การผลิตเฟต้าชีสด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น

The production of feta cheese using the thermosonication system

นาย ชาญวิทย์ ศรีแจ่ม
นาย ธีรเทพ นิลเถื่อน
นาย สิรภพ รสรื่น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การผลิตเฟต้าชีสด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น

The production of feta cheese using the thermosonication system

นาย ชาญวิทย์ ศรีแจ่ม
นาย ธีรเทพ นิลเถื่อน
นาย สิรภพ รสรื่น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The production of feta cheese using the thermosonication system

Chanwit Srijeam
Theeratep Ninthuean
Sirapop Rosrean

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 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การผลิตเฟต้าชีสด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น

The production of feta cheese using the thermosonication system

นักศึกษาผู้จัดทำ นาย ชาญวิทย์ ศรีแจ่ม รหัสนักศึกษา 58010282

นาย ธีรเทพ นิลเถื่อน รหัสนักศึกษา 58010594

นาย สิรภพ รสรื่น รหัสนักศึกษา 58011309

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร

ปีการศึกษา 2561

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์	
ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์	
ผศ.ดร.จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การผลิตเฟต้าชีสด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น

นักศึกษาผู้จัดทำ นาย ชาญวิทย์ ศรีแจ่ม รหัสนักศึกษา 58010282

นาย ธีรเทพ นิลเถื่อน รหัสนักศึกษา 58010594

นาย สิรภพ รสรื่น รหัสนักศึกษา 58011309

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์

ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์

ผศ.ดร.จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการทดสอบเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น ซึ่งประกอบด้วย 1) ถังในสูง 29 cm จุน้ำนมได้ 10 ลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 28 cm 2) ถัง นอกสูง 31 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 34 cm สูงจากพื้น 15 cm จุน้ำได้ 7 ลิตร ถังนอกหุ้มด้วยฉนวน ไฟเบอร์กลาสเก็บความร้อนได้ดี 3) เครื่องทำโซนิเคชั่น 20 kHz ขนาด 100 W จำนวน 3 หัว พร้อม กล่องควบคุมเวลาในการทำโซนิเคชั่นกว้าง ยาว สูง 19.7 x 29.7 x 10 cm 4) กล่องควบคุมอุณหภูมิ ตัวทำความร้อนขนาด 1.5 kW 220 V 5) เครื่องกวน Motor Gear 220 V AC 25 W ความเร็วรอบ 0-100 rpm มีแกน 1 นิ้ว ต่อผ่านเข้าตัวควบคุมความเร็วรอบและใบกวนกับใบตัดเคิร์ด เส้นผ่านศูนย์กลางแกน 10 mm สูง 32 cm กว้าง 20 cm ได้ทดลองทำการผลิตเฟต้าชีสแล้วนำมาทดสอบคุณภาพ พารามิเตอร์ที่วัด ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ผลผลิต สีโดยใช้เครื่องวัดสี และค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเฟต้าชีสโดย การชิม มี 5 ค่า ได้แก่ ลักษณะปรากฏ, สี, รสชาติ, ความแน่นเนื้อ, ความประทับใจโดยรวม

จากการทดลองสรุปได้ดังนี้ 1) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีสที่ผลิตโดยใช้กระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นได้คะแนนดีกว่าชีสที่วางขายตามท้องตลาด 2) ค่าเนื้อสัมผัส ได้แก่ความแข็ง1 ของชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นมีค่าน้อยกว่าชีสที่มีขายตามท้องตลาด ค่าความเค้น, ค่าความยืดตัวกันเอง, ค่าความเคี้ยวได้ และค่าความยืดหยุ่นของชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นมีมากกว่าชีสที่มีขายตามท้องตลาด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าความแข็ง2, ค่าความเหนียว และ ค่าความยืดติด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% 3) การวัดสีบ่งบอกว่า ค่า L* ของชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นมีค่าความสว่างมากกว่าชีสที่มีขายตามท้องตลาด ส่วนค่า a* และ b* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% 4) ชีสที่ผลิตโดยใช้กระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่ระดับสภาวะ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงที่สุด คือ1427.34 – 1529.32 กรัมต่อน้ำนมดิบ 10 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The production of feta cheese using the thermosonication system
Authors	Chanwit Srijeam 58010282
	Theeratep Ninthuean 58010594
	Sirapop Rosrean 58011309
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Panmanas Sirisomboon
	Asst. Prof. Dr. Teerapong Pholpho
	Asst. Prof. Dr. Jiraporn Jongyingcharoen
Year	2018

Abstract

This thesis reports the test of a small cheese making machine using thermosonication system which consist of 1) an inner bucket with 29 cm height, 28 cm diameter for 10 L volume of milk., 2) an outer bucket with 31 cm height, 34 cm diameter and 15 cm above ground for 8 L volume of water and covered with fiber glass for heat insulation purpose, 3) the sonication machine with 20 kHz 300 W with a sonication time controller, 4) a heater controller with 1.5 kW, 220V 5) the agitator with driving gear motor of AC 25W 220V with 0-100 rpm, and it is with rotating rod with 1 inch diameter connected to 6) stirrer paddle and curd cutter with the size of 32 x 20 cm with 10 mm diameter rod. The cheese samples made by the machine were subjected to the quality test where the parameters including (1) yield, (2) color by spectrophotometer, (3) textural properties by texture profile analysis, were measured. The sensory test was also done on the made cheese where the five terms: appearance, color, taste, firmness and overall likeness were tested.

Conclusively, (1) From the sensory test, the feta cheese made using by thermosonication is better than feta cheese sale in supermarket. (2) Textural properties such as; the feta cheese made using by thermosonication has hardness1 lower than feta cheese sale in supermarket. In contrast springiness, adhesiveness, resilience and chewiness are higher which significantly different at the confidence level of 95%. (3) Color of the feta cheese made using by thermosonication was similar to that of market cheese (4) The maximum yield of the feta cheese made using by thermosonication is 1427.34 – 1529.32 g/10 kg raw milk which using sonication at 30 °C and 30 minutes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการให้ความช่วยเหลือของรศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำ ดูแลเอาใจใส่ และความช่วยเหลือตลอดมา

ขอขอบพระคุณหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้งบประมาณในการสนับสนุนในการทำ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับคำแนะนำ การปรับปรุงและแนวทางการแก้ไข

ขอขอบพระคุณบุคคลากรหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือด้านสถานที่ และอำนวยความสะดวกในการทำงาน

ขอขอบคุณเพื่อนๆหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมา

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ คือ บิดา มารดา และผู้ปกครองอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเลี้ยงดูมาเป็นอย่างดี ให้ความเอาใจใส่เสมอมา และให้การสนับสนุนในทุกเรื่อง พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาอย่างเต็มที่ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ชาญวิทย์ ศรีแจ่ม
ธีรเทพ นิลเถื่อน
สิรภพ รสรื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 ชีส	4
2.2 กระบวนการผลิตชีส	4
2.3 กระบวนการผลิตชีส Feta	5
2.4 ความหมายและประเภทของเครื่องอัลตร้าโซนิค	5
2.4.1 อ่างอัลตร้าโซนิค	5
2.4.2 ระบบอัลตร้าโซนิคแบบโพรบ (Ultrasonic probe systems)	6
2.4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ระบบแผ่นสั่นคู่ขนาน (Equipment involving parallel vibrating plates)	6
2.4.4 ระบบการสั่นตามแนวรัศมี (Radial vibrating systems)	6
2.5 Ultrasound in Food Processing	6
2.6 ผลของคลื่นอัลตราซาวนต่อโปรตีน	7
2.7 หัวเชื้อชีส	7
2.8 เรทเนท	7
2.9 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)	8
2.9.1. การถ่ายเทโดยการนำความร้อน (conduction)	8
2.9.2. การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน (convection)	8
2.9.3. การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อน (radiation)	8
บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง	9
3.1 ขั้นตอนการทดลอง	9
3.1.1 วัตถุดิบในการทำชีส	9
3.1.2 การเตรียมเครื่องมือ	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.1.3 การศึกษาเบื้องต้น	9
3.1.3.1 กระบวนการผลิตเฟต้าชีส(feta cheese)	9
3.1.4 ทำการทดลอง	10
3.1.5 สรุปผลการทดลอง	10
3.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส	10
3.2.1 วิธีทดสอบการชิมแบบให้ระดับ	11
3.3 การทดสอบทางวัตถุวิสัย	13
3.3.1 เครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกล	13
3.3.2 เครื่องวัดสี (Colorimeter)	15
3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการทางสถิติ	16
บทที่ 4 ผลการทดลอง	17
4.1 ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของชีส	17
4.2 ผลการทดสอบการวัดสีของชีส	22
4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส	24
4.4 การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	30
5.1 สรุปผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของชีส	30
5.2 สรุปผลการทดสอบการวัดสีของชีส	30
5.3 สรุปผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส	30
5.4 สรุปการผลิตเฟต้าชีสด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่นสภาวะต่างๆ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	33
ภาคผนวก ก อุปกรณ์และเครื่องมือ	34
ภาคผนวก ข กราฟของผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของชีส	40
ภาคผนวก ค ตารางการทดสอบค่าต่างๆ	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 1 อ่างอัลตร้าโซนิค	5
รูปที่ 2 ระบบอัลตร้าโซนิคแบบโพรบ	6
รูปที่ 3 กราฟ TPA แสดงการหาค่าความยืดหยุ่นแบบต่างๆ	13
รูปที่ 4 L*-a*-b* Chart ของ Hunter Lab	15
รูปที่ 5 แสดงการวัดสีด้าน Top Left Right ของชีส	16
รูปที่ 6 กราฟแท่งแสดงค่า Hardness 1 ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	17
รูปที่ 7 กราฟแท่งแสดงค่า Hardness 2 ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	18
รูปที่ 8 กราฟแท่งแสดงค่า Adhesiveness ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	18
รูปที่ 9 กราฟแท่งแสดงค่า Springiness ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	19
รูปที่ 10 กราฟแท่งแสดงค่า Cohesiveness ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	19
รูปที่ 11 กราฟแท่งแสดงค่า Gumminess ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	20
รูปที่ 12 กราฟแท่งแสดงค่า Chewiness ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	21
รูปที่ 13 กราฟแท่งแสดงค่า Resilience ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	21
รูปที่ 14 ค่า L* ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	22
รูปที่ 15 ค่า a* ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	22
รูปที่ 16 ค่า b* ของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน	23
รูปที่ 17 ค่าสี L*, a*, b* ของชีส	24
รูปที่ 18 กราฟแสดงการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน	29
รูปที่ ก.1 ตัวถังเครื่องทำชีส	34
รูปที่ ก.2 หัวอัลตร้าโซนิคและกล่องควบคุม	34
รูปที่ ก.3 และกล่องควบคุม Heater	35
รูปที่ ก.4 ใบกวนแบบพาย	35
รูปที่ ก.5 เครื่องอัด	36
รูปที่ ก.6 อุปกรณ์ครัวที่นำมาใช้	36
รูปที่ ก.7 น้ำนมดิบ	37
รูปที่ ก.8 หัวเชื้อ Lyofast MOT082DC	37
รูปที่ ก.9 เรทเนท	38
รูปที่ ก.10 เกลือแกง	38
รูปที่ ก.11 แคลเซียมคลอไรด์	39
รูปที่ ก.12 Feta cheese ที่ผลิตได้	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ข.1 กราฟ TPA Test ชีสจากท้องตลาด ตัวอย่างที่ 1	40
รูปที่ ข.2 กราฟ TPA Test ชีสจากท้องตลาด ตัวอย่างที่ 2	40
รูปที่ ข.3 กราฟ TPA Test ชีสที่ไม่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ตัวอย่างที่ 1	41
รูปที่ ข.4 กราฟ TPA Test ชีสที่ไม่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ตัวอย่างที่ 2	41
รูปที่ ข.5 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 30°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 1	42
รูปที่ ข.6 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 30°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 2	42
รูปที่ ข.7 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 30°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 1	43
รูปที่ ข.8 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 30°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 2	43
รูปที่ ข.9 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 40°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 1	44
รูปที่ ข.10 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 40°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 2	44
รูปที่ ข.11 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 40°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 1	45
รูปที่ ข.12 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 40°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 2	45
รูปที่ ข.13 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 50°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 1	46
รูปที่ ข.14 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 50°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 2	46
รูปที่ ข.15 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 50°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 1	47
รูปที่ ข.16 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 50°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 2	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 3.1 สภาวะเทอร์โมโซนิเคชั่น	10
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่าง แบบบันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส	12
ตารางที่ 4.1 สรุปค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่สภาวะเทอร์โมโซนิเคชั่น 30°C เวลา30นาทีกับชีสที่ตามท้องตลาด	26
ตาราง ค.1 ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของชีส	48
ตาราง ค.2 ผลการทดสอบการวัดสีของชีส	48
ตาราง ค.3 น้ำหนักเฉลี่ย	49
ตาราง ค.4 ผลการทดสอบสมมุติฐานของลักษณะที่ปรากฏของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด	49
ตาราง ค.5 ผลการทดสอบสมมุติฐานของสีของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด	49
ตาราง ค.6 ผลการทดสอบสมมุติฐานของกลิ่นรสชีสของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด	50
ตาราง ค.7 ผลการทดสอบสมมุติฐานของความแน่นเนื้อของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด	50
ตาราง ค.8 ผลการทดสอบสมมุติฐานของความประทับใจโดยรวมของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด	50
ตาราง ค.9 ผลการทดสอบสมมุติฐานของค่าสมบัติเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีสที่ผลิตโดยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1ที่มาและความสำคัญ

นมถือว่าเป็นอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารอาหารที่มีคุณค่าและสามารถให้ประโยชน์ทางสุขภาพได้หลากหลาย อุดมไปด้วยแคลเซียมซึ่งเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อสุขภาพกระดูกและฟัน นมมีวิตามินดีช่วยเสริมสร้างสุขภาพกระดูก แคลเซียมและวิตามินดีช่วยป้องกันโรคกระดูกพรุน

ปัจจุบันนี้ได้มีการแปรรูปนมทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่างๆขึ้น เช่น โยเกิร์ต ไอศกรีม นมสดพาสเจอร์ไรซ์และนมสดยูเอชที นมข้นหวาน นมผง ครีม และชีส เป็นต้น ซึ่งการจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะต้องผ่านกระบวนการต่างๆ และใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและน่าพึงพอใจ (Bandler and Singh, n.d.a)

คณะผู้จัดทำโครงงานมีความสนใจเกี่ยวกับการผลิตชีส ซึ่งในปี พ.ศ.2559 รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์และคณะได้สร้างและทดสอบเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่นเพื่อศึกษากระบวนการผลิตชีสและนำไปออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น ในราคาประหยัดแต่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิผล ได้ชีสมีคุณภาพ ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ สี และผลผลิตชีสที่ดีขึ้น และผู้ประกอบการขนาดเล็ก ครัวของโรงแรม ครัวของภัตตาคาร ครัวเรือนและสถาบันการศึกษาที่มีการเรียนการสอนเกี่ยวกับการปริมาณผลิตภัณฑ์จากนมสามารถนำเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่นมาใช้ได้ ซึ่งการทดลองพบว่า

1.ค่าเฉลี่ยทางสถิติของลักษณะที่ปรากฏของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.ค่าเฉลี่ยทางสถิติของสีของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.รสชาติของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.92 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมชอบ รองลงมาเป็นชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที และรสชาติของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40 °C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.17 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมไม่ชอบ

4.ความเป็นครีมของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.58 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมชอบ รองลงมาเป็นชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาที และความเป็นครีมของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.00 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมไม่ชอบ

5.ความแน่นเนื้อของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.67 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมชอบ รองลงมาเป็นชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที และความแน่นเนื้อของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.75 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมไม่ชอบเล็กน้อย

6.ความสามารถในการทาของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.17 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมชอบเล็กน้อย รองลงมาเป็นชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที และความสามารถในการทาของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.33 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมไม่ชอบมาก

7.ความชอบโดยรวมของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ 6.83 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมชอบ รองลงมาเป็นชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที และความชอบโดยรวมของชีสที่ไม่ทำการเทอร์โมโซนิเคชั่น มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 4.25 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ชิมไม่ชอบเล็กน้อย

จากข้อมูลดังกล่าว คณะผู้จัดทำโครงงานเห็นว่าเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่นนี้มีความสามารถในการผลิตชีสได้คุณภาพที่ดี ทดสอบผลิตชนิดอื่นโดยใช้เครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น โดยชีสที่จะผลิตคือ เฟต้าชีส(Feta cheese)

1.2 วัตถุประสงค์

1.เพื่อผลิต Feta cheese ด้วยเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น

2.เพื่อศึกษาคุณสมบัติของ Feta cheese ได้แก่ รสชาติ เนื้อสัมผัส สี ที่ผลิตด้วยเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.เครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น

2.น้ำนมวัวดิบ 10 kgต่อการผลิตหนึ่งครั้ง

3.ชนิดของชีสที่ผลิตคือ เฟต้าชีส (Feta cheese)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.สามารถผลิต Feta cheese ด้วยเครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่นโดยมีต้นทุนต่ำกว่าซื้อท้องตลาด

2. Feta cheese ที่ผลิตได้มีคุณภาพเทียบเท่าหรือดีกว่าตามท้องตลาด

3.เป็นทางเลือกในการใช้งานสำหรับ ธุรกิจขนาดเล็ก ครัวเรือน ร้านอาหาร และอื่นๆที่มีความต้องการผลิตชีส

1.5 ขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี/เดือน									
	พ.ศ. 2561					พ.ศ. 2562				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับชีส	←	→								
2.ทดสอบเครื่อง		←	→							
3.ทดลองและเก็บข้อมูล			←	→	→	→				
4.วิเคราะห์ข้อมูล						←	→			
5.เขียนรูปเล่มปริญญานิพนธ์							←	→		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ชีส

ชีส คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำนมมาผสมกับเอนไซม์หรือกรดหรือจุลินทรีย์จนเกิดการรวมตัวเป็นก้อนแล้วแยกส่วนที่เป็นน้ำออกและนำส่วนที่มีลักษณะลิ่มนมนิ่ม เรียกว่า Curd ซึ่งจะนำมารับประทานในลักษณะสดหรือนำมาบ่มก่อนนำไปใช้ในการประกอบอาหาร (กระทรวงสาธารณสุข, 2543)

ชนิดชีสมีมากกว่า 3,000 ชนิด โดยมีวิธีการแบ่งประเภทแตกต่างกันไป เช่น อาจแบ่งตามชนิด ของนม แบ่งตามวิธีการบ่ม ความชื้น ระยะเวลาในการบ่ม ประเทศที่ผลิต หรือความแข็งของชีส (Anon, 2015)

2.1.1 แบ่งประเภทตามความแข็งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.1.1.1 Very Hard Cheese ชีสที่มีเปลือกหนาเนื้อแข็ง ใช้ระยะเวลาในการบ่มนาน จนแทบไม่เหลือความชื้นอยู่ในชีสเลย ที่รู้จักกันทั่วไปคือ Parmigiano, Reggiano, Parmesan เป็นต้นนิยมนำไปประกอบอาหาร ใส่ในพาสต้า ริซอตโต้ พิซซ่า

2.1.1.2 Hard Cheese เป็นชีสชนิดแข็งที่มีความชื้นเล็กน้อย เช่น Cheddar, Gruyre, Gouda, Emmental, Edam เป็นต้น เหมาะกับการนำไปทำเป็น ฟองดูชีส

2.1.1.3 Semi-Soft Cheese เป็นชีสเนื้อนุ่ม เช่น Mozzarella, Brie, Camembert, Blue Cheese, Feta เป็นต้น นิยมนำมาใช้เป็นหน้าอาหารประเภทต่างๆ เช่น พิซซ่า หรือ ทานคู่กับสลัด

2.1.1.4 Soft Cheese เป็นชีสที่มีความชื้นอยู่สูง เช่น Cottage, Ricotta และ Mascarpone เป็นต้น นิยมนำไปทำเป็นส่วนประกอบของเมนูขนมหวานต่างๆ เช่น ชีสเค้ก, พาย, ทาร์ต

2.2 กระบวนการผลิตชีส

กระบวนการผลิตชีสโดยนำนมดิบที่ผ่านการพลาสเจอร์ไรส์ มาเติมหัวเชื้อแบคทีเรียประเภท Lactic Acid Bacteria ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลแล็กโทสในนมเป็นกรดแล็กติก ทำให้เกิดความกรดในนม ส่งผลให้โปรตีน ไขมันและน้ำบางส่วน จับตัวเป็นก้อนๆหลวมๆหลังจากนั้นทำการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเพื่อกำจัดแบคทีเรีย แล้วเข้าตอนการบรรจุโดยจะแยกส่วนที่เป็นของเหลว เรียกว่า เวย์ ออกก่อนและนำส่วนที่จับตัวเป็นก้อน เรียกว่า Curd นำไปอัดให้เป็นก้อน (Piyaporn, n.d.b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กระบวนการผลิตชีส Feta

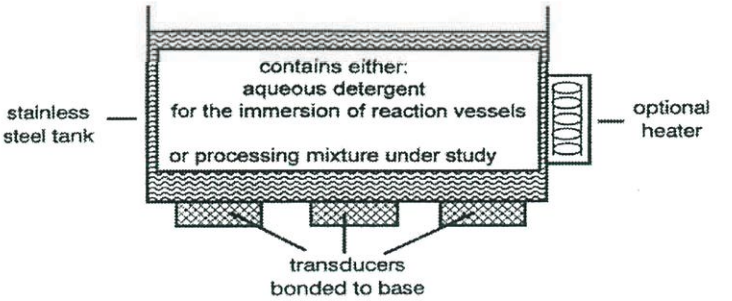
1. ทำการพาสเจอร์ไรซ์น้ำนมดิบที่อุณหภูมิ 72 °C เป็นเวลา 15 วินาที
2. ทำให้อุณหภูมิของน้ำนมลดลงเหลือ 34±2 °C
3. เติมหัวเชื้อชีส (Starter culture) และแคลเซียมคลอไรด์($CaCl_2$)
4. ทิ้งไว้ 30-50 นาที
5. เติมเรนเนทลงไป แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดเคิร์ด (Curd) เป็นเวลา 50±20 นาที
6. ตัดเคิร์ด (Curd) เป็นลูกบาศก์ ขนาด 10-20 มิลลิเมตร
7. กวนเคิร์ด (Curd) ที่ตัดแล้วเป็นเวลา 20±10 นาที
8. แยกน้ำเวย์ (Whey) ออกจากเคิร์ด (Curd) ด้วยการใส่ผ้าขาวบางแล้วแขวนทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 23±2 °C
9. นำชีสที่ได้มาขึ้นรูปในเครื่องอัดแล้วเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสหรือตัดเป็นชิ้นเล็กๆแล้วแช่ในน้ำเกลือหรือน้ำมันมะกอก

2.4 ความหมายและประเภทของเครื่องอัลตร้าโซนิค

อัลตร้าโซนิค (Ultrasonics) หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับคลื่นเสียงหรืออัตร้าซาวน์ในช่วงความถี่ที่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะสามารถได้ยิน อัลตร้าโซนิคเป็นคลื่นที่มีความถี่ 20 kHz ขึ้นไป โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินประมาณ 15 kHz และคลื่นอุลตร้าโซนิคมีคุณสมบัติเด่นเพราะเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้ (Anon, n.d.c)

ประเภทของเครื่องอัลตร้าโซนิคที่ใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบันมีความแตกต่างกันตรงที่การออกแบบแหล่งกำเนิดไฟฟ้า แหล่งกำเนิดคลื่นและตัวเครื่องหรือเซลที่ใช้ร่วมกับแหล่งกำเนิดคลื่นโดยสามารถแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้ (Mason, 1998)

2.4.1 อ่างอัลตร้าโซนิค เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและมีการนำมาใช้เป็นเวลานานแล้วโดยเฉพาะในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากมีราคาไม่แพงเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องที่ใช้ระบบโพรบ โดยทั่วไปทรานส์ดิวเซอร์จะติดอยู่กับบริเวณฐานด้านล่างของอ่างและความถี่ที่ใช้งานส่วนใหญ่ประมาณ 40 kHz อ่างอัลตร้าโซนิคมีลักษณะดังภาพที่ 1 (Mason, 1998)

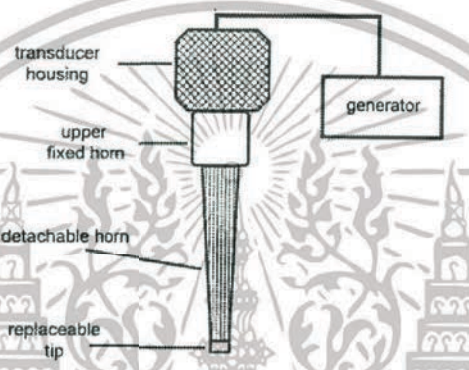


รูปที่ 1 อ่างอัลตร้าโซนิค (Mason, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับอ่างอัลตร้าโซนิคนั้นพลังงานสูงสุดที่สร้างได้จะอยู่ตรงบริเวณระดับความสูงค่าหนึ่งตลอดความลึกของอ่าง ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดคลื่นจากการสะท้อน (Reflection) ของคลื่นอัลตร้าโซนิคที่ถูกสร้างขึ้นตรงบริเวณรอยต่อระหว่างอากาศและของเหลว ซึ่งแยกโดยระยะทางที่เทียบเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสียงของของเหลวภายในอ่าง (สำหรับน้ำ มีค่า λ = 37 มิลลิเมตรที่ความถี่ 40 kHz) ดังนั้นถ้าระดับน้ำในอ่างลดลงต่ำกว่าค่า λ จะมีผลทำให้ไม่สามารถทำให้เกิดคลื่นเสียงที่มีพลังงานสูงได้ (Mason, 1998)

2.4.2 ระบบอัลตร้าโซนิคแบบโพรบ (Ultrasonic probe systems) ในการขยายพลังงานหรือคลื่นเสียงที่เกิดขึ้นจากทรานส์ดิวเซอร์นั้น โดยทั่วไปจะนำ ทรานส์ดิวเซอร์มาต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่เรียกว่าฮอร์น (horn) ลักษณะของฮอร์นจะมีความแตกต่างกันออกไปโดยฮอร์นส่วนใหญ่จะให้ขนาดของความยาวคลื่นครึ่งหนึ่งหรือเป็นพหุคูณกับความยาวของคลื่นเสียงของวัสดุที่นำมาผลิต (Mason, 1998)



รูปที่ 2 ระบบอัลตร้าโซนิคแบบโพรบ (Mason, 1998)

2.4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ระบบแผ่นสั่นคู่ขนาน (Equipment involving parallel vibrating plates) ระบบนี้พบว่าเป็นทางเลือกที่ดีในการนำอัลตร้าโซนิคมาใช้กับงานที่มีลักษณะต่อเนื่อง โดยผลิตภัณฑ์จะได้รับคลื่นอัลตร้าโซนิคอย่างสม่ำเสมอในระหว่างทางที่ไปยังเครื่องอัลตร้าโซนิคซึ่งทำให้เกิดการสั่นที่บริเวณผนังด้านในตัวเครื่อง เมื่อแผ่นดังกล่าวเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันมากขึ้นจะมีผลทำให้การลดทอนพลังงาน (attenuation) ของคลื่นเสียงภายในของเหลวมีค่าต่ำสุดและไม่เกิดคลื่น ข้อดีของระบบแผ่นสั่นคู่ที่ติดตั้งในแต่ละด้านของของเหลวเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ระบบแผ่นสั่นแผ่นเดียวคือคลื่นพลังงานที่เกิดขึ้นก่อนที่จะส่งถ่ายไปยังของเหลวจะสะท้อนไปยังแผ่นที่สั่นอีกแผ่นหนึ่งที่อยู่ตรงกันข้าม ทำให้ผลที่เกิดจากแรงกลมีค่าสูงสุด (Mason, 1998)

2.4.4 ระบบการสั่นตามแนวรัศมี (Radial vibrating systems) ในการให้พลังงานคลื่นอัลตร้าโซนิคกับของเหลวที่ไหลอยู่ภายในท่อนั้น วิธีที่ดีที่สุดคือการใช้การสั่นของท่อเพื่อทำให้เกิดคลื่นพลังงานขึ้นซึ่งจะทำให้อัตราการไหลมีค่าสูงขึ้นรวมทั้งใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นหนืดสูงได้ (Mason, 1998)

2.5 Ultrasound in Food Processing

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์จากนำอัลตราซาวนมาประยุกตใชทางด้านการแพทย์หรือด้านอุตสาหกรรมหรือในกระบวนการแปรรูปอาหาร โดยสามารถแบงออกไดเปน 2 ประเภท ไดแก การใชอัลตราซาวน กำลังต่ำและความถี่สูง (Low power and high frequencies) ซึ่งใชในดานการวิเคราะห

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Diagnostic ultrasound) เปนสวนใหญและการใชอัลตราซาวนกำลังสูงและความถี่ต่ำ (High power and low frequencies) หรือที่เรียกวาพาวเวอรอัลตราซาวน (Power ultrasound) ซึ่งมักนำมาประยุกตใชในกระบวนการแปรรูปอาหารทำเปลี่ยนคุณสมบัติทางกลและทางเคมีของอาหาร สวนมากใชคลื่นในชวงความถี่ 20 – 40 kHz ซึ่งเปนความถี่ที่สรางขึ้นจากอุปกรณอัลตราซาวนทั่วไปที่ใชในการทำความสะอาด การทำให เซลลแตกและในการขึ้นรูปพลาสติก เปนตน (Mason, 1998)

2.6 ผลของคลื่นอัลตราซาวนตอโปรตีน

คลื่นอัลตราซาวนตอโปรตีน พบวามีความซับซอนในการเกิดปฏิกิริยาเมื่อสัมผัสกับคลื่นอัลตราซาวน เช่น โพลีเมอรของโปรตีนทรงกลม (Polymeric globular proteins) จะเกิดการแตกตัวทำใหมีขนาดเล็กลง เปนหนวยยอย และถาในสารละลายตัวกลางนั้นมีแกสออกซิเจน อาจมีผลทำใหโครงสรางจตุรภูมิ (quarternary structure) โดยอาจทำใหสูญเสียสภาพธรรมชาติได ใน สวนของไลโปโปรตีน (Lipoprotein) คลื่นอัลตราซาวนอาจทำใหไขมันบางสวนแยกออกจาก โครงสราง (Delipidation) และในฮีโมโปรตีน (haemoproteins) อาจทำใหเกิดการแยกตัวของฮีม (Haeme) ออกจากโกลบิน (Globin) และในกรณีที่สารละลายโปรตีนไดรับคลื่นอัลตราซาวนเปน เวลานานมากขึ้น อาจมีผลทำใหเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) โดยสายโซโพลีเปบไตดอาจแตกออกทำใหเกิดชิ้นสวนของโมเลกุลยอยที่มีขนาดเล็กลง (Sala et al, 1995)

2.7 หัวเชื้อชีส

แบคทีเรียที่ผลิตกรดแล็กติก (Lactic acid bacteria) คือ กลุ่มของแบคทีเรียแกรมบวก (Gram positive bacteria) ที่สามารถหมักน้ำตาลกลูโคส (Glucose) น้ำตาลแล็กโทส (Lactose) ให้เกิดกรดแล็กทิก (Lactic acid fermentation) แบคทีเรียจำพวกนี้ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ Lactobacillus, Streptococcus, Lactococcus, Leuconostoc เป็นต้น แต่ที่จะนำมาใช้คือ หัวเชื้อชีส (Lyofast MOT082DC) ซึ่งประกอบด้วย Lactobacillus, Streptococcus, Lactococcus
(ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2555)

2.8 เรทเนท

เรทเนทเป็นเอนไซม์ (Enzyme) ชนิดโปรตีเอส (Protease) ผลิตได้จากกระเพาะของลูกวัวที่ยังไม่หย่านมแม่ สามารถย่อยโปรตีนเคซีน (Casein) ชนิดแคปปา-เคซีน (K-Casein) ในน้ำนมให้มีโมเลกุลเล็กลง โดยเรนเนทจะย่อยเคซีนแล้วรวมกับแคลเซียมไอออน แยกตัวออกมาเป็นตะกอนขาวขุ่น กลายเป็นเคิร์ต
(ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อน จากวัตถุหนึ่งซึ่งร้อนกว่าไปยังวัตถุหนึ่งซึ่งเย็นกว่า จะมีการถ่ายเทความร้อนได้ 3 วิธีด้วยกัน

2.9.1. การถ่ายเทโดยการนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยความร้อนจะเคลื่อนที่ไปตามเนื้อของวัตถุจากตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ตำแหน่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่วัตถุที่เป็นตัวกลางในการถ่ายโอนความร้อนไม่ได้เคลื่อนที่ เช่น การนำแผ่นอะลูมิเนียมมาเผาไฟ โมเลกุลของแผ่นอะลูมิเนียมที่อยู่ใกล้เปลวไฟจะร้อนก่อนโมเลกุลที่อยู่ไกลออกไป เมื่อได้รับความร้อนจะสั่นมากขึ้นจึงชนกับโมเลกุลที่อยู่ติดกัน และทำให้โมเลกุลที่อยู่ติดกันสั่นต่อเนื่องกันไป ความร้อนจึงถูกถ่ายโอนไปโดยการสั่นของโมเลกุลของแผ่นอะลูมิเนียมโลหะต่างๆ เช่น เงิน ทอง อะลูมิเนียม เหล็ก เป็นต้น (ณปภัช พิมพ์ดี, 2560)

2.9.2. การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยวัตถุที่เป็นตัวกลางในการพาความร้อนจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับความร้อนที่พาไป ตัวกลางในการพาความร้อนจึงเป็นสารที่โมเลกุลเคลื่อนที่ได้ง่าย ได้แก่ ของเหลวและแก๊ส ลมบกลมทะเลเป็นการเคลื่อนที่ของอากาศที่พาความร้อนจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง (ณปภัช พิมพ์ดี, 2560)

2.9.3. การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง เช่น การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก การแผ่รังสีความร้อนจากเตาไฟไปยังอาหารที่ปิ้งย่างบนเตาไฟ เป็นต้น (ณปภัช พิมพ์ดี, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการทดลอง

3.1.1 วัตถุดิบในการทำชีสต่อการผลิตหนึ่งครั้ง

1. น้ำนมดิบ 10 kg
2. หัวเชื้อชีส (Lyofast MOT082DC , SACCO) 0.17 g
3. เรทเนท (Albamax 2000 IMCU , SACCO) 0.4 g
4. แคลเซียมคลอไรด์ (F015CC ,krungthepchemi) 2 g
5. เกลือ 30 g

3.1.2 การเตรียมเครื่องมือ

1. เครื่องทำชีส
2. เครื่องทำระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น
3. เครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกล (Texture Analyser) (Stable Micro System, UK)
4. เครื่องวัดสี (Colorimeter) (MiniScan EZ 4500L Spectrophotometer, HunterLab, USA)
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Ohaus, Adventure น้ำหนักสูงสุด 3,100 g ความละเอียด 0.01 g)
6. เครื่องอัดชีส
7. อุปกรณ์ที่ใช้ในครัว เช่น ทัพพี ถังน้ำ

3.1.3 การศึกษาเบื้องต้น

3.1.3.1 กระบวนการผลิต เฟต้าชีส (Feta cheese)

1. เทนมดิบลงในถังแล้วทำเพิ่มอุณหภูมิที่ 72 °C เพื่อทำการพาสเจอร์ไรซ์
2. ทำการระบายน้ำร้อนออกเพื่อไม่ให้มีความร้อนสะสมภายในถังและลดอุณหภูมิลงเหลือ 35 °C
3. เติมหัวเชื้อชีสกับแคลเซียมคลอไรด์ลงไป แล้วปล่อยทิ้งไว้ 40 นาที
4. เติมเรนเนทลงไป แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เกิด Curd เป็นเวลา 40 นาที
5. ทำการตัด Curd ให้เป็นก้อนละเอียดเล็กๆ
6. แยกน้ำเวย์ออกจากcurdด้วยผ้าขาวบาง ห้อยทิ้งไว้เป็นเวลา 60 นาทีเพื่อให้น้ำเวย์ออก
7. นำไปใส่เครื่องอัดเพื่อทำการขึ้นรูปชีสให้เป็นทรงที่ต้องกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ทำการทดลอง

กระบวนการทำเฟต้าชีส (Feta cheese)

1. นำน้ำนมดิบ 10 kg ไปผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นด้วยสภาวะต่างๆ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สภาวะเทอร์โมโซนิเคชั่น

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

2. ทำพาสเจอร์ไรซ์น้ำที่อุณหภูมิ 72 °C หลังจากนั้นทำการลดอุณหภูมิลงโดยการระบายน้ำร้อนภายในถังออกแล้วเทน้ำเย็นเข้าไปในตัวถังเพื่อลดอุณหูมิของนมลงไป
3. เมื่อนมมีอุณหภูมิที่ 35 °C เติมหัวเชื้อชีสปริมาณ 0.17 g และแคลเซียมคลอไรด์ 2 g โดยละลายในบีกเกอร์ ด้วยน้ำเปล่าที่ปราศจากคลอรีนก่อนแล้วจึงเทใส่ลงในถังแล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 40 นาที
4. เติมเรนเนทปริมาณ 0.5 g โดยใช้น้ำเปล่าที่ปราศจากคลอลีนละลายเรนเนทในบีกเกอร์ก่อนแล้วจึงเทใส่ลงในถัง และปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดก้อนเคิร์ดประมาณ 40 นาที
5. ทำการเปิดใบกวนตัดเคิร์ดเพื่อทำให้ก้อนเคิร์ดละเอียดเป็นก้อนเล็กๆ
6. แยกน้ำเวย์ออกจาก Curd ด้วยผ้าขาวบาง ห้อยทิ้งไว้เป็นเวลา 60 นาทีเพื่อให้น้ำเวย์ออก
7. นำไปใส่เครื่องอัดเพื่อทำการขึ้นรูปชีสให้เป็นทรงที่ต้องการ
8. นำชีสที่ได้มาทดสอบคุณภาพ ได้แก่ ชั่งน้ำหนัก, นำไปวัดสีด้วยเครื่องวัดสีและวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกล

3.1.5 สรุปผลการทดลอง

3.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส

การทดสอบด้วยการชิมเพื่อประเมินผลของอาหารมีมากมายหลายแบบ แต่ละแบบก็เหมาะที่จะใช้สำหรับปัญหาเฉพาะแต่ละอย่าง ดังนั้นการจะเลือกวิธีใดจึงมีความสำคัญ จะต้องทำความเข้าใจถึงลักษณะของวิธีการทดสอบด้วยการชิมแต่ละแบบที่มีให้เลือกใช้ นอกจากนี้ยังต้องระมัดระวังในการวางแผนทางสถิติและในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย

สำหรับการทดสอบหาความชอบหรือการยอมรับนั้นจะเป็นเครื่องตัดสินความชอบของประชากรที่เป็นตัวแทนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

3.2.1 วิธีทดสอบการชิมแบบให้ระดับ

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 35 คน
3. ค่าประสาทสัมผัสที่ใช้วัด มี 5 ค่า ได้แก่
   1) ลักษณะที่ปรากฏ ดูด้วยสายตา
   2) สี ดูด้วยสายตา
   3) รสชาติ รับรู้ได้ด้วยการชิม
   4) ความแน่นเนื้อ เมื่อรับรู้ได้ด้วยการชิม ความรู้สึกอยู่ในปาก
   5) ความประทับใจโดยรวม
4. การให้คะแนนให้แบ่งเป็นระดับ 9 ระดับ (1 = ไม่ชอบมากอย่างยิ่ง, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบมากปานกลาง, 4 = ไม่ชอบมากเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 6 = ชอบเล็กน้อย, 7 = ชอบปานกลาง, 8 = ชอบมาก, 9 = ชอบมากอย่างยิ่ง) ด้วยการวัดทางประสาทสัมผัสให้ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง แล้วบันทึกผลการชิมใน ตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่าง แบบบันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส

ชื่อ : ..... เพศ : O ชาย O หญิง อายุ : ..... ปี วันที่ : .....

คุณชอบรับประทานชีสหรือไม่ O ชอบ O ไม่ชอบ

คุณเคยซื้อชีสมารับประทานหรือไม่ O เคย O ไม่เคย

คุณเคยนำชีสไปประกอบกับการทำอาหารหรือไม่ O เคย O ไม่เคย

ตามข้อกำหนดที่ให้มา ให้ชิมตัวอย่างชีสที่ให้มาแล้วให้คะแนนตามความชอบของตัวเอง โดยใช้เกณฑ์ตามคุณสมบัติด้านล่าง (กรุณาล้างปากของคุณหลังจากได้ชิมแต่ละตัวอย่าง)

ระดับความชอบจะใช้เป็นดังนี้

1 = ไม่ชอบมากอย่างยิ่ง 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบมากปานกลาง 4 = ไม่ชอบมากเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากอย่างยิ่ง

ให้ใส่ตัวเลขตามระดับความชอบ(1-9) ลงในช่องแต่ละตัวอย่าง

คุณสมบัติ	หมายเลขตัวอย่าง	
	101	102
ลักษณะปรากฏ		
สี		
กลิ่นรสชีส		
ความแน่นเนื้อ		
ความประทับใจโดยรวม		

ข้อเสนอแนะ

.....

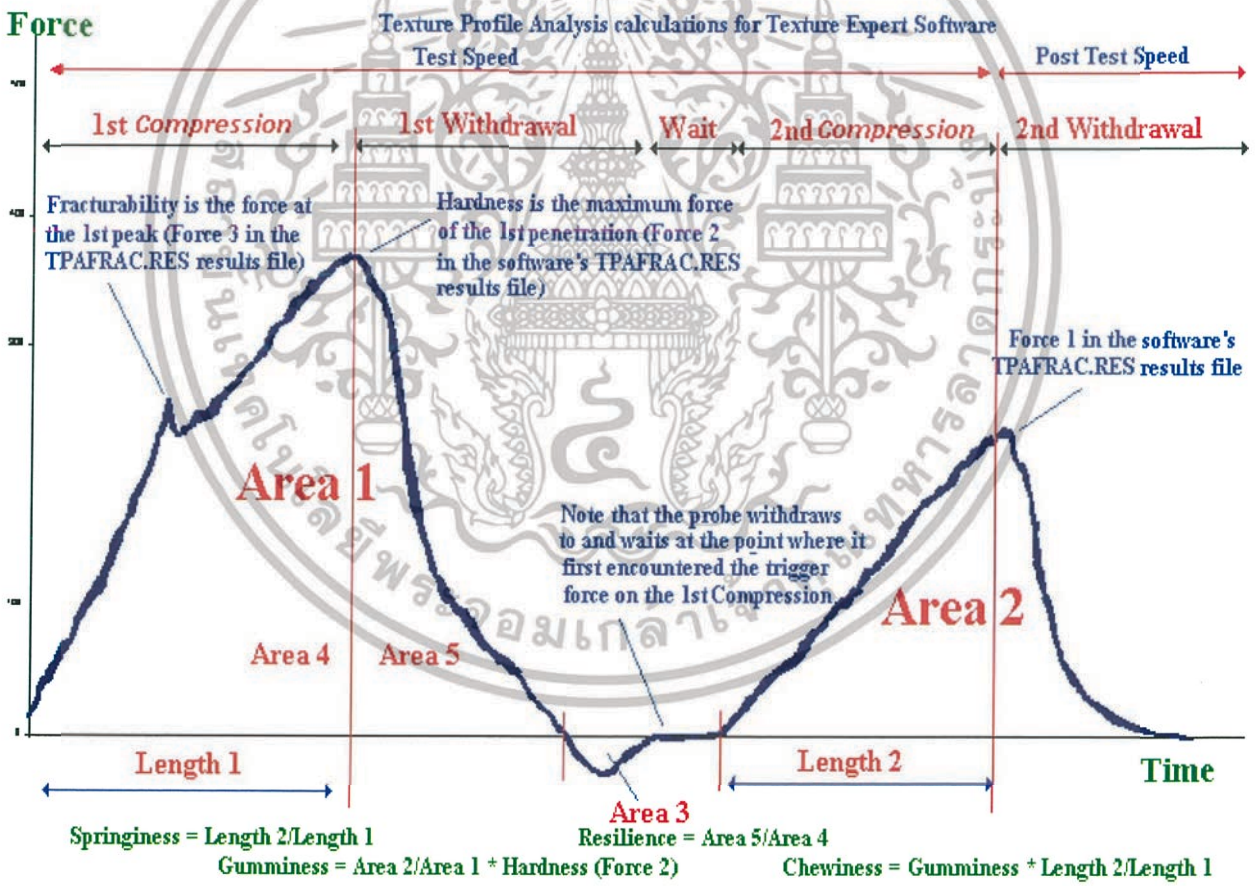
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบทางวัตถุวิสัย

3.3.1 เครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกล

การวัดเนื้อสัมผัสใช้วิธี Texture Profile Analysis (TPA) เป็นวิธีทดสอบเพื่อวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analysis) ของอาหารและแปลความหมายของค่าที่วัดได้เป็นค่าสมบัติทางเนื้อสัมผัส (Texture properties) ด้านต่างๆ เช่น

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



รูปที่ 3 กราฟ TPA แสดงการหาค่าเนื้อสัมผัสต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุและอุปกรณ์

1. ชีสที่อัดแล้ว และตัดเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด 2 x2 x2 cm

2. เครื่องวัดสมบัติเชิงกล 1 เครื่องพร้อมหัวกดแบบ P/100

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องวัดสมบัติเชิงกลและเปิดโปรแกรม Exponent แล้วเลือก New > Graph

2. เช็ดและทำความสะอาดเครื่องด้วยกระดาษทิชชู่ ก่อนเป็นอันดับแรก และทำการติด Hanger

3. เลือก T.A. > Calibrate > ทำการ Calibrate Force โดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานทำด้วยเหล็กไร้สนิมหนัก 2000 g แขวนบนเครื่อง เมื่อ Calibrate เสร็จให้เก็บตุ้มน้ำหนักออกออกแล้วก็ถอด Hanger ออกและติดตั้งหัวกดแบบแผ่นแบน (P/100)

4. เลือก T.A. > Calibrate > ทำการ Calibrate Height โดยกำหนดค่า ดังนี้ Return Distance 100 mm, Return Speed 20, Contact Force 0.5 g ทำการเลื่อนหัวกดมาใกล้กับฐานทดลองเพื่อความสะดวก

5. เลือก T.A.> T.A settings > 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 OK

6. เลือก T.A. > Run A Test กำหนดค่าดังต่อไปนี้ Check Auto Save และสร้างโฟลเดอร์ที่ต้องการเก็บไฟล์ไว้ในไดร์ฟของคอมพิวเตอร์โดยกำหนด Probe Selection เป็นแบบ P/100 กำหนด Parameter Area 400 mm^2 Length 20 mm Width 20 mm Height 20 mm

7. เมื่อตั้งค่าเสร็จแล้วเช็ดทำความสะอาดและนำชีสที่หั่นเตรียมไว้วางบนแท่นให้ได้ศูนย์กลางทั้ง 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

12. ทำการทดลองซ้ำต่อหนึ่งสภาวะ

13. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 เครื่องวัดสี (Colorimeter)

เป็นอุปกรณ์วัดค่าสีที่ใช้แทนสายตามนุษย์โดยใช้หลักการสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งระบบการวัดสี มีอยู่หลายระบบด้วยกัน คือ ระบบ Munsell, ระบบ Tristimulus Value, ระบบ Chromaticity coordinate และระบบ CIE L*a*b* ซึ่งระบบการวัดค่าสีที่นิยมใช้ในงานวิจัยด้านอาหารนิยมใช้ระบบ CIE L*a*b* ซึ่งเป็นระบบที่มีการพัฒนามาจากค่าซีไออีไตรสติมิวลัส (X,Y,Z) และค่าพิกัดซีไออีโครมาติซิตี (x,y,z) เพื่อให้สามารถบอกค่าความแตกต่างของสีได้อย่าสม่ำเสมอ ซึ่งความหมายของค่า CIE L*,a*,b* มีดังนี้

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 4 L*-a*-b* Chart ของ Hunter Lab

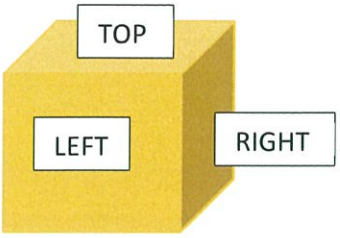
อุปกรณ์

1. ชีสที่อัดแล้ว
2. เครื่องวัดสี (Colorimeter)

วิธีการทดลอง

1.นำชีสที่ผ่านการอัดที่มีลักษณะดังรูปที่5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่5 การวัดสีด้าน Top Left Right ของชีส

2.เปิดเครื่องวัดสีและเข้าโปรแกรม EZMOC ทำการ Set up sensor > Mini Scan EZ > ทำการเซตค่า Mode name > Place black glass at port > นำกระจกสีดำมาวัด > Place whtie glass at port > นำกระจกสีขาวมาวัด > Finish

3. กดปุ่ม Read Sample หลังจากนั้นตั้งชื่อไฟล์ของชีสที่ทำการวัด หลังจากนั้นนำ Colorimeter มาทาบที่ละด้าน ให้ครบทั้งหมด 3 ด้าน

4. ทำการทดลองซ้ำต่อหนึ่งสภาวะ

5.เก็บผลการทดลองที่ได้จากตารางลงในโปรแกรม Excel เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการทางสถิติ

นำค่าที่ได้จากการทดลอง เช่น น้ำหนักของชีสที่ผลิตได้ ค่าสีที่ได้ทำการวัดและค่าต่างๆทางเนื้อสัมผัสที่ได้ทำการวัด มาวิเคราะห์การทางสถิติด้วย (T-test) เป็นการทดสอบความแตกต่าง ระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรเพียงตัวเดียวหรือมีปัจจัยเดียวที่มีจำนวนน้อยกว่า 2 กลุ่มและ (One-Way ANOVA) เป็นการทดสอบความแตกต่าง ระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวหรือมีปัจจัยเดียว แต่จำแนกเป็น 2 กลุ่มขึ้นไป

ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA)

1. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ (ตัวแปรตาม) ต้องมีระดับการวัดตั้งแต่มาตราอันตรภาค (Interval scale) ขึ้นไป

2. กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ

3. กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มต้องเป็นอิสระจากกัน

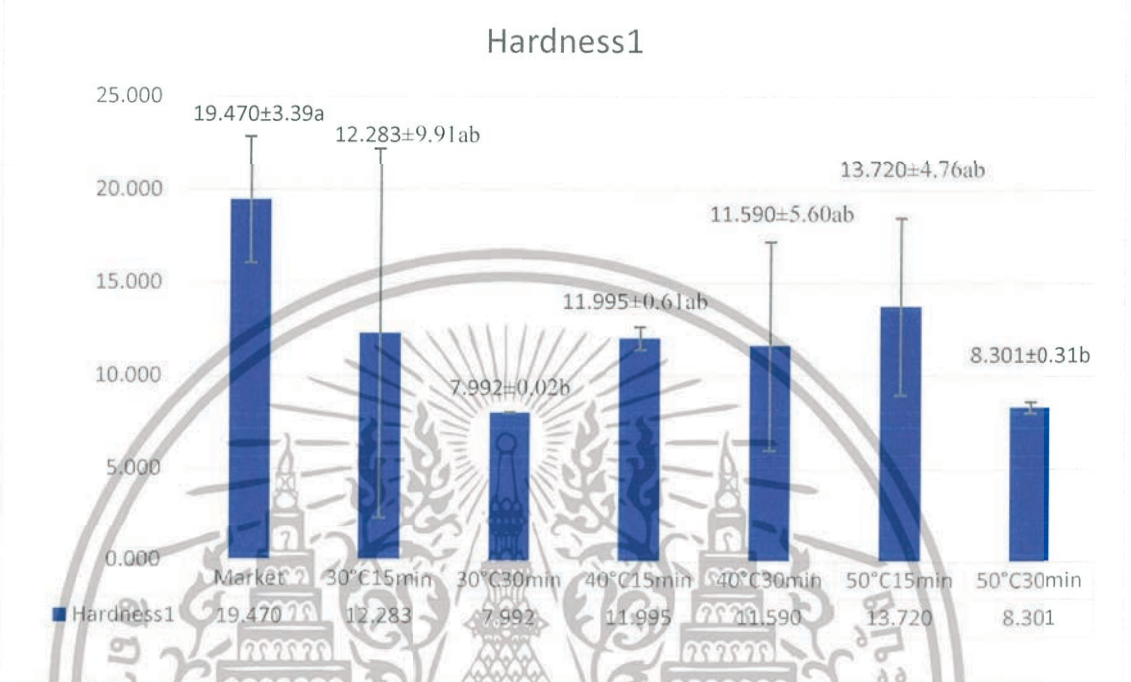
4. กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมาจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

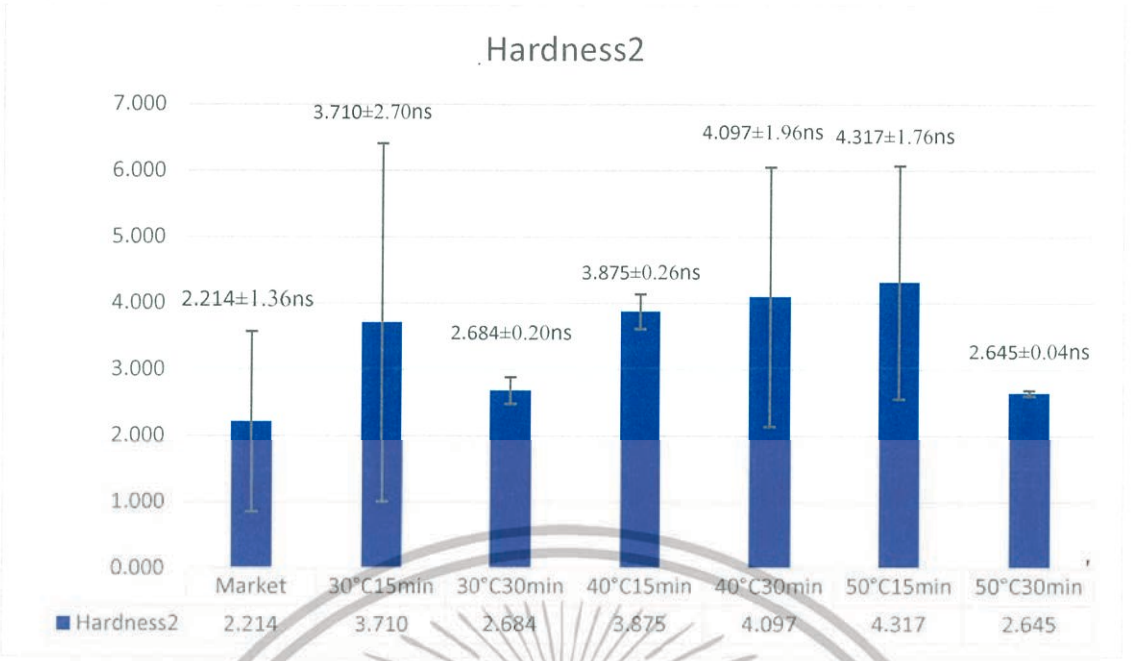
4.1 ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของชีส



รูปที่ 6 กราฟแท่งแสดงค่า Hardness 1 ของเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

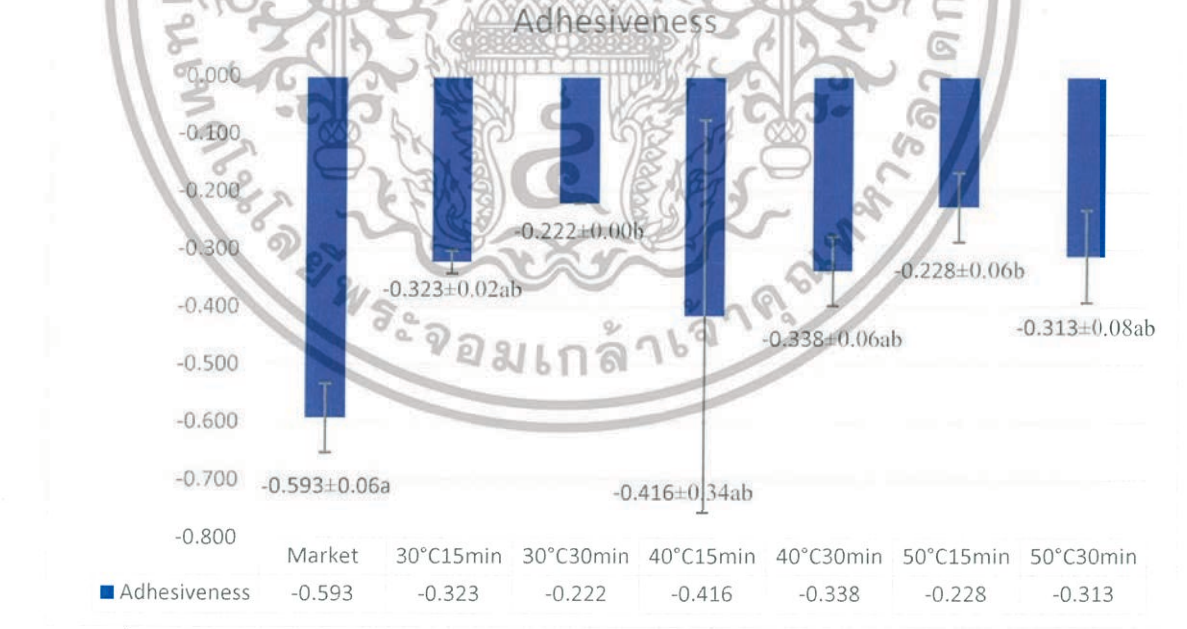
จากรูปที่ 6 พบว่า ค่า Hardness 1 หรือค่าความแข็ง 1 ของเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีค่ามากที่สุด อันดับถัดไปเป็นเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 15 นาที และค่าความแข็ง 1 มีค่าน้อยที่สุดจะเป็นเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 กราฟแท่งแสดงค่า Hardness 2 ของเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 7 พบว่า ค่า Hardness 2 หรือค่าความแข็ง 2 ของเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีค่ามากที่สุด อันดับถัดไปเป็นเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30นาที และค่าความแข็ง 2 มีค่าน้อยที่สุดจะเป็นเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 30 นาที

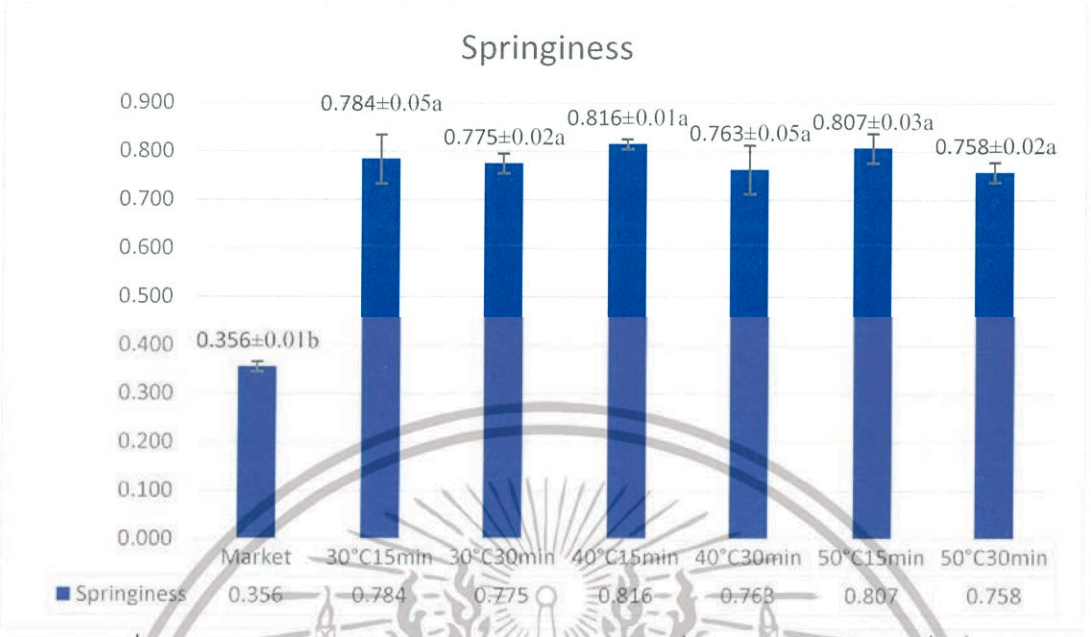


รูปที่ 8 กราฟแท่งแสดงค่า Adhesiveness ของเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 8 พบว่า ค่า Adhesiveness หรือค่าการยึดติดของเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 30 นาที มีค่าติดลบน้อยที่สุด อันดับถัดไปเป็นเฟต้าชีสที่มีไม่ผ่านกระบวนการเทอโมโซ

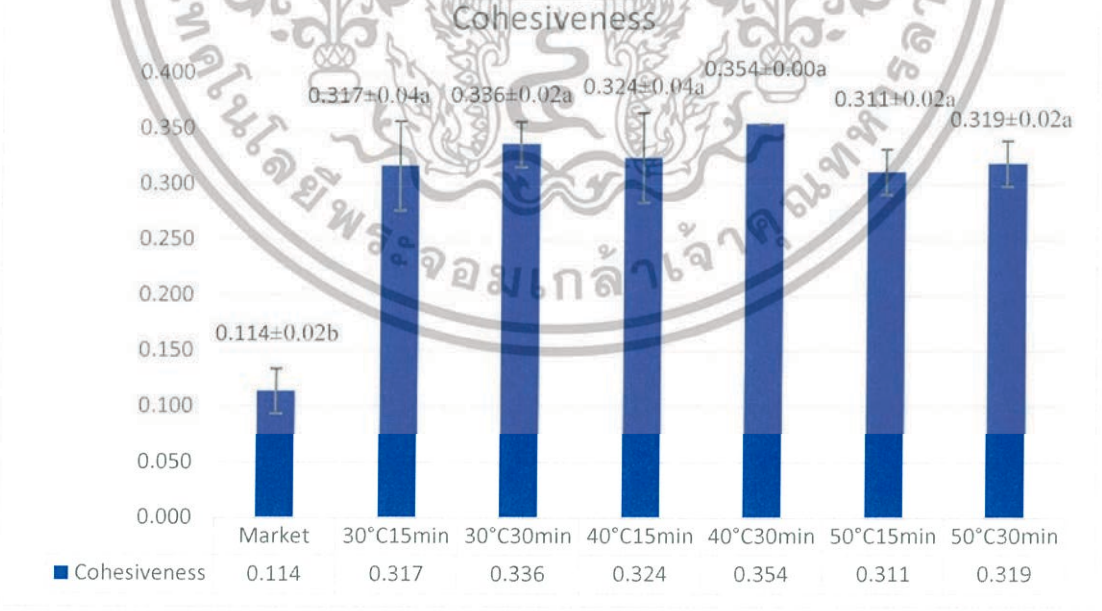
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิเคชั่นและค่าการยึดติดที่มีค่าติดลบมากที่สุดจะเป็นเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที



รูปที่ 9 กราฟแท่งแสดงค่า Springiness ของเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

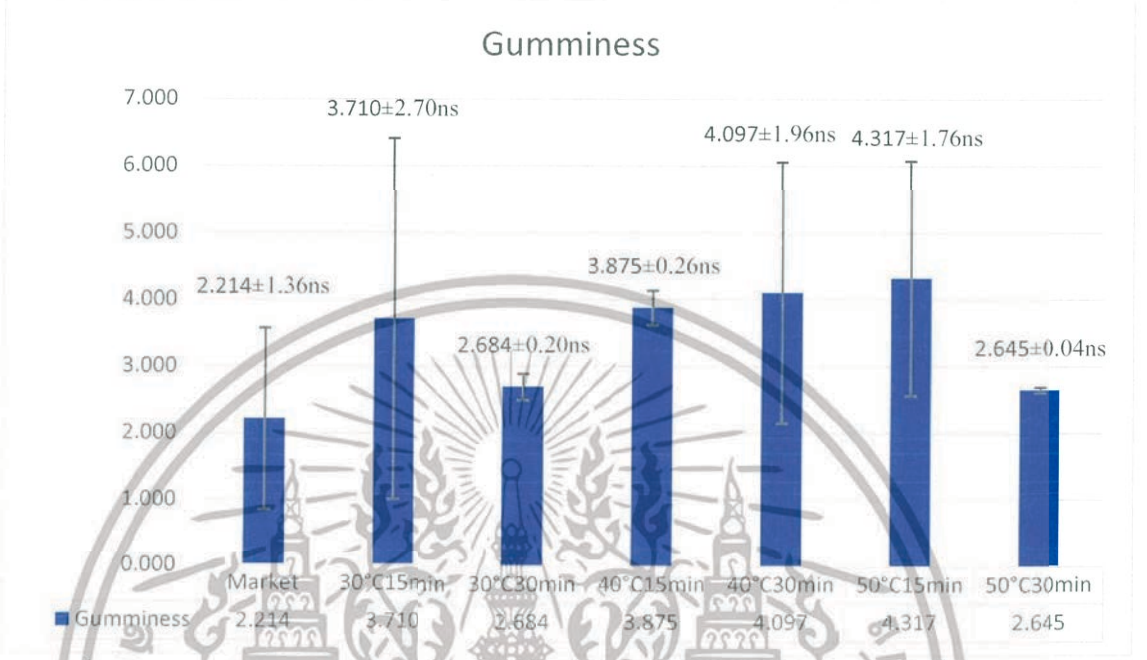
จากรูปที่ 9 พบว่า Springiness หรือค่าความเด้งของเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที มีค่ามากที่สุด อันดับถัดไปเป็นเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที และค่าความเด้งมีค่าน้อยที่สุดจะเป็นเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 30 นาที



รูปที่ 10 กราฟแท่งแสดงค่า Cohesiveness ของเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

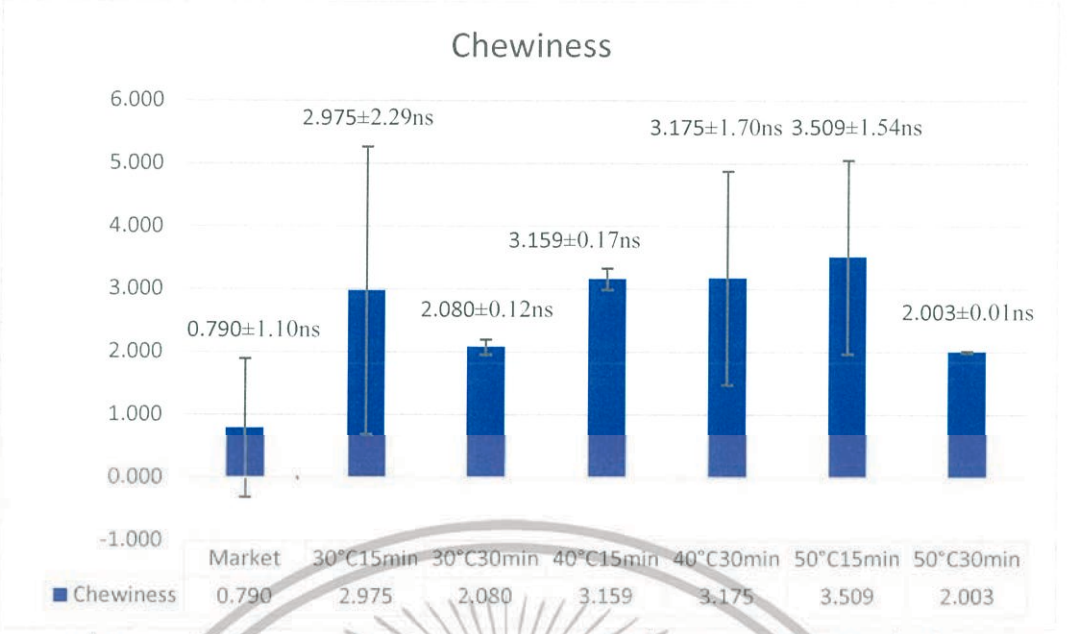
จากรูปที่ 10 พบว่า ค่า Cohesiveness หรือค่าความยึดตัวกันเองของเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที มีค่ามากที่สุด อันดับถัดไปเป็นเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°Cเวลา 30 นาที และค่าความยึดตัวกันเองมีค่าน้อยที่สุดจะเป็นเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที



รูปที่ 11 กราฟแท่งแสดงค่า Gumminess ของเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

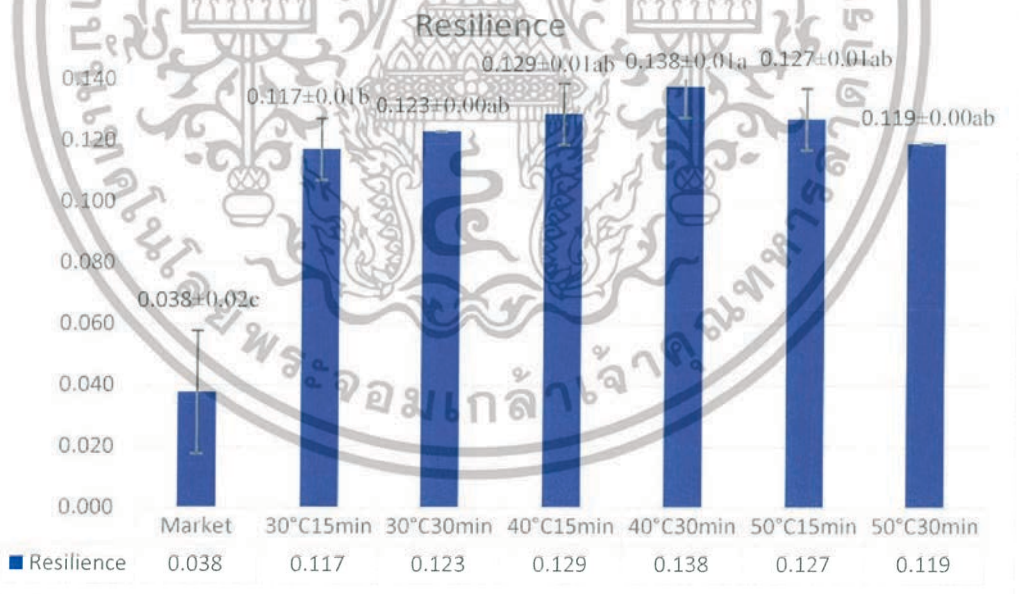
จากรูปที่ 11 พบว่า ค่า Gumminess หรือค่าความเหนียวของเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีค่ามากที่สุด อันดับถัดไปเป็นเฟต้าชีสชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30นาที และค่าความเหนียวมีค่าน้อยที่สุดจะเป็นเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 กราฟแท่งแสดงค่า Chewiness ของเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 12 พบว่า ค่า Chewines หรือค่าความเคี้ยวของเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที มีค่ามากที่สุด อันดับถัดไปเป็นเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30นาที และค่าความเคี้ยวมีค่าน้อยที่สุดจะเป็นเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 30 นาที

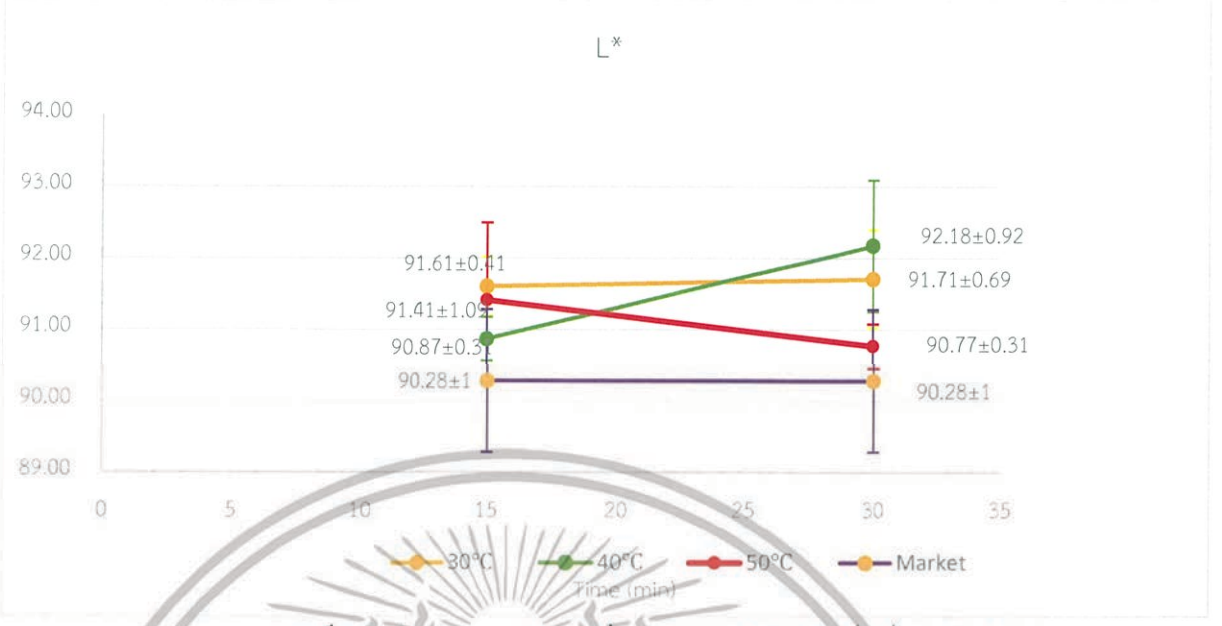


รูปที่ 13 กราฟแท่งแสดงค่า Resilience ของเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 13 พบว่า ค่า Resilience หรือค่าความหยุ่นของเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 30 นาที มีค่ามากที่สุด อันดับถัดไปเป็นเฟต้าชีสที่มีการทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15นาที และค่าความแข็ง 1 มีค่าน้อยที่สุดจะเป็นเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

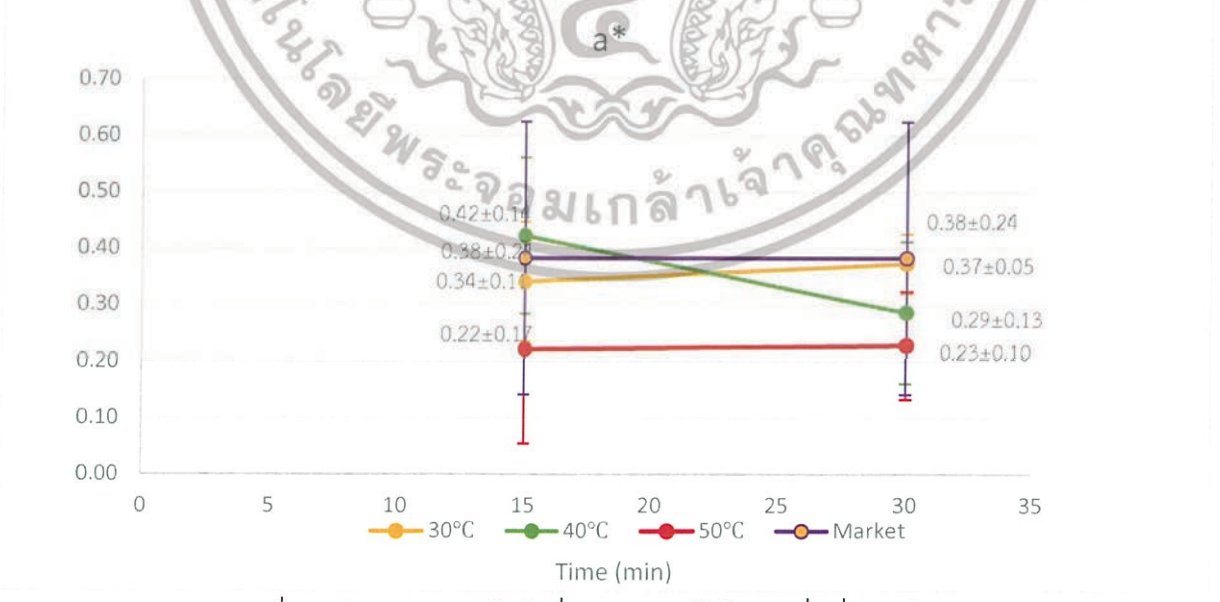
4.2 ผลการทดสอบการวัดสีของชีส



รูปที่ 14 ค่า L* ของเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 14 ค่า L* (ค่าบ่งบอกความสว่าง) ของเฟต้าชีสที่ผลิตผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นจะแสดงให้เห็นว่าจะมีค่าอยู่ในช่วง 90.87-92.18 แล้วเมื่อเทียบกับค่า L* ของเฟต้าชีสที่ขายตามท้องตลาด ค่าที่ได้ของชีสมีค่าสูงขึ้น กระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณภูมิ 30 °C, 40 °C และ50 °C และที่เวลา 15 และ 30 นาที จะพบว่า ค่า L* มากที่สุด ที่อุณภูมิ 40 °C เวลา 30 นาที ได้เท่ากับ 92.18 และค่า L* น้อยที่สุดที่อุณภูมิ 50 °C และเวลา 30 นาที ได้เท่ากับ 90.77

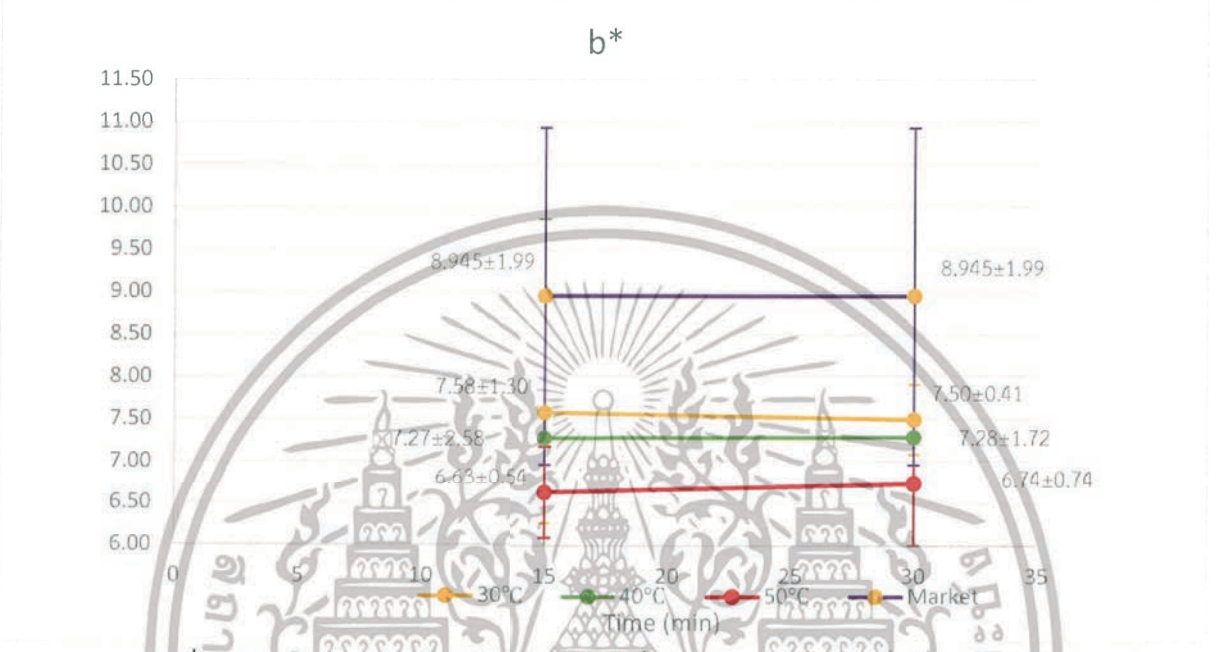
จากกราฟของเฟต้าชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30°C, 40°C และ 50°C สามารถทำให้ค่า L*มีค่าเพิ่มขึ้นได้



รูปที่ 15 ค่า a* ของเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

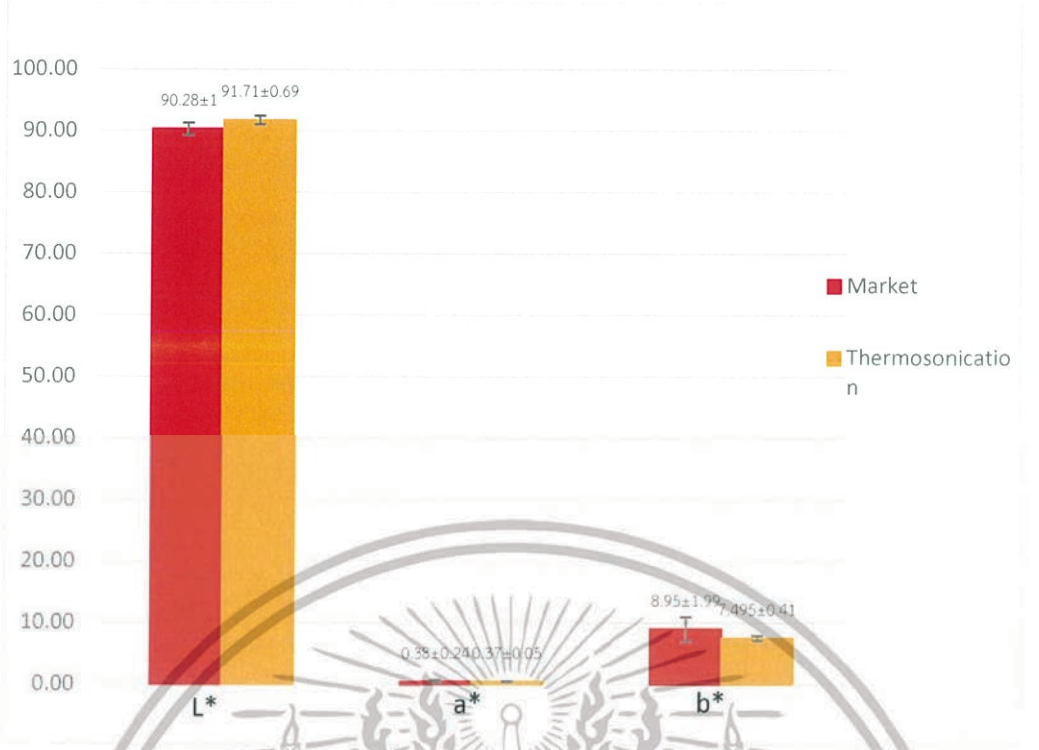
จากรูปที่ 15 กราฟจะแสดงให้เห็นว่าค่า a* (ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือความเป็นสีเขียว)เมื่อเฟต้าชีสผ่านกระบวนเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณภูมิ 30 °C, 40 °C และ50 °C จะพบว่า การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของค่า a* สามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงในช่วงเวลา 0-15 นาทีและจะลดลงในช่วงเวลา 15-30 นาที ค่าa* สูงสุดมีค่า 0.42 ที่อุณหภูมิ 40°C เวลา 15 นาที และค่าa*ต่ำสุดมีค่า 0.22 ที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที ซึ่งค่าa*เป็นบวกจะอยู่ในช่วงที่ให้ค่าสีเป็นสีแดง



รูปที่ 16 กราฟเส้นแสดงค่า b* ของเฟต้าชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 16 กราฟจะแสดงให้เห็นว่าค่า b* (ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือความเป็นสีเขียว)เมื่อเฟต้าชีสผ่านกระบวนเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณภูมิ 30 °C, 40 °C และ50 °C จะพบว่า การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของค่าb* ลดลงในช่วงเวลา 0-15 นาทีและสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงในช่วงเวลา 15-30 นาที ค่าa* สูงสุดมีค่า 7.58 ที่อุณหภูมิ 30°C เวลา 15 นาที และค่าa*ต่ำสุดมีค่า 6.63 ที่อุณหภูมิ 50°C เวลา 15 นาที ซึ่งค่าb* เป็นบวกจะอยู่ในช่วงที่ให้ค่าสีเป็นเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 ค่าสี L*, a*, b* ของเฟต้าชีส

จากรูปที่ 17 เป็นการเปรียบเทียบ ค่า L*, a*, b* ของเฟต้าชีสที่มีขายตามท้องตลาด, เฟต้าชีสที่ผ่านกระบวนเทอร์โมโซนิเคชั่นจะพบว่าค่า L* ของชีสที่ผ่านกระบวนเทอร์โมโซนิเคชั่นมีค่าสูงกว่าเฟต้าชีสชีสที่มีขายตามท้องตลาดค่า a* ของชีสผ่านกระบวนเทอร์โมโซนิเคชั่นกับค่า a* ของชีสที่มีขายตามท้องตลาด มีค่าที่ใกล้เคียงกันส่วนค่า b* ของชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชัน จะมีค่าที่น้อยกว่าชีสที่มีขายตามท้องตลาด

4.3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส

ตารางที่ 4.1 สรุปผลความถี่คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีส โดยกำหนดให้กลุ่มนักศึกษาภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นผู้ทดสอบ ได้แสดงรับความคิดเห็นว่าชีสมีกลิ่นค่อนข้างแรง และมีรสชาติที่ไม่ถูกปากของผู้ชิม เนื่องจากคนส่วนมากไม่เคยชิมชีสมาก่อน และไม่คุ้นชินกับ Feta Cheese แต่ได้รับคำแนะนำว่าชีสที่ใช้ระบบเทอร์โมโซนิเคชั่นเข้ามาในการผลิตมีรสชาติดีขึ้น เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่คาดไว้

ลักษณะที่ปรากฏ จากตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของลักษณะที่ปรากฏของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที มีค่าเท่ากับ 6.8 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ส่วนชีสที่วางขายตามท้องตลาดมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของลักษณะที่ปรากฏเท่ากับ 5.91 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย และผลการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติด้วยวิธี t-test จากตาราง ค.3 ได้ผมการทดสอบว่า ค่าเฉลี่ยความชอบของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที แตกต่างจากค่าเฉลี่ยความชอบของชีสตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี จากตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของสีของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที มีค่าเท่ากับ 6.4 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ส่วนชีสที่วางขายตามท้องตลาดมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของสีเท่ากับ 6.31 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และผลการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติด้วยวิธี t-test จากตาราง ค.4 ได้ผมการทดสอบว่า ค่าเฉลี่ยความชอบของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที ไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยความชอบของชีสตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

กลิ่นรสชีส จากตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของกลิ่นรสชีสของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที มีค่าเท่ากับ 5.89 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย ส่วนชีสที่วางขายตามท้องตลาดมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของกลิ่นรสชีส เท่ากับ 4.71 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ และผลการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติด้วยวิธี t-test จากตาราง ค.5 ได้ผมการทดสอบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของกลิ่นรสชีสของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที แตกต่างจากค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของกลิ่นรสชีสของชีสตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความแน่นเนื้อ จากตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของความแน่นเนื้อของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที มีคาเท่ากับ 6.26 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ส่วนชีสที่วางขายตามท้องตลาดมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของความแน่นเนื้อ เท่ากับ 5.43 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย และผลการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติด้วยวิธี t-test จากตาราง ค.6 ได้ผมการทดสอบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของความแน่นเนื้อของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที แตกต่างจากค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของความแน่นเนื้อของชีสตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความประทับใจโดยรวม จากตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของความประทับใจโดยรวมของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที มีค่าเท่ากับ 6.43 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ส่วนชีสที่วางขายตามท้องตลาดมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของความประทับใจโดยรวม เท่ากับ 4.69 ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ และผลการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติด้วยวิธี t-test จากตาราง ค.7 ได้ผมการทดสอบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของความประทับใจโดยรวมของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที แตกต่างจากค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของความประทับใจโดยรวมของชีสตามท้องตลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สรุปค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชีสที่การทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่สภาวะเทอร์โมโซนิเคชั่น 30°C เวลา30นาทีกับชีสที่ตามท้องตลาด

ชนิดชีส	ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรสชีส	ความแน่นเนื้อ	ความประทับใจโดยรวม
ที่สภาวะเทอร์โมโซนิเคชั่น 30°C เวลา 30นาที	6.8±1.05*	6.4±1.17^{ns}	5.89±1.60*	6.26±1.197*	6.43±1.46*
ตามท้องตลาด	5.91±1.17*	6.31±1.07^{ns}	4.71±2.13*	5.43±1.77*	4.69±2.04*

4.4 การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม

เมื่อได้ทำการทดลองทั้งหมดในการทดลองนี้รวมไปถึงการออกแบบอุปกรณ์ที่จะใช้ในการผลิตชีสแล้ว จึงได้ทำการวิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อดูว่าจะต้องผลิตชีสเป็นจำนวนเท่าไรถึงจะมีความคุ้มทุนซึ่งเราเรียกว่า “จุดคุ้มทุน”

ในการทดสอบเครื่องทำชีส ใช้แรงงานในการปฏิบัติงาน 1 คน สามารถทำชีสเฉลี่ยได้ 1.3 กิโลกรัมต่อครั้ง โดยใช้พลังงานไฟฟ้า 2.32 กิโลวัตต์ต่อครั้ง

เมื่อกำหนดให้ใช้งานเครื่องวันละ 2 ครั้ง ปีละ 245 วัน สามารถประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อลิตร) และระยะเวลาคืนทุนของเครื่องทำชีสได้ดังนี้

5.5.1 ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน

1.ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

1) ค่าเสื่อมราค่า (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

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส= ((P+S))/2xi/100 โดยที่กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปี (i) เท่ากับ 2.375% ต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นค่าเสียโอกาสต่อปี = ((36273+3627.3))/2x2.375/100= 473.82 บาท

รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed Cost) = ค่าเสื่อมราคา (DP) + ค่าดอกเบี้ย (I)

= 3264.57 + 473.82

= 3738.39 บาทต่อปี

2.ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost)

1) ค่าบำรุงรักษา

- ค่าน้ำยาล้างจาน 25 บาทต่อขวด ใช้จำนวน 6 ขวด ใน 1 ปี คิดเป็น 25x6x1 = 150 บาทต่อปี

- ค่าซีลต่าง และ อุปกรณ์ที่ต้องซ่อมบำรุง 100 บาทจำนวน 2 ครั้งใน 1 ปี คิดเป็น 100x2x1 = 200 บาท

2) ค่าไฟฟ้า

- ใช้มอเตอร์กวนนมและตัวปรับความเร็วรอบ 25W ใช้เป็นเวลา 98 นาที สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า (25x98)/(60x1000) = 0.0408 kWh ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.6 บาท ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็นค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.0408x3.6x1x245x2 = 71.97 บาทต่อปี

- ใช้ Heater ทำความร้อน 1500W ใช้เป็นเวลา 85 นาที สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า (1500x85)/(60x1000) = 2.125 kWh ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.6 บาท ใน 1 ปี ทำงาน 245 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็นค่าไฟฟ้าเท่ากับ 2.125x3.6x1x245x2 = 3748.5 บาทต่อปี

- ใช้ Ultrasonic 300W ใช้เป็นเวลา 30 นาที สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า (300x30)/(60x1000) = 0.15 kWh ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.6 บาท ใน 1 ปี ทำงาน 245 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็นค่าไฟฟ้าเท่ากับ 0.15x3.6x1x245x2 = 264.6 บาทต่อปี

3) ค่าวัสดุอุปกรณ์

- ค่านมดิบ 32 บาทต่อกิโลกรัม 1 ครั้งใช้จำนวน 10 กิโลกรัม ใน 1 ปี ทำงาน 245 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น 32x10x245x2 = 156800 บาทต่อปี

- ค่าน้ำแข็ง 10 บาทต่อ 1 ครั้ง ใน 1 ปี ทำงาน 245 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น 10x245x2 = 4900 บาทต่อปี

- ค่าเกลือบริสุทธิ์ 20 บาทต่อกิโลกรัม 1 ครั้งใช้จำนวน 30 กรัมใน 1 ปี ทำงาน 245 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น 20x(30/1000)x1x245x2 = 294 บาทต่อปี

- ค่าเรนเนท 1100 บาทต่อ 100 กรัม 1 ครั้งใช้จำนวน 0.4 กรัม ใน 1 ปี ทำงาน 245 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น 1100x(0.4/100)x1x245x2 = 2156 บาทต่อปี

- หัวเชื้อ Lyofast MOT082DC 850 บาทต่อ 17 กรัม 1 ครั้งใช้จำนวน 0.17กรัม ใน 1 ปี ทำงาน 245 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น 850x(0.17/17)x1x245x2 = 4165 บาทต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แคลเซียมคลอไรด์ (F015CC ,krungthepchemi) 120 บาทต่อ 1000 กรัม 1 ครั้งใช้จำนวน 2 g ใน 1 ปี ทำงาน 245 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น 120x(2/1000)x1x245x2 = 117.6 บาทต่อปี

4) ค่าแรงงาน

แรงงาน 1 คน ค่าจ้าง 350 บาทต่อวัน 1 ปี ทำงาน 245 วัน คิดเป็น 350x245x1 = 85750 บาท

รวมต้นทุนผันแปร เท่ากับ 150+200+71.97+3748.5+264.6+156800+4900+294+2156+4165+117.6 +85750 = 258617.67 บาทต่อปี

คิดต้นทุนการใช้งานเครื่องผลิตชีส โดยรวมต้นทุนคงที่กับต้นทุนแปรผัน เท่ากับ 3738.39+258617.67 = 262356.06 บาทต่อปี

การวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการต่างๆต้องการทราบว่าจำนวนผลผลิตที่ผลิตแล้วคุ้มทุนควรเป็นเท่าไร เพื่อเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจ จุดคุ้มทุน (Break-even point) คือจุดที่รายได้เท่ากับรายจ่าย นั่นคือกำไรเป็นศูนย์ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้ และผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่างๆ

การคำนวณหาจุดคุ้มทุนโครงการเดียว

กำหนดให้ C = ต้นทุนรวมในการผลิต

F = ต้นทุนคงที่ (36273)

v = ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย (528 บาทต่อครั้ง)

N*= จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน

N = จำนวนการผลิตที่จุดใดๆ

V = ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

R = รายได้

p = ราคาขายต่อหน่วย (1000 บาทต่อ 1 กิโลกรัม)

ต้นทุนรวมในการผลิต $C = F+V$

$V = vN$

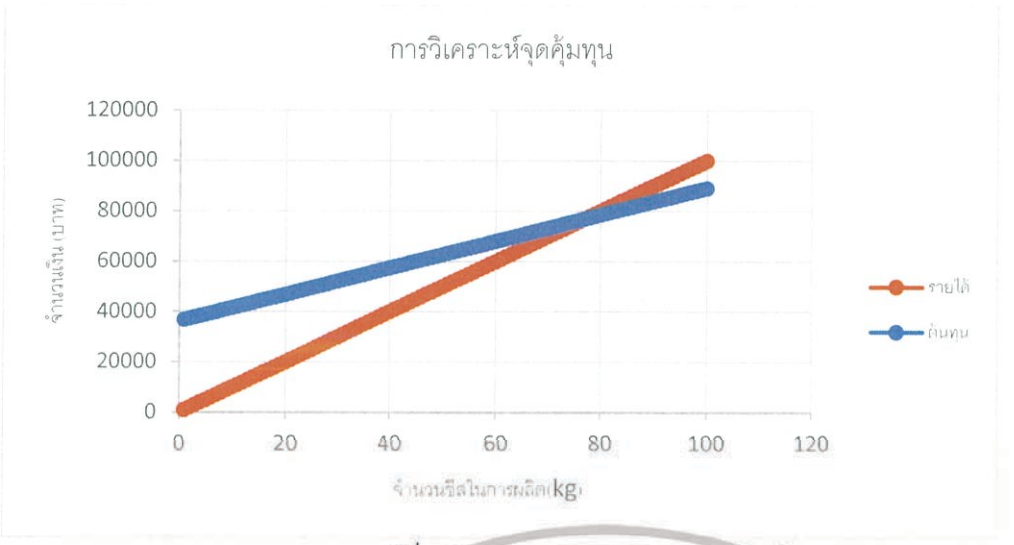
จึงได้ว่า $C = F+vN$

รายได้ $R = pN$

และ $N^*=F/(p-v)$

เมื่อ N*เป็นปริมาณที่จุดผลิตคุ้มทุนพอดี สามารถแสดงได้ด้วยแผนภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 กราฟแสดงการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

พิจารณาจุดตัดที่ได้จากการพล๊อตกราฟ ของสมการ C = F+vN และสมการ R = pN จะได้จุดตัดตรงที่บริเวณที่มีปริมาณการผลิตประมาณ 77 kg ซึ่งเรียกว่าจุดคุ้มทุน ในการผลิต 1 ก้อนจะได้ชีสปริมาณ 1.3 kg ดังนั้นจุดคุ้มทุนจึงเป็นจุดที่ต้องทำการผลิตชีสเท่ากับ 77 kg เป็นจำนวน 60 ก้อนจึงจะคุ้มทุนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีส

จากผลการทดลองแล้วเก็บรวบรวมค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธีทางสถิติแล้ว พบว่า ค่า Hardness 1, Adhesiveness, Springiness, Cohesiveness และ Resilience ของเฟต้าชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นและชีสที่มีขายตามท้องตลาด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่า Hardness2, Gumminessและ Chewiness ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.2 สรุปผลการทดสอบการวัดสีของเฟต้าชีส

จากการทดลองแล้วเก็บรวมรวมค่าสี พบว่า ค่า L* ของเฟต้าชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นและชีสที่ไม่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนค่า a* ของเฟต้าชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นกับเฟต้าชีสที่มีขายตามท้องตลาดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนค่า b* ของเฟต้าชีสทั้ง3ก้อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.3 สรุปผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเฟต้าชีส

จากการทดลองพบว่า เฟต้าชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นนั้นมีคะแนนเฉลี่ยการชิมชีสมากกว่าคะแนนเฉลี่ยของเฟต้าชีสที่ขายตามท้องตลาด ซึ่งบ่งบอกว่า เฟต้าชีสทั้งสองมีภายนอกที่มีลักษณะปรากฏและสีที่คล้ายคลึงกันแต่เมื่อทำการชิมกลิ่นรสชีสและความแน่นของชีสทั้ง 2 แบบมีความแตกต่างกัน ซึ่งเฟต้าชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นมีรสชาติที่อร่อยกว่าท้องตลาด

5.4 สรุปการผลิตเฟต้าชีสทด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่นสภาวะต่างๆ

จากการทดลองพบว่า เฟต้าชีสที่ผ่านกระบวนการเทอร์โมโซนิเคชั่นที่ 30 °C 30 นาที ซึ่งมีผลดีคือนำมาผลิตชีสจะได้น้ำเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1.478 kg และค่าเนื้อสัมผัสจะมีลักษณะที่นิ่มขึ้นไม่แข็งจนเกินไปเมื่อเทียบกับเฟต้าชีสที่ขายตามท้องตลาดและค่าสีจะมีลักษณะที่สว่างขึ้นเมื่อทำนำเฟต้าชีสมาผ่าการบวนการผลิตด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

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

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.

Sala, F. J., J. Burgos, S. Condon, P. Lopez and J. Raso. (1995). Effect of heat and ultrasound on microorganisms and enzymes. pp. 176-204. In" New methods of food preservation". G. W. Gould (eds.). Blackie Academic & Professional, Glasgow.

R. Paul Singh, David K. Bandler. (n.d.a). "Dairy product." [Online]. Available : https://www.britannica.com/topic/dairy-product (04 September 2018).

Piyaporn,(n.d.a). "About Cheese." [Online]. Available : https://sites.google.com/a/email.kmutnb.ac.th/piyaporn/home (04 September 2018).

Anon. (n.d.b). "Ultrasonic." [Online]. Available : https://sites.google.com/site/ultrasonictestingproject/thvsdi-thi-keiyw (04 September 2018).

Anon. (2558). "เครื่องวัดสี" [Online]. Available : https://www.pballtechno.com/article/18/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%B5-color-measuring (04 September 2018).

Anon. (2548). "Texture Profile Analysis" [Online]. Available : https://www.researchgate.net/figure/Texture-Profile-Analysis-TPA-Source-Anonymous-2005_fig1_280660223 (04 September 2018).

Anon. (2558). "ความรู้เรื่องชีส" [Online]. Available : https://www.pptvhd36.com/news/ไลฟ์สไตล์/11172 (25 February 2019).

กระทรวงสาธารณสุข.(2000). "เนยแข็ง." [Online]. Available : http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P209.pdf (04 September 2018).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

จักรวาล ทาฟอง,บุญยนุช สัมฤทธิ์ และพรชนก พรรษายุตวิจิตร. 2559. “เครื่องผลิตชีสขนาดเล็กด้วยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่น.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2555). “Batch pasteurization.” [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3233/batch-pasteurization-พาสเจอร์ไรซ์แบบเป็นชุด (30 September 2018).

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2555). “Lactic acid bacteria.” [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0782/lactic-acid-bacteria-แบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิก (04 September 2018).

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2555). “Texture analysis.” [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0782/lactic-acid-bacteria-แบคทีเรียผลิตกรดแล็กทิก (04 September 2018).

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2555). “เนยแข็ง.” [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0232/cheese-เนยแข็%E0%25B

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2555). “เรนเนท.” [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1078/rennin (04 September 2018).

ณปภัช พิมพ์ดี. (2560). “การถ่ายโอนความร้อน.” [Online]. Available : http://www.scimath.org/lesson-science/item/7107-2017-06-04-06-30-35 (30 September 2018).

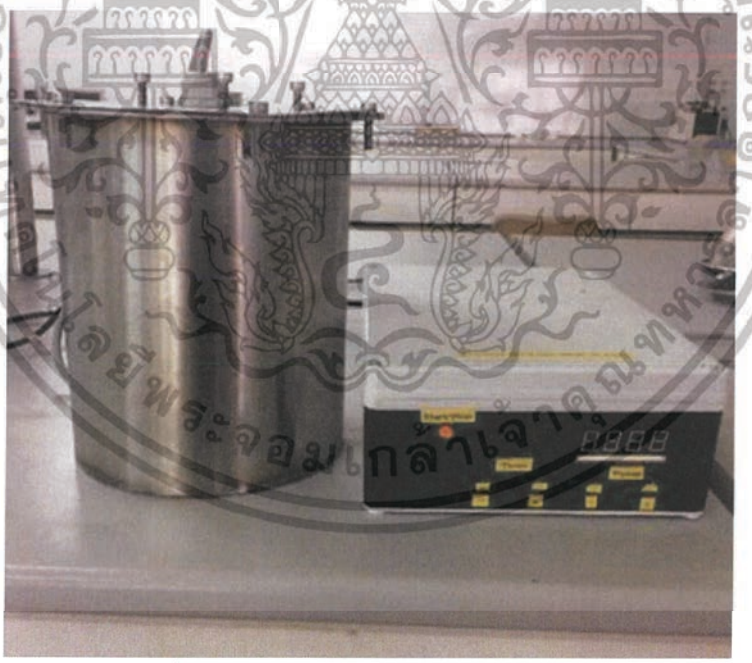
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

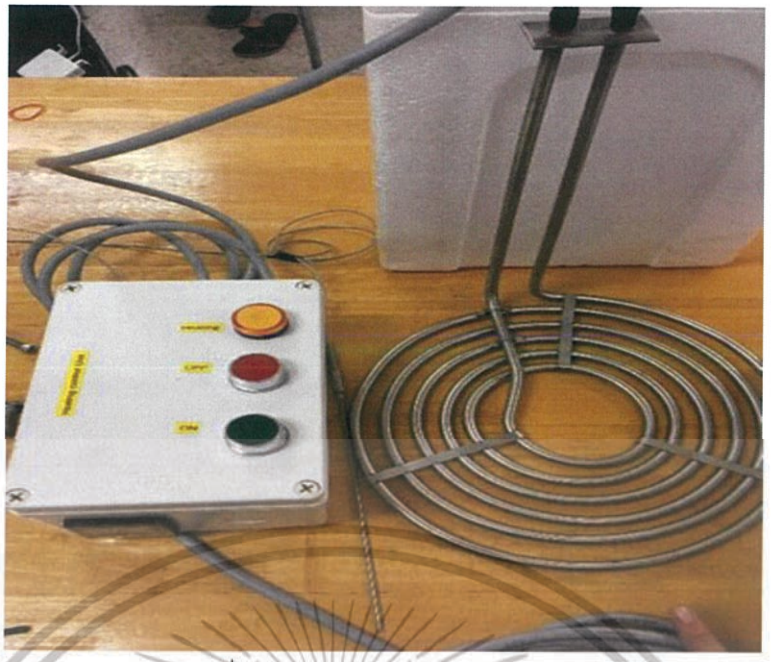
ภาคผนวก ก อุปกรณ์และเครื่องมือ

รูปที่ ก.1 ตัวถังเครื่องทำซีส



รูปที่ ก.2 หัวอัลตร้าโซนิคและกล่องควบคุม

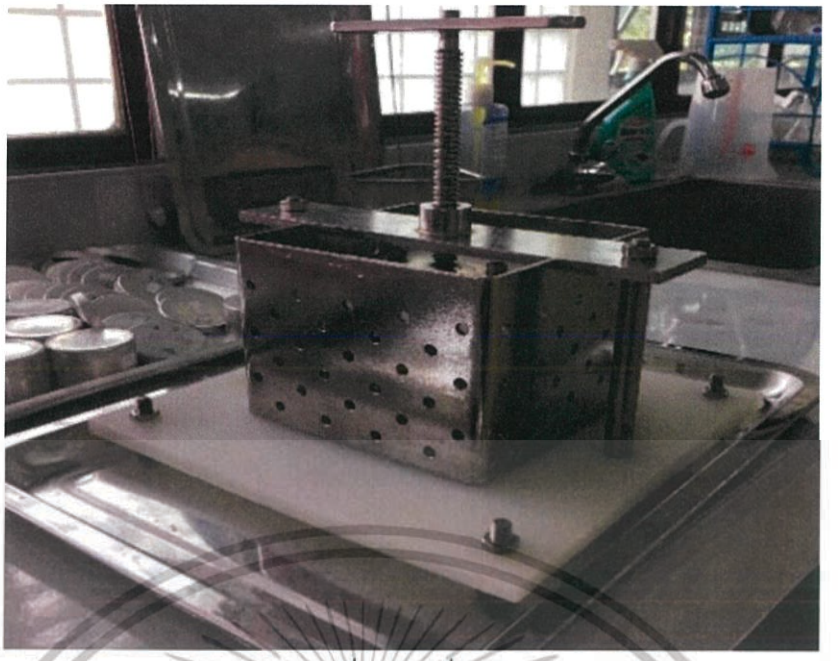
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 และกล่องควบคุม Heater

รูปที่ ก.4 ใบกวนแบบพาย

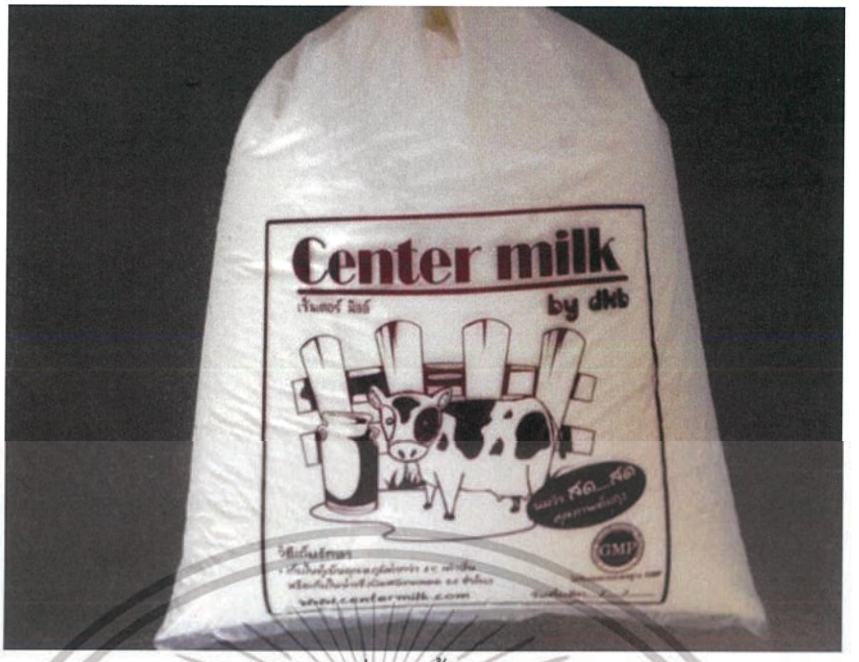
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 เครื่องอัด

รูปที่ ก.6 อุปกรณ์ครัวที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 น้ำนมดิบ

รูปที่ ก.8 หัวเชื้อ Lyofast MOT082DC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.9 เรทเนท

รูปที่ ก.10 เกลือแกง

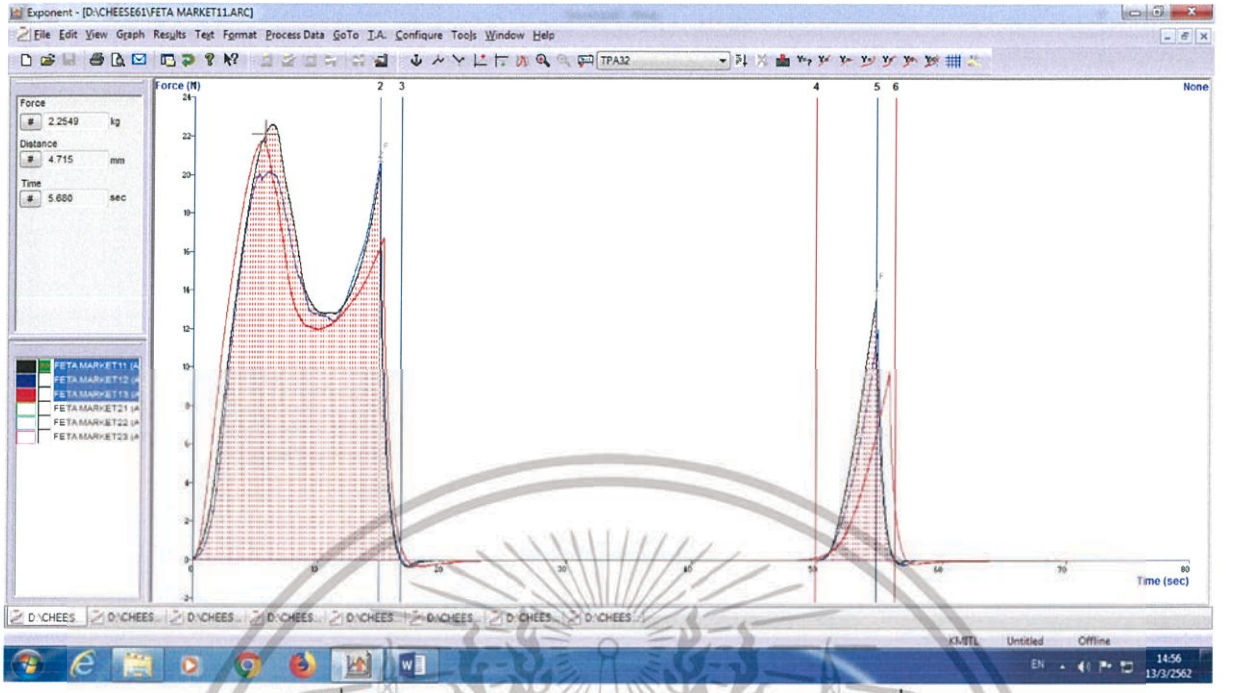
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.11 แคลเซียมคลอไรด์

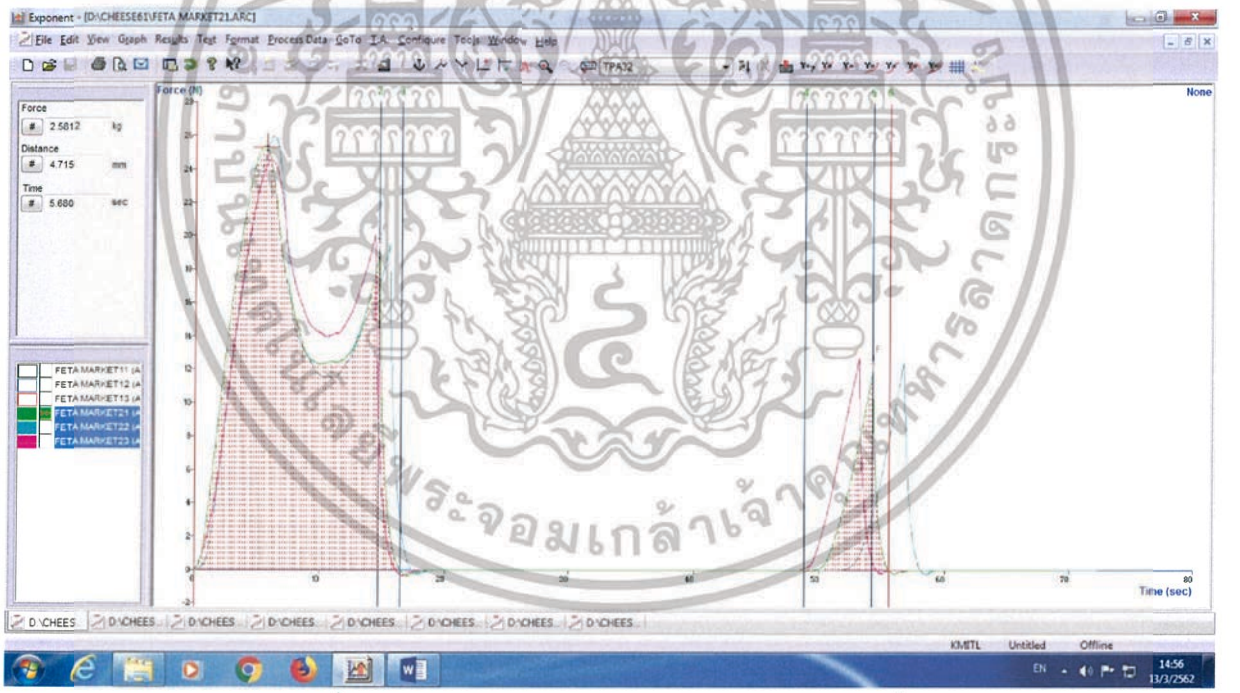
รูปที่ ก.12 Feta cheese ที่ผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข กราฟของผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของชีส

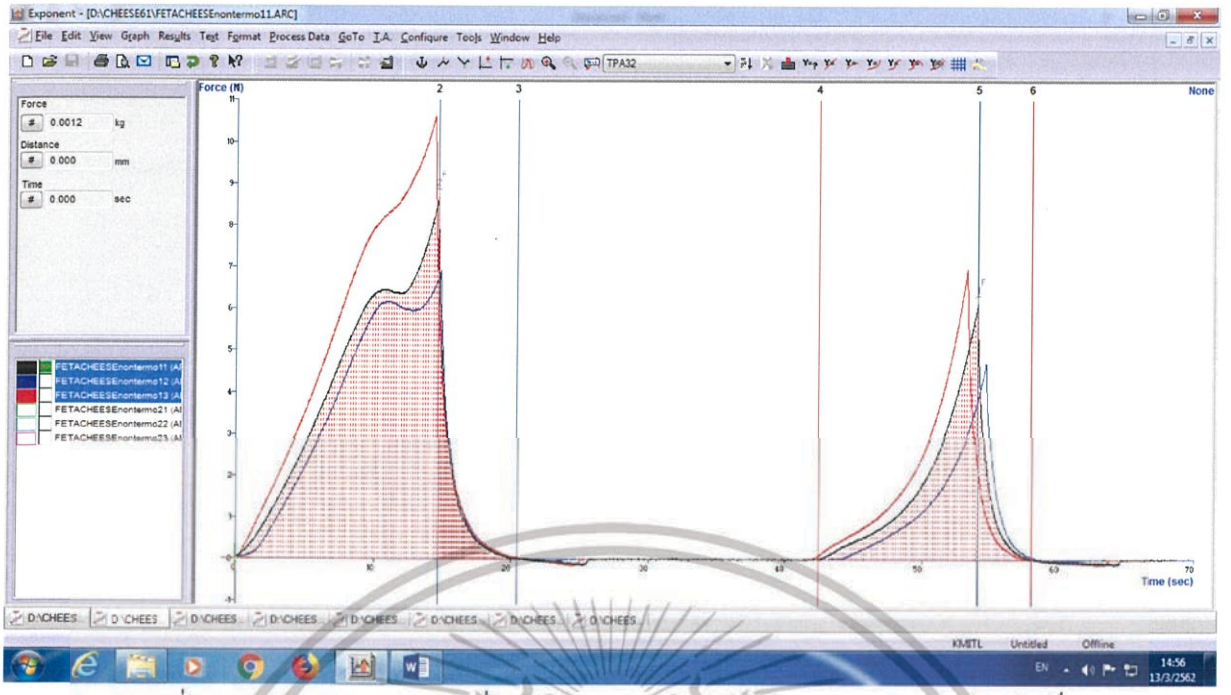


รูปที่ ข.1 กราฟ TPA Test ชีสจากท้องตลาด ตัวอย่างที่ 1

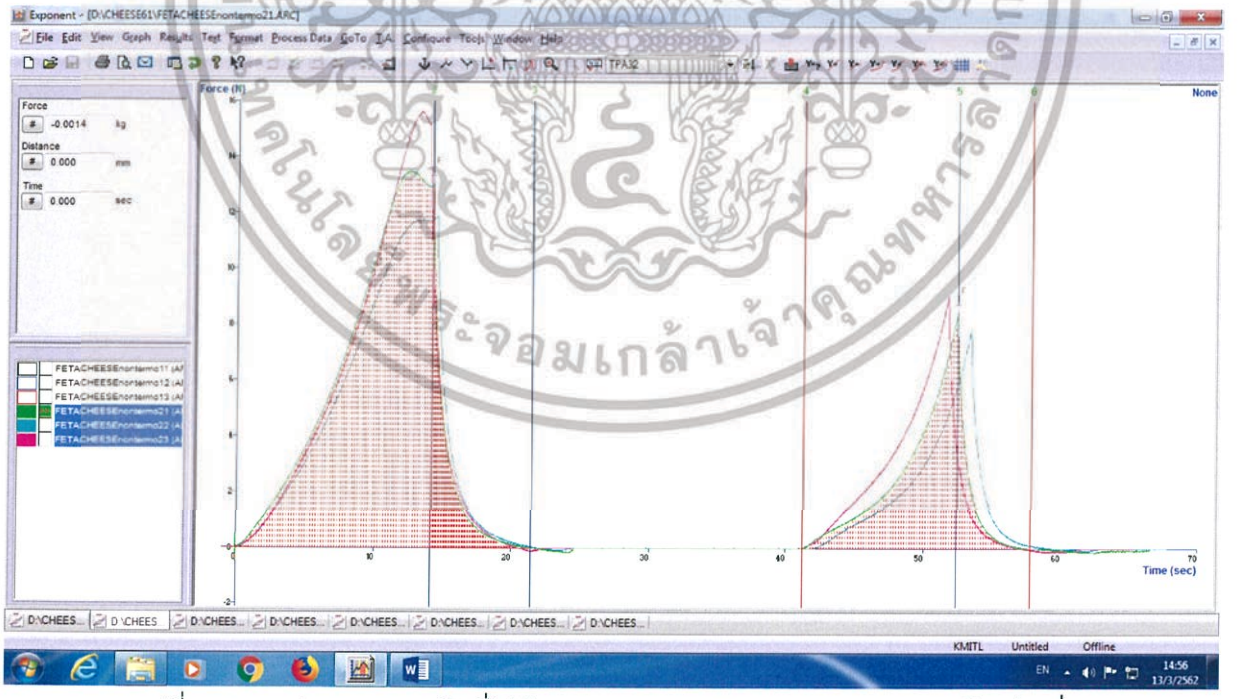


รูปที่ ข.2 กราฟ TPA Test ชีสจากท้องตลาด ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

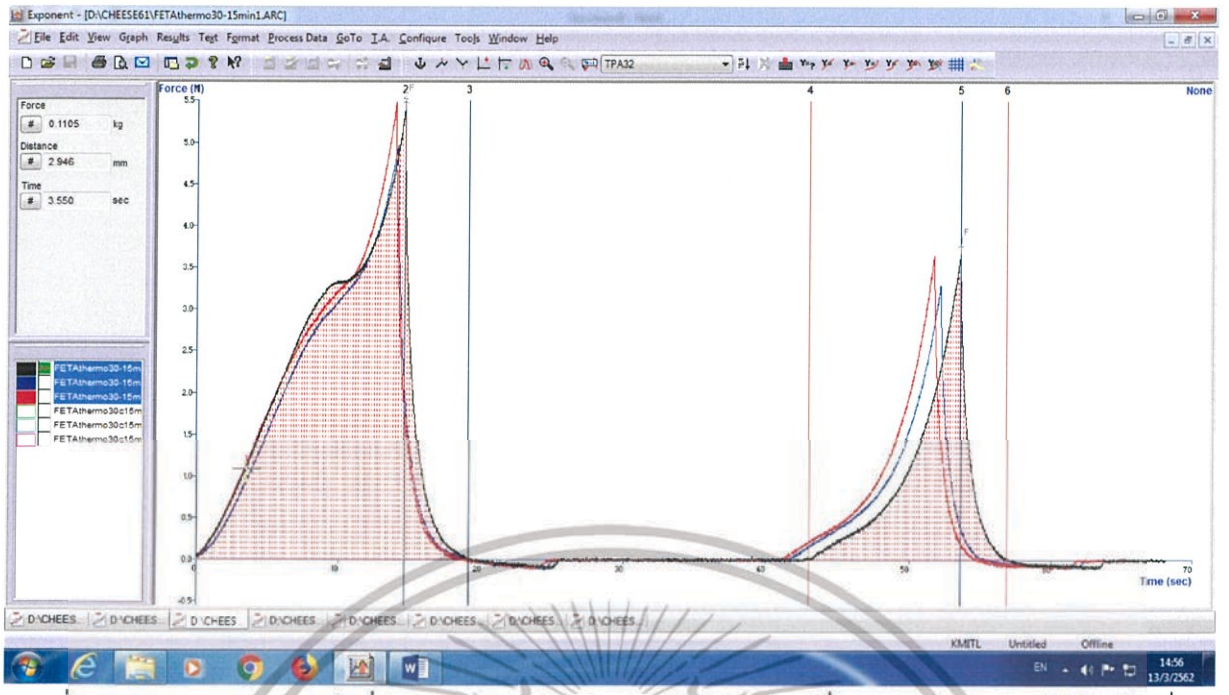


รูปที่ ข.3 กราฟ TPA Test ชีสที่ไม่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ตัวอย่างที่ 1

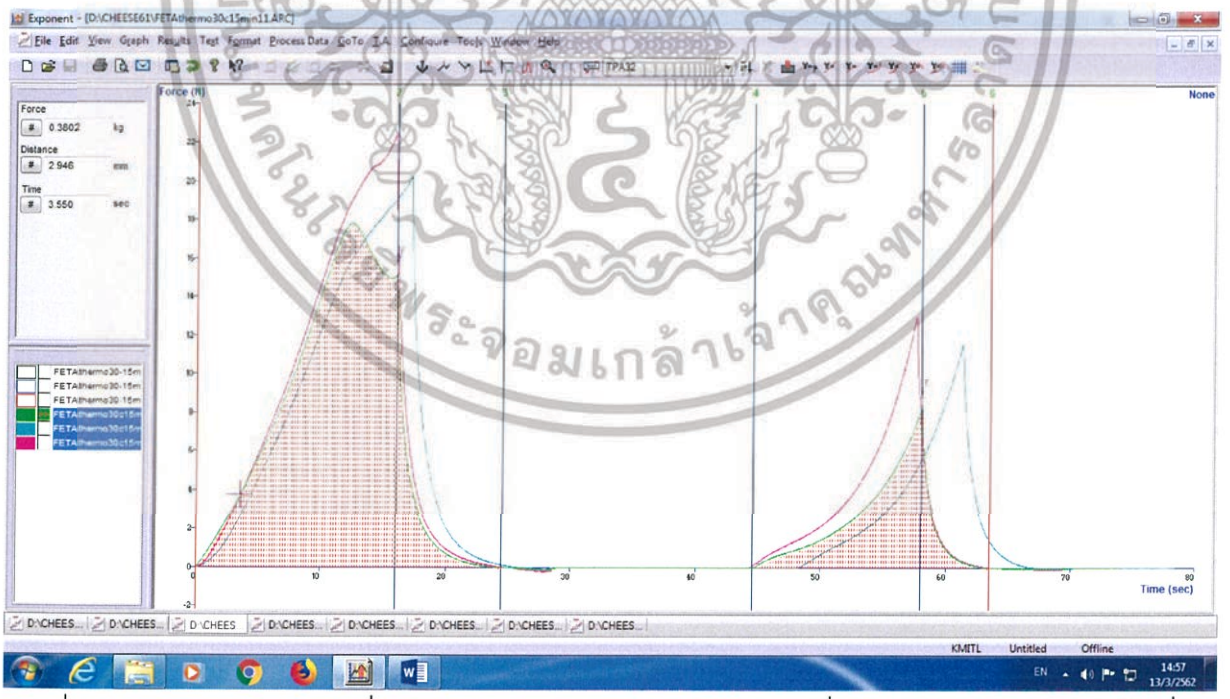


รูปที่ ข.4 กราฟ TPA Test ชีสที่ไม่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

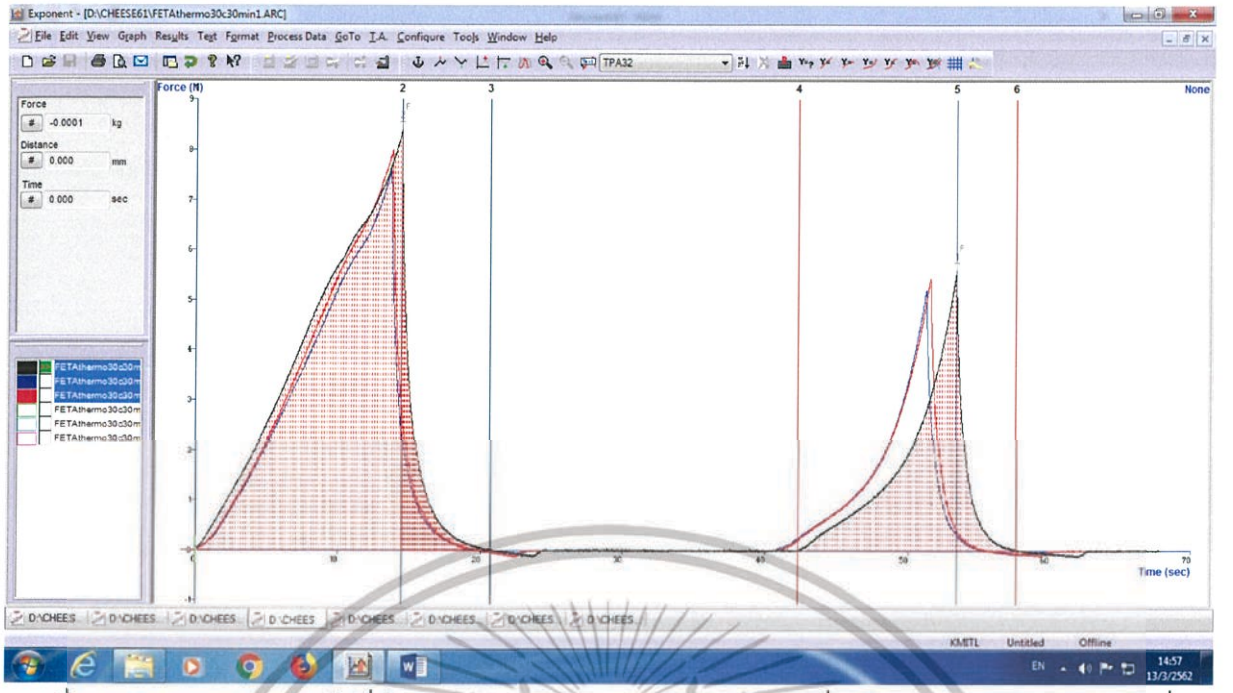


รูปที่ ข.5 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 30°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 1

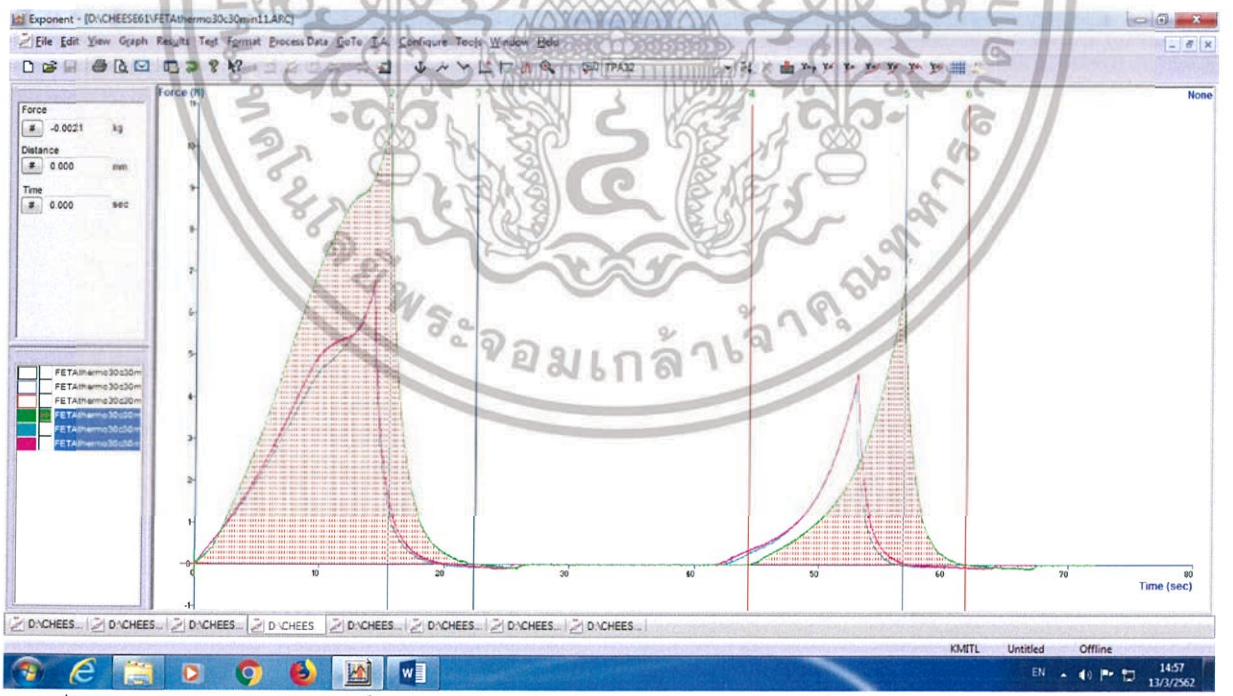


รูปที่ ข.6 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 30°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

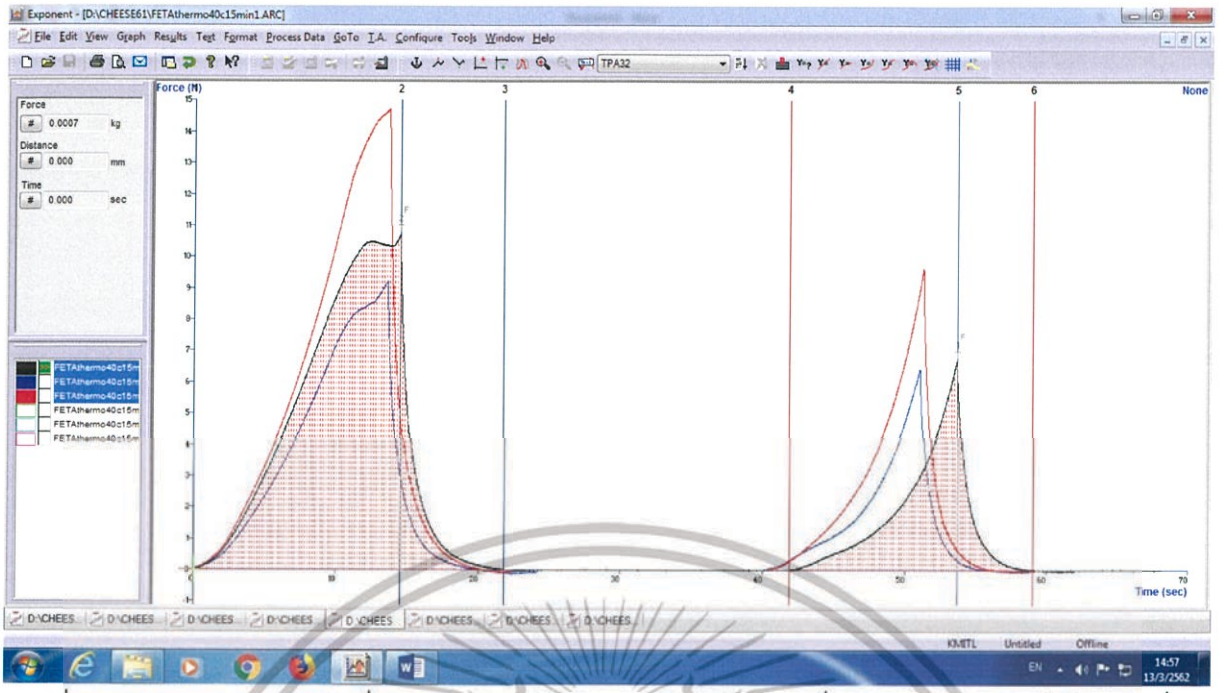


รูปที่ ข.7 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 30°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 1

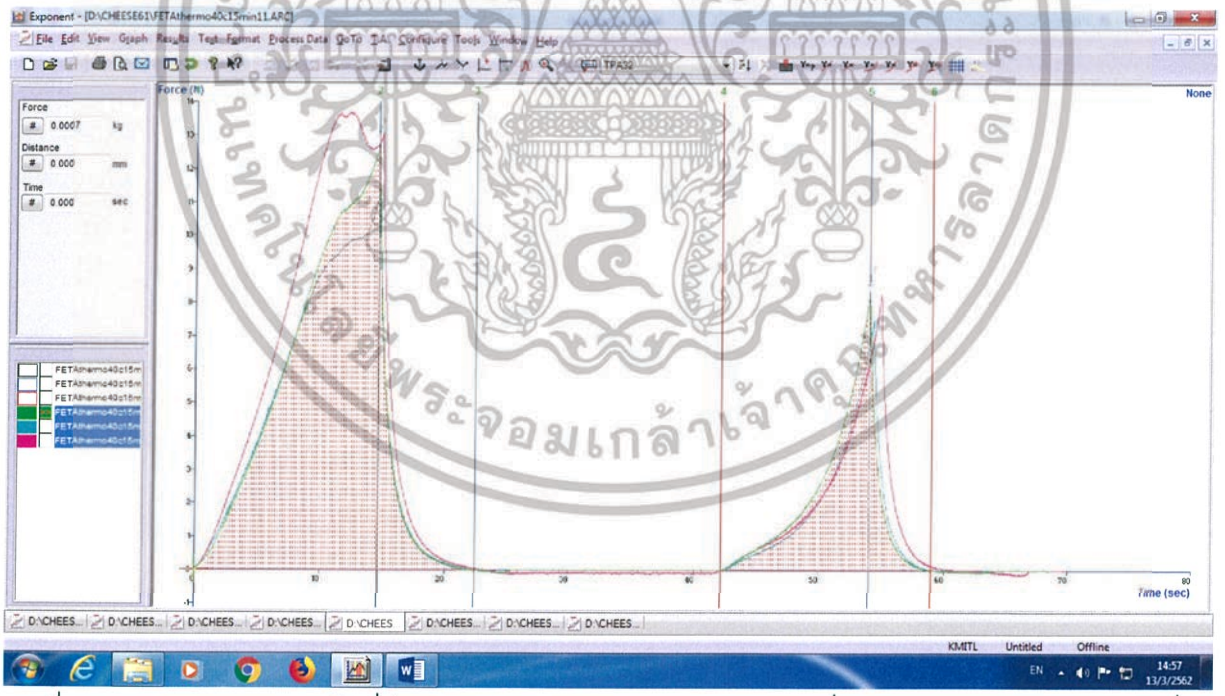


รูปที่ ข.8 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 30°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

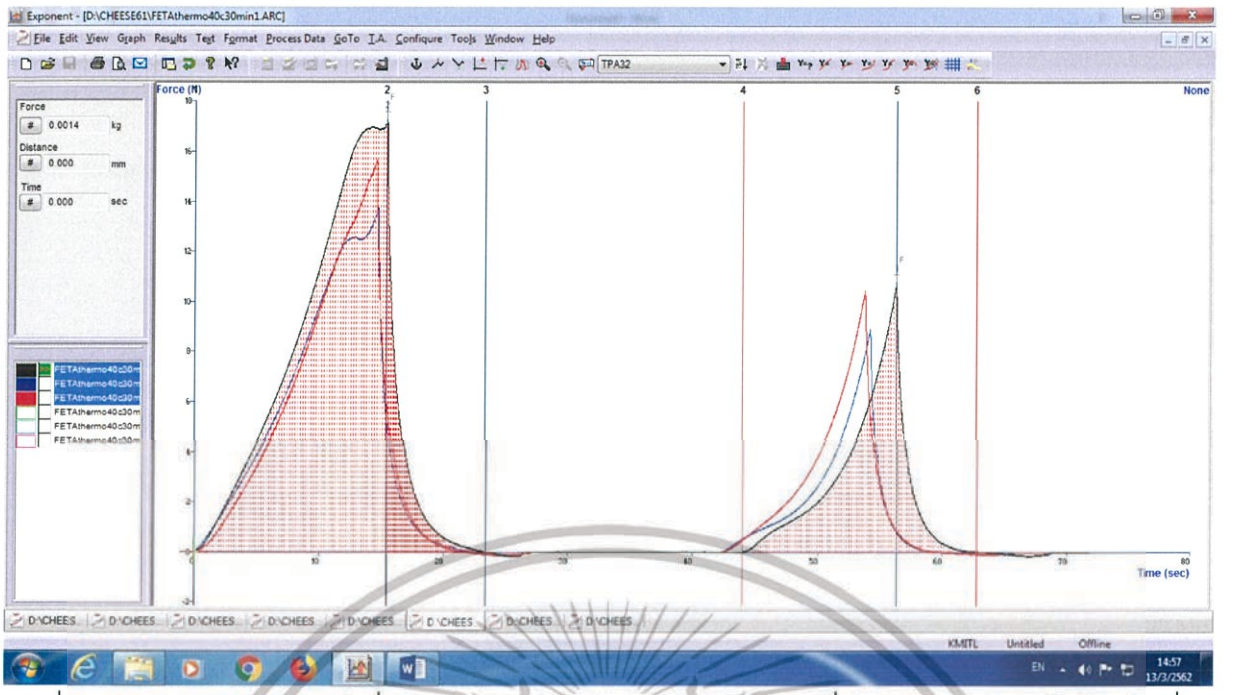


รูปที่ ข.9 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 40°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 1

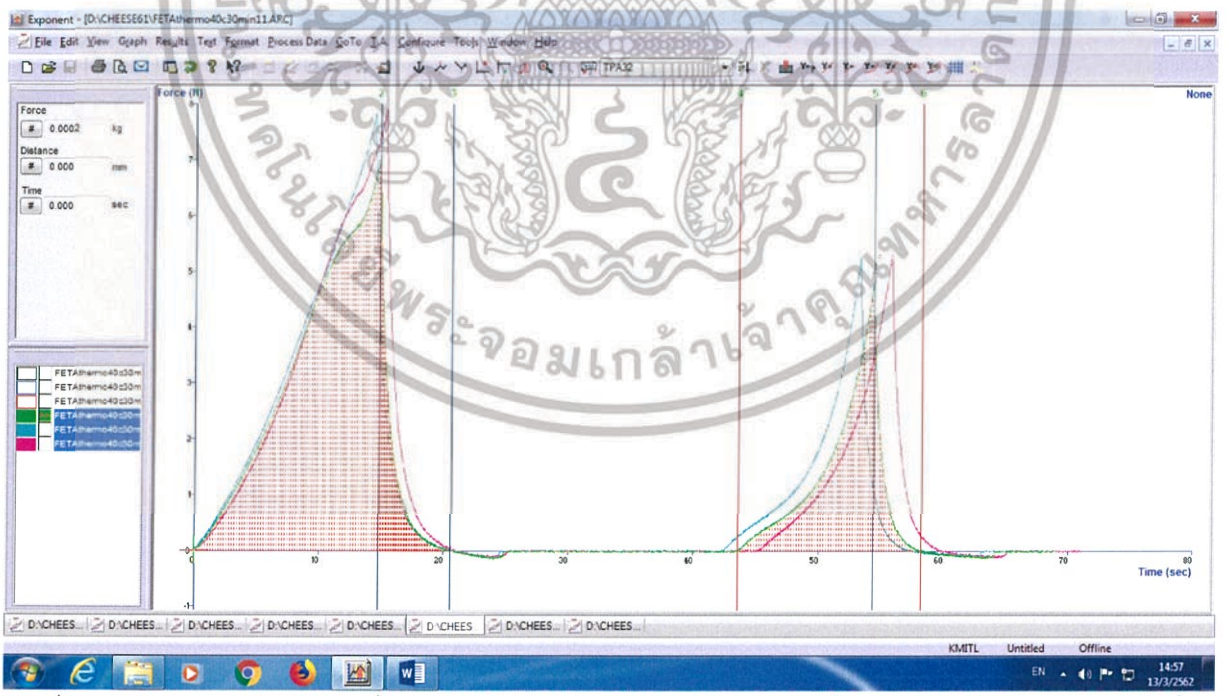


รูปที่ ข.10 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 40°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

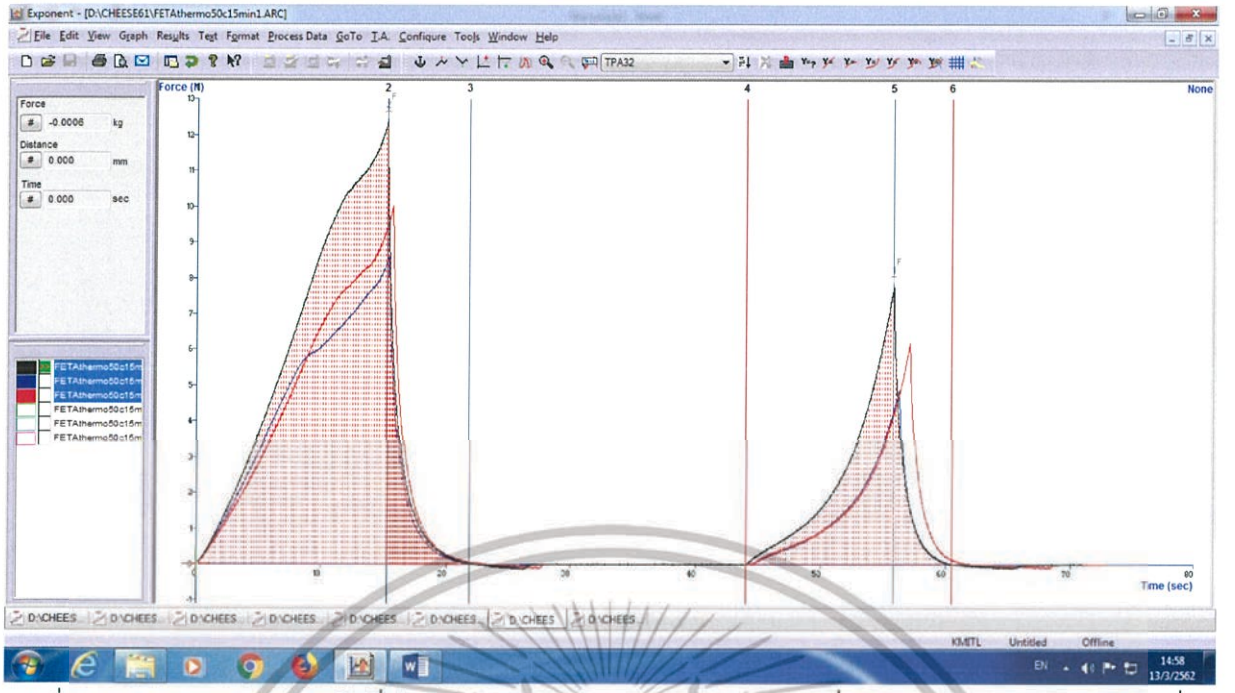


รูปที่ ข.11 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 40°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 1

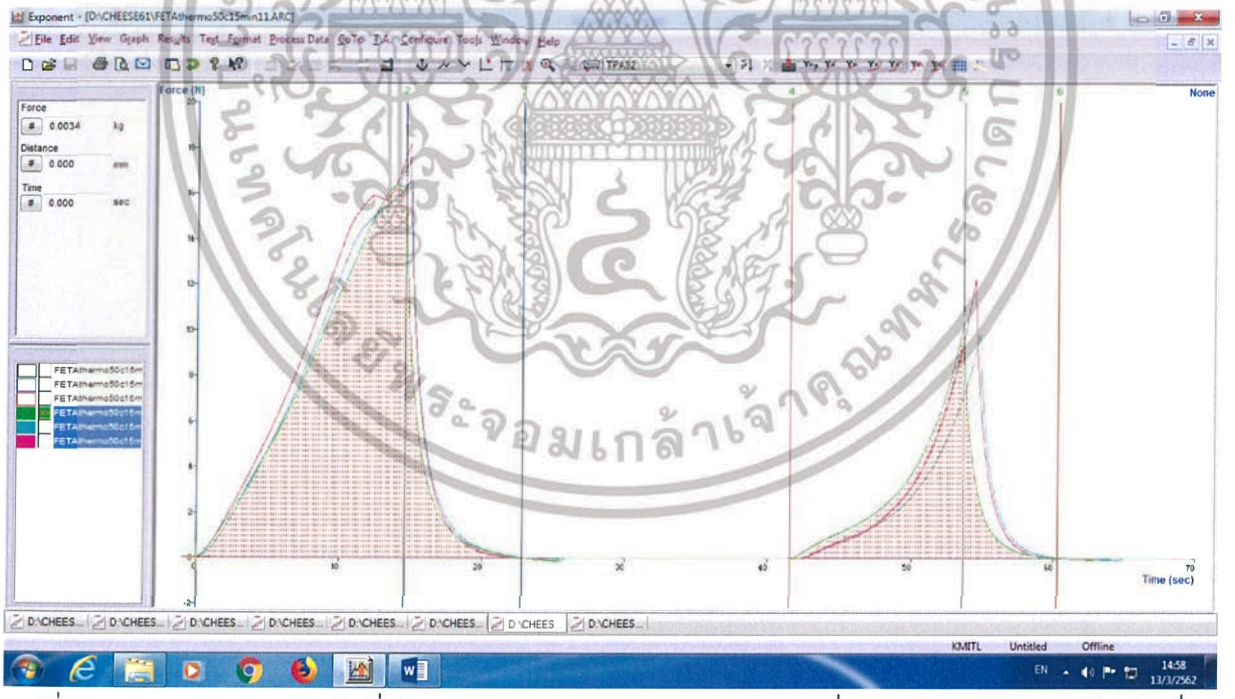


รูปที่ ข.12 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 40°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

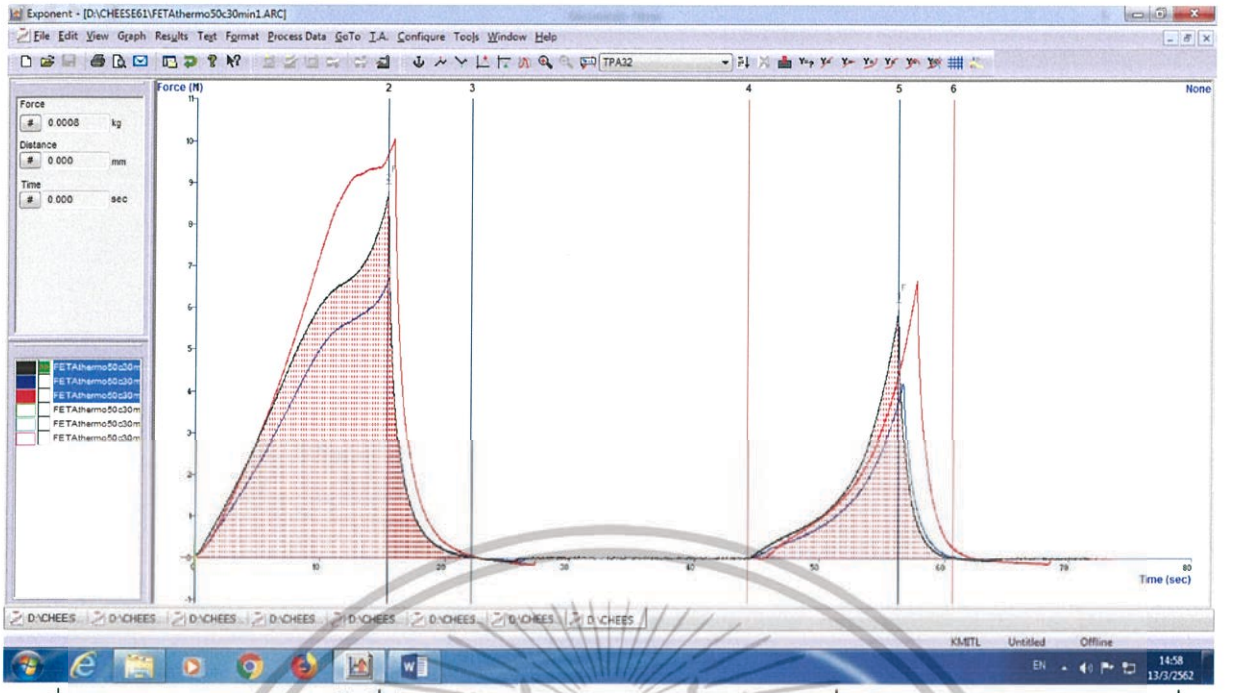


รูปที่ ข.13 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 50°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 1

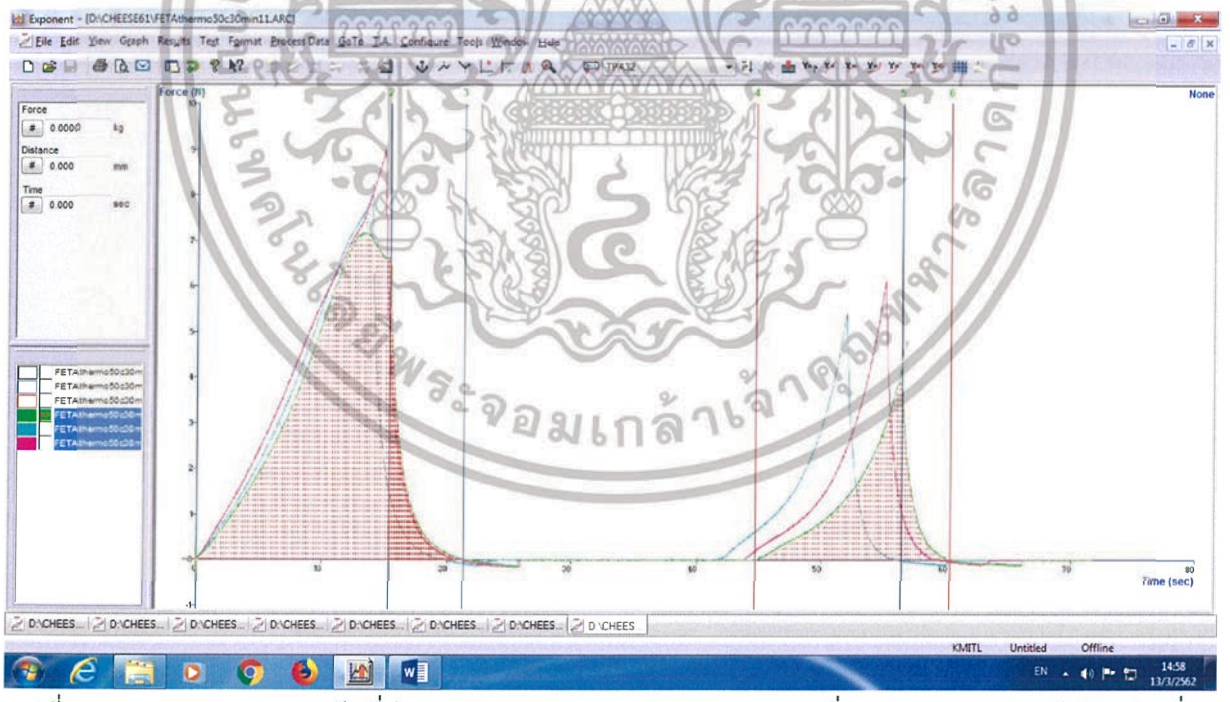


รูปที่ ข.14 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 50°c เวลา 15 นาที ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.15 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 50°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 1



รูปที่ ข.16 กราฟ TPA Test ชีสที่ผ่านกระบวนการ Thermosonication ที่ 50°c เวลา 30 นาที ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค ตารางการทดสอบค่าต่างๆ

ตาราง ค.1 ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของชีส

อุณหภูมิ (°c)	เวลา (นาที)	ค่าความแข็ง1	ค่าความแข็ง2	ค่าการยึดติด	ค่าความเด้ง	ค่าความยึดตัวกันเอง	ค่าความเหนียว	ค่าความเคี้ยวได้	ค่าความยืดหยุ่น
0	0	11.1250^{ab}	3.7627^{ns}	-0.2250^{a}	0.7793^{a}	0.3352^{a}	3.7627^{ns}	2.9406^{ns}	0.1281^{a}
30	15	12.2825^{ab}	3.7100^{ns}	-0.3225^{ab}	0.7841^{a}	0.3165^{a}	3.7100^{ns}	2.9746^{ns}	0.1173^{a}
30	30	7.99150^{b}	2.6842^{ns}	-0.2215^{a}	0.7753^{a}	0.3358^{a}	2.6842^{ns}	2.0796^{ns}	0.1230^{a}
40	15	11.9950^{ab}	2.6842^{ns}	-0.4160^{ab}	0.8156^{a}	0.3240^{a}	3.8749^{ns}	3.1593^{ns}	0.1287^{a}
40	30	11.5900^{ab}	4.0974^{ns}	-0.3375^{ab}	0.7627^{a}	0.3540^{a}	4.0974^{ns}	3.1751^{ns}	0.1377^{a}
50	15	13.7195^{ab}	4.3167^{ns}	-0.2275^{a}	0.8074^{a}	0.3111^{a}	4.3167^{ns}	3.5093^{ns}	0.1271^{a}
50	30	8.3010^{ab}	2.6450^{ns}	-0.3125^{ab}	0.7575^{a}	0.3189^{a}	2.6450^{ns}	2.0034^{ns}	0.1191^{a}
market	-	19.4700^{a}	2.2142^{ns}	-0.5930^{b}	0.3565^{b}	0.1137^{b}	2.2142^{ns}	0.7895^{ns}	0.0378^{b}

ตาราง ค.2 ผลการทดสอบการวัดสีของชีส

อุณหภูมิ(°c)	เวลา(นาที)	L*	a*	b*
0	0	91.3383^{ab}	0.5367^{a}	9.4183^{a}
30	15	91.6067^{ab}	0.3417^{bc}	7.5750^{abc}
30	30	91.7117^{ab}	0.3733^{abc}	7.4950^{abc}
40	15	90.8683^{bc}	0.4233^{ab}	7.2700^{bc}
40	30	92.1750^{a}	0.2867^{bc}	7.2800^{bc}
50	15	91.4133^{ab}	0.2217^{c}	6.6317^{c}
50	30	90.7683^{bc}	0.2283^{c}	6.7400^{c}
market		90.2833^{c}	0.3833^{abc}	8.9450^{ab}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.3 น้ำหนักเฉลี่ย

อุณหภูมิ(°C)	เวลา(นาที)	น้ำหนักเฉลี่ย(kg/10kg milk)
30	15	1.262±3.55
30	30	1.478±50.99
40	15	1.287±10.67
40	30	1.324±2.69
50	15	1.191±191.40
50	30	1.348±63.56

ตาราง ค.4 ผลการทดสอบสมมุติฐานของลักษณะที่ปรากฏของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Appearance - Appearance1	.886	1.231	.208	.463	1.309	4.256	34	.000

ตาราง ค.5 ผลการทดสอบสมมุติฐานของสีของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Color - Color1	.086	.702	.119	-.155	.327	.723	34	.475

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.6 ผลการทดสอบสมมุติฐานของกลิ่นรสชีสของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Flavor - Flavor1	1.171	1.723	.291	.579	1.763	4.022	34	.000

ตาราง ค.7 ผลการทดสอบสมมุติฐานของความแน่นเนื้อของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Fullness - Fullness1	.829	1.807	.305	.208	1.449	2.713	34	.010

ตาราง ค.8 ผลการทดสอบสมมุติฐานของความประทับใจโดยรวมของชีสที่ทำเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	Overall - Overall1	1.743	1.540	.260	1.214	2.272	6.693	34	.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.9 ผลการทดสอบสมมุติฐานของค่าสมบัติเนื้อสัมผัสของเฟต้าชีสที่ผลิตโดยระบบเทอร์โมโซนิเคชั่นที่อุณหภูมิ 30 องศา เวลา 30 นาที กับ ชีสที่วางขายตามท้องตลาด

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
Hardness1	Equal variances assumed	4.044E18	.000	-75.619	2	.000
	Equal variances not assumed			-75.619	1.021	.008
Hardness2	Equal variances assumed	2.027E16	.000	3.234	2	.084
	Equal variances not assumed			3.234	1.001	.191
Adhesiveness	Equal variances assumed	6.122E20	.000	3.259	2	.083
	Equal variances not assumed			3.259	1.000	.190
Springiness	Equal variances assumed	3.733E15	.000	23.383	2	.002
	Equal variances not assumed			23.383	1.868	.003
Cohesiveness	Equal variances assumed	1.664E16	.000	12.633	2	.006
	Equal variances not assumed			12.633	1.007	.049
Gumminess	Equal variances assumed	2.027E16	.000	3.234	2	.084
	Equal variances not assumed			3.234	1.001	.191
Chewiness	Equal variances assumed	3.654E16	.000	14.386	2	.005
	Equal variances not assumed			14.386	1.300	.022
Resilience	Equal variances assumed	9.380E14	.000	59.579	2	.000
	Equal variances not assumed			59.579	1.841	.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้