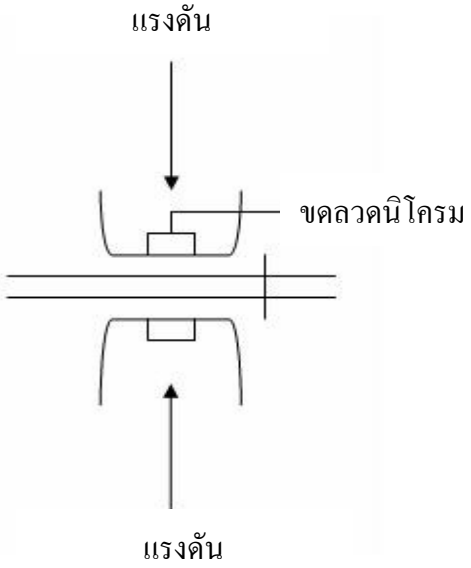
บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 สำรวจข้อมูลเบื้องต้น

เครื่องปิดผนึกมีลักษณะการทำงานแบบขึ้นรูป ห่อ และปิดผนึกเป็นวิธีการปิดผนึกด้วยกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.1 โดยเริ่มจากการที่เครื่องจักรจะลำเลียงแผ่นฟิล์มพลาสติกมายังตำแหน่งที่เป็นแม่พิมพ์สำหรับการขึ้นรูปและห่อตามลำดับ เมื่อฟิล์มห่อตัวเป็นรูปทรงกระบอกแล้วเครื่องจะทำการปิดผนึกในแนวตั้งเพื่อผสานการห่อฟิล์มให้มีลักษณะที่ทับกัน และทำการปิดผนึกในแนวนอนครั้งที่ 1 สำหรับรองรับน้ำนมที่ปล่อยจากถังเก็บมายังถุงนมตามปริมาณที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นจะทำการปิดผนึกในแนวนอนเป็นครั้งที่ 2 เพื่อปิดถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์มิให้รั่วและมีอากาศจากภายนอกซึมเข้าไปได้ ปัญหาของถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์ที่เกิดการรั่วซึมสามารถกำหนดหลักเกณฑ์ในการสำรวจและเก็บข้อมูลประเด็นปัญหาดังประกอบด้วยจำนวนถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์ที่รั่วซึมขณะทำการผลิต ลักษณะการรั่วซึมว่าพบในแนวใดของการปิดผนึกเครื่องจักรจากสายการผลิตใดที่ทำให้เกิดการรั่วซึม มูลค่าความเสียหายหลังจากกระบวนการสำรวจและเก็บข้อมูลปัญหาการรั่วซึมของถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์ ดังตารางที่ 3.1



ภาพประกอบที่ 3.1 ลักษณะการปิดผนึกด้วยกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลการรั่วซึมของถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์

ลักษณะรอยรั่ว	จากการปิดผนึกในแนวตั้ง	จากการปิดผนึกแนวนอน
อัตราคิดเป็น เปอร์เซ็นต์	5.17	94.82

ที่มา: โรงงานที่ทำการวิจัยเดือนมกราคม, 2549

สรุปหัวข้อปัญหา

1. ถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์ที่รั่วซึมขณะทำการผลิต
2. ไม่ทราบสาเหตุการรั่วซึมและพบในบริเวณใดของถุงนม
3. เครื่องจักรจากสายการผลิตใดที่ทำให้เกิดการรั่วซึม
4. มูลค่าความเสียหาย

3.2 การวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง

Futase (1997) ได้อภิปรายความแข็งแรงต่อการดึงที่เกิดขึ้นบริเวณรอยผนึกแบบความร้อนซึ่งพบว่าเป็นจุดที่เกิดความเสียหายได้ง่ายเพื่อที่จะศึกษาผลกระทบของความหนาของชั้นผนึกและวัสดุผนึกที่มีต่อความแข็งแรงต่อการดึงของรอยผนึก ทั้งอุณหภูมิ และอัตราการให้แรงดัน ดังนั้นจึงเลือกที่จะศึกษาระดับของความร้อนที่มีผลต่อความแข็งแรงการปิดผนึกโดยระดับของความร้อนในการปิดผนึกประกอบด้วย

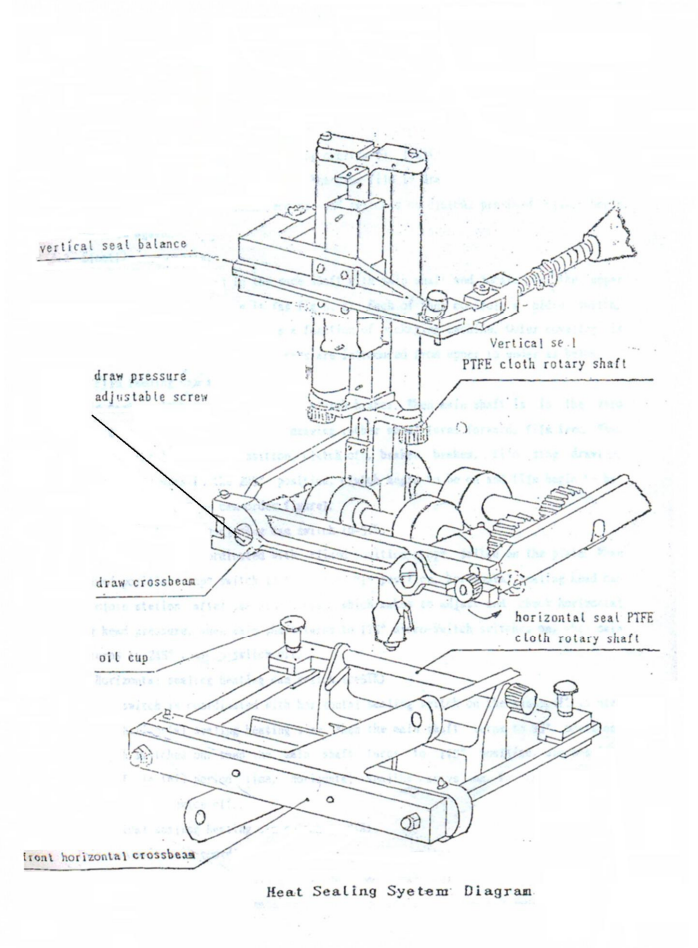
1. ระดับของค่าพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายผ่านขดลวดนิโครม
2. ค่าอุณหภูมิความร้อนของขดลวดนิโครมขณะปิดผนึกและตัดฟิล์มพลาสติก

ฉะนั้นการที่จะทราบความร้อนในการปิดผนึกจึงต้องทำการวัดอุณหภูมิความร้อนออกมาเป็นองศาเซลเซียสแล้วนำไปออกแบบการทดลอง

Quintin และคณะ (2004) รายงานว่า โครงสร้างฟิล์มแบบหลายชั้นสำหรับเครื่องขึ้นรูป บรรจุและผนึกถุงความเร็วสูงโครงสร้างประกอบด้วยชั้นผนึกหนึ่งชั้นซึ่งมีเรซินผสมโละเป็นองค์ประกอบและชั้นหลักซึ่งมีโคโพลิเมอร์เอทีลีนและชั้นของสารอื่นอีกหนึ่งชั้นเป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้ความหนาของโครงสร้างอยู่ระหว่าง 50 ถึง 70 ไมครอนพบว่าฟิล์มพลาสติกในโรงงานที่ทำการทดลองเป็นแบบโพลีเอทีลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) มีการนำเข้า

ฟิล์มพลาสติกจากผู้ผลิตหลายบริษัท จึงต้องการทราบว่าฟิล์มพลาสติกที่ดีในการปิดผนึกถุงนมควรมีสมบัติเป็นอย่างไร

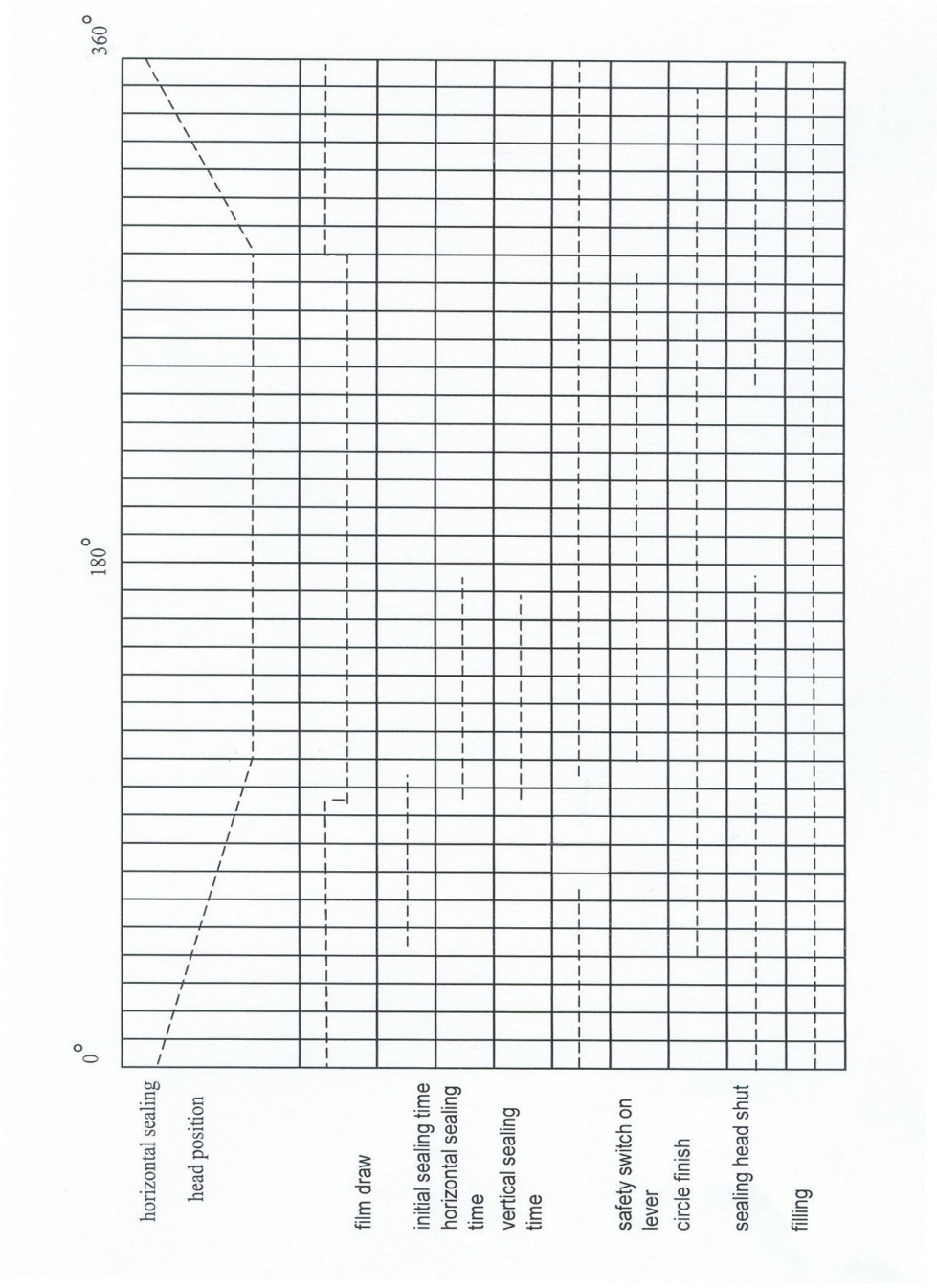
เมื่อพิจารณารูปแบบการทำงานในขั้นตอนปิดผนึกพบว่าจะมีลักษณะใช้ลูกเบี้ยว (Cam) เป็นกลไกลในการกดอัดและปิดผนึกถุงนมซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันในคาบเวลาเดียวกันเป็นต้น ดังนั้นจึงต้องศึกษาขั้นตอนและเวลาในการทำงานของลูกเบี้ยว (Profile) เพื่อที่จะทราบระดับของปัจจัยที่เกี่ยวข้องและคาดว่ามีผลต่อความแข็งแรงการปิดผนึกถุงนม แล้วนำไปออกแบบการทดลองต่อไป



ภาพประกอบที่ 3.2 แบบส่วนประกอบเครื่องจักรปิดผนึก

ที่มา: Ningbo Food Equipment General Factory

ตารางที่ 3.2 การทำงานของลูกเบี้ยวในสภาวะต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับมุมลูกเบี้ยว



จากตารางที่ 3.2 นำไปวิเคราะห์และคำนวณหาแรงในการกดอัด เวลาในการกดอัด ความเร็วในการผลิต ก่อนทำการวิเคราะห์ได้วัดความเร็วของลูกเบี้ยวในการหมุน 1 รอบ ได้อัตราเร็วคือ 75.4 รอบต่อนาที (rpm) จะสามารถปิดผนึกถุงนมได้ 33 ถุงต่อนาที อัตราเร็ว 91.4 รอบต่อนาที สามารถปิดผนึกถุงนมได้ 40 ถุงต่อนาที และที่อัตราเร็ว 98.2 รอบต่อนาที จะสามารถปิดผนึกถุงนมได้ 43 ถุงต่อนาทีเมื่อวิเคราะห์ลูกเบี้ยวจะได้เวลาสภาวะต่างๆเป็นขนาดของมุมดังนี้

จาก ลูกเบี้ยวหมุน 1 รอบ = 360° (องศา)

เวลากดอัดแนวตั้ง (Vertical sealing time) = 75°

เวลากดอัดแนวนอน (Horizontal sealing time) = 80°

เวลาในการบรรจุเสร็จสมบูรณ์ (Filling) = 360°

จากการใช้เครื่องมือเครื่องวัดความเร็วรอบด้วยแสง (Photo Tachometer) พบว่าในการหมุน 1 รอบ ณ. ความเร็ว 75.4 รอบต่อนาที ลูกเบี้ยวจะใช้เวลา 0.76 วินาที และสรุปคาบเวลาที่สำคัญได้ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากดอัดและอัตราผลิต

สถานะ	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	อัตราผลิตที่ได้ (ถุงต่อนาที)
1.เวลาที่ใช้ในการกดอัดแนวตั้ง	75.4	0.15	33
	91.4	0.13	40
	98.24	0.12	43
2.เวลาที่ใช้ในการกดอัดแนวนอน	75.4	0.16	33
	91.4	0.14	40
	98.24	0.13	43
3.เวลาในการบรรจุเสร็จสมบูรณ์	75.4	0.76	33
	91.4	0.66	40
	98.24	0.61	43

เนื่องจากการทำงานของลูกเบี้ยวในแต่ละขั้นตอนจะขึ้นอยู่กับความเร็วของเพลาที่คอยขับลูกเบี้ยวอันมาจากมอเตอร์ไฟฟ้า การที่จะกำหนดให้เวลากดอัดเป็นไปตามต้องการจึงต้องเปลี่ยนไปเป็นการกำหนดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์แทน และได้กำหนดเวลาที่ใช้ใน 3 ขั้นตอนคือ เวลากดอัดแนวตั้ง แนวนอน และเวลาในการบรรจุเสร็จสมบูรณ์ ให้อยู่ในค่าอัตราการผลิตซึ่งควบคุมได้จากมอเตอร์

3.3 การออกแบบการทดลอง

3.3.1 การทดลองเบื้องต้น เพื่อกำจัดปัจจัยที่ไม่น่าจะส่งผลต่อความแข็งแรงการปิดผนึกถุงตามหลักทางสถิติแบบแฟคทอเรียล ประกอบด้วย 3 ปัจจัยในการควบคุมได้แก่ อัตราการผลิต (Production Rate) ระดับอุณหภูมิในการปิดผนึก (Temperature) สปริงที่ใช้รับแรงกดอัด(Force) กำหนดค่าเงื่อนไขของตัวแปรไว้ที่ 2 ระดับคือค่าต่ำและค่าสูงที่ผลิตอยู่เป็นประจำโดยอัตราการผลิตอยู่ในระดับ 33 ถุงต่อนาที และ 40 ถุงต่อนาทีและจากการวิเคราะห์การเกิดปัญหารั่วซึมตารางที่ 3.1 พบว่ารอยปิดผนึกแนวนอนมีอัตราการรั่วซึมสูงจึงเลือกที่จะศึกษาเวลากดอัดในแนวนอนเป็นสำคัญ ระดับอุณหภูมิอยู่ในระดับเฉลี่ย 77 องศาเซลเซียส และ 87 องศาเซลเซียส สปริงรับแรงกดอัดอยู่ในระดับประมาณ 2400 นิวตันต่อเมตร และ 2700 นิวตันต่อเมตร ทำซ้ำจำนวน 2 ครั้ง ในการทดลองแต่ละเงื่อนไขจะทำการชักสิ่งตัวอย่างจำนวน 10 ถุงโดยที่จะใช้เวลา 10 วินาทีต่อการชักสิ่งตัวอย่าง 1 ถุง มีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้คือฟิล์มพลาสติกจะทำการกำหนดให้เป็น 2 บล็อกคือบล็อกฟิล์มพลาสติกจากบริษัท A และบล็อกฟิล์มพลาสติกจากบริษัท B โดยใช้โปรแกรม MINITAB เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ (กิติศักดิ์, 2545)

ตารางที่ 3.4 สภาวะการทดลองเบื้องต้นและผลการทดลอง

สภาวะที่	Blocks	ระดับอุณหภูมิ	สปริง	เวลากดอัดแนวนอน	อัตราผลิต
		(°C)	(N/m)	(วินาที)	(Bag/min)
1	1	87	2400	0.14	40
2	1	77	2700	0.14	40
3	1	87	2700	0.16	33
4	1	87	2400	0.16	33
5	1	87	2700	0.14	40
6	1	77	2400	0.16	33
7	1	77	2400	0.14	40
8	1	77	2700	0.16	33
9	2	87	2700	0.14	40
10	2	77	2700	0.14	40
11	2	87	2700	0.16	33
12	2	77	2700	0.16	33
13	2	77	2400	0.14	40
14	2	87	2400	0.16	33
15	2	77	2400	0.16	33
16	2	87	2400	0.14	40

3.3.2 การทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม หลังจากที่ได้ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อความแข็งแรงของการปิดผนึกถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์แล้ว จะทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมจากปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์โดยกำหนดระดับปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของถุง 5 ระดับ ทำซ้ำสภาวะละ 3 ครั้ง ทำการทดลองแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way ANOVA)

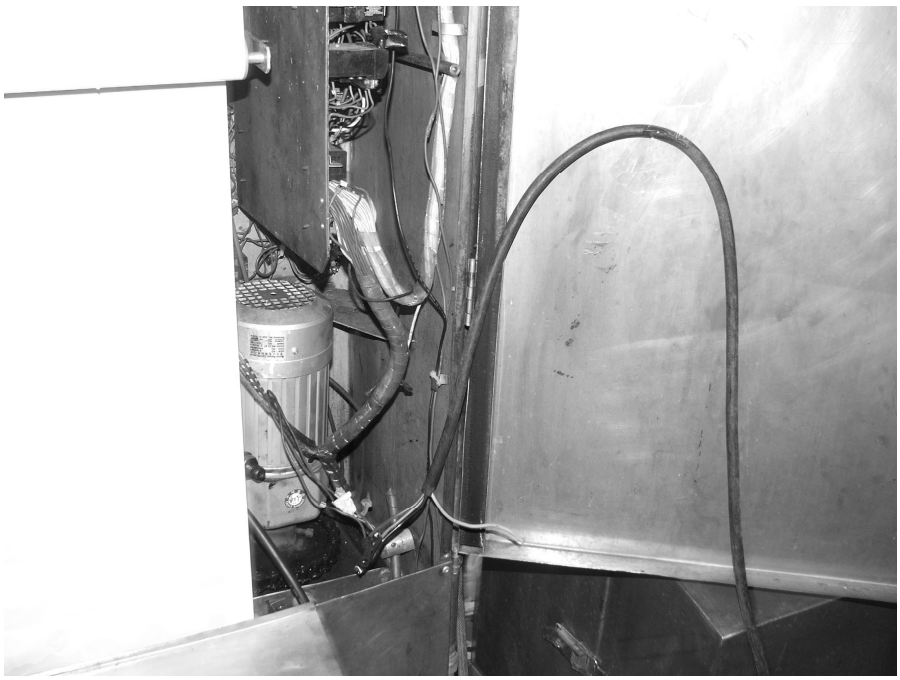
3.3.3 การทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลอง เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมแล้วจะนำไปใช้ในการผลิตจริงเพื่อเปรียบเทียบกับสภาวะการทำงานในปัจจุบัน

3.4 การเตรียมอุปกรณ์การทดลอง

1. ถุงนมตัวอย่างทำจากพลาสติกฟิล์มชนิดโพลีเอทีลีน การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ตามกระบวนการผลิตนมสดพาสเจอร์ไรซ์ใช้น้ำที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นวัตถุดิบในการบรรจุแทนที่น้ำนมดิบเพื่อความสะดวกในการทดลองโดยที่ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำนมดิบจะอยู่ในระดับ 1.30 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ และจะใช้พลาสติกฟิล์มจากบริษัทผู้ผลิตสองรายเพื่อเป็นการบล็อกวัตถุดิบ จากนั้นจะดำเนินการติดตั้ง ดังภาพประกอบที่ 3.3

ภาพประกอบที่ 3.3 การติดตั้งฟิล์มพลาสติก

2. ติดตั้งเครื่องเพิ่มความเร็วให้กับมอเตอร์ (Inverter) ดังภาพประกอบที่ 3.4 เนื่องจากการทำงานในลักษณะเดิมของมอเตอร์เฟืองเกียร์จะอยู่ในระดับคงที่ ทำให้อัตราผลิตมีระดับเดียวตามไปด้วยคือ 33 ถุง/นาที ฉะนั้นเมื่อต้องการเพิ่มอัตราการผลิตจึงต้องติดตั้งเครื่องมือที่มาช่วยเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ให้สูงขึ้นกว่าเดิม โดยที่การทำงานส่วนต่างยังทำงานได้ปกติแบบเดิม เพียงแต่อัตราความเร็วของมอเตอร์ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อัตราผลิตเพิ่มขึ้นตามอยู่ในระดับที่ต้องการ

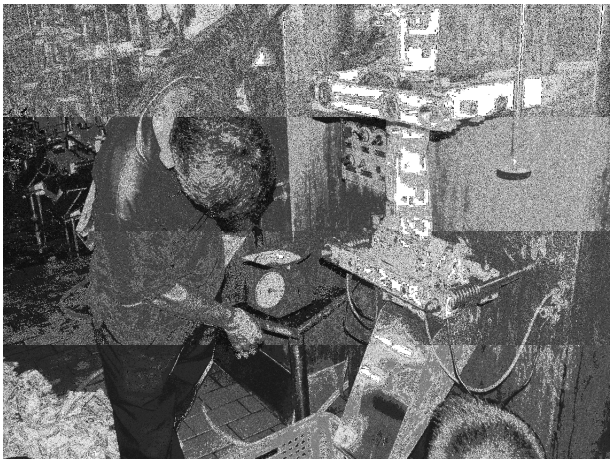


ภาพประกอบที่ 3.4 การต่อ Inverter เข้ากับ Motor

3. ตั้งค่าความถี่ไว้ที่ระดับ 65 Hz ก็จะได้อัตราผลิตที่ระดับ 43 ถุง/นาที หากต้องการให้มีอัตราที่สูงกว่านี้ควรตรวจสอบสมบัติของมอเตอร์ด้วยว่าสามารถต้านทานต่อความถี่เพิ่มขึ้นได้ในระดับเท่าใด มิเช่นนั้นแล้วอาจเกิดความเสียหายต่อมอเตอร์นั้นได้ ขั้นตอนนี้จึงควรกระทำด้วยความระมัดระวัง ดังภาพประกอบที่ 3.5

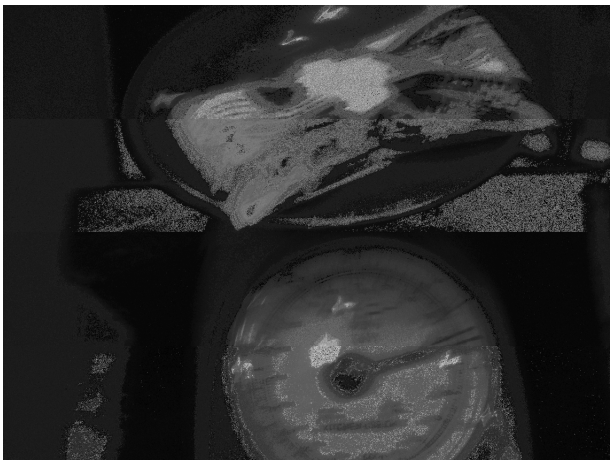
ภาพประกอบที่ 3.5 การปรับความถี่ของ Inverter

4. ปรับค่าน้ำหนักของน้ำที่จะทำการบรรจุให้อยู่ที่ขนาด 150 ซีซี ตามมาตรฐานของนมโรงเรียนทั่วไป ดังภาพประกอบที่ 3.6



ภาพประกอบที่ 3.6 การปรับน้ำหนักในการบรรจุนมสด

5. นำถุงนมมาชั่งเพื่อตรวจสอบว่าน้ำหนักเป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าพบว่ายังไม่เป็นไปตามกำหนดก็จะกลับไปปรับจนได้ค่าที่ต้องการ จึงจะทำการเดินเครื่องจักรผลิตแบบเต็มรูปแบบ ดังภาพประกอบที่ 3.7



ภาพประกอบที่ 3.7 การชั่งตรวจสอบน้ำหนัก

6. ทำการเดินเครื่องจักรเพื่อทำการผลิต โดยจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจากเงื่อนไขที่กำหนดเป็นตัวแทนของล็อต (lot) จำนวน 10 ถุงต่อ 1 เงื่อนไข ดังภาพประกอบที่ 3.8

ภาพประกอบที่ 3.8 การเก็บตัวอย่าง

7. เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่างแต่ละเงื่อนไขและจะทำการเปลี่ยนเงื่อนไขถัดไป ระหว่างนั้นก็จะวัดระดับอุณหภูมิเพื่อตรวจสอบว่าอยู่ในระดับที่ควบคุมไว้หรือไม่ไปด้วยเพื่อให้ค่าระดับอุณหภูมิอยู่ในระดับที่คงที่ก่อนทำการผลิตและเก็บตัวอย่างต่อไป ดังภาพประกอบที่ 3.9

ภาพประกอบที่ 3.9 การตรวจวัดระดับอุณหภูมิในการปิดผนึก

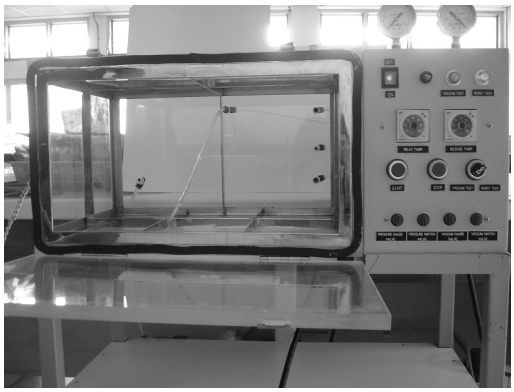
8. จัดเก็บถุงนมตัวอย่างที่ได้จากการบรรจุแต่ละเงื่อนไขใส่ถุงติดเบอร์ตามลำดับที่ได้กำหนดไว้ และนำไปวางในตะกร้าเพื่อเก็บเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมงในห้องเก็บนม ดังภาพประกอบที่ 3.10 และ 3.11

ภาพประกอบที่ 3.10 การเก็บตัวอย่างในตะกร้า

ภาพประกอบที่ 3.11 การนำถุงนมไปเก็บในห้องเย็น

3.5 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของถุงบรรจุด้วยเครื่องมือ Burst test

เมื่อครบตามกำหนดในการจัดเก็บถุงนมสดพาสเจอร์ไรซ์ตัวอย่างเป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วจะนำถุงนมตัวอย่างไปทดลองในขั้นตอนการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของรอยปิดผนึกด้วยเครื่อง Burst Test ดังภาพประกอบที่ 3.12



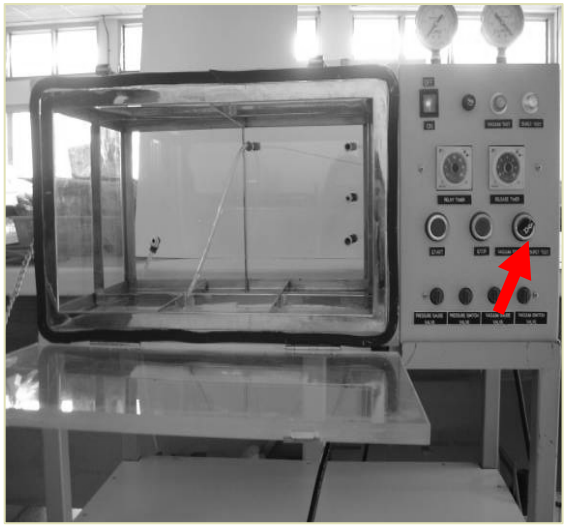
ภาพประกอบที่ 3.12 เครื่อง Burst Test

ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงรอยปิดผนึกถุงสดพาสเจอร์ไรซ์ด้วยเครื่อง Burst Test

1. ติดตั้งปั๊มลมเข้ากับเครื่อง Burst Test สำหรับป้อนแรงดันให้กับตัวเครื่อง ดังภาพประกอบที่ 3.13

ภาพประกอบที่ 3.13 เครื่องปั๊มลมเพื่อให้แรงดันแก่เครื่อง Burst Test

2. เลือกโหมดการทำงานของเครื่องไปที่ตำแหน่ง Burst เนื่องจากเครื่องสามารถทำงานร่วมกับระบบ ดูด (Vacuum) ได้จึงมีการกำหนดโหมดการทำงานได้ทั้งสองระบบ คือระบบป้อนแรงดันและ Vacuum ดังภาพประกอบที่ 3.14

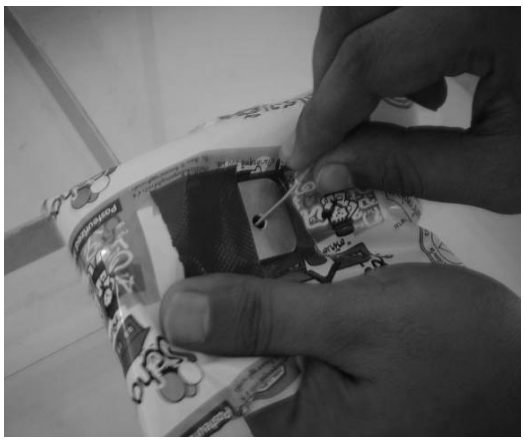


ภาพประกอบที่ 3.14 การเลือกฟังก์ชั่นการทำงาน

3. นำถุงนมตัวอย่างมาติดเทปกาวและระบุตำแหน่ง (Marking) สำหรับการเจาะเข็มป้อนแรงดันเข้าไป การติดเทปกาวจะช่วยให้เวลาสอดเข็มเข้าไปทำให้แรงดันไม่รั่วซึมบริเวณรูเข็มที่เจาะ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการอ่านค่าแรงดันที่เที่ยงตรงมากขึ้น ดังภาพประกอบที่ 3.15

ภาพประกอบที่ 3.15 การเตรียมถุงนมก่อนทดสอบ

4. ทำการเจาะเข็มป้อนแรงดันกับถุงนมตัวอย่างตรงตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยทำด้วยความระมัดระวังเพื่อมิให้เข็มแทงทะลุไปยังผิววัสดุด้านล่าง ดังภาพประกอบที่ 3.16



ภาพประกอบที่ 3.16 การเจาะถุงนมเพื่อป้อนแรงดันเข้าไป

5. นำถุงนมตัวอย่างไปใส่ในแผ่นความคุมการขยายตัว โดยจะปรับขนาดความกว้างให้พอดีกับขนาดของถุงนมคือ 28.2 มิลลิเมตร และทำการปิดฝาให้เรียบสนิท จากนั้นจึงทำการกดปุ่ม Start เพื่อให้เครื่อง Burst Test ทำงาน ดังภาพประกอบที่ 3.17 และ 3.18

ภาพประกอบที่ 3.17 การปิดฝาเครื่องก่อนทำการกดปุ่มทดสอบ

ภาพประกอบที่ 3.18 มุมมองจากด้านบนของถุงนมเมื่ออยู่ในเครื่อง Burst Test

5.1 เมื่อกดปุ่ม Start แล้วเครื่องจะปล่อยแรงดันเข้าไปในถุงนมด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถุงนมเกิดการระเบิดหรือรั่วซึม จึงทำการกดปุ่ม หยุด (Stop) ดังภาพประกอบที่ 3.19

ภาพประกอบที่ 3.19 การโป่งตัวของถุงนมเมื่อเครื่องป้อนแรงดัน

6. ลักษณะการแตกและรั่วซึมของถุงนมตัวอย่างจะมี 2 ลักษณะ คือ

1. เป็นการแตกบริเวณด้านผิววัสดุ การแตกในลักษณะนี้แสดงให้เห็นว่า รอยปิดผนึกแข็งแรงกว่าผิววัสดุดังแสดงในภาพประกอบที่ 3.20

2. ตามภาพประกอบที่ 3.21 เป็นการแตกและรั่วซึมบริเวณแนวรอยปิดผนึก การเกิดลักษณะแบบนี้แสดงให้เห็นว่ารอยปิดผนึกมีความแข็งแรงน้อยกว่าผิววัสดุด้านอื่น และมีค่าแรงดันที่ต่ำกว่าแบบที่1

ภาพประกอบที่ 3.20 การแตกแบบที่ 1

ภาพประกอบที่ 3.21 การแตกแบบที่ 2

7. หลังจากนั้นจะอ่านค่าที่หน้าปัดมาตรวัด (Pressure Gage) ว่ามีค่าแรงดันสุดท้ายก่อนที่ถุงนมจะระเบิดและแรงดันบนหน้าปัดจะลดลงเป็นเท่าใดแล้วจึงนำไปบันทึกเป็นข้อมูล ดังภาพประกอบที่ 3.22 และ 3.23

ภาพประกอบที่ 3.22 หน้าปัดมาตรวัดขณะค่าความดันสูงสุด

ภาพประกอบที่ 3.23 ถุงนมขณะเกิดการรั่วซึม