไหลแบบ Non-Newtonian

ตัวอย่างของของไหลที่เป็นของเหลวแบบ Non-Newtonian สารละลายเข้มข้นของโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น กัม, สตาร์ช และ โปรตีน และสารคอลลอยด์ที่คล้ายอิมัลชัน ความหนืดและการเฉือนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

1. ธรรมชาติของช่วงที่ดำเนินต่อเนื่องกันและแยกเฟสกัน
2. การกระทบกันระหว่างโมเลกุลกับโมเลกุลและโมเลกุลกับสารละลาย
3. ความเข้มข้นของโมเลกุล, รูปร่าง, ขนาด และ องค์ประกอบทางเคมี

2.6.3 สมการยกกำลัง (Power law equation)

ของไหลหลายๆประเภท เมื่อนำมาทำการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนกับอัตราการเฉือนในรูป log แล้วได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง สมการที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์เช่นนี้คือ สมการยกกำลัง (power law equation) ซึ่งมีรูปสมการดังนี้

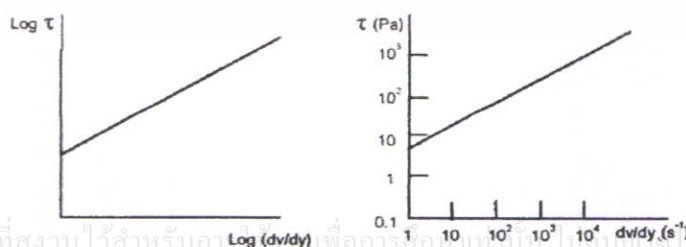
$$\tau = k \left(\frac{dv}{dy} \right)^n$$

โดยที่	T	=	แรงเฉือน (N.m ⁻²)
	k	=	ดัชนีความหนืด (N.s ⁿ .m ⁻²)
	$\frac{dv}{dy}$	=	อัตราการเฉือน(s ⁻¹)
	n	=	ดัชนียกกำลัง (Power law index)

เมื่อทำการ take log แล้วจะได้สมการ

$$\log \tau = \log k + n \log \left(\frac{dv}{dy} \right)$$

สำหรับดัชนียกกำลัง และดัชนีความหนืดสามารถหาได้จากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งนี้ **รูปที่ 2.3** ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนกับอัตราการเฉือนในรูปแบบปกติครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มา : (ณัฐกร และคณะ, 2543)

ดัชนียกกำลัง (Power law index) สามารถหาได้จากความชันของเส้นกราฟ และดัชนีความหนืดสามารถหาได้จากจุดตัดแกน y ของกราฟความสัมพันธ์ที่ $\frac{dv}{dy} = 1$ หรือ $\log \frac{dv}{dy} = 0$

สำหรับของไหลแบบ Newtonian จะมีค่า $n = 1$, ของไหลแบบ Non-Newtonian ชนิด Dilatant จะมีค่า $n > 1$ และชนิด Pseudoplastic จะมีค่า $n < 1$

สมการยกกำลัง (Power law equation) มีรูปแบบสมการดังนี้

$$\mu = k \left(\frac{dv}{dy} \right)^{n-1}$$

โดยที่	μ	=	ความหนืด (cps)
	$\frac{dv}{dy}$	=	อัตราการเฉือน (s^{-1})
	k	=	ดัชนีความหนืด ($N \cdot s^n \cdot m^{-2}$)
	n	=	ดัชนียกกำลัง (Power law index)

2.6.4 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อความหนืด

ของไหลมักจะมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปเมื่อผ่านกระบวนการผลิต, การขนส่ง และการเก็บรักษาซึ่งผลกระทบส่วนใหญ่มักขึ้นกับอุณหภูมิที่แตกต่างกันไป ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลกับความหนืด ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ของ Arrhenius (Arrhenius relationship)

$$\eta = k \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right)$$

โดยที่	E_a	=	พลังงานกระตุ้น (kcal/gmol)
	R	=	ค่าคงที่ของแก๊ส (1.9873 kcal/(gmol.K))
	T	=	อุณหภูมิ (K)
	η	=	ความหนืด ($N \cdot s/m^2$)
	k	=	ค่าคงที่ ($N \cdot s/m^2$)

จากความสัมพันธ์ของ Arrhenius จะพบความหนืดของของไหลจะลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งประเด็นการคำนวณค่าต่างๆทั้งนี้ อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลต่อปริมาตรของวัสดุ สัญลักษณ์คือ ρ (rho) หน่วยของความหนาแน่นในระบบ SI คือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) ดังสมการ

$$\rho = \frac{m}{v}$$

โดยที่ ρ = ความหนาแน่น (kg/m^3)

m = มวล (kg)

v = ปริมาตร (m^3)

ของเหลวที่มีความหนาแน่นเนื้อ และความหนาแน่นรวมเป็นค่าเดียวกัน ค่าความหนาแน่นของของเหลวเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นจะลดลง เมื่อมีของแข็งเพิ่มเข้ามาในของเหลว (ยกเว้นไขมัน) เข้าไปในน้ำจะทำให้ความหนาแน่นของน้ำเพิ่มขึ้น

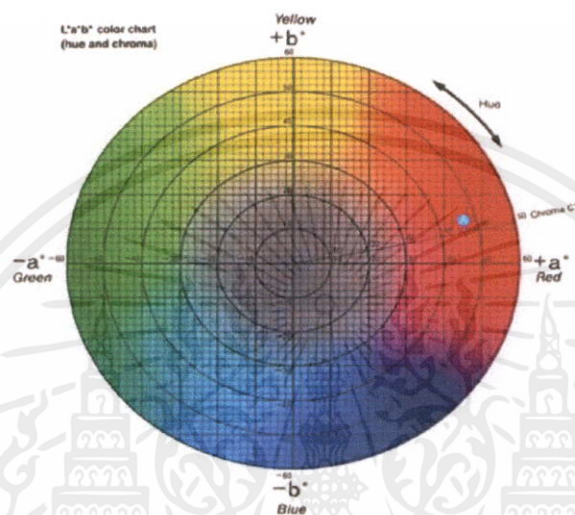
2.8 การวัดสี (Color)

2.8.1 ระบบสี

สี เป็นสมบัติเชิงแสงที่สามารถใช้บรรยายคุณลักษณะของวัตถุเกษตรได้ง่ายที่สุด วิธีหนึ่งในการอธิบายสีของวัตถุด้วยคำพูด มาตรฐานของการบรรยายลักษณะสีอาจจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ลักษณะทางกายภาพของตาของผู้บรรยาย ลักษณะแสงที่ตกกระทบ ฯลฯ ดังนั้นการวัดและบรรยายสีในเชิงวิชาการจึงต้องมีการจัดมาตรฐานเพื่อเป็นการลดความไม่เป็นกลาง (bias) ของผู้บรรยายสีของวัตถุนั้นๆ

องค์กรที่มีส่วนสำคัญในการกำหนดมาตรฐานด้านสีคือ Commission international del'Eclairage (CIE) หรือในชื่อภาษาอังกฤษว่า International Commission on Illumination มีสำนักงานใหญ่อยู่ในประเทศฝรั่งเศส องค์กรนี้ได้กำหนดมาตรฐานการวัดสีซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างในวงการวิชาการและการวิจัยคือระบบ CIE Lab scale ในระยะเริ่มแรก CIE ได้กำหนดสเกลการวัดสีเป็น X-Y-Z ซึ่งใช้บรรยายสีแดง (Red) เขียว (Green) และน้ำเงิน แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงลักษณะความมืด-สว่างได้ CIE ได้พัฒนาต่อมาเป็นระบบ X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีแดง เขียว และความสว่าง (Light) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวก็ยังไม่ขาดส่วนที่บรรยายถึงค่าสีน้ำเงิน CIE จึงได้พัฒนาระบบสีต่อมาจนเป็นระบบที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือระบบ $L^*a^*b^*$ ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L^* จะบรรยายถึงความสว่าง (Lightness) จากค่า $+L^*$ แสดงถึงสีขาว จนถึง $-L^*$ แสดงถึงสีดำ แกน a^* จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว ($-a^*$) ไปจนถึงแดง ($+a^*$) ส่วนแกน b^* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน ($-b^*$) ไปเหลือง ($+b^*$) ลักษณะการบรรยายสีของ CIE แสดงได้ดังรูป 2.4 นอกจากนี้ บริษัท Hunter lab ในอเมริกาก็เป็นอีก ๑ องค์กรหนึ่งซึ่งทำการวิจัยและพัฒนาระบบการวัดสี จนในที่สุดได้ระบบของ Hunter lab จะใช้สเกล L-a-b

บรรยายลักษณะสีเช่นเดียวกับ $L^*a^*b^*$ ของ CIE และ Hunter lab คือสูตรการคำนวณค่าสี ซึ่งทั้ง L-a-b
 บรรยายลักษณะสีเช่นเดียวกับ $L^*a^*b^*$ ของ CIE ข้อแตกต่างระหว่างระบบสีของ CIE และ Hunter lab คือ
 สูตรการคำนวณค่าสี ซึ่งทั้ง L-a-b และ $L^*a^*b^*$ ล้วนมีพื้นฐานการคำนวณมาจากค่าจากระบบ X-Y-Z ทั้งสิ้น
 (Sanchez et al., 1997)



รูปที่ 2.4 การบรรยายสีในระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ: Hue บรรยายถึงเฉดสี และ Chroma
 บรรยายถึงความมันวาวหรือความเข้มของโทนสี

ที่มา: (Sanchez et al., 1997)

2.8.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพสีของอาหารกระป๋องด้วยความร้อน

- ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction)

ปฏิกริยาทางเคมีที่ทำให้อาหารเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นได้ระหว่างการ
 แปรรูปและเก็บรักษา สามารถแบ่งปฏิกริยาได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้อง
 กับเอนไซม์ และปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์

1) ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) คือปฏิกริยา
 การเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ชนิดหนึ่งมักพบในอาหารโดยเฉพาะ ผัก ผลไม้ ชา กาแฟ โกโก้ และ
 อาหารทะเล โดยเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของอาหาร เมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ จะเกิดขึ้นได้โดยมี
 องค์ประกอบที่สำคัญคือสารตั้งต้น (substrate) คือ สารประกอบฟีนอล เช่น แคทีชิน ซึ่งเป็น
 สาร flavonoid ที่พบมากในใบชา ไทโรซีน ซึ่งเป็นกรดแอมิโน อาหารทะเล และแทนนิน (tannin) ที่พบใน
 ผัก และผลไม้ เป็นต้น เอนไซม์ ในกลุ่มฟีนอเลส เช่น polyphenol oxidase เป็นตัวเร่งปฏิกริยาที่ค่า pH ที่
 เหมาะสม ในการทำงานของเอนไซม์ฟีนอเลส อยู่ระหว่าง 5-7 และ ออกซิเจน (ณัฐากร และคณะ, 2543) ไปใช้

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์นี้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเกิดการซ้ำ ฉีก ขาด เมื่อถูกกระทบก บด หั่น หรือสับทำให้เอนไซม์ สารที่ทำปฏิกิริยา และออกซิเจนเข้ามาสัมผัสกัน สาร monophenol (ไม่มีสี) จะถูกออกซิไดซ์เป็นไดฟีนอล ซึ่งไม่มีสี และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น o-quinone ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดแอมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่และมีสีน้ำตาล (ฉันทรากร และคณะ, 2543) เช่น เมลานิน มักพบเป็นปัญหาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการ ใน ผัก ผลไม้ เช่น มันฝรั่ง กระถอน กล้วย ฝรั่ง ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังการปอกเปลือก การลดขนาด และยังพบในอาหารทะเลสด เช่น กุ้ง แต่ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาที่ต้องการให้เกิดขึ้นในการแปรรูปอาหารบางชนิดที่ต้องการให้เกิดสีน้ำตาลเข้มและเกิดกลิ่นรสระหว่างการหมัก เช่น โกโก้ ชา กาแฟ ไชเดอร์ ลูกเกด ลูกพรุน อินทผลัม เป็นต้น

2) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction)

ทำให้เกิดสีน้ำตาลในอาหาร มี 2 ประเภท คือ ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล และปฏิกิริยาเมลลาร์ด

ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) เกิดระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ กับกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยาได้สารประกอบที่ให้น้ำตาลและกลิ่นรสต่างๆ ทั้งที่พึงประสงค์ และไม่พึงประสงค์ (รุ่งนภา และคณะ, 2002) เช่น สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นระหว่างการอบ การทอด ปฏิกิริยานี้ยังมีความสำคัญต่อการเกิดสีและกลิ่นหอมที่ได้จากการคั่วเมล็ดกาแฟ โกโก้, ทอฟฟี่, ช็อกโกแลต, น้ำปลา, และซีอิ๊ว เป็นต้น แต่ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปฏิกิริยาที่ไม่พึงประสงค์จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เกิดระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม เช่น ในนมผง ทูเรียนกวน เป็นต้น ปฏิกิริยาเมลลาร์ดจึงมีพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ

รุ่งนภา และคณะ (2002) พบว่าชนิดและปริมาณของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกะทิสำเร็จรูปที่มีปริมาณแตกต่างกัน คือ NaMS (sodium metabisulphite) 0.04% ให้ผลการยับยั้งดีที่สุดในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่ทดสอบทั้งหมด

2.9 ค่า pH

ค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงในกระบวนการฆ่าเชื้อ ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลโดยตรงต่อการให้ความร้อน ตามปกติจุลินทรีย์จะทนต่อความร้อนได้ดีที่สุด เมื่อเจริญอยู่ในอาหารที่มีค่าที่เป็นกลาง ดังนั้นการเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้กับอาหารจะทำให้ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ลดลง

อาหารที่มีความเป็นกรด (acid food) เป็นอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 4.6 เช่น น้ำผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว อาหารในประเภทนี้เกิดการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์ที่ชอบความเป็นกรด ได้แก่ *Saccharomyces*, *Candida*, *Tourulopsis*, *Aspergillus* และ *Rhizopus* ความเป็นกรดยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และทำให้จุลินทรีย์มีความทนทานต่อความร้อนได้น้อยลงถึงถูกทำลายได้ง่าย การฆ่าเชื้ออาหารประเภทนี้ โดยทั่วไปจะ

มุ่งทำลายจุลินทรีย์พวกยีสต์และรา การให้ความร้อนโดยทั่วไปใช้ความร้อนที่อุณหภูมิที่ 100°C (Ramaswamy and Marcotte, 2006)

อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low-acid food) เป็นอาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 4.5 เช่น เนื้อสัตว์, อาหารทะเล, ผัก, ข้าวโพด ซึ่งอาหารในกลุ่มนี้มักเกิดการเน่าเสียได้ง่าย โดยเฉพาะแบคทีเรียที่เจริญได้ดีในค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกลาง โดย *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างสปอร์ และมีความทนทานต่อความร้อน โดยเจริญและสามารถสร้างสารพิษเอ็กโซทอกซินได้ดีในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนในภาชนะปิดสนิท (Ramaswamy and Marcotte, 2006) ดังนั้น อาหารกระป๋องจึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญและสร้างสารพิษ จึงต้องใช้ความร้อนสูงกว่า 116-121 °C เพื่อทำลายสปอร์ของแบคทีเรียชนิดนี้ ซึ่งเชื่อนี้เองเป็นการบ่งชี้ของการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ แต่สามารถทำลายได้ด้วยความร้อนที่ 100 °C นาน 10 นาที และมีรายงานว่า F_0 ที่มีค่าความปลอดภัยต่ำที่สุด จะใช้ที่ 3 นาที ที่ 121 °C และในปลา อาหารสด F_0 ควรอยู่ระหว่าง 5-20 นาที (Frott and Lewis, 1994) นอกจากนี้ Ramaswamy and Marcotte (2006) ยังพบว่า *Clostridium botulinum* มีผลต่ออาหารที่เป็นกรดต่ำ และสภาวะที่ต่ำที่สุดที่เหมาะสมต่อการยับยั้งต่อ *Clostridium botulinum* คือ $F_0 = 12 \times 0.21$ เท่ากับ 2.52 นาที

2.10 เนื้อผลิตภัณฑ์ไม่รวมไขมัน (Solid non fat)

กะทิเป็นส่วนผสมของสารต่างๆเช่น โปรตีน ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ ฯลฯ เนื้อผลิตภัณฑ์ไม่รวมไขมันเป็นหนึ่งในพารามิเตอร์ทางโภชนาการของกะทิซึ่งมีผลต่อคุณภาพของน้ำกะทิ ซึ่งเป็นสารตกค้างที่เหลือจากการระเหยที่สมบูรณ์ของน้ำกะทิ สามารถหาได้จากหา Total solid และ %Fat จะได้เนื้อผลิตภัณฑ์ไม่รวมไขมัน จาก

$$\% \text{Solid non fat} = \% \text{Total solid} - \% \text{Fat}$$

การวิเคราะห์เนื้อผลิตภัณฑ์ไม่รวมไขมัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) Gravimetric method เป็นวิธีวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการแยกไขมันออกจากองค์ประกอบอื่นๆ ของนม นำไขมันที่แยกได้ไปชั่งน้ำหนัก มีข้อดีคือสามารถให้ผลแม่นยำ สามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์นมทุกชนิด แต่เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ใช้เวลานาน ต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะอย่างราคาแพง ที่นิยมใช้กันคือ Majonnier และ Rose Gottlieb ซึ่งวิธี Majonnier ใช้กรดไฮโดรคลอริกแทนสารละลายแอมโมเนีย ในวิธี Rose – Gottlieb

2) Volumetric method เป็นวิธีวิเคราะห์ไขมันโดยใช้สารเคมีที่เหมาะสมแยกส่วนของไขมัน วัดปริมาตรของไขมันที่แยกออกมาได้ ที่นิยมใช้กันมากคือ Babcock method และ Gerber method ซึ่งหลักการของวิธี Gerber method คล้ายกับของ Babcock method โดยมีการใช้ amyl alcohol ช่วยป้องกันการไหม้ (charring) ของไขมัน

2.11 ทฤษฎีการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ

ในการคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีลักษณะที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์อยู่ 3 ค่า คือ D Z และ F ตัวแปรเหล่านี้บอกให้ทราบถึงความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียและประสิทธิภาพของความร้อนที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์เป้าหมาย

1) ค่า D (decimal reduction time หรือ death rate constant)

ความสามารถในการทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ ถูกกำหนดให้แสดงอยู่ในรูปของค่า “D” (D value) ซึ่งหมายถึงระยะเวลาเป็นนาทที่ใช้ในการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ลง 90 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสปอร์ที่มีอยู่ โดยที่อุณหภูมิหนึ่งๆ จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า D แตกต่างกันไป ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อค่า D ได้แก่ ชนิดของสปอร์และชนิดของอาหารที่สปอร์แขวนลอยอยู่ เป็นต้น

2) ค่า Z (Z value)

ถ้าหาค่า D ของสปอร์ตัวเดียวกันที่หลายอุณหภูมิ แล้วแสดงข้อมูลที่ได้ในรูปของกราฟระหว่าง log ของค่า D กับอุณหภูมิที่ใช้ในการหาค่า D แต่ละค่า เราจะได้ Thermal death time curve (TDT) ค่า Z คือ จำนวนองศาฟาเรนไฮต์ หรือองศาเซลเซียสที่ต้องการเพื่อเปลี่ยน TDT ไป 1 Cycle หรืออุณหภูมิที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไปเป็น 10 เท่า

3) ค่า F (sterilizing value)

คือจำนวนนาที่ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้สภาวะที่กำหนด ในการกล่าวถึงค่า F นั้นต้องบอกอุณหภูมิอ้างอิงและบอกค่า Z ของจุลินทรีย์ที่เป็นเป้าหมายด้วยเสมอ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนคือ F_z^T ถ้าค่าอุณหภูมิที่ใช้อ้างอิงเป็น 250°F และจุลินทรีย์นั้นมีค่า z เท่ากับ 18°F จะได้ F_{250}^{18} และมักใช้สัญลักษณ์เป็น F_0 ซึ่งคือจำนวนนาที่ที่ 250°F ที่ใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์ดังกล่าวลดลงจำนวนหนึ่ง

กระบวนการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อขึ้นกับข้อมูลการแทรกผ่านความร้อนในอาหาร ซึ่งเมื่อนำมาเชื่อมโยงโดยทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ (thermal death time data) จะให้เวลาในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิจำเพาะหนึ่งๆ วิธีการที่เรามักเรียกว่า “Process calculation methods” วิธีที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ general หรือ graphical methods และ formula method ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีคิดแบบ Formula method

1) General หรือ Graphical method

เป็นการหาค่า Lethality ของกระบวนการฆ่าเชื้อที่สภาวะหนึ่งๆ ทำได้หลายวิธีโดยมีหลักการเดียวกันคือ วัดอุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดของอาหารในกระป๋องที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาที่ฆ่าเชื้อตลอดช่วงระยะเวลาให้ความร้อนและช่วงต้นของการทำให้เย็น นั่นคือ จนอุณหภูมิที่จุดร้อนช้าลดลงมาถึง 200°F (เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 200°F จะไม่มีผลในการฆ่าเชื้อ)

2) Formula method

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งต้องมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Formula method เป็นวิธีใช้หา Process time (B_p) ที่ภาวะอุณหภูมิของ Retort (RT) และอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารกระป๋อง (IT) การหาระยะเวลาในการฆ่าเชื้อวิธีนี้จะอาศัยการคำนวณโดยข้อมูลที่ได้ จะถูกนำมาพลอตบนกระดาษ semilogarithmic โดยเริ่มต้นตั้งแต่เวลาที่เปิดไอน้ำเป็นต้นไปจนถึงสิ้นสุดการทำให้เย็นเวลาที่อุณหภูมิของ Retort ขึ้นถึงอุณหภูมิที่ต้องการ (come-up time)

แรกเริ่มพัฒนามาใช้โดย C.O. Ball ในปี 1923 และเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างมาก ต่อมาได้มีการปรับปรุงดัดแปลงวิธีการของ Ball โดย Stumbo และ Hayakawa

1) การเขียน Heat Penetration Curve

จะเป็นการพล็อตข้อมูลบนกระดาษ 3-Cycle semilogarithmic โดยพล็อตข้อมูลอุณหภูมิบนสเกล logarithmic และเวลาบนสเกลปกติ หลักการของวิธีคือ การหา Heating Curve จากสมการการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ คือ

$$\text{Log (RT-CT)} = -t / f_h + \text{log (j (RT - IT))}$$

เมื่อ CT คือ อุณหภูมิภายในกระป๋องที่จุดร้อนช้าที่สุด ($^{\circ}\text{F}$)

RT คือ อุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อ ($^{\circ}\text{F}$)

IT คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารกระป๋อง ($^{\circ}\text{F}$)

เมื่อพลอตระหว่าง log(RT-CT) กับเวลา จะได้กราฟเส้นตรงที่มี slope เท่ากับ $-t / f_h$ ซึ่งก็คือเวลาที่ Heating Curve เปลี่ยนไป 1 log cycle หรือ 90%

สำหรับการพลอตกราฟ เราสามารถพลอตค่า CT โดยตรงได้ โดยกลับหัวท้ายของกระดาษกราฟ 180 องศา และให้กำหนดค่าบนบรรทัดบนสุดของ cycle บนสุดด้วยค่า (RT - 1) และบรรทัดแรกสุดของ cycle ถัดลงมาเป็น (RT - 10) และ (RT - 100) ตามลำดับ แล้วพลอตอุณหภูมิบนสเกล logarithmic นี้ ส่วนเวลาจะเริ่มจากซ้ายไปขวาคือตั้งแต่เริ่มทำการเปิดไอน้ำจนกระทั่งสิ้นสุดการให้ความร้อน ลากเส้นตรงผ่านข้อมูลที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 212 $^{\circ}\text{F}$ เป็นต้นไป ซึ่งจะพบว่าในช่วงแรกอุณหภูมิจะเพิ่มอย่างช้าๆ ช่วงนี้คือ “lag” (j) ที่อาหารที่ cold point มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ lag นี้จะมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะการถ่ายโอนความร้อนถ่ายโอนได้ช้า เช่น ในการนำความร้อน เราจะพบว่าส่วนโค้งนี้จะกว้างและกางออก ถ้าอาหารสามารถถ่ายโอนความร้อนได้เร็วแบบการพาความร้อน ส่วนที่เป็นเส้นโค้งจะสั้น Heating Curve ที่มีส่วนที่เป็นเส้นตรงเส้นเดียวนี้เรียกว่า “simple heating curve”

ในบางกรณีเราจะพบว่าอาหารนั้นมี Heating curve ส่วนที่เป็นเส้นตรงมากกว่า 1 เส้น ซึ่งจะเรียกว่า “broken heating curve” ตัวอย่างอาหารแบบนี้ เช่นอาหารที่มีลักษณะการถ่ายโอนความร้อนแบบผสม (complex heating)

2) คำจำกัดความของพารามิเตอร์ต่างๆ

- ค่า f_h และ f_c หมายถึง เวลาที่ต้องการสำหรับส่วนของกราฟที่เป็นเส้นตรงของ Heating Curve และ Cooling curve เปลี่ยนไป 1 log cycle หรือ 90% โดยค่า f_h และ f_c นี้จะบอกถึงความเร็วในการเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิที่จุด cool point ตัวอย่างเช่น กระจก 2 กระจกซึ่งมีขนาดต่างกัน ภายในในบรรจุวัสดุชนิดเดียวกัน ค่า f_h ของกระจกขนาดเล็กจะมีค่าน้อยกว่าค่า f_h ของกระจกขนาดใหญ่ หมายถึง การถ่ายเทความร้อนไปยังจุด cold point ของกระจกขนาดเล็กจะดีกว่ากระจกขนาดใหญ่ ในกรณีที่ไม่ได้สร้าง Cooling curve อาจประมาณค่า $f_c = f_h$

- ค่า $I'T$ หมายถึง pseudo - initial temperature ซึ่งหมายถึงจุดตัดของส่วนที่เป็นเส้นตรงกับแกนอุณหภูมิที่เวลา corrected zero

- IT คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของกระจก

- ค่า j_h และ j_c คือ lag factor สำหรับ Heating curve และ Cooling curve เป็น lag time ก่อนที่ผลต่างของ (RT - CT) จะเป็นเส้นตรงคำนวณจาก

$$j = (RT - I'T)/(RT - IT)$$

$j = 1$ จะมีลักษณะการถ่ายโอนความร้อนเป็นแบบการพาความร้อน (pure convection)

$j = 2$ จะมีลักษณะการถ่ายโอนความร้อนเป็นแบบการนำความร้อน (pure conduction)

j มีค่าอยู่ระหว่าง 1-2 จะมีลักษณะการถ่ายโอนความร้อนเป็นแบบผสมระหว่างการพาความร้อนและการนำความร้อน

โดยค่า j_h และ j_c จะบอกถึงลักษณะการถ่ายโอนความร้อน

- CZ (corrected zero) คือ เวลาที่เริ่มต้นที่แก้ไขแล้ว จะคิดจาก 60% ของ come-up time

- Thermal diffusivity คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อน (α) มีหน่วยเป็น (m^2/s) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\alpha_h = 0.398 / ((1/R^2) + (0.427/H^2))f_h$$

$$\alpha_c = 0.398 / ((1/R^2) + (0.427/H^2))f_c$$

เมื่อ α_h คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อนในช่วงของการให้ความร้อน (m^2/s)

α_c คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อนในช่วงของการ Cooling (m^2/s)

R คือ รัศมีของกระจก (m)

H คือ ความสูงของกระจก (m)

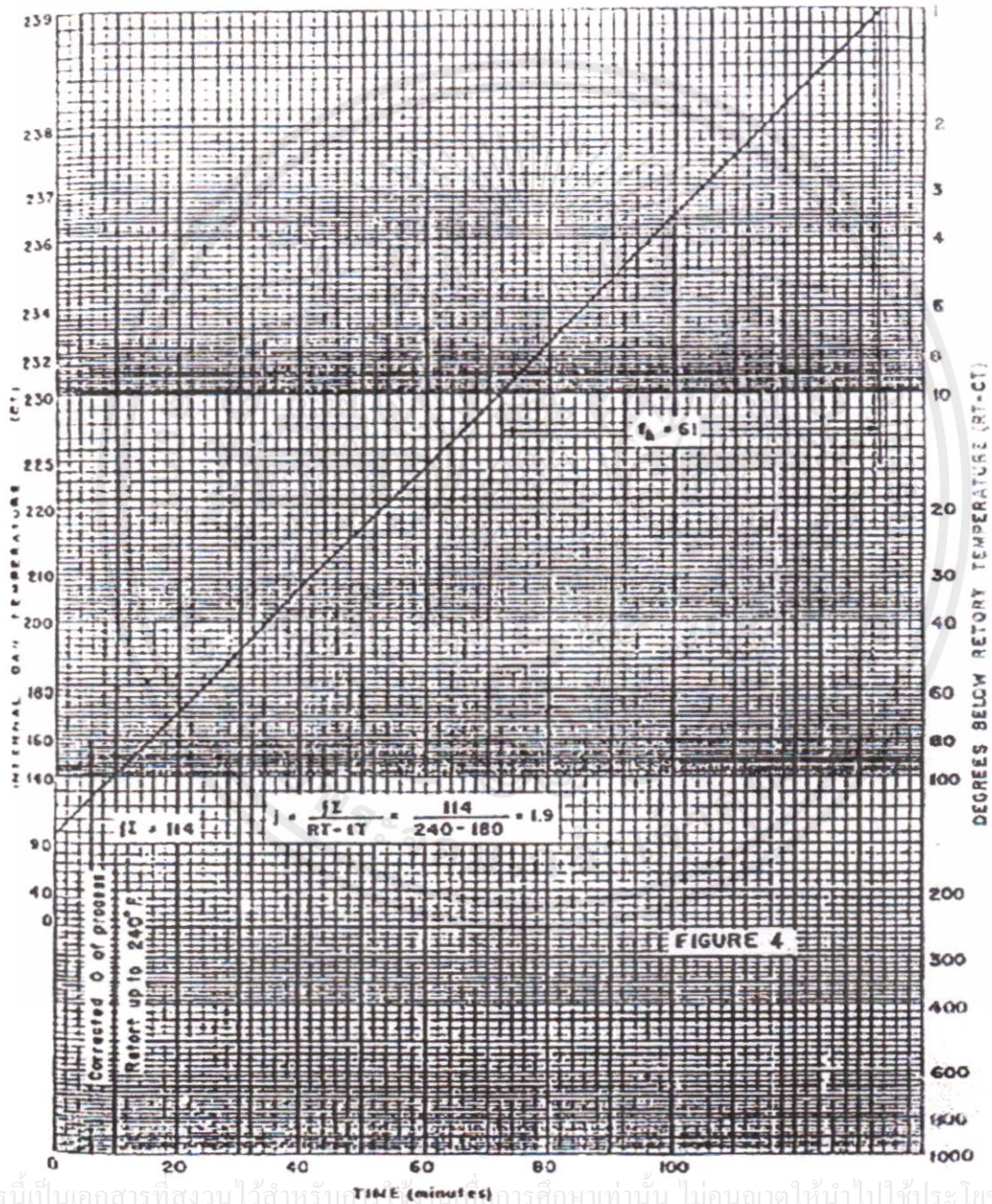
ตัวอย่าง ในการทดลองเก็บข้อมูลทาง Heat penetration ของอาหารในกระป๋องขนาด 303x406 อุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารเท่ากับ 180 °F อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อเท่ากับ 240 °F CUT เท่ากับ 10 นาที

$$CZ = 0.6 \times 10 = 6 \text{ นาที}$$

จากรูปที่ 4 อ่านค่า CZ = 6 นาที ได้ I'T' = 126

$$j = (RT - I'T') / (RT - IT) = 114 / (240 - 180) = 1.9$$

$$f_h = 61$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับก การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น รูปที่ 2.5 แสดงการอ่านค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกราฟ Semilog scale ครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มา: (สายรุพ ชัยวานิชศิริ, 2547)

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำกะทิ ไว้ดังนี้

Buccat et al. (1973) ได้ศึกษาผลของความร้อน (10-80 °C) ต่อลักษณะคุณภาพของน้ำกะทิ พบว่าโปรตีนในน้ำกะทิส่วนมากเกิดการรวมตัวเป็นก้อน (coagulate) เมื่อให้ความร้อนถึงอุณหภูมิประมาณ 80 °C เนื่องจากการเสียสภาพทางธรรมชาติ (denaturation) ของโปรตีนที่ไม่ทนความร้อน (Steinkraus et al., 1968) โดยที่โปรตีนอัลบูมินและโกลบูลินในน้ำกะทิ เกิดการเสียสภาพที่อุณหภูมิประมาณ 94 °C และที่อุณหภูมิช่วง 92-112 °C ตามลำดับ (Kwon et al., 1996) ส่งผลให้เกิดปัญหาในเรื่องการส่งผ่านความร้อนและการไม่ยอมรับของผู้บริโภค

กนกพร สีสาวโรจน์สกุล (2545) ได้ศึกษาผลของกะทิที่ผ่านความร้อนต่อคุณสมบัติของไอศกรีมกะทิ พบว่ากะทิที่ได้รับความร้อน วิเคราะห์พบว่า pentanal, hexanal, heptanal, 2-hexanone และ dimethyl disulfide ขณะที่กะทิสดนั้นวิเคราะห์ไม่พบสารดังกล่าว โดย dimethyl disulfide ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นสารที่สำคัญที่ให้กลิ่น cooked ในกะทิ เริ่มวิเคราะห์พบเมื่อกะทิได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ในปริมาณความเข้มข้น 1.50 ppb ฉะนั้นระดับความร้อนสูงสุดที่ใช้ในการยืดอายุการเก็บของกะทิโดยกะทียังคงลักษณะปรากฏและกลิ่นรสโดยรวมใกล้เคียงกะทิสด คือ ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที

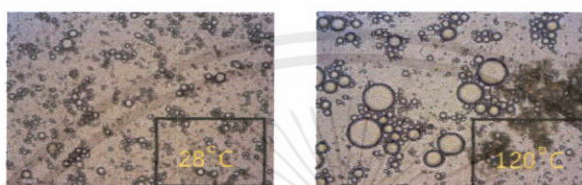
กิตติมา ชาวลาตกุล (2548) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวต่อการแช่แข็ง-ละลายของกะทิ พบว่าการเติมโซเดียมเคซิเนตความเข้มข้น 0.5%w/v และ Tween 60 ความเข้มข้น 0.1%w/v ลงในตัวอย่างกะทิมี่ค่า %creaming index ต่ำที่สุด มีความหนืดมากที่สุดและมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเล็กที่สุด

กิตติมา ชาวลาตกุล (2548) การให้ความร้อนเบื้องต้นแก่ตัวอย่างกะทิจะส่งผลต่อความคงตัวต่อการแช่แข็ง-ละลายของกะทิ โดยพบว่าการให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 70°C แก่ตัวอย่างกะทิ จะทำให้กะทิมี่ค่า %increasing index ต่ำที่สุด มีความหนืดมากที่สุดและมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเล็กที่สุด

สุภารัตน์ พฤตฤกษ์มงคล และคณะ (2551) ได้ศึกษา ผลของปริมาณไขมันและความร้อนระดับสเตอริไลส์ต่อคุณภาพสีของน้ำกะทิ พบว่า ในระบบสี Hunter L, a, b ผลของปริมาณไขมันและความร้อนในระดับสเตอริไลส์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำกะทิ คือเมื่อปริมาณไขมันและความร้อนเพิ่มขึ้น สีของน้ำกะทิจะมีลักษณะที่คล้ำขึ้นส่งผลให้ค่า L มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า a และ b มีแนวโน้มสูงขึ้น, ค่า Non-enzymatic browning index ของน้ำกะทิที่ผ่านการให้ความร้อน มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับปริมาณไขมันและระดับความร้อนที่ใช้ในการทดลอง คือเมื่อปริมาณของไขมันและความร้อนที่สูงขึ้นลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่า Non-enzymatic browning index จะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันและความร้อนในระดับสเตอริไลส์พบว่าค่า Non-enzymatic browning index แปรผันตรงกับปริมาณไขมันและความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้โดยสมการของ Arrhenius, ผลของปริมาณไขมันและความร้อนระดับสเตอริไลส์ต่อค่า 5-Hydroxythylfurfural (HMF) พบว่าเมื่อปริมาณไขมันและความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้น การเกิดปฏิกิริยาจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดสอบค่าสีปรากฏ

คือค่าสีในเทอมของค่า L ลดลง ค่า a และ b เพิ่มขึ้น เนื่องจากแนวโน้มการเกิดปฏิกิริยา Non-enzymatic browning สูงขึ้น

ธนโชติและคณะ (2554) ศึกษาพบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อน้ำกะทิที่อุณหภูมิ 120°C สาร Tween60 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์จะมีประสิทธิภาพในการทำหน้าทีลดลง โดยเปรียบเทียบน้ำกะทิที่ใช้ Tween60 ตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง กับน้ำกะทิที่ใช้ Tween60 ไปฆ่าเชื้อ พบว่าน้ำกะทิที่ใช้ Tween60 ไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120°C จะมีขนาดอนุภาคของไขมันใหญ่ น้ำกะทิที่ใช้ Tween60 ที่ตั้งไว้ในอุณหภูมิห้อง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Tween60 มีผลต่อการฆ่าเชื้อ



รูปที่ 2.6 เปรียบขนาดอนุภาคไขมัน ของน้ำกะทิที่ใช้ Tween60 เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ที่อุณหภูมิ 28°C กับ 120°C

ดัดแปลงจาก: (ธนโชติและคณะ, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี ต่อการฆ่าเชื้อของน้ำกะทิกระป๋องที่ใช้ Tween60 เป็นอิมัลซิไฟเออร์จะต้องเตรียมวัสดุ อุปกรณ์และการทดลองที่เหมาะสม จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี โดยเริ่มจากการเตรียมตัวอย่างน้ำกะทิ และนำมาฆ่าเชื้อเพื่อศึกษาหาเวลาในการฆ่าเชื้อ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี

3.1 วิธีการเตรียมสารตัวอย่างในการทดลอง

3.1.1 ทำการผสมส่วนผสมตามสูตรดังกล่าว

สูตรที่ 1

1. น้ำเปล่า 98.20 %
2. สารปรุงแต่ง 1.723 %
3. Tween60 0.08 %

สูตรที่ 2

1. น้ำกะทิ 58.92 %
2. น้ำเปล่า 39.28 %
3. สารปรุงแต่ง 1.723 %
4. Tween60 0.08 %

สูตรที่ 3

1. น้ำมันมะพร้าว 17.67 %
2. น้ำเปล่า 80.52 %
3. สารปรุงแต่ง 1.723 %
4. Tween60 0.08 %

สูตรที่ 4

1. น้ำกะทิ 33.80 %
2. น้ำมันมะพร้าว 13.00 %
3. น้ำเปล่า 51.40 %
4. สารปรุงแต่ง 1.723 %
5. Tween60 0.08 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร มาเข้าเครื่องโฮโมจิไนส์ ด้วยความดัน 2500 psi อ้างอิงจากการทดลองของ (กรพกา, 2539) ที่ได้ทดลองการผลิตกะทิแปลงไขมันที่มีไขมัน 14% พบว่าการใช้ Tween 60 ปริมาณ 0.3% ร่วมกับการโฮโมจิไนส์แบบ 2 ความดัน พบว่าด้วยความดัน 2500/500 psi (17/4 MPa) ทำให้น้ำกะทิแปลงไขมันมีความคงตัวดีที่สุด จากนั้นนำสารตัวอย่างที่ผ่านการโฮโมจิไนส์ มาพาสเจอร์โลส์ที่อุณหภูมิ 90 °C และนำตัวอย่างทั้ง 4 สูตร บรรจุลงในกระป๋องขนาด 300x407 หรือขนาด 400 ml ด้วยวิธีการบรรจุแบบ Hot filling แล้วปิดฝากระป๋อง ด้วยเครื่องปิดฝาแบบ Rotary

3.2 ช่วงเวลาการทดลอง

3.2.1 ช่วงเวลาก่อนฆ่าเชื้อ นำตัวอย่างของแต่ละสูตรที่บรรจุเสร็จ นำมาวัดค่าทางด้านกายภาพได้แก่ ความหนืด, ความหนาแน่น และค่าสี และวัดผลทางด้านเคมีได้แก่ ค่า pH และค่า %Solid non fat

3.2.2 ช่วงเวลาหลังฆ่าเชื้อ นำตัวอย่างทั้ง 4 สูตรที่บรรจุกระป๋องแล้ว มาฆ่าเชื้อด้วยหม้อฆ่าเชื้อ ชนิด Still steam retort โดยฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิ 121°C นาน 45 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าทางด้านกายภาพได้แก่ ความหนืด, ความหนาแน่น และค่าสี และวัดผลทางด้านเคมีได้แก่ ค่า pH และค่า %Solid non fat

3.2.3 ช่วงเวลาบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 14 วัน แบ่งตัวอย่างทั้ง 4 สูตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว มาเข้าตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 14 วัน จากนั้นจะนำมาวัดค่าทางด้านกายภาพได้แก่ ความหนืด, ความหนาแน่น และค่าสี และวัดผลทางด้านเคมีได้แก่ ค่า pH และค่า %Solid non fat

3.2.4 ช่วงเวลาบ่มที่อุณหภูมิ 55 °C นาน 7 วัน แบ่งสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว มาเข้าตู้บ่มที่อุณหภูมิ 55 °C นาน 7 วัน จากนั้นจะนำมาวัดค่าทางด้านกายภาพได้แก่ ความหนืด, ความหนาแน่น และค่าสี และวัดผลทางด้านเคมีได้แก่ ค่า pH และค่า %Solid non fat



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างในการทดลองทั้ง 4 สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านวิชาการเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีวัดค่าทางกายภาพและเคมี

3.3.1 วิธีวัดค่าความหนืด

อุปกรณ์ที่ต้องใช้

- เครื่องวัดความหนืดรุ่น Brookfield LVDVE230
- บีกเกอร์ขนาด 400 ml
- นาฬิกาจับเวลา
- เทอโมมิเตอร์
- แท่งแก้วคนสารละลาย



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดความหนืดรุ่น Brookfield LVDVE230

วิธีการทดลอง

นำตัวอย่างกะทิมาวัดความหนืด โดยเริ่มจากการวัดค่าเทียบกับของเหลวแล้วทำการปรับค่าโดยปรับ Calibrated Spiral Spring โดยวิธีของบรุคฟิลด์ (Brookfield manufacturer method) เป็นมาตรฐานความหนืดประเภท rotational viscometer

ใส่ตัวป้องกัน (guard log) และเข็ม (spindle) ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมของเบอร์เข็มแล้ว โดยหมุนตามเข็มนาฬิกาเข้าที่จุดใส่เข็ม เลือกหัวเข็มวัด s62 (Number 2) จุ่มเข็มลงในตัวอย่างจนถึงขีดเส้นกำหนดของเข็ม และให้เข็มอยู่กึ่งกลางของภาชนะที่ใส่ตัวอย่าง เปิดสวิทช์และตรวจสอบระดับลูกน้ำให้อยู่ในกรอบที่ยอมรับได้ จากนั้นวัดค่าความหนืดโดยเปลี่ยน rpm ไปเรื่อยๆ ตั้งแต่ 10 rpm จนถึง 100 rpm และบันทึกค่าความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วิธีวัดค่าความหนาแน่น

อุปกรณ์ที่ต้องใช้

- เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 250 ml จำนวน 4 ขวด

วิธีการทดลอง

นำตัวอย่างน้ำกะทิใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 250 ml ให้ถึงขีดที่กำหนดไว้ และชั่งน้ำหนักของตัวอย่างจากนั้นคำนวณหาค่าความหนาแน่นได้จากสมการ

$$\rho = \frac{w_2 - w_1}{v}$$

เมื่อ	ρ	=	ความหนาแน่นของของเหลว (kg/m^3)
	w_1	=	น้ำหนักของขวดเปล่า (kg)
	w_2	=	น้ำหนักของขวดเมื่อของเหลวอยู่เต็ม (kg)
	v	=	ปริมาตรของขวดความหนาแน่น (m^3)



รูปที่ 3.3 การวัดความหนาแน่นของน้ำกะทิ

3.3.3 วิธีวัดค่าสี

อุปกรณ์ที่ต้องใช้

- เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Juki รุ่น JC 801
- กระบอกแก้วไซทริงสีเหลือง สำหรับใส่สารตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 เครื่องวัดสียี่ห้อ Juki รุ่น JC 801

วิธีการทดลอง

ใช้เครื่อง Colorimeter ยี่ห้อ Juki รุ่น JC 801 วัดในระบบ CIE เลือกแหล่งกำเนิดแสง D_{65} เป็นแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน บันทึกค่าที่ได้เป็น L^* , a^* และ b^* ทำการเปรียบเทียบความเที่ยงตรงของค่าสีด้วย Zero calibration แล้วตามด้วย White plate calibration จากนั้นทำการวัดสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์ โดยนำตัวอย่างน้ำกะทิมาใส่ในตลับให้มีความสูง 1 เซนติเมตร หรือประมาณร้อยละ 80 ของกระบอกแก้วใสทรงสี่เหลี่ยม อ่านค่าแสดงผลการวัดในระบบ CIELAB (L^* , a^* , b^*) ทำการวัด 10 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้ทั้งหมด

3.3.4 วิธีวัดค่า pH

อุปกรณ์ที่ต้องใช้

- เครื่องวัด pH ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI3512
- น้ำกลั่น
- เทอร์โมมิเตอร์
- แท่งแก้วคนสารละลาย
- ปีกเกอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.5 เครื่องวัด pH ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI3512

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

ทำการวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัดค่า pH ยี่ห้อ HANNA รุ่น HI3512 โดยนำสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร มาใส่ในบีกเกอร์ จากนั้นจะนำหัวเข็มวัดที่ผ่านการคาลิเบตด้วยน้ำกลั่น มาจุ่มลงในสารโดยใช้อุณหภูมิคงที่ $T = 25 \pm 1$ °C แล้ววัดบันทึกค่า pH ที่ได้

3.3.5 วิธีวัดค่า %Solid non fat

อุปกรณ์ที่ต้องใช้

- ถ้วยอลูมิเนียม
- เตาอบลมร้อน
- Butyrometer
- กรดซัลฟิวริก
- สารไอโซเฮมิล
- น้ำกลั่น



รูปที่ 3.6 Butyrometer

วิธีการทดลอง

การหาค่า %Solid non fat แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 หาค่า %Total solid โดยการนำสารตัวอย่างปริมาณ 5 กรัม ใส่ลงถ้วยอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนัก จากนั้นนำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างที่อบมาใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำสารตัวอย่างกลับเข้าตู้อบอีกครั้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำมาใส่ในโถดูดความชื้นอีกครั้งเป็นเวลา 30 นาที จนกระทั่งได้สารที่มีน้ำหนักคงที่ จากนั้นหา %Moisture จากสมการ

$$\%Moisture = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักของสารก่อนอบ (g)

W_2 = น้ำหนักของสารหลังอบ (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นหา %Total solid จากสมการ

$$\%Total\ solid = 100 - \%Moisture$$



รูปที่ 3.7 ตู้อบลมร้อน

ส่วนที่ 2 หา %Fat ด้วยวิธี Gerber method เริ่มจากนำตัวอย่าง 10 ml ใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 40 ml ลงในบีกเกอร์ คนให้เข้ากัน จากนั้นดูดตัวอย่างที่ผสมน้ำกลั่น 10.75 ml ลงใน butyrometer เติมกรดซัลฟิวริก 10 ml ลงใน butyrometer และเติมเอมิล 1 ml ลงใน butyrometer แล้วทิ้งให้ตัวอย่างเย็น จากนั้นปิดด้วยจุกยางแล้วนำไปปั่นเป็นเวลา 4 นาที จะสามารถอ่านค่าปริมาณไขมันได้จาก butyrometer แล้วคูณด้วยค่า factor = 2.5

เมื่อได้ค่าจาก 2 ส่วน จะหา %Solid non fat ได้จากสมการ

$$\%Solid\ non\ fat = \%Total\ solid - \%Fat$$

3.4 วิธีวัดค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ

อุปกรณ์ที่ต้องใช้

- หม้อฆ่าเชื้อ ชนิด Still steam retort
- อุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเข็มไร้สาย
- กระจกขนาด 400 ml (300x407)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิในกระป๋องแบบเข็มไร้สาย

วิธีการทดลอง

เริ่มต้นการตั้งค่าเข็มวัดอุณหภูมิด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การตรวจเช็คปริมาณแบตเตอรี่, ตั้งค่าเวลาที่จะให้เข็มเริ่มวัดอุณหภูมิ จากนั้นทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิลงในกระป๋องโดยติดตั้งให้เข็มอยู่ในจุดที่ร้อนซ้ำที่สุดของกระป๋อง ซึ่งจุดร้อนซ้ำที่สุดของกระป๋อง 400 ml คือตำแหน่ง $\frac{3}{4}$ (จากการตรวจสอบของสถาบันอาหาร) ของกระป๋อง



รูปที่ 3.9 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบเข็มไร้สายลงในกระป๋อง

จากนั้นบรรจุสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร ที่เตรียมไว้ในหัวข้อ 3.1 ลงในกระป๋องสูตรละ 1 กระป๋อง จากนั้นนำเข้าเครื่องปิดฝากระป๋อง และนำไปจัดเรียงในตะกร้าของหม้อฆ่าเชื้อให้อยู่ตรงจุดที่ร้อนซ้ำที่สุด ซึ่งจากการตรวจสอบจากสถาบันอาหารของหม้อฆ่าเชื้อที่ใช้ จุดร้อนซ้ำที่สุดอยู่บริเวณตะกร้าที่ 1 แถวที่ 2 ของหม้อฆ่าเชื้อ



รูปที่ 3.10 หม้อฆ่าเชื้อแบบ Still steam retort

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การจัดเรียงน้ำกะทิกระป๋องลงในตะกร้าก่อนเข้าหม้อฆ่าเชื้อ

หลังจากนำตะกร้าเข้าหม้อฆ่าเชื้อ จะเริ่มจากกระบวนการไล่อากาศภายในหม้อฆ่าเชื้อและเพิ่มอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อเป็นเวลา 15 นาที และเข้าสู่ช่วงฆ่าเชื้อ โดยใช้อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 45 นาที ตามด้วยการทำให้เย็นด้วยน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากจบกระบวนการฆ่าเชื้อ นำตัวอย่างที่ฆ่าเชื้อแล้วมาวัดคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และอ่านค่าอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อจากโปรแกรม Excel มาพล็อตกราฟ เพื่อคำนวณหาค่า F_0 และค่า Heat penetration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

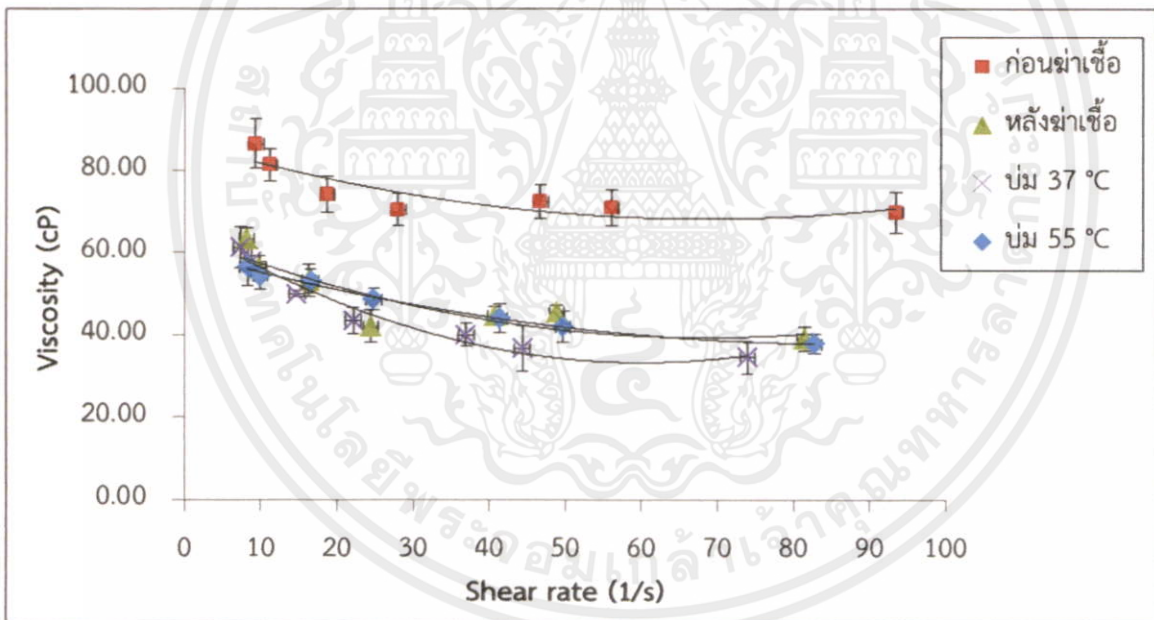
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลทางด้านลักษณะทางกายภาพ

4.1.1 ค่าความหนืด

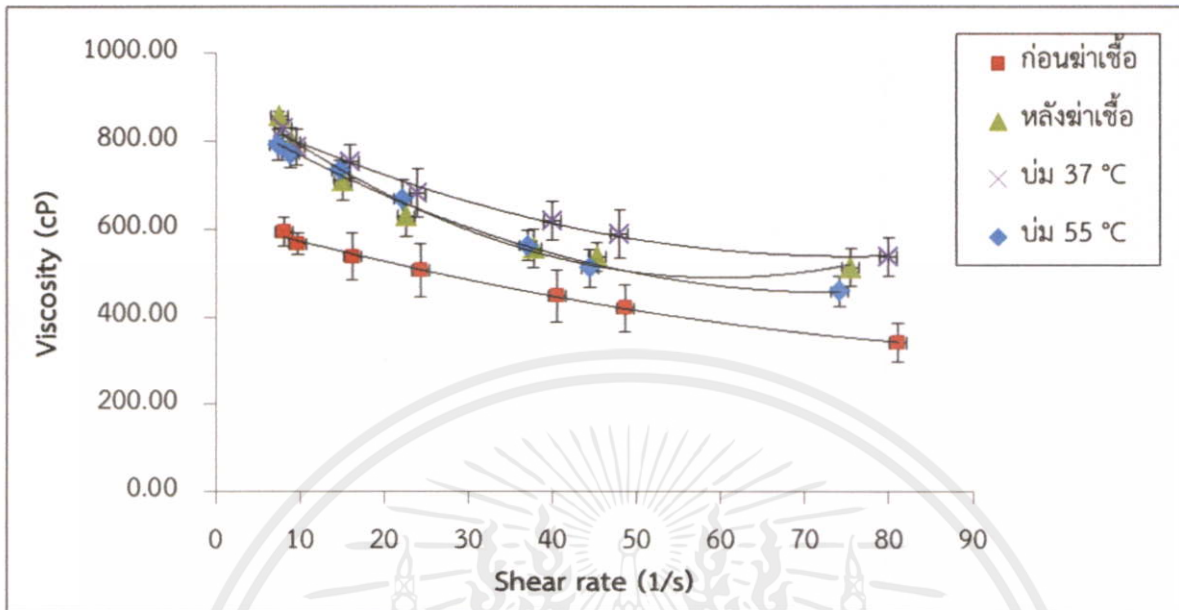
จากการวัดค่าความหนืดของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตรใน 4 ช่วงเวลา มีผลการทดลองดังนี้ สูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรที่มีน้ำเปล่าเป็นส่วนประกอบหลัก พบว่าความหนืดหลังการฆ่าเชื้อมีค่าลดลงจากความหนืดของสารก่อนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีความหนืดจากการบ่มที่ 2 อุณหภูมิไม่แตกต่างจากความหนืดหลังการฆ่าเชื้อ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลของ Viscosity กับ Shear rate ของสารตัวอย่างสูตรที่ 1 เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา

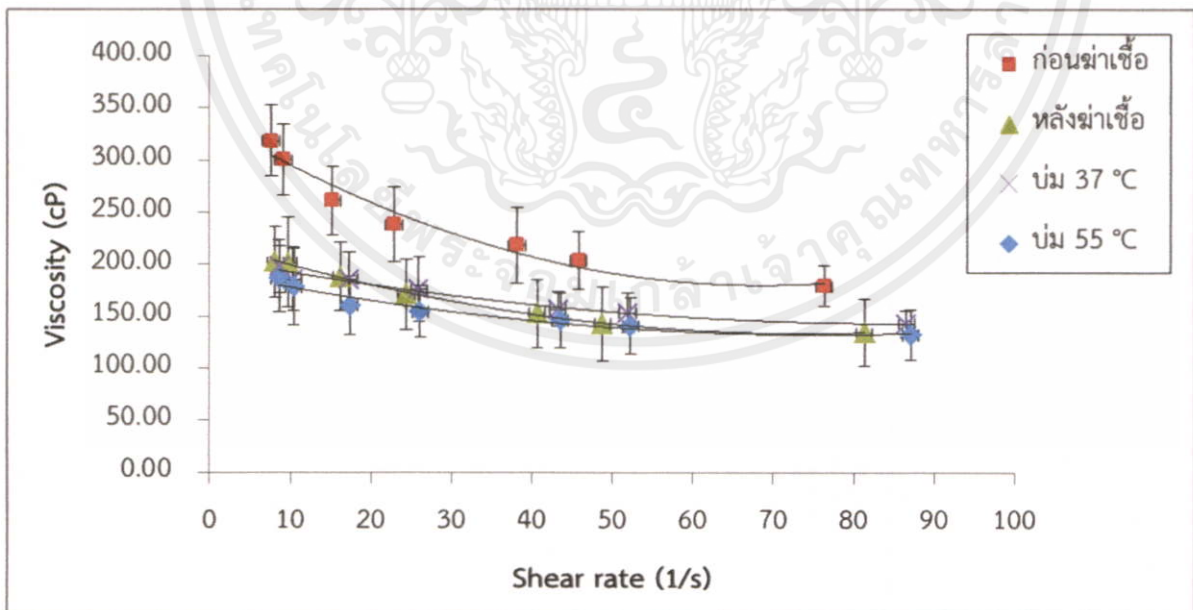
สูตรที่ 2 ซึ่งเป็นสูตรที่มีน้ำกะทิเป็นส่วนประกอบหลัก พบว่าความหนืดหลังการฆ่าเชื้อมีค่าเพิ่มขึ้นจากความหนืดของสารก่อนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีความหนืดจากการบ่มที่ 2 อุณหภูมิไม่แตกต่างจากความหนืดหลังการฆ่าเชื้อ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผลของ Viscosity กับ Shear rate ของสารตัวอย่างสูตรที่ 2 เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา

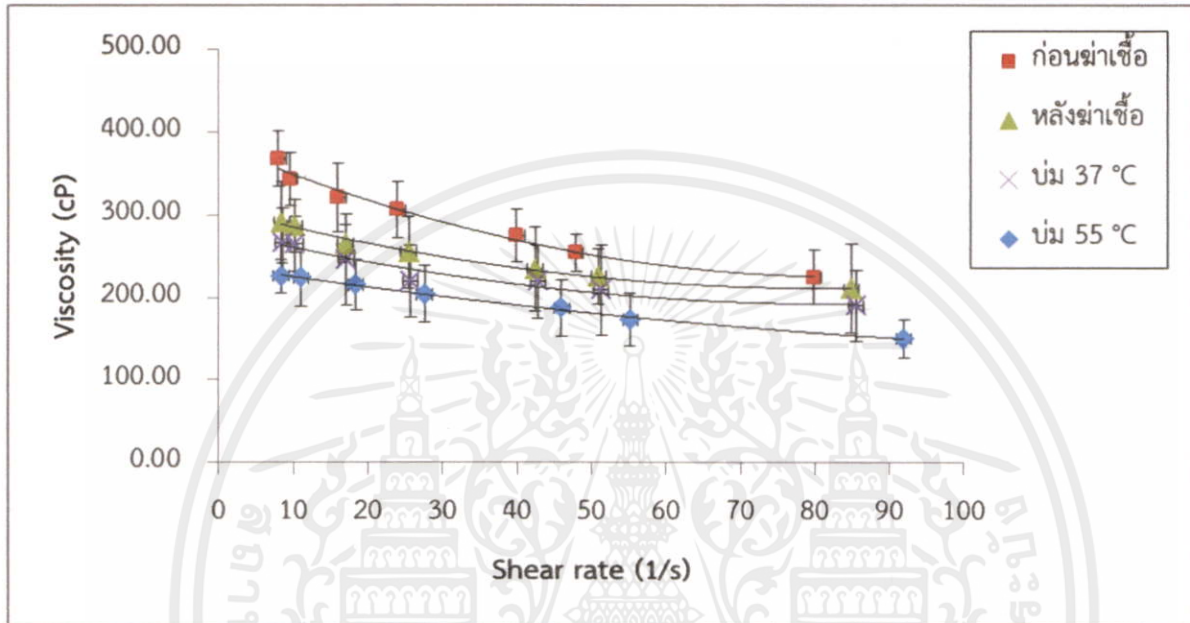
สูตรที่ 3 ซึ่งเป็นสูตรที่มีน้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนประกอบหลัก พบว่าความหนืดหลังการฆ่าเชื้อมีค่าลดลงจาก ความหนืดของสารก่อนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และมีความหนืดจากการบ่มที่ 2 อุณหภูมิไม่ แตกต่างจากความหนืดหลังการฆ่าเชื้อ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผลของ Viscosity กับ Shear rate ของสารตัวอย่างสูตรที่ 3 เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรที่ 4 ซึ่งเป็นสูตรที่มีทั้งน้ำกะทิและน้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนประกอบหลัก พบว่าความหนืดหลังการฆ่าเชื้อมีค่าลดลงจากความหนืดของสารก่อนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีความหนืดจากการบ่มที่ 2 อุณหภูมิไม่แตกต่างจากความหนืดหลังการฆ่าเชื้อ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.4 ผลของ Viscosity กับ Shear rate ของสารตัวอย่างสูตรที่ 4 เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา

วิเคราะห์ผลความหนืด

จากผลการทดลองพบว่า สารตัวอย่างสูตรที่ 1, 3 และ 4 เมื่อได้รับความร้อนจากการฆ่าเชื้อจะมีความหนืดที่ลดลง ซึ่งเป็นไปตามเป็นไปตามความสัมพันธ์ของ Arrhenius (Arrhenius relationship)

$$\eta = k \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right)$$

โดยที่	E_a	=	พลังงานกระตุ้น (kcal/gmol)
	R	=	ค่าคงที่ของแก๊ส (1.9873 kcal/(gmol.K))
	T	=	อุณหภูมิ (K)
	η	=	ความหนืด (N.s/m ²)
	k	=	ค่าคงที่ (N.s/m ²)

จากความสัมพันธ์ของ Arrhenius จะพบความหนืดของของไหลจะลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่สารตัวอย่างสูตรที่ 2 ที่มีน้ำกะทิเป็นส่วนผสมหลัก พบว่า เมื่อได้รับความร้อนจากการฆ่าเชื้อ จะมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสาเหตุเกิดจากสารตัวอย่างสูตรที่ 2 เกิดลักษณะเป็นเจลขึ้น ทำให้มีค่าความหนืดเพิ่มมากขึ้น โดยการเกิดเจลเกิดจากโปรตีน, กัม, แป้ง และน้ำตาลรวมตัวกับน้ำ แล้วได้รับความร้อน แต่เมื่ออุณหภูมิเย็นลงสารเหล่านี้จะจับตัวกันเป็นตาข่าย 3 มิติ ซึ่งมีลักษณะเป็นกึ่งของแข็งของเหลวที่เรียกว่า เจล (ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ, 2549)

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Flow behavior index (n) และ Consistency index (K) ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร
เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา

สูตรที่	ช่วงเวลา	n	K (mPa*s ^{n})
1	ก่อนฆ่าเชื้อ	0.901±0.081	1.95±0.03
	หลังฆ่าเชื้อ	0.819±0.072	1.94±0.13
	บ่ม 37°C 14 วัน	0.740±0.061	2.04±0.06
	บ่ม 55°C 7 วัน	0.850±0.051	2.33±0.70
2	ก่อนฆ่าเชื้อ	0.771±0.089	2.99±0.05
	หลังฆ่าเชื้อ	0.755±0.126	3.12±0.09
	บ่ม 37°C 14 วัน	0.799±0.128	3.09±0.12
	บ่ม 55°C 7 วัน	0.741±0.137	3.13±0.12
3	ก่อนฆ่าเชื้อ	0.764±0.057	2.70±0.13
	หลังฆ่าเชื้อ	0.814±0.036	2.47±0.17
	บ่ม 37°C 14 วัน	0.866±0.044	2.42±0.12
	บ่ม 55°C 7 วัน	0.872±0.027	2.37±0.09
4	ก่อนฆ่าเชื้อ	0.799±0.051	2.74±0.11
	หลังฆ่าเชื้อ	0.849±0.050	2.59±0.02
	บ่ม 37°C 14 วัน	0.856±0.009	2.54±0.17
	บ่ม 55°C 7 วัน	0.834±0.064	2.50±0.20

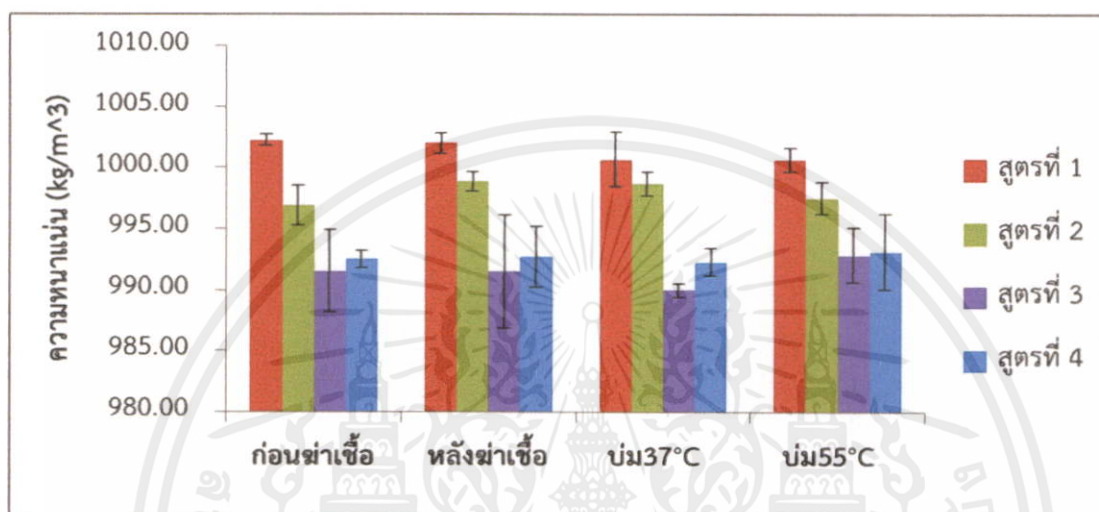
จากตารางที่ 4.1 พบว่า สารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร มีค่า Flow behavior index (n) น้อยกว่า 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร มีพฤติกรรมการไหลแบบ Non-Newtonian ชนิด Pseudoplastic

แม้ว่ากรรมวิธีต่างๆ ที่กล่าวถึงข้างต้นจะเป็นเพียงการสังเกตเบื้องต้น ไม่สามารถยืนยันประโยชน์ด้านการค้าได้

ไม่ว่ากรรมวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ค่าความหนาแน่น

จากการวัดค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร ใน 4 ช่วงเวลา พบว่าค่าความหนาแน่นของตัวอย่างทุกสูตรจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา ดังที่แสดงในรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าความหนาแน่นของทุกสูตร มีค่าไม่แตกต่างกันตลอด 4 ช่วงเวลา



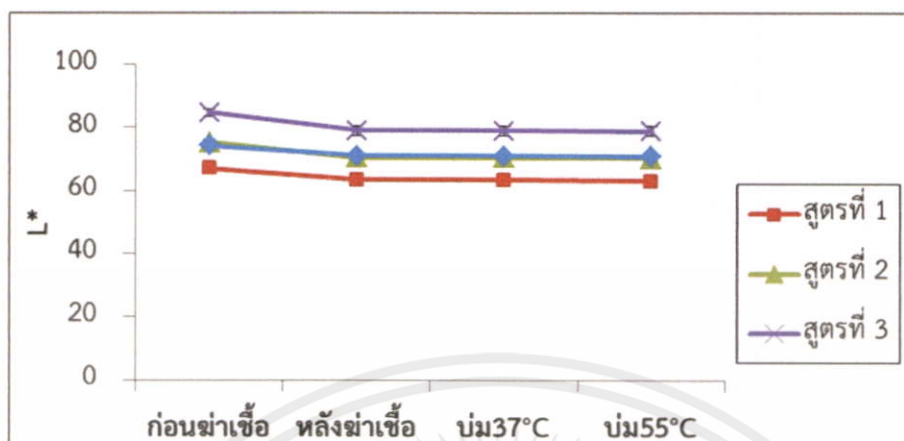
รูปที่ 4.5 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา

จากแผนภูมิแท่งแสดงค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา สรุปได้ว่าความร้อนจากการฆ่าเชื้อและความร้อนจากการบ่มที่ 2 อุณหภูมิไม่มีผลทำให้ความหนาแน่นของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตรเปลี่ยนแปลง โดยความหนาแน่นค่อนข้างคงที่ และเมื่อนำค่าความหนาแน่นที่วัดได้ไปเข้าโปรแกรม SPSS จะพบว่าความหนาแน่นของทุกสูตร มีค่าไม่แตกต่างกันตลอด 4 ช่วงเวลา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.5$) ซึ่งตัวอย่างสูตรที่ 1 มีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาได้แก่ตัวอย่างสูตรที่ 2, สูตรที่ 4 และสูตรที่ 3 ตามลำดับ

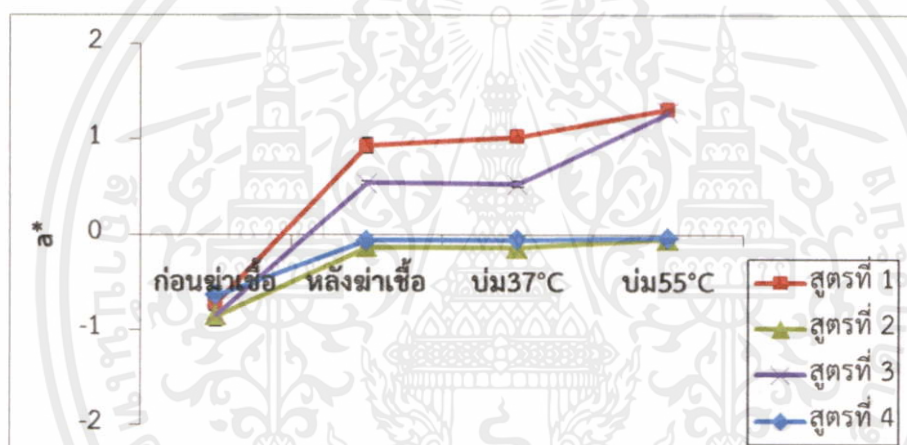
4.1.3 ค่าสี

จากการวัดสีของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบใน 4 ช่วงเวลา พบว่าสารตัวอย่างทุกสูตร จะมีค่า L^* หลังการฆ่าเชื้อลดลงจากค่า L^* ก่อนการฆ่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจะมีค่า L^* คงที่เมื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C และ 55°C ดังที่แสดงในรูปที่ 4.6 ส่วนค่า a^* และ b^* พบว่าสารตัวอย่างหลังฆ่าเชื้อจะมีค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้นจากสารตัวอย่างก่อนฆ่าเชื้อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังที่แสดงในรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุตารัตน์และคณะ(2551) ที่ศึกษาผลของปริมาณไขมันและความร้อนระดับสเตอริไลส์ต่อคุณภาพสีของน้ำกะทิ พบว่าเมื่อความร้อนเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้สีของกะทิ มีค่า L ลดลง ค่า a และ b เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยา Browning reaction ชนิด Maillard reaction โดยมีโปรตีนในกะทิเป็นสารตั้งต้นทำให้เกิดปฏิกิริยา

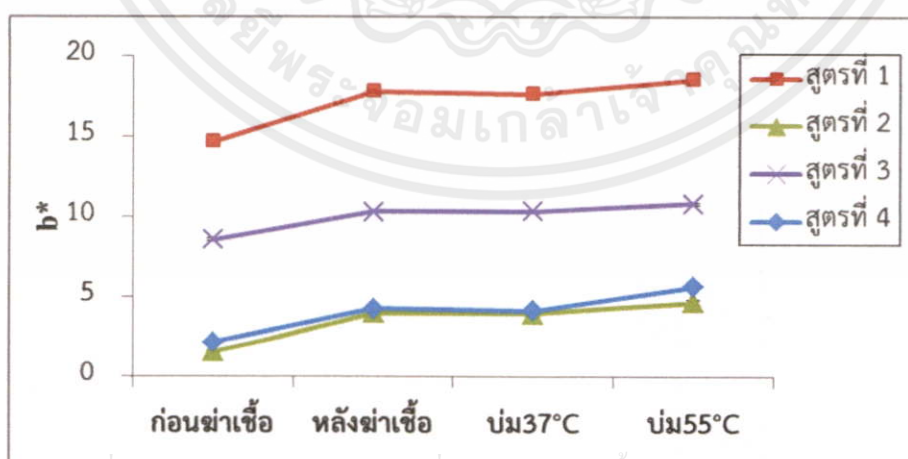
ไม่ว่าการฉีดยาทั้งเส้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ผลของค่า L^* ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา



รูปที่ 4.7 ผลของค่า a^* ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา



รูปที่ 4.8 ผลของค่า b^* ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา

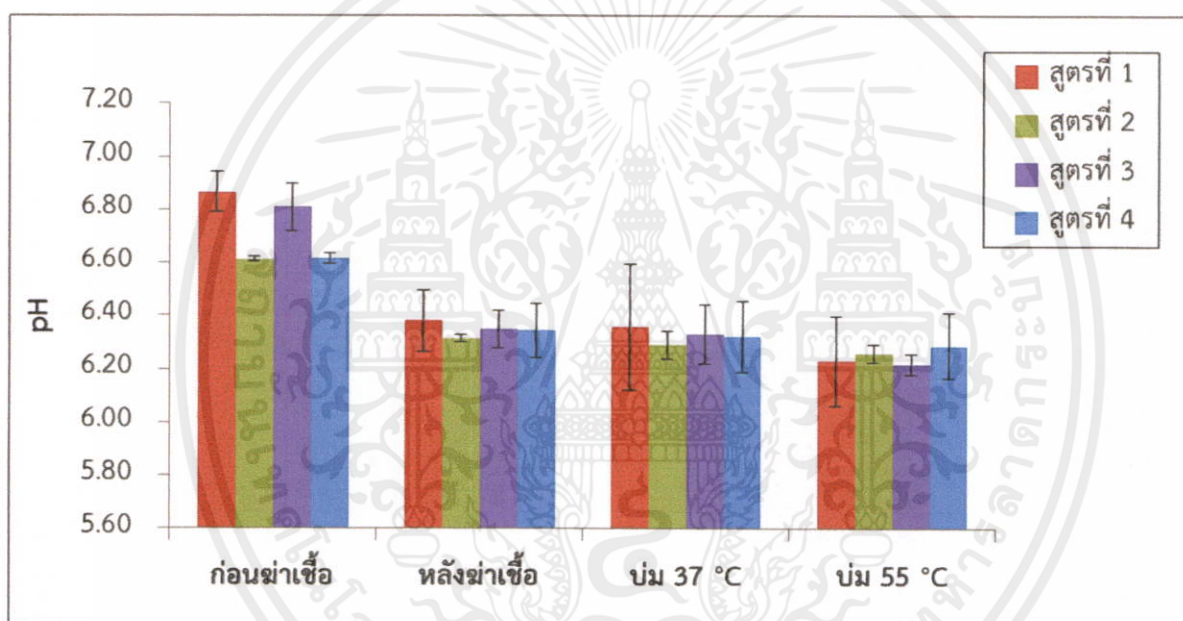
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลทางด้านลักษณะทางเคมี

4.2.1 ค่า pH

จากการวัดค่า pH ของสารตัวอย่างทุกสูตรเปรียบเทียบใน 4 ช่วงเวลา พบว่าสารตั้งอย่างทั้ง 4 สูตร มีค่า pH หลังการฆ่าเชื้อลดต่ำกว่าค่า pH ก่อนการฆ่าเชื้อ อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และค่า pH ของการบ่มทั้ง 2 อุณหภูมิมีค่าไม่แตกต่างจาก pH หลังการฆ่าเชื้อ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.9

ซึ่งสาเหตุของการที่ pH ลดต่ำลง ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากความร้อนในการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ไอออน H^+ ในสารตัวอย่างเกิดการแตกตัวเพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่า pH มีค่าลดลง แต่ไม่ได้บ่งบอกถึงลักษณะการเสื่อมเสียของสารตัวอย่าง



รูปที่ 4.9 แผนภูมิแท่งแสดงค่า pH ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา

จากงานวิจัยของ Jay *et al.* (2005) พบว่าจุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุดเมื่อเลี้ยงในอาหารที่มี pH ที่เหมาะสม (โดยทั่วไปประมาณ 7) แต่เมื่อลดหรือเพิ่ม pH จะทำให้เชื้อนั้นไวต่อความร้อนมากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อกระบวนการให้ความร้อนของอาหารกรดสูง จะทำให้ลดเวลาการให้ความร้อนลงได้ เมื่อ pH ลดลงโดยใช้กรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติกหรือ กรดแลคติกจะทำให้ค่าการทนความร้อนของจุลินทรีย์นั้นลดลง และจากงานวิจัยของ Gaillard (1998) พบว่าสปอร์ของเชื้อ *Bacillus cereus* เมื่อให้ความร้อนที่ 95°C ค่า aw 1.00 ในอาหารที่มี pH 6.5 มีค่า D เท่ากับ 2.386 นาที แต่เมื่อลด pH ให้ลดลงเป็น 4.5 พบว่าค่า D ลดลงเหลือเพียง 0.511 นาที ดังนั้นการลดลงของค่า pH ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตรเมื่อได้รับความร้อนจากการฆ่าเชื้อ แสดงให้เห็นว่าเชื้อจุลินทรีย์ในสารตัวอย่างมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ค่า %Solid non fat

จากการวัดค่า %Solid non fat ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร สามารถแสดงค่าได้ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า %Solid non fat ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา

สูตร	ช่วงเวลา	Moisture (%db) เฉลี่ย	Total solid (%db) เฉลี่ย	Solid no fat (%db) เฉลี่ย
1	ก่อนฆ่าเชื้อ	98.11	1.89	1.89±0.06 ^a
	หลังฆ่าเชื้อ	98.07	1.93	1.93±0.02 ^a
	บ่ม 37 °C	98.09	1.91	1.91±0.05 ^a
	บ่ม 55 °C	98.06	1.94	1.94±0.02 ^a
2	ก่อนฆ่าเชื้อ	77.58	22.42	5.33±0.16 ^b
	หลังฆ่าเชื้อ	77.70	22.30	5.14±0.28 ^b
	บ่ม 37 °C	77.68	22.32	5.15±0.33 ^b
	บ่ม 55 °C	77.65	22.35	5.27±0.16 ^b
3	ก่อนฆ่าเชื้อ	80.22	19.78	1.86±0.17 ^a
	หลังฆ่าเชื้อ	80.25	19.75	1.84±0.19 ^a
	บ่ม 37 °C	80.13	19.87	1.89±0.19 ^a
	บ่ม 55 °C	80.25	19.75	1.75±0.07 ^a
4	ก่อนฆ่าเชื้อ	80.91	19.09	2.09±0.03 ^c
	หลังฆ่าเชื้อ	80.69	19.31	2.14±0.22 ^c
	บ่ม 37 °C	80.63	19.37	2.20±0.13 ^c
	บ่ม 55 °C	80.63	19.37	2.20±0.17 ^c

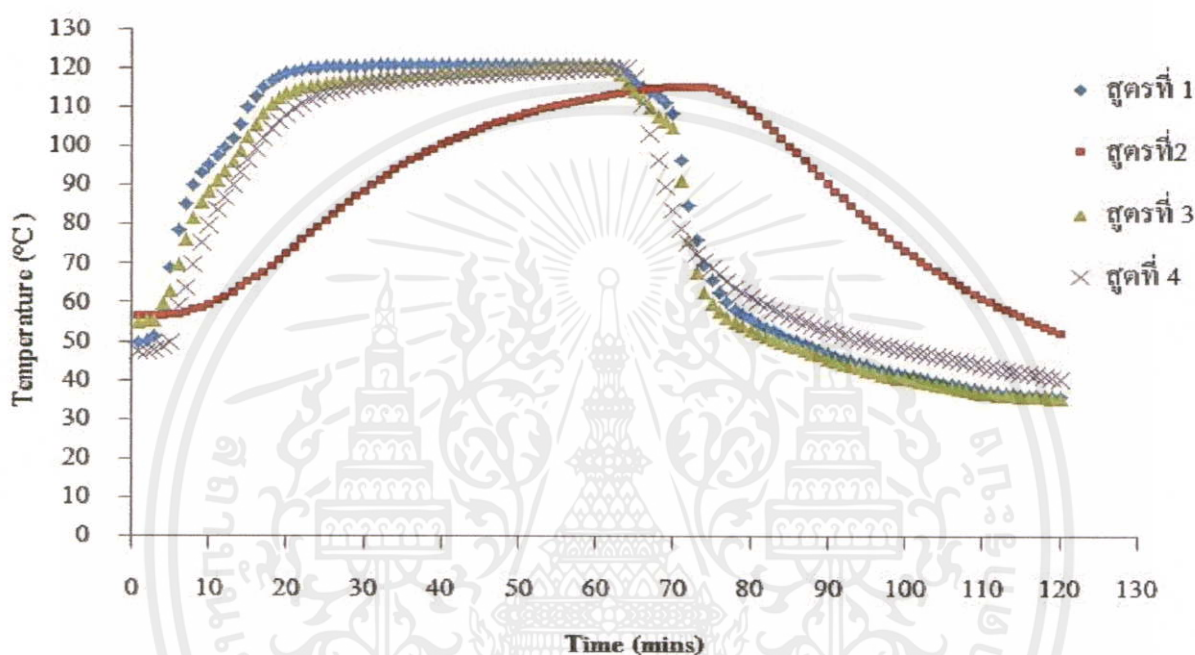
a, b, c: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า สารตัวอย่างแต่ละสูตร มีค่า %Solid non fat ไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับกันภายใน 4 ช่วงเวลา และค่า %Solid non fat ของสูตรที่ 1 และ สูตรที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยสูตรที่ 2 มี %Solid non fat มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น รองลงมาได้แก่สารตัวอย่างสูตรที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์การแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ

การทดลองนี้จะตั้งค่า F_0 ที่ไว้ที่ 8 นาที ใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ $121.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ใช้เวลาฆ่าเชื้อ 45 นาที จากการวัดอุณหภูมิภายในกระป๋องของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร สามารถแสดงค่าอุณหภูมิกับเวลาในการฆ่าเชื้อได้ดังรูปต่อไปนี



รูปที่ 4.10 ผลของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาในการฆ่าเชื้อของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร

จากค่าอุณหภูมิกับเวลาข้างต้น สามารถนำมาคำนวณค่า F_0 และค่า Parameter ต่างๆในการวิเคราะห์การแทรกผ่านความร้อน ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า F_0 และค่าแสดงการแทรกผ่านความร้อนที่ได้จากการทดลองของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร

สูตรที่	ค่า Parameter ต่างๆ			ค่า F_0 ที่ได้รับ (นาที)
	j	f_h	f_2	
1	0.87	7.14	9.83	39.88
2	1.16	56.21	51.69	1.11
3	0.69	14.00	44.86	20.87
4	0.61	20.80	55.33	17.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับโรงเรียนการศึกษานานาชาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

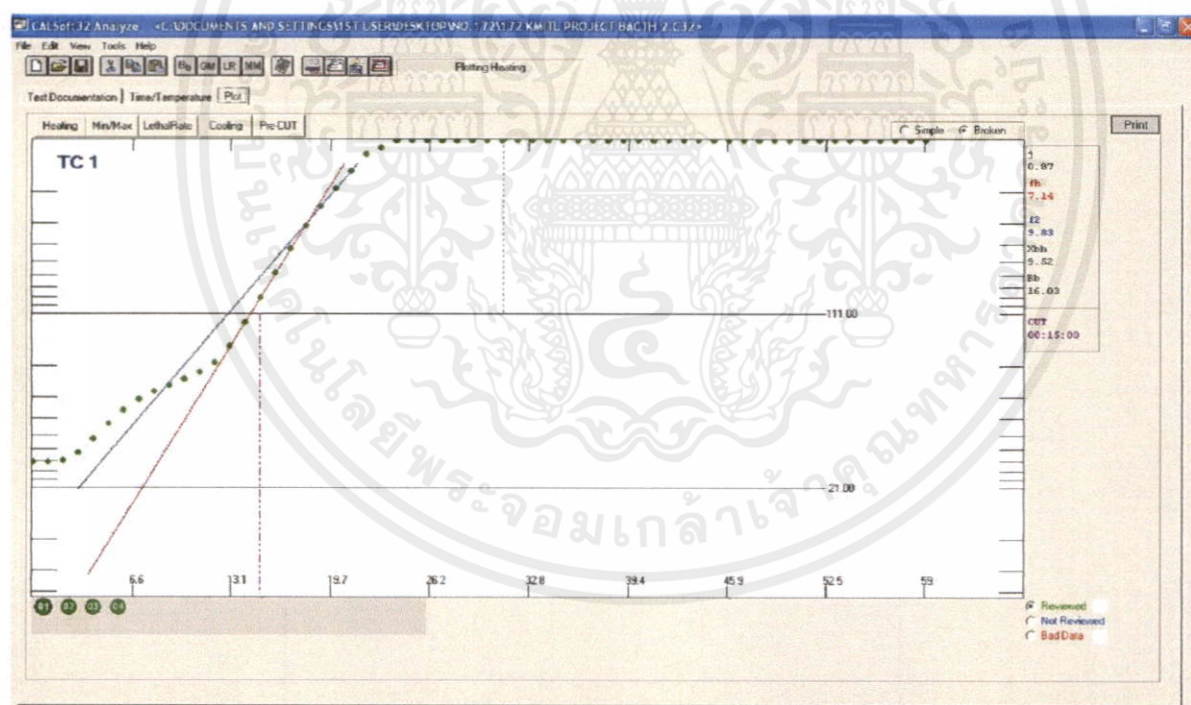
จากการวิเคราะห์ค่าจากตารางที่ 4.2 พบว่าสูตรที่ 2 ซึ่งเป็นสูตรที่มีน้ำกะทิเป็นหลัก มีค่า F_0 ที่ได้รับน้อยที่สุด โดยมีค่า $F_0 = 1.11$ ซึ่งยังไม่ถึงค่า F_0 ที่ตั้งไว้คือ $F_0 = 8$ ซึ่งแสดงถึงว่าสูตร 2 มีการฆ่าเชื้อที่ไม่เพียงพอและมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชือน้อยกว่าสูตรอื่นๆ นอกจากนี้ค่า Parameter ต่างๆของสูตร 2 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. ค่า $j = 1.16$ แสดงถึงว่า สูตร 2 มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อนผสมกับการพาความร้อน ซึ่งการถ่ายความร้อนเป็นไปได้ช้า

2. ค่า $f_h = 56.21$ ซึ่งค่า f_h แสดงถึงเวลาที่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนไป 90% ดังนั้นเมื่อเทียบค่า f_h ของสูตร 2 กับสูตรอื่นๆแล้ว พบว่าสูตร 2 ใช้เวลานานกว่าสูตรอื่นๆในการเปลี่ยนอุณหภูมิไป 90 %

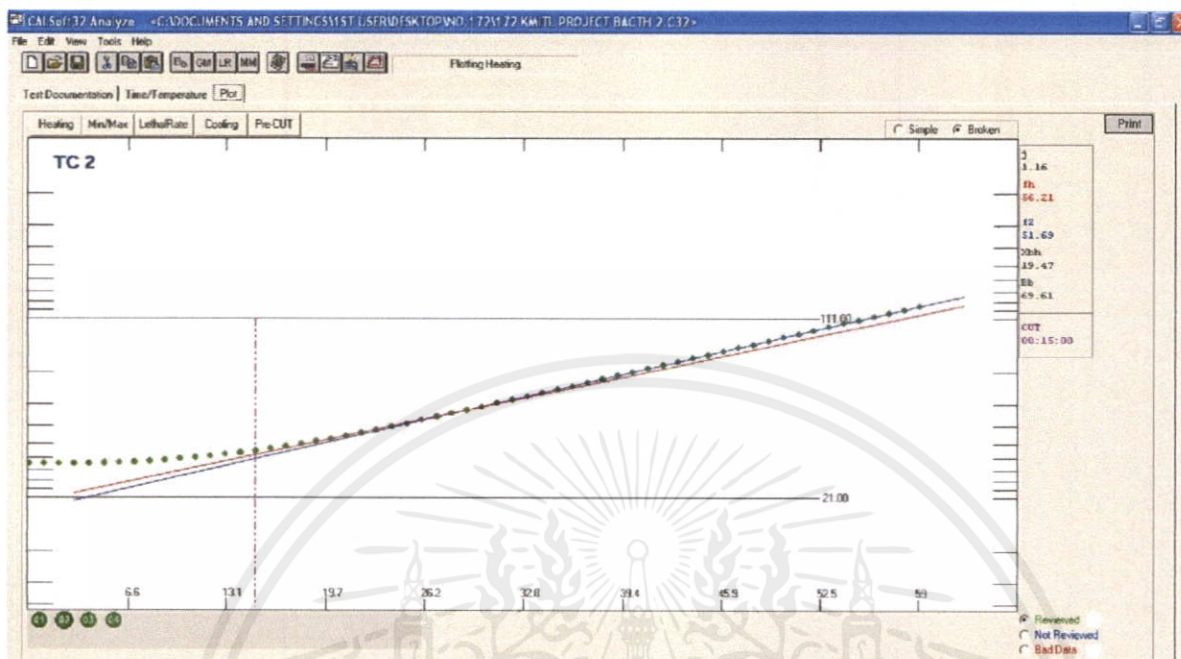
3. ค่า $f_2 = 51.69$ ซึ่งค่า f_2 แสดงถึงว่าสารตัวอย่างมีการเปลี่ยนช่วงเวลาที่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนไป 90 %

ซึ่งการหาค่า Parameters ต่างๆในตาราง 4.2 ทำโดยโปรแกรม Cal Soft32 Analyze ใช้การตัดกราฟแบบ Broken และหาค่า F_0 ด้วยวิธี Formula method ดังรูปภาพต่อไปนี้

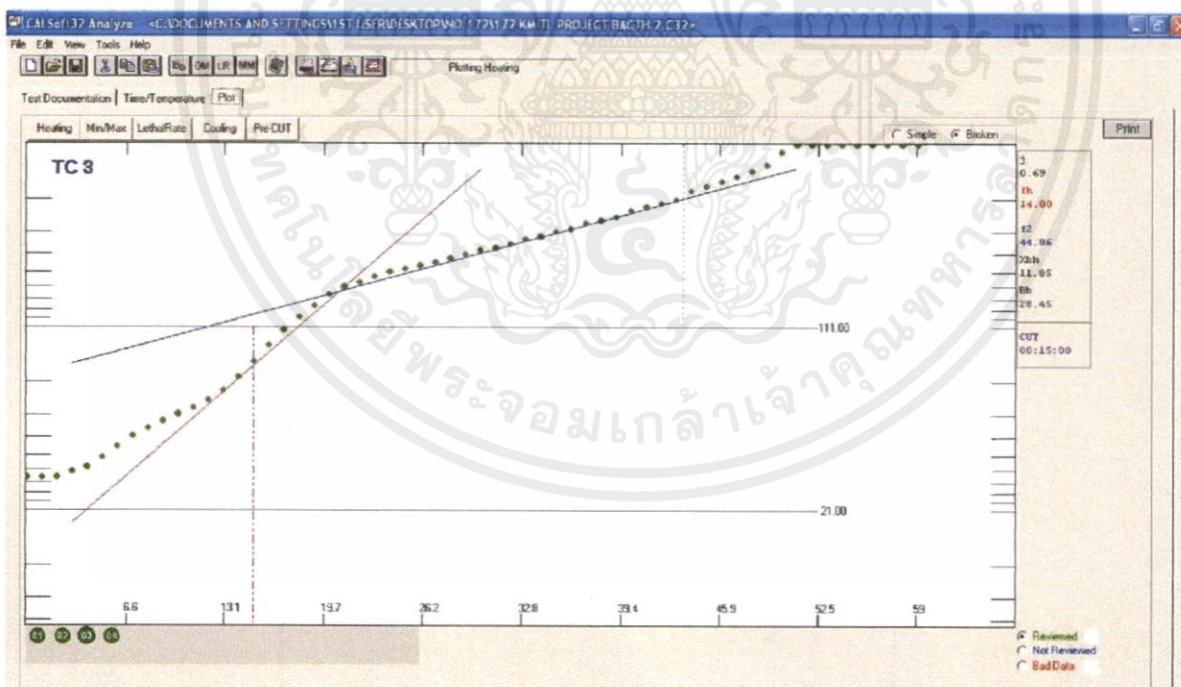


รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อของตัวอย่างสูตรที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

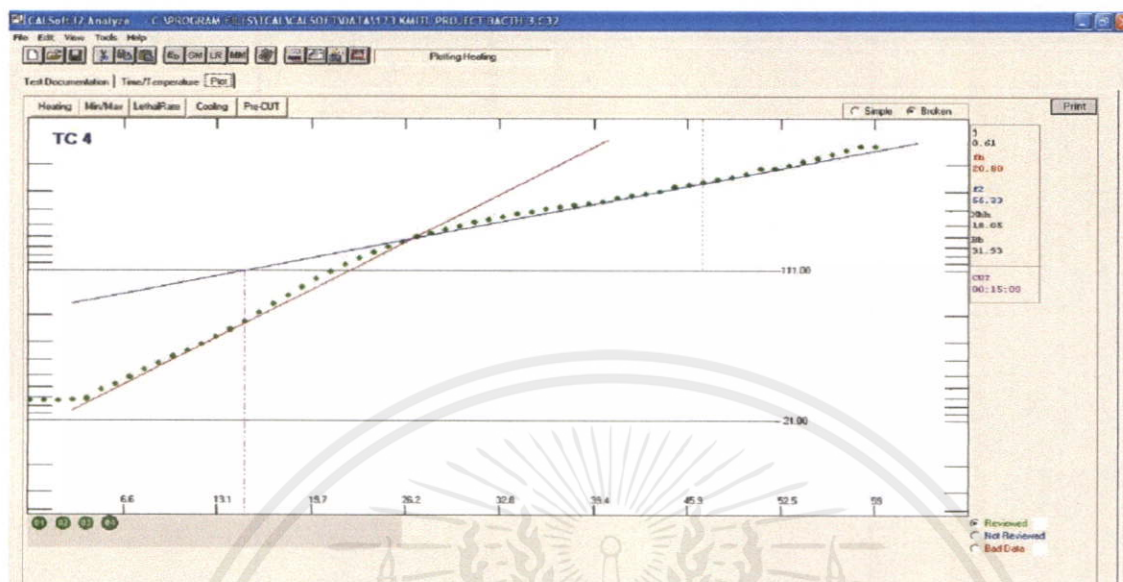


รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อของตัวอย่างสูตรที่ 2



รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อของตัวอย่างสูตรที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ค่าการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อของตัวอย่างสูตรที่ 4

4.4 การวิเคราะห์ค่าลักษณะทางกายภาพและเคมีที่มีต่อการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ

การจากวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่าค่าทางลักษณะทางกายภาพและเคมีที่มีผลต่อการแทรกผ่านความร้อนมากที่สุดคือ ค่าความหนืด และค่า %Solid non fat โดยจากการทดลองพบว่า สารที่มีความหนืดมากจะทำให้การแทรกผ่านความร้อนเป็นไปได้ยากขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าสารที่มีค่า %Solid non fat มากที่ทำให้การแทรกผ่านความร้อนลดลงเช่นกัน เนื่องจากสารที่มี %Solid non fat มาก จะมีปริมาณโปรตีนมากเช่นเดียวกัน ซึ่งโดยปกติแล้วโปรตีนจะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยธรรมชาติ แต่ถ้าหากมีปริมาณโปรตีนมากเกินไป โปรตีนเหล่านี้จะแปรสภาพเป็นเจลซึ่งทำให้น้ำกะทิมีความข้นหนืดมากขึ้น (รูปที่ 4.15) และจะทำให้การแทรกผ่านความร้อนเป็นไปได้ยากขึ้นเช่นเดียวกัน ดังเช่นสารตัวอย่างสูตรที่ 2 ของโครงการวิจัยนี้ซึ่งมีกะทิเป็นส่วนประกอบหลัก จะมีค่าความหนืดหลังการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นจากความหนืดก่อนการฆ่าเชื้อ และมีค่า %Solid non fat มากกว่าสารตัวอย่างสูตรอื่นๆ



รูปที่ 4.15 การเกิดเจลในตัวอย่างสูตรที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยสนับสนุนการเกิดเจลในตัวอย่างสูตรที่ 2 โดย Damodaran and Paraf (1997) ศึกษาพบว่า ความข้นหนืดของสารละลายส่วนมากเกี่ยวข้องกับชนิดของตัวถูกละลาย สารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง สายโพลีเมอร์ที่มีขนาดใหญ่ทำให้มีความข้นหนืดสูงขณะที่ความเข้มข้นต่ำ ทั้งนี้ขึ้นกับคุณสมบัติของโมเลกุลต่าง ๆ เช่น ขนาด รูปร่าง การม้วนขดของโมเลกุล และการดูดซับน้ำของโปรตีน สารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากัน ที่โพลีเมอร์มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นอิสระ จะมีความข้นหนืดมากกว่าสารละลายที่มีลักษณะของโพลีเมอร์มีการม้วนขดกันแน่น ดังเช่นกัมโพลีแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ มีสายโพลีเมอร์ม้วนขดของส่วนที่ไม่ชอบน้ำสูง ทำให้มีค่าความข้นหนืดสูงในขณะที่มีความเข้มข้นสูง ลักษณะของไฮโดรคอลลอยด์ดังกล่าวนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการทำให้ข้นหนืด ซึ่งโปรตีนที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เช่นนี้เช่น เจลาติน ไมโอซิน เป็นต้น

การเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนมีผลต่อความข้นหนืดของสารละลายโปรตีนเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลโปรตีนที่เกาะกับน้ำเพิ่มขึ้น รวมถึงความสามารถในการดูดซับน้ำและการพองตัวของโปรตีนที่มีผลต่อความข้นหนืด นอกจากนี้การเสียดสภาพบางส่วนของโปรตีนจากการให้ความร้อน ยังทำให้ส่วนของไฮโดรโฟบิกของโปรตีนแต่ละโมเลกุลหันเข้าหากันมากขึ้น ทำให้เกิดอนุภาคใหม่ของโปรตีน-โปรตีน เกาะกลุ่มกัน เป็นสาเหตุทำให้เกิดการต้านแรงที่ ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของสารละลายโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอีกด้วย (Damodaran and Paraf, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดลักษณะทางกายภาพและเคมีและการแทรกผ่านความร้อนของตัวอย่างทั้ง 4 สูตร พบว่าสารตัวอย่างสูตรที่ 2 ซึ่งมีน้ำกะทิเป็นส่วนประกอบหลัก จะมีประสิทธิภาพการแทรกผ่านความร้อนและค่า F_0 ในการฆ่าเชื้อน้อยที่สุด เนื่องจากมีผลทางกายภาพและเคมี ดังนี้

- ความหนืดหลังการฆ่าเชื้อมีค่าเพิ่มขึ้นจากก่อนการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และความหนืดหลังบ่มทั้ง 2 อุณหภูมิมีค่าไม่แตกต่างจากความหนืดหลังการฆ่าเชื้อ โดยมีพฤติกรรมไหลแบบ Pseudoplastic

- ค่าความหนาแน่นมีค่าไม่แตกต่างกันทั้ง 4 ช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

- ค่าสี เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฆ่าเชื้อกับหลังการฆ่าเชื้อ พบว่าค่าสีมีค่า L^* ลดลง ส่วนค่า a^* และ b^* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าสีหลังการบ่มทั้ง 2 อุณหภูมิ มีค่าไม่แตกต่างจากค่าสีของสารตัวอย่างหลังการฆ่าเชื้อ

- ค่า pH เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนการฆ่าเชื้อและหลังการฆ่าเชื้อ พบว่า pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่า pH หลังจากการบ่มทั้ง 2 อุณหภูมิมีค่าไม่แตกต่างจากค่า pH หลังการฆ่าเชื้อ

- ค่า %Solid non fat จะพบว่าสูตรที่ 2 มีค่ามากที่สุด และค่า %Solid non fat มีค่าไม่แตกต่างกันทั้ง 4 ช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้พบว่า สาเหตุที่สูตรที่ 2 ประสิทธิภาพการแทรกผ่านความร้อนและค่า F_0 ในการฆ่าเชื้อน้อยที่สุด เนื่องจากตัวอย่างสูตรที่ 2 มีค่า %Solid non fat มากที่สุด จึงทำให้มีปริมาณโปรตีนมากเช่นเดียวกัน ซึ่งโดยปกติแล้วโปรตีนจะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยธรรมชาติ แต่ถ้าหากมีปริมาณโปรตีนมากเกินไป โปรตีนเหล่านี้จะจับตัวกับน้ำ ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนและเย็นตัวลง จะแปรสภาพเป็นเจลซึ่งทำให้น้ำกะทิที่มีความข้นหนืดมากขึ้น และจะทำให้การแทรกผ่านความร้อนเป็นไปได้ยากขึ้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นในการผลิตน้ำกะทิกะป๋องจริงในระดับอุตสาหกรรม ควรมีการควบคุมปริมาณ %Solid non fat ของน้ำกะทิเพื่อป้องกันปัญหาในฆ่าเชื่อน้ำกะทิกะป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ปัญหาที่พบ

- ในการทดลองไม่ได้ควบคุม pH ของน้ำในแต่ละครั้งของการทดลอง ทำให้ค่า pH ที่วัดได้ในแต่ละครั้งมีค่าที่แตกต่างกัน
- การนำเอาสารตัวอย่างก่อนการฆ่าเชื้อไปแช่เย็นไว้ เมื่อนำมาหาค่า %Solid non fat โดยการเข้าตู้อบลมร้อน สังเกตพบว่าสารตัวอย่างจะเกิดฟองขึ้นมาก ดังนั้นจึงมีผลทำให้การวัดค่า %Solid non fat มีค่าคลาดเคลื่อน ซึ่งแก้ไขปัญหานี้โดยการควบคุมอุณหภูมิของสารตัวอย่างให้อยู่ที่อุณหภูมิห้องทุกครั้ง ก่อนการนำเข้าตู้อบลมร้อน

5.3 ข้อเสนอแนะ

- ในการฆ่าเชื้อ จะต้องควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นในกระป๋องให้เหมาะสม เพราะอุณหภูมิเริ่มต้นในกระป๋องมีผลต่อการหาค่า F_0
- ควรควบคุม pH ของน้ำในการทดลองแต่ละครั้ง ให้มีค่าใกล้เคียงกัน และควบคุมอุณหภูมิก่อนการวัดทุกครั้ง
- โครงการวิจัยในภายภาคหน้า ควรจะศึกษาถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำเปล่า, น้ำกะทิ และน้ำมันมะพร้าว เพื่อให้การผลิตน้ำกะทิกะป๋องมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ใช้ปริมาณไขมันเพียงค่าเดียวคือร้อยละ 18 ดังนั้นควรศึกษาเพิ่มเติมในการทดลองปริมาณไขมันในหลายๆค่า เพื่อให้ทราบผลของปริมาณไขมันที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และการแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กนกพร สีสาวโรจน์กุล. 2545. ผลของกะทิที่ผ่านความร้อนต่อคุณสมบัติของไอศกรีมกะทิ. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กิตติมา ขวาลรติกุล. 2552. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวต่อการแช่แข็ง-ละลายของกะทิ. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- กลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการค้าการลงทุน,สำนักงานยุทธศาสตร์การพาณิชย์. 2553. มะพร้าว. กรมการค้าระหว่างประเทศ, 2539. การผลิตน้ำกะทิคั้นรูปแปลงไขมันบางส่วนด้วยน้ำมันพืชบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จันทิมา ภูงามเงิน. 2546. ผลของความดันในการโฮโมจีไนส์และสภาวะในการฆ่าเชื้อต่อความดันคงตัวของน้ำกะทิไขมันสูง. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชลดา รักษาธรรม และณัฐพงศ์ คุณพงษ์. 2555. อิทธิพลของการศึกษาการผลิตกะทิผงสำเร็จรูปด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ณัฐากร เตชวิทย์วัฒน์, ธวัชชัย ตูห์ทับทอง, พีริดา อันวารชรและหนึ่งฤทัย สุพฤกษ์ทวีชัย. 2543. การศึกษาความหนาแน่นและความหนืดของน้ำสับปรดและน้ำเสาวรส์ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิต่างๆ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ทศพรพรรณ รัตนภักดี. 2546. การผลิตและอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิตัดแปลงไขมันพาสเจอร์ไรส์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธนโชติ ลิ้มบิโชติ, สุวิมล อริยประกายและพาสวดี ประทีปะเสน, 2554. ผลของกระบวนการเกี่ยวเนื่องกับความร้อนต่อสมบัติอิมัลชันน้ำกะทิที่ใช้ซูโครสเอสเตอร์เป็นอิมัลซิไฟเออร์เปรียบเทียบกับทวิน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ. 2549. พจนานุกรมวิศวกรรมอาหาร (อังกฤษ-ไทย). กรุงเทพฯ : ด่านสุทธการพิมพ์. : หน้า 71
- พริญดา แก้วสวี. 2552. การใช้สารทดแทนไขมันในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร เอกสาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2545. การวิเคราะห์ชนิดอิมัลชันไฟเออร์/ไฮโดรคอลลอยด์และสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล เพื่อพัฒนาคุณภาพของน้ำกะทิบรรจุกระป๋องที่มีปริมาณไขมันแตกต่างกัน. สกว.(2545), 1-124.

สายวรุฬ ซัยวานิชศิริ, 2547. หลักการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Principle of Thermally process) หลักการผลิตและฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน. วรรณภัทรสิน, หน้า 69-78

สุดารัตน์ พุทธฤกษ์มงคล, สุจิตตรา เหมคช, จันทิมา ฎงามเงิน และเกตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา, 2551. ผลของปริมาณไขมันและความร้อนระดับสเตอริไลส์ต่อคุณภาพสีของน้ำกะทิ. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 18/1. : หน้า 80-88.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2528. มอก.582-2528 มาตรฐานกะทิสำเร็จรูป. หน้า 2.

Buccat, E. F., A.L. and G.C. Manalac. 1973. Production of protein and other food products from coconut. Cited by J.A. Bazon, O.N. Gonzalez, S.Y. de Leon and P.C. Sanchez. Coconut as Food. Philippines Coconut Research and Development Formation, Inc., Quezon City, Philippines. 239p.

Clayton, W. 1943. Theory of Emulsions. 4th ed., The Blakiston Company, Philadelphia.

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

Das, K.P. and J.E. Kinsella. 1990. Stability of food emulsions: Physicochemical role of protein and nonprotein emulsifiers. Adv. Food Nutr. 34: 81-201.

Darling, D.F. and R.J. Birkett. 1987. Food colloids in practice. Food Science. 11: 1-29.

Del Rosario, R.R. and G.C. Punzalan. 1977. Quality control of coconut milk processing: Emulsion stability studies. Philipp. J. Coco. Studies. 11(4): 9-14.

Dickinson, E. 1995. Interfacial interactions and the stability of oil-in-water emulsions. Pure and Appl. Chem. 64(11): 1721-1724.

Frott, R. and Lewis, A.S. 1994. In Canning of Meat and Fish Products, 200-202, Chapman and Hall, London, U.K.

Gaillard, S., I. Leguerinel and P. Mafart. 1998. Modelling combined effects of temperature and pH on the heat resistance of spores of Bacillus cereus. Food Microbiol. 15:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 625-630.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Hahenmaier, R., Cater, C.M. and Mattil, K.F. 1972. **A characterization of two chromatographically separated fractions of coconut protein.** J. Food Sci. 37: 4-7.
- Jay, M.J., M.J. Loessner and D.A. Golden. 2005. **Modern Food Microbiology.** 7th ed. Springer Science Business Media, Inc. New York.
- J. Kwon et al. 1996. **Risk Factors for Dietary Variety Decline Among Japanese Elderly in a Rural Community.** European Journal of Clinical Nutrition 30, no. 3 (2006): 305-11.
- Parker, N.S. 1987. **Properties and functions of stabilizing agents in food emulsions.** In T.E. Furia. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 1: 285-315.
- Peamprasart, T. and Chiewchan, N. 2006. **Effect of fat content and preheat treatment on the apparent viscosity of coconut milk after homogenization.** J. Food Eng. 77: 653-658.
- Petrowski, G.E. 1976. **Emulsions stability and its relation to food,** pp. 309-359. In C.O. Chichester, E.M. Mark and G.F. Stewart (eds). Advances in Food Researchs. Academic press, New York.
- Ramaswamy, H. and Marcotte, M. 2006. **Food Processing (Principles and Applications),** Taylor and Francis, Boca Raton, FL.
- Steinkraus. 1968. **Method for defatting soybean meal.** U.S. Patent Application.
- Sánchez-Marañón M, Delgado G, Melgosa M, Hita E, Delgado R. 1997. **CIELAB colour parameters and their relationship to soil characteristics in mediterranean red soils.** Soil science 162: 833-842.
- Simuang, J., Chiewchan, N. and Tansakul, A. 2004. **Effect of heat treatment and fat content on flow properties of coconut milk.** J. Food Eng. 64: 193-197.
- Tangsuphoom, N. and Coupland, J.N. 2005. **Effect of heating and homogenization on stability of coconut milk emulsion.** J. Food Sci. 70: 466-470.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

1. การหาค่าความหนืด
2. การหาค่าความหนาแน่น
3. การหาค่าสี
4. การหาค่า pH
5. การหาค่า %Solid non fat



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1.1 ผลการหาค่าความหนืดของสารตัวอย่าง ก่อนการฆ่าเชื้อ

สูตรที่	ครั้งที่	cP/rpm							n	K
		10	12	20	30	50	60	100		
1	1	77.4	77	76.5	75.4	72	70.4	70.2	0.952	1.9395
	2	89	77	69	60	68.4	67	64.8	0.9428	1.9295
	3	93	90	77	76	76.8	75.5	74.7	0.9088	2.0346
	เฉลี่ย	86.47	81.33	74.17	70.47	72.40	70.97	69.90	0.93	1.97
2	1	603.6	588.3	578.5	550.8	496.7	468.6	397.5	0.8321	2.9516
	2	620	571	554.6	530.9	465	427.8	396	0.8124	2.9621
	3	558	538	477	436	382.2	363.5	230.4	0.6678	3.0465
	เฉลี่ย	593.87	565.77	536.70	505.90	447.97	419.97	341.30	0.77	2.99
3	1	376.2	361.5	293.6	256.8	245	213.6	187	0.7001	2.8251
	2	249	230	209	197	177	173	156.9	0.8087	2.5582
	3	330	310	281	261	234	225.5	194.4	0.7825	2.7102
	เฉลี่ย	318.40	300.50	261.20	238.27	218.67	204.03	179.43	0.76	2.70
4	1	280.8	278	251.1	240.5	222.7	180.6	174.5	0.7853	2.6544
	2	450	418	378	347	304.2	291.5	250.8	0.7569	2.8636
	3	372	335	333	331	297	289.5	248.1	0.8551	2.6993
	เฉลี่ย	367.60	343.67	320.70	306.17	274.63	253.87	224.47	0.80	2.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1.2 ผลการหาค่าความหนืดของสารตัวอย่าง หลังการฆ่าเชื้อ

สูตรที่	ครั้งที่	cP/rpm							n	K
		10	12	20	30	50	60	100		
1	1	65.4	58	60.2	40	50	47.6	32.5	0.7594	2.0192
	2	65	62.8	57.4	50.5	43.8	46.2	40.1	0.7863	2.005
	3	60	48	42	36	40.2	43	44.7	0.899	1.7911
	เฉลี่ย	63.47	56.27	53.20	42.17	44.67	45.60	39.10	0.81	1.94
2	1	870.7	782.5	716.4	598.7	489.9	470.8	458	0.6999	3.1807
	2	847.3	835.9	774.6	739.8	721.4	713.7	665.7	0.8991	3.219
	3	855	773	633	550	455.4	426.5	413.2	0.666	3.1865
	เฉลี่ย	857.67	797.13	708.00	629.50	555.57	537.00	512.30	0.76	3.20
3	1	259	272.5	250.2	238	197.1	180.5	169	0.7868	2.6357
	2	206.5	198.8	165	159.3	150.6	137.9	129.5	0.8	2.4848
	3	141	135	149	116	111	110	104.7	0.8553	2.2929
	เฉลี่ย	202.17	202.10	188.07	171.10	152.90	142.80	134.40	0.81	2.47
4	1	190.5	188.6	179.4	167	150.9	143	126.8	0.8236	2.4554
	2	367.2	360.8	331.3	326.9	310.6	302.7	298.6	0.9064	2.6492
	3	315	310	285	270	241.2	231	206.4	0.8166	2.6742
	เฉลี่ย	290.90	286.47	265.23	254.63	234.23	225.57	210.60	0.85	2.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1.3 ผลการหาค่าความหนืดของสารตัวอย่าง หลังปมที่อุณหภูมิ 35 °C นาน 14 วัน

สูตรที่	ครั้งที่	cP/rpm							n	K
		10	12	20	30	50	60	100		
1	1	66.7	58.6	50.8	44.6	40	37.9	33	0.7102	2.0917
	2	54.8	54.2	49.6	40	37.4	30.7	28.8	0.6991	2.057
	3	62.7	60.5	49.6	45.9	42.8	41.5	42	0.8094	1.9684
	เฉลี่ย	61.40	57.77	50.00	43.50	40.07	36.70	34.60	0.74	2.04
2	1	850.6	739.8	710	584.4	475.5	466.3	457.4	0.7129	3.1564
	2	818.3	800.5	782.7	759.6	750.6	735.4	720.2	0.9467	2.9617
	3	823.7	819.4	765.5	698	630	565.6	430.7	0.7396	3.1708
	เฉลี่ย	830.87	786.57	752.73	680.67	618.70	589.10	536.10	0.80	3.10
3	1	230.6	207.2	212.4	198.5	163	169	148.3	0.8193	2.5247
	2	204.7	200.4	185.9	188.7	169.3	159.4	152.5	0.871	2.436
	3	158.6	150.4	159.5	140.2	137.9	132	128.6	0.9078	2.2889
	เฉลี่ย	197.97	186.00	185.93	175.80	156.73	153.47	143.13	0.87	2.42
4	1	163.2	161	148.5	140.2	144.7	120.8	117.2	0.8592	2.3484
	2	335.6	321.9	303.6	267.8	274.5	255.2	243	0.8627	2.6474
	3	298.8	310.5	285.7	250.6	248	250.9	210.5	0.846	2.6335
	เฉลี่ย	265.87	264.47	245.93	219.53	222.40	208.97	190.23	0.86	2.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1.4 ผลการหาค่าความหนืดของสารตัวอย่าง หลังบ่มที่อุณหภูมิ 55 °C นาน 7 วัน

สูตรที่	ครั้งที่	cP/rpm							n	K
		10	12	20	30	50	60	100		
1	1	59.5	57.3	53	50.7	47	45.6	40.2	0.8415	1.9336
	2	51.2	50.6	46.4	45.7	40.3	37.9	35.5	0.8358	1.8688
	3	59	55.4	60.1	49.6	44.8	42.6	37.9	0.8066	1.9781
	เฉลี่ย	56.57	54.43	53.17	48.67	44.03	42.03	37.87	0.83	1.93
2	1	832.5	800.4	747.9	590.7	479.5	449	427.3	0.6735	3.2021
	2	771	740.3	706.6	695	531	429	334.2	0.6514	3.211
	3	768.6	770	743.9	721	675	652.3	611.8	0.8991	2.9918
	เฉลี่ย	790.70	770.23	732.80	668.90	561.83	510.10	457.77	0.74	3.13
3	1	202.6	200.3	185.9	176.5	170.2	169.5	158	0.8936	2.4066
	2	206.5	198.8	165	159.3	150.6	137.9	129.5	0.841	2.4345
	3	149.5	135.5	130.6	127.4	118	115.2	110	0.88	2.2708
	เฉลี่ย	186.20	178.20	160.50	154.40	146.27	140.87	132.50	0.87	2.37
4	1	138.6	142	134.4	128	122.1	110.5	110.6	0.8595	2.2929
	2	280	278	266	238.8	229.5	203.4	150	0.7615	2.68
	3	259	250.6	246.2	244.8	210	206.5	200.7	0.8814	2.5303
	เฉลี่ย	225.87	223.53	215.53	203.87	187.20	173.47	153.77	0.83	2.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2.1 ผลการหาค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่าง สูตรที่ 1

ครั้งที่	ซ้ำ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	หลังบ่ม 37 °C	หลังบ่ม 55 °C
1	1	1001.6	1001.6	1002.24	1003
	2	1000.68	1000.68	1003.76	999.32
	3	1003.84	1001.36	1003.4	1002
	เฉลี่ย	1002.04	1001.21	1003.13	1001.44
2	1	1001.92	1003.04	998.12	990.52
	2	1003.48	1002.16	998.96	992.48
	3	1003	1003.32	999.28	991.56
	เฉลี่ย	1002.8	1002.84	998.79	991.52
3	1	1002.6	1002.72	1001.4	1003.12
	2	1001.56	1000.72	998.2	1002.24
	3	1001.8	1002.48	1000.68	997.52
	เฉลี่ย	1001.99	1001.97	1000.09	1000.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2.2 ผลการหาค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่าง สูตรที่ 2

ครั้งที่	ซ้ำ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	หลังบ่ม37 °C	หลังบ่ม55 °C
1	1	998.56	1002.4	999	998.96
	2	996.36	999.88	996.08	993.88
	3	1000.04	996.92	998.52	1002.32
	เฉลี่ย	998.32	999.73	997.87	998.39
2	1	994.6	1000.16	1000.48	989.12
	2	994.32	998.64	995.96	998.68
	3	997.04	995.92	999.04	1000.2
	เฉลี่ย	995.32	998.24	998.49	996
3	1	999.28	998.32	995.88	994.24
	2	992.2	996.28	1003.4	1002.6
	3	999.08	999.56	999.72	998.12
	เฉลี่ย	996.85	998.05	999.67	998.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2.3 ผลการหาค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่าง สูตรที่ 3

ครั้งที่	ซ้ำ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	หลังบ่ม37 °C	หลังบ่ม55 °C
1	1	990.68	983.44	990.16	991.44
	2	991.56	994.68	991.4	991.92
	3	994.6	997.4	989.48	995.36
	เฉลี่ย	992.28	991.84	990.35	992.91
2	1	989.09	998.6	986.56	989.36
	2	995.32	996.48	991.72	995.84
	3	998.96	992.7	992.4	990.64
	เฉลี่ย	994.45	995.93	990.23	991.95
3	1	984.32	986.56	985.76	984.76
	2	990.36	987.08	991.44	986.52
	3	989	986.4	990.76	990.68
	เฉลี่ย	987.89	986.68	989.32	987.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2.4 ผลการหาค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่าง สูตรที่ 4

ครั้งที่	ซ้ำ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	หลังบ่ม37 °C	หลังบ่ม55 °C
1	1	989.76	989.4	991.92	995.12
	2	995.92	995.56	992.12	994.6
	3	994.24	986.48	989.84	998.16
	เฉลี่ย	993.31	990.48	991.29	995.96
2	1	989.44	997.4	991.12	990
	2	991.92	996.24	990.36	991.48
	3	994.68	992.56	994.52	988
	เฉลี่ย	992.01	995.40	992.00	989.83
3	1	989.56	991.2	990.4	991.92
	2	994.24	993.32	994.2	995.4
	3	992.84	992.4	995.88	993.2
	เฉลี่ย	992.21	992.31	993.49	993.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ผลการหาค่าสีของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร

สูตรที่	ก่อนฆ่าเชื้อ			หลังฆ่าเชื้อ			หลังบ่ม 37 °C			หลังบ่ม 55°C		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	66.67	-0.53	14.72	64.83	0.91	17.78	64.79	1.09	17.49	64.36	1.32	18.83
	65.66	-0.85	14.64	62.67	0.86	17.77	62.69	1.02	17.64	62.48	1.31	18.53
	68.63	-0.79	14.69	62.68	1.02	17.88	62.63	0.99	17.78	62.24	1.31	18.23
เฉลี่ย	66.99	-0.72	14.68	63.39	0.93	17.81	63.37	1.03	17.64	63.03	1.31	18.53
สูตรที่	ก่อนฆ่าเชื้อ			หลังฆ่าเชื้อ			หลังบ่ม 37 °C			หลังบ่ม 55°C		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
2	76.23	-0.78	1.5	71.26	-0.11	3.78	71.3	-0.12	3.87	71.36	-0.04	4.63
	75.48	-0.98	1.62	70.46	-0.16	4.27	70.36	-0.15	4.19	70.27	-0.08	4.51
	74.47	-0.78	1.5	69.68	-0.12	3.88	69.87	-0.14	3.78	69.44	-0.04	4.81
เฉลี่ย	75.40	-0.85	1.54	70.46	-0.13	3.98	70.51	-0.14	3.95	70.36	-0.05	4.65
สูตรที่	ก่อนฆ่าเชื้อ			หลังฆ่าเชื้อ			หลังบ่ม 37 °C			หลังบ่ม 55°C		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
3	86.16	-0.88	8.52	80.41	0.54	10.28	80.36	0.51	10.36	80.33	1.27	10.81
	84.25	-0.83	8.62	77.41	0.52	10.27	77.45	0.51	10.29	77.34	1.28	10.86
	84.16	-0.81	8.52	79.65	0.56	10.38	79.46	0.56	10.39	79.36	1.3	10.77
เฉลี่ย	84.86	-0.84	8.55	79.16	0.54	10.31	79.09	0.53	10.35	79.01	1.28	10.81

สูตรที่	ก่อนฆ่าเชื้อ			หลังฆ่าเชื้อ			หลังต้ม 37 °C			หลังต้ม 55 °C		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
4	74.62	-0.68	2.1	71.46	-0.08	4.28	71.38	-0.06	4.14	71.38	-0.03	5.64
	73.62	-0.57	2.16	70.43	-0.05	4.27	70.29	-0.06	4.14	70.23	-0.02	5.68
	74.58	-0.68	2.21	71.48	-0.06	4.27	71.48	-0.06	4.17	71.31	-0.06	5.64
เฉลี่ย	74.27	-0.64	2.16	71.12	-0.06	4.27	71.05	-0.06	4.15	70.973	-0.04	5.65



ตารางที่ ก.4.1 ผลการหาค่า pH ของสารตัวอย่าง สูตรที่ 1

T = 25 ± 1 °C

ครั้งที่	ซ้ำ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	หลังบ่ม37 °C	หลังบ่ม55 °C
1	1	6.94	6.49	6.43	6.33
	2	6.89	6.44	6.5	6.27
	3	6.91	6.5	6.39	6.36
	เฉลี่ย	6.91	6.48	6.44	6.32
2	1	6.95	6.29	6.47	6.27
	2	6.89	6.32	6.53	6.42
	3	6.88	6.3	6.64	6.36
	เฉลี่ย	6.91	6.30	6.55	6.35
3	1	6.78	6.27	6.11	6.04
	2	6.75	6.25	6.07	6.01
	3	6.8	6.24	6.09	6.07
	เฉลี่ย	6.78	6.25	6.09	6.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4.2 ผลการหาค่า pH ของสารตัวอย่าง สูตรที่ 2

T = 25 ± 1 °C

ครั้งที่	ซ้ำ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	หลังบ่ม37 °C	หลังบ่ม55 °C
1	1	6.61	6.32	6.32	6.26
	2	6.63	6.25	6.32	6.37
	3	6.58	6.41	6.41	6.26
	เฉลี่ย	6.61	6.33	6.35	6.30
2	1	6.51	6.31	6.27	6.28
	2	6.69	6.27	6.25	6.25
	3	6.53	6.32	6.28	6.24
	เฉลี่ย	6.61	6.3	6.27	6.26
3	1	6.61	6.3	6.21	6.21
	2	6.63	6.37	6.26	6.22
	3	6.63	6.29	6.3	6.27
	เฉลี่ย	6.62	6.32	6.26	6.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4.3 ผลการหาค่า pH ของสารตัวอย่าง สูตรที่ 3

T = 25 ± 1 °C

ครั้งที่	ซ้ำ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	หลังบ่ม 37 °C	หลังบ่ม 55 °C
1	1	6.82	6.38	6.35	6.18
	2	6.79	6.30	6.4	6.22
	3	6.85	6.39	6.25	6.3
	เฉลี่ย	6.82	6.36	6.33	6.23
2	1	6.91	6.39	6.34	6.24
	2	6.89	6.62	6.56	6.25
	3	6.88	6.42	6.43	6.25
	เฉลี่ย	6.89	6.22	6.44	6.25
3	1	6.7	6.28	6.16	6.15
	2	6.71	6.25	6.25	6.18
	3	6.73	6.3	6.25	6.19
	เฉลี่ย	6.71	6.28	6.22	6.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4.4 ผลการหาค่า pH ของสารตัวอย่าง สูตรที่ 4

T = 25 ± 1 °C

ครั้งที่	ซ้ำ	ก่อนฆ่าเชื้อ	หลังฆ่าเชื้อ	หลังบ่ม37 °C	หลังบ่ม55 °C
1	1	6.16	6.12	6.21	6.19
	2	6.25	6.33	6.22	6.26
	3	6.41	6.41	6.35	6.25
	เฉลี่ย	6.27	6.29	6.26	6.23
2	1	6.66	6.58	6.6	6.52
	2	6.59	6.62	6.58	6.5
	3	6.62	6.59	6.55	6.49
	เฉลี่ย	6.62	6.60	6.58	6.50
3	1	6.47	6.3	6.26	6.24
	2	6.45	6.27	6.23	6.21
	3	6.44	6.29	6.2	6.16
	เฉลี่ย	6.45	6.29	6.23	6.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ผลการหาค่า %Solid non fat ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร

สูตร	ช่วงเวลา	ซ้ำ	นน.ก่อน อบ	นน. หลังอบ	Moisture (%db)	Moisture (%db) เฉลี่ย	Total solid (%db)	%Total solid (%db) เฉลี่ย	Fat (%db)	Solid non fat (%db)	%Solid non fat (%db) เฉลี่ย
1	ก่อนฆ่า เชื้อ	1	5.008	0.0914	98.17	98.11	1.83	1.89	0	1.83	1.89
		2	5.0032	0.0953	98.10		1.90		0	1.90	
		3	5.0068	0.0978	98.05		1.95		0	1.95	
	หลังฆ่า เชื้อ	1	5.0046	0.0954	98.09	98.07	1.91	1.93	0	1.91	1.93
		2	5.0054	0.0967	98.07		1.93		0	1.93	
		3	5.0054	0.0971	98.06		1.94		0	1.94	
	ป่ม 37	1	5.0022	0.0924	98.15	98.09	1.85	1.91	0	1.85	1.91
		2	5.0042	0.0963	98.08		1.92		0	1.92	
		3	5.0072	0.0974	98.05		1.95		0	1.95	
	ป่ม 55	1	5.0012	0.0968	98.06	98.06	1.94	1.94	0	1.94	1.94
		2	5.0046	0.0977	98.05		1.95		0	1.95	
		3	5.0032	0.0961	98.08		1.92		0	1.92	
2	ก่อนฆ่า เชื้อ	1	5.0086	1.1223	77.59	77.58	22.41	22.42	17.25	5.16	5.33
		2	5.0062	1.1201	77.63		22.37		17	5.37	
		3	5.0054	1.1244	77.54		22.46		17	5.46	

	หลังฆ่า เชื้อ	1	5.0006	1.1121	77.76	77.70	22.24	22.30	17.25	4.99	5.14
		2	5.0088	1.1252	77.54		22.46		17	5.46	
		3	5.0046	1.1114	77.79		22.21		17.25	4.96	
	ป่ม 37	1	5.0032	1.1146	77.72	77.68	22.28	22.32	17.5	4.78	5.15
		2	5.0078	1.1168	77.70		22.30		17	5.30	
		3	5.0024	1.1194	77.62		22.38		17	5.38	
	ป่ม 55	1	5.0016	1.1172	77.66	77.65	22.34	22.35	17	5.34	5.27
		2	5.0086	1.1212	77.61		22.39		17	5.39	
		3	5.0076	1.1184	77.67		22.33		17.25	5.08	
3	ก่อนฆ่า เชื้อ	1	5.0004	0.9872	80.26	80.22	19.74	19.78	18	1.74	1.86
		2	5.0044	0.9912	80.19		19.81		17.75	2.06	
		3	5.0032	0.9897	80.22		19.78		18	1.78	
	หลังฆ่า เชื้อ	1	5.0078	0.9862	80.31	80.25	19.69	19.75	18	1.69	1.84
		2	5.0062	0.9912	80.20		19.80		17.75	2.05	
		3	5.0074	0.9896	80.24		19.76		18	1.76	
	ป่ม 37	1	5.0032	1.0002	80.01	80.13	19.99	19.87	18	1.99	1.87
		2	5.0058	0.9994	80.04		19.96		18	1.96	
		3	5.0008	0.9826	80.35		19.65		18	1.65	

	ป๋ม 55	1	5.0016	0.9922	80.16	80.25	19.84	19.75	18	1.84	1.75
		2	5.0026	0.9857	80.30		19.70		18	1.70	
		3	5.0048	0.9868	80.28		19.72		18	1.72	
4	ก่อนฆ่า เชื้อ	1	5.0034	0.9537	80.94	80.91	19.06	19.09	17	2.06	2.09
		2	5.004	0.9564	80.89		19.11		17	2.11	
		3	5.0074	0.9561	80.91		19.09		17	2.09	
	หลังฆ่า เชื้อ	1	5.003	0.9612	80.79	80.69	19.21	19.31	17	2.21	2.14
		2	5.0076	0.9714	80.60		19.40		17.5	1.90	
		3	5.0042	0.9667	80.68		19.32		17	2.32	
	ป๋ม 37	1	5.0036	0.9811	80.39	80.63	19.61	19.37	17.5	2.11	2.20
		2	5.0028	0.9681	80.65		19.35		17	2.35	
		3	5.0086	0.9594	80.84		19.16		17	2.16	
	ป๋ม 55	1	5.0072	0.9715	80.60	80.63	19.40	19.37	17	2.40	2.20
		2	5.0078	0.9562	80.91		19.09		17	2.09	
		3	5.0046	0.9812	80.39		19.61		17.5	2.11	

ภาคผนวก ข.

อุณหภูมิภายในกระป๋องขณะฆ่าเชื้อของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร และข้อมูลการวิเคราะห์
การแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อ

ตารางที่ ข.1 ผลของอุณหภูมิภายในกระป๋องขณะฆ่าเชื้อของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร ของการทดลองครั้งที่ 1

Time (min)		Ex.1 Temp. °C	Ex.2 Temp. °C	Ex.3 Temp. °C	Ex.4 Temp. °C
1	Start	51.3	60.8	57.2	60.4
2		51.5	60.9	57.3	60.5
3		53	60.9	57.7	60.7
4		59.5	61	60.4	61.4
5		70.5	61.1	66.1	67.6
6		80.1	61.2	73.5	71.3
7		86.9	61.5	79.9	75.7
8		91.3	61.8	84.6	80.4
9		94.2	62.4	88.1	84.1
10		96.1	63.1	90.8	87
11		98.1	64	93.2	89.7
12		99.8	64.9	95.3	92.1
13		101.7	65.9	97.4	94.4
14		104.9	66.8	100.1	96.9
15		108.7	67.4	102.8	99.6
1	Cooking	112.2	68.2	105.9	102.3
2		114.8	69.2	108.5	105.2
3		116.7	70.4	110.6	107.7
4		117.9	71.8	112.4	109.8
5		118.7	73.2	113.7	111.5
6		119.2	74.8	114.7	112.9
7		119.6	76.4	115.3	114
8		119.8	78.1	115.7	114.9
9		120	79.8	116	115.6
10		120.2	81.5	116.2	116.2
11		120.3	83.2	116.5	116.7
12		120.4	85	116.7	117.2
13		120.4	86.7	116.9	117.5
14		120.5	88.4	117.1	117.8
15		120.5	90.1	117.2	118.1
16		120.6	91.7	117.4	118.3
17		120.6	93.2	117.6	118.5
18		120.6	94.7	117.8	118.7
19		120.6	96.1	117.9	118.9
20		120.6	97.5	118.1	119
21		120.7	98.8	118.2	119.1
22		120.7	100	118.4	119.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเห็น 119.1 ที่ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23		120.7	101.1	118.5	119.3
24		120.7	102.2	118.6	119.4
25		120.7	103.2	118.8	119.5
26		120.7	104.2	118.9	119.5
27		120.7	105.1	119	119.6
28		120.7	106	119.1	119.6
29		120.7	106.9	119.2	119.7
30		120.7	107.6	119.3	119.7
31		120.7	108.4	119.5	119.8
32		120.7	109.1	119.6	119.8
33		120.7	109.8	119.7	119.9
34		120.7	110.4	119.8	119.9
35		120.7	111	120	119.9
36		120.7	111.6	120.1	120
37		120.7	112.1	120.2	120
38		120.7	112.6	120.2	120
39		120.7	113.1	120.3	120.1
40		120.7	113.6	120.4	120.1
41		120.7	114	120.4	120.1
42		120.7	114.4	120.4	120.2
43		120.7	114.8	120.5	120.2
44		120.7	115.1	120.5	120.2
45		120.7	115.4	120.5	120.3
1	Cooling	120.7	115.7	120.5	120.3

ตารางที่ ข.2 ผลของอุณหภูมิภายในกระป๋องขณะฆ่าเชื้อของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร ของการทดลองครั้งที่ 2

Time (min)	Ex.1 Temp. °C	Ex.2 Temp. °C	Ex.3 Temp. °C	Ex.4 Temp. °C	
1	Start	50	56.5	55.1	56.2
2		50.2	56.6	55.2	56.2
3		51.6	56.6	55.5	56.5
4		58.3	56.7	59.8	57.6
5		68.9	56.8	63	61.6
6		78.4	57.1	69.9	68.3
7		85.3	57.5	76.2	74.6
8		90.1	58	81.8	79.8
9		93.2	58.6	85.6	83.9
10		95.3	59.4	88.6	87.1
11		97.4	60.4	91.2	89.9
12		99.4	61.5	93.6	95.1
13		102	62.7	96.1	96.3
14		105.7	64	98.8	98.4
15		109.8	65.2	102.3	101.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1	Cooking	112.9	66.5	105.6	104.1
2		115.2	67.9	108.5	106.9
3		116.8	69.4	110.7	109.2
4		117.9	71	112.2	111.1
5		118.6	72.6	113.4	112.6
6		119.1	74.2	114.4	113.8
7		119.5	75.9	115	114.7
8		119.8	77.6	115.3	115.5
9		119.9	79.2	115.7	116.1
10		120.1	80.9	116	116.6
11		120.2	82.5	116.2	117.1
12		120.3	84.1	116.4	117.4
13		120.3	85.7	116.6	117.7
14		120.4	87.2	116.8	118
15		120.4	88.6	117	118.2
16		120.5	90	117.2	118.4
17		120.5	91.4	117.3	118.6
18		120.5	92.6	117.5	118.8
19		120.5	93.9	117.7	118.9
20		120.6	95.1	117.8	119
21		120.6	96.2	118	119.1
22		120.6	97.3	118.1	119.2
23		120.6	98.3	118.3	119.3
24		120.6	99.3	118.4	119.4
25		120.6	100.3	118.5	119.4
26		120.6	101.2	118.7	119.5
27		120.6	102.1	118.8	119.5
28		120.6	102.9	118.9	119.6
29		120.6	103.7	119	119.6
30		120.6	104.4	119.2	119.7
31		120.7	105.1	119.3	119.7
32		120.7	105.8	119.4	119.7
33		120.7	106.5	119.5	119.8
34		120.7	107.1	119.6	119.8
35		120.7	107.7	119.7	119.9
36		120.7	108.3	119.9	119.9
37		120.7	108.8	120	119.9
38		120.7	109.4	120.1	120
39		120.7	109.9	120.2	120
40		120.7	110.4	120.3	120.1
41		120.7	110.8	120.4	120.1
42		120.7	111.3	120.6	120.1
43		120.7	111.7	120.7	120.2
44		120.7	112.1	120.7	120.2
45		120.7	112.5	120.7	120.2
1	Cooling	120.7	112.8	120.7	120.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ผลของอุณหภูมิภายในกระป๋องขณะฆ่าเชื้อของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร ของการทดลองครั้งที่ 3

Time (min)		Ex.1 Temp. °C	Ex.2 Temp. °C	Ex.3 Temp. °C	Ex.4 Temp. °C
1	Start	35.5	57.3	36.2	47.4
2		35.6	57.2	36.2	47.4
3		36.1	57.3	36.4	47.8
4		39.6	58.4	37.6	48.6
5		52	58.8	43.3	49.9
6		66.7	60.5	53.8	59.1
7		78.2	63.4	66.4	63.7
8		85.8	66.4	73.8	69.6
9		90.8	69	80.1	75.1
10		94.1	71	84	79.6
11		96.7	72.5	87.6	83.5
12		99.3	73.6	90.7	86.9
13		102.9	74.4	93.4	90
14		105.8	75.1	96.2	93.1
15		109.5	75.8	99.4	96.2
1	Cooking	112.3	76.5	102.5	99
2		115.2	77.1	105.6	101.8
3		116.5	77.7	108.3	104.3
4		118.1	78.5	110.3	106.3
5		118.9	79.3	111.7	108.1
6		119.2	80.3	112.9	109.6
7		119.6	81.5	113.9	110.8
8		119.9	82.8	114.5	111.9
9		120	84.2	114.8	112.7
10		120.2	85.6	115.1	113.4
11		120.3	87.1	115.4	114
12		120.4	88.5	115.6	114.5
13		120.5	90	115.9	115
14		120.5	91.4	116.1	115.3
15		120.5	92.7	116.3	115.6
16		120.6	94	116.6	115.9
17		120.6	95.3	116.8	116.2
18		120.6	96.5	117.1	116.4
19		120.7	97.7	117.3	116.6
20		120.7	98.8	117.8	116.8
21		120.7	99.8	118.3	116.9
22		120.8	100.9	118.8	117.1
23		120.8	101.8	119.2	117.2
24		120.8	102.7	120.4	117.3
25		120.8	103.6	120.6	117.4
26		120.8	104.4	120.6	117.5
27		120.8	105.2	120.6	117.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตไปยังประชาชน
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและเนื้อหาที่ปรากฏในเอกสารฉบับนี้ หากมีการนำออกไปใช้

28		120.8	106	120.6	117.8
29		120.8	106.7	120.6	117.9
30		120.8	107.4	120.6	118
31		120.8	108	120.6	118.2
32		120.8	108.7	120.6	118.3
33		120.8	109.3	120.6	118.4
34		120.8	109.8	120.6	118.5
35		120.8	110.3	120.6	118.6
36		120.8	110.8	120.6	118.7
37		120.8	111.3	120.7	118.9
38		120.9	111.8	120.7	118.9
39		120.9	112.2	120.7	119
40		120.9	112.6	120.7	119.1
41		120.9	113	120.7	119.2
42		120.9	113.4	120.7	119.3
43		120.9	113.7	120.7	119.4
44		120.9	114.1	120.7	119.5
45		120.9	114.4	120.8	119.5
1	Cooling	120.9	114.7	120.8	119.6

CALSoft 32 Calculate - Lethality Calculation

File Document

Zoom 125%

jh = 0.87 fh = 7.14 f2 = 9.83 x = 9.52
 jc = 1.41 fc = 7.14 Process Time = 45.00 Process Time Evaluated = 51.30
 m+g = 100 Come-Up-Time used for Credit Calculation = 15.00 Process Correction Factor = 0.00%

Process Time has been credited for lethality contributed by 42% of the Come-Up-Time listed in the above Come-Up-Time field. The actual Come-Up-Time may differ from this value. Refer to the appropriate Come-Up Schedule for the minimum Come-Up Time required for your retorts.

9th Degree Ball Formula Used

I.T. (deg. C)	R.T. (deg. C)	Calculated Lethality F(10.00/121.1)
38.00	119.00	25.167
38.00	120.00	31.648
38.00	121.00	39.799
39.00	119.00	25.196
39.00	120.00	31.684
39.00	121.00	39.843
40.00	119.00	25.225
40.00	120.00	31.720
40.00	121.00	39.888

รูปที่ ข.1 ค่าวิเคราะห์การแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อและค่า F_0 ของสารตัวอย่างสูตรที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAI Soft 32 Calculate - Lethality Calculation

jh = 1.16 fh = 56.21 f2 = 51.69 x = 19.47
 jc = 1.41 fc = 51.69 Process Time = 45.00 Process Time Evaluated = 51.30
 m+g=100 Come-Up-Time used for Credit Calculation= 15.00 Process Correction Factor = 0.00%

Process Time has been credited for lethality contributed by 42% of the Come-Up-Time listed in the above Come-Up-Time field. The actual Come-Up-Time may differ from this value. Refer to the appropriate Come-Up Schedule for the minimum Come-Up Time required for your retorts.

9th Degree Ball Formula Used

I.T. (deg. C)	R.T. (deg. C)	Calculated Lethality F(10.00/121.1)
38.00	119.00	.700
38.00	120.00	.851
38.00	121.00	1.036
39.00	119.00	.725
39.00	120.00	.882
39.00	121.00	1.072
40.00	119.00	.751
40.00	120.00	.913
40.00	121.00	1.110

รูปที่ ข.2 ค่าวิเคราะห์การแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อและค่า F₀ ของสารตัวอย่างสูตรที่ 2

CAI Soft 32 Calculate - Lethality Calculation

jh = 0.69 fh = 14.00 f2 = 44.86 x = 11.85
 jc = 1.41 fc = 14.00 Process Time = 45.00 Process Time Evaluated = 51.30
 m+g=100 Come-Up-Time used for Credit Calculation= 15.00 Process Correction Factor = 0.00%

Process Time has been credited for lethality contributed by 42% of the Come-Up-Time listed in the above Come-Up-Time field. The actual Come-Up-Time may differ from this value. Refer to the appropriate Come-Up Schedule for the minimum Come-Up Time required for your retorts.

9th Degree Ball Formula Used

I.T. (deg. C)	R.T. (deg. C)	Calculated Lethality F(10.00/121.1)
38.00	119.00	13.166
38.00	120.00	16.445
38.00	121.00	20.545
39.00	119.00	13.267
39.00	120.00	16.575
39.00	121.00	20.703
40.00	119.00	13.371
40.00	120.00	16.702
40.00	121.00	20.867

รูปที่ ข.3 ค่าวิเคราะห์การแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อและค่า F₀ ของสารตัวอย่างสูตรที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ ไม่นับว่าผูกพันในเชิงพาณิชย์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$j_h = 0.61$ $f_h = 20.80$ $f_2 = 55.33$ $x = 18.05$
 $j_c = 1.41$ $f_c = 20.80$ Process Time = 45.00 Process Time Evaluated = 51.30
 $m+g = 100$ Come-Up-Time used for Credit Calculation = 15.00 Process Correction Factor = 0.00%

Process Time has been credited for lethality contributed by 42% of the Come-Up-Time listed in the above Come-Up-Time field. The actual Come-Up-Time may differ from this value. Refer to the appropriate Come-Up Schedule for the minimum Come-Up Time required for your retorts.

9th Degree Ball Formula Used

I.T. (deg. C)	R.T. (deg. C)	Calculated Lethality F(10.00/121.1)
38.00	119.00	10.872
38.00	120.00	13.556
38.00	121.00	16.903
39.00	119.00	10.975
39.00	120.00	13.687
39.00	121.00	17.066
40.00	119.00	11.083
40.00	120.00	13.817
40.00	121.00	17.231

รูปที่ ข.4 ค่าวิเคราะห์การแทรกผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อและค่า F_0 ของสารตัวอย่างสูตรที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของผลการทดลอง

ตารางที่ ค.1.1 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าความหนืดสารของตัวอย่างสูตร 1 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	30.80000 [*]	4.34997	.000	20.7690
	Aging 33c	35.30000 [*]	4.34997	.000	25.2690
	Aging 55c	32.03333 [*]	4.34997	.000	22.0023
After sterilize	Before sterilize	-30.80000 [*]	4.34997	.000	-40.8310
	Aging 33c	4.50000	4.34997	.331	-5.5310
	Aging 55c	1.23333	4.34997	.784	-8.7977
Aging 33c	Before sterilize	-35.30000 [*]	4.34997	.000	-45.3310
	After sterilize	-4.50000	4.34997	.331	-14.5310
	Aging 55c	-3.26667	4.34997	.474	-13.2977
Aging 55c	Before sterilize	-32.03333 [*]	4.34997	.000	-42.0644
	After sterilize	-1.23333	4.34997	.784	-11.2644
	Aging 33c	3.26667	4.34997	.474	-6.7644

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ค.1.2 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าความหนืดของสารตัวอย่างสูตร 2 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	-302.16667 [*]	103.29401	.019	-540.3631
	Aging 33c	-325.96667 [*]	103.29401	.013	-564.1631
	Aging 55c	-247.63333 [*]	103.29401	.043	-485.8298
After sterilize	Before sterilize	302.16667 [*]	103.29401	.019	63.9702
	Aging 33c	-23.80000	103.29401	.824	-261.9964
	Aging 55c	54.53333	103.29401	.612	-183.6631
Aging 33c	Before sterilize	325.96667 [*]	103.29401	.013	87.7702
	After sterilize	23.80000	103.29401	.824	-214.3964
	Aging 55c	78.33333	103.29401	.470	-159.8631
Aging 55c	Before sterilize	247.63333 [*]	103.29401	.043	9.4369
	After sterilize	-54.53333	103.29401	.612	-292.7298
	Aging 33c	-78.33333	103.29401	.470	-316.5298

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ไม่วารณใดๆทงสน อทงหามมให้คคเบตงเนือหา และต้องอั่งอิงถึงเจ้ำของเอค้สารททคั้งทม่การนำไปใช้

ตารางที่ ค.1.3 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่าความหนืดของสารตัวอย่างสูตร 3 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	36.60000	12.87329	.022	6.9141
	Aging 33c	34.86667	12.87329	.027	5.1808
	Aging 55c	46.93333	12.87329	.007	17.2475
After sterilize	Before sterilize	-36.60000	12.87329	.022	-66.2859
	Aging 33c	-1.73333	12.87329	.896	-31.4192
	Aging 55c	10.33333	12.87329	.445	-19.3525
Aging 33c	Before sterilize	-34.86667	12.87329	.027	-64.5525
	After sterilize	1.73333	12.87329	.896	-27.9525
	Aging 55c	12.06667	12.87329	.376	-17.6192
Aging 55c	Before sterilize	-46.93333	12.87329	.007	-76.6192
	After sterilize	-10.33333	12.87329	.445	-40.0192
	Aging 33c	-12.06667	12.87329	.376	-41.7525

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ค.1.4 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่าความหนืดของสารตัวอย่างสูตร 4 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	121.23333	42.53969	.021	23.1366
	Aging 33c	124.80000	42.53969	.019	26.7033
	Aging 55c	164.60000	42.53969	.005	66.5033
After sterilize	Before sterilize	-121.23333	42.53969	.021	-219.3300
	Aging 33c	3.56667	42.53969	.935	-94.5300
	Aging 55c	43.36667	42.53969	.338	-54.7300
Aging 33c	Before sterilize	-124.80000	42.53969	.019	-222.8967
	After sterilize	-3.56667	42.53969	.935	-101.6634
	Aging 55c	39.80000	42.53969	.377	-58.2967
Aging 55c	Before sterilize	-164.60000	42.53969	.005	-262.6967
	After sterilize	-43.36667	42.53969	.338	-141.4634
	Aging 33c	-39.80000	42.53969	.377	-137.8967

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2.1 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่างสูตร 1 เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	
LSD	Before sterilize	After sterilize	-1.69333	1.41010	.264	-4.9450
		Aging 37c	2.12020	1.41010	.171	-1.1315
		Aging 55c	1.06233	1.41010	.473	-2.1894
	After sterilize	Before sterilize	1.69333	1.41010	.264	-1.5584
		Aging 37c	3.81353	1.41010	.027	.5618
		Aging 55c	2.75567	1.41010	.086	-.4960
	Aging 37c	Before sterilize	-2.12020	1.41010	.171	-5.3719
		After sterilize	-3.81353	1.41010	.027	-7.0652
		Aging 55c	-1.05787	1.41010	.475	-4.3096
	Aging 55c	Before sterilize	-1.06233	1.41010	.473	-4.3140
		After sterilize	-2.75567	1.41010	.086	-6.0074
		Aging 37c	1.05787	1.41010	.475	-2.1938

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ค.2.2 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่างสูตร 2 เปรียบเทียบ 4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	
LSD	Before sterilize	After sterilize	.00000	.85455	1.000	-1.9706
		Aging 37c	-.00223	.85455	.998	-1.9728
		Aging 55c	1.10333	.85455	.233	-.8673
	After sterilize	Before sterilize	.00000	.85455	1.000	-1.9706
		Aging 37c	-.00223	.85455	.998	-1.9728
		Aging 55c	1.10333	.85455	.233	-.8673
	Aging 37c	Before sterilize	.00223	.85455	.998	-1.9684
		After sterilize	.00223	.85455	.998	-1.9684
		Aging 55c	1.10557	.85455	.232	-.8650
	Aging 55c	Before sterilize	-1.10333	.85455	.233	-3.0739
		After sterilize	-1.10333	.85455	.233	-3.0739
		Aging 37c	-1.10557	.85455	.232	-3.0762

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2.3 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่างสูตร 3 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	.00000	.85455	1.000	-1.9706
	Aging 37c	-.00223	.85455	.998	-1.9728
	Aging 55c	1.10333	.85455	.233	-.8673
After sterilize	Before sterilize	.00000	.85455	1.000	-1.9706
	Aging 37c	-.00223	.85455	.998	-1.9728
	Aging 55c	1.10333	.85455	.233	-.8673
Aging 37c	Before sterilize	-.00223	.85455	.998	-1.9684
	After sterilize	.00223	.85455	.998	-1.9684
	Aging 55c	1.10557	.85455	.232	-.8650
Aging 55c	Before sterilize	-1.10333	.85455	.233	-3.0739
	After sterilize	-1.10333	.85455	.233	-3.0739
	Aging 37c	-1.10557	.85455	.232	-3.0762

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ค.2.4 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าความหนาแน่นของสารตัวอย่างสูตร 4 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	-.22000	1.70562	.901	-4.1532
	Aging 37c	.25000	1.70562	.887	-3.6832
	Aging 55c	-.59000	1.70562	.738	-4.5232
After sterilize	Before sterilize	.22000	1.70562	.901	-3.7132
	Aging 37c	.47000	1.70562	.790	-3.4632
	Aging 55c	-.37000	1.70562	.834	-4.3032
Aging 37c	Before sterilize	-.25000	1.70562	.887	-4.1832
	After sterilize	-.47000	1.70562	.790	-4.4032
	Aging 55c	-.84000	1.70562	.636	-4.7732
Aging 55c	Before sterilize	.59000	1.70562	.738	-3.3432
	After sterilize	.37000	1.70562	.834	-3.5632
	Aging 37c	.84000	1.70562	.636	-3.0932

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3.1 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าสี L* ของสารตัวอย่างสูตร 1 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	
LSD	Before sterilize	After sterilize	3.59333 [*]	1.05589	.009	1.1585
		Aging 37c	3.61667 [*]	1.05589	.009	1.1818
		Aging 55c	3.96000 [*]	1.05589	.006	1.5251
	After sterilize	Before sterilize	-3.59333 [*]	1.05589	.009	-6.0282
		Aging 37c	.02333	1.05589	.983	-2.4115
		Aging 55c	-.36667	1.05589	.737	-2.0682
	Aging 37c	Before sterilize	-3.61667 [*]	1.05589	.009	-6.0515
		After sterilize	-.02333	1.05589	.983	-2.4582
		Aging 55c	-.34333	1.05589	.753	-2.0915
	Aging 55c	Before sterilize	-3.96000 [*]	1.05589	.006	-6.3949
		After sterilize	-.36667	1.05589	.737	-2.8015
		Aging 37c	-.34333	1.05589	.753	-2.7782

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ค.3.2 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าสี L* ของสารตัวอย่างสูตร 2 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	
LSD	Before sterilize	After sterilize	4.92667 [*]	.69035	.000	3.3347
		Aging 37c	4.88333 [*]	.69035	.000	3.2914
		Aging 55c	5.03667 [*]	.69035	.000	3.4447
	After sterilize	Before sterilize	-4.92667 [*]	.69035	.000	-6.5186
		Aging 37c	-.04333	.69035	.951	-1.6353
		Aging 55c	-.11000	.69035	.877	-1.4820
	Aging 37c	Before sterilize	-4.88333 [*]	.69035	.000	-6.4753
		After sterilize	.04333	.69035	.951	-1.5486
		Aging 55c	-.15333	.69035	.830	-1.4386
	Aging 55c	Before sterilize	-5.03667 [*]	.69035	.000	-6.6286
		After sterilize	-.11000	.69035	.877	-1.7020
		Aging 37c	-.15333	.69035	.830	-1.7453

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3.3 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าสี L* ของสารตัวอย่างสูตร 3 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	
LSD	Before sterilize	After sterilize	5.70000 [*]	1.17297	.001	2.9951
		Aging 37c	5.76667 [*]	1.17297	.001	3.0618
		Aging 55c	5.84667 [*]	1.17297	.001	3.1418
	After sterilize	Before sterilize	-5.70000 [*]	1.17297	.001	-8.4049
		Aging 37c	-.06667	1.17297	.956	-2.6382
		Aging 55c	-.14667	1.17297	.904	-2.5582
	Aging 37c	Before sterilize	-5.76667 [*]	1.17297	.001	-8.4715
		After sterilize	-.06667	1.17297	.956	-2.7715
		Aging 55c	-.08000	1.17297	.947	-2.6249
	Aging 55c	Before sterilize	-5.84667 [*]	1.17297	.001	-8.5515
		After sterilize	-.14667	1.17297	.904	-2.8515
		Aging 37c	-.08000	1.17297	.947	-2.7849

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ค.3.4 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าสี L* ของสารตัวอย่างสูตร 4 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	
LSD	Before sterilize	After sterilize	5.70000	1.17297	.001	2.9951
		Aging 37c	5.76667 [*]	1.17297	.001	3.0618
		Aging 55c	5.84667 [*]	1.17297	.001	3.1418
	After sterilize	Before sterilize	-5.70000	1.17297	.001	-8.4049
		Aging 37c	-.06667	1.17297	.956	-2.6382
		Aging 55c	-.14667	1.17297	.904	-2.5582
	Aging 37c	Before sterilize	-5.76667 [*]	1.17297	.001	-8.4715
		After sterilize	-.06667	1.17297	.956	-2.7715
		Aging 55c	-.08000	1.17297	.947	-2.6249
	Aging 55c	Before sterilize	-5.84667 [*]	1.17297	.001	-8.5515
		After sterilize	-.14667	1.17297	.904	-2.8515
		Aging 37c	-.08000	1.17297	.947	-2.7849

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3.5 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่าสี a* ของสารตัวอย่างสูตร 1 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	-1.65333	.07990	.000	-1.8376
	Aging 37c	-1.75667	.07990	.000	-1.9409
	Aging 55c	-2.03667	.07990	.000	-2.2209
After sterilize	Before sterilize	1.65333	.07990	.000	1.4691
	Aging 37c	-.10333	.07990	.232	-.2876
	Aging 55c	-.38333	.07990	.001	-.5676
Aging 37c	Before sterilize	1.75667	.07990	.000	1.5724
	After sterilize	.10333	.07990	.232	-.0809
	Aging 55c	-.28000	.07990	.008	-.4642
Aging 55c	Before sterilize	2.03667	.07990	.000	1.8524
	After sterilize	.38333	.07990	.001	.1991
	Aging 37c	.28000	.07990	.008	.0958

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ค.3.6 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่าสี a* ของสารตัวอย่างสูตร 2 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	-.71667	.04967	.000	-.8312
	Aging 37c	-.71000	.04967	.000	-.8245
	Aging 55c	-.79333	.04967	.000	-.9079
After sterilize	Before sterilize	.71667	.04967	.000	.6021
	Aging 37c	.00667	.04967	.897	-.1079
	Aging 55c	-.07667	.04967	.161	-.1912
Aging 37c	Before sterilize	.71000	.04967	.000	.5955
	After sterilize	-.00667	.04967	.897	-.1212
	Aging 55c	-.08333	.04967	.132	-.1979
Aging 55c	Before sterilize	.79333	.04967	.000	.6788
	After sterilize	.07667	.04967	.161	-.0379
	Aging 37c	.08333	.04967	.132	-.0312

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3.7 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าสี a* ของสารตัวอย่างสูตร 3 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	36.60000 [*]	12.87329	.022	6.9141
	Aging 33c	34.86667 [*]	12.87329	.027	5.1808
	Aging 55c	46.93333 [*]	12.87329	.007	17.2475
After sterilize	Before sterilize	-36.60000 [*]	12.87329	.022	-66.2859
	Aging 33c	-1.73333	12.87329	.896	-31.4192
	Aging 55c	10.33333	12.87329	.445	-19.3525
Aging 33c	Before sterilize	-34.86667 [*]	12.87329	.027	-64.5525
	After sterilize	1.73333	12.87329	.896	-27.9525
	Aging 55c	12.06667	12.87329	.376	-17.6192
Aging 55c	Before sterilize	-46.93333 [*]	12.87329	.007	-76.6192
	After sterilize	-10.33333	12.87329	.445	-40.0192
	Aging 33c	-12.06667	12.87329	.376	-41.7525

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ค.3.8 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าสี a* ของสารตัวอย่างสูตร 4 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	121.23333 [*]	42.53969	.021	23.1366
	Aging 33c	124.80000 [*]	42.53969	.019	26.7033
	Aging 55c	164.60000 [*]	42.53969	.005	66.5033
After sterilize	Before sterilize	-121.23333 [*]	42.53969	.021	-219.3300
	Aging 33c	3.56667	42.53969	.935	-94.5300
	Aging 55c	43.36667	42.53969	.338	-54.7300
Aging 33c	Before sterilize	-124.80000 [*]	42.53969	.019	-222.8967
	After sterilize	-3.56667	42.53969	.935	-101.6634
	Aging 55c	39.80000	42.53969	.377	-58.2967
Aging 55c	Before sterilize	-164.60000 [*]	42.53969	.005	-262.6967
	After sterilize	-43.36667	42.53969	.338	-141.4634
	Aging 33c	-39.80000	42.53969	.377	-137.8967

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3.9 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่าสี b* ของสารตัวอย่างสูตร 1 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	-3.12667	.13926	.000	-3.4478
	Aging 37c	-2.95333	.13926	.000	-3.2745
	Aging 55c	-3.84667	.13926	.000	-4.1678
After sterilize	Before sterilize	3.12667	.13926	.000	2.8055
	Aging 37c	.17333	.13926	.248	-.1478
	Aging 55c	-.72000	.13926	.001	-1.0411
Aging 37c	Before sterilize	2.95333	.13926	.000	2.6322
	After sterilize	-.17333	.13926	.248	-.4945
	Aging 55c	-.89333	.13926	.000	-1.2145
Aging 55c	Before sterilize	3.84667	.13926	.000	3.5255
	After sterilize	.72000	.13926	.001	.3989
	Aging 37c	.89333	.13926	.000	.5722

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ค.3.10 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่าสี b* ของสารตัวอย่างสูตร 2 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	-2.43667	.15333	.000	-2.7903
	Aging 37c	-2.40667	.15333	.000	-2.7603
	Aging 55c	-3.11000	.15333	.000	-3.4636
After sterilize	Before sterilize	2.43667	.15333	.000	2.0831
	Aging 37c	.03000	.15333	.850	-.3236
	Aging 55c	-.67333	.15333	.002	-1.0269
Aging 37c	Before sterilize	2.40667	.15333	.000	2.0531
	After sterilize	-.03000	.15333	.850	-.3836
	Aging 55c	-.70333	.15333	.002	-1.0569
Aging 55c	Before sterilize	3.11000	.15333	.000	2.7564
	After sterilize	.67333	.15333	.002	.3197
	Aging 37c	.70333	.15333	.002	.3497

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เพื่อการศึกษาดังนั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3.11 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าสี b* ของสารตัวอย่างสูตร 3 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	-1.75667	.04416	.000	-1.8585
	Aging 37c	-1.79333	.04416	.000	-1.8952
	Aging 55c	-2.26000	.04416	.000	-2.3618
After sterilize	Before sterilize	1.75667	.04416	.000	1.6548
	Aging 37c	-.03667	.04416	.430	-.1385
	Aging 55c	-.50333	.04416	.000	-.6052
Aging 37c	Before sterilize	1.79333	.04416	.000	1.6915
	After sterilize	.03667	.04416	.430	-.0652
	Aging 55c	-.46667	.04416	.000	-.5685
Aging 55c	Before sterilize	2.26000	.04416	.000	2.1582
	After sterilize	.50333	.04416	.000	.4015
	Aging 37c	.46667	.04416	.000	.3648

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ ค.3.12 ผลวิเคราะห์หัยสำคัญทางสถิติของค่าสี b* ของสารตัวอย่างสูตร 4 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	-2.11667	.02550	.000	-2.1755
	Aging 37c	-1.99333	.02550	.000	-2.0521
	Aging 55c	-3.49667	.02550	.000	-3.5555
After sterilize	Before sterilize	2.11667	.02550	.000	2.0579
	Aging 37c	.12333	.02550	.001	.0645
	Aging 55c	-1.38000	.02550	.000	-1.4388
Aging 37c	Before sterilize	1.99333	.02550	.000	1.9345
	After sterilize	-.12333	.02550	.001	-.1821
	Aging 55c	-1.50333	.02550	.000	-1.5621
Aging 55c	Before sterilize	3.49667	.02550	.000	3.4379
	After sterilize	1.38000	.02550	.000	1.3212
	Aging 37c	1.50333	.02550	.000	1.4445

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4.1 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่า pH ของสารตัวอย่างสูตร 1 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	.48667	.13225	.006	.1817
	Aging 37c	.50667	.13225	.005	.2017
	Aging 55c	.63667	.13225	.001	.3317
After sterilize	Before sterilize	-.48667	.13225	.006	-.7916
	Aging 37c	.02000	.13225	.884	-.2850
	Aging 55c	.15000	.13225	.290	-.1550
Aging 37c	Before sterilize	-.50667	.13225	.005	-.8116
	After sterilize	-.02000	.13225	.884	-.3250
	Aging 55c	.13000	.13225	.354	-.1750
Aging 55c	Before sterilize	-.63667	.13225	.001	-.9416
	After sterilize	-.15000	.13225	.290	-.4550
	Aging 37c	-.13000	.13225	.354	-.4350

*. The mean difference is significant at the 0.05 level

ตารางที่ ค.4.2 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่า pH ของสารตัวอย่างสูตร 2 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	.29667	.02560	.000	.2376
	Aging 37c	.32000	.02560	.000	.2610
	Aging 55c	.35000	.02560	.000	.2910
After sterilize	Before sterilize	-.29667	.02560	.000	-.3557
	Aging 37c	.02333	.02560	.389	-.0357
	Aging 55c	.05333	.02560	.071	-.0057
Aging 37c	Before sterilize	-.32000	.02560	.000	-.3790
	After sterilize	-.02333	.02560	.389	-.0824
	Aging 55c	.03000	.02560	.275	-.0290
Aging 55c	Before sterilize	-.35000	.02560	.000	-.4090
	After sterilize	-.05333	.02560	.071	-.1124
	Aging 37c	-.03000	.02560	.275	-.0890

*. The mean difference is significant at the 0.05 level

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4.3 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่า pH ของสารตัวอย่างสูตร 3 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	.45333	.06708	.000	.2986
	Aging 37c	.47667	.06708	.000	.3220
	Aging 55c	.59000	.06708	.000	.4353
After sterilize	Before sterilize	-.45333	.06708	.000	-.6080
	Aging 37c	.02333	.06708	.737	-.1314
	Aging 55c	.13667	.06708	.076	-.0180
Aging 37c	Before sterilize	-.47667	.06708	.000	-.6314
	After sterilize	-.02333	.06708	.737	-.1780
	Aging 55c	.11333	.06708	.130	-.0414
Aging 55c	Before sterilize	-.59000	.06708	.000	-.7447
	After sterilize	-.13667	.06708	.076	-.2914
	Aging 37c	-.11333	.06708	.130	-.2680

*. The mean difference is significant at the 0.05 level

ตารางที่ ค.4.4 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่า pH ของสารตัวอย่างสูตร 4 เปรียบเทียบ
4 ช่วงเวลา

(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval
					Lower Bound
Before sterilize	After sterilize	.26667	.08446	.013	.0719
	Aging 37c	.29333	.08446	.008	.0986
	Aging 55c	.32667	.08446	.005	.1319
After sterilize	Before sterilize	-.26667	.08446	.013	-.4614
	Aging 37c	.02667	.08446	.760	-.1681
	Aging 55c	.06000	.08446	.498	-.1348
Aging 37c	Before sterilize	-.29333	.08446	.008	-.4881
	After sterilize	-.02667	.08446	.760	-.2214
	Aging 55c	.03333	.08446	.703	-.1614
Aging 55c	Before sterilize	-.32667	.08446	.005	-.5214
	After sterilize	-.06000	.08446	.498	-.2548
	Aging 37c	-.03333	.08446	.703	-.2281

*. The mean difference is significant at the 0.05 level

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ ภายนอกการค้นคว้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5.1 ผลวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติของค่า % Solid non fat ของสารตัวอย่างทั้ง 4 สูตร

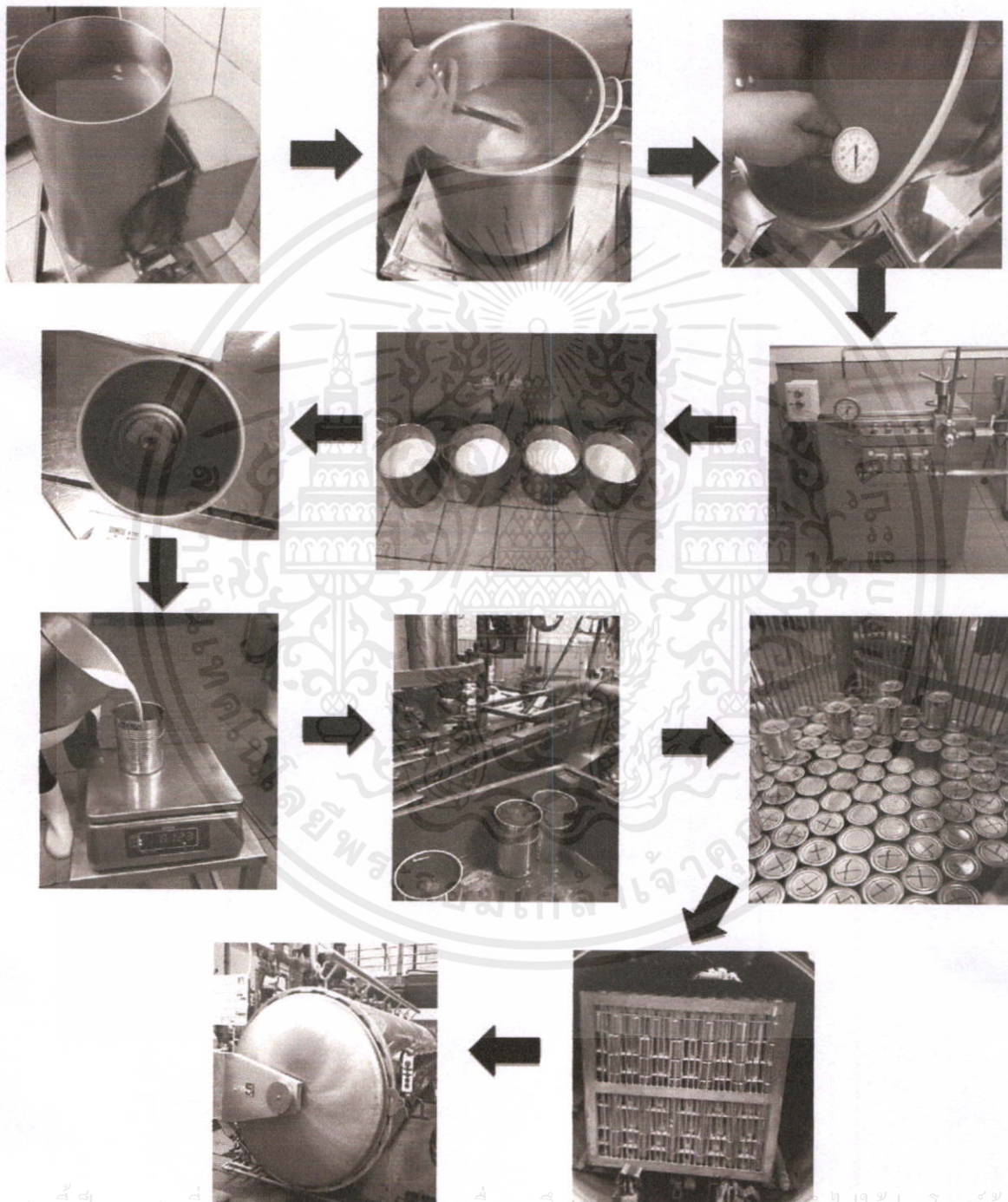
(I) Time	(J) Time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
LSD	Ex2	-3.30667*	.06229	.000	-3.4322	-3.1811
	Ex3	.08750	.06229	.167	-.0380	.2130
	Ex4	-.24333	.06229	.000	-.3689	-.1178
	Ex1	3.30667*	.06229	.000	3.1811	3.4322
Ex2	Ex3	3.39417*	.06229	.000	3.2686	3.5197
	Ex4	3.06333*	.06229	.000	2.9378	3.1889
	Ex1	-.08750	.06229	.167	-.2130	.0380
Ex3	Ex2	-3.39417*	.06229	.000	-3.5197	-3.2686
	Ex4	-.33083*	.06229	.000	-.4564	-.2053
	Ex1	.24333	.06229	.000	.1178	.3689
Ex4	Ex2	-3.06333*	.06229	.000	-3.1889	-2.9378
	Ex3	.33083*	.06229	.000	.2053	.4564

*. The mean difference is significant at the 0.05 level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

รูปภาพเกี่ยวกับโรงงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมการศึกษานานาชาติเพื่อการศึกษาเท่านั้นและขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีพิมพ์ลงเนื้อหาในสื่อหรือช่องทางใดๆของหน่วยงานหรือองค์กรที่มิได้มีการนำเอาไปใช้

รูปที่ ง.1 ขั้นตอนการทำสารตัวอย่างในการทดลอง