

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการวิจัยโดยใช้เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์
ประจำปี 2550

ชื่อโครงการ

การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็ก
Design and development of small cheese making machine

RCH

SF

271-87

ปรงก

หัวหน้าโครงการวิจัย

รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์

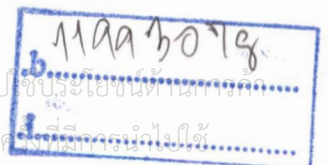
ผู้ร่วมโครงการวิจัย

อ. วีระชัย ลีมพรชัยเจริญ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 84491
วัน,เดือน,ปี 13 ต.ค. 2551

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ที่นอกเหนือ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง



การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็ก

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็กซึ่งประกอบด้วย 1) cheese vat ขนาดถึงภายนอก กว้าง ยาว สูง 30 x 54 x 18.5 cm สูงจากพื้น 5.5 cm ความหนา 4 cm ถึงภายใน สูง 13.5 cm จุน้ำได้ 6.8 ลิตร ถึงภายนอกหุ้มด้วยฉนวนไฟเบอร์กลาส เก็บกักความร้อนได้ดี, 2) เครื่องอัดเนยแข็ง โดยประกอบด้วยแม่พิมพ์ทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 cm สูง 11.5 cm และแม่พิมพ์สี่เหลี่ยม มีขนาด กว้าง ยาว สูง 14 x 14 x 11.5 cm, 3) เครื่องกวนความกว้างของเครื่อง 60 cm ความสูง 28 cm และ Motor Gear 220 V AC 25W ความเร็วรอบ 0-48 rpm มีแกน 10 mm หน้ากว้าง 8 x 8 cm ต่อผ่านเข้าตัวควบคุม และใบกวน กับใบตัดเคิร์ดขนาดแกนเพลลา ยาว 16.5 cm เส้นผ่าศูนย์กลาง 14 mm ใบกวนและใบตัด ความกว้าง ยาว 8.5 x 11 cm และ 4) ถังควบคุมอุณหภูมิตัวทำความร้อนขนาด 3000 W 220 V 15 A ถังควบคุมอุณหภูมิ กว้าง ยาว สูง 15 x 20 x 30 cm ได้ทดลองการผลิตเนยแข็งจากนมแพะ 1. เนยแข็งเชดด้า 2. เนยแข็งเชดด้าผสมมะขงชิด 3. เนยแข็งเชดด้าผสมสตอเบอรี่ 4. เนยแข็งเชดด้าผสมมะละกอ 5. เนยแข็งอีแควม และ 6. เนยแข็งเกาด้า พารามิเตอร์ที่วัดได้แก่ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็งที่ทำเองกับเนยแข็งที่ซื้อมา (การชิม) มี 8 ค่า ได้แก่ 1. ความหยาบของพื้นผิว (ตาดู) 2. ความชื้น 3. ความยืดหยุ่น (จากการเคี้ยว) 4. ความแน่นเนื้อ 5. ความร่วน 6. การติดฟัน 7. การละลาย 8. ความชื้นในปาก โดยการทดสอบค่าสีและค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis ได้แก่ Springiness, Gumminess, Chewiness, Resilience, Cohesiveness, Adhesiveness, Stringiness จากการทดลองสรุปได้ดังนี้ 1) การชิม เนยแข็งที่ซื้อมาได้คะแนนดีกว่าเนยแข็งที่ผลิตเอง 2) การวัดค่าสี บ่งบอกว่า เนยแข็งที่ผลิตได้นั้นส่วนใหญ่ออกสีขาวและเหลือง แต่เนยแข็งที่ผสมเนื้อผลไม้จะออกสีตามเนื้อผลไม้ 3) ค่าเนื้อสัมผัสที่มาวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่นพบว่า เนยแข็งเกาด้ามีค่าความยืดหยุ่นแบบเดียวกับแบบหมากฝรั่ง มากกว่าชนิดอื่นๆ มาก 4) เนยแข็งอีแควมและเนยแข็งเชดด้า มีความคล้ายคลึงกันในค่าความยืดหยุ่นต่างๆ ทั้งๆที่กระบวนการผลิตแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and development of small cheese making machine

Abstract

This research was designing and development of small cheese making machine. A cheese vat was 30x54x18.5 cm, 5.5 cm above ground and covered with fiber glass for heat insulation purpose. Cheese compress unit consisted of 2 moulds. The cylindrical mould had 14 cm diameter and 11.5 cm height. The rectangular mould was 14x14x11.5 cm. The agitator was 60 cm wide and 28 cm height. The agitator driving motor is 220V, AC 25MW and 0-48 rpm. Stirrer paddle and curd cutter paddle size was 8.5 x 11 cm. A heater controller with was 3000Watt, 220V, 15A and had a dimension of 15 x 20 x 30 cm. In experiment the variety of cheeses such as; (1) cheddar, (2) cheddar mix with strawberry, (3) cheddar mix with mayongchid, (4)cheddar mix with papaya, (5) edam cheese and (6) gouda cheese. The sensory test was done on market cheeses and self-made cheeses were cooked that included eight texture terms: surface roughness, surface moisture, elasticity, firmness, friability, adhesiveness, solubility and moisture in mouth and other test the physical properties included color and textural properties by texture profile analysis (springiness test, gumminess test, chewiness test, resilience test, cohesiveness test, adhesiveness test, and stringiness test) were evaluated on self-made cheeses Conclusively, (1) market cheeses tasted better than self-made cheeses. (2) Most cheeses are white or yellow with exception of fruit cheeses, whose color changed according to the input fruits. (3) Gouda cheese had greater value of chewiness test then others. (4) Edam cheese and cheddar cheese was resembled in textural properties although cheese making process was different.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย (รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบุญ และ อ. วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ) และคณะผู้ช่วยวิจัย (นาย นราศักดิ์ นาคฉ่ำ นาย มงคล สกุลทองอร่ามและนาย วีรศักดิ์ ตั้งกมลสถาพร) ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนงบประมาณเพื่อการวิจัยจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2550



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการศึกษา	2
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย	5
3.1 แนวทางการออกแบบ	5
3.1.1 แนวทางการออกแบบ Cheese vat	5
3.1.2 แนวทางการออกแบบ เครื่องอัดเนยแข็ง	5
3.1.3 แนวทางการออกแบบ ไบกวน	5
3.2 การคำนวณเพื่อการออกแบบ	5
3.2.1 การออกแบบถัง Cheese Vat	6
3.2.2 การคำนวณภาระความร้อนทั้งหมดที่ใช้อุ่นนมเพื่อเลือก Heater	11
3.2.3 การเลือกขนาด ฮีตเตอร์	15
3.3 การออกแบบ เครื่องอัดเนยแข็ง	15
3.3.1 การหาขนาดสกรูส่งกำลัง	15
3.3.2. การหาขนาดของโมลด์รูปร่างของ Cheese press	18
3.4 การออกแบบไบกวน	18
3.4.1. ลักษณะของไบกวน	18
3.4.2. ส่วนประกอบของระบบการกวน	19
3.4.3 การคำนวณหาขนาดแกนไบกวน	20
3.4.4. หาขนาดเพลลาของวงล้อสายพาน	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5. การเลือก Timing Belt Pulleys	24
3.4.6. การเลือก Timing Belt	24
3.4.7. โครงฐานและส่วนประกอบโครงสำหรับใส่อุปกรณ์สำหรับระบบกวน	25
3.4.8. Bushing ของเพลาวงล้อสายพาน	27
3.4.9. ตัวควบคุมมอเตอร์	29
3.4.10. มอเตอร์ส่งกำลัง	29
3.4.11. Couplings	30
3.5 แบบส่วนประกอบของ Cheese Vat	31
3.5.1 แบบ Cheese Vat หน่วย cm	31
3.5.2 แบบเรื่องอัดเนยแข็ง	31
3.5.3 แบบเกลียวอัด	32
3.5.4 แบบ โมลด์ทรงกระบอก	32
3.5.5 แบบ โมลด์ทรงสี่เหลี่ยม	32
3.5.6 แบบ โครงเครื่องกวนเนยแข็ง	34
3.6 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	35
3.7 ขั้นตอนการดำเนินการและวิธีการทดลอง	39
3.7.1 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งเชดด้า	39
3.7.2 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งเชดด้าผสมสตรอเบอร์รี่	40
3.7.3 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งเชดด้าผสมมะละกอ	40
3.7.4 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งเชดด้าผสมมะขงชิด	41
3.7.5 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งเกาด้า	41
3.7.6 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งอีเคม	42
3.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง	43
3.8.1 วิธีทดสอบการชิมแบบให้ระดับ	43
3.9 การทดสอบคุณสมบัติเนยแข็งเชิงตัวเลข	45
3.9.1 ระบบการวัดค่าสี	45
3.9.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis)	47
บทที่ 4 อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์	49

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

4.1	ศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง	49
4.2	การศึกษการทดสอบทางประสาทเชิงตัวเลขของการวัดค่าสี	49
4.3	การศึกษการทดสอบทางประสาทเชิงตัวเลขของค่าเนื้อสัมผัส	49
4.4	การทดสอบค่าสีและค่าเนื้อสัมผัสด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ	52
4.5	การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม	56
4.5.1	ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน	57
บทที่ 5	สรุปและข้อเสนอแนะ	60
5.1	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง	60
5.2	การทดสอบทางประสาทเชิงตัวเลขของการวัดค่าสี	60
5.3	การทดสอบทางประสาทเชิงตัวเลขของค่าเนื้อสัมผัส	60
5.4	การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม	60
5.5	ข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม		62
ภาคผนวก		
ก		63
ข		73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1.1 การนำเข้า Cheese and Curd ของประเทศไทยประจำปี 2006	3
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเหล็กกล้าไร้สนิมบางชนิด	16
ตารางที่ 3.2 มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO 2904-1977(E)	17
ตารางที่ 3.3 ตารางการการปรับเปอร์เซ็นต์การจ่ายไฟกับความเร็รรอบ	29
ตารางที่ 4.1 สูตรผลคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง	50
ตารางที่ 4.2 ผลทดสอบค่าสี	51
ตารางที่ 4.3 ผลค่าความยืดหยุ่นแบบต่างๆ	51
ตารางที่ ก1 ขนาดระบุของเพลตามาตรฐาน	63
ตารางที่ ก2 ค่าตัวประกอบความล้า	63
ตารางที่ ก3 ค่าความปลอดภัย	63
ตารางที่ ก4 สัมประสิทธิ์การหน่วงบวมวัตถุใน 3 มิติ อ้างอิงพื้นที่ฉายด้านหน้า ($Re \geq 10^3$)	64
ตารางที่ ก5 Timing Pulleys T5 Type	67
ตารางที่ ก6 Timing Belts T5/T10 Type	68
ตารางที่ ก7 ค่าหน่วยแรง P สำหรับเจอร์นัลแบร์ริง	69
ตารางที่ ก8 คุณสมบัติของวัสดุแบร์ริง	69
ตารางที่ ก9 ประสิทธิภาพของรอยต่อสายพาน	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้าที่
รูปที่ 3.1 Vessel ที่ต้องการแบบสี่เหลี่ยม	6
รูปที่ 3.2 Vessel ได้เปลี่ยนไปตามความสามารถของการกวน	7
รูปที่ 3.3 การออกแบบ Vessel	7
รูปที่ 3.4 การออกแบบ Jacket ด้านส่วน โคง้ ทั้งสองด้าน	8
รูปที่ 3.5 การออกแบบ Jacket ด้านประกอบสองด้าน	9
รูปที่ 3.6 การออกแบบ Jacket ทั้งหมด	10
รูปที่ 3.7 Fiberglass ขนาด 1 นิ้ว	14
รูปที่ 3.8 ฮีตเตอร์แบบแขวนสามารถนำมาใช้ได้ตามแบบดังต่างๆ	15
รูปที่ 3.9 ไบคววน	19
รูปที่ 3.10 ไบตัดเคิร์ด	19
รูปที่ 3.11 เพลาของวงล้อสายพาน	23
รูปที่ 3.12 ตัวโครงสร้างที่ใส่ส่วนประกอบของของระบบไบคววน1	25
รูปที่ 3.13 ตัวโครงสร้างที่ใส่ส่วนประกอบของของระบบไบคววน2	25
รูปที่ 3.14 ตัวโครงสร้างที่ใส่ส่วนประกอบของของระบบไบคววน3	26
รูปที่ 3.15 ฝาครอบ โครงเครื่องกวน1	26
รูปที่ 3.16 ฝาครอบ โครงเครื่องกวน2	27
รูปที่ 3.17 เพลาหมุนอยู่กลางเบร็ง	27
รูปที่ 3.18 มอเตอร์ส่งกำลัง	29
รูปที่ 3.19 สายไฟที่ต่อเข้ากับตัวมอเตอร์ส่งกำลัง	30
รูปที่ 3.20 กัปปลิง	30
รูปที่ 3.21 Cheese Vat	36
รูปที่ 3.22 เครื่องอัดเนยแข็ง	36
รูปที่ 3.23 เครื่องกวนและไบคววน	37
รูปที่ 3.24 ไบคววนนม	37
รูปที่ 3.25 ไบคววนตัดเคิร์ด	37
รูปที่ 3.26 หัวกด	38
รูปที่ 3.27 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ	38
รูปที่ 3.28 ตัวทำความร้อนภายใน Cheese Vat	39
รูปที่ 3.29 การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE LAB ในรูป สามมิติ	45
รูปที่ 3.30 การวัดสีด้าน Top Left Right ของเนยแข็งทดสอบแบบวงกลม	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3.31 การวัดสีด้าน Top Left Right ของเนยแข็งทดสอบแบบสี่เหลี่ยม	46
รูปที่ 3.32 กราฟ TPA แสดงการหาค่าความยืดหยุ่นแบบต่างๆ	47
รูปที่ 4.1 กราฟแท่งค่าความสว่างของเนยแข็งชนิดต่างๆ	52
รูปที่ 4.2 กราฟแท่งค่าสีแดง เขียวของเนยแข็งชนิดต่างๆ	52
รูปที่ 4.3 กราฟแท่งค่าสีเหลือง น้ำเงินของเนยแข็งชนิดต่างๆ	53
รูปที่ 4.4 กราฟแท่งค่าความเกาะกุ่มของเนยแข็งชนิดต่างๆ	53
รูปที่ 4.5 กราฟแท่งค่าความเหนียวคล้ายเชือกของเนยแข็งชนิดต่างๆ	54
รูปที่ 4.6 กราฟแท่งค่าความยืดหยุ่นแบบสปริงของเนยแข็งชนิดต่างๆ	54
รูปที่ 4.7 กราฟแท่งค่าความกลับสู่สภาพเดิมของเนยแข็งชนิดต่างๆ	55
รูปที่ 4.8 กราฟแท่งค่าความยืดหยุ่นหมากฝรั่งของเนยแข็งชนิดต่างๆ	55
รูปที่ 4.9 กราฟแท่งค่าความยืดหยุ่นแบบเคี้ยวของเนยแข็งชนิดต่างๆ	56
รูปที่ 4.10 กราฟแท่งค่าการยึดติดของเนยแข็งชนิดต่างๆ	56
รูปที่ 4.11 กราฟการวิเคราะห์จุดคุ่มทุน	59
รูปที่ ก1 แผนภูมิสำหรับตัวแปรความหนาฟิล์มน้อยที่สุด	70
รูปที่ ก2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอุณหภูมิ	70
รูปที่ ก3 แผนภูมิสำหรับหาตัวแปรสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	72
รูปที่ ข1 Specification Cheese vat	73
รูปที่ ข2 Specification กล่องควบคุมอุณหภูมิ	73
รูปที่ ข3 การวางตัวของตัวทำความร้อนใน Cheese vat	74
รูปที่ ข4 Specification เครื่องอัดเนยแข็ง	74
รูปที่ ข5 Specification เครื่องกวน	75
รูปที่ ข6 Specification ใบกวน	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็ก

Design and development of small cheese making machine

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

การพัฒนาการผลิตนมโคและการบริโภคน้ำนมดิบโตขึ้นเนื่องจากความช่วยเหลือในการบูรณาการอาชีพการเลี้ยงโคนมในโครงการความแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ดังจะเห็นได้ว่าปริมาณการผลิตทำนมโคในระหว่างปี 2540-2544 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละแปดต่อปี ปัจจุบันปริมาณนมโคที่ผลิตได้ไม่เพียงพอต่อการบริโภค จึงมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์นมที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตนมพร้อมดื่ม เช่น นมผง รวมทั้งผลิตภัณฑ์นมที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงแต่ยังขาดแคลน โนโลยีที่เหมาะสมในการผลิต เช่น เนยแข็ง จึงเห็นได้ว่าความต้องการนม และนมแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เฉพาะ ยังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ผู้บริโภคส่วนมากรู้จักน้ำนมวัวและผลิตภัณฑ์นมวัว ขณะที่น้ำนมแพะและผลิตภัณฑ์กำลังได้รับความสนใจในเชิงของคุณภาพทางโภชนาการ แพะเป็นสัตว์เศรษฐกิจตัวใหม่ของประเทศไทย รวมทั้งประเทศในเอเชียและ แอฟริกา การเลี้ยงดูแพะมีต้นทุนที่ต่ำเพื่อการผลิตน้ำนมและเนื้อแพะ มีข้อเปรียบเทียบที่น่าสนใจระหว่างนมแพะและนมวัวในเรื่องของโภชนาการสำหรับผู้บริโภค เช่น โปรตีนในนมแพะถูกร่างกายย่อยได้เร็วกว่าหรือง่ายกว่า มีงานวิจัยที่รายงานถึงการลดอาหารภูมิแพ้ด้วยการบริโภคนมแพะและผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการดูดซับ Micro nutrient ในร่างกายได้ดีกว่า จากข้อได้เปรียบดังกล่าวจึงทำให้นักวิชาการให้ความสนใจในการศึกษานมแพะเพื่อให้ความเข้าใจ และใช้ประโยชน์จากจากสิ่งเหล่านี้ให้มากยิ่งขึ้น

โครงการวิจัยนี้จะดำเนินการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็กเพื่อใช้ในการงานวิจัยและฝึกอบรมการผลิตเนยแข็งสำหรับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดเล็ก (SME) และขนาดกลาง (MME) โดยอาศัยหลักการ ทฤษฎีการผลิตเนยแข็ง ทฤษฎีการให้ความร้อนของเครื่องผลิตเนยแข็ง ผลของอุณหภูมิที่ไหลอยู่ในเครื่องผลิตเนยแข็งต่อการผลิตเนยแข็ง ซึ่งประกอบด้วย ถึงกระบวนการขนาดบรรจุประมาณ 15 ลิตร อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนที่สามารถปรับระดับอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำได้ อุปกรณ์กวนนมที่ปรับความเร็วได้ อุปกรณ์ช่วยตัด Curd และมีอุปกรณ์อัดขึ้นรูปเนยแข็ง ซึ่งเครื่องผลิตเนยแข็งนี้สามารถปรับสภาวะของกระบวนการผลิตเนยแข็งได้สะดวกและแม่นยำ ซึ่งการทดลองและวิจัยการผลิตเนยแข็งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสำหรับผลิตเนยแข็งขนาดเล็กเพื่อใช้ในงานวิจัยและนำไปพัฒนาเป็นเครื่องผลิตเนยแข็งที่สามารถใช้ได้ในครัวเรือน
- 2) เพื่อนำผลิตภัณฑ์จากนมแพะมาศึกษาและแปรรูปเพื่อเพิ่มค่าให้กับผลิตภัณฑ์จากนมแพะ ให้เป็นที่แพร่หลายในท้องตลาด
- 3) เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของนมแพะ ที่เหมาะสมสำหรับการทำเนยแข็งโดยใช้นมแพะ

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็ก เพื่อใช้ในงานวิจัย ซึ่งไม่ได้รวมถึงการพัฒนาเพื่อการผลิตเนยแข็งในอุตสาหกรรม จะศึกษาวิจัยและทำการทดลองเฉพาะการทำเนยแข็งEDAM และCHEDDARที่ทำจากนมแพะเท่านั้น

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเนยแข็ง ทฤษฎีการให้ความร้อนภายในเครื่องผลิตเนยแข็ง การไหลของน้ำภายในเครื่องผลิตเนยแข็ง การหมุนของใบกวนเนยแข็ง และหาแรงกดที่กระทำต่อเนยแข็ง และนำไปออกแบบและสร้างเครื่องผลิตเนยแข็งจนเสร็จสมบูรณ์แล้ว เครื่องผลิตเนยแข็งนี้จะสามารถนำไปผลิตเนยแข็งเพื่อใช้ในงานวิจัยเพื่อผลิตเนยแข็งที่มีคุณภาพได้
- 2) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม ได้รับคุณประโยชน์ในการใช้นมแพะ มาผลิตเนยแข็งที่ได้มาตรฐาน และลดการนำเข้าเนยแข็ง ช่วยให้เศรษฐกิจไทยไม่ขาดดุลทางการค้า
- 3) เครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็กนี้จะสามารถนำไปผลิตเนยแข็งในงานวิจัยเพื่อผลิตเนยแข็งที่มีคุณภาพได้และสามารถใช้ฝึกอบรมการผลิตเนยแข็งสำหรับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดเล็ก (SME) และขนาดกลาง (MME)
- 4) เพื่อใช้เป็นต้นแบบนำไปพัฒนาเป็นเครื่องผลิตเนยแข็งในระดับงานอุตสาหกรรม
- 5) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยแข็งจากนมแพะเพื่อเป็นการนำร่องของการเพิ่มขีดความสามารถการใช้ประโยชน์จากนมแพะ ของอุตสาหกรรมการเลี้ยงแพะในเขตลาดกระบัง-หนองจอก
- 6) อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม ได้รับคุณประโยชน์ในการใช้นมแพะ มาผลิตเนยแข็งที่ได้มาตรฐาน และลดการนำเข้าเนยแข็ง ช่วยให้เศรษฐกิจไทยไม่ขาดดุลทางการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนยแข็ง (Cheese) เป็นผลิตภัณฑ์นมที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยโปรตีน และไขมัน ประมาณ 30% โดยน้ำหนัก ปัจจุบันการผลิตเนยแข็งในประเทศยังมีน้อยมาก คุณภาพ ผลิตภัณฑ์เนยแข็งที่ผลิตได้ในประเทศยังมีข้อจำกัดของการยอมรับ เทคนิคการผลิตเนยแข็งจำเป็นต้องใช้ศาสตร์และศิลป์ที่เหมาะสมจึงจะสามารถผลิตเนยแข็งที่มีคุณภาพที่ดีและเป็นที่ยอมรับ จำเป็นต้องมีการถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ถูกต้องแก่ผู้ผลิต และผู้ที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 1 การนำเข้า Cheese and Curd ของประเทศไทยประจำปี 2006

HS-Code	04.06...more	- Cheese and curd.	
		DEC 2006	JAN - DEC 2006
COUNTRY		CIF Value (Baht)	CIF Value (Baht)
AUSTRALIA		17,528,807	172,490,954
BELGIUM		0	829,011
BRAZIL		0	21,117
SWITZERLAND		3,550,088	22,588,668
GERMANY		0	2,616,297
DENMARK		5,135,542	39,978,947
SPAIN		0	829,619
FRANCE		3,414,592	26,927,431
HS-Code	04.06...more	- Cheese and curd.	
		DEC 2006	JAN - DEC 2006
COUNTRY		CIF Value (Baht)	CIF Value (Baht)
UNITED KINGDOM		91,755	346,197
HONG KONG		0	60,638
HUNGARY		0	23,166
INDONESIA		0	38,419,801
INDIA		0	4,325,939
ITALY		2,272,563	14,060,208
JAPAN		1,389,556	4,858,095
MALAYSIA		0	11,056
HS-Code	04.06...more	- Cheese and curd.	
		DEC 2006	JAN - DEC 2006
COUNTRY		CIF Value (Baht)	CIF Value (Baht)
NETHERLANDS		2,139,968	34,817,845
NEW ZEALAND		13,936,033	185,983,475
PHILIPPINES		0	2,596
SINGAPORE		1,152,500	4,187,186
UNITED STATES		0	6,877,871
Grand Total		50,611,404	560,256,117

ที่มา: กรมศุลกากร 2550 [1]

แต่นมแพะนั้นก็ยังไม่เป็นที่นิยมในการบริโภคจึงทำให้มีปริมาณเหลือ ด้วยเหตุนี้การนำนมแพะมาแปรรูปนั้นเป็นวิธีการหนึ่ง ในการใช้วัตถุดิบให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งนมแพะเหมาะที่จะนำมาทำเนยแข็ง เพราะโปรตีนในนมแพะนั้นจะมีมากกว่านมวัว เนยแข็งจากนมแพะจัดเป็นเนยแข็งที่มีคุณภาพสูงถึงกับมีการตรวจสอบว่ามีนมวัวปลอมปนอยู่หรือไม่ซึ่งกำหนดโดยกฎหมายยุโรป (European law) เกี่ยวกับการป้องกัน การปนเปื้อนของวัตถุดิบ (Protected Designation of Origin, เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PDO) [2] เราพบว่าในร้านอาหารที่ใช้เนยแข็งที่มีมาตรฐานและอุตสาหกรรมเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นมได้นำเข้าเนยแข็งมาใช้ในประเทศไทยจำนวนมาก อ้างอิงจากรายที่ 1 การนำเข้า Cheese and Curd ของประเทศไทยประจำปี 2006 จะเห็นได้ว่าต้องสูญเสียเงินออกนอกประเทศกว่า 500 ล้านบาทต่อปี เนื่องจากประเทศไทยมีศักยภาพสูงมากในการผลิตวัตถุดิบ (นม) ในการทำ เนยแข็ง แต่ในประเทศไทยทุกวันนี้ยังไม่มีแหล่งผลิตเนยแข็งที่ได้มาตรฐาน การวิจัยเกี่ยวกับการผลิตเนยแข็งที่เป็นแบรนด์ของคนไทย จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและจำเป็นหากต้องการจะทำให้เกิดอุตสาหกรรมนี้ในประเทศไทย แต่ราคานำเข้าเครื่องผลิตเนยแข็งเพื่อใช้ในการวิจัยมีราคาสูงมาก (กว่าล้านบาท) เพราะฉะนั้นโครงการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็กเพื่อใช้ในการงานวิจัยและฝึกอบรมการผลิตเนยแข็งสำหรับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดเล็ก (SME) และขนาดกลาง (MME) และการทดลองและวิจัยเกี่ยวกับการผลิตเนยแข็งนั้นจึงมีความสำคัญ และหากสามารถทำเนยแข็งจากนมแพะให้มีมาตรฐานนั้นจะเป็นการสร้างคุณประโยชน์ทางเศรษฐกิจจากนมแพะ ทำให้นมแพะนั้นมีมูลค่าเพิ่มขึ้น ยังจะช่วยลดการนำเข้าเนยแข็งของประเทศไทยอีกด้วย การเริ่มต้นโครงการดังกล่าวในมหาวิทยาลัยในการสร้างต้นแบบเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็ก และทำการวิจัยนำร่องจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อวงการอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย ในต่างประเทศมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเนยแข็ง ยกตัวอย่างใน University of Wisconsin-Madison มี นักวิจัยหลายกลุ่มทำการวิจัยเกี่ยวกับเนยแข็ง เช่น Castillo et al., 2006 [3], Yu and Gunasekaran, 2005 [4] ฯลฯ และให้การอบรมการผลิตเนยแข็งแก่ผู้ประกอบการ เช่น University of Wisconsin-Madison และ University of California ซึ่งผู้เข้าร่วมอบรมเป็นผู้ที่อยู่ในวงการอุตสาหกรรมนมซึ่งต้องการพัฒนาเทคนิคการผลิตให้ได้มาตรฐาน รวมทั้งผู้ที่มีโครงการจะประกอบธุรกิจการผลิตเนยแข็ง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

3.1 แนวทางการออกแบบ

3.1.1 แนวทางการออกแบบ Cheese vat

1. ต้องการขนาดถังสำหรับใช้ในงานวิจัย แบบบนโต๊ะทดลอง
2. ตัวถัง Cheese vat มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส
3. ความสูงตัวถังไม่เกิน 17cm
4. เน้นความยาวของตัวถังไม่ต่ำกว่า 45 cm
5. ใช้น้ำในการให้ความร้อน ประมาณ 5 ลิตร
6. ถังสามารถบรรจุนมได้ ประมาณ 10 ลิตร
7. วัสดุของ Cheese vat ทุกชิ้นต้องเป็นสิ่งที่ใช้กับอาหารได้ เช่น SS 304

3.1.2 แนวทางการออกแบบ เครื่องอัดเนยแข็ง

1. ต้องการเครื่องอัดเนยแข็งเป็นรูปทรงกระบอกสี่เหลี่ยมและกลม
2. เครื่องอัดเนยแข็งสามารถอัดเนยแข็งทุกชนิดที่ความดันสูงสุด 110 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)
3. สามารถเปลี่ยน โมลด์ ได้ 2 แบบจากแท่นอัดชุดเดียว
4. ขนาดของเนยแข็งที่ได้ต้องมีรูปทรงสมส่วนไม่หนาเกินไป
5. วัสดุของเครื่องอัดเนยแข็งทุกชิ้นต้องเป็นสิ่งที่ใช้กับอาหารได้ เช่น SS 304

3.1.3 แนวทางการออกแบบ ไบควน

1. ต้องการไบควนสอบบแบบได้แก่ แบบที่สามารถกวนเชื้อให้เข้ากับนํ้านมและ แบบที่สามารถตัดเนื้อเคิร์ดได้
2. รัศมีขนาดไม่เกิน 11 cm เนื่องจากความกว้างขนาดถังกว้าง 11 cm
3. ความสูงของไบพัดไม่เกิน 14.5 cm เนื่องจากความสูงของถังสูง 14.5 cm
4. ความเร็วในการกวนอยู่ที่ 30 rpm ซึ่งเป็นความเร็วที่เหมาะสมในการทำ Cheese โดยส่วนใหญ่
5. สามารถกวนได้ทั่วทั้งถัง
6. วัสดุของไบควนทั้ง 2 แบบ ต้องเป็นสิ่งที่ใช้กับอาหารได้ เช่น SS 304

3.2 การคำนวณเพื่อการออกแบบ

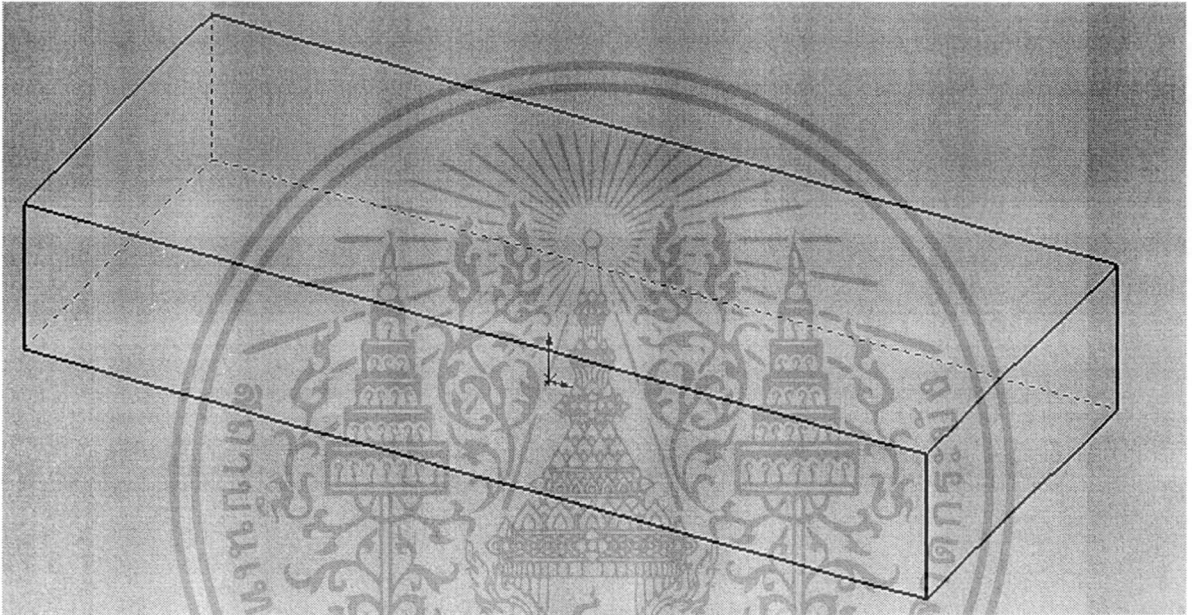
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การออกแบบถัง Cheese Vat

ก. การหาขนาด Vessel

ได้ทำการออกแบบ ถัง Cheese Vat ให้สามารถทำความร้อนที่จะผลิตเนยแข็ง ทั้งนี้ถังที่ออกแบบจะต้องสามารถรองรับปริมาตรของนมที่จะใช้ในระบบ ดังนั้นถังที่ได้ออกแบบมาจึงเป็นถังที่มีขนาดเล็กสำหรับใช้ในงานวิจัย ไม่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปจึงต้องสั่งทำเป็นพิเศษ ในการคำนวณขนาดของถังดังนี้

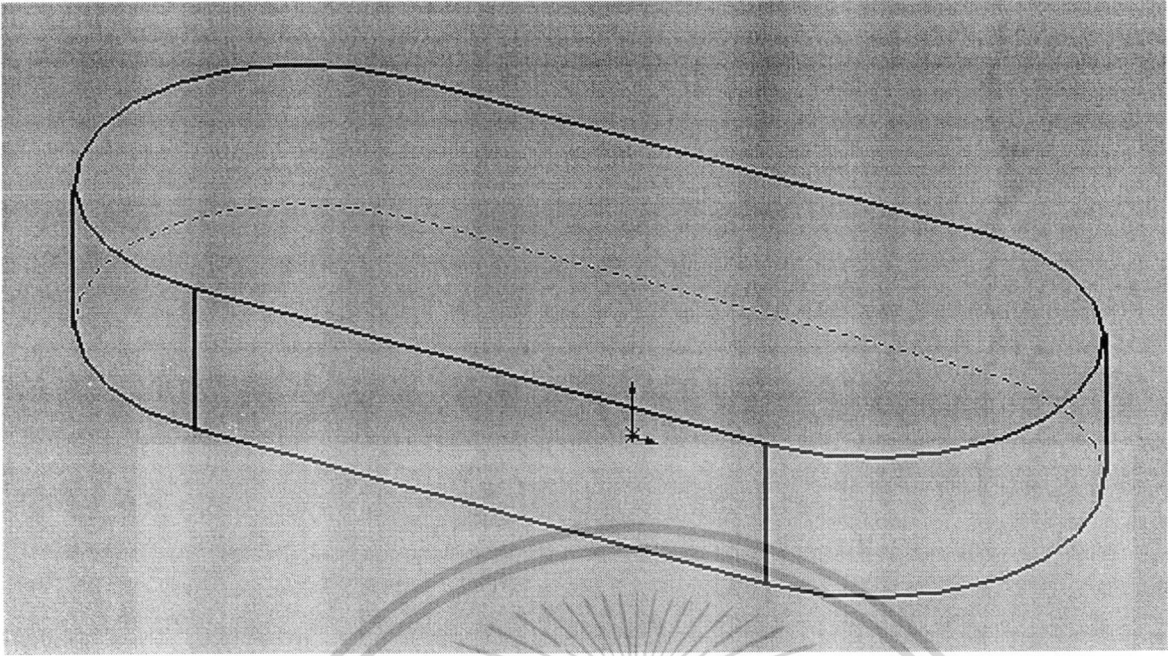
เมื่อต้องการให้ถังสามารถรองรับปริมาตรของนมได้ 10 ลิตร คิดเป็นปริมาตร 0.01 m^3 แต่เนื่องจากเราคิดระยะเผื่อในขณะเดิมนม นั้นจะไม่เต็มพอดีกับขอบถัง เราจึงได้ปริมาตรถังสำหรับใส่นม ประมาณ 12.5 ลิตร คิดเป็นปริมาตร 0.0125 m^3



รูปที่ 3.1 Vessel ที่ต้องการแบบสี่เหลี่ยม

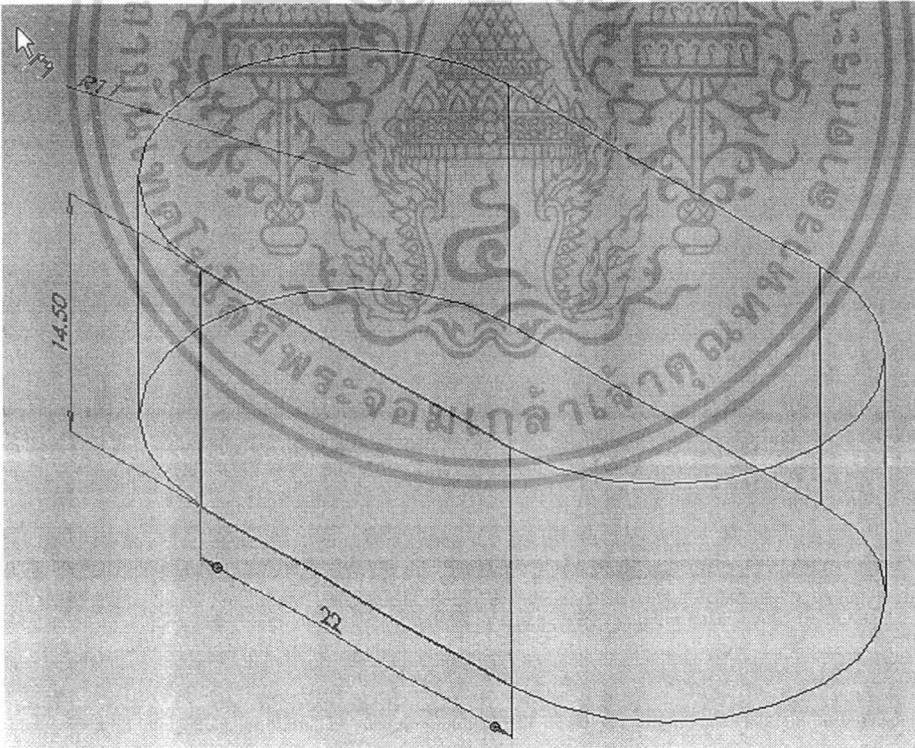
จากรูปที่ 1 จำลอง รูปร่างของถังจากแนวคิด ให้ออกแบบเป็น สี่เหลี่ยมจัตุรัสก่อน จึงได้ค่าความสูงของถัง Cheese vat ไว้ประมาณ 14.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 Vessel ได้เปลี่ยนไปตามความสามารถของการกวน

แต่เนื่องจาก เมื่อพิจารณารูปแบบการกวนนั้นจะพบว่า การกวน โดยใช้ใบพัด จากด้านบน นั้นไม่สามารถกวนทั่วถึงเราจึงออกแบบถึงให้รูปร่างเหมาะสมกับการกวน โดยให้มีลักษณะดังรูปที่ 2 ซึ่งจะใช้ใบกวน สองใบโดยกวนจากด้านบน



รูปที่ 3.3 การออกแบบ Vessel

เราจึงหา ความยาวของถัง และความกว้างของถังจากสูตร

$$V = (\pi r^2 + D^2) \times h \quad (3.1)$$

เมื่อ $V =$ ปริมาตรของถัง (m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

r = รัศมีของถัง (m)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของถัง (m) ($D = 2r$)

h = ความสูงของถัง (m)

แทนค่า ปริมาตรและความสูง จะได้

$$0.0125 = (\pi r^2 + D^2) \times 0.145$$

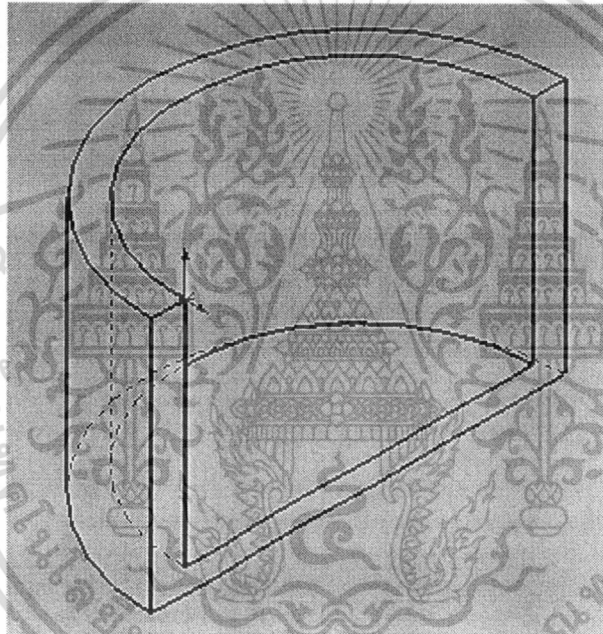
$$r = 0.11m$$

$$D = 0.22m$$

ซึ่งก็จะได้ตามรูปที่ 3

ข. การหาขนาดของ Jacket

การจะคำนวณขนาดของ Jacket ซึ่งเป็นส่วนที่บรรจุน้ำร้อนในการอุ่นนมภายในถังนั้น เกิดจากการคำนวณความร้อนของน้ำร้อน ซึ่งเราต้องการน้ำร้อนประมาณ 5 ลิตรในการทำความร้อนแก่นมภายในถัง



รูปที่ 3.4 การออกแบบ Jacket ด้านส่วน โค้ง ทั้งสองด้าน

ข.1 หาความหนาที่จะทำเป็น Jacket ในส่วนโค้งก่อนโดยไม่คิดความหนาของถังด้านล่าง จากสูตร

$$V = \pi(r_2^2 - r_1^2) \times h \quad (3.2)$$

เมื่อ V = ปริมาตร (m^3)

r_2 = รัศมีวงกลมนอก (m)

r_1 = รัศมีวงกลมใน (m)

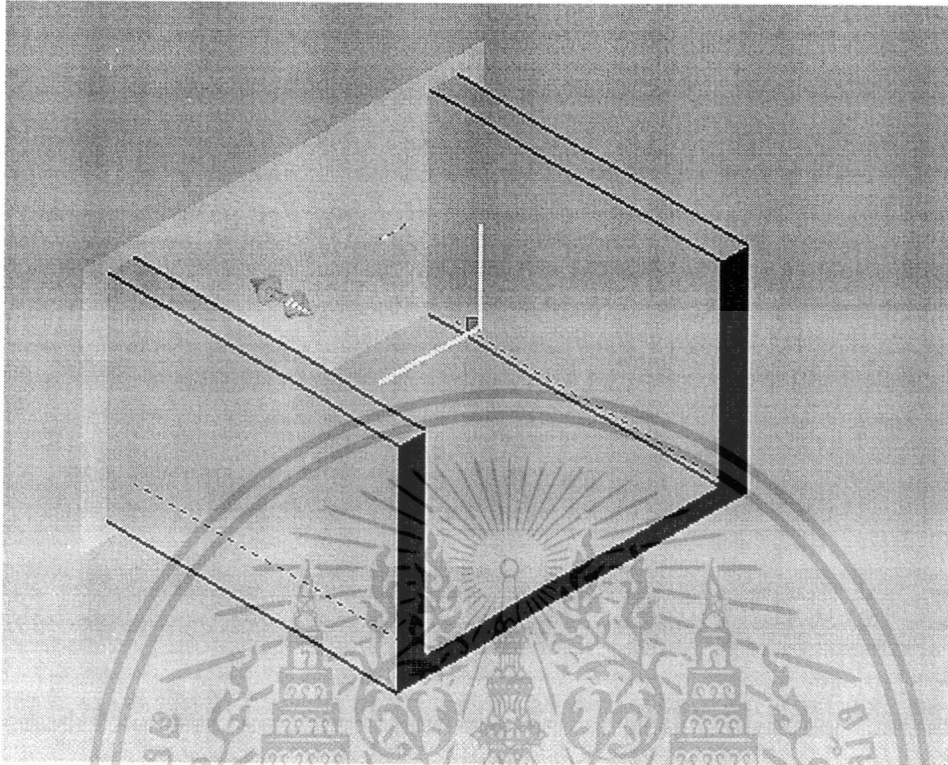
h = ความสูง (m)

แทนค่า ความสูง รัศมีภายใน จากการหาขนาดถัง และรัศมีภายนอกจากการเดาสุ่ม ความหนา โดยไม่ต่ำกว่า 8 มิลลิเมตรเพื่อมีที่ว่างสำหรับใส่ Heater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = 0.002187m^3$$

หรือคิดเป็น ปริมาตร 2.187 ลิตร



รูปที่ 3.5 การออกแบบ Jacket ด้านประกอบสองด้าน

ข.2. หาความหนาที่จะมาทำเป็น Jacket ของด้านอีกสองด้านประกอบ โดยไม่คิดความหนาของถัง
ด้านล่าง

จากสูตร

$$V = h \times l \times t \times 2 \quad (3.3)$$

เมื่อ V = ปริมาตรของ Jacket (m^3)

h = ความสูง (m)

l = ความยาว (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

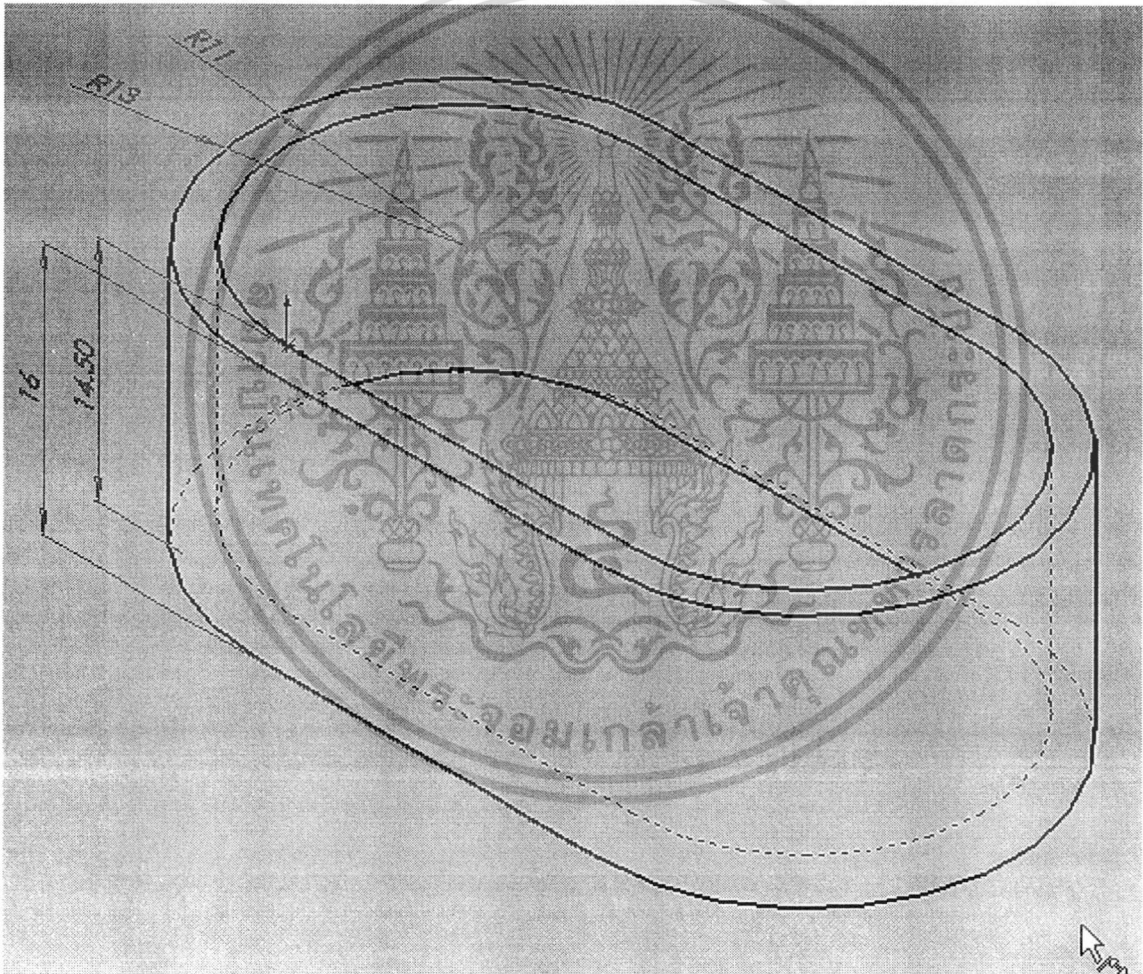
t = ความหนาของ jacket (m)

แทนค่า ความสูงของ Vessel ความยาวของด้านจากการหาขนาดถัง และความหนาของ jacket จากการหาปริมาตรของ jacket ด้านโค้ง

$$V = 0.145 \times 0.22 \times 0.02 \times 2$$

$$V = 0.00127 \text{ m}^3$$

หรือคิดเป็นปริมาตร 1.27 ลิตร



รูปที่ 3.6 การออกแบบ Jacket ทั้งหมด

ข.3. หาคความหนาด้านล่าง ที่จะมาทำเป็น Jacket

จากสูตรที่ (1) โดยความหนาของ jacket นั้นเกิดจากการเดาสุ่มเพื่อหาปริมาตรที่เหมาะสม

$$V = (\pi r^2 + D^2) \times h$$

เมื่อ V = ปริมาตรของ jacket (m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

r = รัศมีภายนอก (m)

D = ความยาวของถังด้านข้าง (m)

h = ความหนาของjacket ด้านล่าง (m)

แทนค่า รัศมีภายนอกจากการคิดความหนา Jacket ความยาวของถังด้านข้างจากการหาขนาดถัง และความหนาของjacket ด้านล่างจากการเดาสุ่ม

$$V = (\pi 0.13^2 + 0.22^2) \times 0.015$$

$$V = 0.00152 \text{ m}^3$$

หรือคิดเป็นปริมาตร 1.52 ลิตร

ข.4. หาปริมาตรรวมทั้งหมดของ Jacket

นำปริมาตร ทั้งสามของJacket มาคิดรวมกันจะได้ $1.52 + 1.27 + 2.19 = 4.98$ ลิตร

ซึ่งใกล้เคียงกับความต้องการของเราที่ ต้องการออกแบบ Jacket ให้รองรับน้ำเพื่อใช้ในการอุ่นนม เป็น ปริมาณ 5 ลิตร

3.2.2 การคำนวณภาระความร้อนทั้งหมดที่ใช้อุ่นนมเพื่อทำเป็นเนยแข็งเพื่อใช้ในการเลือก Heater

ภาระความร้อนทั้งหมด = (ความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของนม) + (ความร้อนสูญเสียจากผนังรอบ Cheese Vat) + (ความร้อนสูญเสียจากการกวน)

ก. ความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของนม
สำหรับการหาน้ำหนักของนมหาได้จากสมการ

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (3.4)$$

เมื่อ V = ปริมาตรของนม (m^3)

m = น้ำหนักของนม (kg)

ρ = ความหนาแน่นของนม (kg/m^3) = $1033 \text{ (kg}/\text{m}^3)$ [6]

แทนค่า ปริมาตรของนมที่ใช้ และความหนาแน่นของนม

$$0.01 = \frac{m}{1033}$$

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

ดังนั้น น้ำหนักของนม จึงเท่ากับ 10.33 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาภาระความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของนม จากสูตร

$$Q=mC\Delta T \quad (3.5)$$

เมื่อ Q = ค่าความร้อน (kJ)

m = มวลของนม (kg)

C = ความจุความร้อนจำเพาะของนม (kJ/kg. °c)

ΔT = อุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ)(°c)

จากกระบวนการผลิตเนยแข็งนั้นการอุ่นนมมีสองช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาที่หนึ่งคือ อุ่นนมจากอุณหภูมิห้องปกติไปยังอุณหภูมิ 32 °c ใช้เวลา 40 นาที เวลาที่สองคือ อุ่นนมจากอุณหภูมิประมาณ 30 °c ไปยังอุณหภูมิ 40 °c ใช้เวลา 20 นาที ซึ่งต้องเปรียบเทียบค่า Power (W) ที่ได้ว่าช่วงเวลาใดใช้พลังงานมากที่สุด ดังนี้

แทนค่า ช่วงเวลาที่ 1 น้ำหนักของนม 10.33 kg ความจุความร้อนจำเพาะของนม 3.93 kJ/kg. °c [7] อุณหภูมิปกติ 28 °c อุณหภูมิที่ต้องการ 32 °c

$$Q=10.33 \times 3.93 \times (32 - 28)$$

$$Q=162.39 \text{ kJ}$$

เมื่อต้องการทราบค่า Power (W) ของช่วงเวลาที่ 1 โดยใช้เวลา 40 นาที คิดเป็น 40×60 = 2400 วินาที ดังนั้นค่า Power (W) ที่ใช้ในเวลาที่ 1 มีค่าเท่ากับ 162.39×1000÷2400 = 67.66 W

แทนค่า ช่วงเวลาที่ 2 น้ำหนักของนม 10.33 kg ความจุความร้อนจำเพาะของนม 3.93 kJ/kg. °c

อุณหภูมิปกติ 30 °c อุณหภูมิที่ต้องการ 40 °c

$$Q=10.33 \times 3.93 \times (40 - 30)$$

$$Q=405.97 \text{ kJ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการทราบค่า Power (W) ของช่วงเวลาที่ 2 โดยใช้เวลา 20 นาที คิดเป็น $20 \times 60 = 1200$ วินาที ดังนั้นค่า Power (W) ที่ใช้ใน ช่วงเวลาที่ 1 มีค่าเท่ากับ $405.97 \times 1000 \div 1200 = 338.31$ W

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่า Power ของทั้งสองช่วงเวลาจะเห็นได้ว่า ช่วงเวลาที่ 2 มีค่ามากกว่าช่วงเวลา ที่ 1 จึงนำช่วงเวลาที่ 2 มาคิดหา Power ที่ใช้ในการเลือก Heater ต่อไป

ข. ความร้อนสูญเสียที่ผนังรอบ Cheese Vat

จากสูตร

$$Q = UA\Delta T \quad (3.6)$$

เมื่อ $Q =$ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

$A =$ พื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน (m^2)

$U =$ สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด ($W/m^2 K$)

$\Delta T =$ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิว (K)

ข.1 หาพื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน

จากสูตร

$$A = (2\pi r_2 h) + (2Dh) \quad (3.7)$$

เมื่อ $A =$ พื้นที่ผิวที่ใช้ถ่ายเทความร้อน (m^2)

$r_2 =$ รัศมีภายนอก (m)

$h =$ ความสูงของ Vessel (m)

$D =$ ความยาวด้านข้างของ Vessel (m)

แทนค่า $r_2 = 0.13$ m, $h = 0.145$ m, $D = 0.22$

$$A = (2 \times \pi \times 0.13 \times 0.145) + (2 \times 0.22 \times 0.145)$$

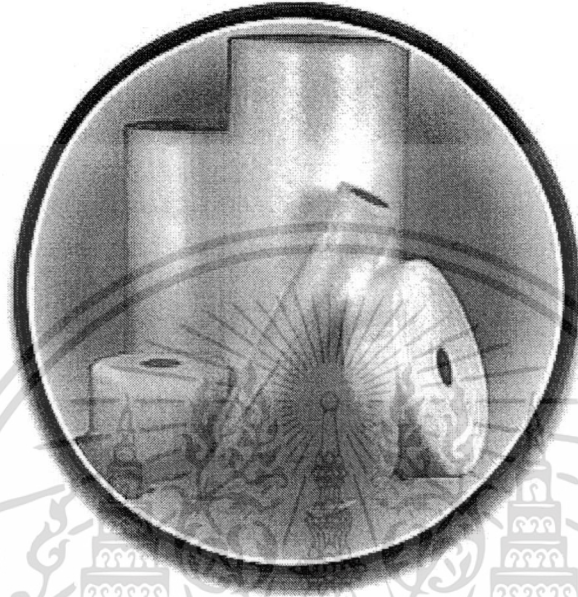
$$A = 0.1821 m^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด

วัสดุที่ใช้ทำผนังของถัง Cheese vat มีสองชนิดคือ Stainless Steel AISI 304 และ Fiber Glass เป็นฉนวน โดยมีความหนา 1 mm และ 1 inch ตามลำดับ ความหนาที่กำหนดมานั้นเป็น ค่าที่ทางร้านแนะนำมา ในการสั่งสร้างชิ้นงานอุตสาหกรรมทั่วไป

ขั้นตอนการถ่ายเทความร้อนจากน้ำร้อนไปยัง SS 304 Fiber Glass และ SS304 เป็นจำนวน 3 ชั้น



รูปที่ 3.7 Fiberglass ขนาด 1 นิ้ว

ดังนั้นค่า k หรือค่า Thermal conductivity ของ Stainless Steel AISI 316L มีค่าเท่ากับ 16.2 W/m K และ ค่า k ของ Fiber Glass มีค่าเท่ากับ 0.04 W/m K

จากสูตร

$$U = \frac{1}{\frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3}} \quad (3.8)$$

เมื่อ U = สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (W/m² K)

x_1 = ความหนาของ Stainless Steel AISI 304 (m)

x_2 = ความหนาของ Fiber Glass (m)

x_3 = ความหนาของ Stainless Steel AISI 304 (m)

k_1 = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของ Stainless Steel AISI 304 (W/m K)

k_2 = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของ Fiber Glass (W/m K)

k_3 = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของ Stainless Steel AISI 304 (W/m K)

แทนค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$x_1 = 0.01 \text{ m}, x_2 = 0.0254 \text{ m}, x_3 = 0.01 \text{ m}, k_1 = 16.2 \text{ W/m K}, k_2 = 0.04 \text{ W/m K}, k_3 = 16.2$$

W/m K

$$U = \frac{1}{\frac{0.001}{16.2} + \frac{0.0254}{0.04} + \frac{0.001}{16.2}}$$

$$\therefore U = 1.573 \text{ W/m}^2\text{K}$$

ข.3 การหา ΔT

คาดการณ์ว่า อุณหภูมิภายนอกถึงที่หุ้มฉนวนแล้ว จะมีอุณหภูมิ 30°C และ อุณหภูมิของผิวอีกด้านหนึ่ง มีค่าเท่ากับ 76°C คือ อุณหภูมิของน้ำร้อนนั่นเอง ดังนั้น ΔT จึงมีค่าเท่ากับ $76 - 30 = 46^\circ \text{C}$
แทนค่า $U = 1.573$, $A = 0.1821 \text{ m}^2$, $\Delta T = 46^\circ \text{C}$

$$Q = 1.573 \times 0.1821 \times 46$$

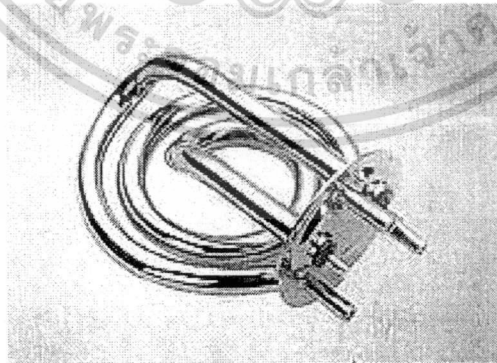
$$Q = 13.18 \text{ W}$$

ดังนั้นความร้อนสูญเสียที่ผนังรอบถังต้ม มีค่าเท่ากับ Power 13.179 W

3.2.3 การเลือกขนาด ฮีตเตอร์

จากการคิด ค่า Power ของภาระความร้อนทั้งหมด มารวมกันจะได้ เท่ากับ 351.50 W แต่เรายังไม่ได้คิดภาระความร้อนจากไบกวน และคิดค่า Safety Factor ดังนั้นเราจึง คิดค่า Safety Factor ให้มีค่าเท่ากับ 3 ดังนั้น ค่าภาระความร้อนที่ได้ จึงมีค่าเท่ากับ $351.50 \times 3 = 1054.50 \text{ W}$

ดังนั้น เราจึงเลือก ขนาดฮีตเตอร์ ตั้งแต่ 1000 W ขึ้นไป ซึ่งการเลือก ฮีตเตอร์ นั้นต้องเลือกแบบ ขดให้อยู่ภายใน Jacket ได้ด้วย เพื่อกระจายความร้อนได้ทั่วถึง โดยมีรูปแบบของฮีตเตอร์ดังรูป



รูปที่ 3.8 ฮีตเตอร์แบบขดสามารถนำมาขดได้ตามแบบถึงต่างๆ

3.3 การออกแบบ เครื่องอัดเนยแข็ง

3.3.1 การหาขนาดสกรูส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาขนาดของสกรูส่งกำลังที่ใช้ในการทำ Cheese press ใช้ข้อมูลและวิธีคำนวณจากหนังสือ Machine Design การออกแบบเครื่องจักรกลของ ศ.ดร. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์

เริ่มคำนวณ โดยการหาภาระทั้งหมดที่เครื่อง Cheese press จะได้รับในการกด โดยมีค่า

P (pressure) ที่เครื่องจะต้องสามารถรับได้สูงสุดเท่ากับ $110 \frac{lb}{in^2}$ โดยมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ $14 \times 14 cm^2$

$$P = \frac{F}{A} \tag{3.9}$$

$$110 \frac{lb}{in^2} = \frac{110}{2.54 \times 2.54} \frac{lb}{cm^2} = 17.05 \frac{lb}{cm^2}$$

$$F = 17.05 \frac{lb}{cm^2} \times (14)^2 cm^2$$

$$F = 3341.8 lb = 1519 kg$$

เพราะฉะนั้นมี load ทั้งหมดเท่ากับ 1519 kg

สมมุติใช้ Stainless steel Austenitic (cold worked) เบอร์ 304 มีโหลดทั้งหมด 1519 kg ณ. ระยะ 5 cm (ให้มีค่า safety factor = 3) เริ่มต้นหาค่า yield strength จากการเปิดตาราง 3.1

AISI Type	Tensile Strength ksi			Yield Strength ksi			Elong. in 2 in. %			Reduction of Area %			Brinell Hardness BHN			Impact Strength (Charpy, ft.-lb.)			Endurance Limit (ksi)	Weldability
	As-annealed	Cold Worked	Hot-rolled & Tempered	As-annealed	Cold Worked	Hot-rolled & Tempered	As-annealed	Cold Worked	Hot-rolled & Tempered	As-annealed	Cold Worked	Hot-rolled & Tempered	As-annealed	Cold Worked	Hot-rolled & Tempered	As-annealed	Cold Worked	Hot-rolled & Tempered		
304	75	110	-	35	75	-	60	35	-	70	80	115	240	-	110	-	-	-	55	ดี
304	85	110	-	35	75	-	60	50	-	70	80	140	240	-	50	-	-	34	ดี	
316	85	110	-	45	75	-	50	50	-	65	75	170	-	90	-	-	-	50	ดี	
316	80	90	-	30	60	-	50	45	-	70	85	140	180	-	110	-	-	38	ดี	
316	85	100	-	35	65	-	55	40	-	65	80	150	212	-	110	-	-	38	ดี	
316	90	100	-	35	60	-	50	40	-	60	80	160	212	-	110	-	-	35	ดี	
304	75	-	110	45	-	85	30	-	20	70	-	155	-	225	90	-	75	40	Fair	
304	70	100	110	40	85	40	30	17	23	75	60	165	270	225	50	80	75	40	Fair	
304	110	120	160	80	115	17	12	17	15	17	10	230	270	-	50	-	48	45	Fair	
304	75	100	110	40	85	30	13	16	10	55	55	155	200	210	70	70	25	40	Fair	
304	85	100	120	50	85	19	25	17	8	75	30	195	212	500	-	10	40	-	45	
304	125	135	165	95	110	12	20	17	10	85	35	200	270	325	50	40	40	45	Fair	
304 A.E.C.	105	115	130	60	90	24	20	7	5	25	20	215	240	610	2	2	4	40	Fair	
304	75	-	110	45	-	85	30	-	20	70	-	155	-	225	90	-	75	40	Fair	
304	70	100	110	40	85	40	30	17	23	75	60	165	270	225	50	80	75	40	Fair	
304	110	120	160	80	115	17	12	17	15	17	10	230	270	-	50	-	48	45	Fair	
304	75	100	110	40	85	30	13	16	10	55	55	155	200	210	70	70	25	40	Fair	
304	85	100	120	50	85	19	25	17	8	75	30	195	212	500	-	10	40	-	45	
304	125	135	165	95	110	12	20	17	10	85	35	200	270	325	50	40	40	45	Fair	
304 A.E.C.	105	115	130	60	90	24	20	7	5	25	20	215	240	610	2	2	4	40	Fair	
304	75	-	110	45	-	85	30	-	20	70	-	155	-	225	90	-	75	40	Fair	
304	70	100	110	40	85	40	30	17	23	75	60	165	270	225	50	80	75	40	Fair	
304	110	120	160	80	115	17	12	17	15	17	10	230	270	-	50	-	48	45	Fair	
304	75	100	110	40	85	30	13	16	10	55	55	155	200	210	70	70	25	40	Fair	
304	85	100	120	50	85	19	25	17	8	75	30	195	212	500	-	10	40	-	45	
304	125	135	165	95	110	12	20	17	10	85	35	200	270	325	50	40	40	45	Fair	
304 A.E.C.	105	115	130	60	90	24	20	7	5	25	20	215	240	610	2	2	4	40	Fair	
304	75	-	110	45	-	85	30	-	20	70	-	155	-	225	90	-	75	40	Fair	
304	70	100	110	40	85	40	30	17	23	75	60	165	270	225	50	80	75	40	Fair	
304	110	120	160	80	115	17	12	17	15	17	10	230	270	-	50	-	48	45	Fair	
304	75	100	110	40	85	30	13	16	10	55	55	155	200	210	70	70	25	40	Fair	
304	85	100	120	50	85	19	25	17	8	75	30	195	212	500	-	10	40	-	45	
304	125	135	165	95	110	12	20	17	10	85	35	200	270	325	50	40	40	45	Fair	
304 A.E.C.	105	115	130	60	90	24	20	7	5	25	20	215	240	610	2	2	4	40	Fair	
304	75	-	110	45	-	85	30	-	20	70	-	155	-	225	90	-	75	40	Fair	
304	70	100	110	40	85	40	30	17	23	75	60	165	270	225	50	80	75	40	Fair	
304	110	120	160	80	115	17	12	17	15	17	10	230	270	-	50	-	48	45	Fair	
304	75	100	110	40	85	30	13	16	10	55	55	155	200	210	70	70	25	40	Fair	
304	85	100	120	50	85	19	25	17	8	75	30	195	212	500	-	10	40	-	45	
304	125	135	165	95	110	12	20	17	10	85	35	200	270	325	50	40	40	45	Fair	
304 A.E.C.	105	115	130	60	90	24	20	7	5	25	20	215	240	610	2	2	4	40	Fair	

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเหล็กกล้าไร้สนิมบางชนิด [10]

$$\sigma_y = 75 \text{ ksi} = 75 \times 6.895 = 517.125 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{cd} = \frac{517.125}{3} = 172.375 \text{ N/mm}^2$$

ในการหาค่าโดยการประมาณของสกรูชั้นแรกนี้สมมุติให้ $\frac{L_e}{k} < 40$

$$W = \sigma_{cd} A_r = \sigma_{cd} \left(\frac{\pi}{4} d_r^2 \right) \tag{3.10}$$

$$1519 \times 9.81 = 172.375 \left(\frac{\pi}{4} d_r^2 \right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d_r = 10.49 \text{ mm}$$

จากตารางที่ 3.2 ทดลองเลือกขนาดสกรูขนาด 11 mm

ขนาดระบุ			ระยะพิชช์ p	$d_2 = D_2$	D_4	d_3	D_1
ช่อง 1	ช่อง 2	ช่อง 3					
8			1.5	7.250	8.300	6.200	6.500
	9		1.5 *2	8.250 8.000	9.300 9.500	7.200 6.500	7.500 7.000
10			1.5 *2	9.250 9.000	10.300 10.500	8.200 7.500	8.500 8.000
	11		2 *3	10.000 9.500	11.500 11.500	8.500 7.500	9.000 8.000
12			2 *3	11.000 10.500	12.500 12.500	9.500 8.500	10.000 9.000
	14		2 *3	13.000 12.500	14.500 14.500	11.500 10.500	12.000 11.000
16			2 *4	15.000 14.000	16.500 16.500	13.500 11.500	14.000 12.000
	18		2 *4	17.000 16.000	18.500 18.500	15.500 13.500	16.000 14.000
20			2 *4	19.000 18.000	20.500 20.500	17.500 15.500	18.000 16.000
ขนาดเป็น mm						18.500	19.000

ตารางที่ 3.2 มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO 2904-1977(E) [10]

$$P = 3 \text{ mm}$$

$$d_3 = d_r = 7.5 \text{ mm}$$

สมมติให้ปลายสกรูมีการรับแรงทั้งสองด้านในลักษณะที่ใกล้เคียงกับ SC (Sample-supported-clamped) ให้ L คือระยะที่สกรูจะต้องกดลงมามีค่าเท่ากับ 50 mm ซึ่ง

$$L_e = 0.707L = 0.707 \times 50 = 35.35 \text{ mm}$$

รัศมีใจเรชั่น $k = \frac{d_r}{4} = \frac{7.5}{4} = 1.875 \text{ mm}$

เพราะฉะนั้น $\frac{L_e}{k} = \frac{35.35}{1.875} = 18.85$

$\frac{L_e}{k}$ มีค่าน้อยกว่า 40 mm เพราะฉะนั้นอยู่ในช่วงสกรูสั้น

$$W = \sigma_{cd} A_r$$

$$W = 172.375 \times \left(\frac{\pi}{4} \times 11^2\right) \text{ N}$$

$$W = 16373.04 \text{ N}$$

$$m = 1669.02 \text{ kg}$$

สกรูที่เลือกสามารถออกแรงกดมวลได้มากกว่าที่กำหนดเพราะฉะนั้นสามารถเลือกใช้ได้

จึงเลือกใช้สกรู Tr11x3

3.3.2. การหาขนาดของโมลด์รูปร่างของ Cheese press

การคำนวณขนาดของโมลด์รูปร่างของ Cheese press นั้นจะเริ่มคำนวณจากการทราบปริมาตรของชีสทั้งหมดที่เราจะต้องอัดได้ โดยปริมาตรของชีสนั้นจะอยู่ที่ประมาณ 1 ลิตร

- โมลด์ทรงสี่เหลี่ยม

$$x^2 \times h = 1000 \text{ cm}^3$$

กำหนดขนาดของความกว้างและความยาวของโมลด์เท่ากับ 14×14

$$14 \times 14 \times h = 1000 \text{ cm}^3$$

$$h = 5.1 \text{ cm}$$

จะได้ชีสทรงสี่เหลี่ยมขนาด $14 \times 14 \times 5.1 \text{ cm}^3$ ซึ่งถือว่าสมส่วนตามต้องการ

- โมลด์ทรงกระบอก

$$\pi \times r^2 \times h = 1000 \text{ cm}^3$$

กำหนดขนาดของรัศมีของโมลด์เท่ากับ 7 cm

$$\pi \times 7^2 \times h = 1000 \text{ cm}^3$$

$$h = 6.5 \text{ cm}$$

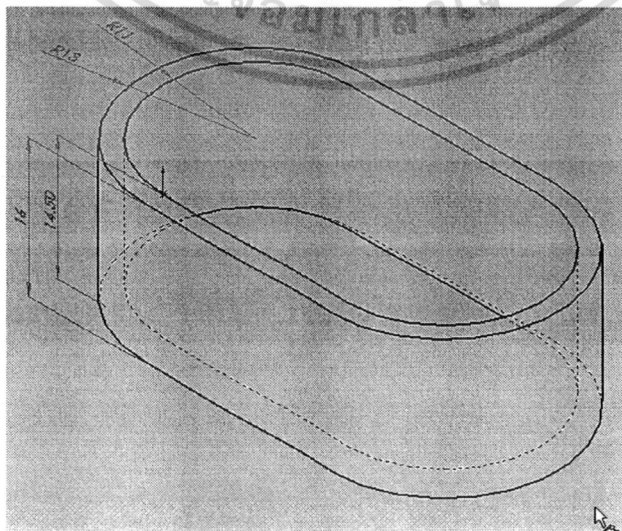
จะได้ชีสทรงกระบอกขนาดรัศมี 7cm สูง 6.5cm ซึ่งถือว่าสมส่วนตามต้องการ

โดยการออกแบบขนาดของโมลด์นั้นเราจะต้องออกแบบให้สูงกว่าที่เราคำนวณเอาไว้พอสมควรเพื่อเว้นที่ไว้สำหรับการนำ Cheese ที่ยังเป็น Curd มาใส่ลงไปซึ่งจะมีปริมาตรมากกว่าขนาด Cheese ที่เราต้องการ

3.4 การออกแบบใบกวน [ตารางหาค่าต่างๆจากภาคผนวก ก]

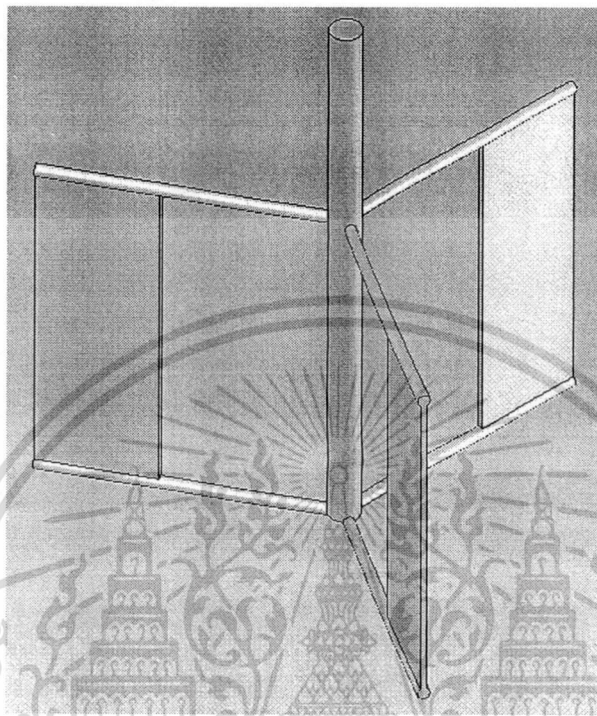
3.4.1. ลักษณะของใบกวน

เนื่องด้วยการทำ Cheese นั้นจะต้องทำการกวนเชื้อให้ผสมเข้ากับนม โดยที่การกวนนั้นจะเป็นไปอย่างช้าๆ และต้องกระจายเชื้อให้ทั่วถึง จึงต้องมีลักษณะใบพัดเป็นแบบ paddle และจากรูปแบบของถังที่ออกแบบไว้



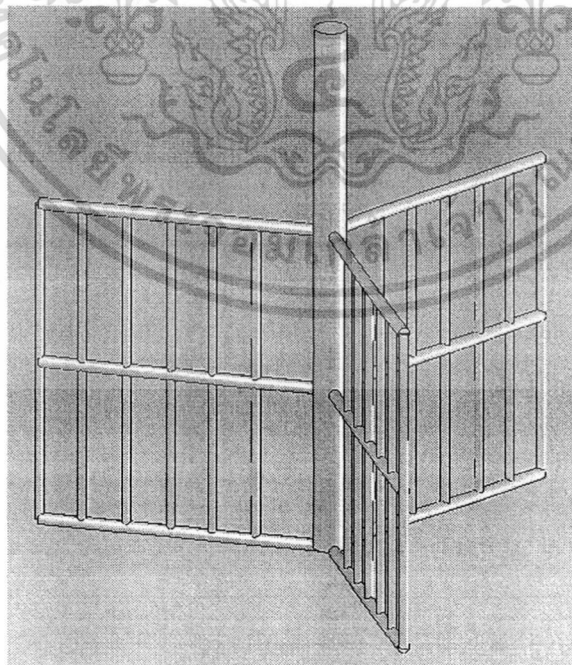
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงต้องใช้ใบพัด 2 ตัว ติดตั้งทางด้านซ้ายและขวา ในกระบวนการทำ Cheese จะต้องมีการตัดก้อนเคิร์ดหลังจากที่เราทำการกวนเชื้อให้ผสมกับนมในครั้งแรกและปล่อยให้ทิ้งไว้ให้เกิดลิ่มนํ้านมหรือเคิร์ดขึ้น ดังนั้นเราจึงต้องมีใบพัดอีกแบบเพื่อให้เหมาะกับการตัดด้วย ซึ่งแบ่งเป็นใบพัดกวนเชื้อหรือส่วนประกอบอื่นๆ ให้เข้ากัน



รูปที่ 3.9 ใบกวน

และใบพัดสำหรับตัดลิ่มนมหรือเคิร์ดให้แตกตะกอน



รูปที่ 3.10 ใบตัดเคิร์ด

3.4.2. ส่วนประกอบของระบบการกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ใบพัดแบบกวนเชื้อ 2 ใบ ตัวแกนสูง 180 mm ครีบบใบพัดสูง 110 mm กว้าง 40 มี 3 ครีบบ
2. ใบพัดแบบตัดเคิร์ดตัวแกนสูง 180 mm มีแกนแขนง 3 แขนง ยาว 100 mm มีซี่ลวด 6 ซี่ ยาวซี่ลวด 110 mm
3. สายพานส่งกำลังแบบตีนตะขาบ เบอร์ 525T5 2 เส้น
4. มอเตอร์กระแสสลับ 200 V 25 W รุ่น 5RK25RGUC ขนาดแกน 10 mm หน้ากว้าง 8 × 8 cm
5. Control Speed Motor ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ AC 220 V
6. Timing Belt Pulleys T5 Type จำนวนฟัน 22 ซี่ 4 ตัว
7. เฟลากลมตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm
8. Coupling แบบ Set Screw Type 1 ตัว
9. Bushing ใช้พลาสติกแบบ Polyethylene
10. โครงสร้างที่สำหรับใส่ส่วนประกอบต่างๆในระบบการกวน

3.4.3 การคำนวณหาขนาดแกนใบกวน [8]

สำหรับเฟลากลมตัน การคำนวณหาขนาดของเฟลาตามมาตรฐาน ASME คือ

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{\frac{1}{2}}$$

โดย d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเฟลา
 τ = ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน
 C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด
 C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด
 T = โมเมนต์บิด
 M = โมเมนต์ตัด

สำหรับเฟลาที่ใช้งานธรรมดาทั่วไป การออกแบบเฟลาตามมาตรฐานของ ASME ควรจะมีค่าความเค้นเฉือนการใช้งานคือ

τ = 55 N/mm² สำหรับเฟลาที่ไม่มีร่องลิ่ม

τ = 41 N/mm² สำหรับเฟลาที่มีร่องลิ่ม

1 ค่าแรงต้านที่เกิดขึ้นใบกวนหมุน

สำหรับการไหลผ่านแผ่นราบเรียบจะเป็นการไหลที่ไม่มีค่าความดันแตกต่างเกิดขึ้น ดังนั้นแรงหน่วงที่เกิดขึ้นบนผิวของแผ่นราบ แรงหน่วงดังกล่าวสามารถหาได้จากสูตร

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho V^2 A}$$

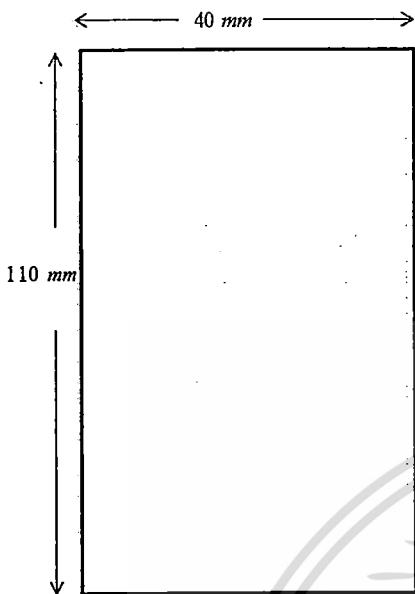
F_D = ค่าความหน่วง (N)

ρ = ค่าความหนาแน่น (kg/m³)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C_D = ค่าสัมประสิทธิ์แรงหน่วง

A = คือพื้นที่ผิวที่ไหลสัมผัสทั้งหมด



หาสภาพการไหลเพื่อตรวจสอบว่าเป็นการไหลแบบใดโดย

$$Re = \frac{\rho V w}{\mu}$$

w = ความกว้างของแผ่นราบ

μ = ความหนืดสัมบูรณ์

ρ = 1033 kg/m^3

w = 0.04 m

μ = $2.1 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$

หาค่า V โดย

$$V = \omega R$$

R = ระยะจุดศูนย์กลางของเพลลาใบพัดถึงจุดเซ็นทรอย

R = 0.08 m

อัตราเร็วรอบที่กำหนดไว้คือ 30 rpm ดังนั้น

$$\omega = 30 \left(\frac{2\pi}{60} \right) = 3.14 \text{ rad/s}$$

$$V = \omega R = 3.14 \times 0.08 = 0.25 \text{ m/s}$$

ดังนั้นค่า Re ที่ได้คือ

$$Re_3 = \frac{1033 \times 0.25 \times 0.04}{2.1 \times 10^{-3}} = 4.92 \times 10^3$$

D_1 = จากค่า Re ที่ได้แสดงว่าทุกครีบของใบพัดเป็นการไหลแบบราบเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่า Re ที่ได้จึงใช้ตารางการหน่วงของวัตถุแบบที่ 2

$$\frac{b}{t} = 2.75$$

เทียบจากตารางที่ 4 ค่าใกล้เคียง ได้ค่า $C_D = 1.20$

จะได้ค่าแรงหน่วงแต่ละครีบคือ

$$F_D = C_D \frac{1}{2} \rho V^2 A$$

$$F_D = 1.20 \times \frac{1}{2} \times 1033 \times (0.25)^2 (0.04 \times 0.11) = 0.170 \text{ N}$$

ใบพัดมี 3 แขน ดังนั้นแรงหน่วงที่เกิดขึ้นจากใบพัดขณะหมุนคือ $3(0.170) = 0.51 \text{ N}$

ค่าโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นจากแรงจุดของการหมุนผ่านของไหล

$$T = F_D R = 0.170 \times 0.25 = 0.0425 \text{ N}$$

ดังนั้น มี 3 แขน $T = 3(0.0425) = 0.128 \text{ N}$

ค่าโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นจากมอเตอร์

จากสมการ

$$T = \frac{W_p(60)}{2\pi n}$$

$$T = \frac{25(60)}{2 \times \pi \times 30} = 7.95 \text{ N}$$

2 ค่าโมเมนต์บิดสูงสุดเกิดขึ้นจากมอเตอร์

เนื่องส่วนเพลลาของใบพัดต่อเข้ากับเพลลาของวงล้อสายพานจึงไม่มีค่าโมเมนต์ตัด

แกนของใบพัดใช้แบบไขว้กับเพลลาของวงล้อสายพาน ดังนั้นจึงเลือกค่า τ_d เป็นแบบมีร่องลิ้น

สำหรับเพลลาที่มีร่องลิ้น $\tau_d = 41 \text{ N/mm}^2$

จากตาราง เลือกค่า $C_m = 1.5$ และ $C_t = 1.0$

$$\text{ดังนั้น } d^3 = \frac{16}{\pi \tau} [C_t T]^2 + (C_m M)^2]^{1/2}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi 41} [(1.5 \times 7.95)^2 + 0]^{1/2} = 1.48$$

$$d^3 = 1.13 \text{ mm}$$

เลือกค่าความปลอดภัย $n = 4$

ดังนั้น ได้ค่า $d = 4.52 \text{ mm}$

จากตารางที่ 1 เลือกใช้เพลลาตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm

3.4.4. หาขนาดเพลลาของวงล้อสายพานเพลลาของวงล้อสายพานทำจาก Stainless Steel 316L มีค่า yield

strength = 165 MPa หรือ 23.9 ksi

$$\text{ดังนั้น } \sigma_y = 23.9 \times 6.895 = 164.79 \text{ N/mm}^2$$

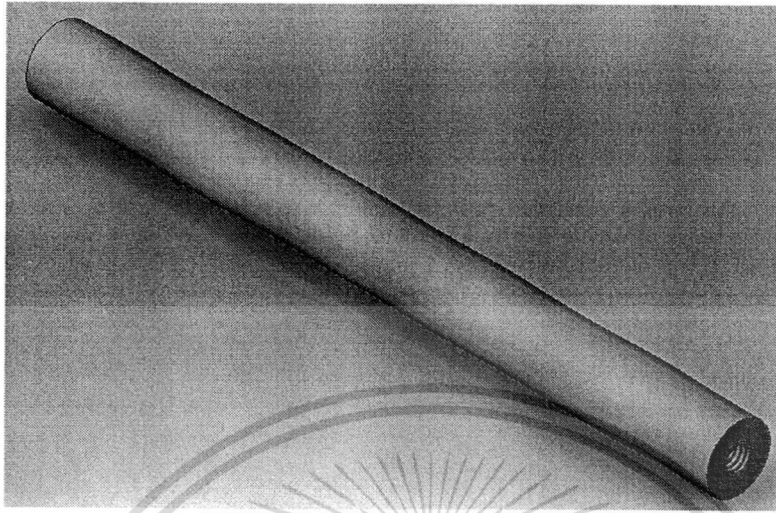
ความต้านแรงเฉือนคราก $\tau_y = 0.6 \sigma_y$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่กระทำต่อเพลานั้นคือแรงกระทำซ้ำ 2 ทิศทาง จากตารางที่ 3 เลือก $n = 4$

ความเค้นเฉือนออกแบบ $\tau_d = \frac{0.6 \times 164.79}{4} = 24.72 \text{ N/mm}^2$



รูปที่ 3.11 เพลของวงล้อสายพาน

จากสมการ

$$T = \frac{W_p(60)}{2\pi}$$

$$T = \frac{25(60)}{2 \times \pi \times 30} = 7.95 \text{ N}$$

ความเค้นเฉือนสูงสุด $\tau = \frac{Tr}{J}$

โดยที่

$r =$ รัศมีภายนอกเพล

$J =$ โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วของพื้นที่

$$= \frac{\pi d^4}{32} \quad \text{สำหรับท่อนกลมตัน}$$

$$= \frac{\pi(d^4 - d_i^4)}{32} \quad \text{สำหรับท่อนกลมกลวง}$$

$d =$ คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก

$d_i =$ คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

โดยเราต้องการเพลากลวงเพื่อที่จะสามารถนำเพลของใบพัดมาต่อเข้ากับเพลของวงล้อ

สายพานส่งกำลังและเส้นผ่านศูนย์กลางภายในจะต้องมีค่าใกล้เคียง 6 mm

ดังนั้น ให้อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{d}{d_i} = 2$

ดังนั้น $J = \frac{\pi}{32} [(2d_i)^4 - d_i^4]$

$$J = \frac{15\pi d_i^4}{32}$$

ความเค้นเฉือนสูงสุด $\tau = \frac{Tr}{J} = \frac{T(d/2)}{J} = \frac{Td_i}{J} = \frac{32T}{15\pi d_i^3}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{แทนค่า } 24.72 = \frac{32 \times 7.95 \times 1000}{15\pi d_i^3}$$

ดังนั้น $d_i = 7 \text{ mm}$

และ $d = 2 \times 7 = 14 \text{ mm}$

ดังนั้น ขนาดเพลตที่ใช้คือเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm และมีรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 mm แต่เนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนใบพัดมีขนาด 6 mm จึงจำเป็นต้องปรับให้เส้นผ่านศูนย์กลางของรูเพลตเป็น 6 mm เพื่อสามารถไขใบพัดที่มีปลายแกนเป็นหัวน็อตเข้าไปได้

3.4.5. การเลือก Timing Belt Pulleys

โดยเลือกจากตาราง Timing Pulleys T5

เลือกแบบ B shape เนื่องจากไม่ต้องการเจาะร่องลึ้ม

จากขนาดของเพลตที่คำนวณไว้มีขนาด 14 mm ดังนั้นจากตารางจะต้องมีค่า dH7 ตั้งแต่ 14 ขึ้นไป

ดังนั้นเลือกแบบฟัน 25 ซี่ ซึ่งสามารถทำให้เจาะรูเพื่อใส่เพลตขนาด 14 mm ได้

3.4.6. การเลือก Timing Belt

จากค่าที่ได้นำไปหาความยาวของสายพานส่งกำลังซึ่งจากการเลือก Timing Belt Pulleys ทำให้เราต้องเลือกสายพานที่มีความกว้างประเภทเบอร์ T5150 หรือสายพานแบบตีนตะขาบกว้าง 15 mm ซึ่งมีความยาวขั้นต่ำ 590 mm

จากระยะห่างระหว่างเพลตของ Timing Pulleys กับเพลตของมอเตอร์ส่งกำลังจากภาพที่เป็น

$$\sqrt{210^2 + 110^2} = 237 \text{ mm}$$

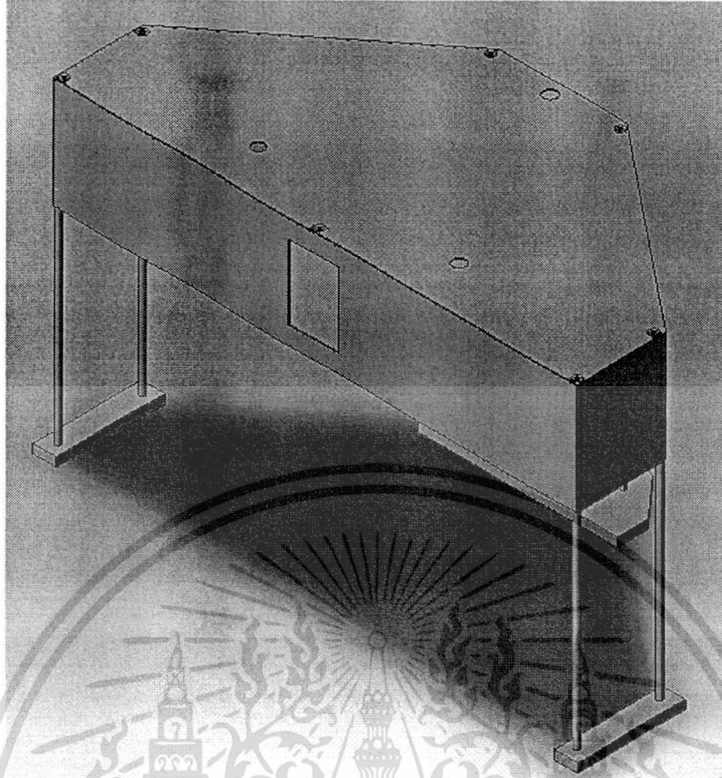
มุมลื้อสายพาน = 180° เส้นผ่านศูนย์กลางของ Timing Belt Pulleys ที่เลือกคือ 39

$$2\pi r + 2(237) = 2\pi(19.5) + 2(237) = 596.46 \text{ mm}$$

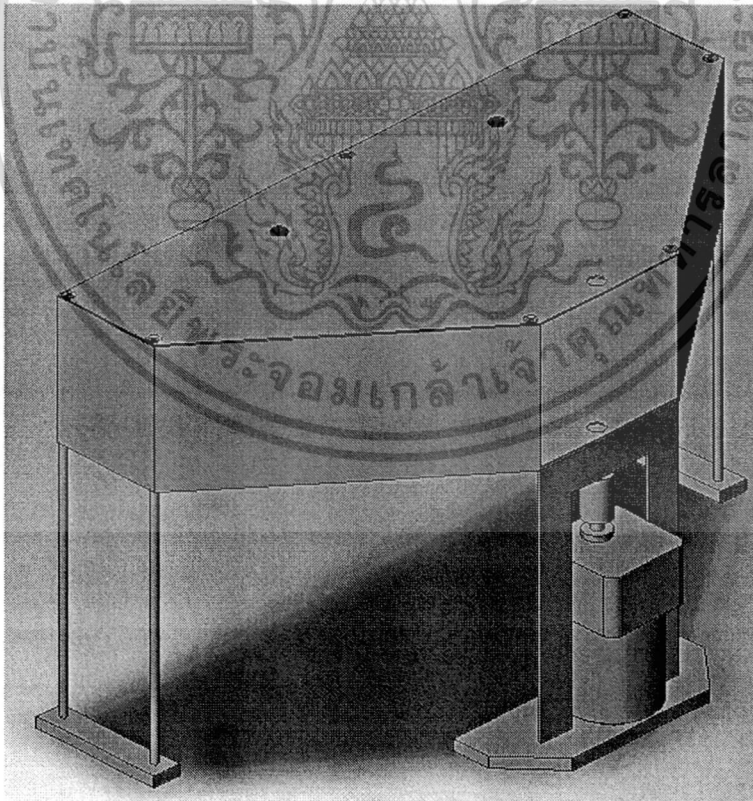
mm ความยาวของสายพานคือ

ดังนั้นสามารถเลือกสายพานจากตาราง Timing Belts T5/T10 Type เลือกรุ่น 600T5 ซึ่งมีความยาว 600 mm

3.4.7. โครงฐานและส่วนประกอบโครงสำหรับใส่อุปกรณ์สำหรับระบบกวน

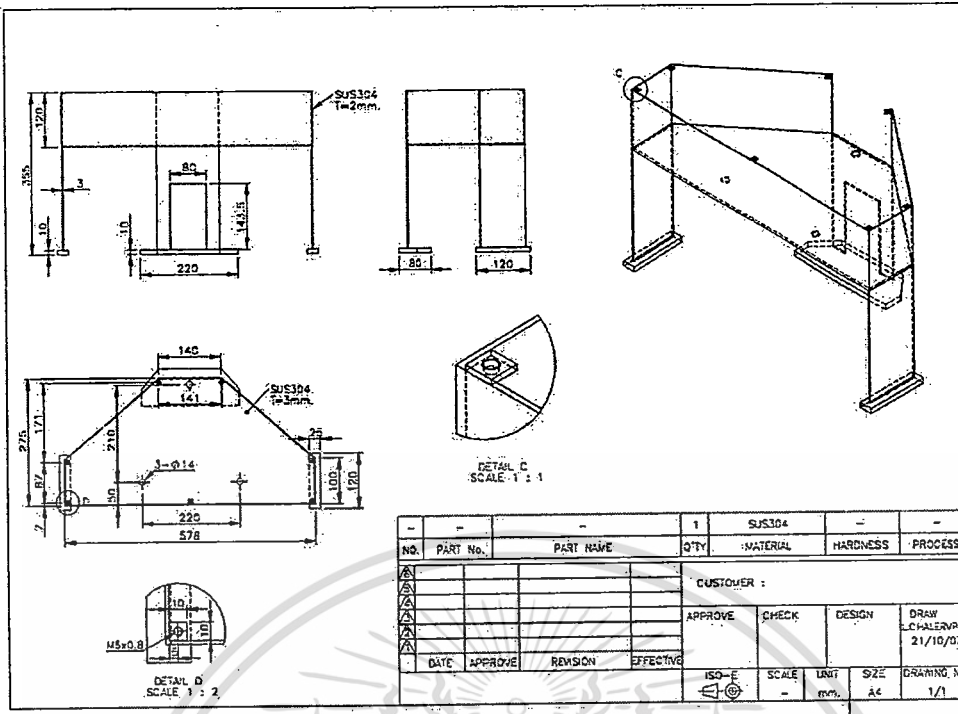


รูปที่ 3.12 ตัวโครงสร้างที่ใส่ส่วนประกอบของของระบบใบกวน1



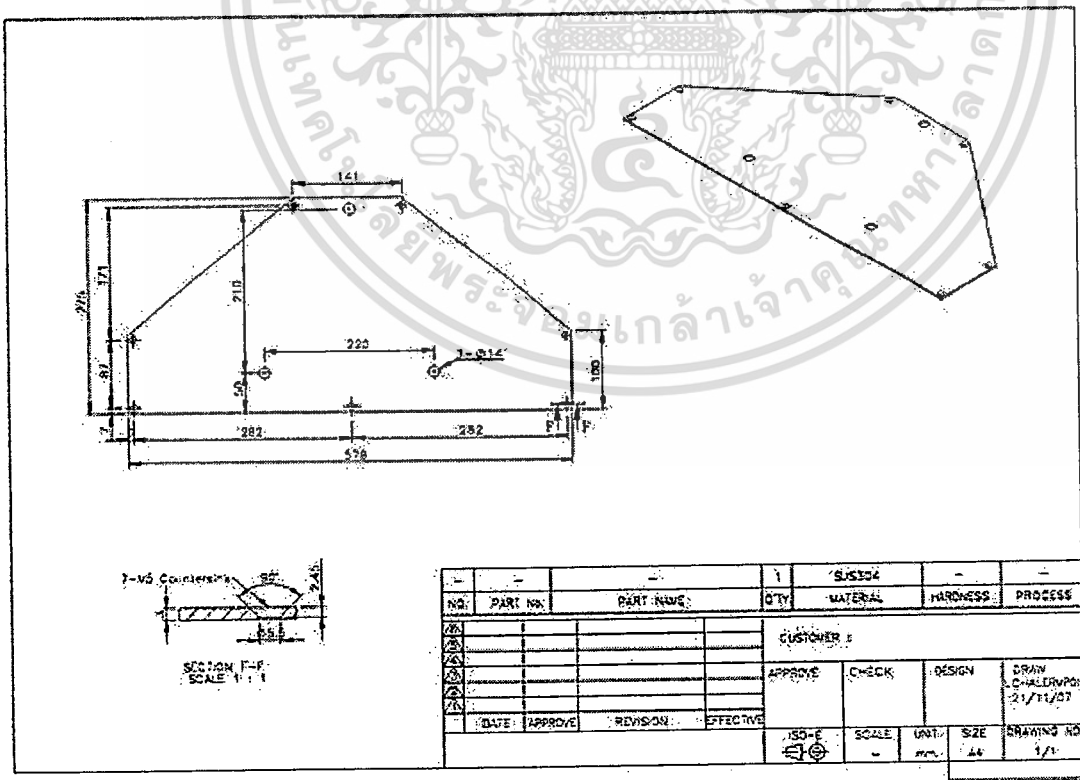
รูปที่ 3.13 ตัวโครงสร้างที่ใส่ส่วนประกอบของของระบบใบกวน2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



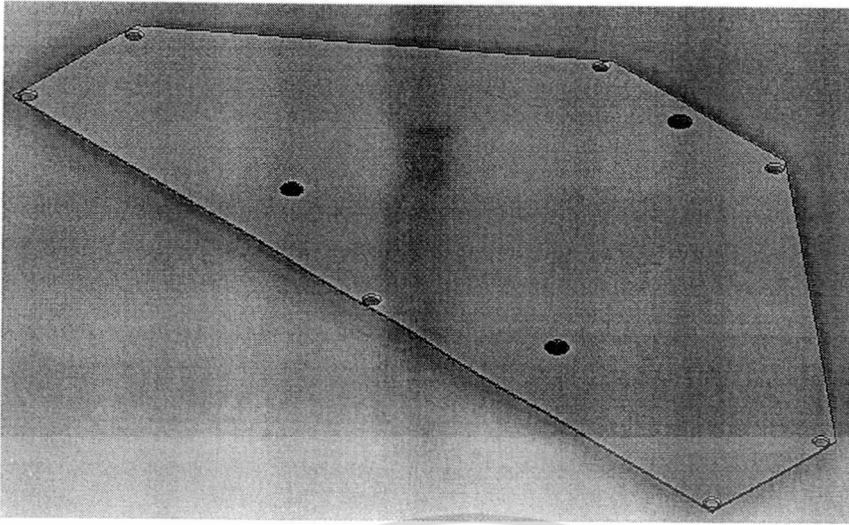
รูปที่ 3.14 ตัวโครงสร้างที่ใส่ส่วนประกอบของขอรระบบไบควาน 3

จะมีช่องสำหรับใส่เพลลา 3 ช่อง โดย 2 ช่องหน้าไว้สำหรับใส่เพลลาวงล้อสายพานเพื่อต่อเข้ากับแกนของไบพัดทางด้านล่างตามมุมด้านบนมีช่องสำหรับขันน็อตให้ยึดติดกับฝาปิดฐานตรงกลางที่อยู่ด้านหลังสำหรับวางมอเตอร์ และมีช่องสำหรับเพลลามอเตอร์



รูปที่ 3.15 ฝาครอบ โครงเครื่องกวน 1

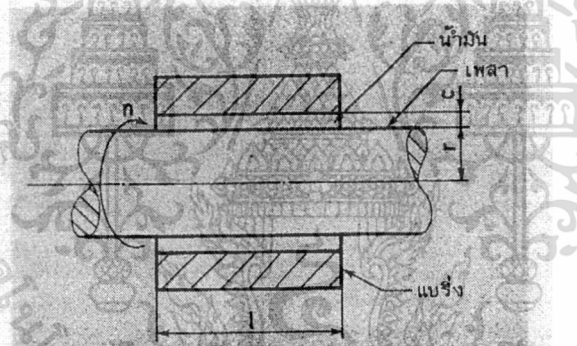
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ฝาครอบโครงเครื่องกวาน2

ฝาที่ปิดด้านบนเพื่อให้ดูเป็นระเบียบและไม่ให้สิ่งสกปรกเข้าไป ด้านบนเจาะช่องให้เพลาล้อขึ้นมาเพื่อให้สามารถวัดความเร็วรอบได้

3.4.8. Bushing ของเพลาล้อสายพาน



รูป 6.4 เพลาล้อนอยู่กลางแหวน

รูปที่ 3.17 เพลาล้อนอยู่กลางแหวน

จากตารางที่ ก5 ค่าของ P ควรอยู่ระหว่าง 0.8 ถึง 1.5 MN/m²

$$P = \frac{W}{ld}$$

จากสมการ

โดย P = หน่วยแรง

W = กำลังงาน

l = ความยาว bushing

d = เส้นผ่านศูนย์กลางเพลาล้อ

ถ้าให้ $l/d = 1/4$ แล้ว

$$l = d/4 = 14/4 = 3.5 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น
$$P = \frac{25}{3.5 \times 14} = 0.51 \text{ N/mm}^2$$

ซึ่งเหมาะกับค่าที่แนะนำไว้ในตารางที่ ก5 ดังนั้นให้เลือกใช้ $l/d = 1/4$ จากตารางที่ ก6 ทดลองเลือกค่า $r/c = 500$

โดย $r =$ รัศมีเพลลา

$c =$ เคลียร์รันซ์

แทนค่า
$$c = \frac{r}{500} = \frac{7}{500} = 0.014 \text{ mm}$$

เราต้องทราบค่าความหนาแน่นที่สุดของฟิล์มน้ำมันในการใช้งานหรือค่า h_o ใช้แทนในสมการเพื่อให้ได้ค่าเลขจำนวนลักษณะแปรจิงจากกราฟ โดยเราจะให้

$$h_o = 0.00025d$$

ซึ่งเป็นค่าสำหรับทดลองใช้ในการออกแบบที่นิยมใช้และสะดวกในการใช้ซึ่งแนะนำโดย Norton

โดยที่ d เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเจอร์นัล (เพลลา) อย่างไรก็ตาม ค่าของ h_o ไม่ควรน้อยกว่า 0.0025 mm ในทุกกรณี

ดังนั้น
$$h_o = 0.00025d = 0.00025(14) = 0.0035 \text{ mm}$$

$$\frac{h_o}{c} = \frac{0.0035}{0.014} = 0.25$$

จากกราฟที่ ข1 นำค่า $\frac{h_o}{c} = 0.25$ ไปหาเลขจำนวนแปรจิงหรือ

$$S = \left[\frac{r}{c} \right]^2 \frac{\mu n}{P} = 0.4$$

$$(500)^2 = \left[\frac{30\mu}{(60)510000} \right] = 0.4$$

โดย $\mu =$ ค่าความหนืดของน้ำมัน

ซึ่งอุณหภูมิขณะใช้งานอยู่ที่ประมาณ 30 องศาเซลเซียส

จากกราฟที่ ข2 จะเห็นได้ว่า ต้องเลือกใช้น้ำมัน SAE 30

หาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจากกราฟที่ 3 ที่ $S = 0.4$

$$\frac{r}{c} f = 12$$

ดังนั้น
$$f = \frac{12}{500} = 0.024$$

โมเมนต์บิดเนื่องจากความเสียดทานคือ

$$\begin{aligned} T &= fWr \\ &= 0.024(25)0.007 \\ &= 0.0042 \text{ N} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นกำลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากความเสียดทานจะมีค่าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_p = 2\pi nT$$

$$2\pi \frac{30}{60} (0.0042) = 0.013W$$

3.4.9. ตัวควบคุมมอเตอร์

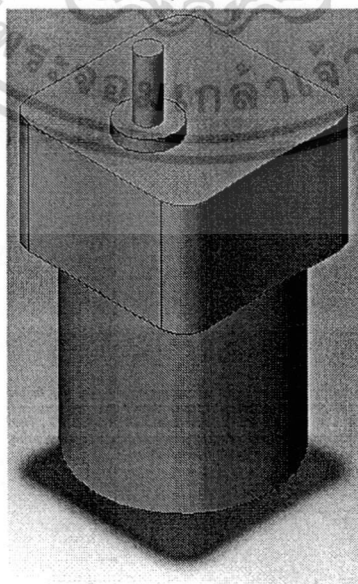
ปรับค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ AC ปรับช้า-เร็ว จากซ้ายไปขวา โดยเป็นช่องบอกเปอร์เซ็นต์การจ่ายไฟเข้าจากการทดลองใช้ทำให้ได้ความเร็วรอบต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ตารางการการปรับเปอร์เซ็นต์การจ่ายไฟกับความเร็วยรอบ

เปอร์เซ็นต์การจ่ายไฟเข้ามอเตอร์	ความเร็วรอบการหมุนของเฟลา (rpm)
10	ไม่เกิดการหมุน
20	7.6
30	14.6
40	21.0
50	26.7
60	32.8
70	38.0
80	42.0
90	44.6
Max	48.0

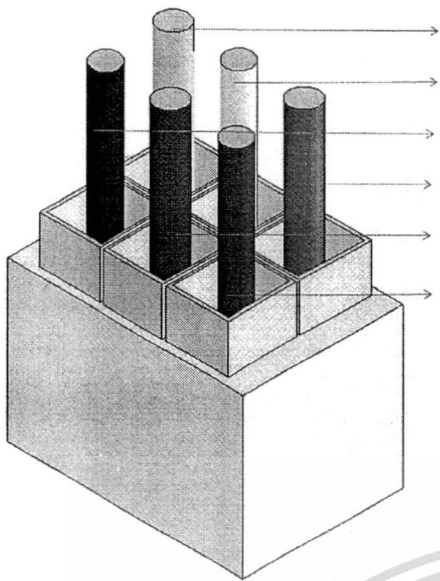
3.4.10. มอเตอร์ส่งกำลัง

เป็น Motor Gear 220 V AC 25W (รูปที่ 3.18) มีแกน 10 mm หน้ากว้าง 8 × 8 cm ความยาวรวมแกนทั้งหมด 18 cm ต่อผ่านเข้าตัวควบคุม โดยมีสายไฟ (รูปที่ 3.19) แบ่งเป็น



รูปที่ 3.18 มอเตอร์ส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ขดStart จ่ายไฟให้มอเตอร์ขณะเริ่มหมุน
 สายนิวตรอน
 ขดStart จ่ายไฟให้มอเตอร์ขณะเริ่มหมุน
 สาย Ground
 สายนิวตรอน
 ขดรันจ่ายไฟให้มอเตอร์ในช่วงที่หมุนอยู่

รูปที่ 3.19 สายไฟที่ต่อเข้ากับตัวมอเตอร์ส่งกำลัง

โดยเราจะทราบว่ามอเตอร์ใช้ไฟเท่าไร โดยวัดจากเส้นสีแดง

- จากการวัดผ่านสายไฟจากมอเตอร์ที่ได้ผ่านตัวควบคุมมาแล้วได้ค่ากระแสไฟเท่ากับ 0.29 A
 - และจากการวัดโดยไม่ผ่านตัวควบคุมได้ค่ากระแสไฟเท่ากับ 0.30 A
- ดังนั้นแสดงว่ามีการสูญเสียไฟฟ้าที่ตัวควบคุม 0.01 A

3.4.11. Couplings



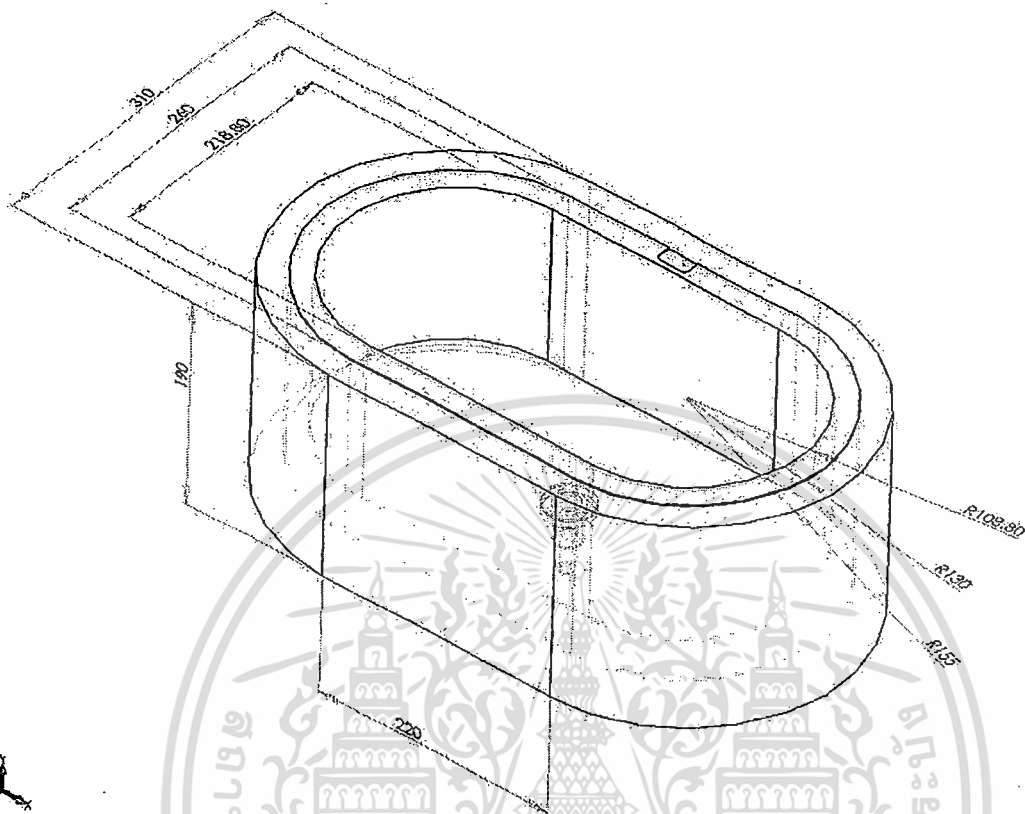
รูปที่ 3.20 คัปปลิ่ง

ใช้ยึดแกนมอเตอร์เข้ากับเพลลาของมอเตอร์โดยเลือก Couplings (รูปที่ 3.20) แบบ Set Screw Type หรือ Clamping Type

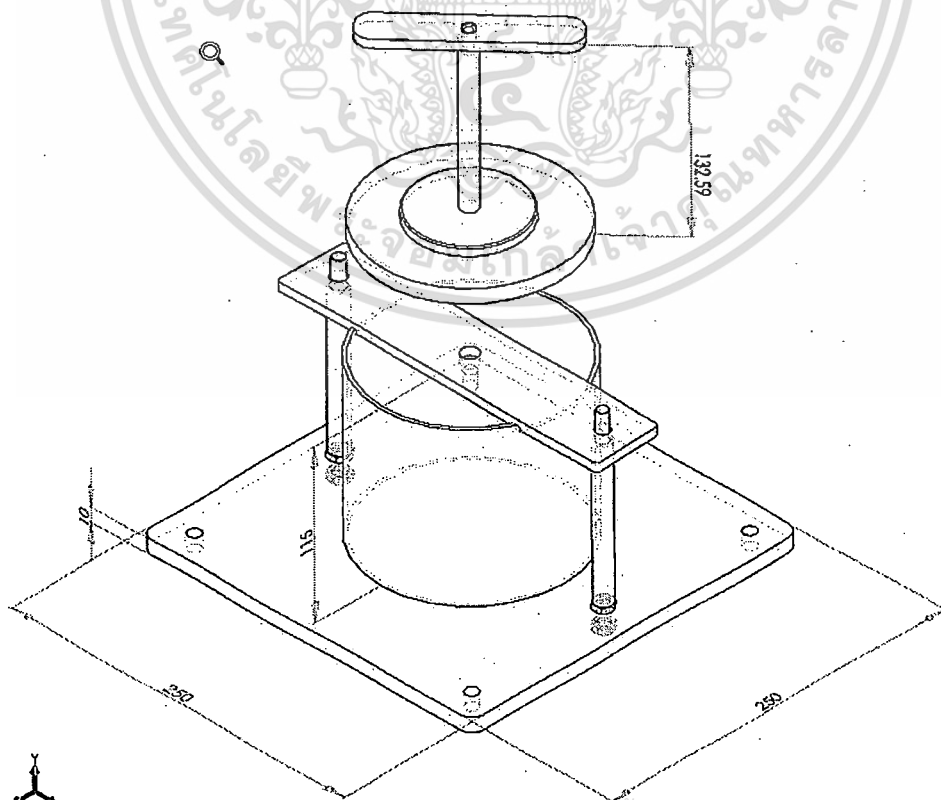
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 แบบส่วนประกอบของ Cheese Vat

3.5.1 แบบ Cheese Vat หน่วย mm

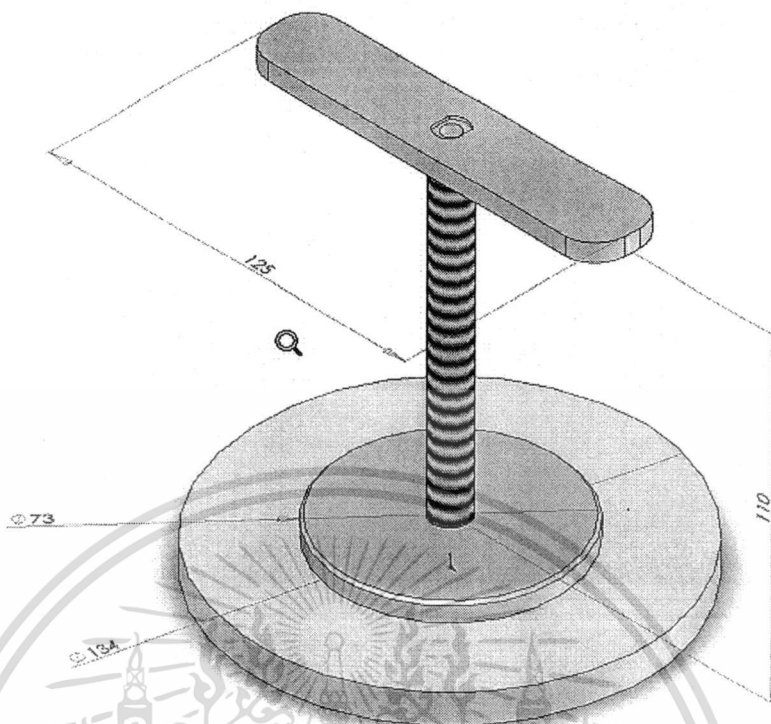


3.5.2 แบบเครื่องอัดเนยแข็ง หน่วย mm

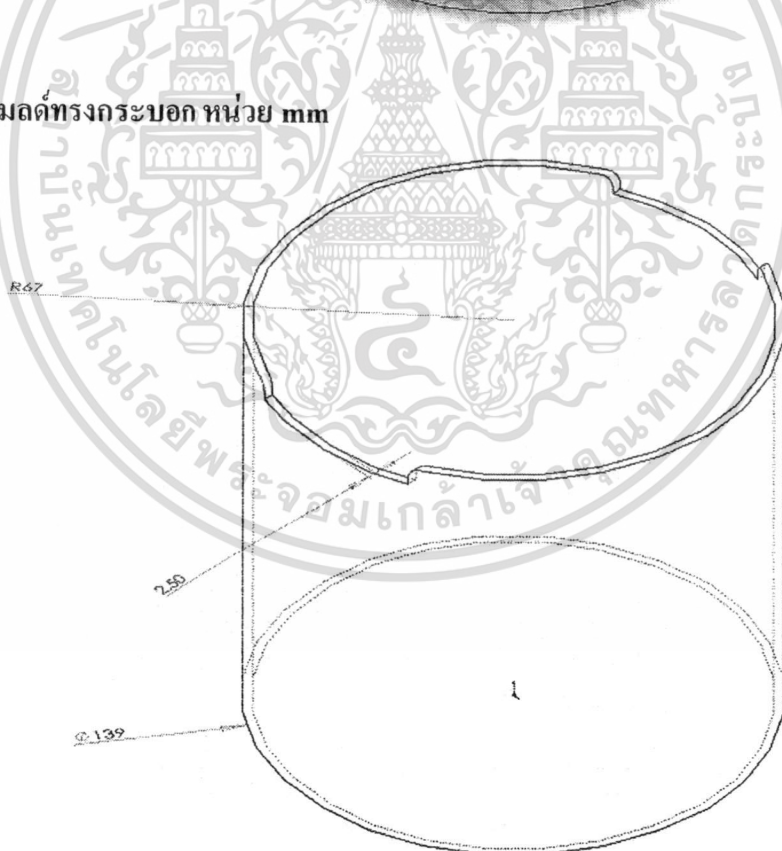


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 แบบเกลียวอัด หน่วย mm

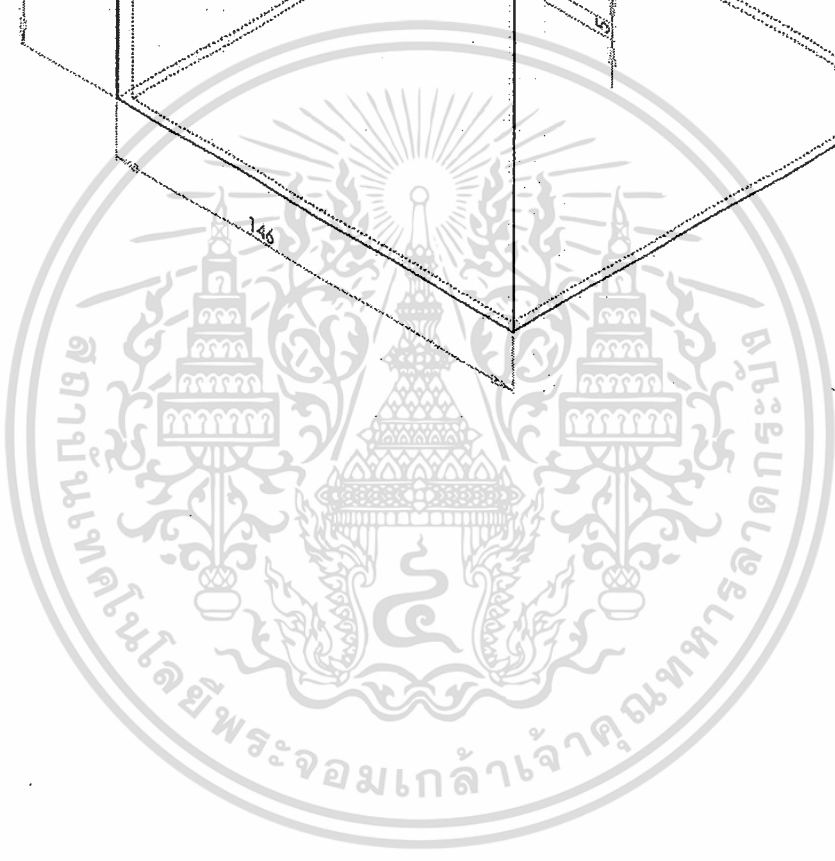
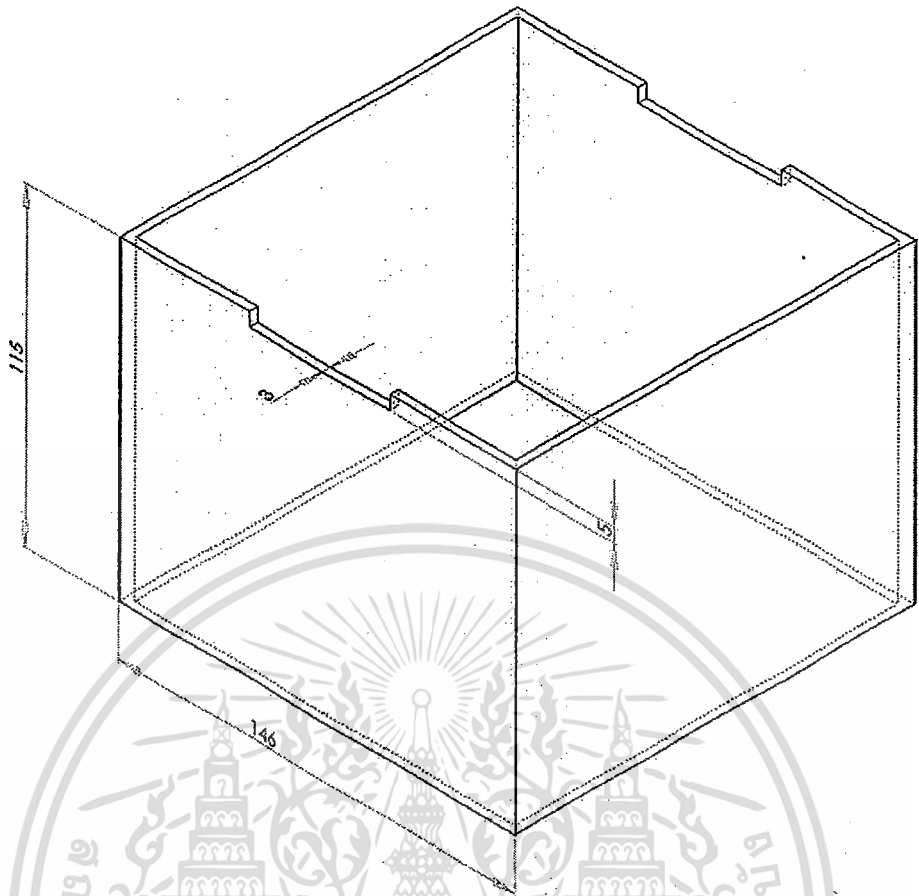


3.5.4 แบบโมลด์ทรงกระบอก หน่วย mm



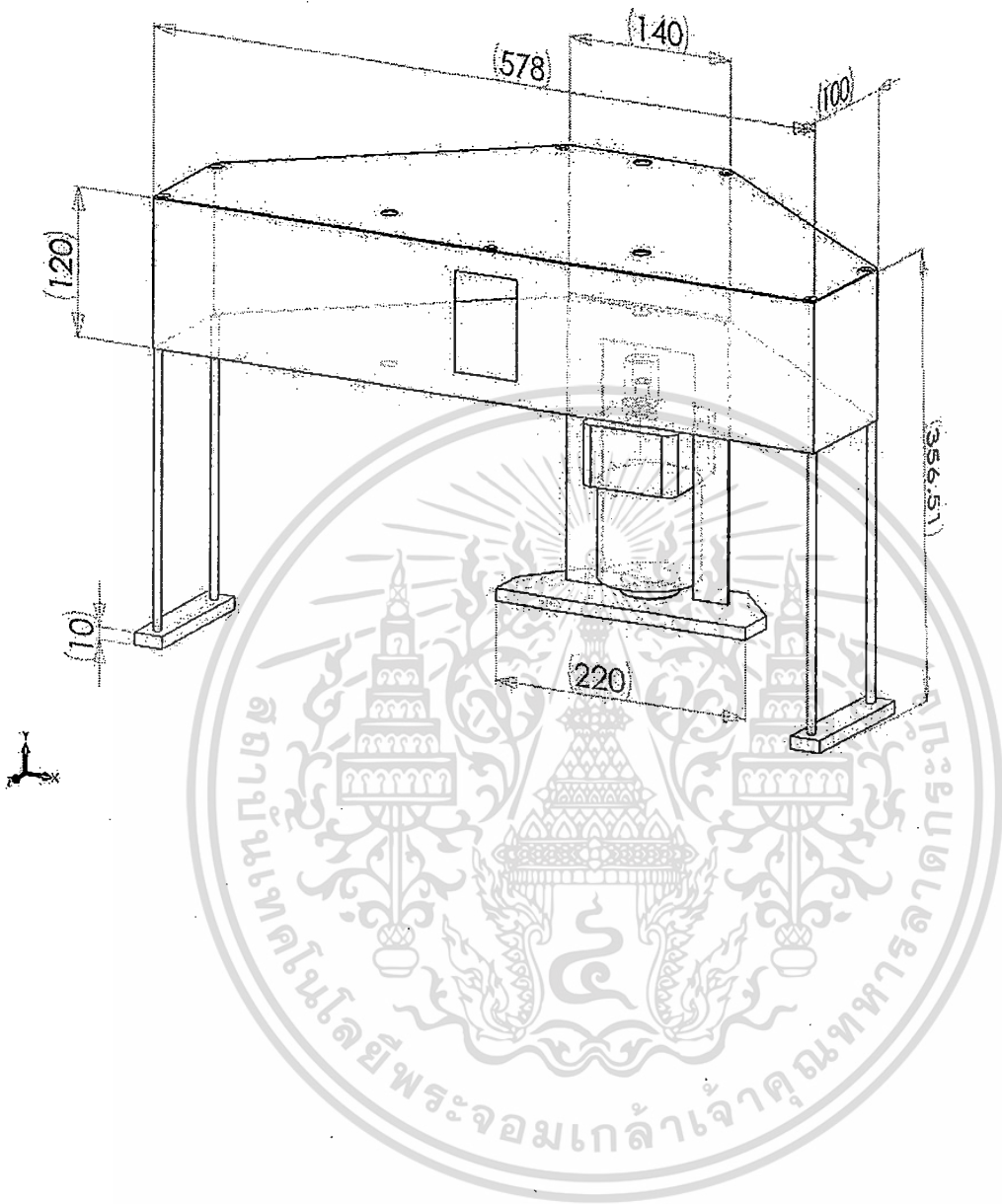
3.5.5 แบบโมลด์ทรงสี่เหลี่ยม หน่วย mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.6 แบบโครงสร้างกวนเนยแข็ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

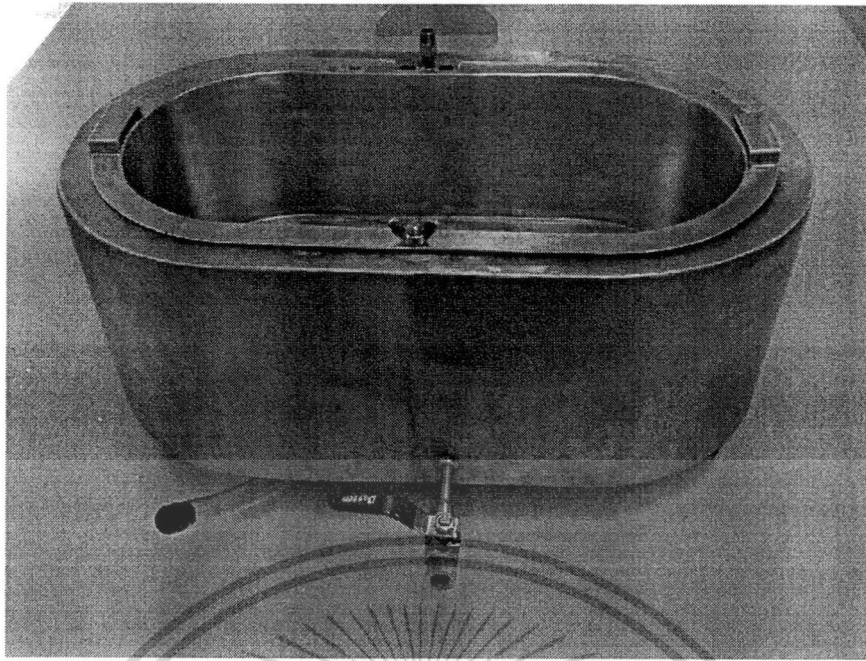
วัตถุดิบและสารเคมี

1. เกลือ 1 ถุง
2. เรนเนท 1 ซอง
3. สตาร์ทเตอร์ (เชื้อ R-704) 1 ซอง
4. นมแพะ
5. สตาร์ทเตอร์ (เชื้อ CHN-22) 1 ซอง
6. มะละกอ
7. สตรอเบอร์รี่
8. มะยงชิด

อุปกรณ์

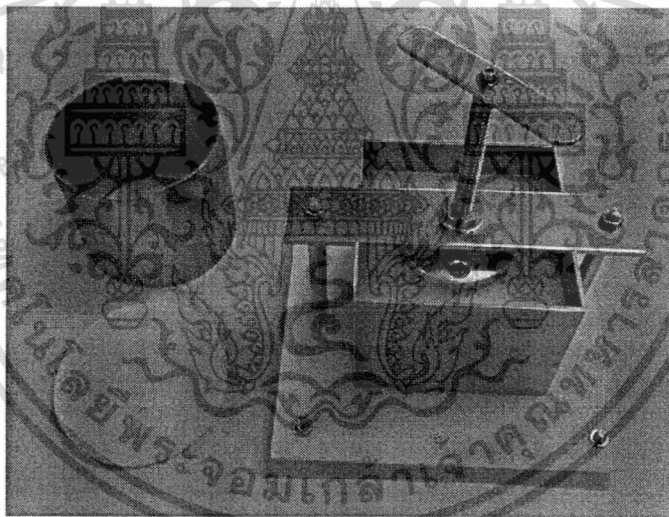
- 1) กระจกยทชชฐรรมดา
- 2) กระจกยทชชฐ Kimberly Clark สําหรับทําความสะอาดหัวกดและเครื่องวัดสี
- 3) บีกเกอร์ ขนาด 2000 ml จํานวน 2 ใบ
- 4) บีกเกอร์ ขนาด 250 ml จํานวน 2 ใบ
- 5) กรวยแก้ว จํานวน 1 ใบ
- 6) เทอร์โมมิเตอร์ จํานวน 2 อัน
- 7) มีด จํานวน 1 ด้าม
- 8) ทัพพี จํานวน 1 ด้าม
- 9) เขียง จํานวน 1 อัน
- 10) ถุงมือยาง
- 11) หม้อสแตนเลส ขนาด 14 ลิตร
- 12) Cheese Vat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 Cheese Vat

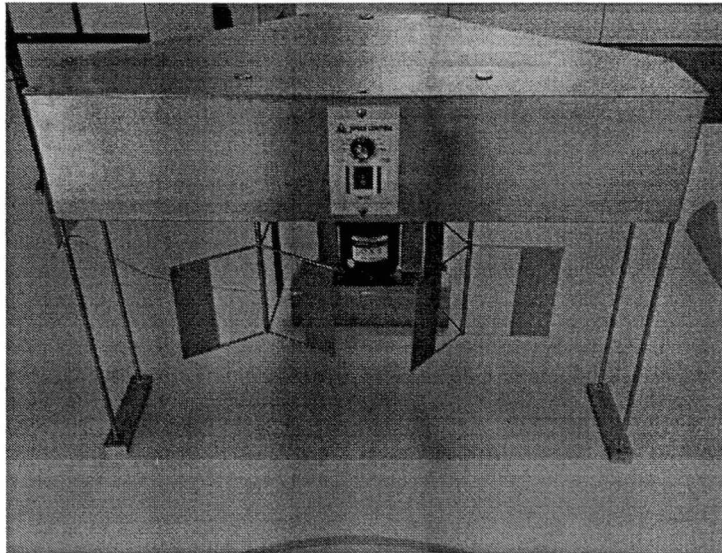
13) เครื่องอัดเนยแข็ง



รูปที่ 3.22 เครื่องอัดเนยแข็ง

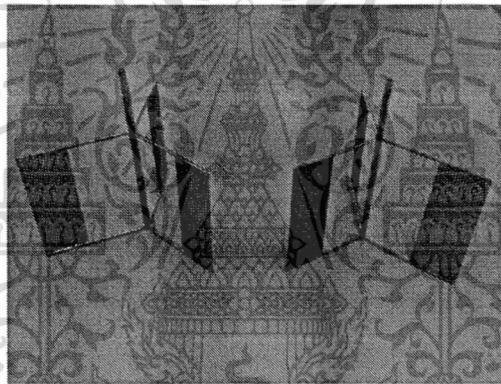
- 14) เครื่องกวนและใบกวน โดยเครื่องกวนมีตัวปรับเปอร์เซ็นต์การจ่ายไฟฟ้าแบบหมุน ซึ่งเครื่องกวนที่ใช้ นั้น ใช้การจ่ายไฟฟ้าประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ จะได้การหมุน 20 rpm [ดู Specification ในภาคผนวก ข]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



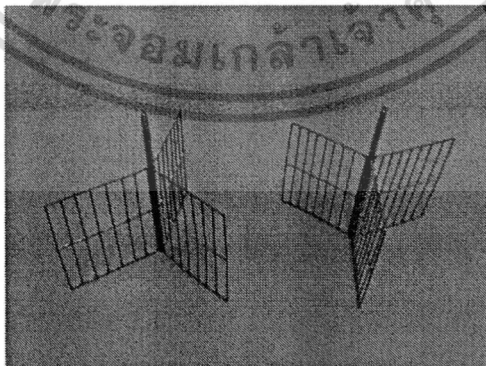
รูปที่ 3.23 เครื่องกวนและใบกวน

15) ใบกวนนม



รูปที่ 3.24 ใบกวนนม

16) ใบกวนตัดเคิร์ต



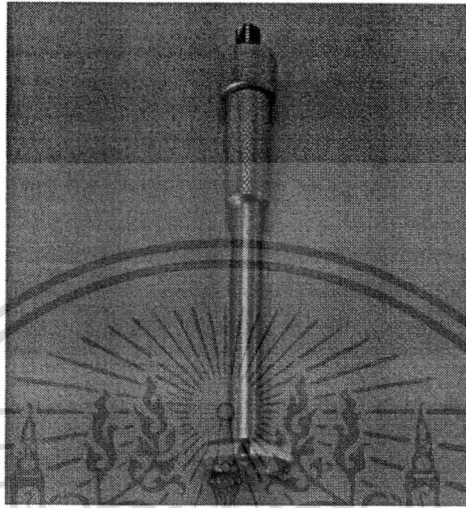
รูปที่ 3.25 ใบกวนตัดเคิร์ต

17) เครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกล (TA HD Plus , Stable Micro System, UK)

18) เครื่องวัดสี Colorimeter (Hunter Lab Mini Scan XE+Plus 45/O LAV, Reston, USA)

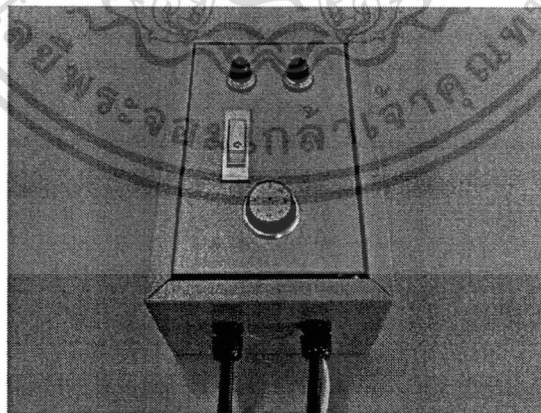
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 19) เครื่องวัดความเร็วรอบ นำมาทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การจ่ายไฟที่เหมาะสมสำหรับความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที
- 20) Clamp Meter เพื่อนำมาหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ และนำมาคำนวณกระแสไฟที่ใช้
- 21) หัวกดแบบ A/BE – d35 Back Extrusion Rig 35 mm DISC (รูปที่ 3.26)



รูปที่ 3.26 หัวกด

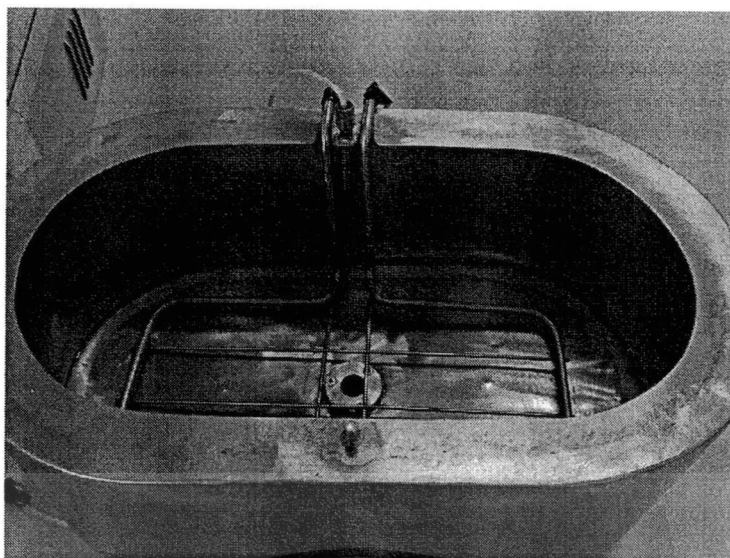
- 22) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วยขั้วต่อเข้ากับตัวทำความร้อนและสายตรวจจับอุณหภูมิ หลอดไฟเขียวสว่างแสดงว่าเปิดเครื่องควบคุมอุณหภูมิ หลอดไฟแดงสว่างแสดงว่าตัวทำความร้อนกำลังทำงาน มีตัวหมุนปรับเลือนอุณหภูมิตามที่ต้องการนั้น คลาดเคลื่อนที่ ± 10 องศาเซลเซียส [ดู Specification ในภาคผนวก ข]



รูปที่ 3.27 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

- 23) ตัวทำความร้อน ขณะวางอยู่ใน Cheese vat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 ตัวทำความร้อนภายใน Cheese Vat

- 24) เครื่องชั่งน้ำหนัก (Ohaus model Adventure น้ำหนักสูงสุด 3100 g ความละเอียด 0.01 g)

3.7 ขั้นตอนการดำเนินการและวิธีการทดลอง

3.7.1 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งเชดด้า

- 1) นมผ่านเครื่องพาสเจอร์ไรส์ $72^{\circ}\text{C}/15\text{s}$ (นม 10 ลิตร) ระหว่างรอให้นมได้อุณหภูมิ $30 - 32^{\circ}\text{C}$ กวนเบาๆ (30 rpm)
- 2) เมื่อนมได้อุณหภูมิ $30 - 32^{\circ}\text{C}$ แล้วจึงเติมสตาร์ทเตอร์ (เชื้อ R-704) จำนวน 0.25 กรัม ละลายในนม 10 มิลลิลิตร กวนต่ออีก 40 นาที
- 3) เติมเรนเนท 0.5 กรัมที่ละลายในน้ำ 5 มิลลิลิตร กวน 3 นาที และพักให้เกิดเคิร์ด 45 - 60 นาที
- 4) ตัดเคิร์ดเป็นชิ้นเล็ก โดยใช้ใบมีดกวน 25 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น $38 - 40^{\circ}\text{C}$ และกวนเบาๆ ตลอดเวลา กวนต่ออีก 30 นาที
- 5) ปล่อน้ำเวย์ออกหมด พักให้เคิร์ดเกาะตัวเชื่อมกัน 30 นาที พลิกกลับก้อนเคิร์ดทุก 10 นาที กลับ 4 ครั้ง
- 6) ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยมีด คลุกเกลือ 20 กรัมและนวด 10 นาทีจนเกลือละลาย
- 7) บรรจุใส่พิมพ์ กดน้ำหนักทิ้งไว้ทั้งคืน ในตู้เย็น 4-7 องศาเซลเซียส
- 8) แกะเนยแข็งออกจากพิมพ์ทิ้งไว้แห้ง 2 วันจากนั้นนำมาหั่นครึ่งหนึ่งไว้ทดสอบ ด้วยเครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกลและเครื่องวัดสี ส่วนที่เหลือนำไปทดสอบด้วยการชิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งเชดด้าผสมสตรอเบอร์รี่

- 1) นมผ่านเครื่องพาสเจอร์ไรส์ $72^{\circ}\text{C}/15\text{s}$ (นม 10 ลิตร) ระหว่างรอให้นมได้อุณหภูมิ $30 - 32^{\circ}\text{C}$ กวนเบาๆ (30 rpm)
- 2) เมื่อนมได้อุณหภูมิ $30 - 32^{\circ}\text{C}$ แล้วจึงเติมสตาร์ทเตอร์ (เชื้อ R-704) จำนวน 0.25 กรัม ละลายในนม 10 มิลลิลิตร กวนต่ออีก 40 นาที
- 3) เติมเรนเนท 0.5 กรัมที่ละลายในน้ำ 5 มิลลิลิตร กวน 3 นาที และพักให้เกิดเคิร์ด $45 - 60$ นาที
- 4) ตัดเคิร์ดเป็นชิ้นเล็กโดยใช้ใบมีดกวน 25 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น $38 - 40^{\circ}\text{C}$ และกวนเบาๆ ตลอดเวลา กวนต่ออีก 30 นาที
- 5) ปล่อน้ำเวย์ออกหมด พักให้เคิร์ดเกาะตัวเชื่อมกัน 30 นาที พลิกกลับก้อนเคิร์ดทุก 10 นาที กลับ 4 ครั้ง
- 6) ตัดเป็นชิ้นเล็กๆด้วยมีด คลุกเกลือ 20 กรัม สตรอเบอร์รี่หั่นชิ้นเล็กๆ 120 กรัมและนวด 10 นาทีจนเกลือละลาย
- 7) บรรจุใส่พิมพ์ กดน้ำหนักทิ้งไว้ทั้งคืน ในตู้เย็น $4 - 7$ องศาเซลเซียส
- 8) แกะเนยแข็งออกจากพิมพ์ทิ้งให้แห้ง 2 วันจากนั้นนำมาหั่นครึ่งหนึ่งไว้ทดสอบ ด้วยเครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกลและเครื่องวัดสี ส่วนที่เหลือนำไปทดสอบด้วยการชิม

3.7.3 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งเชดด้าผสมมะสะกอ

- 1) นมผ่านเครื่องพาสเจอร์ไรส์ $72^{\circ}\text{C}/15\text{s}$ (นม 10 ลิตร) ระหว่างรอให้นมได้อุณหภูมิ $30 - 32^{\circ}\text{C}$ กวนเบาๆ (30 rpm)
- 2) เมื่อนมได้อุณหภูมิ $30 - 32^{\circ}\text{C}$ แล้วจึงเติมสตาร์ทเตอร์ (เชื้อ R-704) จำนวน 0.25 กรัม ละลายในนม 10 มิลลิลิตร กวนต่ออีก 40 นาที
- 3) เติมเรนเนท 0.5 กรัมที่ละลายในน้ำ 5 มิลลิลิตร กวน 3 นาที และพักให้เกิดเคิร์ด $45 - 60$ นาที
- 4) ตัดเคิร์ดเป็นชิ้นเล็กโดยใช้ใบมีดกวน 25 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น $38 - 40^{\circ}\text{C}$ และกวนเบาๆ ตลอดเวลา กวนต่ออีก 30 นาที
- 5) ปล่อน้ำเวย์ออกหมด พักให้เคิร์ดเกาะตัวเชื่อมกัน 30 นาที พลิกกลับก้อนเคิร์ดทุก 10 นาที กลับ 4 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6) ตัดเป็นชิ้นเล็กๆด้วยมีด คลุกเกลือ 20 กรัม มะละกอนั้นชิ้นเล็กๆ 180 กรัมและนวด 10 นาที จนเกลือละลาย
- 7) บรรจุใส่พิมพ์ กดน้ำหนักทิ้งไว้ทั้งคืน ในตู้เย็น 4 -7 องศาเซลเซียส
- 8) แกะเนยแข็งออกจากพิมพ์ทิ้งให้แห้ง 2 วันจากนั้นนำมาหั่นครึ่งหนึ่งไว้ทดสอบ ด้วย เครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกลและเครื่องวัดสี ส่วนที่เหลือนำไปทดสอบด้วยการชิม

3.7.4 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งเชดต่ำผสมมะยงชิด

- 1) นมผ่านเครื่องพาสเจอร์ไรส์ 72°C /15s (นม 10 ลิตร) ระหว่างรอให้นมได้อุณหภูมิ 30 – 32 °C กวนเบาๆ (30 rpm)
- 2) เมื่อนม ได้อุณหภูมิ 30 – 32 °C แล้วจึงเติมสตาร์ทเตอร์ (เชื้อ R-704) จำนวน 0.25 กรัม ละลายในนม 10 มิลลิลิตร กวนต่ออีก 40 นาที
- 3) เติมเรนเนท 0.5 กรัมที่ละลายในน้ำ 5 มิลลิลิตร กวน 3 นาที และพักให้เกิดเคิร์ด 45. – 60 นาที
- 4) ตัดเคิร์ดเป็นชิ้นเล็กโดยใช้ใบมีดกวน 25 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 38 – 40 °C และกวนเบาๆ ตลอดเวลา กวนต่ออีก 30 นาที
- 5) ปล่อน้ำเวย์ออกหมด พักให้เคิร์ดเกาะตัวเชื่อมกัน 30 นาที พลิกกลับก้อนเคิร์ดทุก 10 นาที กลับ 4 ครั้ง
- 6) ตัดเป็นชิ้นเล็กๆด้วยมีด คลุกเกลือ 20 กรัม มะยงชิดนั้นชิ้นเล็กๆ 190 กรัมและนวด 10 นาที จนเกลือละลาย
- 7) บรรจุใส่พิมพ์ กดน้ำหนักทิ้งไว้ทั้งคืน ในตู้เย็น 4 -7 องศาเซลเซียส
- 8) แกะเนยแข็งออกจากพิมพ์ทิ้งให้แห้ง 2 วันจากนั้นนำมาหั่นครึ่งหนึ่งไว้ทดสอบ ด้วย เครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกลและเครื่องวัดสี ส่วนที่เหลือนำไปทดสอบด้วยการชิม

3.7.5 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งเกด้า

- 1) นมผ่านเครื่องพาสเจอร์ไรส์ 72°C /15s (นม 10 ลิตร) ระหว่างรอให้นมได้อุณหภูมิ 30 – 32 °C กวนเบาๆ (30 rpm)
- 2) เมื่อนม ได้อุณหภูมิ 30 – 32 °C แล้วจึงเติมสตาร์ทเตอร์ (เชื้อ CHN-22) จำนวน 0.5 กรัม ละลายในนม 10 มิลลิลิตร แคลเซียมคลอไรด์อิมตัว 2 มิลลิลิตร และโพแทสเซียมไนเตรด 0.75 กรัม กวนต่ออีก 40 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) เติมนเรนเนท 0.5 กรัมที่ละลายในน้ำ 5 มิลลิลิตร กวน 3 นาที และพักให้เกิดเคิร์ด 45 – 60 นาที
- 4) ตัดเคิร์ดเป็นชิ้นเล็ก โดยใช้ใบมีดกวน 25 นาที ระหว่างรอตัดเคิร์ด เตรียมน้ำร้อน 60 °C ประมาณ 1.5 ถึง ระบายน้ำเวย์ออก ครั้งที่ 1 ประมาณ 1/3 (1.75ถึง)
- 5) เติมน้ำร้อน 60 °C ที่เตรียมไว้ 1 – 1.5 ถึงอย่างช้าๆ กวนด้วย ใช้เวลาเพิ่มอุณหภูมิเป็น 38 – 40 °C อย่างช้าๆประมาณ 20นาที กวนต่ออีก 25 นาทีโดยใส่ใบตัดเคิร์ดด้วย
- 6) ระบายน้ำเวย์ออกครั้งที่ 2 โดยปล่อยน้ำเวย์ออกเกือบหมดที่เหลือว่มผิวเคิร์ดประมาณ 1 นิ้ว
- 7) ทับน้ำหนักด้วยถังใส่น้ำ 1/2 ถึงทิ้งไว้ 20นาที
- 8) ตัดเคิร์ดมาใส่พิมพ์ นำไปทอดด้วยเครื่องอัดเนยแข็งเป็นเวลา 2 ชม.
- 9) แกะเนยแข็งออกจากพิมพ์จากนั้นนำมาหั่นครึ่งหนึ่งไว้ทดสอบด้วยเครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกลและเครื่องวัดสี ส่วนที่เหลือนำไปทดสอบด้วยการชิม

3.7.6 กรรมวิธีการผลิตเนยแข็งอิตาเลียม

- 1) นมผ่านเครื่องพาสเจอร์ไรส์ 72°C /15s (นม 10 ลิตร) ระหว่างรอให้นมได้อุณหภูมิ 30 – 32 °C กวนเบาๆ (30 rpm)
- 2) เมื่อนมได้อุณหภูมิ 30 – 32 °C แล้วจึงเติมสตาร์ทเตอร์ (เชื้อ CHN-22) จำนวน 0.5 กรัม ละลายในนม 10 มิลลิลิตร กวนต่ออีก 40 นาที
- 3) เติมนเรนเนท 0.5 กรัมที่ละลายในน้ำ 5 มิลลิลิตร กวน 3 นาที และพักให้เกิดเคิร์ด 45 – 60 นาที
- 4) ตัดเคิร์ดเป็นชิ้นเล็ก โดยใช้ใบมีดกวน 25 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 32 – 35 °C อย่างช้าๆ ด้วย เครื่องควบคุมอุณหภูมิและกวนเบาๆตลอดเวลา ใช้เวลาเพิ่มอุณหภูมิ 20 นาที กวนต่ออีก 30 นาที
- 5) ปล่อยน้ำเวย์เก็บไว้ในถัง พักให้เคิร์ดเกาะตัวเชื่อมกัน 30 นาที พลิกกลับก้อนเคิร์ดทุก 10 นาที กลับครั้งที่ 1, 2, 3,4
- 6) ตัดเป็นชิ้นเล็กๆด้วยมีด คลุกเกลือ 20 กรัม
- 7) บรรจุใส่พิมพ์ กดน้ำหนักทิ้งไว้ 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 8) แกะเนยแข็งออกจากพิมพ์ นำไปจุ่มกับน้ำเว็ลอุณหภูมิ 52 - 54°C จากนั้นบรรจุใส่พิมพ์ กด น้ำหนักทิ้งไว้ทั้งคืนในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4 – 7 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาหั่นครึ่งหนึ่งไว้ ทดสอบ ด้วยเครื่องวัดคุณสมบัติเชิงกลและเครื่องวัดสี ส่วนที่เหลือนำไปทดสอบด้วยการ ชิม

3.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง [9]

การทดสอบด้วยการชิมเพื่อประเมินผลอาหารมีมากมายหลายแบบ แต่ละแบบก็เหมาะที่จะ ใช้สำหรับปัญหาเฉพาะแต่ละอย่าง ดังนั้นการจะเลือกวิธีใดจึงมีความสำคัญ จะต้องทำความเข้าใจถึง ลักษณะของวิธีทดสอบด้วยการชิมแต่ละแบบที่มีให้เลือกใช้ นอกจากนี้ยังต้องระมัดระวังในการ วางแผนทางสถิติและในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย

สำหรับการทดสอบหาความชอบหรือการยอมรับนั้นจะเป็นเครื่องตัดสินความชอบของ ประชากรที่เป็นตัวแทนได้

การชิมแบบแบบให้ระดับหรือแสดงระดับ (Scoring) การใช้วิธีทดสอบแบบนี้ เป็นการให้ผู้ ตัดสินให้ระดับ (ถ้าเป็นการหาความแตกต่าง) หรือแสดงระดับ (ถ้าเป็นการหาระดับความชอบ) ของ ตัวอย่างตามคุณสมบัติที่กำหนดให้ โดยผู้ทำหน้าที่วิเคราะห์ผล ได้กำหนดค่าแสดงลักษณะของ ระดับนั้นๆ ไว้เป็นตัวเลขแล้ว วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากมีความ แตกต่างกันไปง่ายแก่การใช้ และสะดวกแก่การนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ

3.8.1 วิธีทดสอบการชิมแบบให้ระดับ

- 1) ตัดเนยแข็งตัวอย่าง ให้มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง 1 x 1 x 1 cm ตามลำดับ โดยตัดห่างจาก ขอบเนยแข็งเป็นระยะ 1.5 cm จากเนยแข็งที่ทำเอง โดยทดสอบกับเนยแข็งที่ทำเองและที่ ซื้อได้แก่ เนยแข็งเชดด้า, เนยแข็งอีแควม และเนยแข็งเกาด้าด้วย
- 2) หนึ่งตัวอย่างการทดลอง ใช้เนยแข็งตัวอย่าง จำนวน 2 ชิ้น
- 3) ค่าทางประสาทสัมผัสที่ใช้วัด มี 8 ค่า ได้แก่ 1. ความหยาบของพื้นผิว (ตาดู) 2 ความชื้น 3. ความยืดหยุ่น (จากการเคี้ยว) 4. ความแน่นเนื้อ 5. ความร่วน 6. การติดฟัน 7. การละลาย 8. ความชื้นในปาก
- 4) การให้คะแนน ให้แบ่งเป็นระดับ 5 ระดับ (เช่น ระดับ 1 ไม่ชอบ, ระดับ 5 ชอบมาก) ด้วย การวัดทางประสาทสัมผัสให้ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง แล้วบันทึกผลการทดลอง
- 5) วิเคราะห์และบันทึกผลการทดลอง

ตัวอย่าง แบบบันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง

ชื่อคนชิม

ลักษณะ	ไม่ชอบ (1คะแนน)	ชอบน้อย (2คะแนน)	ชอบ (3คะแนน)	ชอบมาก (4คะแนน)	ชอบที่สุด (5คะแนน)
ความหยาบของผิว (ตาดู)					
ความชื้น					
ความยืดหยุ่นจากการเคี้ยว					
ความแน่นเนื้อ					
ความร่วน					
การติดฟัน					
การละลาย					
ความชื้นในปาก					

แสดงความคิดเห็น :

รหัสเนยแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

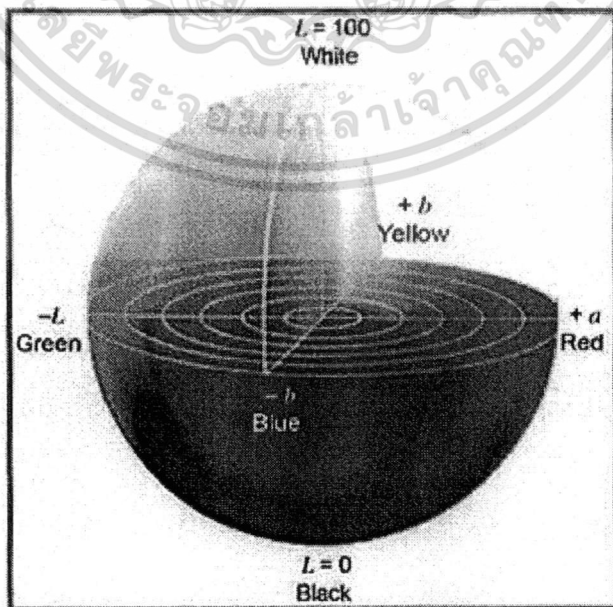
3.9 การทดสอบคุณสมบัติเหนยแข็งแข็งตัวเลข

3.9.1 ระบบการวัดค่าสี

สีเป็นปัจจัยคุณภาพปัจจัยแรกที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจการยอมรับคุณภาพของอาหาร เพราะสีเป็นสิ่งที่คนเรารับรู้ได้ง่ายที่สุดเมื่อเทียบกับการรับรู้ทางประสาทสัมผัสชนิดอื่น สียังสามารถบอกถึงปัจจัยคุณภาพอื่น คือ ความแก่อ่อน ความสุก และความสด ซึ่งมนุษย์จะมีการจดจำความหมายของสีที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องมีค่ามาตรฐานเพื่อใช้บ่งชี้ว่าสีที่เราเห็นมีค่าเท่าใด เพื่อที่เกษตรกร ผู้ซื้อ ผู้ผลิตและผู้บริโภคได้เข้าใจตรงกันและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ

ซึ่งระบบการวัดค่าสีที่นิยมใช้ในงานวิจัยทางด้านอาหารจะนิยมใช้ระบบ Hunter Color (L^* , a^* , b^*) ซึ่งเป็นระบบที่มีการพัฒนามาจากค่าสีไอโอโทรสติมิวัลส์ (X,Y,Z) และค่าพิกซ์ไอโอโครมาติซิตี (x,y,z) เพื่อให้สามารถบอกค่าความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งความหมายของค่า CIE L^* , a^* , b^* มีดังนี้ และแสดงไว้ดังรูปที่ 4.9 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

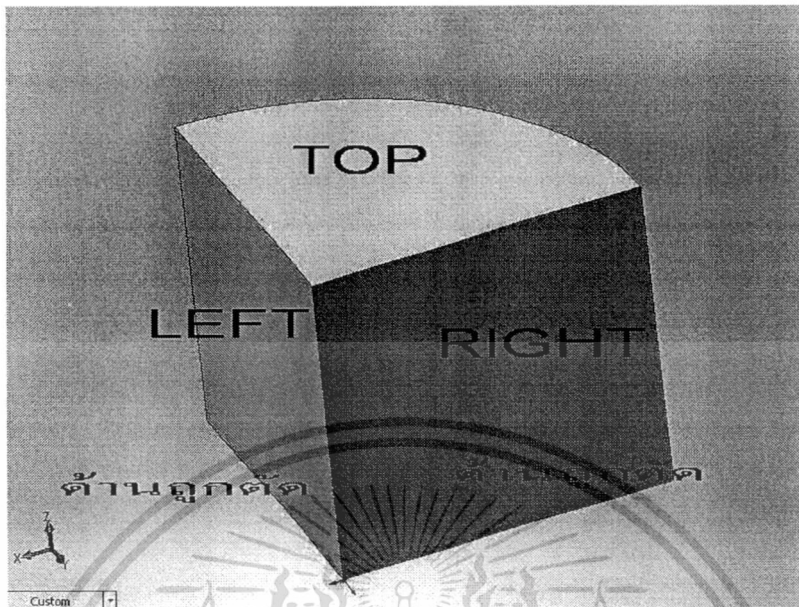


รูปที่ 3.29 การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE LAB ในรูป สามมิติ

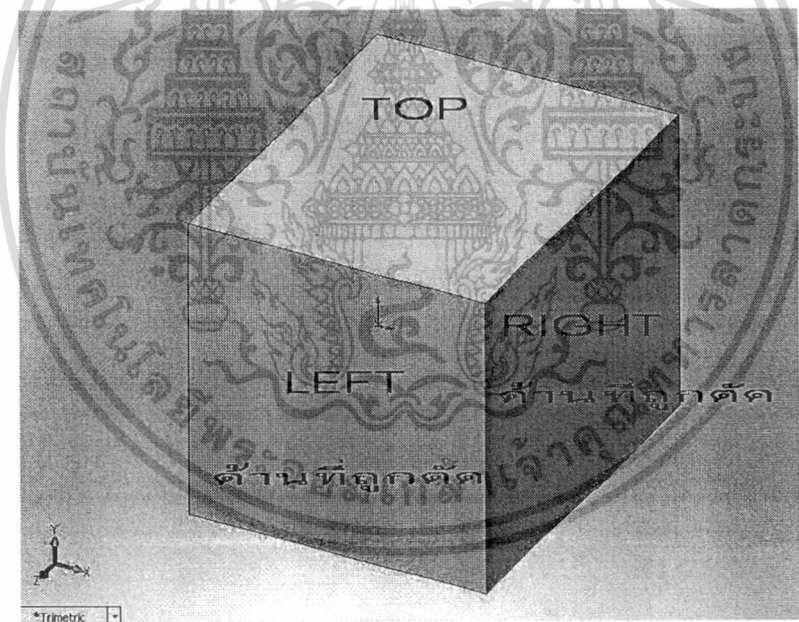
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าสี (Colorimeter)

1. นำชิ้นตัวอย่างเนยแข็งที่ตัดแล้ว ได้รูปทรงดังรูปที่ 3.30-3.31



รูปที่ 3.30 แสดงการวัดสีด้าน Top Left Right ของเนยแข็งทดสอบแบบวงกลม



รูปที่ 3.31 แสดงการวัดสีด้าน Top Left Right ของเนยแข็งทดสอบแบบสี่เหลี่ยม

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 มาทาบที่ละด้านดังรูปที่ จากนั้นกดปุ่ม Read Sample เพื่อให้ Colorimeter อ่านค่าสีของแต่ละด้าน จากนั้นตั้งชื่อค่าสีที่วัดไป ทำเช่นนี้ครบทั้งสามด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

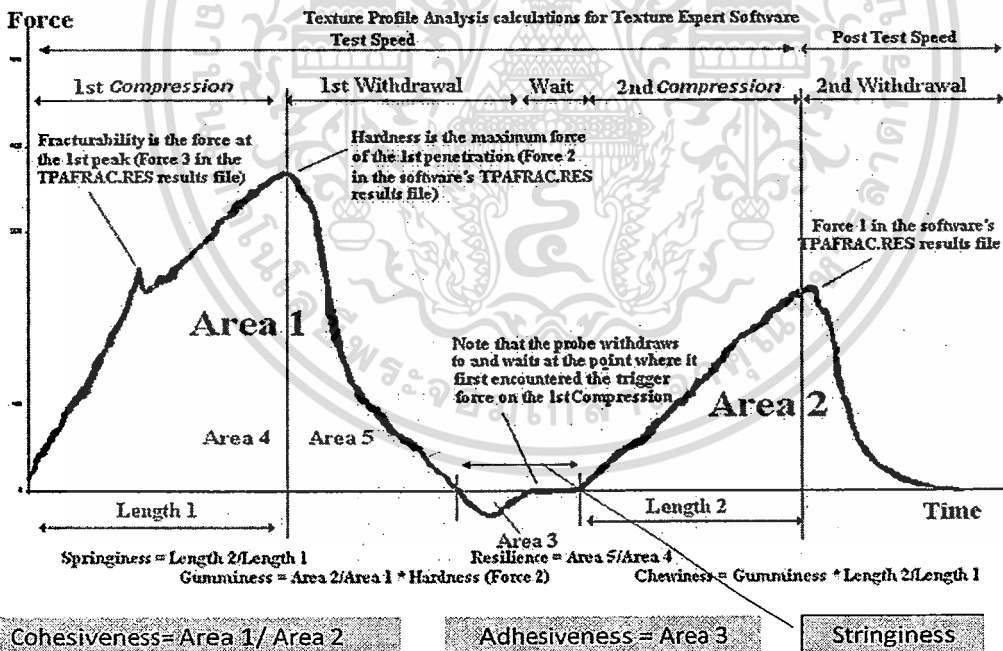
5. เก็บผลการทดลองที่ได้จากตารางลงใน Excel เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3.9.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis)

เนื้อสัมผัส หมายถึง สิ่งที่เราได้โดยการสัมผัส เช่น การเคี้ยว การจับ การฟังเสียงขณะเคี้ยวว่ามีลักษณะอย่างไร เช่น ความแข็ง นุ่ม อ่อน นอกจากนี้ยังอาจหมายถึงลักษณะผิวที่มองเห็นจากภายนอกวัสดุ เช่น หยาบ ละเอียด เป็นต้น

ค่าความยืดหยุ่นต่างๆที่วัดมีดังต่อไปนี้

1. Springiness ค่าความยืดหยุ่นแบบสปริง
2. Gumminess ค่าความยืดหยุ่นแบบหมากฝรั่ง
3. Chewiness ค่าความยืดหยุ่นแบบเคี้ยว
4. Resilience ค่าความกลับสู่สภาพเดิม
5. Cohesiveness ค่าการยึดติด
6. Adhesiveness ค่าความเกาะกุม
7. Stringiness ค่าความเหนียวคล้ายเชือก



รูปที่ 3.32 กราฟ TPA แสดงการหาค่าความยืดหยุ่นแบบต่างๆ

การวัดค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้หัวกดแบบ A/BE – d35 เพื่อทดสอบ Texture

วัสดุและอุปกรณ์

- 1) เนยแข็งที่อัดแล้ว และตัดเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด 2cm X 2cm X 2cm
- 2) เครื่องวัดสมบัติเชิงกล 1 เครื่อง พร้อมหัวกดแบบ A/BE – d35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

- 1) เปิดเครื่องวัดสมบัติเชิงกล เลือก New > Graph
- 2) เช็ดและทำความสะอาดเครื่องด้วยกระดาษทิชชู ก่อนเป็นอันดับแรก
- 3) เลือก T.A. > Calibrate > ทำการ Calibrate Force ตัวเครื่องวัด โดยใช้ท่อนเหล็กหนัก 2000 กรัม วางบนเครื่อง เมื่อ Calibrate เสร็จเก็บท่อนเหล็กให้เรียบร้อยและติดตั้งหัวกดแบบ แทน
- 4) เลือก T.A. > Calibrate > ทำการ Calibrate Height ตัวเครื่องวัด โดยกรอกข้อมูล ดังนี้ Return Distance 100 mm, Return Speed 20, Contact Force 0.5 g จากนั้นเลื่อนหัวกดมาใกล้กับฐานทดลอง เพื่อความสะดวก
- 5) เลือก T.A. > Library > Special Test > TPA จากนั้นกำหนดค่าดังต่อไปนี้ Test Speed 50 mm/min, Target Strain 25%, Auto Force, Trigger Force 0.04903N, Time 3sec จากนั้นจึง กดปุ่ม Update Project
- 6) เลือก T.A. > Run A Test กำหนดค่าดังต่อไปนี้ Check Auto Save และ สร้างโฟลเดอร์ที่ต้องการเก็บไฟล์ไว้ในไดรฟ์ที่เราต้องการ, กำหนด Probe Selection เป็นแบบ A/BE – d35 , กำหนด Parameter Area 400 mm² Length 20 mm Width 20 mm Height 20 mm
- 7) เมื่อตั้งค่าเสร็จแล้วนำเนยแข็งที่เตรียมไว้วางบนแท่นให้ ได้ศูนย์กลางทั้ง 4 แนว
- 8) เลื่อนหัวกดลงมาในตำแหน่งที่สูงกว่าเนยแข็งเพียงเล็กน้อยเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทดลอง
- 9) กดปุ่ม Run A Test ที่ค้างไว้จากข้อ 6 โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลจากหัวกดได้ เพื่อนำมาเขียนกราฟระหว่างแรงกดและเวลา
- 10) เช็ดทำความสะอาดแผ่นหัวกดและฐานรองทุกครั้งก่อนที่จะเปลี่ยนชิ้นทดลองต่อไป
- 11) คำนวณหา Springiness, Gumminess, Chewiness, Resilience, Cohesiveness, Adhesiveness และ Stringiness ด้วย macro ที่สร้างขึ้นเองภายใน โปรแกรม
- 12) สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง

ตารางที่ 4.1 สรุปผลคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง สรุป การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง นั้นทำในกลุ่มช่วงอายุ 20–28 ปีเป็นกลุ่มทดสอบ โดยกลุ่มทดสอบ นั้น ได้แก่ นักศึกษา เป็นส่วนใหญ่ ได้แสดงความคิดเห็นในช่วงแรกของการชิม นั้นไม่อร่อย เมื่อชิมไปเรื่อยๆ จนเกิดความคุ้นเคยก็เห็นว่า เนยแข็ง นั้นรสชาติดีขึ้น ทั้งๆที่การทำเนยแข็งนั้นเหมือนกัน เกือบจะทุกขั้นตอน ทั้งเนยแข็ง เชดด้า อีแควม และเกาด้า

คะแนนเฉลี่ยของเนยแข็งที่ทำเองนั้น ส่วนใหญ่คะแนนเกาะกลุ่มกันอยู่ในช่วง 21.5 – 23.6 ผ่าน ซึ่งน้อยกว่า เนยแข็งที่ซื้อมา ซึ่งมีคะแนนอยู่ในช่วง 27.0 – 32.4 ซึ่งจากความคิดเห็นของผู้ชิม ส่วนใหญ่ บ่งชี้ว่า เนยแข็งที่ซื้อมานั้นรูปลักษณะจากการผ่านกระบวนการผลิตในโรงงานมาแล้วนั้น น่ากินกว่า รสชาติ ดีกว่าแบบทำเอง

4.2 การทดสอบทางประสาทเชิงตัวเลขของการวัดค่าสี

จากตารางที่ 4.2 แสดงว่าเนยแข็งที่ทำเองส่วนใหญ่ออกสีขาว และก่อน ไปทางเหลือง ส่วนค่า a^* ซึ่งเป็นค่าแสดงถึงสีแดงและเขียว นั้นแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของเนยแข็ง

4.3 การทดสอบทางประสาทเชิงตัวเลขของค่าเนื้อสัมผัส

จากตารางที่ 4.3 แสดงว่า เนยแข็งส่วนใหญ่มีค่าความยืดหยุ่นแบบต่างๆ ใกล้เคียงกันยกเว้น ค่าความยืดหยุ่นหมากรัง และค่าความยืดหยุ่นแบบเคี้ยวที่ เนยแข็งแสดงผลออกมาแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.1 สรุปผลคะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง

เนยแข็งที่ทำเอง	คนชิมคนที่ 1	คนชิมคนที่ 2	คนชิมคนที่ 3	คนชิมคนที่ 4	คนชิมคนที่ 5	คนชิมคนที่ 6	คนชิมคนที่ 7	คนชิมคนที่ 8	คนชิมคนที่ 9	คนชิมคนที่ 10	ค่าเฉลี่ย
Cheddar	23.0	25.0	23.5	23.0	25.5	23.0	23.0	26.0	19.0	23.0	23.4
Cheddar Strawberry	22.0	22.5	26.0	26.0	25.0	26.0	24.0	24.0	20.0	19.0	23.5
Cheddar Mayonghid	23.0	26.0	23.0	23.5	27.0	27.5	15.0	19.0	26.5	25.0	23.6
Cheddar Papaya	26.0	23.5	23.0	17.5	29.0	22.5	22.5	21.0	18.5	16.5	22.0
Edam Cheese	27.0	18.0	23.5	22.5	25.5	24.5	26.0	23.5	26.0	23.0	24.0
Gouda Cheese	23.0	23.5	24.0	22.5	19.0	17.0	21.0	18.5	22.0	24.0	21.5
เนยแข็งที่ถือมา											
Cheddar	34.5	29.5	34.5	29.5	30.0	30.5	35.5	32.5	32.5	34.5	32.4
Edam Cheese	28.5	25.5	27.5	27.0	26.0	26.0	26.5	29.0	27.5	26.5	27.0
Gouda Cheese	28.5	25.0	28.5	24.5	29.5	25.0	27.5	26.5	27.5	27.0	27.0

*จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน

ตารางที่ 4.2 ผลทดสอบค่าตี

	L*	a*	b*
Cheddar	93.13	-1.92	11.35
Cheddar Strawberry	87.78	1.47	9.41
Cheddar Mayongchid	90.94	-0.46	14.92
Cheddar Papaya	88.40	3.05	15.58
Edam Cheese	93.00	-1.94	11.06
Gouda Cheese	88.50	-1.83	13.03

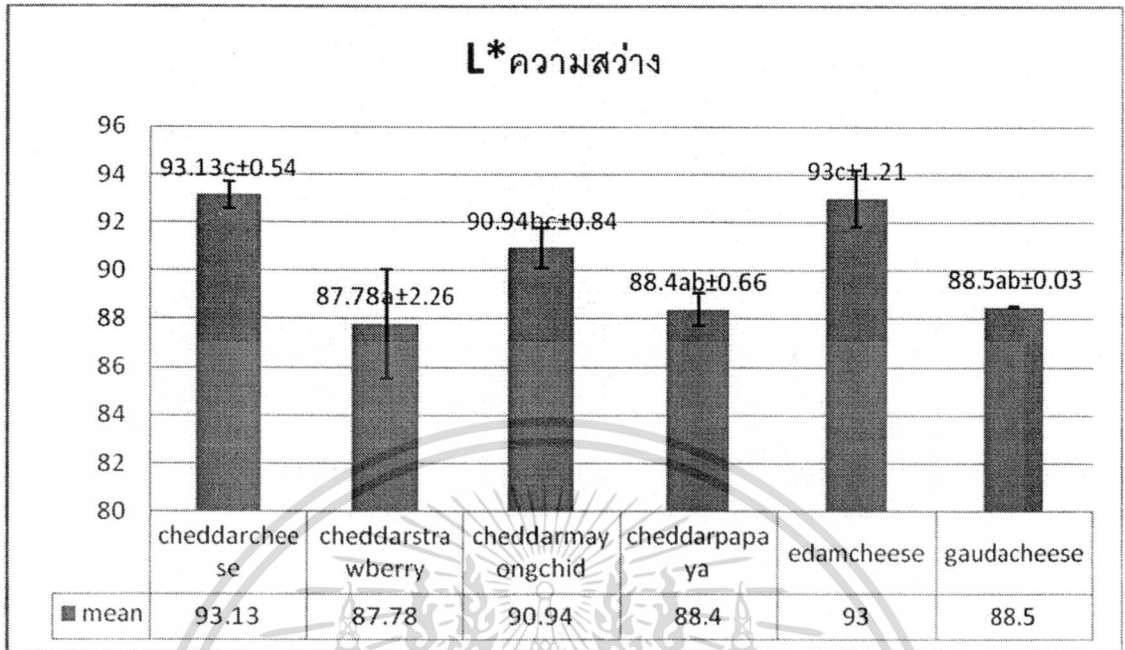
ตารางที่ 4.3 ผลค่าความยืดหยุ่นแบบต่างๆ

Cheese Type	adhesiveness	stringiness	springiness	resilience	gumminess	chewiness	cohesiveness
Cheddar	-0.174	8.848	0.671	0.249	1.510	1.016	1.770
Cheddar Strawberry	-0.206	9.053	0.691	0.268	1.476	1.063	1.773
Cheddar Mayongchid	-0.243	8.328	0.722	0.300	2.110	1.529	1.626
Cheddar Papaya	-0.408	9.148	0.663	0.220	1.452	0.971	1.997
Edam Cheese	-0.423	7.822	0.742	0.307	1.940	1.448	1.591
Gouda Cheese	-0.287	7.706	0.828	0.394	8.739	7.240	1.382

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

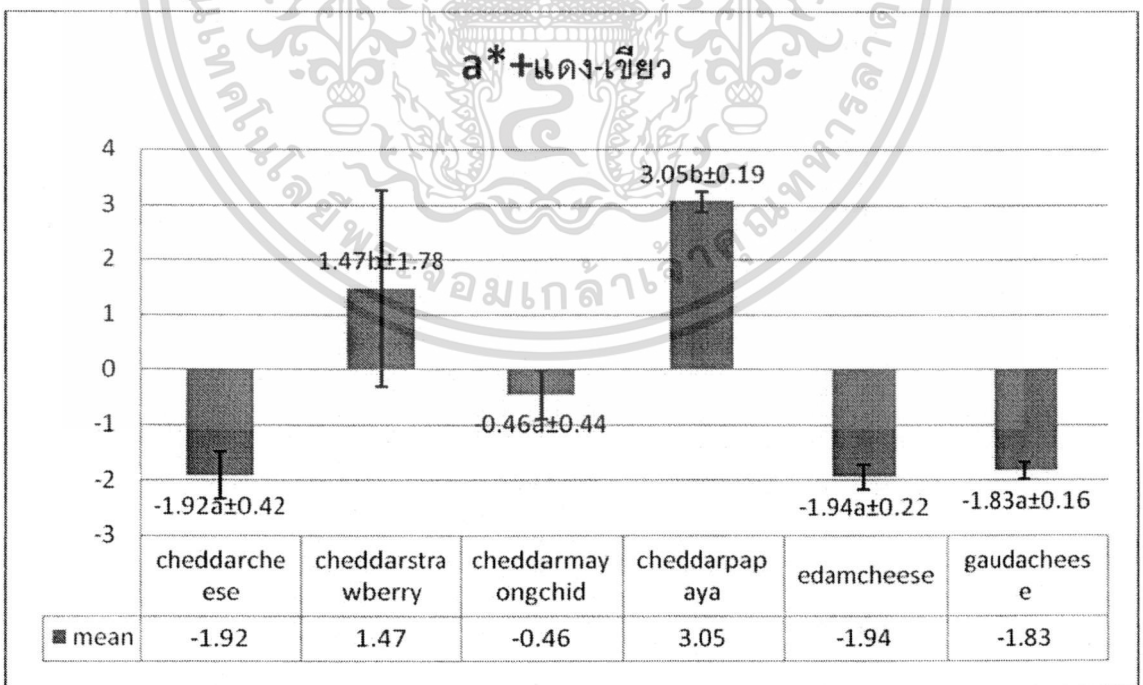
4.4 การทดสอบค่าสีและค่าเนื้อสัมผัสด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ

*ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.1 กราฟแท่งค่าความสว่างของเนยแข็งชนิดต่างๆ

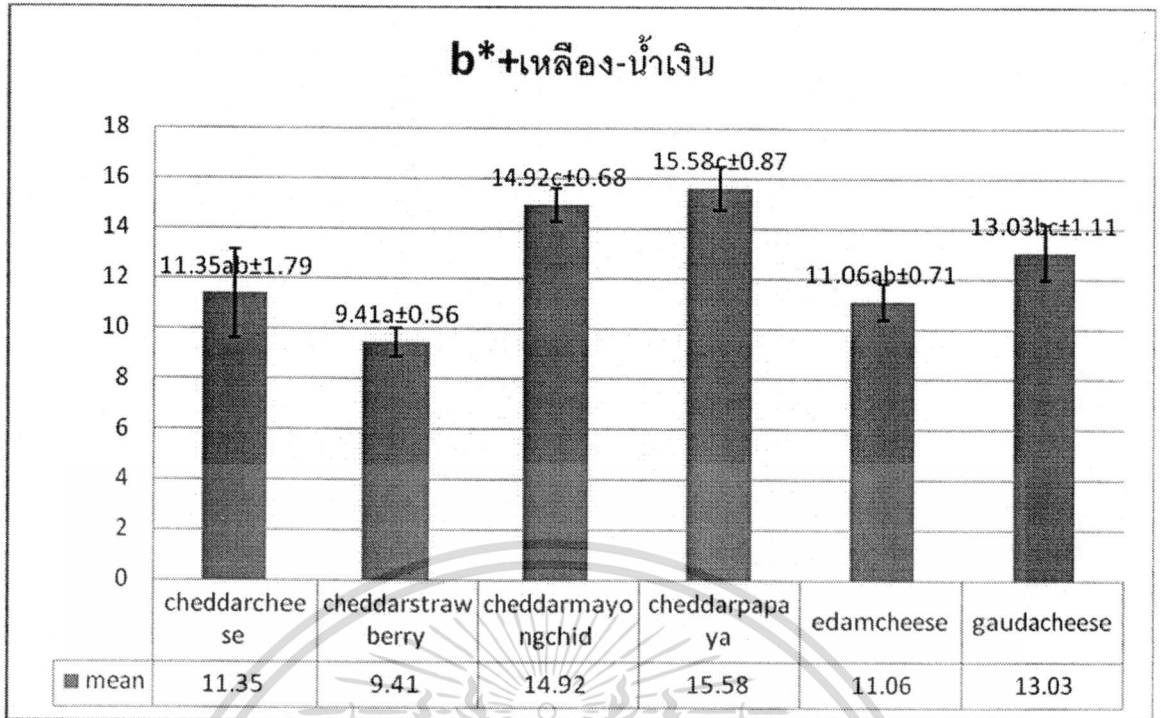
จากกราฟแท่งแสดงว่า เนยแข็งส่วนใหญ่ มีค่าความสว่างไปทางสีขาวมาก โดยค่าความสว่างที่น้อยที่สุดก็ได้แก่ เนยแข็งที่ผสม สตรอเบอร์รี่ มะละกอ และเนยแข็งเกาด้าซึ่งไม่ได้ผสมก็ อยู่ในกลุ่มที่น้อยที่สุดเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับ เนยแข็งชนิดที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.2 กราฟแท่งค่าสีแดง เขียวของเนยแข็งชนิดต่างๆ

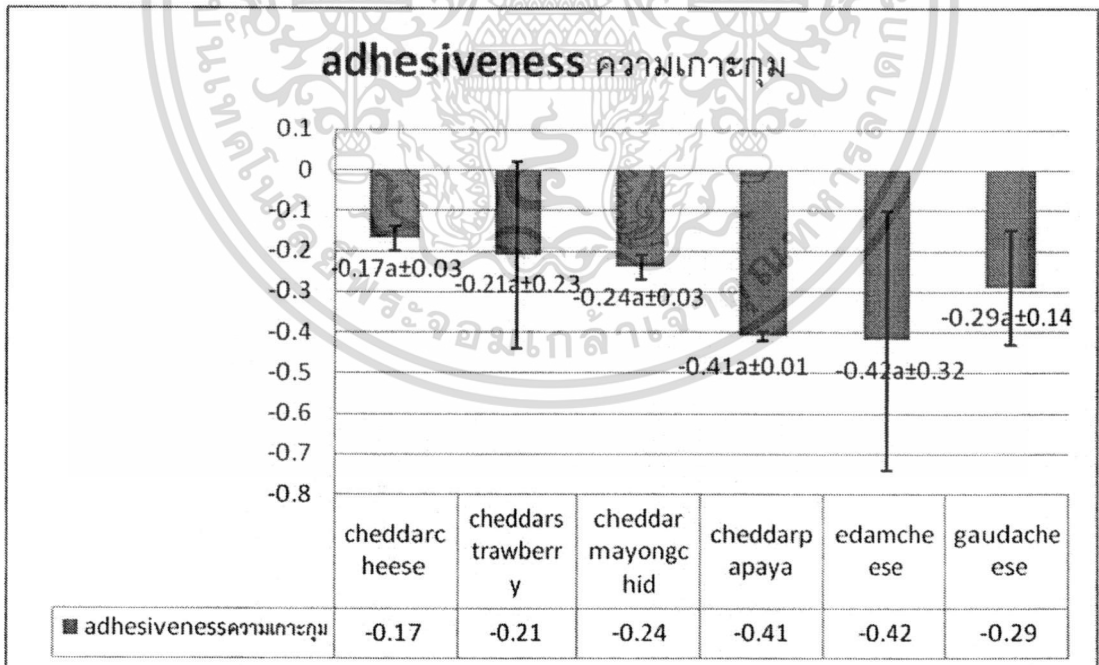
จากกราฟแท่งแสดงว่า เนยแข็งชนิด เชดด้า อีเดม เกาด้า นั้นมีลักษณะค่อนข้างไปทางสีเขียว

ซึ่งเป็นเนยแข็งที่ไม่ได้ผสมผลไม้ ส่วนเนยแข็งชนิดคัสชีที่ผสมผลไม้ นั้น จะแสดงผลในเชิงตรงกันข้าม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า คือ มีสีไปทางสีแดงจากการผสมเนื้อผลไม้ ซึ่งยกเว้นมะขามซึ่งจัดอยู่ในระดับไปทางสีเขียวอ่อน ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแท่งค่าสีเหลือง น้ำเงินของเนยแข็งชนิดต่างๆ

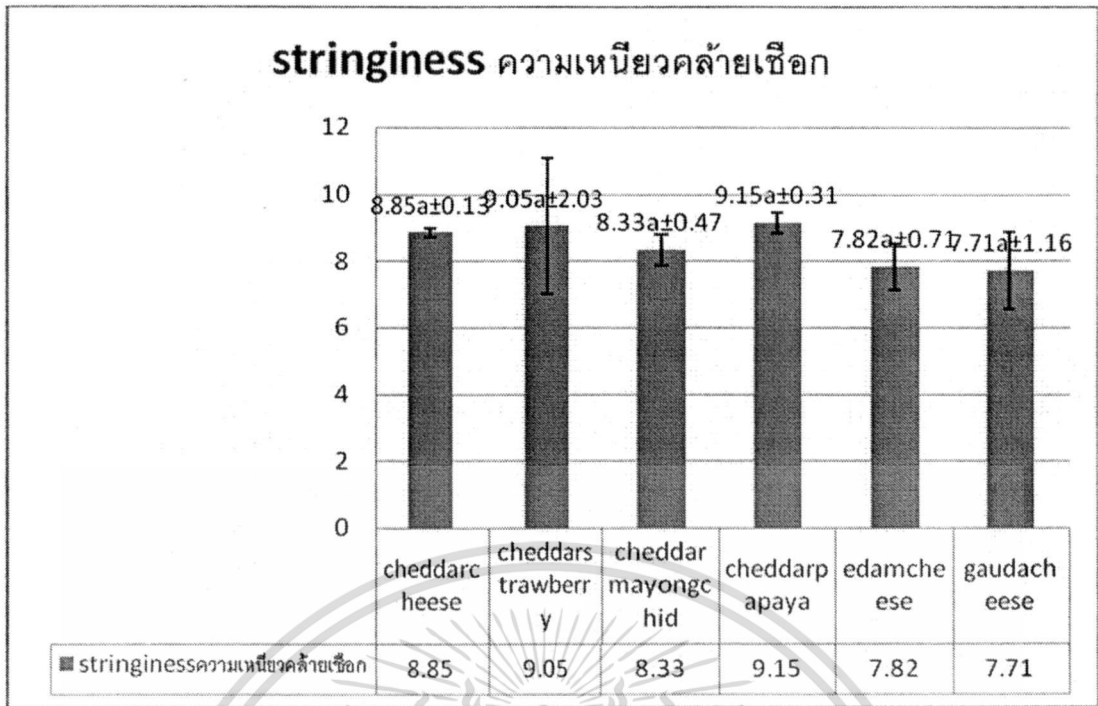
จากกราฟแท่งแสดงว่า เนยแข็งชนิด เชดด้า อีแอดม เกาด้า นั้นอยู่ในกลุ่มที่ใกล้เคียงกัน คือ ออกเหลือง ส่วนที่ออกสีเหลืองมากที่สุดคือ เนยแข็งเชดด้าผสมเนือมะละกอ และรองลงมาคือเนยแข็งเชดด้าผสมมะยงชิด ส่วนเนยแข็งเชดด้าผสมสตรอเบอร์รี่นั้นต่ำสุด



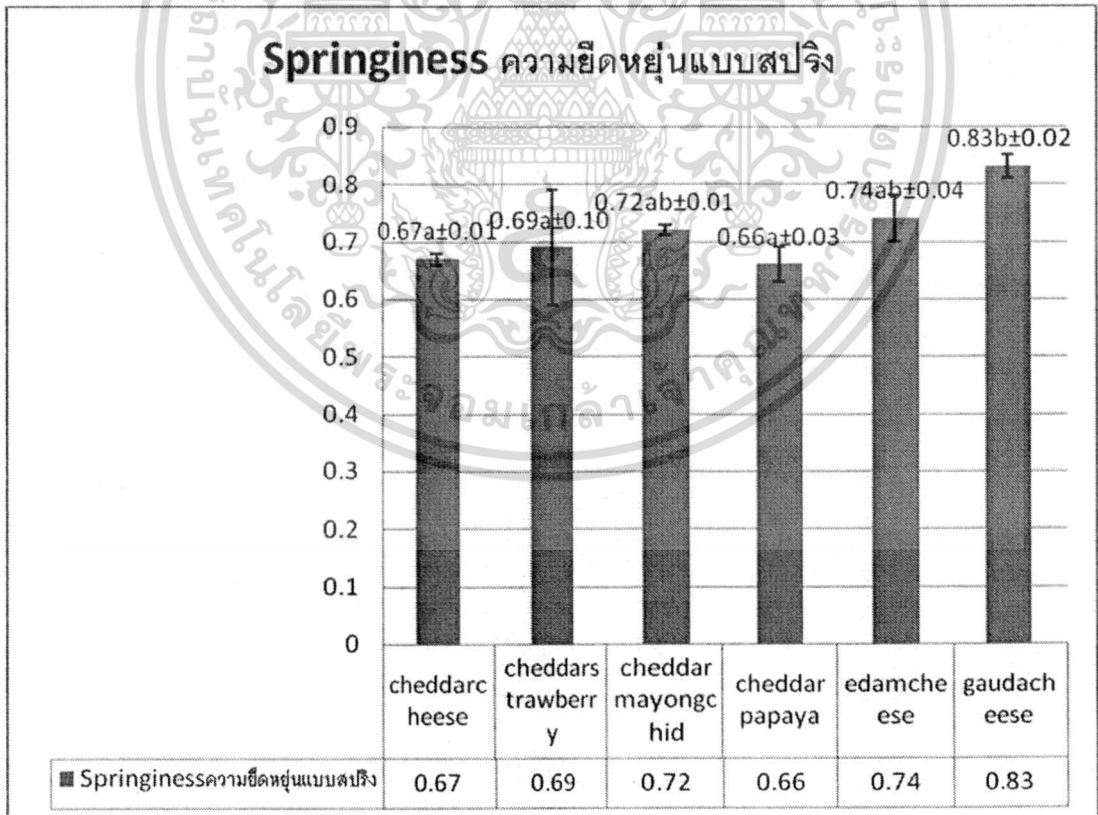
รูปที่ 4.4. กราฟแท่งค่าความเกาะกวมของเนยแข็งชนิดต่างๆ

จากกราฟแท่งแสดงว่า ความเกาะกวมของเนยแข็งทุกชนิดของค่าเฉลี่ยทางสถิติไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเพราะอยู่ในกลุ่ม a ทั้งหมด

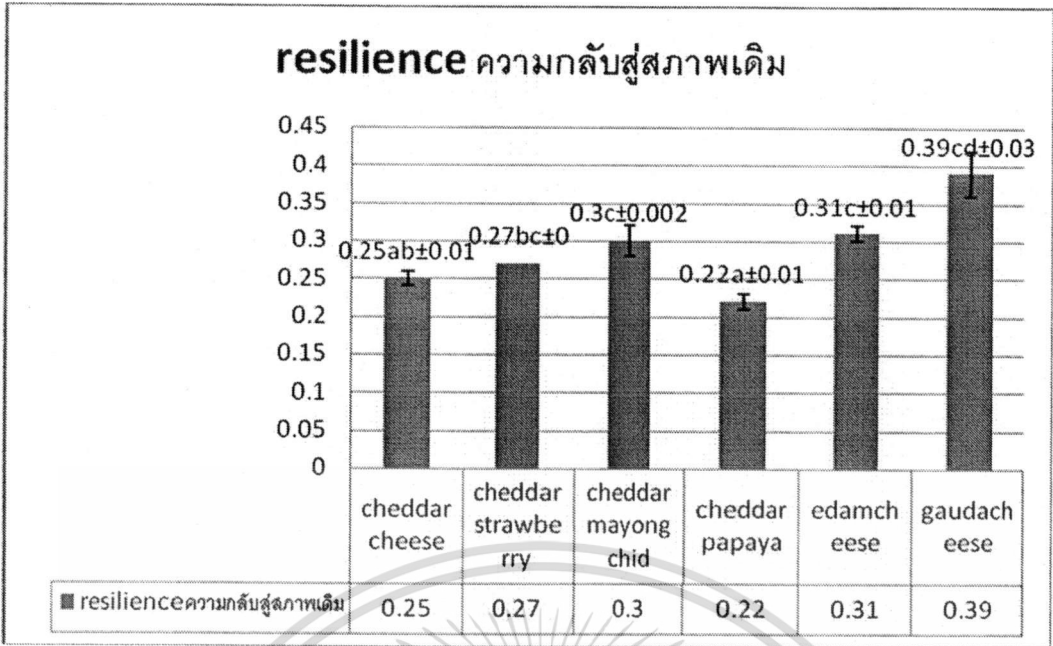
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟแท่งค่าความเหนียวคล้ายเชือกของเนยแข็งชนิดต่างๆ
 จากกราฟแท่งแสดงว่า ความเหนียวคล้ายเชือกของเนยแข็งทุกชนิดของค่าเฉลี่ยทางสถิติไม่
 มีความแตกต่างกันทางสถิติเพราะอยู่ในกลุ่ม a ทั้งหมด

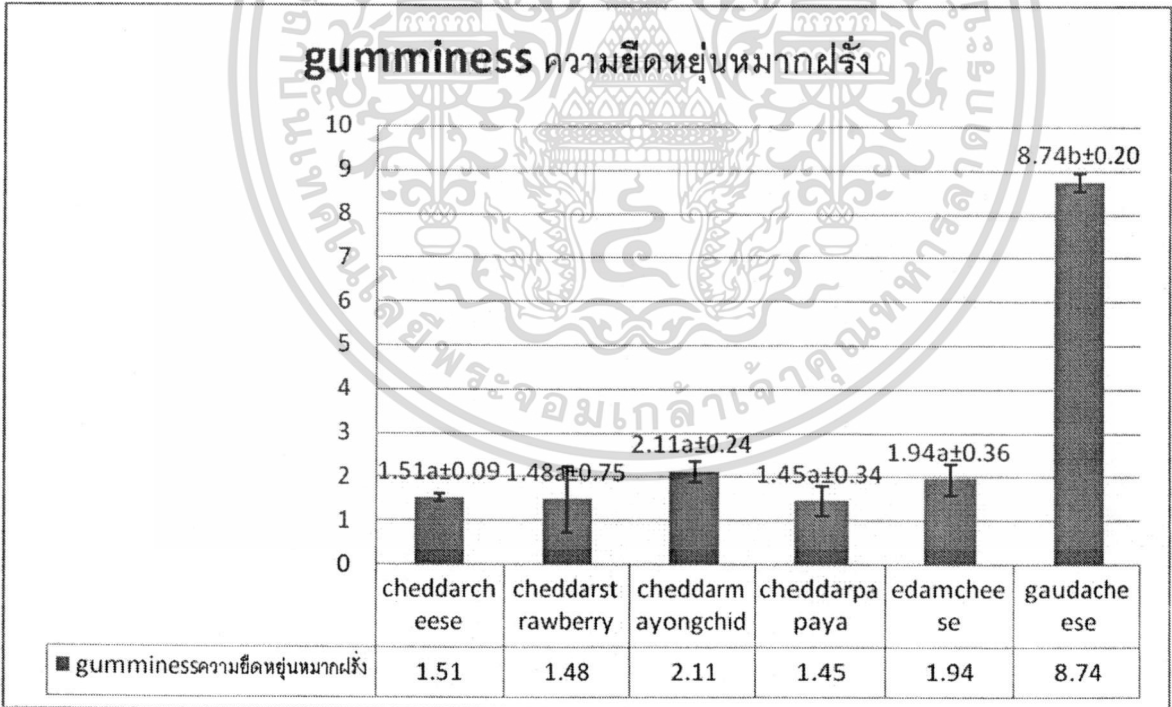


รูปที่ 4.6 กราฟแท่งค่าความยืดหยุ่นแบบสปริงของเนยแข็งชนิดต่างๆ
 จากกราฟแท่งแสดงว่า ความยืดหยุ่นแบบสปริงของเนยแข็งชนิดต่างๆ เช่น เนยแข็งเชดดาร์, เนยแข็งเอดัม, และเนยแข็งอูเคม มีความแตกต่างกันทางสถิติเพราะอยู่ในกลุ่ม a, b และ c ตามลำดับ
 และผลรวมของความยืดหยุ่นแบบสปริงของแต่ละกลุ่มน้อยที่สุด ตามด้วย เนยแข็งเชดดาร์ผสมมะยงชิด และเนยแข็งอูเคม ที่อยู่ในกลุ่มกลาง และมากที่สุดคือ เนยแข็งเกาด้า



รูปที่ 4.7 กราฟแท่งค่าความกลับสู่สภาพเดิมของเนยแข็งชนิดต่างๆ

จากกราฟแท่งแสดงว่า การกลับสู่สภาพเดิมของเนยแข็ง นั้นมีความแตกต่างกันมากเชิงสถิติ โดยเนยแข็งผสมเนื้อมะละกามีค่าน้อยสุด ตามมาด้วยกลุ่มของเนยแข็งชีด้า ชีด้าผสมสตอเบอรี่ ชีด้าผสมมะยงชิด และเนยแข็งอีเดม ตามลำดับ ค่ามากที่สุดคือ เนยแข็งเกาด้า

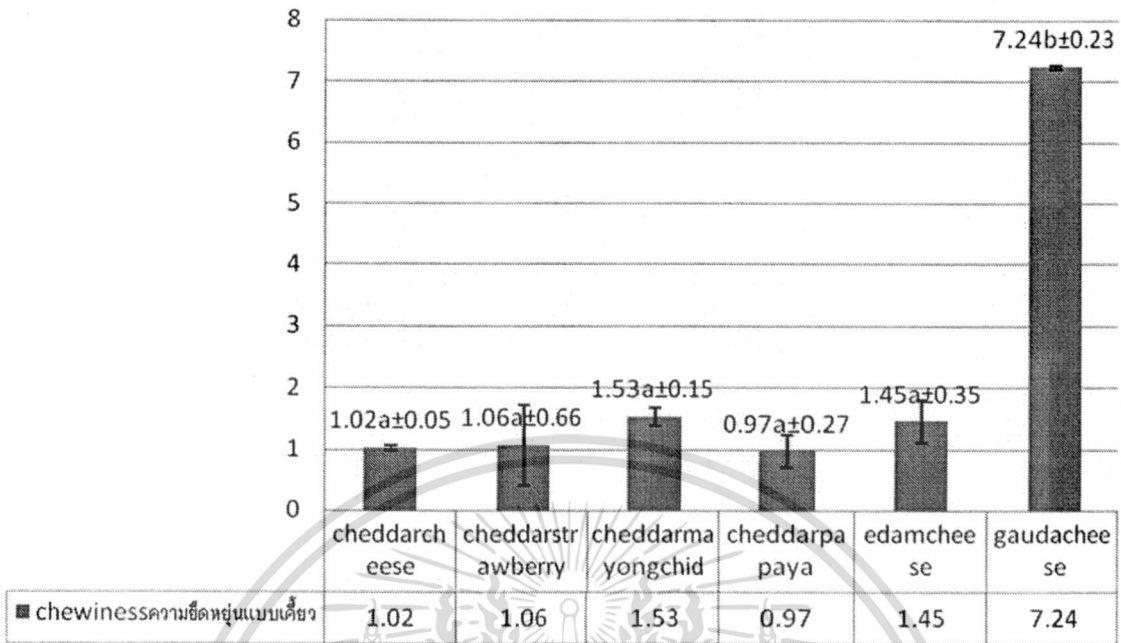


รูปที่ 4.8 กราฟแท่งค่าความยืดหยุ่นหมากฝรั่งของเนยแข็งชนิดต่างๆ

จากกราฟแท่งแสดงว่า ความยืดหยุ่นหมากฝรั่งนั้น เนยแข็งส่วนใหญ่ ไม่ค่อยยืดหยุ่นแบบหมากฝรั่งมาก แต่เนยแข็งเกาด้านั้นมีความยืดหยุ่นหมากฝรั่งมากที่สุด ซึ่งแสดงออกอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

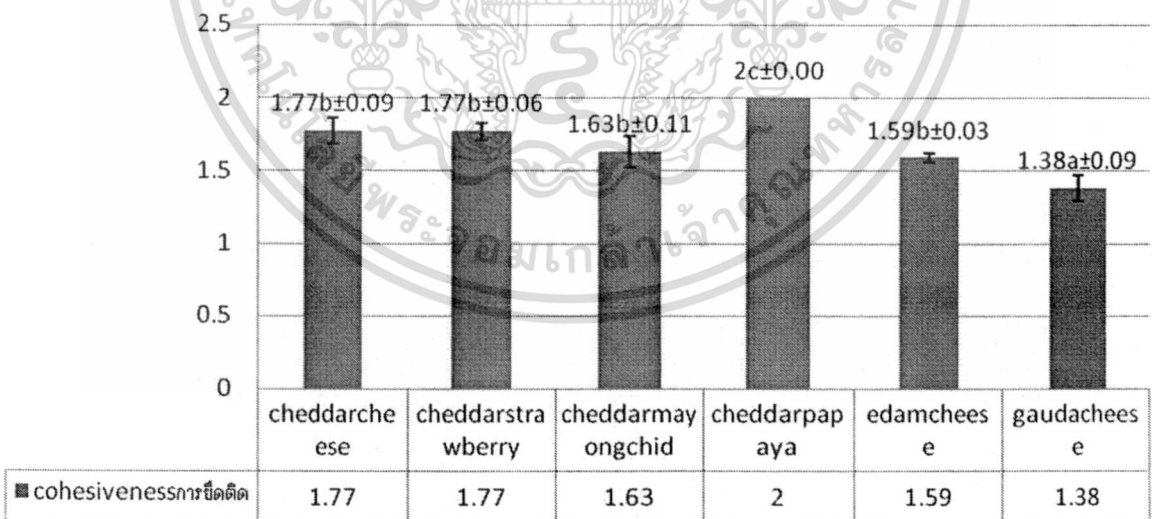
chewiness ความยืดหยุ่นแบบเคี้ยว



รูปที่ 4.9 กราฟแท่งค่าความยืดหยุ่นแบบเคี้ยวของเนยแข็งชนิดต่างๆ

จากกราฟแท่งแสดงว่า การยืดหยุ่นแบบเคี้ยวเนยนั้น เนยแข็งส่วนใหญ่ ไม่ค่อยมีความยืดหยุ่นแบบเคี้ยวมาก แต่เนยแข็งเกาด้านั้นมีความยืดหยุ่นแบบเคี้ยวมากที่สุด ซึ่งแสดงออกอย่างชัดเจน

cohesiveness การยึดติด



รูปที่ 4.10 กราฟแท่งค่าการยึดติดของเนยแข็งชนิดต่างๆ

จากกราฟแท่งแสดงว่า การยึดติดของเนยแข็งทุกชนิด แบ่งเป็นสามกลุ่ม เริ่มจากน้อยสุดไปมากที่สุดไล่ๆกันไปได้แก่ กลุ่มน้อยสุดคือ เนยแข็งเกาด้า กลุ่มระหว่างน้อยสุด-มากที่สุด เนยแข็งอีเดม เนยแข็งเชดด้าผสมมะยงชิด เนยแข็งเชดด้าผสมสตรอเบอร์รี่ และเนยแข็งเชดด้า กลุ่มมากที่สุดคือ เนยแข็งเชดด้าผสมมะละกอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
4.5 การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราได้ทำการทดลองทั้งหมดในการทดลองนี้รวมไปถึงการออกแบบอุปกรณ์ที่จะใช้ในการผลิตเนยแข็งแล้วเราจึงได้ทำการวิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อดูว่า จะต้องผลิตเนยแข็งเป็นจำนวนเท่าไรถึงจะมีความคุ้มทุนซึ่งเราเรียกว่า “จุดคุ้มทุน”

ในการทดสอบเครื่องทำไอศกรีม ใช้แรงงานในการปฏิบัติงาน 2 คน สามารถทำเนยแข็ง เหลือได้ 1 กิโลกรัมต่อครั้ง โดยใช้พลังงานไฟฟ้า 1.17 กิโลวัตต์ต่อครั้ง

เมื่อกำหนดให้ใช้งานเครื่องวันละ 2 ครั้ง ปีละ 260 วัน สามารถประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อลิตร) และ ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องทำเนยแข็งได้ดังนี้

4.5.1 ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

1) ค่าเสื่อมราคา (Depreciation, DP) คิดค่าเสื่อมราคา DP แบบ Straight-line method $DP = (P - S) / L$ โดยราคาของเครื่องทำเนยแข็ง (P) เท่ากับ 50,000 บาท มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10% ของราคาเครื่อง

ดังนั้น มูลค่าซากของเครื่อง (S) = $(10/100)P = 5000$ บาท

ค่าเสื่อมราคา $DP = (50000 - 5000) / 10 = 4500$ บาท

2) ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest or investment) คิดค่าเสียโอกาส

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

ดังนั้นค่าเสียโอกาสต่อปี $I = \frac{(P + S)}{2} \times \frac{2.375}{100} = 653.12$ บาท

รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed Cost) = ค่าเสื่อมราคา (DP) + ค่าดอกเบี้ย (I)
= 5153.12 บาทต่อปี

2. ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost)

1) ค่าบำรุงรักษา

- ค่าน้ำยาล้างจาน 10 บาทต่อขวด ใช้จำนวน 6 ขวด ใน 1 ปี คิดเป็น

$10 \times 6 \times 1 = 60$ บาทต่อปี

2) ค่าไฟฟ้า

- ใช้มอเตอร์กวนนมแพะและตัวปรับความเร็วรอบเป็นต้นกำลัง สิ้นเปลือง 0.12 ไฟฟ้า กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.9780 บาท ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็นค่าไฟฟ้าเท่ากับ $0.12 \times 2.978 \times 1 \times 260 \times 2 = 277.20$ บาทต่อปี

- ใช้ Heater ทำความร้อน สิ้นเปลืองไฟฟ้า 0.98 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.9780 บาท ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็นค่าไฟฟ้าเท่ากับ $0.98 \times 2.978 \times 1 \times 260 \times 2 = 2276.26$ บาทต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้ Heater เพื่อพาสเจอร์ไรซ์นมแพะ กำลัง สิ้นเปลืองไฟฟ้า 2.23 กิโลวัตต์ต่อ ชั่วโมง ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.9780 บาท ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็นค่าไฟฟ้าเท่ากับ $2.23 \times 2.978 \times 1 \times 260 \times 2 = 5174.13$ บาทต่อปี

3) ค่านมแพะดิบ 50 บาทต่อลิตร 1 ครั้ง ใช้ 10 ลิตร ใช้จำนวน 5200 ลิตร ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น $1 \times 50 \times 10 \times 260 \times 2 = 260000$ บาทต่อปี

4) ค่าน้ำแข็ง 10 บาทต่อครั้ง ใช้จำนวน 520 ครั้ง ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น $1 \times 10 \times 260 \times 2 = 520$ บาทต่อปี

5) ค่าเกลือบริสุทธิ์ 13 บาทต่อกิโลกรัม ใช้จำนวน 20 กรัม ใน 1 ปี ทำงาน 260 วัน วันละ 2 ครั้ง คิดเป็น $13 \times 20 / 1000 \times 1 \times 317 \times 2 = 164.84$ บาทต่อปี

รวมต้นทุนผันแปร = 271621.00 บาทต่อปี

คิดต้นทุนการใช้งานเครื่องผลิตนมแข็ง โดยรวมต้นทุนคงที่กับต้นทุนผันแปร เท่ากับ $5133.12 + 271621.00 = 276754.12$ บาทต่อปี

การวิเคราะห์หัดตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการต่างๆต้องการทราบว่าจะจำนวนผลผลิตที่ผลิตแล้วคุ้มทุนควรเป็นเท่าไร เพื่อเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจ จุดคุ้มทุน (break-even point) คือจุดที่รายได้เท่ากับรายจ่าย นั่นคือกำไรเป็นศูนย์ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้ และผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่างๆ

การคำนวณหาจุดคุ้มทุน โครงการเดียว

- กำหนดให้
- C = ต้นทุนรวมในการผลิต
 - F = ต้นทุนคงที่ (50000 บาท)
 - V = ต้นทุนแปรผัน (523 บาท ต่อครั้ง)
 - N* = จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน
 - N = จำนวนการผลิตที่จุดใดๆ
 - v = ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย
 - R = รายได้
 - p = ราคาขายต่อหน่วย (1000 บาท ต่อ 1 kg)

ต้นทุนรวมในการผลิต $C = F + V$ (5.1)

$V = vN$ (5.2)

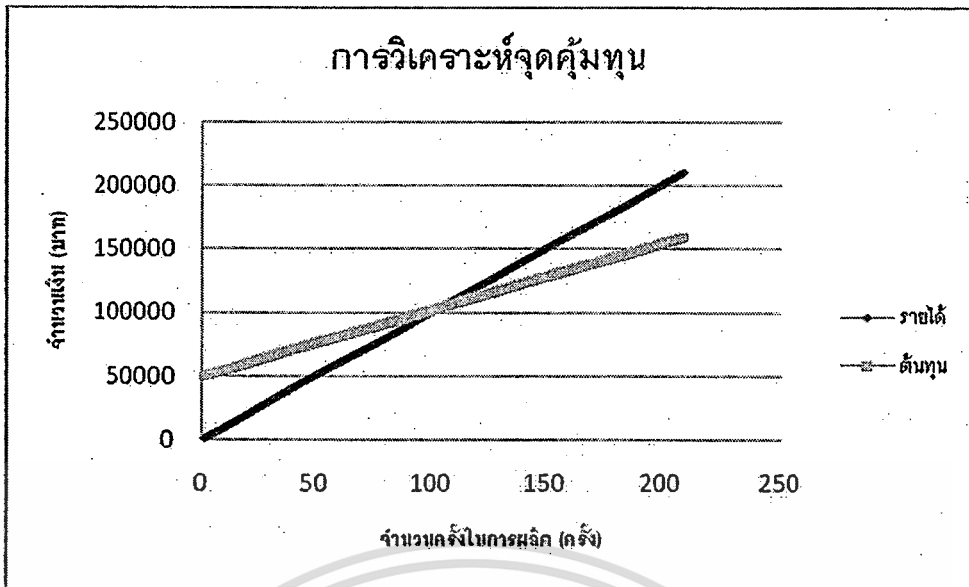
จึงได้ว่า $C = F + vN$ (5.3)

รายได้ $R = pN$ (5.4)

และ $N* = F / (p - v)$ (5.5)

เมื่อ N* เป็นปริมาณที่จุดผลิตคุ้มทุนพอดี สามารถแสดงได้ด้วยแผนภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

พิจารณาจุดตัดที่ได้จากการพล็อตกราฟ ของสมการ $C = F + vN$ และสมการ $R = pN$ จะได้จุดตัดตรงที่บริเวณที่มีปริมาณการผลิตประมาณ 105 kg ซึ่งเรียกว่าจุดคุ้มทุน ดังนั้นจุดคุ้มทุนจึงเป็นจุดที่ต้องทำการผลิตขายแข่งเท่ากับ 105 kg เป็นจำนวน 105 ก้อน ซึ่งก่อให้เกิดรายได้ 105,000 บาทและต้นทุน 104,915 บาท



บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเนยแข็ง

จากผลการทดลอง พบว่า คะแนนเฉลี่ยของเนยแข็งที่ทำเองนั้น น้อยกว่าคะแนนของเนยแข็งที่ซื้อมาทดลองให้ชิม ซึ่งจากความคิดเห็นของผู้ชิมส่วนใหญ่ บ่งชี้ว่า เนยแข็งที่ซื้อมานั้น รูปลักษณะจากการผ่านกระบวนการผลิตใน โรงงานมาแล้วนั้น น่ากินกว่า รสชาติ ดีกว่าแบบทำเอง

5.2 การทดสอบทางประสาทเชิงตัวเลขของการวัดค่าสี

จากผลการทดลอง พบว่าเนยแข็งส่วนใหญ่ออกไปทางสีขาวและสีเหลือง ส่วนเนยแข็งที่ก่อนไปทางสีแดง ได้แก่เนยแข็งเชดด้าผสมสตรอเบอร์รี่และเนยแข็งเชดด้าผสมมะละกอ ส่วนเนยแข็งเชดด้า เนยแข็งอีแควม และเนยแข็งเกาด้าสีก่อนไปทางเขียว และเนยแข็งเชดด้าผสมมะยงชิดนั้นอยู่ระหว่างกลางคือสีอยู่ระหว่างสีแดงและเขียว

5.3 การทดสอบทางประสาทเชิงตัวเลขของค่าเนื้อสัมผัส

จากผลการทดลองพบว่า ค่าความยืดหยุ่นต่างๆที่หาได้จากเนยแข็งทุกชนิด นั้นมีค่าไล่เรียงกันยกเว้น ค่าความยืดหยุ่นหมากฝรั่งและค่าความยืดหยุ่นแบบเคี้ยวซึ่งเนยแข็งเกาด้ามีค่าความยืดหยุ่นหมากฝรั่งและค่าความยืดหยุ่นแบบเคี้ยวมากที่สุด ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงความแตกต่างอย่างชัดเจนกับเนยแข็งชนิดอื่น นอกจากนี้ยังพบความคล้ายคลึงกันของเนยแข็งอีแควมและเนยแข็งเชดด้าในค่าความยืดหยุ่นต่างๆ ทั้งที่กระบวนการผลิตแตกต่างกัน

5.4 การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม

จากการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ สามารถทราบต้นทุนในการลงทุนในการผลิตรวมต่อปีเท่ากับ 276754.12 บาทต่อปี โดยผ่อนค่าเครื่องผลิตเนยแข็งเป็นเวลา 10 ปี หรือคิดลงทุนเครื่องผลิตเนยแข็งในปีแรก เป็นจำนวนเงินเท่ากับ 50000บาท และต้นทุนผันแปรต่อปีเท่ากับ 271621.12 บาท รวมลงทุนปีแรกเป็นเงิน 321621.12 บาทก็ได้

จุดคุ้มทุนสามารถหาได้จากการพล็อตกราฟสมการเส้นตรงระหว่างสมการต้นทุนการผลิตรวมและสมการรายได้ ทำให้เกิดจุดตัดระหว่างกราฟ จุดนั้นคือจุดที่ปริมาณการผลิตคุ้มทุนพอดี โดยเราขายเนยแข็งที่ทำเองก้อนละ(1 kg) 1000 บาท ปริมาณการผลิตเท่ากับ 105 kg และต้นทุนรวมการผลิตรวมเท่ากับ 104915 บาท มีรายได้จากการขายเนยแข็งเท่ากับ 105000 บาท ซึ่งใช้เวลา 53 วัน ในการคุ้มทุนหรือประมาณ 2 เดือน 10 วัน เมื่อวันทำงานทั้งปีเท่ากับ 260 วัน หนึ่งวันผลิตเนยแข็ง 2 ครั้ง

จากผลการวิเคราะห์นี้สามารถนำมาเป็นเครื่องช่วยตัดสินใจ การลงทุนผลิตเนยแข็งได้เป็นอย่างดีซึ่งช่วยพิจารณา จำนวนครั้งในการผลิต และเวลาที่ใช้เมื่อคุ้มทุน

1. การทำ Cheese Vat ให้มีความสะดวกแก่การระบายน้ำเวย์โดยให้ระบายจากข้างถึงแทนด้านล่าง การเปลี่ยนถ่ายน้ำสำหรับให้ความร้อนให้รู้ตอเต็มน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้น และความสูงของตัวถังในการระบายน้ำให้ความร้อนออกจากตัวถังมีความสะดวก ออกแบบพื้นถังและทำให้มีความลาดเอียงเหมาะแก่การระบายน้ำเวย์
2. ตัวทำความร้อนและชุดควบคุมควรแสดงผลอุณหภูมิเป็นระบบดิจิทัล และสามารถวัดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ได้
3. การออกแบบเครื่องกวนให้มีประสิทธิภาพโดยการออกแบบให้ใช้พื้นที่น้อยที่สุดสำหรับการกวน โดยอาจเป็นการกวนแบบปิดไปมาคล้ายกระจกปิดน้ำฝน เพื่อความสะดวกในการกวน
4. เครื่องอัดเนยแข็งควรทำให้เป็นบ่อรองรับการระบายน้ำไม่ให้หกเลอะเทอะขณะอัดเนยแข็งให้มีรูปร่างคงตัว
5. เนยแข็งที่ผสมผลไม้ทั้งหมด เสีย ในระหว่างการบ่ม แสดงให้เห็นว่า ไม่ควรนำผลไม้ผสมในเนยแข็งหรือต้องใช้วิธีอื่นในการผสมผลไม้กับเนยแข็ง
6. เนื่องจากนมแพะมีราคาแพง มีกลิ่นฉุน คุณค่าทางอาหารมาก เพื่อให้เหมาะสมกับผู้ประกอบขนาดเล็กและขนาดกลางจึงควรใช้นมวัวแทนในการทำแทนเพื่อลดต้นทุนในการผลิตเนยแข็งต่อหนึ่งหน่วยการผลิต
7. แบบอุปกรณ์ที่ออกแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมนมได้มากมาย เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมที่หลากหลายยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] กรมศุลกากร 2550 “สถิติการนำเข้า ส่งออกสินค้า” [Online] Available: (<http://www.customs.go.th/Statistic/StatisticResult.jsp?page=1&statType=import&month=12&year=2006&productCodeCheck=Y&productCode=0406&countryCheck=null&country=>)
- [2] Bottero, Civera, Anastasio, Turi, & Rosati M.T. Bottero, T. Civera, A. Anastasio, R.M. Turi and S. Rosati, (2002), Identification of cows’ milk in “buffalo” cheese by duplex polymerase chain reaction, *Journal of Food Protection* 65pp. 362–366.
- [3] M. Castillo, F.A. Payne, T. Wang and J.A. Lucey 2006, Effect of temperature and inoculum concentration on prediction of both gelation time and cutting time. Cottage cheese-type gels *International Dairy Journal, Volume 16, Issue 2, February 2006, Pages 147-152*
- [4] Chenxu Yu and Sundaram Gunasekaran 2005 A systems analysis of *pasta filata* process during Mozzarella cheese making *Journal of Food Engineering, Volume 69, Issue 4, August, Pages 399-408*
- [5] ศ.ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. พ.ศ. 2548. การออกแบบเครื่องกล. เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- [6] Glenn Elert . 2007 “Density of Milk” [Online]. Available: <http://hypertextbook.com/facts/2002/AliciaNoelleJones.shtml>.
- [7] National Dairy Council. 2007 “General Physical Properties of Milk” [Online]. Available: <http://www.nationaldairycouncil.org/NR/rdonlyres/52BEEEB2-9DF5-4555-B5F2-D01C12F27ED2/0/TABLE14.pdf>.
- [8] มนตรี พิรุณเกษตร. 2547, “กลศาสตร์ของไหล”—กรุงเทพฯ:วิทย์พัฒน์, 592 หน้า.
- [9] ศิริลักษณ์ สีนธวาลัย, 2525 “ทฤษฎีอาหาร, เล่ม 3 หลักการทดลองอาหาร, นนทบุรี.
- [10] ISO/R 775-1969 Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, *Fundamentals of Fluid Mechanics*, John Wiley & Sons, 2006.

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก1 ขนาดระบุของเพลตามมาตรฐาน [10]

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น mm				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

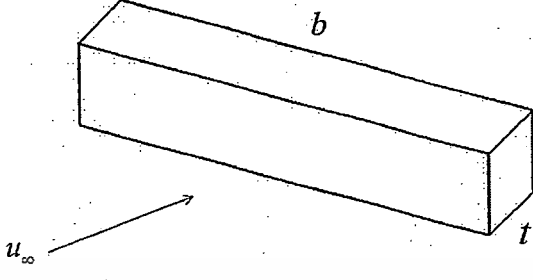
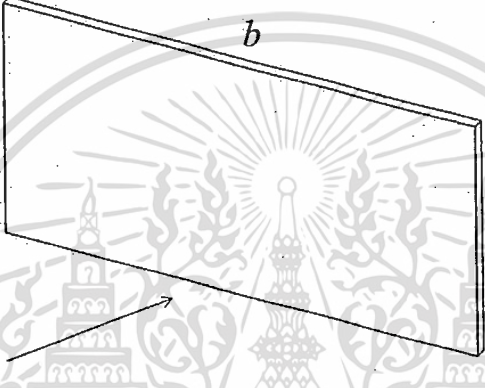

ตารางที่ ก2 ค่าตัวประกอบความถี่ [10]

ชนิดของแรง	C_m	C_f
เพลที่อยู่นิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลหมุน :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

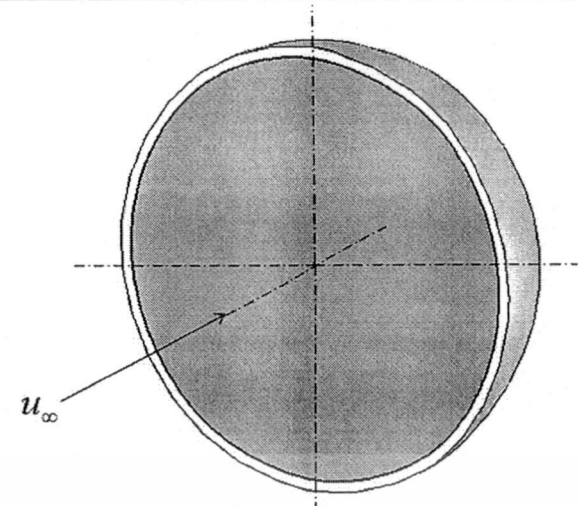
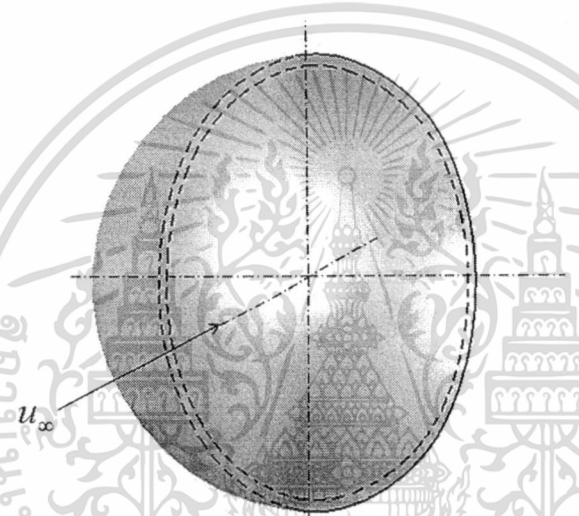
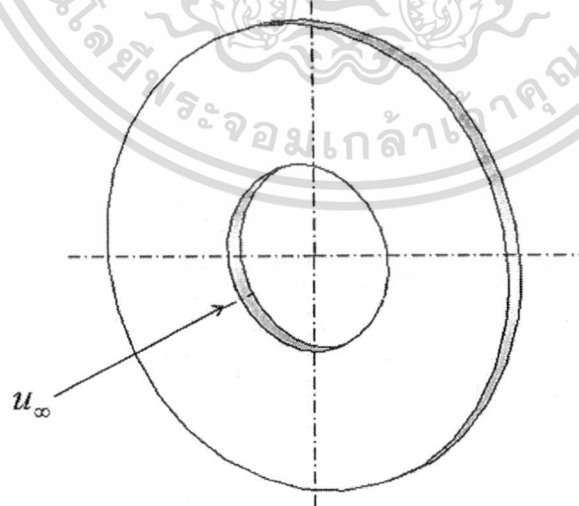
ตารางที่ ก3 ค่าความปลอดภัย [10]

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	N_y	N_u	N_u
แรงอยู่นิ่ง	1.5-2	3-4	5-6
แรงซ้ำทิศทางเดียวหรือ	3	6	7-8
แรงกระแทกเล็กน้อย			
แรงซ้ำสองทิศทางหรือ	4	8	10-12
แรงกระแทกเล็กน้อย	5-7	10-15	15-20
แรงกระแทกอย่างหนัก			

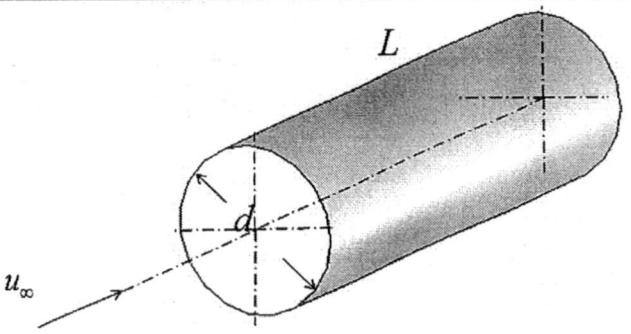
ตารางที่ ก4 สัมประสิทธิ์การหน่วงบนวัตถุใน 3 มิติ อังอิงพื้นที่ฉายด้านหน้า ($Re \geq 10^3$) [10]

วัตถุ	รูปแสดงการไหล	C_D
1. แท่งวัตถุหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส		$\frac{b}{t} = \infty$ 2.1
		$\frac{b}{t} = 1$ 1.06
2. แผ่นระนาบสี่เหลี่ยม		$\frac{b}{t} = 1$ 1.18
		$= 5$ 1.20
		$= 10$ 1.30
		$= 20$ 1.50
		∞ 2.00
3. แผ่นวงกลม		1.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>4. ครึ่งทรงกลม กลวง</p>	 	<p>1.42</p> <p>0.38</p>
<p>5. แผ่นวงแหวน</p>		<p>1.20</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทรงกระบอกตัน		<table> <tr> <td>$\frac{L}{d} = 0.5$</td> <td>1.15</td> </tr> <tr> <td>= 1</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>= 2</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>= 4</td> <td>0.87</td> </tr> <tr> <td>= 8</td> <td>0.99</td> </tr> </table>	$\frac{L}{d} = 0.5$	1.15	= 1	0.90	= 2	0.85	= 4	0.87	= 8	0.99
$\frac{L}{d} = 0.5$	1.15											
= 1	0.90											
= 2	0.85											
= 4	0.87											
= 8	0.99											

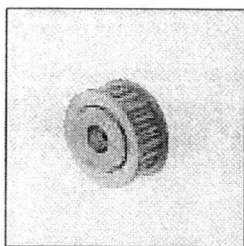


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก5 Timing Pulleys T5 Type



Timing Pulleys T5 Type



TTPA □ T5100
T5150
T5200
(Pitch 5.0mm)

TTPN □ T5100
T5150
T5200
(Pitch 5.0mm)

Type		M	S
TTPA	Pulley	A2017	Clear Anodizing
	Flange	A5052	
TTPN	Pulley	A2017	Electroless nickel plating
	Flange	A5052	

※ Couled flange, set screws are attached.

Pulley Shape

A Shape

B Shape

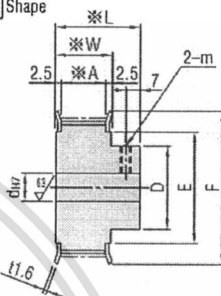
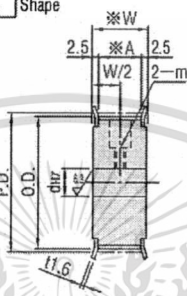
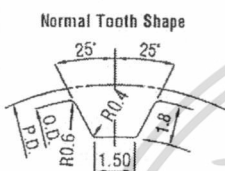


Table 1 : Selection Table for Shaft Hole Dia. and Spec.

Catalog No.	Pulley Shape	Shaft Hole Spec.	Shaft Hole d _r (Select from Table 1)		Shaft Hole V Only (mm Inches)		P.D.	O.D.	D	F	E	d _{W7} Surface V.3.	H Round Hole	P Round Hole	N Hex JIS	C Old JIS	V Stepped Hole	2-m (Coarse Thread)	Set screw				
			H-P-N-C Hole	V Hole	A Shape	B Shape														A Shape	B Shape	J	
12	T5100 ※A: 11 ※W: 16 ※L: 28	A	6~8	—	—	—	19.10	18.25	—	24	12	6	○	○	—	—	—	M4	M4×3				
14			6~10	6~8*	—	—	22.28	21.45	14	26	16	6.35	○	○	—	—	—						
15			6~10	6~8*	5~7	—	23.87	23.05	15	28	18	8	○	○	○*	—	—						
16			7~12	7~10*	7~9	—	25.45	24.60	17	32	20	10	○	○	○*	○*	—						
18			7~12	7~10	7~10	7~8	28.65	27.80	—	33	22	11	○	○	—	—	—						
20			7~16	7~16	7~12	7~9	31.83	31.00	—	39	22	12	○	○	—	—	—						
22			T5150 ※A: 17 ※W: 22 ※L: 34	H	7~18	7~12	7~14	7~12	35.01	34.25	24	40	27	13	○	○	—			—	—	M5	M5×4
24					7~20	7~12	7~16	7~14	38.20	37.40	—	47	30	14	○	○	—			—	—		
25					7~20	7~15	7~16	7~14	39.78	39.00	—	47	30	15	○	○	—			—	—		
26					8~22	8~17	8~20	8~17	41.36	40.60	31	—	—	16	○	○	—			—	—		
28	8~24	8~18			8~20	8~18	44.56	43.75	32	—	—	17	○	○	—	—	—						
30	10~26	10~16			10~20	10~18	47.75	46.95	33	52	36	18	○	○	—	—	—						
32	10~28	10~22			10~24	10~20	50.93	50.10	37	56	40	19	○	○	—	—	—						
36	10~30	10~25			10~28	10~22	57.30	56.45	40	61	45	20	○	○	—	—	—						
40	T5200 ※A: 22 ※W: 27 ※L: 39	P			10~38	10~26	10~30	10~28	63.66	62.85	47	67	50	21	○	○	—	—	—	M6	M6×5		
44					12~42	12~32	12~30	12~28	70.03	69.20	50	74	58	22	○	○	—	—	—				
48			12~48	12~34	12~35	12~30	76.39	75.55	60	83	63	23	○	○	—	—	—						
50			12~50	12~40	12~35	12~30	79.58	78.75	63	87	67	24	○	○	—	—	—						
60			12~60	12~40	12~38	12~35	95.49	94.65	75	99	80	25	○	○	—	—	—						
													26	○	○	—	—	—					
													27	○	○	—	—	—					
													28	○	○	—	—	—					
													29	○	○	—	—	—					
													30	○	○	—	—	—					
											31	○	○	—	—	—							
											32	○	○	—	—	—							
											33	○	○	—	—	—							
											34	○	○	—	—	—							
											35	○	○	—	—	—							
											37	○	○	—	—	—							
											38	○	○	—	—	—							
											40	○	○	—	—	—							
											42	○	○	—	—	—							
											43	○	○	—	—	—							
											44	○	○	—	—	—							
											46	○	○	—	—	—							
											47	○	○	—	—	—							
											48	○	○	—	—	—							
											50	○	○	—	—	—							
											52	○	○	—	—	—							
											55	○	○	—	—	—							
											57	○	○	—	—	—							
											60	○	○	—	—	—							

① Z-d≥2 for Shaft Hole Specification V

※ For applicable timing belts, refer to P.1281.

Order Example

Catalog No. — Pulley Shape — Shaft Hole Spec., I. D. — Z — J

TTPA1875100 — A — P10 — — — — —

TTPA6075150 — A — V15 — — Z29 — J18

Production Time

3 Days Express A 800 yen/piece P. 74

Ⓢ A flat charge of 2,160 Yen for 3 or more identical pieces.

TTPN

5 Days

※ For B shape, N8 of 14 & 15 toothed pulleys and N10 & C10 of 16 toothed pulleys are not available.

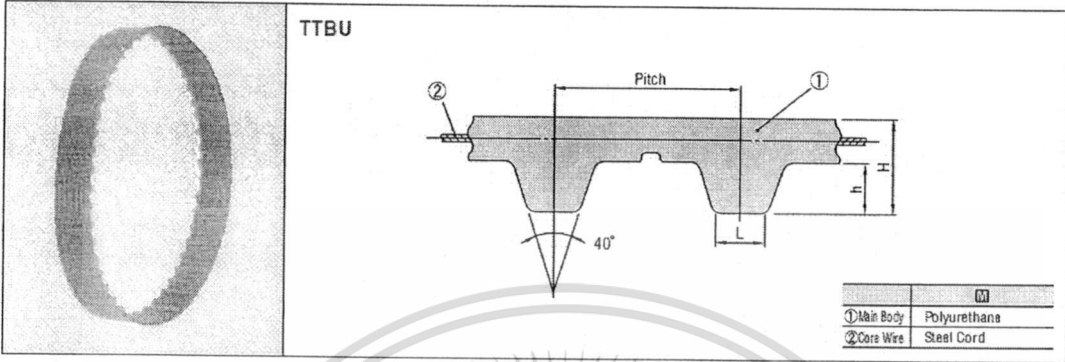
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก6 Timing Belts T5/T10 Type

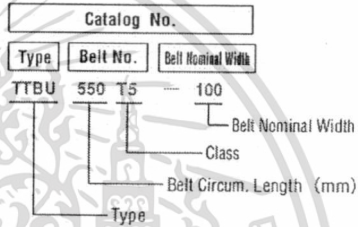


Timing Belts T5 / T10 Type

CAD Data Folder Name : Timing_Pulleys



Class	Pitch	H	h	L
T5	5	2.2	1.2	1.8
T10	10	4.5	2.5	3.5



Production Time 5 Days Express B 300 yen/piece P. 74

A flat charge of 810 Yen for 3 or more identical pieces.

Volume Discount Rate

Quantity	Rate
1	—
2~4	5%
5~19	10%
20~49	15%
50~	To be created

■ Type T5 (Pitch : 5mm)

Type	Belt No.	Belt Nominal Width	Number of Teeth	Belt Circ. Length (mm)	Unit Price		
					100	150	200
TTBU	185T5	100 (10mm)	37	185			
	200T5		40	200	560	820	1,070
	225T5		45	225			
	250T5	50	250				
	275T5	55	275				
	280T5	56	280				
	295T5	59	295				
	300T5	60	300				
	325T5	65	325				
	350T5	70	350				
	375T5	75	375				
	400T5	80	400				
	425T5	85	425				
	440T5	88	440				
	450T5	90	450				
	475T5	95	475				
	500T5	100	500				
	525T5	105	525				
	550T5	110	550				
	575T5	115	575				
	590T5	118	590				
	600T5	120	600				
	625T5	125	625				
	630T5	126	630				
	650T5	130	650				
	675T5	135	675				
	690T5	138	690				
700T5	140	700					
725T5	145	725					
750T5	150	750					
780T5	156	780					
800T5	160	800					
850T5	170	850					
900T5	180	900					
1000T5	200	1000					
1075T5	215	1075					
1090T5	218	1090					
1100T5	220	1100					
1115T5	223	1115					
1215T5	243	1215					
1350T5	270	1350					
1380T5	276	1380					

■ Type T10 (Pitch : 10mm)

Type	Belt No.	Belt Nominal Width	Number of Teeth	Belt Circ. Length (mm)	Unit Price		
					150	200	250
TTBU	400T10	150 (15mm)	40	400	1,390	1,630	2,100
	450T10		45	450	1,450	1,700	2,200
	500T10		50	500	1,540	1,820	2,360
	530T10	53	530				
	550T10	55	550				
	560T10	56	560				
	600T10	60	600				
	630T10	63	630				
	650T10	65	650				
	700T10	70	700				
	720T10	72	720				
	750T10	75	750				
	800T10	80	800				
	850T10	85	850				
	900T10	90	900				
	910T10	91	910				
	920T10	92	920				
	950T10	95	950				
	960T10	96	960				
	980T10	98	980				
	1000T10	100	1000				
	1050T10	105	1050				
	1100T10	110	1100				
	1150T10	115	1150				
	1200T10	120	1200				
	1250T10	125	1250				
	1300T10	130	1300				
	1320T10	132	1320				
	1350T10	135	1350				
	1400T10	140	1400				
	1450T10	145	1450				
	1500T10	150	1500				
	1600T10	160	1600				
1700T10	170	1700					
1750T10	175	1750					
1800T10	180	1800					
1880T10	188	1880					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗ ค่าหน่วยแรง P สำหรับเจอร์นัลแบร์ริง [10]

การใช้งาน	P, MN/m ²
เครื่องยนต์ดีเซล	
เมนแบร์ริง (main bearing)	6.0-12.0
แบร์ริงก้านสูบ (crank pin)	8.0-15.0
แบร์ริงสลักลูกสูบ(wrist pin)	14.0-15.0
มอเตอร์ไฟฟ้า	0.8-1.5
กังหันไอน้ำ(steam turbine)	0.8-1.5
ชุดเฟืองทด	0.8-1.5
เครื่องยนต์เบนซิน	
เมนแบร์ริง	4.0-5.0
แบร์ริงก้านสูบ	10.0-15.0
เครื่องอัดอากาศ (air compressor)	
เมนแบร์ริง	1.0-2.0
แบร์ริงก้านสูบ	2.0-4.0
สูบหอยโข่ง (centrifugal pump)	0.6-1.2

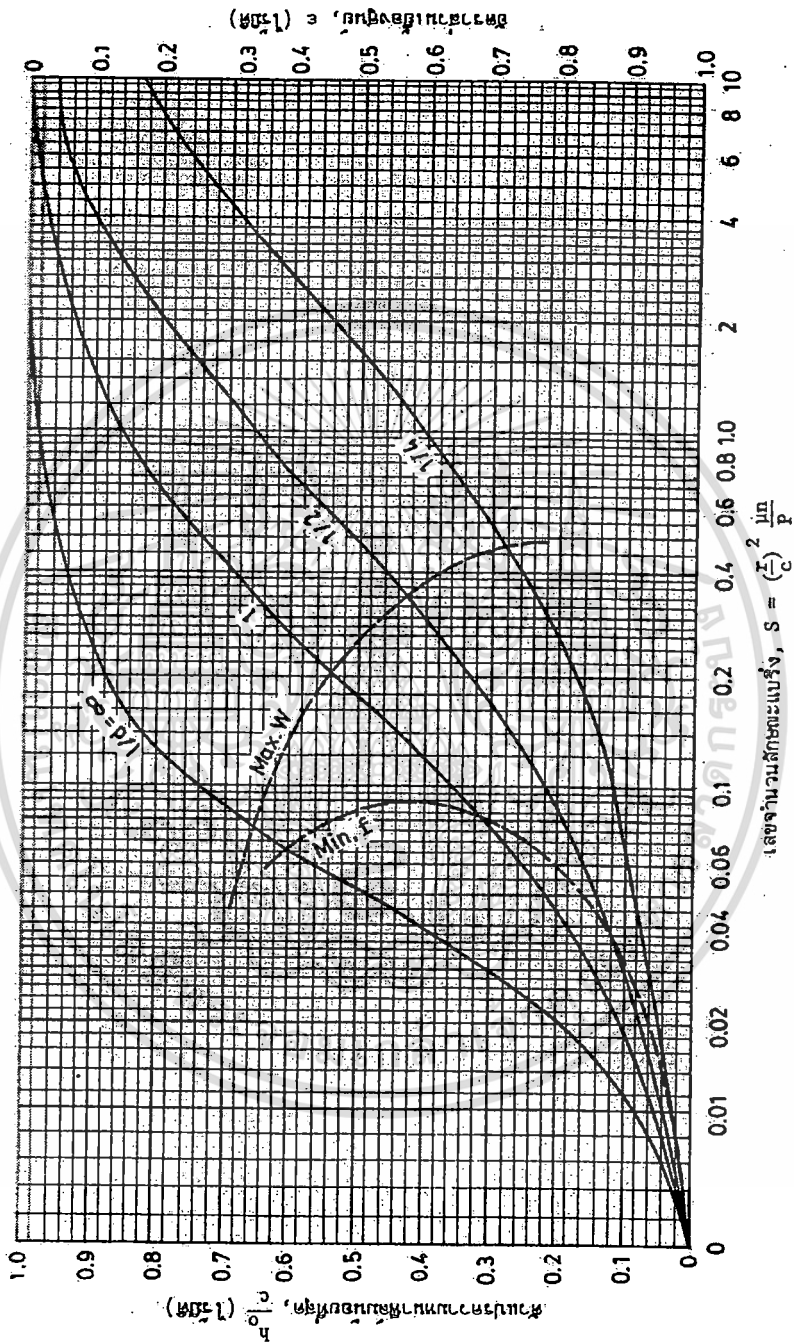
ตารางที่ ๘ คุณสมบัติของวัสดุแบร์ริง [10]

วัสดุแบร์ริง	อัตราส่วน r/c สูงสุด	อุณหภูมิใช้งานสูงสุด C	หน่วยแรงสูงสุด N/mm ²
ตะกั่วและดีบุกผสมหรือแบ็บบิท (babbitt)	600-1000	150	5.5-10.0
ทองแดง-ตะกั่ว	500-1000	175	10.0-17.0
บรอนซ์ตะกั่ว	500-1000	230	20.0-28.0
บรอนซ์ดีบุก	500-1000	260	28.0
อลูมิเนียมผสม	400-500	120	35.0

ตารางที่ ๙ ประสิทธิภาพของรอยต่อสายพาน [10]

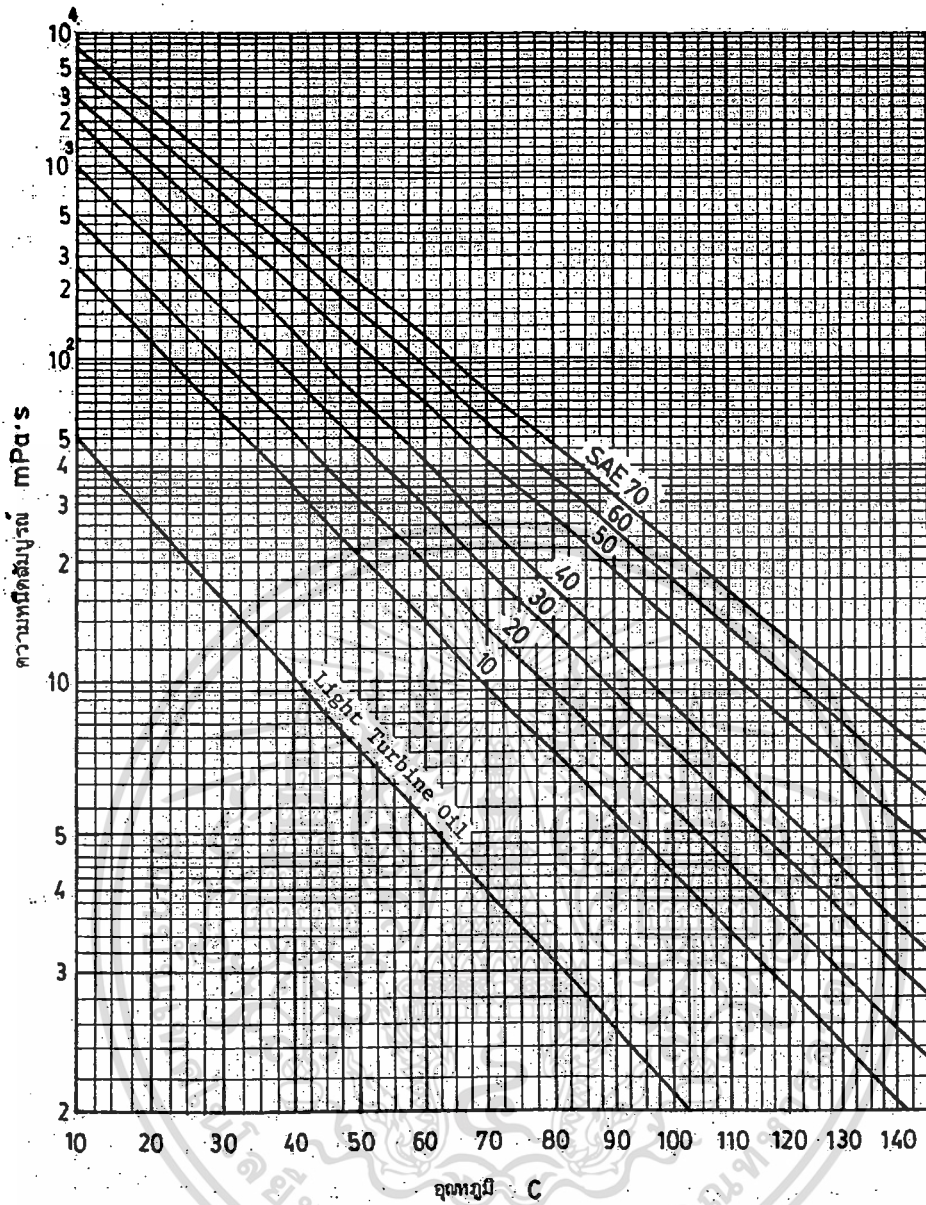
ชนิดของรอยต่อ	ประสิทธิภาพ η %
ต่อด้วยกาว (cementing)	75-90
ต่อด้วยลวดถัก (wire lacing)	60
ต่อด้วยห้วงเหล็กกล้า (alligator)	40-70
ต่อด้วยแผ่นเหล็กย้ำหมุด	50-60
ต่อด้วยแผ่นเหล็ก	60-70

รูปที่ ก1 แผนภูมิสำหรับตัวแปรความหนาฟิล์มที่น้อยที่สุดและอัตราส่วนเยื้องศูนย์กลางขอบเขตทางด้านซ้ายแสดงช่วงอำนาจประโยชน์ที่สุดของ h_0 โดยที่ความเสียดทานน้อยที่สุด ขอบเขตทางด้านขวาแสดงช่วงอำนาจประโยชน์ที่สุดของ h_0 โดยที่รับแรงได้สูงสุด [10]



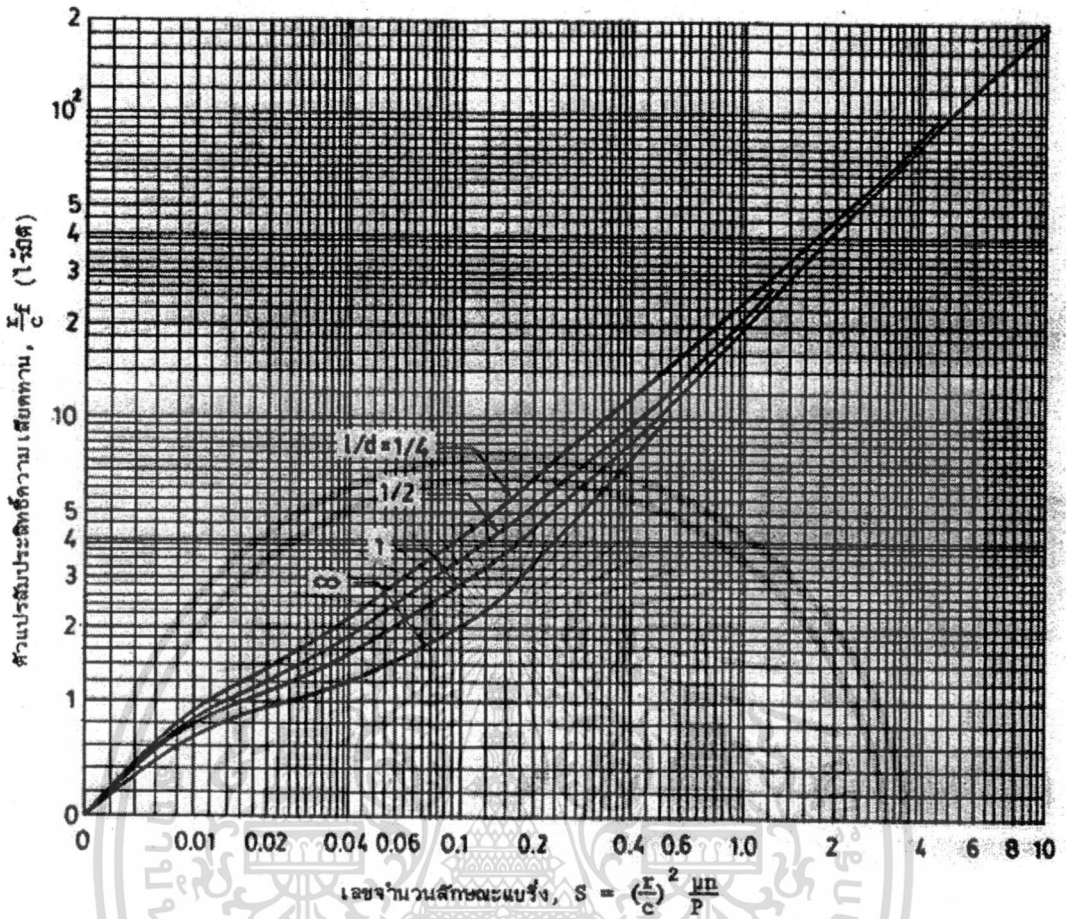
รูปที่ ก2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอุณหภูมิ [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.3 แผนภูมิสำหรับหาตัวแปรสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน



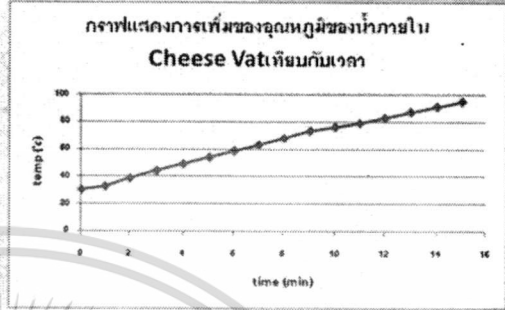
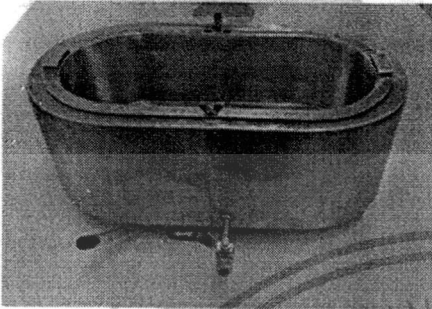
รูป 6.12 แผนภูมิสำหรับหาตัวแปรสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Raimondi and Boyd)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Specification ของเครื่องผลิตเนยแข็งส่วนต่างๆ

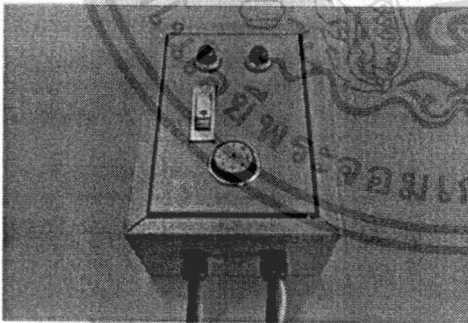
Specification Cheese Vat



ขนาดถังภายนอก กว้าง ยาว สูง 30 x 54 x 18.5 cm สูงจากพื้น 5.5 cm กว้างหน้า 4 cm ถังภายใน สูง 13.5 cm จุน้ำได้ 6.8 ลิตร ถังภายนอกทำด้วยฉนวน โฟมพลาสติก เก็บกักความร้อนได้ดี

รูปที่ ข1 Specification Cheese vat

Specification กล่องควบคุมอุณหภูมิ



ตัวทำความร้อนขนาด 3000 W
แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ 220 V
กระแสไฟฟ้าที่ใช้ 15 A
กล่องควบคุมอุณหภูมิ กว้างยาวสูง 15 x 20 x 30 cm

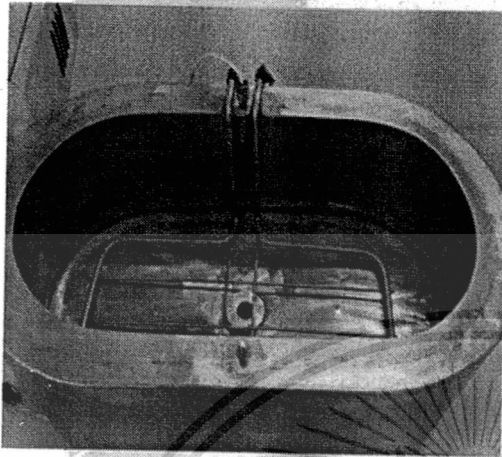
ลักษณะการทำงาน

ไฟสีเขียวสว่าง แสดงว่า กล่องควบคุมเปิด
ไฟสีแดงสว่าง แสดงว่า ตัวทำความร้อนทำงาน
และมีตัวหมุนปรับอุณหภูมิ ตั้งแต่ 40 -80 องศา
เซียส

รูปที่ ข2 Specification กล่องควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวางตัวของตัวทำความร้อนภายใน Cheese vat

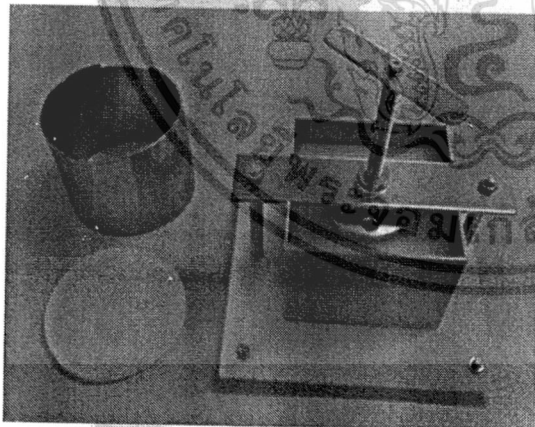


ลักษณะการทำงาน

เมื่อ ตัวทำความร้อนวางตัวอยู่ในแจกเกต และภายในแล้ว จากนั้นเติมน้ำในแจกเกต ปริมาณ 6.8 ลิตร เมื่อตัวทำความร้อนทำงานจะส่งผ่านความร้อนไปยังน้ำ และน้ำส่งผ่านความร้อนสู่ตัวถังภายในอีกค้อนหนึ่ง

รูปที่ ข3 Specification การวางตัวของตัวทำความร้อนภายใน Cheese vat

Specification เครื่องอัดเนยแข็ง



แม่พิมพ์ทรงกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 cm สูง 11.5 cm

แม่พิมพ์สี่เหลี่ยม มีขนาด กว้าง ยาว สูง 14 x 14x 11.5 cm

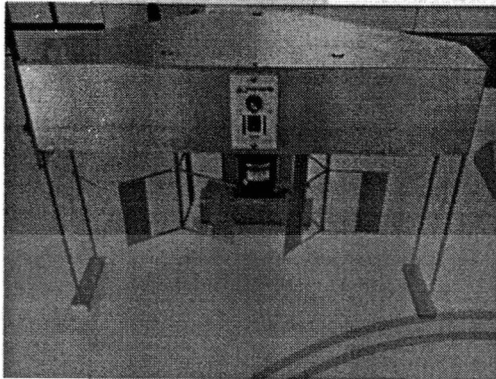
ลักษณะการทำงาน

วางเนยแข็งภายในแม่พิมพ์ ขันนอคให้ เวียบร้อย จากนั้นใช้กรรกกดด้วยเกลียว พอให้เนื้อเวย์ไหลออกจากตัวเนยแข็ง

รูปที่ ข4 Specification เครื่องอัดเนยแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification เครื่องกว



Motor Gear 220 V AC 25W
 มีแกน 10 mm หนา กว้าง 8 x 8 cm
 ความยาวรวมแกนทั้งหมด 18 cm
 คอผ่านเข้าตัวควบคุม
 ความกว้างของเครื่อง 60 cm
 ความสูงของเครื่อง 28 cm

ลักษณะการทำงาน

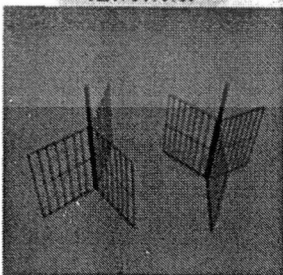
การใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนกำลัง ส่งกำลังด้วยสายพานไปยังเพลาสองตัว ทำหน้าที่หมุนใบกว

รูปที่ ข5 Specification เครื่องกว

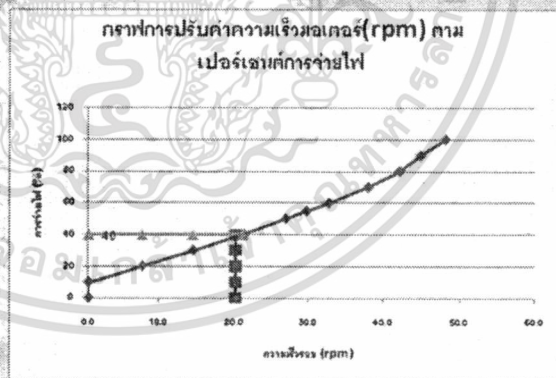
Specification ใบกว



ใบกวนนม



ใบตัดเคิร์ด



ขนาดแกนเพลา ยาว 16.5 cm เส้นผ่าศูนย์กลาง 14 mm
 ใบกวและใบตัด ความกว้าง ยาว 8.5 x 11 cm

รูปที่ ข6 Specification ใบกว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้