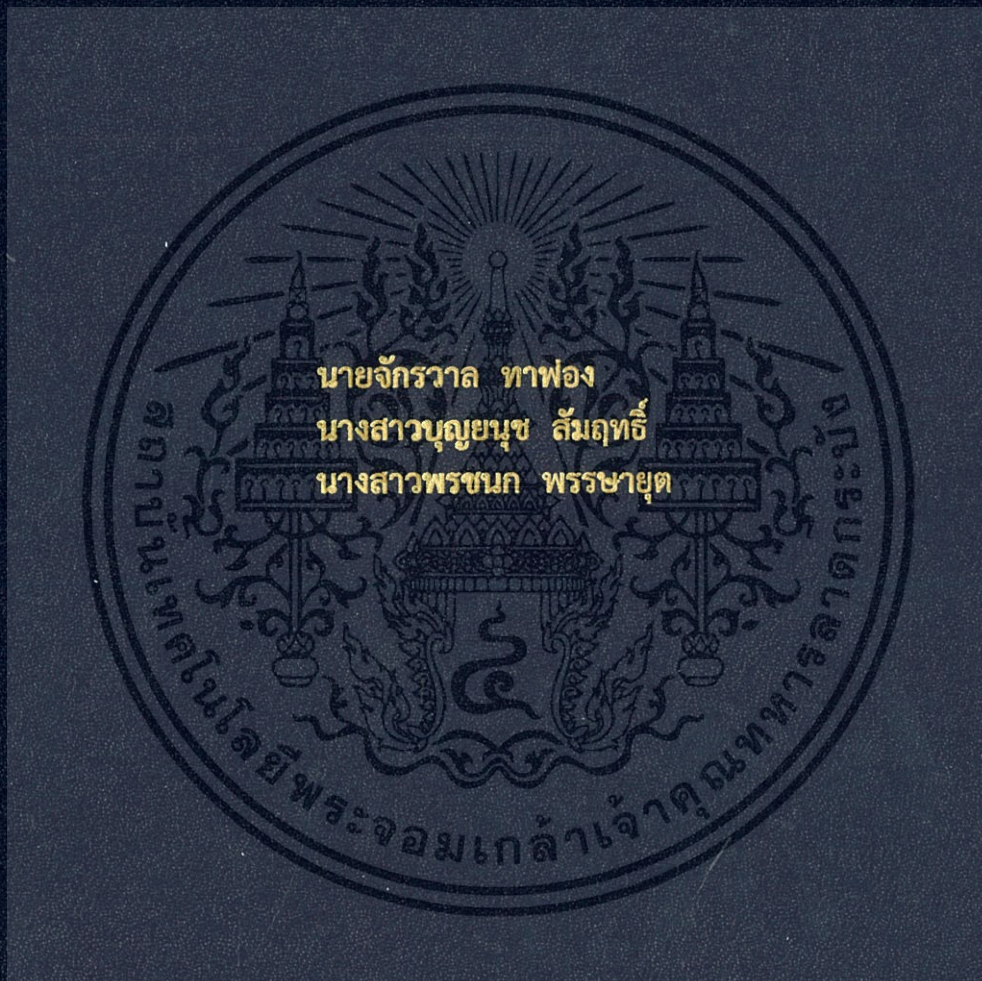


เครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิกเคชั่น
Small Cheese Making Machine Using Thermosonication System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น

Small Cheese Making Machine Using Thermosonation System



นายจักรวาล ทาฟอง
นางสาวบุญยง ชัมฤทธิ
นางสาวพรชนก พรธายุต

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SMALL CHEESE MAKING MACHINE USING THERMOSONICATION SYSTEM



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ เครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิกเคชั่น

Small Cheese Making Machine Using Thermosonication System

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายจักรวาล ทาฟอง รหัสนักศึกษา 56010157

นางสาวบุญยูนุช สัมฤทธิ์ รหัสนักศึกษา 56010580

นางสาวพรชนก พรธายุต รหัสนักศึกษา 56010801

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตร

วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา

2559

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบุรณ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	เครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายจักรวาล ทาฟอง	รหัสนักศึกษา 56010157
	นางสาวบุญยูนุช สัมฤทธิ์	รหัสนักศึกษา 56010580
	นางสาวพรชนก พรรชายุต	รหัสนักศึกษา 56010801
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบุรณ์	
ปีการศึกษา	2559	

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น ซึ่งประกอบด้วย 1) ถังในสูง 29 cm จุ๋นน้ำมได้ 10 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 28 cm 2) ถังนอกสูง 31 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 34 cm สูงจากพื้น 15 cm จุ๋นน้ำได้ 7 ลิตร ถังนอกหุ้มด้วยฉนวนไฟเบอร์กลาสเก็บความร้อนได้ดี 3) เครื่องทำโซนิเคชั่น 20 kHz ขนาด 100 W จำนวน 3 หัว พร้อมกล่องควบคุมเวลาในการทำโซนิเคชั่นกว้าง ยาว สูง 19.7 x 29.7 x 10 cm 4) กล่องควบคุมอุณหภูมิตัวทำความร้อนขนาด 1.5 kW 220 V กล่องควบคุมอุณหภูมิกว้าง ยาว สูง 14.5 x 19.5 x 10 cm 5) เครื่องกววน Motor Gear 220 V AC 25 W ความเร็วรอบ 0-100 rpm มีแกน 1 นิ้ว หน้ากว้าง 8 x 8 cm ต่อผ่านเข้าตัวควบคุมความเร็วรอบและใบกววนกับใบตัดเคิร์ด เส้นผ่านศูนย์กลางแกน 10 mm สูง 32 cm กว้าง 20 cm ได้ทดลองทำการผลิตชีสแล้วนำมาทดสอบคุณภาพ พารามิเตอร์ที่วัด ได้แก่ ความหนาแน่น เเปอร์เซ็นต์ผลผลิต สีโดยใช้เครื่องวัดสี ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีสโดยการชิม มี 7 ค่า ได้แก่ ลักษณะปรากฏ, สี, รสชาติ, ความเป็นครีม, ความแน่นเนื้อ, ความสามารถในการทา, ความประทับใจโดยรวม และค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis

จากการทดลองสรุปได้ดังนี้ 1) การชิมชีสที่ผลิตโดยใช้กระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นได้คะแนนดีกว่าชีสที่ผลิตโดยไม่ใช้กระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่น 2) การวัดค่าสีบ่งบอกว่าชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นมีค่า L^* และ a^* ใกล้เคียงกับ L^* และ a^* ของชีสที่ขายตามท้องตลาด 3) ค่าเนื้อสัมผัส ได้แก่ Hardness 1, Hardness 2, Gumminess และ Chewiness ของชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นและไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% 4) ความหนาแน่นของชีสที่ผ่านกระบวนการ เทอร์โมโซนิเคชั่นจะมีค่าอยู่ในช่วง 1062.11-1570.964 kg/m³ และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นมีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตชีสที่ไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่น และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 30 นาที มีค่ามากที่สุดคือ 13.3%

Thesis Title	Small Cheese Making Machine Using Thermosonation System		
Authors	Jakkawan	Thaphong	56010157
	Bunyanuch	Sumrit	56010580
	Pornchanok	Pansayut	56010801
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Panmanas Sirisomboon		
Year	2016		

Abstract

This study involved designing, building and test of a small cheese making machine using thermosonation System. An inner bucket was 29 cm height, 28 cm diameter for 10 L volume of milk. An outer bucket was 31 cm height, 34 cm diameter, 15 cm above ground for 8 L volume of water and covered with fiber glass for heat insulation purpose. The sonication machine was 20 kHz 300 W with a sonication time controller. A heater controller was 1.5 kW, 220V. The agitator driving gear motor is 220V, AC 25W and 0-100 rpm. Stirrer paddle and curd cutter paddle size was 32 x 20 cm. The cheese samples made by the machine were subjected to the quality test where the parameters including (1) density, (2) yield, (3) color, (4) textural properties by texture profile analysis, were measured. The sensory test was also done on the made cheese where the seven terms: appearance, color, taste, creaminess, firmness, spreadability and overall likeness were tested.

Conclusively, (1) From the sensory test, the self-made cheese with thermosonation was better than one with non-thermosonation. (2) Color of the cheese with thermosonation was similar to that of market cheese (Feta cheese). (3) Textural properties such as; hardness₁, hardness₂, gumminess and chewiness of the cheese made using thermosonation were significantly different at the confidence level of 95%. (4) Density of the cheese with thermosonation is 1062.11-1570.964 kg/m³ and yield of the cheese made with thermosonation was more than the cheese made with non-thermosonation. The maximum yield of the cheese with thermosonation obtained using sonication temperature and time at 30°C temperature and 30 minutes, respectively, was 13.1%.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับคำแนะนำ ความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากบุคคลหลายฝ่าย

บุคคลแรกที่ต้องขอขอบพระคุณคือ รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำ ดูแลเอาใจใส่ และความช่วยเหลือตลอดมา

ขอขอบพระคุณบริษัทศรีวิสาท เกษรา ที่ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการสร้างเครื่องผลิตซีสด้วยระบบเทอร์โมโซนิกเซ็น

ขอขอบพระคุณหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้งบประมาณสนับสนุน

ขอขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับคำแนะนำและความรู้ด้านวิชาการ

ขอขอบพระคุณบุคคลากรหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการทำงาน

ขอขอบคุณเพื่อนๆหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมา

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ คือ บิดา มารดา และผู้ปกครอง อันเป็นที่เคารพรักรยิ่ง ซึ่งเลี้ยงดูมาเป็นอย่างดี ให้ความเอาใจใส่เสมอมา และให้การสนับสนุนในทุกเรื่อง พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาอย่างเต็มที่ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายจักรวาล ทาฟอง

นางสาวบุญนุช สัมฤทธิ์

นางสาวพรชนก พรรษายุติ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 ซีส	3
2.2 กระบวนการผลิตซีส	3
2.3 กระบวนการผลิตซีสที่ใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบเครื่องผลิตซีสขนาดเล็กด้วยระบบ	
เทอร์โมโซนิเคชั่น	3
2.4 ความหมายและประเภทเครื่องอัลตราซาวด์	4
2.5 เครื่องกำเนิดสัญญาณ	6
2.6 หลักการของ Piezoelectric sensor	7
2.7 เพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์	7
2.8 การถ่ายเทความร้อน	8
2.8.1 การนำความร้อน (Conduction)	8
2.8.2 การพาความร้อน (Convection)	8
2.8.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)	9
2.9 ภาวะที่มีการสูญเสียความร้อนผ่านผนัง	9
2.10 รายละเอียดการคำนวณภาวะความร้อน	10
2.11 การเขียนแบบเครื่องผลิตซีสด้วยโปรแกรม AutoCAD	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	12
3.1 แนวทางการออกแบบ	12
3.1.1 แนวทางการออกแบบถึงใน	12
3.1.2 แนวทางการออกแบบถึงนอก	12
3.1.3 แนวทางการออกแบบใบกวน	12
3.2 การคำนวณเพื่อการออกแบบ	12
3.2.1 การคำนวณถึงใน	12
3.2.2 การคำนวณถึงนอก	15
3.2.3 การคำนวณภาวะความร้อนทั้งหมดที่ใช้उनนเพื่อทำเป็นชีสเพื่อใช้ในการ	
เลือก Heater	16
3.2.4 การเลือกขนาด Heater	19
3.3 การออกแบบใบกวน	19
3.3.1 ลักษณะของใบกวน	19
3.3.2 ส่วนประกอบของระบบการกวน	20
3.4 แบบส่วนประกอบของเครื่องผลิตชีส	21
3.4.1 แบบถึงใน	21
3.4.2 แบบถึงนอก	21
3.4.3 โครงสำหรับระบบการกวน	21
บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	23
4.1 วัตถุประสงค์และสารเคมีต่อการทำชีส 1 ครั้ง	23
4.2 อุปกรณ์	23
4.3 กรรมวิธีการผลิตชีส	23
4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส	24
4.4.1 วิธีทดสอบการชิมแบบให้ระดับ	24
4.5 การทดสอบทางวัตถุวิสัย	27
4.5.1 ระบบการวัดค่าสี	27
4.5.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis)	28
4.5.3 การวัดความหนาแน่นและเปอร์เซ็นต์ผลผลิต	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ	31
บทที่ 5 ผลการทดลอง	32
5.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซีส	32
5.2 ผลการทดสอบการวัดสีของซีส	35
5.3 ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของซีส	37
5.4 ผลการทดสอบโดยการคำนวณค่าความหนาแน่นและเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของซีส	43
5.5 การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม	44
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	48
6.1 สรุปผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซีส	48
6.2 สรุปผลการทดสอบการวัดสีของซีส	48
6.3 สรุปผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของซีส	48
6.4 สรุปผลการวัดความหนาแน่นและเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของซีส	48
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก รูปอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ	52
ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการทดสอบด้วยการชิม	58

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.1 ตัวอย่าง แบบบันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส	26
ตารางที่ 5.1 สรุปลดคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	34
ตารางที่ ข1 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่น	58
ตารางที่ ข2 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 15 นาที	59
ตารางที่ ข3 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 30 นาที	60
ตารางที่ ข4 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที	61
ตารางที่ ข5 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที	62
ตารางที่ ข6 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที	63
ตารางที่ ข7 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 30 นาที	64

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1 อ่างอัลตราโซนิก	5
รูปที่ 2 ระบบอัลตราโซนิกแบบโพรบ	5
รูปที่ 3 ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์	6
รูปที่ 4 เพียโซอิเล็กทริกเปลี่ยนแรงกดเป็นพลังงานไฟฟ้า	7
รูปที่ 5 โครงสร้างของเพียโซอิเล็กทริก	8
รูปที่ 6 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าและวงจรสมมูลทางกลของเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์	8
รูปที่ 7 ขนาดความสูงและรัศมีของถังใน	14
รูปที่ 8 ขนาดความสูงและรัศมีของถังนอก	16
รูปที่ 9 ใบพัดแบบใบพาย	19
รูปที่ 10 ใบพัดแบบตัดเคิร์ด	20
รูปที่ 11 แบบถังใน	21
รูปที่ 12 แบบถังนอก	21
รูปที่ 13 โครงสำหรับระบบการกวน	22
รูปที่ 14 การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE ในรูปสามมิติ	27
รูปที่ 15 แสดงการวัดสีด้าน Top Left Right ของซีส	28
รูปที่ 16 กราฟ TPA แสดงการหาค่าความยืดหยุ่นแบบต่างๆ	29
รูปที่ 17 กราฟแสดงค่าความสว่างของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	35
รูปที่ 18 กราฟแสดงค่าสีแดง-เขียวของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	35
รูปที่ 19 กราฟแสดงค่าสีเหลือง-น้ำเงินของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	36
รูปที่ 20 กราฟแท่งแสดงค่าสี L^* , a^* , b^* ของซีส	37
รูปที่ 21 กราฟแท่งแสดงค่าความแข็ง 1 ของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	38
รูปที่ 22 กราฟแท่งแสดงค่าความแข็ง 2 ของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	39
รูปที่ 23 กราฟแท่งแสดงค่าการยืดตัวของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	39
รูปที่ 24 กราฟแท่งแสดงค่าความตึงของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	40
รูปที่ 25 กราฟแท่งแสดงค่าความหยุ่นของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	40
รูปที่ 26 กราฟแท่งแสดงค่าความยืดตัวกันเองของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	41
รูปที่ 27 กราฟแท่งแสดงค่าความเหนียวของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	41

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 28 กราฟแท่งแสดงค่าความเคี้ยวได้ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	42
รูปที่ 29 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	43
รูปที่ 30 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	43
รูปที่ 31 กราฟแสดงการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน	47



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์แปรรูปนมมีหลายผลิตภัณฑ์ เช่น นมสดพาสเจอร์ไรซ์ นมสดสเตอริไลซ์ยูเอชที ครีม เนยเหลว เนยแข็ง ไอศกรีม นมเปรี้ยว นมข้น นมข้นหวาน หางนมข้นหวาน นมผง หางนมผง และชีส เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ต้องผ่านกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนและต้องใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ (milkaset.blogspot.com, n.d.a)

ในที่นี่ผู้ทำการทดลองมีความสนใจเกี่ยวกับชีส ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าชีสที่วางขายในซูเปอร์มาร์เก็ตส่วนมากเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาสูง ผู้ทำการทดลองจึงมีความคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กโดยใช้ระบบเทอร์โมโซนิเคชันเพื่อให้สามารถผลิตได้ในระดับครัวเรือนหรือในธุรกิจขนาดเล็ก เช่น ในครัวของโรงแรม

การใช้ระบบเทอร์โมโซนิเคชันเป็นการให้คลื่นอัลตราโซนิคพร้อมกับการให้ความร้อน ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ทางด้านคุณภาพ ลักษณะทางกายภาพ เนื้อสัมผัส รสชาติของชีส เป็นไปในทางที่ดีขึ้น ดังนั้นระบบเทอร์โมโซนิเคชันจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการสร้างเครื่องผลิตชีส (Almanza-Rubio et al., 2016)

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชัน ในราคาประหยัดแต่ใช้งานได้ยังมีประสิทธิภาพ
- 2) เพื่อศึกษาคุณภาพ ได้แก่ รสชาติ เนื้อสัมผัส สี ความหนาแน่นและผลผลิตของชีสที่ผลิตด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชัน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การทดลองสร้างและทดสอบเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เพื่อศึกษากระบวนการผลิตซีสและนำไปออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องผลิตซีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิกเซ็น ในราคาประหยัดแต่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2) ซีสมีคุณภาพ ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ สี ความหนาแน่นและผลผลิตซีสที่ดีขึ้น
- 3) ผู้ประกอบการขนาดเล็ก ครูว์ของโรงแรม ครูว์ของภัตตาคาร ครูว์เรือนและสถาบันการศึกษาที่มีการเรียนการสอนเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์จากนมสามารถนำเครื่องผลิตซีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิกเซ็นมาใช้ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการและทฤษฎี

2.1 ซีส

ซีส เป็นผลิตภัณฑ์ชีสสดแบบอ่อนที่ไม่ได้ผ่านการหมัก แต่ถูกทำให้โปรตีนเคซินในนม ตกตะกอนเป็นกรดแลคติก โดยแบคทีเรียประเภท mesophilic lactic acid ที่ใช้เป็นเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งได้แก่แบคทีเรียจำพวก Lactococcus และ Leuconostoc เราสามารถจำแนกซีสจากปริมาณไขมัน เริ่มต้นและองค์ประกอบสุดท้ายได้ 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ double-cream cheese มีปริมาณไขมัน เริ่มต้นอย่างน้อยในส่วนผสมประมาณ 9-11% และ single-cream cheese มีปริมาณไขมันเริ่มต้น อย่างน้อยในส่วนผสมประมาณ 4.5-5% ผลิตภัณฑ์ซีสที่มีคุณภาพควรจะมีสีขาวเหมือนกับสีครีมอ่อนๆ สม่ำเสมอ จะมีกลิ่นเฉพาะจากกรดแลคติกและ diacetyl เนื้อสัมผัสควรจะเรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีการรวมตัวเป็นก้อนหรือเม็ดกรวดเล็กๆ ไม่มีรอยแตกของผิวหน้าและสามารถปาดเป็นแผ่นได้ที่ อุณหภูมิห้อง (Phadungath, 2005)

2.2 กระบวนการผลิตซีส

การผลิตซีสทำได้โดยการเติมแบคทีเรียประเภท mesophilic lactic acid ได้แก่ Lactococcus และ Leuconostoc ลงไปในนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ ในระหว่างการหมักที่ อุณหภูมิประมาณ 22 °C ค่า pH ของนมจะลดลง จะกลายเป็นกรดมากขึ้น แบคทีเรียจะเปลี่ยน น้ำตาลแล็กโทสเป็นกรดแลคติก กรดอะมิโนที่ผิวโปรตีนเริ่มมีการสูญเสียประจุและกลายเป็นกลาง ทำให้โปรตีน ไขมัน และน้ำ จับตัวกันเป็นก้อน แต่ถ้าแบคทีเรียอยู่ในนมมานานเกินไปจะทำให้ค่า pH ลดลง อีก จะทำให้ส่วนผสมกลับไปเป็นของเหลว (Wikipedia, n.d.b)

2.3 กระบวนการผลิตซีสที่ใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบเครื่องผลิตซีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์ โมโซนิกเซน

1. ให้กระบวนการเทอร์โมโซนิกเซนกับน้ำนมดิบ ด้วยความถี่คลื่นอัลตราโซนิก 25 kHz เป็น ระยะเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

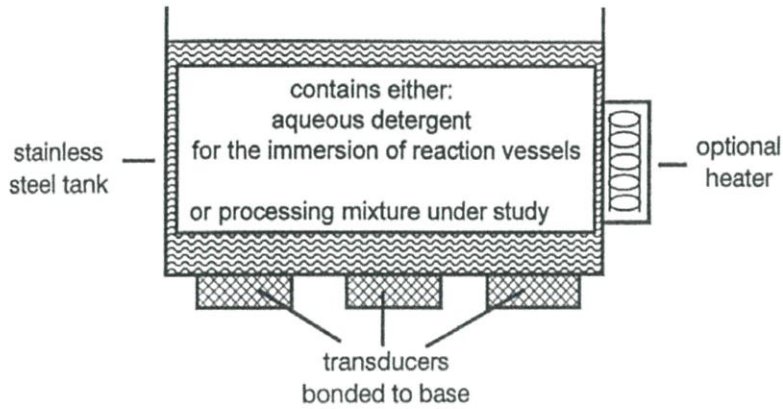
2. นำน้ำนมดิบที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันมาทำการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง
3. ทำให้น้ำนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์มีอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส
4. เติมหัวเชื้อชีสเพื่อให้ค่า pH ของนมจะลดลง จะกลายเป็นกรดมากขึ้น แบคทีเรียจะเปลี่ยนน้ำตาลแล็กโทสเป็นกรดแลคติก กรดอะมิโนที่ผิวโปรตีนเริ่มมีการสูญเสียประจุและกลายเป็นกลาง ทำให้โปรตีน ไขมัน และน้ำ จับตัวกันเป็นก้อน
5. บ่มที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส ก้อนชีส curd จะถูกแยกจากหางนม
6. ใส่เกลือลงไปนชีส
7. นำชีสที่ได้ไปใส่เครื่องอัดเพื่อเอาน้ำออกจากชีส

2.4 ความหมายและประเภทเครื่องอัลตราซาวด์

คลื่นอัลตราซาวด์ หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดนทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 kHz เท่านั้น แต่คลื่นอัลตราซาวด์จะมีความถี่สูงกว่า 20 kHz ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดไว้ สาเหตุที่นำคลื่นอัลตราซาวด์มาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง (Anon, n.d.c)

ประเภทของเครื่องอัลตราซาวด์ที่ใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบันมีความแตกต่างกันตรงที่การออกแบบแหล่งกำเนิดไฟฟ้า แหล่งกำเนิดคลื่นและตัวเครื่องหรือเซลล์ที่ใช้ร่วมกับแหล่งกำเนิดคลื่น โดยสามารถแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้ (Mason, 1998)

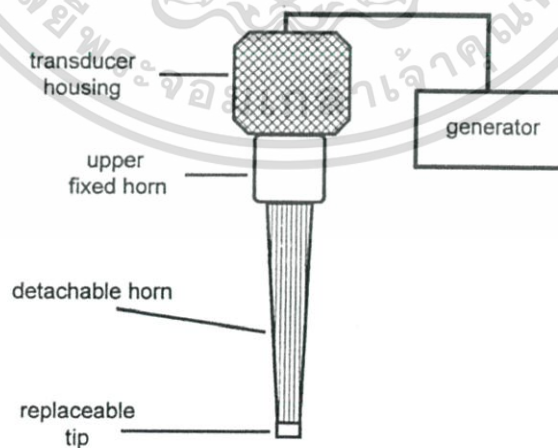
2.4.1 อ่างอัลตราโซนิก เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและมีการนำมาใช้เป็นเวลานานแล้วโดยเฉพาะในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมีราคาไม่แพงเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องที่ใช้ระบบโพรบ โดยทั่วไปทรานส์ดีวเซอร์จะติดอยู่กับบริเวณฐานด้านล่างของอ่างและความถี่ที่ใช้งานส่วนใหญ่ประมาณ 40 kHz อ่างอัลตราโซนิกมีลักษณะดังภาพที่ 1 (Mason, 1998)



รูปที่ 1 อ่างอัลตราโซนิก (Mason, 1998)

สำหรับอ่างอัลตราโซนิกนั้นพลังงานสูงสุดที่สร้างได้จะอยู่ตรงบริเวณระดับความสูงค่าหนึ่งตลอดความลึกของอ่าง ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดคลื่นจากการสะท้อน (reflection) ของคลื่นอัลตราซาวนด์ที่ถูกสร้างขึ้นตรงบริเวณรอยต่อระหว่างอากาศและของเหลว ซึ่งแยกโดยระยะทางที่เทียบเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสียงของของเหลวภายในอ่าง (สำหรับน้ำ มีค่า $\lambda = 37$ มิลลิเมตรที่ความถี่ 40 kHz) ดังนั้นถ้าระดับน้ำในอ่างลดลงต่ำกว่าค่า λ จะมีผลทำให้ไม่สามารถทำให้เกิดคลื่นเสียงที่มีพลังงานสูงได้ (Mason, 1998)

2.4.2 ระบบอัลตราโซนิกแบบโพรบ (ultrasonic probe systems) (ภาพที่ 2) ในการขยายพลังงานหรือคลื่นเสียงที่เกิดขึ้นจากทรานส์ดิวเซอร์นั้น โดยทั่วไปจะนำ ทรานส์ดิวเซอร์มาต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่เรียกว่าฮอร์น (horn) ลักษณะของฮอร์นจะมีความแตกต่างกันออกไปโดยฮอร์นส่วนใหญ่มักจะให้ขนาดของความยาวคลื่นครึ่งหนึ่งหรือเป็นพหุคูณกับความยาวของคลื่นเสียงของวัสดุที่นำมาผลิต (Mason, 1998)



รูปที่ 2 ระบบอัลตราโซนิกแบบโพรบ (Mason, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

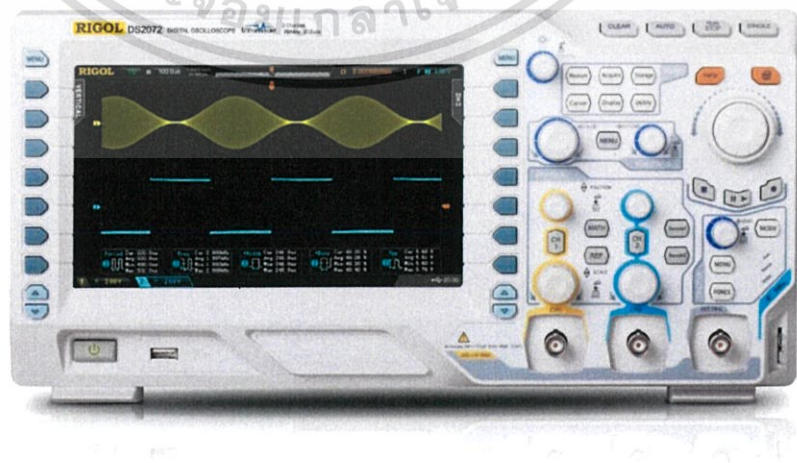
2.4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ระบบแผ่นสั่นคู่ขนาน (equipment involving parallel vibrating plates) ระบบนี้พบว่าเป็นทางเลือกที่ดีในการนำคลื่นอัลตราซาวด์มาใช้กับงานที่มีลักษณะต่อเนื่อง โดย

ผลิตภัณฑ์จะได้รับคลื่นอัลตราซาวด์อย่างสม่ำเสมอในระหว่างทางที่ไปยังเครื่องอัลตราโซนิกซึ่งทำให้เกิดการสั่นที่บริเวณผนังด้านในตัวเครื่อง เมื่อแผ่นดังกล่าวเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันมากขึ้นจะมีผลทำให้การลดทอนพลังงาน (attenuation) ของคลื่นเสียงภายในของเหลวมีค่าต่ำสุดและไม่เกิดคลื่น ข้อดีของระบบแผ่นสั่นคู่ที่ติดตั้งในแต่ละด้านของของเหลวเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ระบบแผ่นสั่นเดี่ยวคือคลื่นพลังงานที่เกิดขึ้นก่อนที่จะส่งถ่ายไปยังของเหลวจะสะท้อนไปยังแผ่นที่สั่นอีกแผ่นหนึ่งที่อยู่ตรงกันข้าม ทำให้ผลที่เกิดจากแรงกลมีค่าสูงสุด (Mason, 1998)

2.5.4 ระบบการสั่นตามแนวรัศมี (radial vibrating systems) ในการให้พลังงานคลื่นอัลตราซาวด์กับของเหลวที่ไหลอยู่ภายในท่อนั้น วิธีที่ดีที่สุดคือการใช้การสั่นของท่อเพื่อทำให้เกิดคลื่นพลังงานขึ้น ซึ่งจะทำให้อัตราการไหลมีค่าสูงขึ้นรวมทั้งใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นหนืดสูงได้ (Mason, 1998)

2.5 เครื่องกำเนิดสัญญาณ

ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ (Function generator) เป็นเครื่องกำเนิดสัญญาณที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์สามารถผลิตสัญญาณออกมาหลายรูปแบบให้เลือกตามงานที่ใช้ เช่น สัญญาณรูปคลื่นไซน์ หรือไซน์เวฟ (Sine Wave) สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมหรือสแควร์เวฟ (Square wave) สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม หรือไตรแองเกิลเวฟ (Triangle wave) สัญญาณรูปคลื่นสัญญาณฟันเลื่อย หรือซอร์ทูธ เวฟ (Sawtooth wave) ซึ่งฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์สามารถผลิตรูปสัญญาณคลื่นออกมามากมาย ตั้งแต่ความถี่ต่ำไปจนถึงหลายเมกะเฮิรตซ์ (MHz) (Anon, n.d.d)



รูปที่ 3 ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์

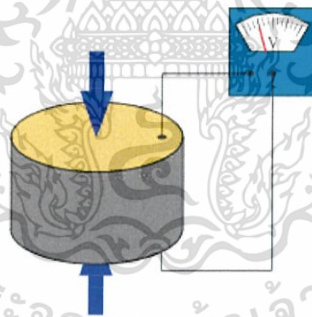
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 หลักการของ Piezoelectric sensor

Piezoelectric (เพียโซอิเล็กทริก) คือ อุปกรณ์ตรวจวัดแรงกลต่างๆ เช่น แรงดัน ความเร่ง การสั่น แรงเครียด หรือแรงกระทำอื่นๆ โดยเปลี่ยนพลังงานกลต่างๆเหล่านี้ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในทางกลับกันเมื่อให้พลังงานไฟฟ้าแก่วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นเพียโซอิเล็กทริก วัสดุนั้นก็จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้เช่นกัน

วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric material) เป็นเซรามิกประเภทหนึ่งที่มีสมบัติพิเศษ กล่าวคือ เมื่อได้รับแรงกล (mechanical force) จะให้แรงดันไฟฟ้า (voltage) ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric effect) ในทางกลับกันเมื่อวัสดุได้รับแรงดันไฟฟ้าจะทำให้มีการเปลี่ยนรูปร่าง (deformation) เกิดแรงกลซึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์อินเวอร์สเพียโซอิเล็กทริก (inverse piezoelectric effect) การเปลี่ยนไปมา ระหว่างพลังงานกล และพลังงานไฟฟ้า สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

สมบัติเพียโซอิเล็กทริก จะเกิดขึ้นในวัสดุที่มีสภาพเป็นฉนวนไฟฟ้าเท่านั้น วัสดุเพียโซอิเล็กทริก มีทั้งที่พบในธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ เช่น คริสตอล (gallium phosphate, quartz, tourmaline) เซรามิก โพลีเมอร์ เป็นต้น (Anon, n.d.e)



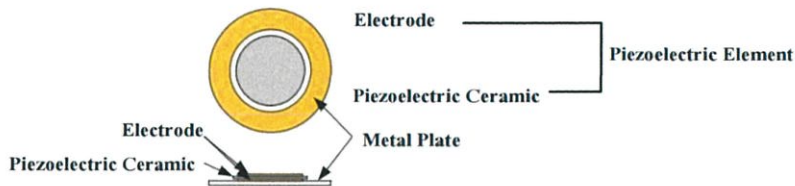
รูปที่ 4 เพียโซอิเล็กทริกเปลี่ยนแรงกดเป็นพลังงานไฟฟ้า

2.7 เพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์

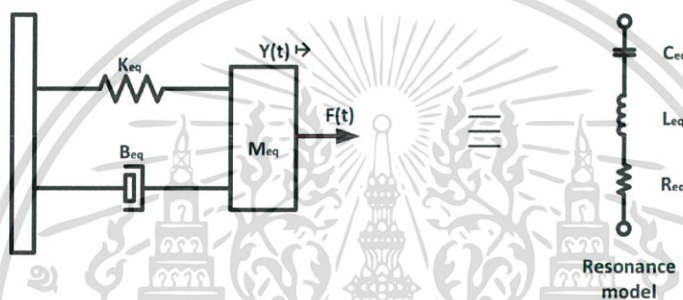
เพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์ (Paradon, 2011) เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษประเภทหนึ่ง คือเมื่อวัสดุ ดังกล่าวได้ รับแรงกระทำเชิงกลจะทำให้ เกิดแรงดันไฟฟ้าออกมาจากวัสดุชนิดนี้ ซึ่ง ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกในทางกลับกันเมื่อวัสดุดังกล่าวได้รับแรงดันไฟฟ้า จะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุ จึงเกิดเป็นแรงกลหรือทำให้โมเลกุลภายในเกิดการสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเรียกว่าปรากฏการณ์ผ่นกลับเพียโซอิเล็กทริก โครงสร้างของเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์และ วงจรสมมูลแสดงดัง ภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6 (Anon, n.d.f)



รูปที่ 5 โครงสร้างของเพียโซอิเล็กทริก



รูปที่ 6 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าและวงจรสมมูลทางกลของเพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์

2.8 การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนมี 3 รูปแบบ ได้แก่

2.8.1 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อน เป็นรูปแบบหนึ่งของการถ่ายเทความร้อน ในลักษณะของการแลกเปลี่ยนพลังงานจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยเคลื่อนที่แบบจลน์ (kinetic motion) หรือการชนกันโดยตรงของโมเลกุลซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในของไหลที่หยุดนิ่ง ส่วนในกรณีของโลหะนั้นจะเป็นการไหลของกระแสอิเล็กตรอน สำหรับของแข็งที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีจะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระมากมายที่เคลื่อนไหวอยู่ภายในโครงสร้างของโมเลกุล ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีตามไปด้วย (พงษ์เจต พรหมวงศ์, 2534)

2.8.2 การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อน เป็นวิธีการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในของไหล ซึ่งโมเลกุลมีอิสระที่จะเคลื่อนไหวไปรอบ ๆ ได้ เมื่อความร้อนเคลื่อนที่ด้วยวิธีนี้ความร้อนจะไหลไปโดยติดกับโมเลกุลซึ่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนที่ ซึ่งการพาความร้อนจะต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ คือ ของเหลวหรือก๊าซที่เป็นของไหลเท่านั้น การพาความร้อนสามารถแบ่งได้ 2 แบบ (พงษ์เจต พรหมวงศ์, 2534)

2.8.2.1 การพาความร้อนแบบบังคับ คือ การเคลื่อนที่ของของไหลเกิดขึ้นโดยการทำขึ้นเองโดยใช้ปั๊มหรือพัดลมเป็นตัวทำให้เกิดแรงกระทำของไหลไหลผ่านบนพื้นผิว (พงษ์เจต พรหมวงศ์, 2534)

2.8.2.2 การพาความร้อนแบบอิสระ หรือการพาความร้อนแบบธรรมชาติ คือ การเคลื่อนที่ของของไหลเกิดจากแรงลอยตัว ซึ่งมีผลมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในของไหล (พงษ์เจต พรหมวงศ์, 2534)

2.8.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

การแผ่รังสีความร้อน คือ พลังงานที่ถูกส่งออกไปโดยสารซึ่งอยู่ที่อุณหภูมิจำกัดแน่นอน การส่งออกของรังสีสามารถเกิดขึ้นได้โดยไม่คำนึงถึงรูปแบบของสาร การส่งออกของรังสีเชื่อว่าเป็นการเปลี่ยนการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนขององค์ประกอบอะตอมหรือโมเลกุล พลังงานของสนามการแผ่รังสีนั้นถูกนำออกไปโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(หรือเรียกอีกอย่างว่าโฟตอน) ในขณะที่การถ่ายเทพลังงานโดยการนำหรือการพาต้องการวัตถุตัวกลาง แต่การแผ่รังสีไม่ต้องการ ในความเป็นจริง การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดในสุญญากาศ (พงษ์เจต พรหมวงศ์, 2534)

2.9 ภาวะที่มีการสูญเสียความร้อนผ่านผนัง

สมการอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำในรูปสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมทั้งหมดได้ตามสมการ (Anon, n.d.g)

$$Q = UA\Delta T$$

Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

U = พื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน (m^2)

A = สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (W/m^2K)

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งแต่ผิว (K)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมทั้งหมดสามารถหาได้ตามสมการ

$$U = \frac{1}{R_{tot} A} = \frac{1}{\left[(1/h_1) + (L_A/k_A) + (L_B/k_B) + (L_C/k_C) + (1/h_4) \right]}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 รายละเอียดการคำนวณภาวะความร้อน

ปริมาณความร้อนที่ใช้ต้มของเหลว คำนวณได้จากสมการดังนี้ (Anon, n.d.g)

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

ΔQ คือ ปริมาณความร้อนที่ได้รับหรือสูญเสียไปมีหน่วยเป็นแคลอรี (cal)

m คือ มวลของของเหลว มีหน่วยเป็นกรัม (g)

c คือ ความจุความร้อนจำเพาะของของเหลวมีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัมองศาเซลเซียส ($\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)

Δt คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)

ปริมาณความร้อนที่ให้กับโครงสร้างหรือตัวถังต้ม คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

ΔQ คือ ปริมาณความร้อนที่ได้รับหรือสูญเสียไปมีหน่วยเป็นแคลอรี (cal)

m คือ มวลของโลหะที่ใช้ทำถังต้ม มีหน่วยเป็นกรัม (g)

c คือ ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะมีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัมองศาเซลเซียส ($\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)

Δt คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของโลหะมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)

2.11 การเขียนแบบเครื่องผลิตชีสด้วยโปรแกรม AutoCAD

การเขียนแบบโครงสร้างของตัวถังบรรจุนมที่จะใช้ผลิตชีส จะต้องใช้โปรแกรมเพื่อสร้างแบบของตัวถัง และส่วนประกอบต่างๆของตัวถัง เพื่อแสดงให้เห็นถึงขนาด ความกว้าง ความยาว ความสูง และความจุจริงของเครื่องผลิตชีส ดังนั้นจึงต้องนำโปรแกรมมาวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อให้เห็นถึงลักษณะ องค์ประกอบของชิ้นงาน โดยโปรแกรมที่เลือกใช้คือ AutoCAD

AutoCAD เป็นซอฟต์แวร์ ที่มีชื่อเสียงในระดับโลกในด้านการออกแบบ ที่สร้างขึ้นเพื่อการเขียนแบบร่างระดับมืออาชีพ สามารถเขียนได้ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ ที่อยู่ในระดับมาตรฐานอุตสาหกรรม AutoCAD ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานให้ใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด มีคำสั่งและเครื่องมือต่างๆให้ใช้งานมากมายที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานแต่ละประเภทได้ เช่น งานสร้างชิ้นงาน 3 มิติ, งานโครงสร้างเหล็ก, งานประกอบชิ้นงาน เป็นต้น

ผู้ออกแบบสามารถคิดและตัดสินใจ ในการเลือกขนาดของชิ้นงานให้เหมาะสม สามารถตรวจสอบความผิดพลาด หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะของชิ้นงานในตอนต้นได้ เพราะขณะทำการเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบนั้น ผู้ออกแบบจะเห็นรูปร่างชิ้นงาน และลักษณะการประกอบชิ้นงานไปพร้อมๆกัน จึงทำให้สามารถตรวจสอบความพอใจในชิ้นงาน หรือเปลี่ยนแปลงการออกแบบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 แนวทางการออกแบบ

3.1.1 แนวทางการออกแบบถังใน

1. ต้องการรูปร่างของถังในเป็นทรงกระบอก
2. สามารถบรรจุน้ำได้ 12 ลิตร
3. ความสูงของตัวถังไม่เกิน 29 เซนติเมตร
4. ต้องมีรูระบายน้ำเวย์
5. วัสดุที่ใช้ทำต้องใช้กับอาหารได้ เลือกใช้สแตนเลสหมายเลข 304

3.1.2 แนวทางการออกแบบถังนอก

1. สามารถใส่น้ำที่เป็นตัวกลางนำความร้อนได้ 5 ลิตร
2. ต้องมีระบบ heater
3. ความสูงของตัวถังไม่เกิน 30.5 เซนติเมตร
4. ต้องมีรูระบายน้ำ
5. วัสดุที่ใช้ทำต้องใช้กับอาหารได้ เลือกใช้สแตนเลสหมายเลข 304

3.1.3 แนวทางการออกแบบใบกวน

1. ต้องการใบกวนสองแบบ ได้แก่ ใบกวนที่สามารถกวนเชื้อให้เข้ากับน้ำนมได้และใบกวนที่สามารถตัดเนื้อเคิร์ดได้
2. รัศมีใบกวนต้องไม่เกิน 14 เซนติเมตร
3. ความสูงของใบพัดต้องไม่เกิน 20 เซนติเมตร
4. ต้องมีตัวควบคุมความเร็วรอบ
5. สามารถกวนได้ทั่วถึง
6. วัสดุที่ใช้ทำต้องใช้กับอาหารได้ เลือกใช้สแตนเลสหมายเลข 304

3.2 การคำนวณเพื่อการออกแบบ

3.2.1 การคำนวณของถังใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการให้ถังสามารถรองรับปริมาตรของนมได้ 10 ลิตร คิดเป็นปริมาตร 10,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่เนื่องจากคิดระยะเผื่อในขณะเติมมนั้นจะไม่เต็มพอดีกับขอบถัง จึงได้ปริมาตรถังสำหรับใส่นมประมาณ 12 ลิตร คิดเป็นปริมาตร 12,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อปริมาตรของกล่องอัลตราโซนิกอีก 5892.94 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้องการถังเป็นรูปทรงกระบอกและกำหนดให้ความสูงของถังเป็น 20 เซนติเมตร เราจึงสามารถหารัศมีของถังจากสูตร

$$V = \pi r^2 h$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของถังมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)

r คือ รัศมีของถังมีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm)

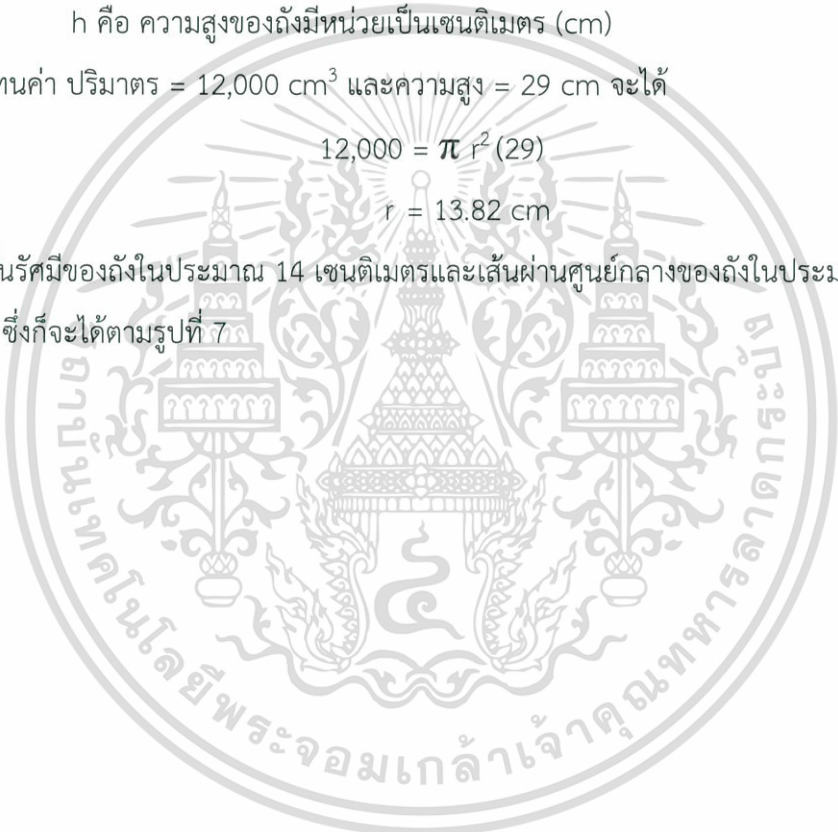
h คือ ความสูงของถังมีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm)

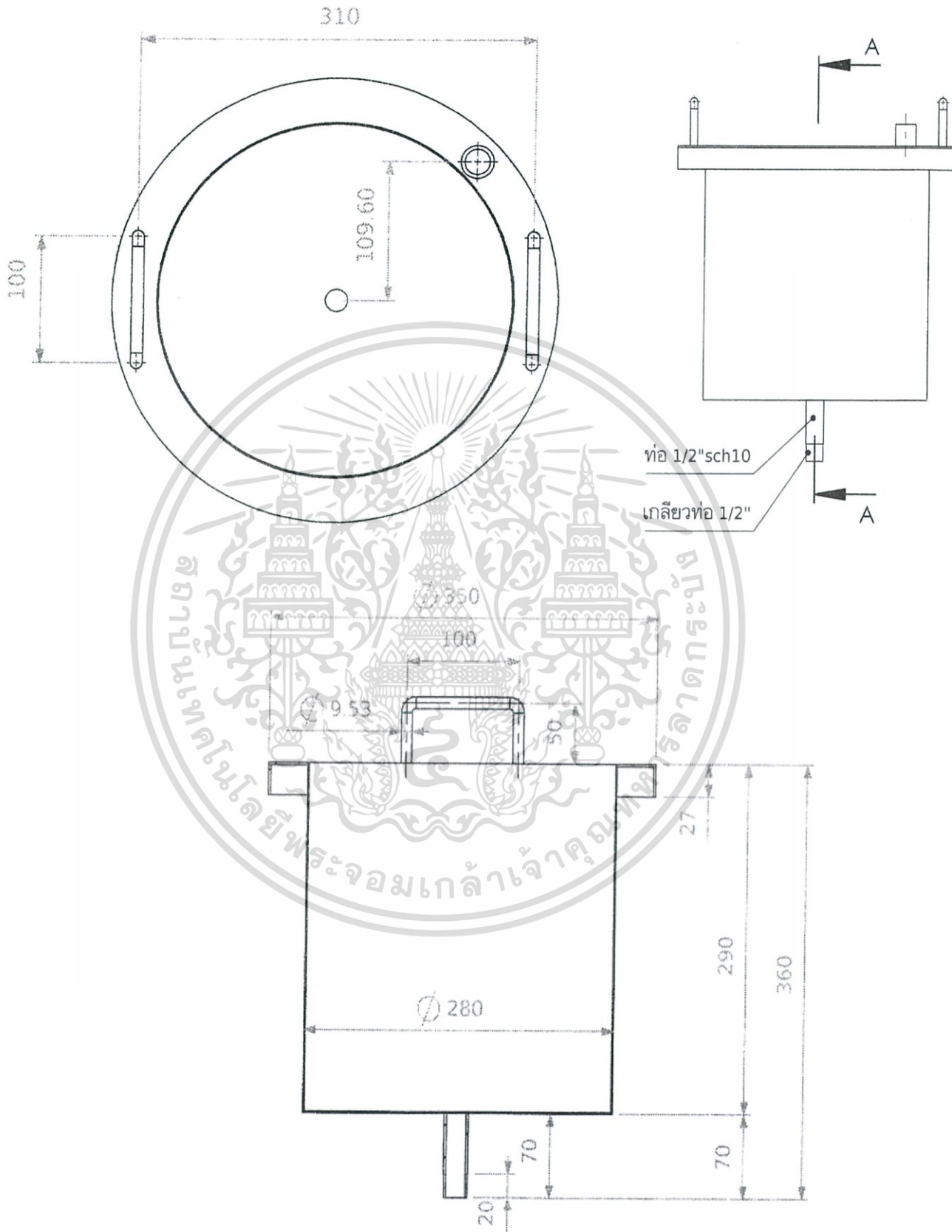
แทนค่า ปริมาตร = $12,000 \text{ cm}^3$ และความสูง = 29 cm จะได้

$$12,000 = \pi r^2 (29)$$

$$r = 13.82 \text{ cm}$$

เพราะฉะนั้นรัศมีของถังในประมาณ 14 เซนติเมตรและเส้นผ่านศูนย์กลางของถังในประมาณ 28 เซนติเมตร ซึ่งก็จะได้ตามรูปที่ 7





รูปที่ 7 ขนาดความสูงและรัศมีของถังใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การคำนวณของถังนอก

ถังนอกเป็นส่วนที่บรรจุน้ำที่เป็นตัวกลางในการอุ่นนมภายในถังใน ซึ่งสามารถบรรจุน้ำได้ 5 ลิตร แต่เนื่องจากคิดระยะเพื่อไม่ให้ น้ำล้น จึงได้ปริมาตรถังสำหรับใส่น้ำประมาณ 7 ลิตร คิดเป็น ปริมาตร 7,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้องการถังเป็นรูปทรงกระบอกเพื่อหุ้มถังในที่เป็นทรงกระบอก และกำหนดให้ความสูงของถังเป็น 21.5 เซนติเมตร เราจึงสามารถหารัศมีของถังจากสูตร

$$V = \pi r_2^2 h_2 - \pi r_1^2 h_1$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของถังมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)

r_1 คือ รัศมีของถังในมีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm)

r_2 คือ รัศมีของถังนอกมีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm)

h_1 คือ ความสูงของถังในมีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm)

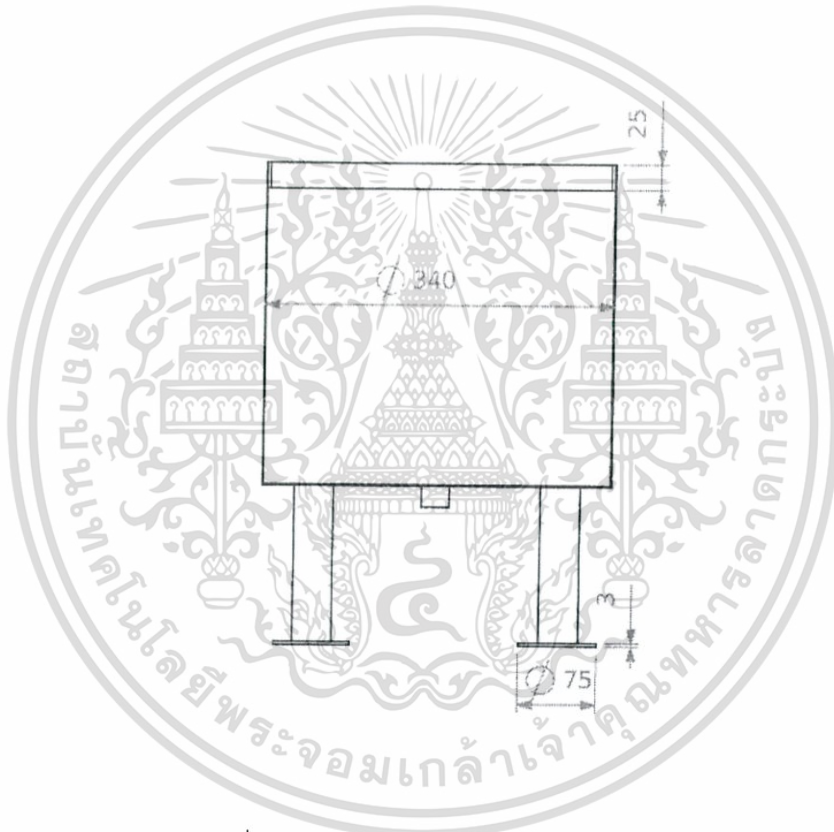
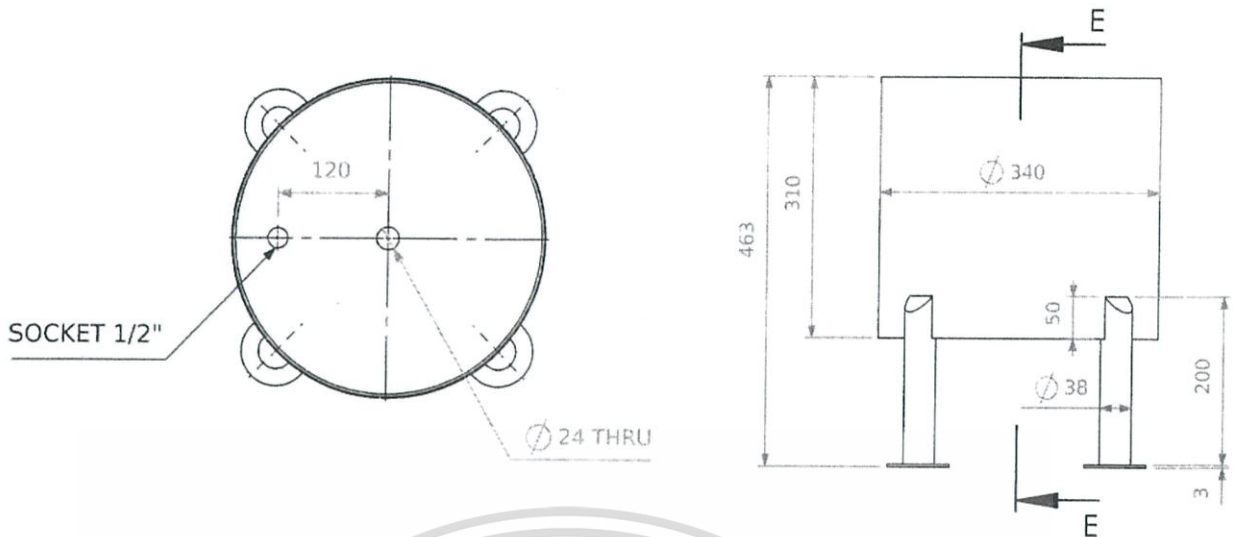
h_2 คือ ความสูงของถังนอกมีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm)

แทนค่า ปริมาตร = 7,000 cm^3 ความสูงของถังใน = 29 cm รัศมีของถังใน = 14 cm และ ความสูงของถังนอก = 30.5 cm จะได้

$$7,000 = \pi r_2^2 (30.5) - \pi (14)^2 (29)$$

$$r_2 = 16.91 \text{ cm}$$

เพราะฉะนั้นรัศมีของถังนอกประมาณ 17 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางของถังนอกประมาณ 34 เซนติเมตร ซึ่งก็ได้ตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 ขนาดความสูงและรัศมีของถังนอก

3.2.3 การคำนวณภาระความร้อนทั้งหมดที่ใช้ؤمنมเพื่อทำเป็นซิสเพื่อใช้ในการเลือก Heater

ภาระความร้อนทั้งหมด = ความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของนม + ความร้อนที่สูญเสียจากผนัง
 ครอบถัง + ความร้อนที่สูญเสียจากการกวน

3.2.3.1 ความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของนม

สำหรับการหาน้ำหนักของนมหาได้จากสมการ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ V คือ ปริมาตรของนม (m^3)

m คือ น้ำหนักของนม (kg)

ρ คือ ความหนาแน่นของนม (kg/m^3) = $1,033 kg/m^3$

แทนค่า ปริมาตรของนม = $0.01 m^3$ และความหนาแน่นของนม = $1,033 kg/m^3$

$$0.01 = \frac{m}{1,033}$$

$$m = 10.33 \text{ kg}$$

ดังนั้น น้ำหนักของนม เท่ากับ 10.33 kg

หาภาระความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของนม จากสูตร

$$Q = mc\Delta T$$

เมื่อ Q คือ ค่าความร้อน (kJ)

m คือ มวลของนม (kg)

C คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของนม ($kJ/kg^\circ C$)

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ ($^\circ C$)

จากกระบวนการผลิตชีส การอุ่นนมมีสองช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาที่หนึ่งคือ อุ่นนมจากอุณหภูมิห้องปกติไปยังอุณหภูมิ $72^\circ C$ ใช้เวลา 60 นาที เวลาที่สองคือ อุ่นนมจากอุณหภูมิ $32^\circ C$ ไปยังอุณหภูมิ $40^\circ C$ ใช้เวลา 30 นาที ซึ่งต้องเปรียบเทียบค่า Power (W) ที่ได้ว่าช่วงเวลาใดใช้พลังงานมากที่สุด ดังนี้

แทนค่าช่วงเวลาที่ 1 น้ำหนักของนม 10.33 kg ความจุความร้อนจำเพาะของนม $3.93 \text{ kJ/kg}^\circ C$

อุณหภูมิปกติ $28^\circ C$ อุณหภูมิที่ต้องการ $72^\circ C$

$$Q = 10.33 \times 3.93 \times (72 - 28)$$

$$Q = 1,786.26 \text{ kJ}$$

เมื่อต้องการทราบค่า Power (W) ของช่วงเวลาที่ 1 โดยใช้เวลา 60 นาที

คิดเป็น $60 \times 60 = 3,600$ วินาที

ดังนั้นค่า Power (W) ที่ใช้ในเวลาที่ 1 มีค่าเท่ากับ

$$(1,786.26 \times 1,000) \div 3,600 = 496.18 \text{ W}$$

แทนค่าช่วงเวลาที่ 2 น้ำหนักของนม 10.33 kg ความจุความร้อนจำเพาะของนม $3.93 \text{ kJ/kg}^\circ C$

อุณหภูมิปกติ $32^\circ C$ อุณหภูมิที่ต้องการ $40^\circ C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = 10.33 \times 3.93 \times (40 - 32)$$

$$Q = 324.78 \text{ kJ}$$

เมื่อต้องการทราบค่า Power (W) ของช่วงเวลาที่ 2 โดยใช้เวลา 30 นาที

คิดเป็น $30 \times 60 = 1,800$ วินาที

ดังนั้นค่า Power (W) ที่ใช้ในช่วงเวลาที่ 2 มีค่าเท่ากับ

$$(324.78 \times 1,000) \div 1,800 = 180.43 \text{ W}$$

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่า Power ของทั้งสองช่วงเวลาจะเห็นได้ว่า ช่วงเวลาที่ 1 มีค่ามากกว่าช่วงเวลาที่ 2 จึงนำช่วงเวลาที่ 1 มาคิดหา Power ที่ใช้ในการเลือก Heater ต่อไป

3.2.3.2 ความร้อนสูญเสียที่ผนังรอบถัง

จากสูตร

$$Q = UA\Delta T$$

เมื่อ $Q =$ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

$A =$ พื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน (m^2)

$U =$ สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

$\Delta T =$ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิว (K)

จากสูตร

$$A = 2\pi r_2 h + \pi r_2^2$$

เมื่อ $A =$ พื้นที่ผิวที่ใช้ถ่ายเทความร้อน (m^2)

$r_2 =$ รัศมีของถังนอก (m)

$h =$ ความสูงของถัง (m)

แทนค่า $r_2 = 0.17 \text{ m}$ และ $h = 0.305 \text{ m}$

$$A = (2 \times \pi \times 0.17 \times 0.305) + (\pi \times 0.17^2)$$

$$A = 0.4166 \text{ m}^2$$

3.2.3.3 สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด

วัสดุที่ใช้ทำผนังของถังสแตนเลส มีสองชนิดคือ Stainless Steel AISI 304 และ Fiber Glass เป็นฉนวน โดยมีความหนา 1 mm และ 1 inch ตามลำดับ ความหนาที่กำหนดมานั้นเป็นค่าที่ทางร้านแนะนำมาในการสร้างชิ้นงานอุตสาหกรรมทั่วไป ดังนั้น สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดเป็น $1.573 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ (นราศักดิ์ นาคฉ่ำ และคณะ, 2550)

3.2.3.3 การหา ΔT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาดการณ์ว่าอุณหภูมิภายนอกถึงที่หุ้มฉนวนแล้วจะมีอุณหภูมิ 30°C และอุณหภูมิของผิวอีกด้านหนึ่งมีค่าเท่ากับ 76°C คืออุณหภูมิของน้ำร้อนนั่นเอง ดังนั้น ΔT จึงมีค่าเท่ากับ $76 - 30 = 46^{\circ}\text{C}$ ดังนั้นความร้อนสูญเสียที่ผนังรอบถัง มีค่าเท่ากับ

$$Q = 1.573 \times 0.4166 \times 46$$

$$Q = 30.144 \text{ W}$$

3.2.4 การเลือกขนาด Heater

จากการคิดค่า Power ของภาระความร้อนทั้งหมดมารวมกันจะได้เท่ากับ 526.32 W แต่เรายังไม่ได้คิดภาระความร้อนจากใบกวนและคิดค่า Safety Factor ดังนั้นเราจึงคิดค่า Safety Factor ให้มีค่าเท่ากับ 3 ดังนั้นค่าภาระความร้อนที่ได้จึงมีค่าเท่ากับ $526.32 \times 3 = 1,578.96 \text{ W}$

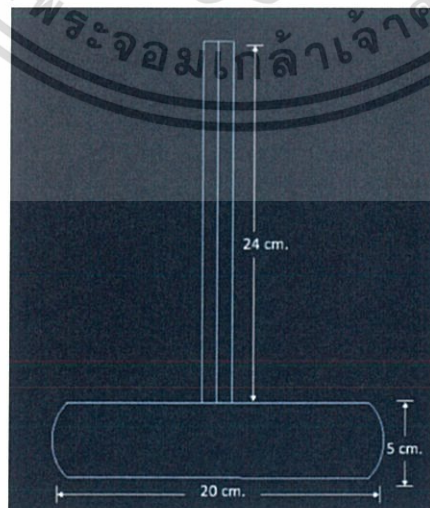
ดังนั้นเราจึงเลือก Heater ขนาดตั้งแต่ $1,500 \text{ W}$ ขึ้นไป และเลือกแบบขดให้อยู่ภายในถังได้ด้วยเพื่อกระจายความร้อนได้ทั่วถึง

3.3 การออกแบบใบกวน

3.3.1 ลักษณะของใบกวน

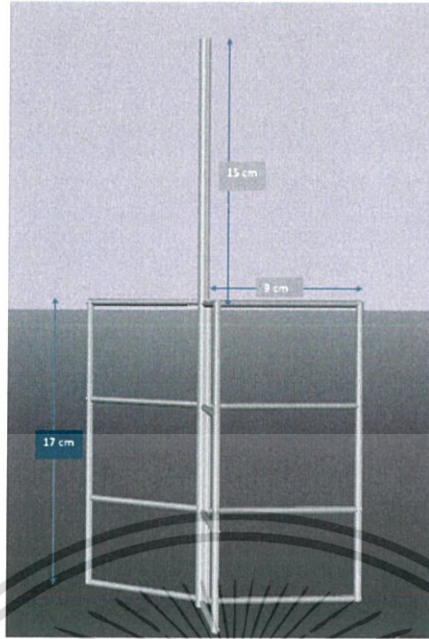
เนื่องจากการทำซีสนั้นจะต้องทำการกวนหัวเชื้อซีสให้เข้ากับน้ำมัน โดยที่การกวนนั้นจะเป็นไปอย่างช้าๆ และต้องกระจายเชื้อให้ทั่วถึง จึงต้องมีลักษณะใบพัดเป็นแบบใบพาย นอกจากนั้นยังต้องใช้ใบพัดในการตัดก้อนเคิร์ดหลังจากที่เราทำการกวนหัวเชื้อซีสให้ผสมกับน้ำมันในครั้งแรกแล้วปล่อยให้ไว้ให้เกิดลิมหรือก้อนเคิร์ดขึ้น ดังนั้นเราจึงต้องมีใบพัดอีกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการตัดเคิร์ดอีกด้วย ซึ่งแบ่งเป็น 1) ใบพัดแบบใบพาย รูปที่ 9

2) ใบพัดแบบตัดเคิร์ด รูปที่ 10



รูปที่ 9 ใบพัดแบบใบพาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



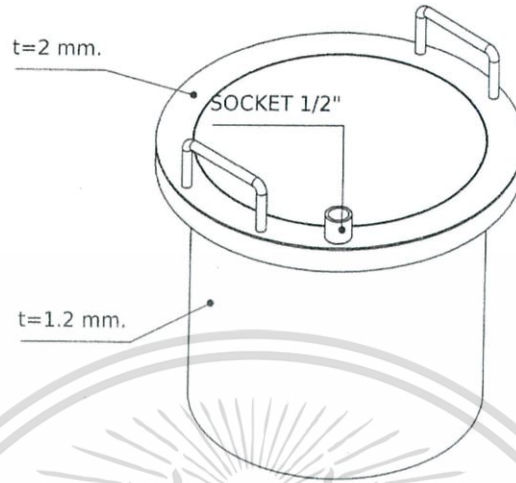
รูปที่ 10 ไม้พืดแบบตัดเคิร์ด

3.3.2 ส่วนประกอบของระบบการกวน

1. ไม้พืดแบบใบพายกวนหัวเขื่อ 1 ใบ ตัวแกนสูง 24 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 cm ครีบบใบพายสูง 5 cm กว้าง 20 cm
2. ไม้พืดแบบตัดเคิร์ด 1 ใบ ตัวแกนสูง 15 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 cm มีแกนแขนง 3 แขนง ยาว 9 cm สูง 17 cm แขนงละ 3 ช่อง
3. มอเตอร์ส่งกำลัง ขนาด AC 220 V 25 W รุ่น 4GN15K
4. ที่รับความเร็วรอบ AC 220 V
5. โครงสร้างที่สำหรับใส่ส่วนประกอบต่างๆ ในระบบการกวน

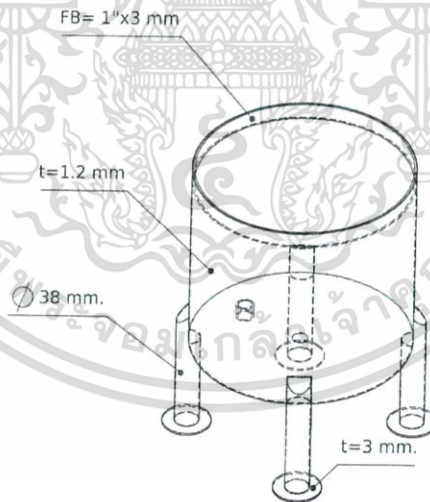
3.4 แบบส่วนประกอบของเครื่องผลิตซีส

3.4.1 แบบถังใน



รูปที่ 11 แบบถังใน

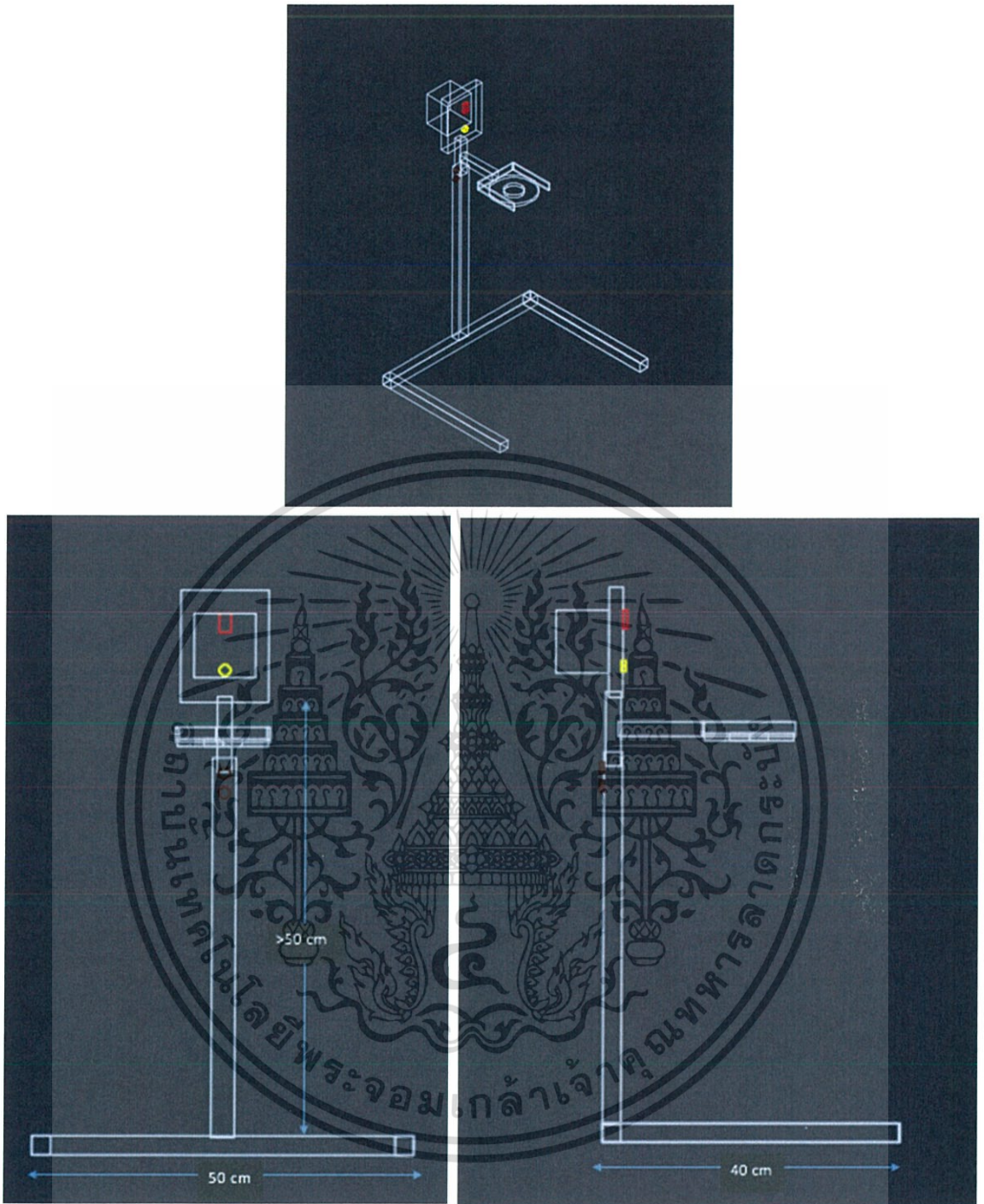
3.4.2 แบบถังนอก



รูปที่ 12 แบบถังนอก

3.4.3 โครงสำหรับระบบการกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 โครงสำหรับระบบการกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

4.1 วัตถุดิบและสารเคมีต่อการทำซีส 1 ครั้ง

1. น้ำนมดิบ 10 kg
2. หัวเชื้อซีส 0.1694 g
3. เรทเนท 0.5 g
4. เกลือ 20 g

4.2 อุปกรณ์

1. เครื่องทำซีส
2. เครื่องกวนพร้อมใบกวนแบบพายและแบบตัดเคิร์ด
3. เครื่องทำเทอร์โมโซนิกเคชั่น
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Ohaus, Adventure น้ำหนักสูงสุด 3,100 g ความละเอียด 0.01 g)
5. เครื่องอัดซีส
6. เครื่องครัว เช่น ทัพพี หม้อสแตนเลส
7. เครื่องแก้วและอื่นๆ เช่น ปีกเกอร์ ซ้อนตักสาร
8. เครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกล (TA HD Plus, Stable Micro System, UK) พร้อมหัวกด

P/100

9. เครื่องวัดสี (Hunter Lab Mini Scan XE Plus 45/O LAV, Reston, USA)

4.3 กรรมวิธีการผลิตซีส

1. นำน้ำนมดิบ 10 kg ไปผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิกเคชั่นด้วยสภาวะดังนี้

อุณหภูมิ(°C)	0	30	30	40	40	50	50
เวลา(นาที)	0	15	30	15	30	15	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ให้วงกว้างโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำนมที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันมาทำการพาสเจอร์ไลซ์ ที่อุณหภูมิ 72°C ระหว่างรอให้นมมีอุณหภูมิลดลงถึง 32°C กวนเบาๆ
3. เมื่อนมมีอุณหภูมิ 32°C เติมหัวเชื้อซีสปริมาณ 0.1694 g โดยละลายหัวเชื้อในบีกเกอร์ด้วยนมก่อนแล้วจึงเทใส่ลงในถัง เปิดใบกวนแบบใบพาย 40 นาที
4. เติมเรนเนทปริมาณ 0.5 g โดยใช้ น้ำละลายเรนเนทในบีกเกอร์ก่อนแล้วจึงเทใส่ลงในถัง เปิดใบกวนแบบใบพาย 3 นาที และปล่อยให้ทิ้งไว้ให้เกิดก้อนเคิร์ดประมาณ 35 นาที
5. ตัดเคิร์ดโดยเปิดใบกวนตัดเคิร์ดเป็นเวลา 25 นาที เพิ่มอุณหภูมิ 38-40°C แล้วกวนต่ออีก 30 นาที
6. ปล่อยน้ำเวย์ออกให้หมด พักให้เคิร์ดเกาะตัวกัน 30 นาที
7. นำน้ำเวย์ไปกรองโดยใช้ผ้าขาวบางจะได้ซีสแล้วนำกลับไปเทรวมกันในถังให้เกาะตัวกัน
8. นำซีสไปคลุกเกลือ 20 g
9. บรรจุใส่เครื่องอัดซีส นำไปแช่ตู้เย็น 4-7°C
10. นำซีสออกจากเครื่องอัดซีส ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วนำมาทดสอบคุณภาพ ได้แก่ ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาความหนาแน่นและเปอร์เซ็นต์ผลผลิต จากนั้นนำไปวัดสีด้วยเครื่องวัดสีและวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกล

4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของซีส

การทดสอบด้วยการชิมเพื่อประเมินผลของอาหารมีมากมายหลายแบบ แต่ละแบบก็เหมาะที่จะใช้สำหรับปัญหาเฉพาะแต่ละอย่าง ดังนั้นการจะเลือกวิธีใดจึงมีความสำคัญ จะต้องทำความเข้าใจถึงลักษณะของวิธีการทดสอบด้วยการชิมแต่ละแบบที่มีให้เลือกใช้ นอกจากนี้ยังต้องระมัดระวังในการวางแผนทางสถิติและในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย

สำหรับการทดสอบหาความชอบหรือการยอมรับนั้นจะเป็นเครื่องตัดสินความชอบของประชากรที่เป็นตัวแทนได้

การชิมแบบให้ระดับหรือแสดงระดับ (Scoring) การใช้วิธีทดสอบแบบนี้ เป็นการตัดสินให้ระดับ (ถ้าเป็นการหาความแตกต่าง) หรือแสดงระดับ (ถ้าเป็นการหาระดับความชอบ) ของตัวอย่างตามคุณสมบัติที่กำหนดให้ โดยผู้ทำหน้าที่วิเคราะห์ผล ได้กำหนดค่าแสดงลักษณะระดับนั้นๆไว้เป็นตัวเลขแล้ว วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากมีความแตกต่างไป ง่ายแก่การใช้ และสะดวกแก่การนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ

4.4.1 วิธีทดสอบการชิมแบบให้ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตัดชีสตัวอย่าง ให้มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง 1 x 1 x1 cm ตามลำดับ โดยตัดห่างจากขอบชีสเป็นระยะ 1.5 cm จากชีสที่ทำเอง โดยทดสอบกับชีสที่ทำเองกับชีสที่ซื้อ

2. หนึ่งตัวอย่างการทดลอง ใช้ชีสตัวอย่างจำนวน 1 ชิ้น ใช้จำนวนผู้ชิม ใช้จำนวนผู้ชิม 12 คน เป็นชาย 4 คน เป็นหญิง 8 คน

3. ค่าประสาทสัมผัสที่วัด มี 7 ค่า ได้แก่

- 1) ลักษณะที่ปรากฏ ดูด้วยสายตา
- 2) สี ดูด้วยสายตา
- 3) รสชาติ รับรู้ได้ด้วยการชิม
- 4) ความเป็นครีม รับรู้ได้ด้วยการชิม ความรู้สึกเมื่ออยู่ในปาก
- 5) ความแน่นเนื้อ เมื่อรับรู้ได้ด้วยการชิม ความรู้สึกอยู่ในปาก
- 6) ความสามารถในการทำ เมื่อรับรู้ได้ด้วยการชิม ความรู้สึกอยู่ในปาก
- 7) ความประทับใจโดยรวม

4. การให้คะแนนให้แบ่งเป็นระดับ 9 ระดับ (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 6 = ชอบเล็กน้อย, 7 = ชอบปานกลาง, 8 = ชอบมาก, 9 = ชอบมากที่สุด) ด้วยการวัดทางประสาทสัมผัสให้ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง แล้วบันทึกผลการชิมในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่าง แบบบันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส

ชื่อ :

วันที่ :

เพศ : ชาย หญิง

อายุ :

คุณรับประทานชีสบ่อยแค่ไหนในหนึ่งสัปดาห์

0 1 2 3 มากกว่า 3 ครั้ง

ผลิตภัณฑ์ทดสอบ : ชีส

ตามข้อกำหนดที่ให้มา ให้ชิมตัวอย่างชีสที่ให้มาแล้วให้คะแนนตามความชอบของตัวเอง โดยใช้เกณฑ์ตามคุณสมบัติด้านล่าง (กรุณาล้างปากของคุณหลังจากได้ชิมแต่ละตัวอย่าง)

ระดับความชอบจะใช้เป็นดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

6 = ชอบเล็กน้อย

2 = ไม่ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

3 = ไม่ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

9 = ชอบมากที่สุด

5 = เฉยๆ

คุณสมบัติ	ตัวอย่าง				
ลักษณะที่ปรากฏ					
สี					
รสชาติ					
ความเป็นครีม					
ความแน่นเนื้อ					
ความสามารถในการทา					
ความประทับใจโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

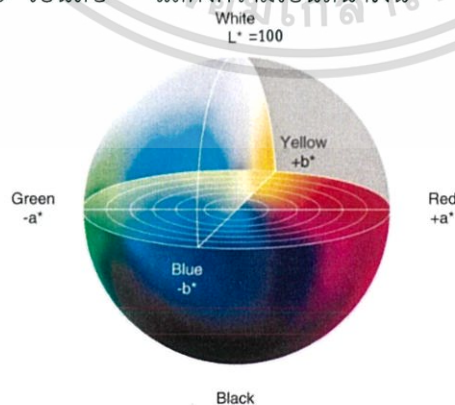
4.5 การทดสอบทางวัตถุวิสัย

4.5.1 ระบบการวัดค่าสี

สีเป็นปัจจัยคุณภาพปัจจัยแรกที่สุดที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจยอมรับคุณภาพของอาหาร เพราะสีเป็นสิ่งที่คนเรารับรู้ได้ง่ายที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับความรู้ทางประสาทสัมผัสชนิดอื่น สียังสามารถบอกถึงปัจจัยคุณภาพอื่น คือ ความแก่อ่อน ความสุก และความสด ซึ่งมนุษย์จะมีการจดจำความหมายของสีที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องมีค่าสีมาตรฐานเพื่อบ่งชี้ว่าสีที่เราเห็นมีค่าเท่าใดเพื่อที่เกษตรกร ผู้ซื้อ ผู้ผลิตและผู้บริโภคได้เข้าใจตรงกันและได้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ

ซึ่งระบบการวัดค่าสีที่นิยมใช้ในงานวิจัยด้านอาหารนิยมใช้ระบบ Hunter Color (L^*, a^*, b^*) ซึ่งเป็นระบบที่มีการพัฒนามาจากค่าซีไอโอไตรสตีมิวัลส์ (X,Y,Z) และค่าพิกัดซีไอโอโครมาติซิตี (x,y,z) เพื่อให้สามารถบอกค่าความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งความหมายของค่า CIE L^*, a^*, b^* มีดังนี้ และแสดงไว้ดังรูปที่ 14 และ

1. ค่า CIE L^* เป็นค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดยที่
ค่า CIE $L^*=0$ แสดงถึงความเป็นสีดำอย่างสมบูรณ์
ค่า CIE $L^*=100$ แสดงถึงความเป็นสีขาวอย่างสมบูรณ์
2. ค่า CIE a^* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือความเป็นสีเขียว โดยที่
ค่า CIE a^* เป็นบวก แสดงความเป็นสีแดง
ค่า CIE a^* เป็นลบ แสดงความเป็นสีเขียว
3. ค่า CIE b^* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือความเป็นสีน้ำเงิน โดยที่
ค่า CIE b^* เป็นบวก แสดงความเป็นสีเหลือง
ค่า CIE b^* เป็นลบ แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

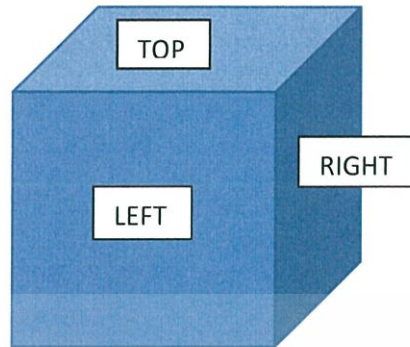


รูปที่ 14 การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE ในรูปสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าสี

1. นำชิ้นซีสที่ตัดแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้รูปทรงดังรูป



รูปที่ 15 แสดงการวัดสีด้าน Top Left Right ของซีส

2. เข้าโปรแกรมการวัดสี เลือกหน้าต่าง Master Color Data > Configure > Active View กด OK
3. กดปุ่ม Standardize Glass เพื่อนำแผ่น Black และ White ตั้งค่า Standardize กด OK
4. นำ Colorimeter มาทาบที่ละด้าน จากนั้นกดปุ่ม Read Sample เพื่อให้ Colorimeter อ่านค่าสีของแต่ละด้าน จากนั้นตั้งชื่อค่าสีที่วัดไป ทำเช่นนี้ครบทั้งสามด้าน
5. เก็บผลการทดลองที่ได้จากตารางลงในโปรแกรม Excel เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

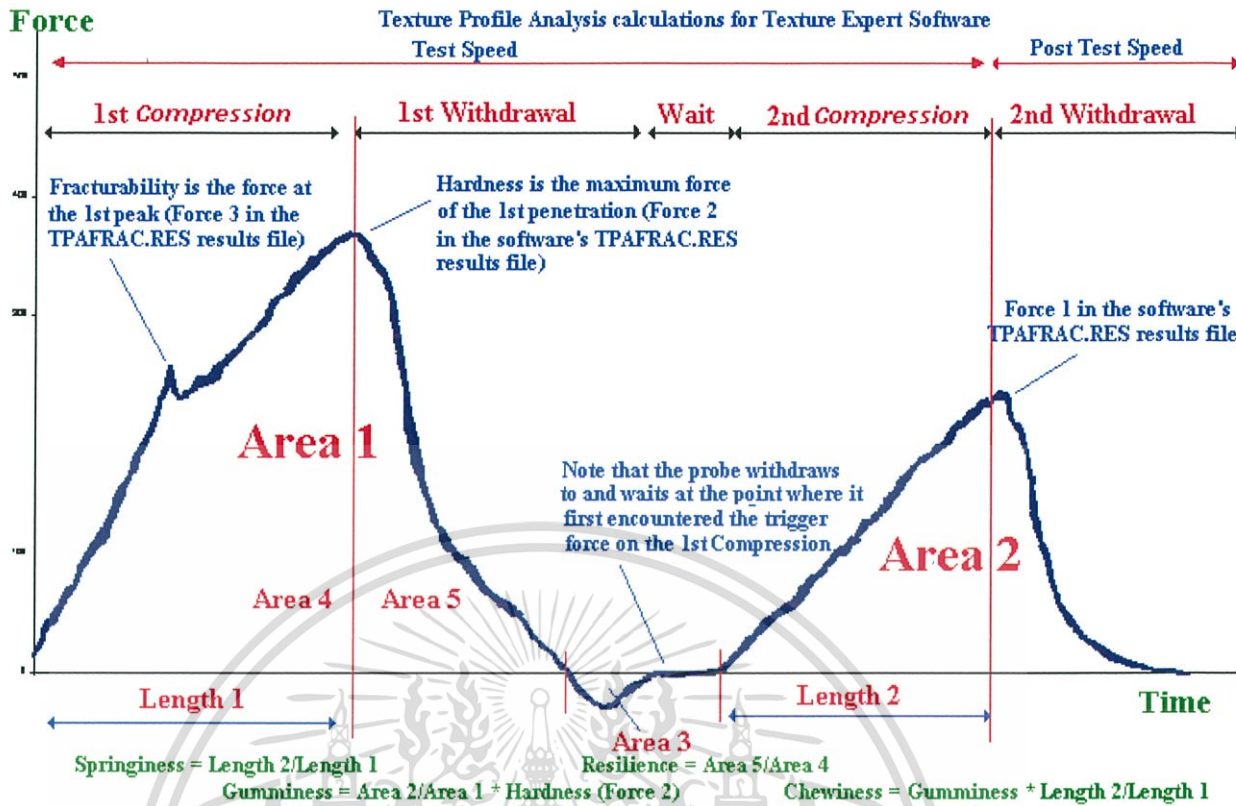
4.5.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis)

เนื้อสัมผัส หมายถึง สิ่งที่เรารับรู้ได้โดยการสัมผัส เช่น การเคี้ยว การจับ การฟังเสียงขณะเคี้ยวว่ามีลักษณะอย่างไร เช่น ความแข็ง นุ่ม อ่อน นอกจากนี้ยังอาจหมายถึงลักษณะผิวที่มองเห็นจากภายนอกวัตถุ เช่น หยาบ ละเอียด เป็นต้น

ค่าความยืดหยุ่นต่างๆที่วัดมีดังต่อไปนี้

1. Springiness ค่าความยืดหยุ่นแบบสปริง
2. Gumminess ค่าความยืดหยุ่นแบบยาง
3. Chewiness ค่าความเคี้ยวได้
4. Resilience ค่าความหยุ่น
5. Cohesiveness ค่าการยึดติด
6. Adhesiveness ค่าความเกาะติด
7. Stringiness ค่าความเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 กราฟ TPA แสดงการหาค่าความยืดหยุ่นแบบต่างๆ(Heng, 2014)

การวัดค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้หัวกดแบบ P/100 เพื่อทดสอบ
วัสดุและอุปกรณ์

1. ซีสที่อัดแล้ว และตัดเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด 2 x2 x2 cm
2. เครื่องวัดสมบัติเชิงกล 1 เครื่องพร้อมหัวกดแบบ P/100

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องวัดสมบัติเชิงกล เลือก New > Graph
2. เช็ดและทำความสะอาดเครื่องด้วยกระดาษทิชชู ก่อนเป็นอันดับแรก
3. เลือก T.A. > Calibrate > ทำการ Calibrate Force ตัวเครื่องวัดโดยใช้ท่อนเหล็กหนัก 2000 กรัม วางบนเครื่อง เมื่อ Calibrate เสร็จเก็บท่อนเหล็กให้เรียบร้อยและติดตั้งหัวกดแบบแผ่นแบน(P/100)
4. เลือก T.A. > Calibrate > ทำการ Calibrate Height ตัวเครื่องวัดโดยการกรอกข้อมูล ดังนี้ Return Distance 100 mm, Return Speed 20, Contact Force 0.5 g จากนั้นเลื่อนหัวกดมาใกล้กับฐานทดลองเพื่อความสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เลือก T.A. > Library > Special Test > TPA จากนั้นกำหนดค่าดังต่อไปนี้ Test Speed 50 mm/min, Post test speed 50 mm/min, Target Strain 60%, Auto Force, Trigger Force 0.04903 N, Time 10 sec จากนั้นจึงกดปุ่ม Update Project
6. เลือก T.A. > Run A Test กำหนดค่าดังต่อไปนี้ Check Auto Save และสร้างโฟเตอร์ที่ต้องการเก็บไฟล์ไว้ในไดรฟ์ที่เราต้องการ, กำหนด Probe Selection เป็นแบบ P/100 กำหนด Parameter Area 400 mm² Length 20 mm Width 20 mm Height 20 mm
7. เมื่อตั้งค่าเสร็จแล้วนำชีสที่เตรียมไว้วางบนแท่นให้ได้ศูนย์กลางทั้ง 4 แนว
8. เลื่อนหัวกดลงมาในตำแหน่งที่สูงกว่าชีสเพียงเล็กน้อยเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทดลอง
9. กดปุ่ม Run A Test ที่ค้างไว้จากข้อ 6 โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลจากหัวกดได้ เพื่อนำมาเขียนกราฟระหว่างแรงกดและเวลา
10. เช็ดทำความสะอาดแผ่นหัวกดและฐานรองทุกครั้งก่อนที่จะเปลี่ยนชิ้นต่อไป
11. คำนวณหา Springiness, Gumminess, Chewiness, Resilience, Cohesiveness, Cohesiveness, Adhesiveness และ Stringiness ด้วย macro ที่สร้างขึ้นเองภายในโปรแกรม
12. สรุปผลการทดลอง

4.5.3 การวัดความหนาแน่นและเปอร์เซ็นต์ผลผลิต

การวัดความหนาแน่น
วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก
2. ไม้บรรทัด

วิธีการวัดความหนาแน่น

1. นำชีสที่ผลิตได้ไปชั่งน้ำหนัก แล้วลบบอกด้วยน้ำหนักเกลือ 20 g
2. ใช้ไม้บรรทัดวัดขนาดก่อนของก้อนชีส(กว้าง,ยาว,สูง)ที่ผลิตได้
3. นำมาคำนวณหาความหนาแน่นจากสูตร $\rho = \frac{m}{V}$ โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่น(kg/m³), m คือ น้ำหนักของชีสที่ผลิตได้(kg), V คือ ปริมาตรของชีสที่ผลิตได้(m³)

การหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้} \quad \text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิตชีส} = \frac{\text{น้ำหนักชีส}}{\text{น้ำหนักนม}} \times 100$$

4.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

เราจะใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Oneway ANOVA (ANalysis Of VAriance) เป็นวิธีการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ เช่น ค่าเฉลี่ย (μ) ค่าความแปรปรวน (σ^2) ของกลุ่มประชากร ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไปซึ่งผู้วิจัยสามารถเลือกใช้สถิติที (t-test) ทดสอบได้โดยทำการเปรียบเทียบทีละคู่ (Manchasingh, 2557)

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะต้องอยู่ในมาตราวัดอันตรภาค (interval) ขึ้นไป
2. กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มจากประชากรและเป็นอิสระจากกัน
3. ข้อมูลของประชากรแต่ละชุดมีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution)
4. ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of Variance) หมายถึงความแปรปรวนของประชากรแต่ละชุดเท่ากัน

ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส

ตารางที่ 5.1 สรุปผลคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส การทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีสนั้นทำในกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มทดสอบ ได้แสดงความคิดเห็นในช่วงแรกของการชิม นั้นไม่อร่อย เนื่องจากคนส่วนมากไม่เคยชิมชีสมาก่อน เมื่อชิมไปเรื่อยๆจนเกิดความคุ้นเคย และเนื่องจากได้มีการใช้ระบบเทอร์โมโซนิกเคชั่นเข้ามาในการผลิตชีส จะเห็นว่า รสชาติชีสนั้นดีขึ้น เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่คาดหวังไว้

ลักษณะที่ปรากฏ จากตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยทางสถิติของลักษณะที่ปรากฏของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิกเคชั่นที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สี จากตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยทางสถิติของสีของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิกเคชั่นที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

รสชาติ จากตารางที่ 5.1 รสชาติของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิกเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.9167 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมชอบ รองลงมาเป็นชีสที่การทำเทอร์โมโซนิกเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที และรสชาติของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิกเคชั่นที่อุณหภูมิ 40 °C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.1667 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมไม่ชอบ

ความเป็นครีม จากตารางที่ 5.1 ความเป็นครีมของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิกเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.5833 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมชอบ รองลงมาเป็นชีสที่การทำเทอร์โมโซนิกเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที และความเป็นครีมของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิกเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.0000 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมไม่ชอบ

ความแน่นเนื่อจากตารางที่ 5.1 ความแน่นเนื่อของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิกเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.6667 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมชอบ รองลงมาเป็นชีสที่การทำเทอร์โมโซนิกเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที และความแน่นเนื่อของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิกเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.7500 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมไม่ชอบเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการทา จากตารางที่ 5.1 ความสามารถในการทาของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.1667 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมชอบเล็กน้อย รองลงมาเป็นซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที และความสามารถในการทาของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.3333 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมไม่ชอบมาก

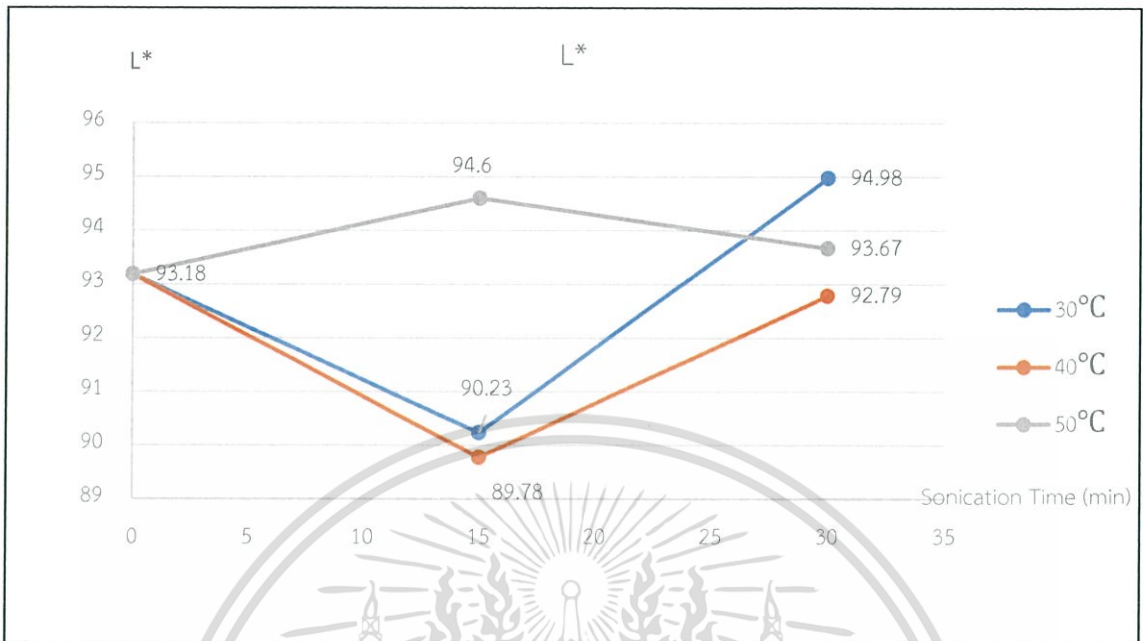
ความชอบโดยรวม จากตารางที่ 5.1 ความชอบโดยรวมของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.8333 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมชอบ รองลงมาเป็นซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที และความชอบโดยรวมของซีสที่ไม่ทำการเทอร์โมโซนิเคชั่น มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 4.2500 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมไม่ชอบเล็กน้อย



ตารางที่ 5.1 สรุปผลคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	เวลา(นาที)	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	รสชาติ	ความเป็นครีม	ความแน่นเนื้อ	ความสามารถในการทา	ความชอบโดยรวม
0	0	6.6667ns	6.5000ns	4.0833b	3.3333cd	3.9167bc	2.6667cd	4.2500c
30	15	6.9167ns	6.7500ns	3.5833b	3.5000cd	4.1667bc	2.6667cd	4.5000c
30	30	7.4167ns	7.2500ns	6.3333a	5.9167ab	6.4167a	5.3333ab	6.1667ab
40	15	7.000ns	6.6667ns	3.1667b	3.0000d	3.7500c	2.3333d	4.3333c
40	30	7.500ns	7.4167ns	6.7500a	6.0833ab	6.6667a	5.4167a	6.7500a
50	15	7.5833ns	7.2500ns	6.9167a	6.5833a	6.5000a	6.1667a	6.8333a
50	30	7.3333ns	7.0833ns	5.6667a	4.7500bc	5.5833ab	3.9167bc	5.0833bc

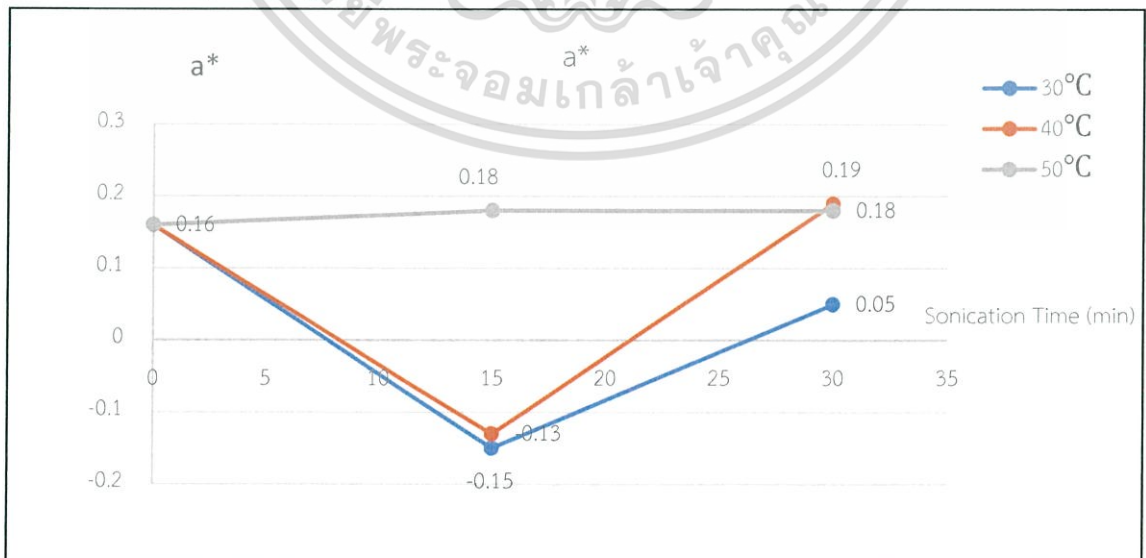
5.2 ผลการทดสอบการวัดสีของซีส



รูปที่ 17 กราฟแสดงค่าความสว่างของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชันที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 17 การผลิตซีสผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันจะแสดงให้เห็นว่าค่า L^* (ค่าบ่งบอกความสว่าง) จะมีค่าอยู่ในช่วง 89.78-94.98 ซึ่งมีค่าลดลงและสูงขึ้น เมื่อเทียบกับค่า L^* ของซีสที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชัน

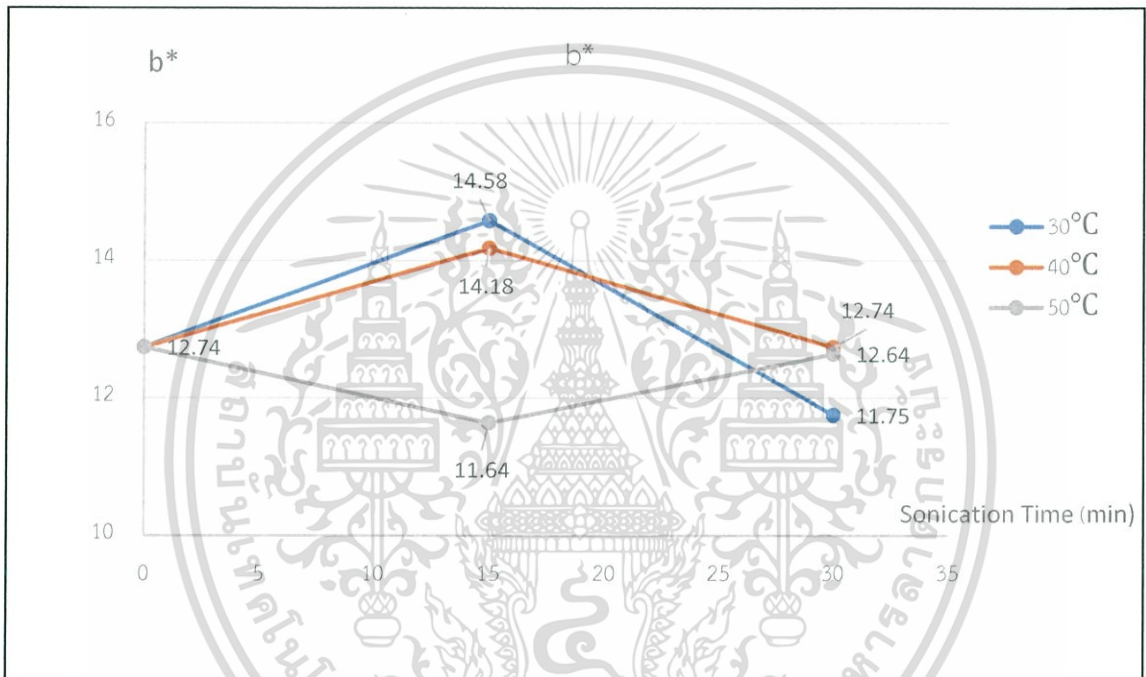
กระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันจะเปรียบเทียบค่า L^* ที่อุณหภูมิ 30 °C, 40 °C และ 50 °C และที่เวลา 15 และ 30 นาที จะพบว่าค่า L^* = 89.78 น้อยที่สุดที่อุณหภูมิ 40 °C และเวลา 15 นาที และค่า L^* = 94.98 มากที่สุด ที่อุณหภูมิ 30 °C เวลา 30 นาที



รูปที่ 18 กราฟแสดงค่าสีแดง-เขียวของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชันที่แตกต่างกัน

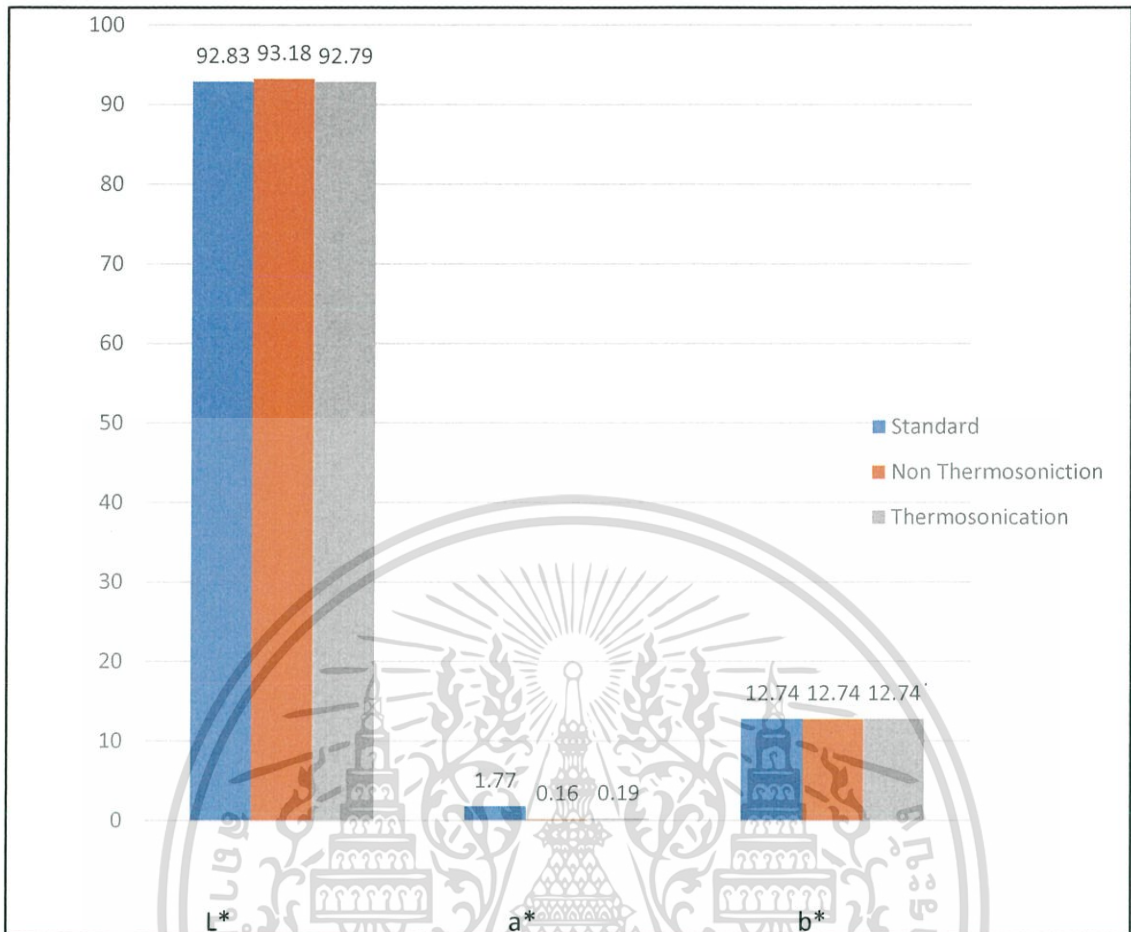
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 18 กราฟจะแสดงให้เห็นว่าเมื่อซีสม่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันที่อุณหภูมิ 50°C จะพบว่า การทำเทอร์โมโซนิเคชันไม่ได้ทำให้ค่า a^* เปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ในทางกลับกันที่ อุณหภูมิ 30°C และ 40°C จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* ลดลงอย่างมากในช่วงเวลา 0-15 นาทีและเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 15-30 นาที ค่า a^* ที่ซีสม่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันสูงสุดมีค่า 0.19 ที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที ซึ่งจะอยู่ในช่วงที่ให้ค่าสีเป็นสีแดง และค่า a^* ต่ำสุดมีค่า -0.15 ที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 15 นาที จะอยู่ในช่วงที่ให้ค่าสีเป็นสีเขียว ค่า a^* เมื่อซีสม่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันค่าของช่วงสีจะเปลี่ยนเป็นทั้งช่วงสีแดงและช่วงสีเขียว ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาทำการเทอร์โมโซนิเคชัน



รูปที่ 19 กราฟแสดงค่าสีเหลือง-น้ำเงินของซีสที่ทำการเทอร์โมโซนิเคชันที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 19 กราฟจะพบว่าค่า b^* (ค่าที่บ่งบอกช่วงความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน) เมื่อซีสม่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชัน ค่า b^* จะเพิ่มขึ้นและลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับค่า b^* ของซีสที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันจากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 30°C และ 40°C ค่า b^* จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที จะมีค่าสูงสุดถึง 14.58 ที่อุณหภูมิ 30°C และลดลงเมื่อทำการ เทอร์ โมโซนิเคชันผ่านไป 30 นาที แต่ในทางกลับกันที่อุณหภูมิ 50°C ซีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันแล้ว จะมีค่า b^* ที่ลดลงในเวลา 15 นาที และเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที เมื่อซีสม่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันค่า b^* ยังคงอยู่ในช่วงของความ เป็นสีเหลือง



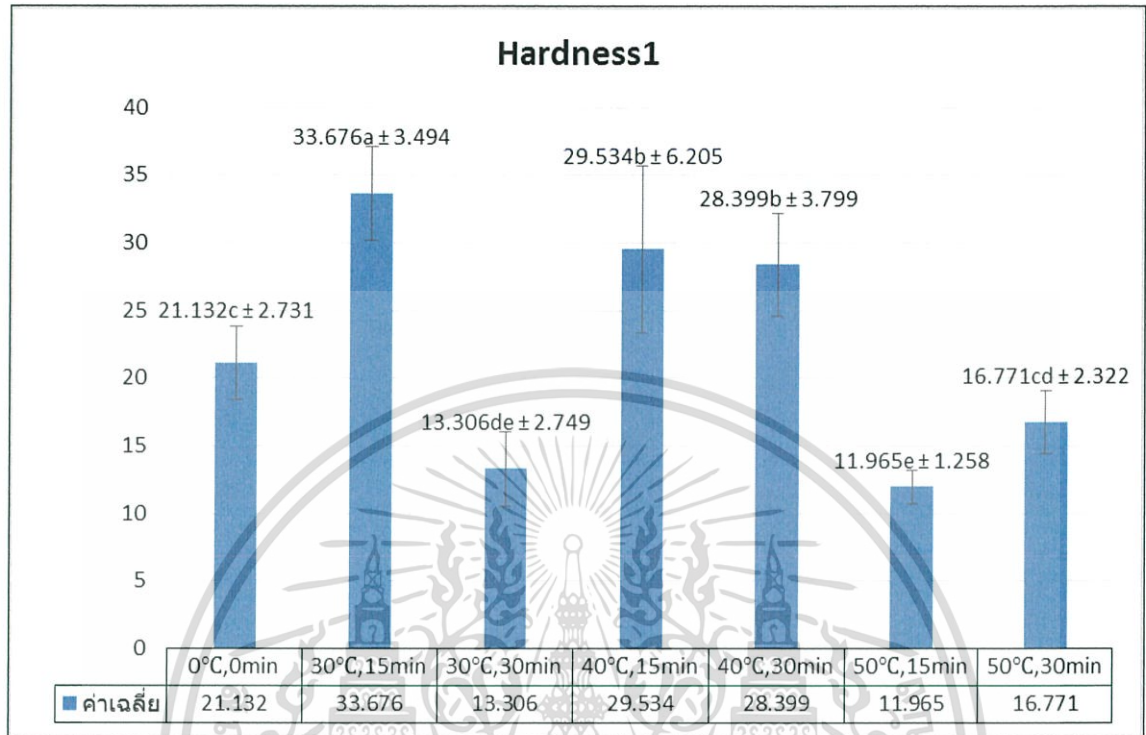
รูปที่ 20 กราฟแท่งแสดงค่าสี L*, a*, b* ของซีส

จากรูปที่ 20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ L*, a*, b* ของซีสจากซีสมมาตรฐานที่นำมาจากการขายตามท้องตลาดทั่วไปและซีสที่ผ่านการทดลองโดยผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชัน และไม่ผ่านการเทอร์โมโซนิเคชันจะพบว่าค่า L* และ a* ของซีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันจะมีค่าใกล้เคียงกับ L* และ a* ของซีสที่ขายตามท้องตลาด โดยที่ค่า L* และ a* จะมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ที่ 0.043% (40°C, 30min), 89.266% (50°C, 30min) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่า L* และ a* ของซีสที่ไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันจะพบว่า ค่า L* และ a* จะมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ที่ 0.377% และ 90.96% ตามลำดับ ส่วน b* จากการทดลองจะพบว่าการทำเทอร์โมโซนิเคชันและไม่ทำเทอร์โมโซนิเคชันค่า b* จะมีค่าเท่ากับค่า b* ที่วัดได้จากซีสตามท้องตลาด

5.3 ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของซีส

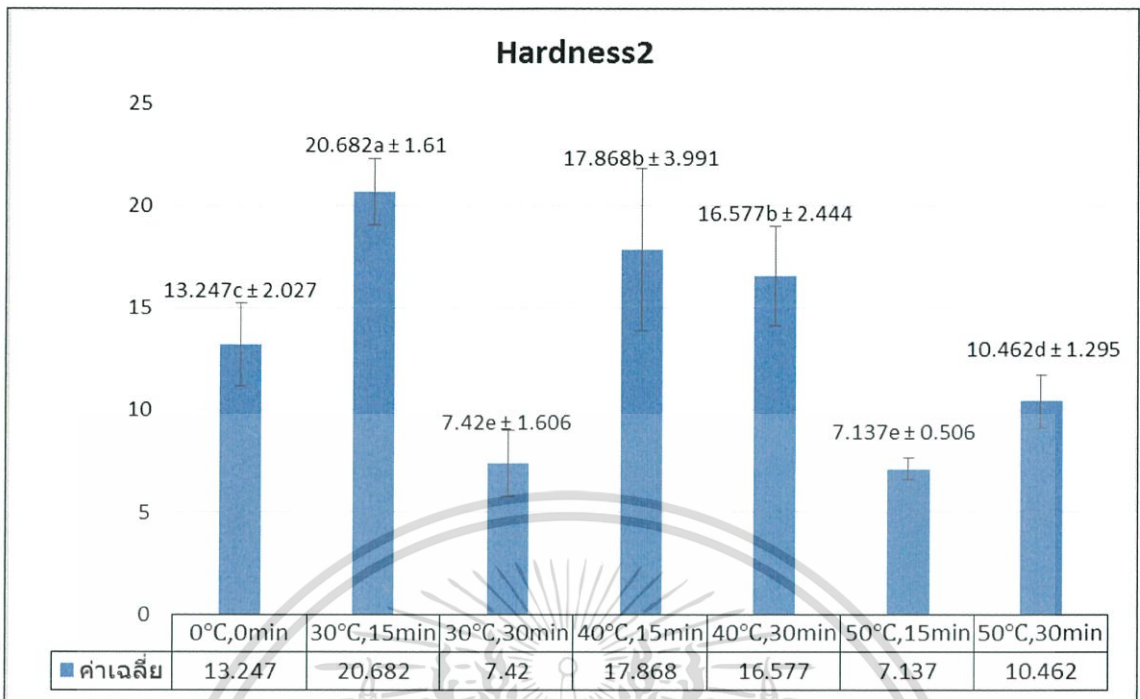
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



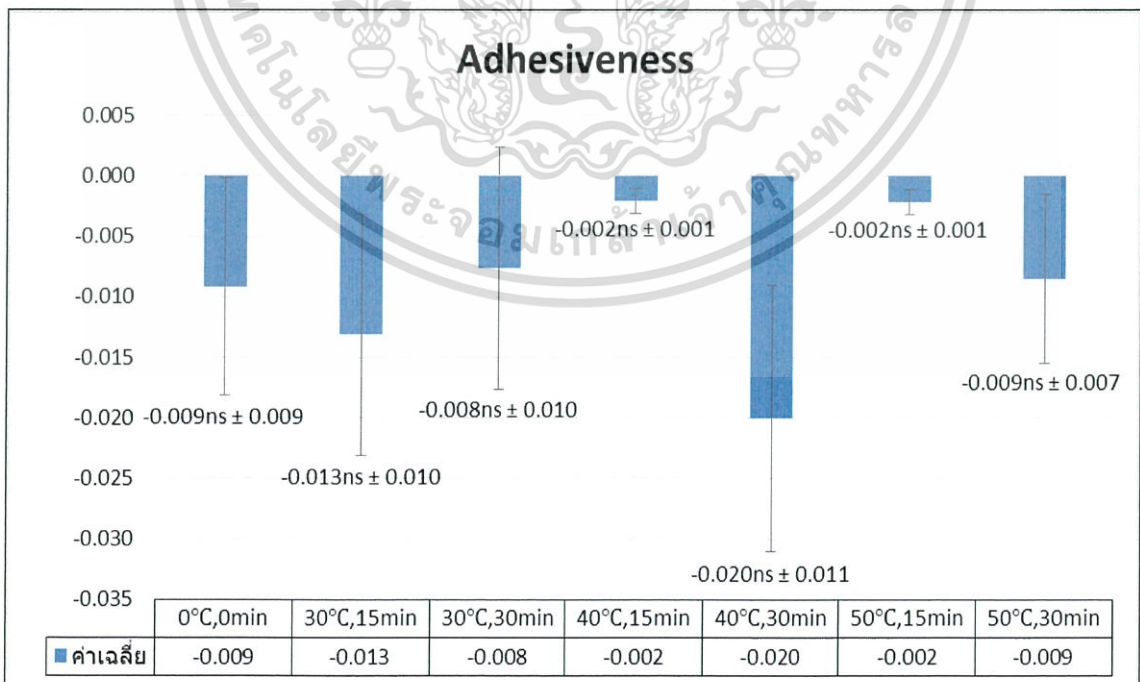
รูปที่ 21 กราฟแท่งแสดงค่าความแข็ง 1 ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 21 ค่าความแข็ง 1 ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 15 นาที มีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที และค่าความแข็ง 1 ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 22 กราฟแท่งแสดงค่าความแข็ง 2 ของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

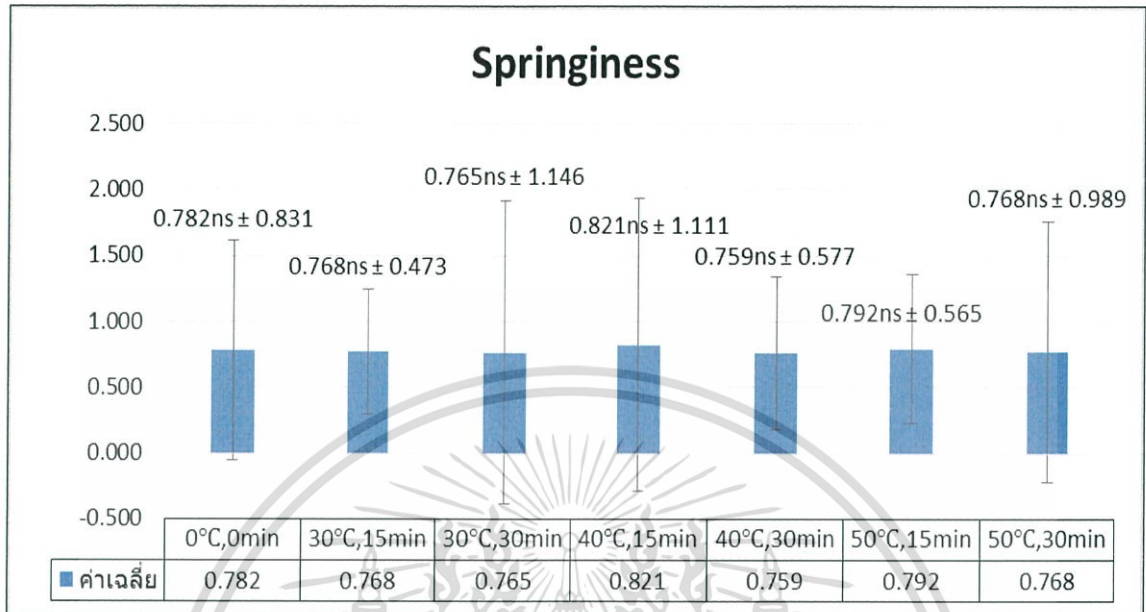
จากรูปที่ 22 ค่าความแข็ง 2 ของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 15 นาที มีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที และค่าความแข็ง 2 ของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 23 กราฟแท่งแสดงค่าการยึดติดของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

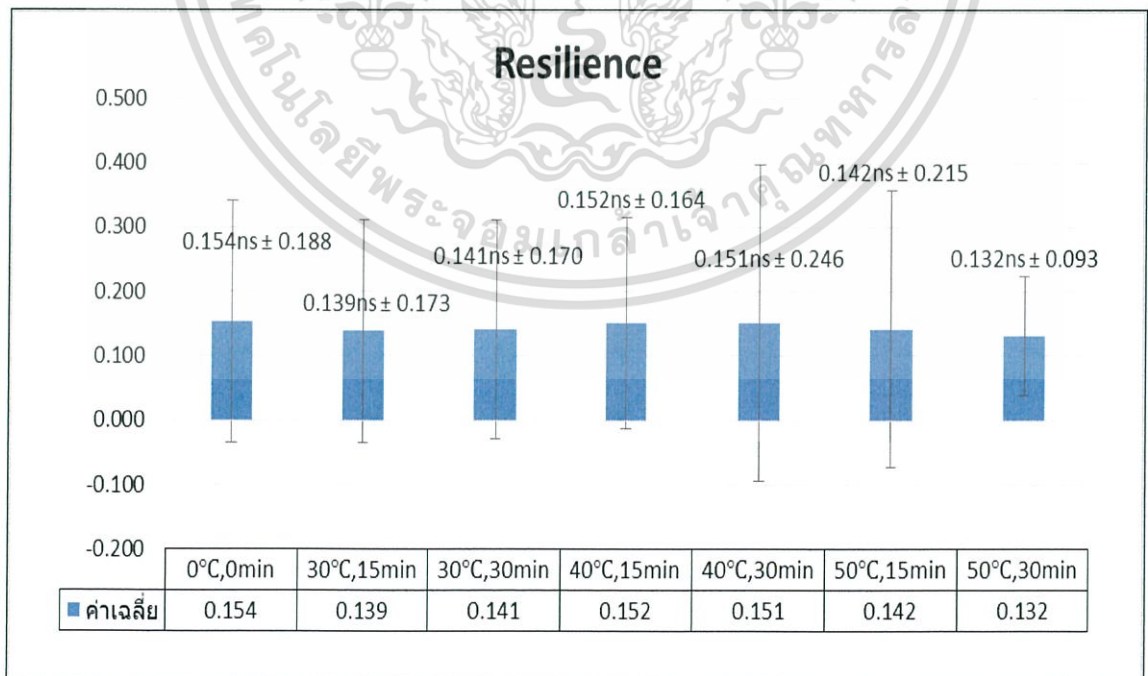
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 23 ค่าเฉลี่ยทางสถิติของการยึดติดของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 24 กราฟแท่งแสดงค่าความตึงของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

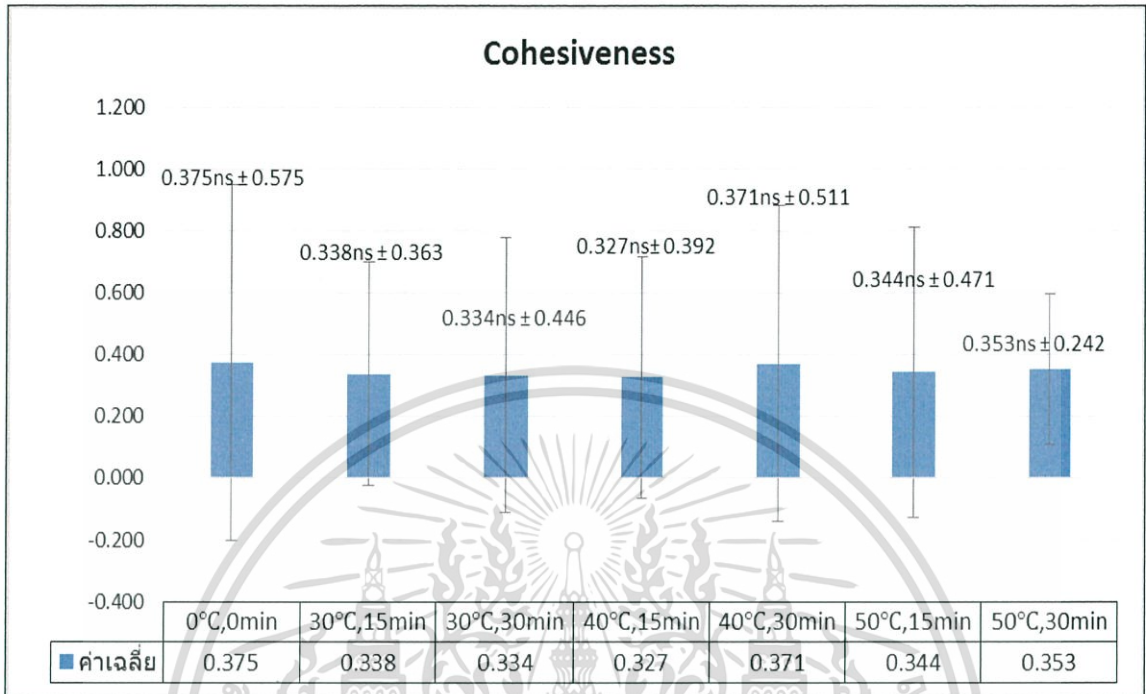
จากรูปที่ 24 ค่าเฉลี่ยทางสถิติของค่าความตึงของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 25 กราฟแท่งแสดงค่าความหยุ่นของซีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

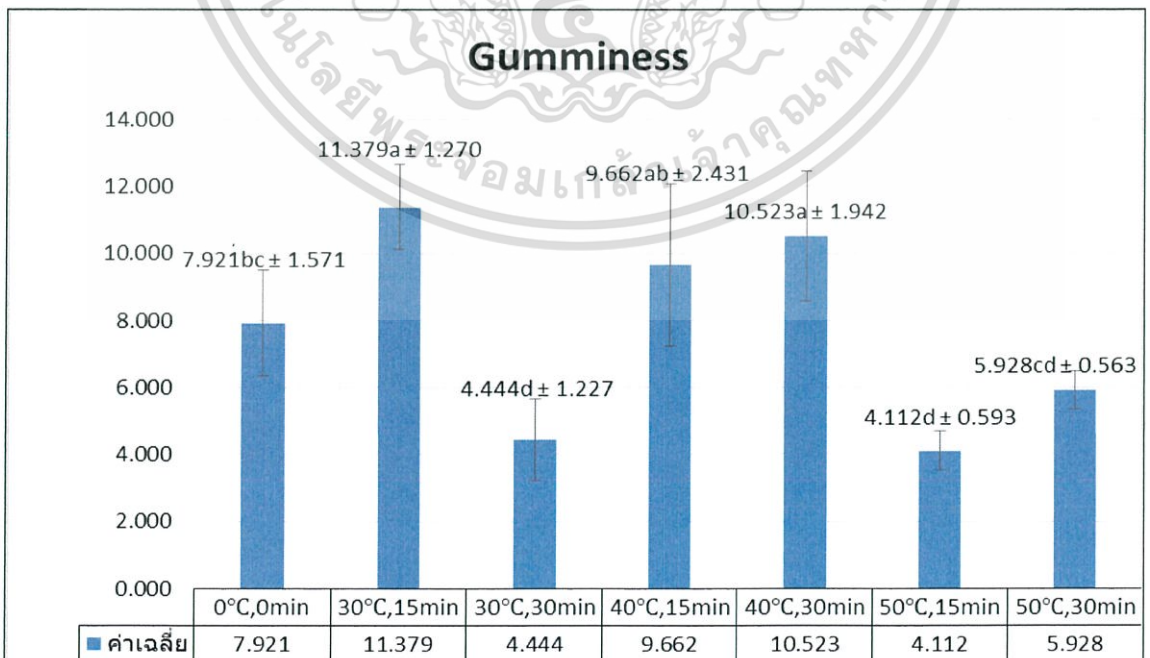
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 25 ค่าเฉลี่ยทางสถิติของค่าความหยุ่นของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน
 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



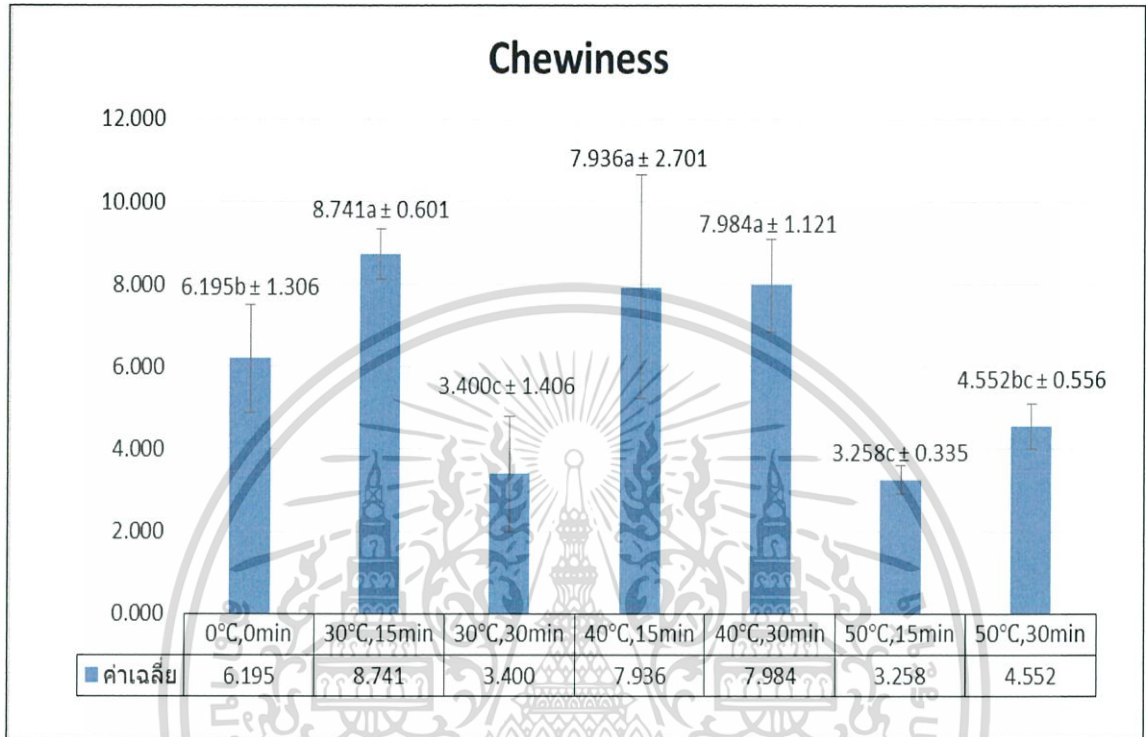
รูปที่ 26 กราฟแท่งแสดงค่าความยืดตัวกันเองของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 26 ค่าเฉลี่ยทางสถิติของค่าความยืดตัวกันเองของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่
 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 27 กราฟแท่งแสดงค่าความเหนียวของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปเผยแพร่ในสื่อ
 ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

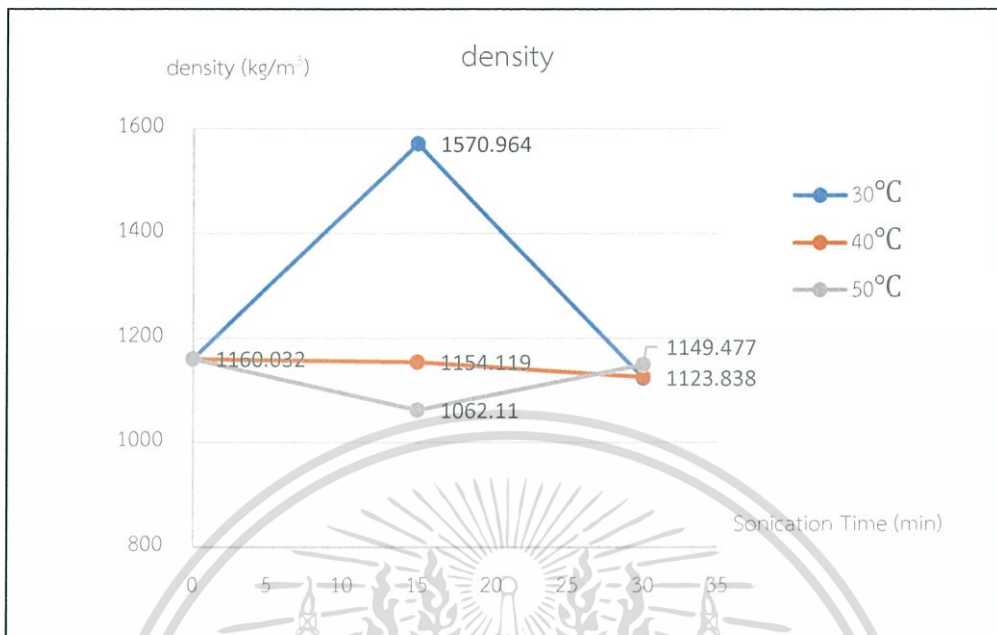
จากรูปที่ 27 ค่าความเหนียวของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 15 นาที มีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที และค่าความเหนียวของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 28 กราฟแท่งแสดงค่าความเคี้ยวได้ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

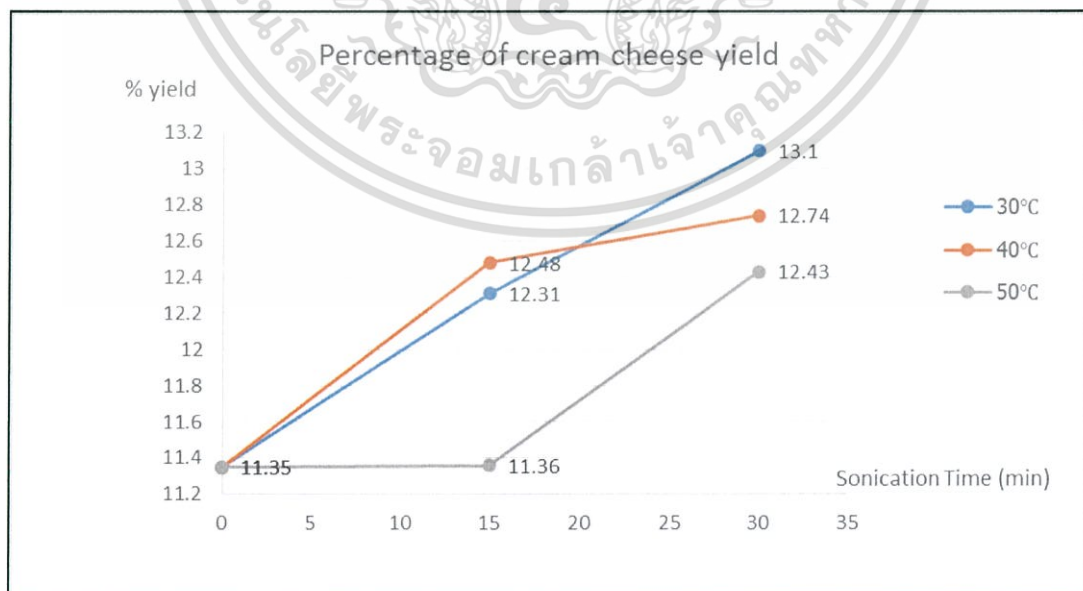
จากรูปที่ 28 ค่าความเคี้ยวได้ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 15 นาที มีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที และค่าความเคี้ยวได้ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีค่าน้อยที่สุด

5.4 ผลการทดสอบโดยการคำนวณค่าความหนาแน่นและเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของชีส



รูปที่ 29 กราฟแสดงค่าความหนาแน่นของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชันที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 29 กราฟแสดงให้เห็นว่าค่าความหนาแน่นของชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันจะมีค่าอยู่ในช่วง 1062.11-1570.964 (kg/m³) ซึ่งมีค่าลดลงที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที, อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที, อุณหภูมิ 30°C เวลา 30 นาที, อุณหภูมิ 50°C เวลา 30 นาที, อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาทีและเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 15 นาที เมื่อเทียบกับชีสที่ไม่ผ่านการเทอร์โมโซนิเคชัน



รูปที่ 30 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชันที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 30 กราฟจะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ชีสที่ได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 30°C ที่เวลา 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์ชีสที่ได้สูงสุดเท่ากับ 13.1 และต่ำสุดที่ชีสที่ไม่ผ่านการเทอร์โมไซไนเซชัน มีค่าเท่ากับ 11.35

5.5 การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม

เมื่อเราได้ทำการทดลองทั้งหมดในการทดลองนี้รวมไปถึงการออกแบบอุปกรณ์ที่จะใช้ในการผลิตชีสแล้วเราจึงได้ทำการวิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อดูว่าจะต้องผลิตชีสเป็นจำนวนเท่าไรถึงจะมีความคุ้มทุนซึ่งเราเรียกว่า “จุดคุ้มทุน”

ในการทดสอบเครื่องทำชีส ใช้แรงงานในการปฏิบัติงาน 1 คน สามารถทำชีสเฉลี่ยได้ 1.3 กิโลกรัมต่อครั้ง โดยใช้พลังงานไฟฟ้า 2.32 กิโลวัตต์ต่อครั้ง

เมื่อกำหนดให้ใช้งานเครื่องวันละ 2 ครั้ง ปีละ 260 วัน สามารถประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อลิตร) และระยะเวลาคืนทุนของเครื่องทำชีสได้ดังนี้

5.5.1 ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

1) ค่าเสื่อมราคา (Depreciation, DP) คิดค่าเสื่อมราคา DP แบบ Straight-line method $DP=(P-S)/L$ โดยราคาของเครื่องทำชีส (P) เท่ากับ 36273 บาท มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10% ของราคาเครื่อง

ดังนั้น มูลค่าซากของเครื่อง (S) = $(10/100)P = 3627.3$ บาท

ค่าเสื่อมราคา $DP = (36273-3627.3)/10 = 3264.57$ บาท

2) ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest or investment) คิดค่าเสียโอกาส

$$I = \frac{(P+S)}{2} \times \frac{i}{100} \text{ โดยที่กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปี (i) เท่ากับ 2.375\% ต่อปี}$$

$$\text{ดังนั้นค่าเสียโอกาสต่อปี } I = \frac{(36273+3627.3)}{2} \times \frac{2.375}{100} = 473.82 \text{ บาท}$$

$$\text{รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed Cost) = ค่าเสื่อมราคา (DP) + ค่าดอกเบี้ย (I)}$$

$$= 3264.57 + 473.82$$

$$= 3738.39 \text{ บาทต่อปี}$$

2. ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost)

1) ค่าบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ค่าน้ำยาล้างจาน 10 บาทต่อขวด ใช้จำนวน 6 ขวด ใน 1 ปี คิดเป็น $10 \times 6 \times 1 = 60$ บาทต่อปี

2)ค่าไฟฟ้า

-ใช้มอเตอร์กวนนมและตัวปรับความเร็วรอบ 25W ใช้เป็นเวลา 98 นาที สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า $(25 \times 98) / (60 \times 1000) = 0.0408$ kWh ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.9780 บาท ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็นค่าไฟฟ้าเท่ากับ $0.0408 \times 2.978 \times 1 \times 260 \times 2 = 63.181$ บาทต่อปี

-ใช้ heater ทำความร้อน 1500W ใช้เป็นเวลา 85 นาที สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า $(1500 \times 85) / (60 \times 1000) = 2.125$ kWh ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.9780 บาท ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็นค่าไฟฟ้าเท่ากับ $2.125 \times 2.978 \times 1 \times 260 \times 2 = 3290.96$ บาทต่อปี

-ใช้ ultrasonic 300W ใช้เป็นเวลา 30 นาที สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า $(300 \times 30) / (60 \times 1000) = 0.15$ kWh ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.9780 บาท ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็นค่าไฟฟ้าเท่ากับ $0.15 \times 2.978 \times 1 \times 260 \times 2 = 232.28$ บาทต่อปี

-ค่านมดิบ 27 บาทต่อกิโลกรัม 1 ครั้งใช้จำนวน 10 กิโลกรัม ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น $27 \times 10 \times 260 \times 2 = 140400$ บาทต่อปี

-ค่าน้ำแข็ง 10 บาทต่อ 1 ครั้ง ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น $10 \times 260 \times 2 = 5200$ บาทต่อปี

-ค่าเกลือบริสุทธิ์ 13 บาทต่อกิโลกรัม 1 ครั้งใช้จำนวน 20 กรัม ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น $13 \times (20 / 1000) \times 1 \times 260 \times 2 = 135.2$ บาทต่อปี

-ค่าเรนเนท 1177 บาทต่อ 100 กรัม 1 ครั้งใช้จำนวน 0.5 กรัม ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น $1177 \times (0.5 / 100) \times 1 \times 260 \times 2 = 3060.2$ บาทต่อปี

-หัวเชื้อ lyofast MW 036R 850 บาทต่อ 16.94 กรัม 1 ครั้งใช้จำนวน 0.1694 กรัม ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น $850 \times (0.1694 / 16.94) \times 1 \times 260 \times 2 = 4420$ บาทต่อปี
รวมต้นทุนผันแปร เท่ากับ $60 + 63.18 + 3290.69 + 232.28 + 140400 + 5200 + 135.2 + 3060.2 + 4420 = 156861.55$ บาทต่อปี

คิดต้นทุนการใช้งานเครื่องผลิตชีส โดยรวมต้นทุนคงที่กับต้นทุนแปรผัน เท่ากับ $3738.39 + 156861.55 = 160599.94$ บาทต่อปี

การวิเคราะห์หัดตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการต่างๆต้องการทราบว่าจำนวนผลผลิตที่ผลิตแล้วคุ้มทุนควรเป็นเท่าไร เพื่อเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจ จุดคุ้มทุน (break-even point) คือจุดที่รายได้

เท่ากับรายจ่าย นั่นคือกำไรเป็นศูนย์ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้ และผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่างๆ

การคำนวณหาจุดคุ้มทุนโครงการเดียว

กำหนดให้ $C =$ ต้นทุนรวมในการผลิต

$F =$ ต้นทุนคงที่ (36273)

$v =$ ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (302 บาทต่อครั้ง)

$N^* =$ จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน

$N =$ จำนวนการผลิตที่จุดใดๆ

$V =$ ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

$R =$ รายได้

$p =$ ราคาขายต่อหน่วย (1000 บาทต่อ 1 กิโลกรัม)

ต้นทุนรวมในการผลิต

$$C = F + V$$

$$V = vN$$

จึงได้ว่า

$$C = F + vN$$

รายได้

$$R = pN$$

และ

$$N^* = F / (p - v)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ N^* เป็นปริมาณที่จุดผลิตคุ้มทุนพอดี สามารถแสดงได้ด้วยแผนภูมิ



รูปที่ 31 กราฟแสดงการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

พิจารณาจุดตัดที่ได้จากการพล็อตกราฟ ของสมการ $C = F + vN$ และสมการ $R = pN$ จะได้จุดตัดตรงที่บริเวณที่มีปริมาณการผลิตประมาณ 52 kg ซึ่งเรียกว่าจุดคุ้มทุน ในการผลิต 1 ก้อนจะได้ซีสปริมาณ 1.3 kg ดังนั้นจุดคุ้มทุนจึงเป็นจุดที่ต้องทำการผลิตซีสเท่ากับ 52 kg เป็นจำนวน 40 ก้อน ซึ่งก่อให้เกิดรายได้ 52,000 บาท และต้นทุน 51,977 บาท

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส

จากการทดลองพบว่า ชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นนั้นมีคะแนนเฉลี่ยการชิมชีสมากกว่าคะแนนเฉลี่ยของชีสที่ไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่น ซึ่งจากคะแนนความคิดเห็นของผู้ชิม บ่งชี้ว่า ชีสนั้นมีรูปลักษณะที่คล้ายกัน แต่รสชาติชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นนั้นดีกว่าชีสแบบไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่น

6.2 สรุปผลการทดสอบการวัดสีของชีส

จากผลการทดลองพบว่าชีสมาตรฐานที่นำมาจากการขายตามท้องตลาดทั่วไปและชีสที่ผ่านการทดลองโดยผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นและไม่ผ่านการเทอร์โมโซนิเคชั่นจะพบค่า L^* และ a^* ของชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นจะมีค่าใกล้เคียงกับ L^* และ a^* ของชีสที่ขายตามท้องตลาด

6.3 สรุปผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของชีส

จากผลการทดลองแล้วเก็บรวบรวมค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธีทางสถิติแล้ว พบว่า ค่า Hardness 1, Hardness 2, Gumminess และ Chewiness ของชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นและไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่า Adhesiveness, Springiness, Resilience และ Cohesiveness ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6.4 สรุปผลการวัดความหนาแน่นและเปอร์เซ็นต์ผลผลิตของชีส

จากผลการทดลองพบว่าค่าความหนาแน่นของชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นจะมีค่าอยู่ในช่วง 1062.11-1570.964 kg/m³ และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตชีสที่ไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชัน และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชันที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 30 นาที มีค่ามากที่สุดคือ 13.3%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- Abdullah, N., & Nyuk, L.C. (2014). Application of thermosonication treatment in processing and production of high quality and safe-to-drink fruit juices. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 320-327. doi:10.1016/j.aaspro.2014.11.045
- Almanza-Rubio, J.L., Gutierrez-Mendez, N., Leal-Ramos, M.Y., Sepulveda, D., & Salmeron, L. (2016). Modification of the textural and rheological properties of cream cheese using thermosonicated milk. *Journal of Food Engineering*, 168, 223-230. doi:10.1016/j.jfoodeng.2015.08.002
- Awad, T.S., Moharrom, H.A., Shaltout, O.E., Asker, D., & Youssef, M.M. (2012). Application of ultrasound in analysis, processing and quality control of food. *Food Research International*, 48, 410-427. doi:10.1016/j.foodres.2012.05.004
- Cream cheese. (n.d.b). Retrieved August 28, 2016, from wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Cream_cheese
- Evelyn, E., & Silva, F.V.M. (2015). Thermosonication versus thermal processing of skin milk and beef slurry: Modeling the inactivation kinetics of psychrotrophic *Bacillus cereus* spores. *Food Research International*, 67, 67-74. doi:10.1016/j.foodres.2014.10.028
- Heng, B. (2014). Domain 3 – Storage Study Retrieved from <https://plus.google.com/106428641313640145035/posts/BA874KZ9rns>
- Manchasingh, K. (2014). Oneway ANOVA (ANALYSIS OF VARIANCE) Retrieved from <http://kalawatblog.blogspot.com/2014/07/one-way-anova.html>
- Mason, T. J. 1998. Power ultrasound in food processing – the way forward. pp. 105-126. In “Ultrasound in Food Processing”. Povey, M. J. W. and Mason, T. J.(eds.). Blackie Academic & Professional, London.
- Ordonez, J. A., B. Sanz, P. E. Hernandez & P. Lopez-Lorenzo. 1984. A note on the effect of combined ultrasonic and heat treatments on the survival of thermotolerant *streptococci*. *J. Appl. Bacteriol.* 56, 175 -177.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Phadungath, C. (2005). Cream cheese products. *Songklanakarinn J. Sci. Technol*, 27, 191-199. Retrieved from <http://rdo.psu.ac.th/sjstweb/journal/27-1/18cream-cheese.pdf>
- Piyasena, P., Mohareb, E., & McKellar, R.C. (2003). Inactivation of microbes using ultrasound. *International Journal of Food Microbiology*, 87, 207-216. doi:10.1016/s0168-1605(03)00075-8
- Puniya, A. (2016, August 28). Fermented Milk and Dairy Products. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Cream_cheese
- Anon. (n.d.a). ผลิตภัณฑ์นม Retrieved August 29, 2016, http://milkkaset.blogspot.com/2009/09/blog-post_15.html
- Anon. (n.d.c). Ultrasonic Retrieved August 29, 2016, <https://sites.google.com/site/ultrasonictestingproject/thvsdi-thi-keiyw>
- Anon. (n.d.d). เครื่องกำเนิดสัญญาณ September 7, 2016, <http://www.tice.ac.th/Online/Online2-2548/electronic/nuttapong/nutt2.htm>
- Anon. (n.d.e). หลักการของ Piezoelectric sensor Retrieved September 7, 2016, <https://navapadol.files.wordpress.com/2016/01/chapter-02-02.pdf>
- Anon. (n.d.f). เพียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์ Retrieved September 7, 2016, http://researchconference.kps.ku.ac.th/article_9/pdf/o_eng19.pdf
- ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2555). Lactic acid bacteria, 28 สิงหาคม 2559. <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0782/lactic-acid-bacteria-แบคทีเรียผลิตกรดแล็กติก>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รูปอุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ



1. ถังใน



2. ถังนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3. โครงขาตั้งมอเตอร์และใบกวน



4. Heater และกล่องควบคุม Heater

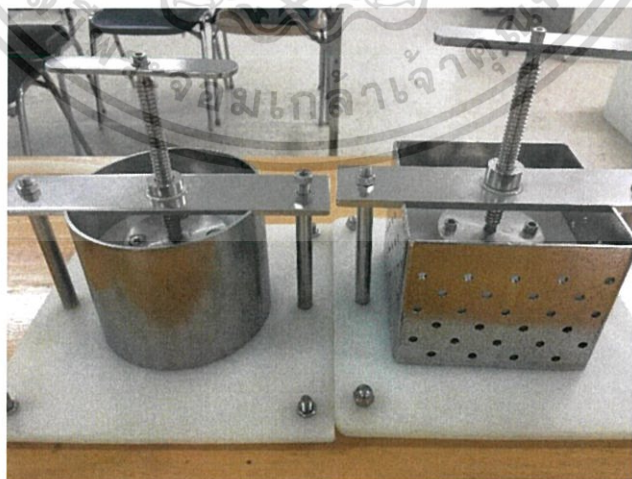
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5. อัลตราโซนิกและกล่องควบคุม

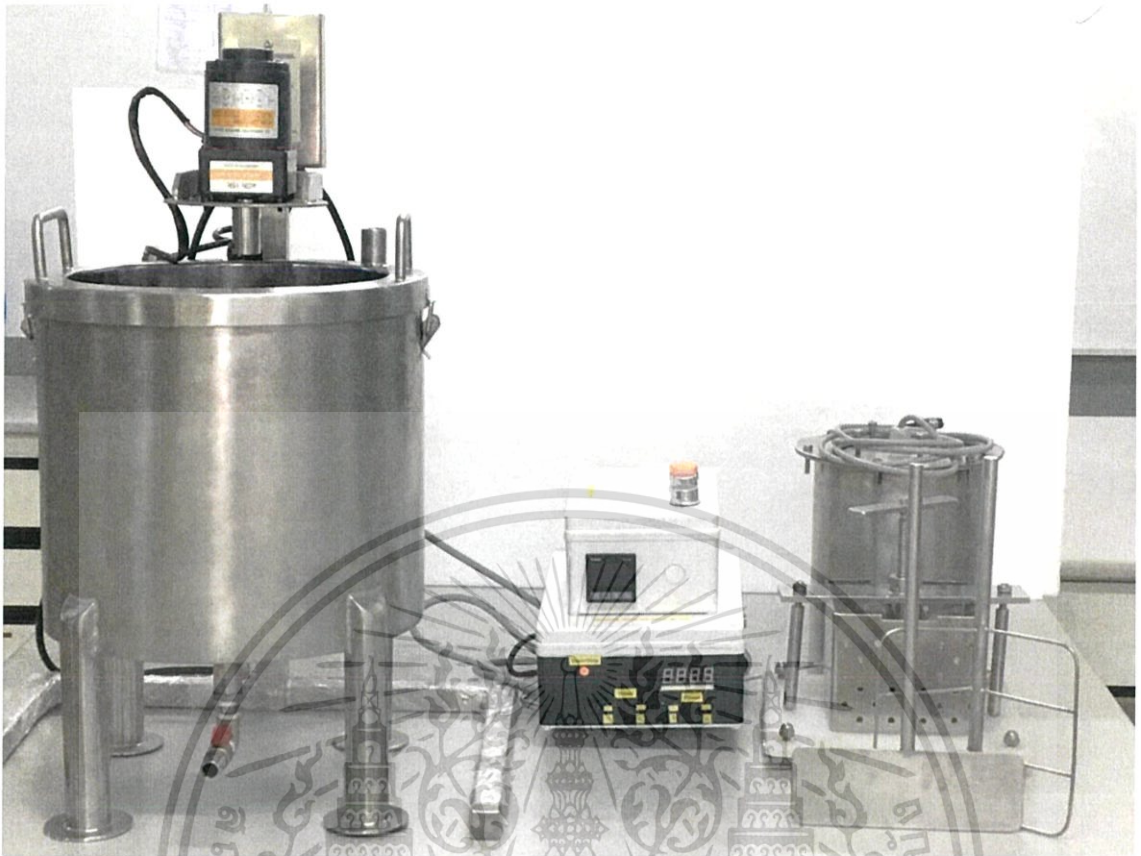


6. ไบควนแบบพายและไบตัดเคิร์ต



7. เครื่องอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8. เครื่องผลิตซีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น

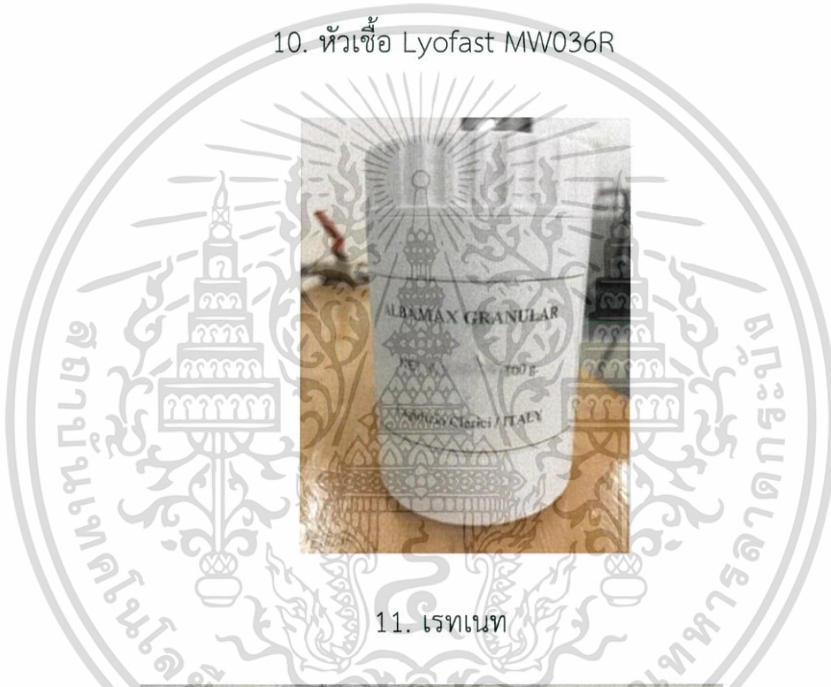


9. น้ันมดืบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



10. หัวเชื้อ Lyofast MW036R



11. เรทเนท



12. อุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



13. เกลือ



14. ซีสที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการทดสอบด้วยการชิม

ตารางที่ ข1 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมไซไนเคชั่น

คนที่	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	รสชาติ	ความเป็นครีม	ความแน่นเนื้อ	ความสามารถในการทา	ความชอบโดยรวม
1	7	7	6	2	5	2	5
2	7	5	6	4	6	3	6
3	5	5	5	5	5	5	5
4	9	9	5	5	2	2	4
5	6	6	1	1	1	1	1
6	5	5	4	5	4	6	6
7	9	9	4	5	6	3	6
8	5	5	3	3	3	3	3
9	5	5	1	5	3	2	5
10	7	7	1	1	2	1	1
11	8	8	7	2	5	2	4
12	7	7	6	2	5	2	5
เฉลี่ย	6.7	6.5	4.1	3.3	3.9	2.7	4.3
S.D	1.5	1.6	2.2	1.7	1.7	1.5	1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 15 นาที

คนที่	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	รสชาติ	ความเป็นครีม	ความแน่นเนื้อ	ความสามารถในการทา	ความชอบโดยรวม
1	7	6	5	5	7	2	5
2	7	5	6	5	6	2	6
3	5	5	7	7	7	7	7
4	9	9	1	1	1	1	2
5	6	6	1	1	1	1	1
6	6	8	4	6	6	5	7
7	9	9	5	7	8	5	8
8	5	5	1	1	1	1	2
9	8	8	2	5	3	3	6
10	7	7	1	1	1	1	1
11	7	8	4	1	8	1	3
12	7	5	6	2	1	3	6
เฉลี่ย	6.9	6.8	3.6	3.5	4.2	2.7	4.5
S.D	1.3	1.6	2.3	2.5	3.1	2.0	2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข3 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 30 นาที

คนที่	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	รสชาติ	ความเป็นครีม	ความแน่นเนื้อ	ความสามารถในการทา	ความชอบโดยรวม
1	7	7	7	6	7	5	7
2	7	5	3	4	6	3	4
3	7	7	7	7	7	7	7
4	9	9	7	8	8	6	5
5	6	6	5	5	5	5	5
6	7	7	7	6	9	7	9
7	9	9	6	7	4	5	6
8	5	5	5	5	5	6	5
9	9	9	8	8	7	7	8
10	8	8	7	6	7	6	6
11	8	8	7	3	5	2	5
12	7	7	7	6	7	5	7
เฉลี่ย	7.4	7.3	6.3	5.9	6.4	5.3	6.2
S.D	1.2	1.4	1.4	1.5	1.4	1.6	1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข4 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที

คนที่	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	รสชาติ	ความเป็นครีม	ความแน่นเนื้อ	ความสามารถในการทา	ความชอบโดยรวม
1	7	6	2	4	8	1	5
2	7	5	1	1	5	1	4
3	5	5	5	5	5	5	5
4	9	9	1	1	1	1	2
5	6	6	1	1	1	1	1
6	6	8	5	6	2	5	6
7	9	9	5	8	9	5	8
8	5	5	1	1	1	1	2
9	8	8	5	5	3	3	7
10	8	7	1	1	1	1	1
11	7	7	7	1	8	1	5
12	7	5	4	2	1	3	6
เฉลี่ย	7.0	6.7	3.2	3.0	3.8	2.3	4.3
S.D	1.3	1.6	2.2	2.5	3.1	1.8	2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข5 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที

คนที่	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	รสชาติ	ความเป็นครีม	ความแน่นเนื้อ	ความสามารถในการทา	ความชอบโดยรวม
1	7	7	6	6	7	4	7
2	7	5	6	5	6	3	6
3	7	7	7	7	7	7	7
4	9	9	8	6	6	6	8
5	7	7	6	6	6	6	6
6	7	8	6	6	7	7	6
7	9	9	7	7	7	7	7
8	5	5	6	6	6	6	6
9	8	8	8	8	9	6	7
10	9	9	8	7	7	7	8
11	8	8	7	3	5	2	5
12	7	7	6	6	7	4	8
เฉลี่ย	7.5	7.4	6.8	6.1	6.7	5.4	6.8
S.D	1.2	1.4	0.9	1.2	1.0	1.7	1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข6 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที

คนที่	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	รสชาติ	ความเป็นครีม	ความแน่นเนื้อ	ความสามารถในการทา	ความชอบโดยรวม
1	8	8	8	8	8	8	8
2	7	75	4	4	5	2	5
3	7	7	7	7	7	7	7
4	9	9	7	5	6	5	7
5	7	7	5	5	5	5	5
6	6	8	7	7	6	7	7
7	9	8	8	8	8	8	9
8	5	5	6	7	6	6	6
9	8	7	6	6	8	6	6
10	9	8	9	8	7	8	8
11	8	8	8	6	5	4	6
12	8	7	8	8	7	8	8
เฉลี่ย	7.6	13.1	6.9	6.6	6.5	6.2	6.8
S.D	1.2	19.5	1.4	1.4	1.2	1.9	1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข7 ตารางแสดงผลการชิมชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 30 นาที

คนที่	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	รสชาติ	ความเป็นครีม	ความแน่นเนื้อ	ความสามารถในการทา	ความชอบโดยรวม
1	7	7	5	3	6	3	5
2	7	5	3	3	6	2	4
3	7	7	7	7	7	7	7
4	9	9	8	8	8	6	7
5	6	6	1	1	1	1	1
6	7	6	8	6	8	6	7
7	9	9	5	6	5	4	6
8	5	5	6	6	6	5	6
9	8	8	7	8	6	6	6
10	8	8	5	2	3	2	2
11	8	8	8	3	5	2	4
12	7	7	5	4	6	3	6
เฉลี่ย	7.3	7.1	5.7	4.8	5.6	3.9	5.1
S.D	1.2	1.4	2.1	2.4	2.0	2.0	2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้