การลดของเสียในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์ชนิดถุง

น.ส.เกษธนา ลือกิจนา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Defective Reduction in Pasteurized Milk Packing Process

Miss Kestana Luekitna

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์ชนิดถุง
โดย	น.ส.เกษธนา ลือกิจนา
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกษธนา ลือกิจนา : การลดของเสียในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์ชนิดถุง. (Defective Reduction in Pasteurized Milk Packing Process) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์โดยการลดสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดและปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด ในการดำเนินงานได้ใช้หลักการซิกซ์ ซิกมาในการปรับปรุงกระบวนการเริ่มจากการศึกษาสภาพปัญหา จากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลาและใช้การออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน การออกแบบพื้นผิวผลตอบสนองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF และการวิเคราะห์การถดถอยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสมบูรณ์ในการซีลปริมาตรในการบรรจุและปัจจัยที่มีนัยสำคัญ ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่อาจทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดพบว่า ปัจจัยที่มีนัยสำคัญได้แก่ ระดับความร้อนในการซีลแนวนอนและระดับเวลาในการซีล ซึ่งควรปรับตั้งที่ระดับ 5 และระดับ 4 ตามลำดับ และได้ศึกษาปัจจัยที่อาจทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด พบว่าปัจจัยที่มีนัยสำคัญได้แก่ เวลาในการบรรจุและองศาหัวจ่ายน้ำนม ซึ่งควรปรับตั้งที่ระดับ 39และ 126 องศาตามลำดับ โดยสามารถลดสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดลงจากร้อยละ 0.9 ของปริมาณการผลิตเหลือร้อยละ 0 และสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทปริมาตรไม่ถึงที่กาหนดลดลงจากร้อยละ 0.63 ของปริมาณการผลิตเหลือร้อยละ 0.04

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2564 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6170118721 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Pasteurized Milk Packing Process, Six sigma, Box-Behnken Design, Face-Centered Central Composite Design, Seal not sticking, Under-filled Volume, Fishbone Diagram, Cause and effect matrix

Kestana Luekitna : Defective Reduction in Pasteurized Milk Packing Process. Advisor: Asst. Prof. Napassavong Osothsilp, Ph.D.

The objective of this research was to improve the Pasteurized Milk Packing Process by reducing the defective rate from the seal not sticking defect and the under-filled volume defect. The Six Sigma approach was employed to make the improvement. Fishbone Diagram, Box-Behnken design, Face-Centered Central Composite Design, and Regression analysis were used to find the relationship between the seal score, the filled volume, and the significant factors. This research studied the factors that may affect the seal not sticking problem, It was found that significant factors were the horizontal sealing heat level and the sealing time, which should be set at levels 5 and 4, respectively. Regarding the under-filled volume problem, the filling time and the angle of the dispenser were studied and found that the filling time should be set at level 39, and the angle of the dispenser should be set at 126 degrees. After improvement, it was found that the defective rate regarding seal not sticking defect was reduced from 0.9 percent to 0.39 percent, and the defective rate regarding under-filled volume defect was reduced from 0.63 percent to 0.04 percent.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Industrial Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2021 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องด้วยความกรุณาจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งให้คำแนะนำและความช่วยเหลือรวมถึงให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์ไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวีธรรมาภรณ์พิลาศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์กรรมการสอบวิทยานิพนธ์และรองศาสตราจารย์ดำรง ทวีแสงสกุลไทย กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสผู้วิจัยเข้าไปทำการศึกษาวิจัยรวมทั้งให้ความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดีตลอดจนคณะทำงานที่คอยให้ความช่วยเหลือคำแนะนำต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ส่งเสริมการศึกษาและให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์รวมทั้งขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานวิจัยทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงมา ณ ที่นี้ด้วย

เกษธนา ลือกิจนา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 11

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 11

1.2 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของสหกรณ์ที่ศึกษา 12

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย 14

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 14

1.5 ผลที่ได้รับ 14

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ 14

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย 15

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

2.1 ทฤษฎีซิกซ์ ซิกม่า 16

2.2 กระบวนการแปรรูปนมพาสเจอไรซ์และเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการ 18

2.3 การควบคุมคุณภาพ 23

2.4 ทฤษฎีและเครื่องมือทางสถิติในการวิเคราะห์กระบวนการ 25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34
บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย 38
3.1 จัดตั้งทีมงาน 38
3.2 ศึกษากระบวนการทำงานในการบรรจุนมพาสเจอไรซ์ 38
3.3 กำหนดขนาดตัวอย่างในการเก็บข้อมูล 41
3.4 การวิเคราะห์หาปัจจัยนำเข้า 41
3.5 ดำเนินการปรับปรุง 53
3.6 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง 59
3.7 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 59
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 60
4.1 การปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องซีลไม่ติด 60
4.2 การปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด 64
4.3 การควบคุมกระบวนการหลังปรับปรุง 69
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 71
5.1 การปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องซีลไม่ติด 71
5.2 การปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด 71
5.3 ข้อจำกัดของการวิจัย 72
5.4 ข้อเสนอแนะ 72
บรรณานุกรม 73
ประวัติผู้เขียน 74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ระยะเวลาในการทำงานวิจัย 15
ตารางที่ 2 แสดงระดับของซิกมา 17
ตารางที่ 3 ผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อของเสีย 44
ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลกระทบของปัจจัย 46
ตารางที่ 5 การประเมินคะแนนความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติด 46
ตารางที่ 6 การประเมินคะแนนความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียจากข้อบกพร่องประเภทปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด 47
ตารางที่ 7 ปัจจัยที่นำไปศึกษาต่อและไม่นำไปศึกษาต่อและเหตุผลในการคัดเลือกปัจจัย 49
ตารางที่ 8 ปัจจัยที่นำไปศึกษาต่อและแนวทางการปรับปรุงแก้ไข 52
ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้คะแนนความสมบูรณ์ของการซีล 53
ตารางที่ 10 สัญลักษณ์และระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 54
ตารางที่ 11 การคำนวณต้นทุนการผลิตที่ระดับปริมาตรน้ำนมต่างๆ 56
ตารางที่ 12 สัญลักษณ์และระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 57
ตารางที่ 13 ค่าคะแนนความสมบูรณ์ในการซีลเปรียบเทียบที่สองทางเลือกของระดับปัจจัย 63
ตารางที่ 14 ค่าที่เหมาะสมของเวลาในการบรรจุและองศาหัวจ่ายน้ำนม 68
ตารางที่ 15 ผลการปรับปรุงปริมาตรในการบรรจุ 68
ตารางที่ 16 แผนควบคุมการผลิตนมพาสเจอร์ไรซ์ 70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ขั้นตอนการแปรรูปนมพาสเจอไรซ์ 19

รูปที่ 2 เครื่องจักรและกระบวนการทำงานการผลิตนมพาสเจอไรซ์ 22

รูปที่ 3 เครื่องบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์ชนิดถุง 23

รูปที่ 4 แผนภูมิพาเรโต 26

รูปที่ 5 การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา 27

รูปที่ 6 แบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบ 28

รูปที่ 7 เรโซลูชันได้จากการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล 30

รูปที่ 8 จุดที่ตัวแปรตอบสนองมีค่าสูงที่สุด 31

รูปที่ 9 จุดที่ตัวแปรตอบสนองมีค่าต่ำที่สุด 32

รูปที่ 10 จุดที่ตัวแปรตอบสนองอยู่ในระดับที่ต้องการ 32

รูปที่ 11 การออกแบบพื้นผิวตอบสนองแบบส่วนประสมกลาง 33

รูปที่ 12 การออกแบบพื้นผิวตอบสนองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF 33

รูปที่ 13 การออกแบบพื้นผิวตอบสนองแบบส่วนประสมกลางแบบบ๊อกซ์-เบห์นเคน 34

รูปที่ 14 สัดส่วนของเสียตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2561 - เดือนมิถุนายน 2562 38

รูปที่ 15 กราฟแสดงจำนวนของเสียในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์แยกตามประเภทข้อบกพร่อง 39

รูปที่ 16 แผนผังกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา 40

รูปที่ 17 แผนผังก้างปลาของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อของเสียจากซีลไม่ติด 42

รูปที่ 18 แผนผังก้างปลาของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อของเสียจากปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด 43

รูปที่ 19 กราฟพาเรโตแสดงคะแนนปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสีย 48

รูปที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องซีลไม่ติด 60

Chulalongkorn University

รูปที่ 21 กราฟแสดงส่วนตกค้างของตัวแปรตอบสนองความสมบูรณ์ในการซีล..... 61
รูปที่ 22 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติของตัวแปรตอบสนองความสมบูรณ์ในการซีล..... 61
รูปที่ 23 กราฟพื้นผิวตอบสนองของปัจจัยระดับความร้อนในการซีลแนวนอน (Horizontal) และระดับเวลาในการซีล (Time)..... 62
รูปที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด..... 65
รูปที่ 25 กราฟแสดงส่วนตกค้างของตัวแปรตอบสนองปริมาตรในการบรรจุ..... 66
รูปที่ 26 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติของตัวแปรตอบสนองปริมาตรในการบรรจุ..... 66
รูปที่ 27 กราฟพื้นผิวตอบสนองของปัจจัยเวลาในการบรรจุ (Time) และองศาหัวจ่ายน้ำนม (Angle) 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการแปรรูปน้ำนมดิบในประเทศไทย ถือเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางที่มีความสำคัญกับการประกอบอาชีพฟาร์มโคนมภายในประเทศและอุตสาหกรรมแปรรูปน้ำนมดิบยังเป็นอุตสาหกรรมต้นทางที่เข้าถึงภาคครัวเรือนส่งผลต่อคุณภาพชีวิตและรายได้ของคนในประเทศโดยตรง โดยอุตสาหกรรมฟาร์มโคนมในประเทศไทยในปัจจุบันมีปริมาณน้ำนมดิบสูงถึง 1291.12 พันตันต่อปี [1] โดยมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากผู้เลี้ยงโคนมได้รับผลตอบแทนที่น่าพึงพอใจการประกอบอาชีพจากมาตรการรับซื้อน้ำนมดิบตามคุณภาพนมทำให้ผู้เลี้ยงมีการปรับปรุงคุณภาพการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิต ทำให้ผู้ประกอบการในการแปรรูปน้ำนมดิบเล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิตเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจและรองรับน้ำนมดิบที่เพิ่มขึ้น

ในอุตสาหกรรมการแปรรูปน้ำนมดิบนั้น มีกระบวนการแปรรูปได้หลายวิธี เช่น ผลิตภัณฑ์นมยู.เอช.ที ผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรซ์ ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และผลิตผลิตภัณฑ์นมโรงเรียนเป็นต้น โดยนมโรงเรียนในปัจจุบันเป็นโครงการพื้นฐานของเด็กไทยที่ภาครัฐกำหนดให้บริโภคเป็นประจำทุกวันที่เปิดทำการเรียนการสอนซึ่งเกิดขึ้นในปีพ.ศ.2535 สมัยนายชวน หลีกภัยเป็นนายกรัฐมนตรีได้กำหนดให้นักเรียนชั้นอนุบาลดื่มนมรวม 120 วันต่อปี จากนั้นเมื่อปี 2554 กำหนดให้นักเรียนชั้นอนุบาลถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดื่มนมเป็นจำนวน 260 วันต่อปี และในแนวทางการปฏิรูประบบบริหารจัดการโครงการอาหารเสริม(นม)โรงเรียน พบว่าในปีการศึกษา 2562 มีเด็กนักเรียนจำนวน 7,418,365 คน/วัน และมีปริมาณการใช้น้ำนมดิบสูงถึง 1,078.094 ตัน/วัน ในส่วนของสหกรณ์โคมนมกรณีศึกษานั้นเป็นสหกรณ์โคมนมที่ทำการแปรรูปน้ำนมดิบเป็นผลิตภัณฑ์ 4 ชนิดคือ นมพาสเจอร์ไรซ์ นมยู.เอช.ที ไอศกรีมนมสด และเครื่องดื่มนมสด มีกำลังการผลิตรวมสูงถึง 17,000 ตันต่อเดือน โดยผู้บริโภคหลักของสหกรณ์ฯ คือนักเรียนซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะพัฒนาเป็นกำลังของชาติ ทางสหกรณ์ฯ จึงให้ความสำคัญเกี่ยวกับคุณภาพและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เป็นหลักจึงมุ่งมั่นในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันภายในประเทศ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นพบว่า กระบวนการแปรรูปนมพาสเจอร์ไรซ์มีปริมาณการผลิตตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2561 - เดือนมิถุนายน 2562 สูงถึง 25,762,978 ถุง และมีของเสียสูงถึงประมาณ 484,344 ถุงหรือคิดเป็น 1.88 % โดยของเสียที่เกิดมากเป็นอันดับ 1 คือของเสียจากซีลไม่ติดซึ่งมีปริมาณของเสียสูงถึง 19,000 ถุงต่อเดือนหรือคิดเป็น 47.76% จากปริมาณของเสียทั้งหมด โดยของเสียประเภทนี้เป็น

ข้อบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการซีลถุงมีการรั่วเกิดขึ้น อีกทั้งยังเกิดของเสียจากปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดมากเป็นอันดับที่ 2 สูงถึงประมาณ 14,000 ถุงต่อเดือนหรือคิดเป็น 33.37% จากปริมาณของเสียทั้งหมด โดยของเสียประเภทนี้เกิดจากการบรรจุนมปริมาตรไม่ถึง 200 มิลลิลิตรต่อถุงแต่หากบรรจุนมปริมาตรเกิน 200 มิลลิลิตรต่อถุงทางสหกรณ์ฯ จะไม่นับเป็นของเสียถึงแม้จะก่อให้เกิดความสูญเสียอันไม่ก่อให้เกิดรายได้ต่อทางสหกรณ์ฯก็ตาม โดยของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง 2 ประเภทนี้มีปริมาณสูงถึง 33,000 ถุงต่อเดือนหรือคิดเป็น 81.13% จากปริมาณของเสียทั้งหมด

จึงจำเป็นที่จะต้องทำการปรับปรุงและควบคุมคุณภาพของกระบวนการแปรรูปนมพาสเจอร์ไรซ์ให้ดีขึ้น โดยแนวทางในการปรับปรุงมี 2 แนวทางคือ ปรับปรุงคุณภาพในการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์และควบคุมคุณภาพในการบรรจุ จากแนวทางดังกล่าว แนวทางแรกจะเป็นการปรับปรุงของเสียที่เกิดขึ้นทางการผลิตซึ่งมีปริมาณที่สูงส่งผลต่อต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุโดยพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการบรรจุ และอีกแนวทางเป็นการควบคุมคุณภาพในการบรรจุให้มีระบบควบคุมที่น่าเชื่อถือและง่ายต่อการปฏิบัติงานสร้างความมั่นใจในผลิตภัณฑ์ให้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลที่ตามมาจะทำให้ทางสหกรณ์ฯ สามารถลดต้นทุนในการแปรรูปลงได้เพื่อเป็นการเพิ่มรายได้จากเงินปันผลให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมภาคครัวเรือน อีกทั้งยังสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคมากขึ้นด้วย โดยในขอบเขตของงานวิจัยนี้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์ จากนั้นจึงทำการกำหนดวิธีการควบคุมคุณภาพให้กระบวนการ

1.2 ประวัติความเป็นมาและรายละเอียดของสหกรณ์ที่ศึกษา

สหกรณ์โคนมกรณีศึกษาก่อตั้งเมื่อปีพ.ศ. 2521 โดยผู้ว่าราชการจังหวัดซึ่งมีแนวคิดที่พัฒนาอาชีพให้เกษตรกรโดยเน้นหนักให้เกษตรกรเป็นผู้กำหนดราคาเองได้ โดยได้รับทุนสนับสนุนจากองค์การบริหารส่วนจังหวัด เป็นการรวมกลุ่มกันของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมเพื่อทำธุรกิจรวบรวมผลผลิตน้ำนมดิบและจำหน่ายผลิตภัณฑ์นมสดพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจะได้รับการสนับสนุนทางด้านพันธุ์โคนมจากกรมปศุสัตว์ หลังจากได้ดำเนินกิจการสหกรณ์มาได้มีผลประกอบการดีขึ้นโดยมีตลาดที่สำคัญคือ โครงการอาหารเสริม(นม)โรงเรียนและตลาดนมพาณิชย์ภายในจังหวัดภาคใต้ตอนกลางและ 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่าง จึงได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับสมาชิก เช่น นมยู.เอช.ที ไอศกรีมเป็นต้นปัจจุบันมีกำลังการผลิตนมพาสเจอร์ไรซ์และนมยู.เอช.ทีได้สูงสุดถึง 90 ตัน/วัน โดยในกระบวนการแปรรูปนมพาสเจอร์ไรซ์ของทางสหกรณ์กรณีศึกษานั้นจะประกอบด้วยกระบวนการผลิต 4 กระบวนการคือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. กระบวนการรับวัตถุดิบ
2. กระบวนการปรุงผสมนมพาสเจอร์ไรซ์
3. กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์และการรอบรรจุ
4. กระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.) กระบวนการรับวัตถุดิบ

ก่อนการผลิตทุกครั้งต้องทำการตรวจสอบคุณภาพนมดิบที่เก็บรักษาในถังเก็บนมดิบหรือในรถบรรทุกนมดิบทุกช่อง โดยทำการคำนวณปริมาณการผลิตและแยกปริมาณการผลิตนมให้เป็นรสต่าง ๆได้แก่ รสจืด รสจืดฟลูออไรส์ รสหวาน รสสตรอเบอร์รี รสกาแฟและรสช็อกโกแลต นมเปรี้ยวรสส้มและรสสับปะรด ตามลำดับ หลังจากนั้น พนักงานปรุงผสมจะทำการเบิกวัตถุดิบที่ใช้ในการปรุงผสมนมปรุงแต่ง ทุกชนิดเช่น น้ำตาลทราย ผงกาแฟ ผงโกโก้และสี เป็นต้น

2.) กระบวนการปรุงผสมนมพาสเจอร์ไรซ์

พนักงานปรุงผสมจะนำน้ำนมดิบที่ผ่านคุณภาพแล้วมาทำการปรุงผสมตามประเภทและชนิดของผลิตภัณฑ์นมโดยหลังจากปรุงผสมเสร็จต้องมีการตรวจสอบคุณภาพนมหลังการปรุงผสมอีกครั้งโดยพนักงานควบคุมคุณภาพ กรณีไม่ผ่านจะต้องทำการปรับส่วนผสมใหม่และแจ้งให้พนักงานปรุงผสมทำการปรุงผสมนมใหม่อีกครั้ง แต่หากผลการตรวจสอบผ่านจึงจะทำการพาสเจอร์ไรซ์นมในถังปรุงผสม

3.) กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์และการรอบรรจุ

ในการพาสเจอร์ไรซ์นมจะต้องทำการเตรียมเครื่องพาสเจอร์ไรส์ก่อน โดยให้มี เวลาและอุณหภูมิตามที่กำหนด แล้วจึงเริ่มทำการพาสเจอร์ไรซ์นมเรียงตามลำดับ คือ รสจืด รสจืดฟลูออไรด์ รสหวาน รสสตรอเบอร์รี รสกาแฟ รสช็อกโกแลต นมเปรี้ยวรสส้มและรสสัปปะรด เพื่อเป็นการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคที่มีอยู่ในนม โดยใช้อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 85-90 °C เป็นเวลานาน > 15 วินาทีและอุณหภูมินมออกจากชุดพาสเจอร์ไรส์ (นมเย็น) ต้อง ≤ 4 °C จากนั้นส่งนมไปพักยังถังพักรอบรรจุ

4.) กระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

เมื่อได้รับทราบปริมาณการผลิตนมพาสเจอร์ไรซ์แต่ละชนิด พนักงานควบคุมเครื่องบรรจุต้องเบิกฟิล์มนมและถุงหูหิ้วจากฝ่ายสโตร์ เตรียมเครื่องบรรจุถุงอัตโนมัติ เตรียมถังนม Reprocess ให้พร้อม จากนั้นจึงเริ่มทำการบรรจุนม รสจืด รสจืดฟลูออไรส์ สหวาน รสสตรอเบอร์รี

รสกาแฟ รสช็อกโก-แลต นมเปรี้ยวรสส้ม และรสสับปะรด ลงถุงขนาด 200 มิลลิลิตร แล้วจึงเก็บผลิตภัณฑ์ใส่ถุงหูหิ้ว ถุงละ 50 ซองและตะกร้าๆละ 50 ซอง จนครบ 6 - 8 ตะกร้า แล้วทำการนับผลิตภัณฑ์นำตะกร้าใส่ผลิตภัณฑ์เข้าเก็บในห้องเย็นโดยจัดเรียงตามระบบ First In First Out คือ นำตะกร้าที่จัดเรียงเสร็จก่อนเข้าเก็บด้านนอกห้องเย็น จากนั้นทำการจัดเรียงตะกร้าใส่ผลิตภัณฑ์แยกตามรสชาด และขนาดบรรจุของชนิดผลิตภัณฑ์ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่จัดเรียงเสร็จหลังนำเข้าเก็บด้านในห้องเย็น พร้อมแขวนป้ายแสดงสถานะที่หน้าแถวของตะกร้าที่จัดเรียงเรียบร้อยแล้วโดยอุณหภูมิภายในห้องเย็นที่ทำการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกิน 6 ℃ เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และระยะเวลาในการเก็บผลิตภัณฑ์ในห้องเย็นก่อนการจำหน่ายสู่ลูกค้าต้องไม่เกิน 3 วัน นับจากวันที่ผลิตเป็นวันแรก

ในงานวิจัยนี้จะครอบคลุมเฉพาะในส่วนของกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์เท่านั้น

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อปรับปรุงคุณภาพกระบวนการบรรจุนมพาสเจอไรซ์ให้มีของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดและปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดลดลง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาในส่วนของการปรับตั้งค่าเครื่องบรรจุนมชนิดถุง ใช้ระบบเติมนมแบบโน้มถ่วง

2. ศึกษาเฉพาะในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอไรซ์เท่านั้น

1.5 ผลที่ได้รับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. สมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีนัยสำคัญและตัวแปรตอบสนองที่เกี่ยวข้องกับสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องซีลไม่ติดและปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด

2. ค่าการปรับตั้งเครื่องจักรที่เหมาะสมในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอไรซ์

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถปรับปรุงของเสียให้มีปริมาณน้อยลงเมื่อเทียบกับปริมาณของเสียก่อนการปรับปรุง

2. เป็นแนวทางให้กับทางสหกรณ์ นำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรเครื่องอื่น ๆ ต่อไป

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1 ระยะเวลาในการทำงานวิจัย

ขั้นตอน	เดือน/ปี								
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1.ศึกษากระบวนการทำงานภายในสหกรณ์กรณีศึกษา									
2.การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นและกำหนดหัวข้องานวิจัย									
3.ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง									
4.การวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า									
5.การออกแบบการทดลอง									
6.การวิเคราะห์หาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสม									
7.การติดตามและควบคุมการทำงาน									
8.สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ									
9.จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์									

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินงานเพื่อปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอไรซ์จำเป็นต้องอาศัยทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัยและเป็นข้อมูลที่ต้องการศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ

2.1 ทฤษฎีซิกซ์ ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เป็นระบบการจัดการคุณภาพในองค์กรโดยมี Dr.Mikel Hary เป็นผู้ริเริ่มแนวคิดโดยในเริ่มต้นได้นำแนวคิดซิกซ์ ซิกม่ามาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ของบริษัทและกระจายแนวคิดนี้สู่บริษัทอื่น ๆภายในสหรัฐอเมริกาโดย Dr.Mikel Harry ได้กล่าวว่า “Six Sigma คือวิถีแห่งระบบคุณภาพแบบหลายมิติ อันประกอบด้วยรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน การจัดการที่ลงตัวและการตอบสนองตามหน้าที่ในองค์กร” ซิกซ์ ซิกม่าเป็นระบบที่ยอมให้มีของเสียในระบบได้เพียง 3.4ชิ้นต่อจำนวนการผลิตสินค้าล้านชิ้น เป็นระบบที่เน้นความร่วมมือของทุกคนภายในองค์กร เป็นการบริหารที่มุ่งเน้นการลดความผิดพลาด ลดความสูญเปล่า ลดการแก้ไขตัวชิ้นงานอีกทั้งยังสอนให้พนักงานในองค์กรดำเนินธุรกิจอย่างมีหลักการ ระบบซิกซ์ ซิกม่าเป็นระบบที่จะไม่พยายามแก้ไขปัญหาแต่เน้นการกำจัดปัญหา หรือที่เรียกว่า เป็นการรวมกันระหว่าง “อานุภาพแห่งคน (Power of people)”และ“อานุภาพแห่งกระบวนการ (Process Power)” มีเป้าหมายสูงสุดในการนำระบบซิกซ์ ซิกม่ามาใช้คือเพื่อสร้างรายได้ ลดค่าใช้จ่ายของบริษัทและนำไปสู่การสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า

ซิกซ์ ซิกม่า เป็นการประยุกต์ความรู้ทางด้านสถิติภายใต้สมมุติฐานที่ว่า 1) ทุกสิ่งทุกอย่าง คือกระบวนการ 2) กระบวนการทุกอย่างมีความแปรปรวนตลอดเวลา 3) การนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ทำเพื่อให้เข้าใจความแปรปรวนและนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการให้ดียิ่งขึ้น

Sigma หรือ S ในทางสถิติใช้แทนระดับความผันแปรของกระบวนการ โดยซิกซ์ ซิกม่า มีการนำความรู้ทางสถิติมาใช้ ซึ่งความหมายเชิงทฤษฎีซิกซ์ ซิกม่า คือความพยายามเพื่อลดความผันแปรของกระบวนการให้ความผันแปรทั้งหมดที่เกิดขึ้นอยู่ภายใต้ขีดจำกัดของข้อกำหนดด้านคุณภาพ โดยสมมุติให้ปรากฏการณ์ที่เกิดในระบบนั้นมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) โดยค่าเฉลี่ย (μ) ที่จุดกึ่งกลางของการกระจายตัวนั้นคือ ค่าที่ต้องการ ส่วน ซิกม่า คือ หนึ่งช่วงของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่วัดจากจุดกึ่งกลางดังกล่าว ซึ่งถ้าตัว ซิกซ์ ซิกม่า มีคาสูงหรือมีความผันแปรมากขึ้นเทาไรก็เปรียบเสมือนมีการเกิดข้อผิดพลาดน้อยลงเท่านั้น ซึ่งโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดตัวนี้เรียกว่า DPMO (Defects Per Million Opportunities) ซึ่งในแต่ละระดับจะให้ค่าดังนี้

ระดับซิกมา	ค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability)	DPMO
1.0	68.26894 %	314,310.507
2.0	95.44997 %	45,500.263
3.0	99.73002 %	2,699.796
4.0	99.99366 %	63.342
5.0	99.99994 %	0.573
6.0	99.99999 %	0.001

ตารางที่ 2 แสดงระดับของซิกมา

2.1.1 ขั้นตอนการทำงานของซิกซ์ ซิกม่า

Six Sigma Project เป็นโครงการที่จัดตั้งขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหา โดยต้องพิจารณาระดับปัญหาในปัจจุบันและศักยภาพที่จะเกิดประโยชน์จากการแก้ไขปัญหา ซึ่งทุกโครงการจะต้องดำเนินการผ่านขั้นตอนของซิกซ์ ซิกม่า หรือที่เรียกว่า D-M-A-I-C ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

D : Define คือ การกำหนดเป้าหมาย เป็นขั้นตอนการระบุและคัดเลือกหัวข้อเพื่อดำเนินโครงการ ซึ่งว่าถือเป็นส่วนที่ท้าทายและยากที่สุดสำหรับการทำโครงการ

M : Measure คือ การวัดความสามารถของกระบวนการที่เป็นจริงในปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ 1) รวบรวมข้อมูลสำหรับนำมาใช้ตรวจสอบและวัดปริมาณเพื่อเป็นข้อมูลสำคัญต่อการปรับปรุง 2) แยกแยะข้อเท็จจริงและตัวเลขเพื่อสันนิษฐานสาเหตุปัญหา

A : Analyze คือ การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาหลัก ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อระบุสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหา โดยจะเจาะลึกในรายละเอียดและวิเคราะห์ครอบคลุมถึงสิ่งต่าง ๆ ตามหลัก 4M1E คือ Man (คน), Machine (เครื่องจักร), Materials (วัตถุดิบ), Method (วิธีการ)และEnvironment (สิ่งแวดล้อม)

I : Improve คือ เป็นขั้นตอนการปรับปรุงโดยเน้นที่ต้นเหตุของปัญหา โดยมีการใช้เทคนิคการออกแบบทดลอง(Design of Experiment : DOE) ในการทดสอบผลลัพธ์เพื่อให้ผลลัพธ์ของกระบวนการเป็นไปตามต้องการ โดยการปรับตั้งค่าสภาวะต่าง ๆของกระบวนการให้เป็นไปตามความต้องการ

Chulalongkorn University

C : Control คือ เป็นขั้นตอนที่ต้องออกแบบกระบวนการควบคุมคุณภาพเพื่อควบคุมกระบวนการที่มีผลกระทบและติดตามเพื่อรักษากระบวนการที่ได้เปลี่ยนแปลงไว้ให้คงอยู่ อีกทั้งยังทำให้เกิดความมั่นใจว่ากระบวนการจะไม่กลับไปมีปัญหาแบบเดิมอีกครั้ง

2.1.2 โครงสร้างและหน้าที่รับผิดชอบของซิกซ์ ซิกม่าประกอบด้วย

1. Champion เป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบสูงสุดต่อผลสำเร็จในงานหรือผู้บริหารระดับสูง ทำหน้าที่สนับสนุนให้เป้าหมายของงานสำคัญประสบความสำเร็จ ผลักดันให้เกิดองค์การ ซิกซ์ ซิกม่า ติดตามความก้าวหน้าและเกิดการปรับปรุงองค์การอย่างต่อเนื่อง

2. Six Sigma Director มีหน้าที่นำและบริหารองค์การให้สำเร็จตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า เป็นผู้กำหนดแนวทางในการปฏิบัติและนโยบายการดำเนินงานของซิกซ์ ซิกม่า

3. Master Black Belt คือผู้ชำนาญการด้านเทคนิคในการทำงานและเครื่องมือสถิติเป็นอย่างดี สามารถถ่ายทอดความรู้และให้การอบรมเพื่อสร้างทีม Black Belt และ Green Belt ตลอดการปรับปรุงได้

4. Black Belt คือผู้บริหารโครงการและผู้ประสานงาน ทำหน้าที่เป็นหัวหน้าโครงการและบริหารลูกทีมข้ามสายงาน โน้มน้าวทีมงานและกระจายกลยุทธ์และนโยบายของบริษัทไปยังระดับปฏิบัติการ

5. Green Belt คือพนักงานที่ทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยของ Black Belt ในการทำงาน ทำหน้าที่นำวิธีการปรับปรุงตามหลัก Six Sigma ไปใช้ในโครงการและนำไปขยายผลใช้ในหน่วยงานของตน

6. Team Member คือสมาชิกในทีม เป็นตัวแทนของคนที่ทำงานในกระบวนการที่อยู่ในโครงการ

2.2 กระบวนการแปรรูปนมพาสเจอไรซ์และเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการ

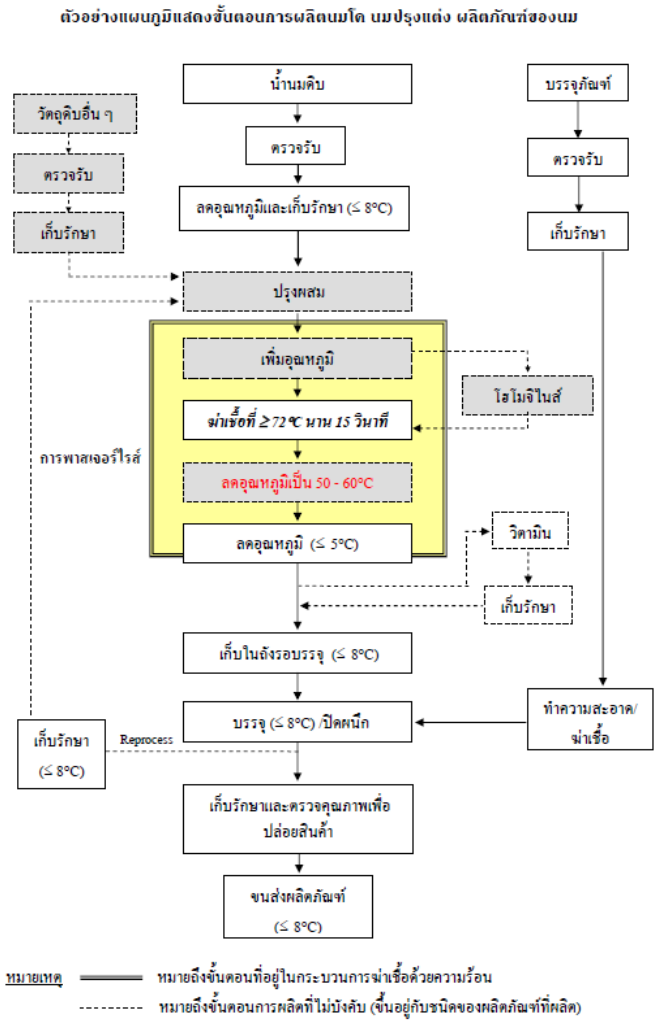
การแปรรูปนมพาสเจอไรซ์ คือ คือ การน้ำนมดิบไปผ่านการฆ่าเชื้อโดยใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียสเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 วินาทีจากนั้นจึงทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส [2] ซึ่งเป็นความร้อนที่ทำสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฟอสฟาเทส แต่ความร้อนที่ใช้ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ให้นมเสียได้ จึงทำให้นมพาสเจอร์ไรซ์สามารถเก็บได้เพียง 3-7 วัน ภายใต้อุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส

2.2.1 ขั้นตอนการผลิต

กระบวนการแปรรูปนมพาสเจอไรซ์นั้นมีความแตกต่างกันไปในแต่ละโรงงาน โดยขั้นตอนการแปรรูปในปกตินั้นน้ำนมดิบจะถูกรับเข้ามาเก็บไว้ในถังเก็บน้ำนมดิบหรือไซโล (Silo)ซึ่งน้ำนมดิบนั้นสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 72 ชั่วโมงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7.2 องศาเซลเซียสแต่ปกติจะเก็บกันที่อุณหภูมิประมาณ 4-8 องศาเซลเซียสจากนั้นน้ำนมดิบจะถูกทำการกรอง ปรุงผสม โฮโมจิไนส์ พาสเจอไรซ์และทำให้เย็นลง เมื่อนมถูกพาสเจอไรซ์และทำให้เย็นลงแล้วจะถูกเก็บในถังพักที่เพื่อรอการบรรจุต่อไป[3] โดยแสดงตามรูปที่ 3.2 ดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการแปรรูปนมพาสเจอไรซ์

2.2.2 เครื่องจักรที่ใช้ในการแปรรูปนมพาสเจอไรซ์

ในการแปรรูปนมพาสเจอไรซ์นั้นจะประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การรับน้ำนมดิบ การลดอุณหภูมิและการเก็บรักษาน้ำนมดิบ การปรุงผสม การฆ่าเชื้อหรือพาสเจอร์ไรส์ การบ่มหรือหมัก การเก็บรักษาเพื่อรอบรรจุ การบรรจุ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป และการขนส่ง ในที่นี้จะกล่าวถึงเครื่องจักร 2 ส่วนคือ เครื่องจักรในการพาสเจอไรซ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการบรรจุโดยจะมีเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องคือ

1. ถังควบคุมระดับ (Balance tank)

ทำหน้าที่เก็บรักษาน้ำนมดิบก่อนนำไปพาสเจอไรซ์เพื่อไม่ให้น้ำนมดิบที่บรรจุอยู่มีอุณภูมิสูงกว่าที่กำหนด

2. ปั๊มนมร้อน (Product feed pump)

ทำหน้าที่ปั๊มนมเพื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปนมพาสเจอไรซ์

3. อุปกรณ์ควบคุมปริมาณนม(Flow controller)

ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของน้ำนมดิบให้เหมาะสม

4. อุปกรณ์กำจัดอากาศในน้ำนม (Deaerator)

ทำหน้าที่กำจัดอากาศในน้ำนมดิบเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. เครื่องแยกนม (Separator)

ทำหน้าที่แยกน้ำนมดิบออกเป็น 2 ส่วนคือ นมพร่องมันเนยและครีมนม

6. วาล์วควบคุมความดัน (Constant pressure valve)

ทำหน้าที่ควบคุมความดันเพื่อทำงานให้สอดคล้องกับค่าที่กำหนด นิยมใช้ความดันในระดับ 1,800 Psi

7. Density transmitter

ทำหน้าที่วัดความหนาแน่นและความเข้มข้นของน้ำนมให้อยู่ในคุณภาพที่กำหนดโดยเป็นการวัดแบบเรียลไทม์

8. Flow transmitter

ทำหน้าที่วัดความอัตราการไหลของน้ำนมว่ามีอัตราการไหลที่เพียงพอต่อความต้องการในระบบหรือไม่

9. Regulating valve

เป็นอุปกรณ์ควบคุมการไหลของวาล์วมีหน้าที่ในการในการควบคุมแรงดันควบคุมการไหล ระดับ ฯลฯ

10. Shut-off valve

วาล์วควบคุมแบบ 2 ทิศทางแบบหนึ่ง ใช้สำหรับควบคุมการปิด-เปิดการไหล

11. Check valve

วาล์วกันกลับ คืออุปกรณ์ในระบบที่ทำหน้าที่ควบคุมให้น้ำไหลไปในทิศทางเดียว ป้องกันไม่ให้น้ำนมไหลย้อนกลับเมื่อปั๊มหยุดทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

12. เครื่องโฮโมจิไนส์ (Homogenizer)

ทำหน้าที่ให้ไขมันในน้ำนมแตกตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ กระจายอยู่ในน้ำนมอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด

13. Booster pump

เป็นปั๊มเสริมแรงดันทำหน้าที่เพิ่มและรักษาแรงดันในระบบให้คงที่อยู่เสมอ

14. ท่อคงอุณหภูมิ(Holding tube)

ทำหน้าที่คงอุณหภูมิของน้ำนมที่ไหลมาจากกระบวนการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่างน้ำนมดิบกับน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส

15. วาล์วควบคุมการไหล(Flow diversion valve)

ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของนมที่มีอุณภูมิเหมาะสมคือหากน้ำนมอุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดจะไหลผ่านไปได้ แต่หากไม่ถึงตามที่กำหนดจะถูกส่งไปถังควบคุมระดับเพื่อนำกลับมาพาสเจอไรซ์ใหม่อีกครั้ง

16. อุปกรณ์ลดอุณหภูมิชนิดแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน (Plate heat exchanger)

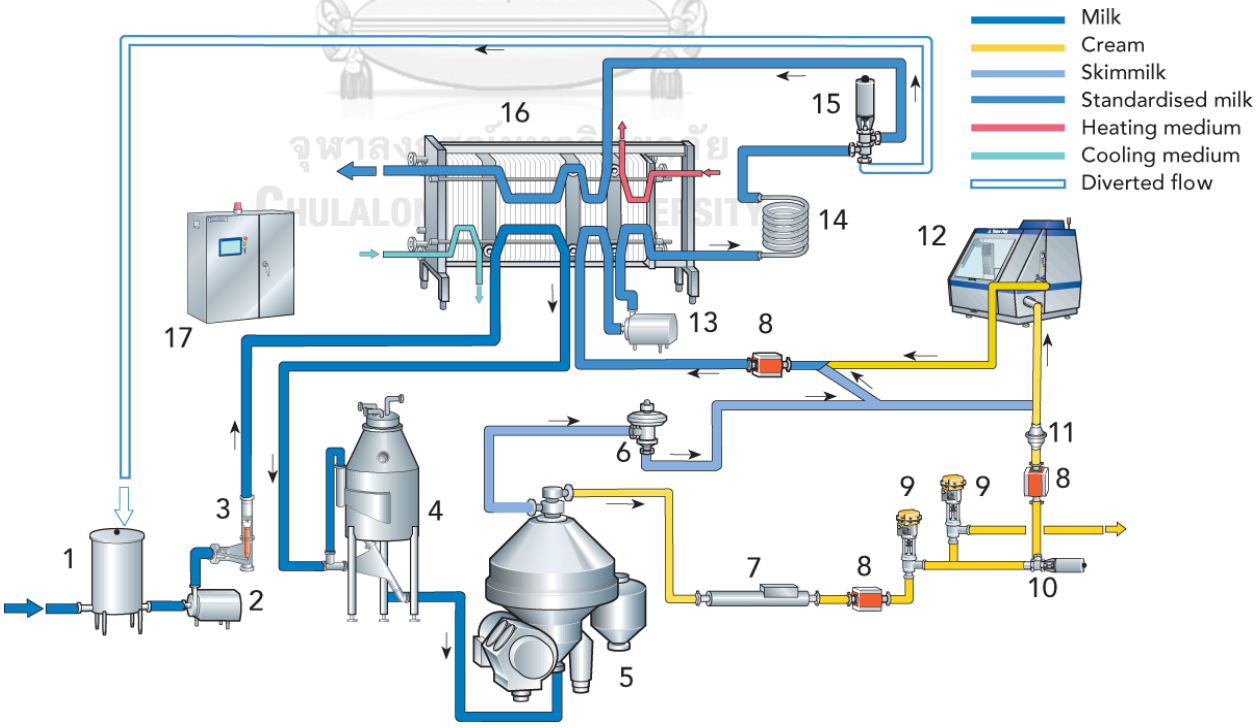
เป็นอุปกรณ์เพิ่มหรือลดอุณหภูมิชนิดแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งอาจเป็นน้ำร้อนหรือน้ำเย็นตามวิธีการจัดเรียงแผ่น Plate ให้สอดคล้องกับสายการผลิต

17. ตู้ควบคุมระบบการทำงาน (Process control)

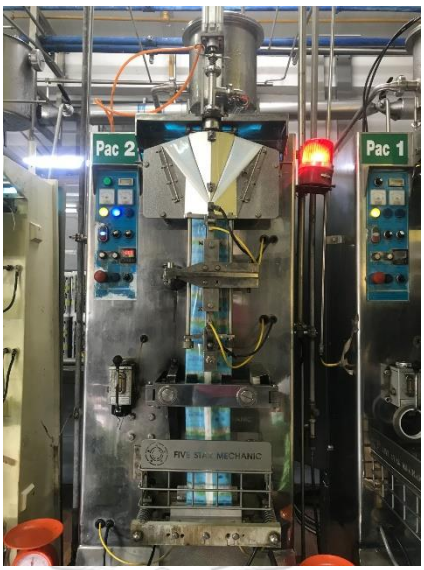
เป็นตู้ที่ใช้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานและการแสดงผลของระบบฆ่าเชื้อ

18. เครื่องบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์ชนิดถุง (Pasteurized Milk Pouch Type Packaging)

ทำหน้าที่บรรจุนมลงในบรรจุภัณฑ์แบบอัตโนมัติ



รูปที่ 2 เครื่องจักรและกระบวนการทำงานการผลิตนมพาสเจอไรซ์



รูปที่ 3 เครื่องบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์ชนิดถุง

2.3 การควบคุมคุณภาพ

2.3.1 ความหมายด้านคุณภาพ

Shewhart (1939) ได้ให้นิยามความหมายของคุณภาพว่าหมายถึงความดี (goodness) ของสิ่งที่สนใจโดย Shewhart ได้กำหนดคำนิยามของคุณภาพใน 2 ลักษณะคือ ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โดยธรรมชาติและผิดธรรมชาติ

Verma และ Boyer (2009) ได้ให้นิยามความหมายของคุณภาพว่าหมายถึง ความสามารถของสินค้าและบริการที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างต่อเนื่องหรือสามารถตอบสนองเกินความคาดหวังของลูกค้า

Deming (1943) ได้ให้นิยามความหมายของคุณภาพผ่านการควบคุมคุณภาพทางสถิติว่า คุณภาพคือ การออกแบบผลิตภัณฑ์และการผลิตให้ตรงตามแบบที่กาหนดเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยจะประกอบด้วย 2 ด้านคือ คุณภาพในการออกแบบและคุณภาพแห่งความถูกต้อง

2.3.2 กระบวนการควบคุมคุณภาพ

กระบวนการควบคุมคุณภาพนั้นจะให้ความสำคัญกับการกำหนดกิจกรรมที่จำเป็นและดำเนินการเพื่อให้เกิดความพึงพอใจต่อลูกค้า ซึ่งมุ่งเน้นให้กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มีประสิทธิผลอย่างมีประสิทธิภาพสูงที่สุด

Gryna (2001) และ De Feo and Barnard (2004) ได้สรุปถึงขั้นตอนหลัก ๆ ของกระบวนการควบคุมคุณภาพไว้ 6 ขั้นตอนคือ

1) การเลือกหัวข้อควบคุม (Control subject)

2) การกำหนดกระบวนการวัด

3) การกำหนดมาตรฐานของผลงาน ซึ่งอาจจะหมายถึงเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ หรือเป้าหมายของกระบวนการก็ได้

4) การวัดผลงานที่เกิดขึ้นจริง (actual performance)

5) การเปรียบเทียบผลงานที่เกิดขึ้นจริงกับมาตรฐานเพื่อการนิยามปัญหา

6) การปฏิบัติการแก้ไขกับปัญหา เพื่อให้ผลงานที่เกิดขึ้นจริงตรงตามมาตรฐานที่กำหนด

2.3.3 การตรวจสอบคุณภาพ

การตรวจสอบคุณภาพเป็นกระบวนการเพื่อจำแนกคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในการจัดการคุณภาพ ซึ่งมีจุดประสงค์สำคัญ 2 ประการคือ

1) เพื่อจำแนกคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำหรับการปฏิบัติการกับผลิตภัณฑ์

2) เพื่อสืบค้นสาเหตุจากกระบวนการที่ผลิตผลิตภัณฑ์สำหรับการป้องกันข้อบกพร่องในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.4 นิยามเกี่ยวกับคุณภาพสินค้า

1) ตำหนิ (Defect) คือ ความไม่ตรงตามความต้องการในการใช้งานที่มีความตั้งใจไว้หรือการคาดหวังที่สมเหตุสมผล

2) ข้อบกพร่อง (nonconforming) คือ ความไม่ตรงตามความต้องการที่ระบุ

3) ผลิตภัณฑ์บกพร่อง (nonconforming product) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยข้อบกพร่องอย่างน้อย 1 รายการ

4) ของเสีย (Defective) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยตาหนิอย่างน้อย 1 จุด

2.4 ทฤษฎีและเครื่องมือทางสถิติในการวิเคราะห์กระบวนการ

2.4.1 แผนภูมิพาเรโต้ (Pareto Chart)

แผนภูมิพาเรโต้ เป็นแผนภูมิที่ช่วยในการแยกแยะข้อมูลในรูปแบบของกราฟแท่ง โดยการเรียงลำดับจากมากไปน้อย โดยมีหลักการคือ หากข้อมูลที่เก็บมาได้มีความสเถียรภาพ (Stability) แล้ว ข้อมูลที่มีความสำคัญจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย และข้อมูลที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยมีจำนวนมาก (Vital Few, Trival Many) หรือหลักการ 80 – 20 ที่ค้นพบโดยชาวอิตาเลียนที่ว่า “ 80% ของรายได้ประชาติในประเทศยุโรป มาจากกลุ่มคนเพียง 20% ” โดยโครงสร้างของแผนภูมิพาเรโต้จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ

1) แกนแนวนอนใช้สาหรับแสดงประเภทของข้อมูลเช่นสาเหตุของความบกพร่องแผนกในหน่วยงานชื่อคนชื่อเครื่องจักรชื่อสถานที่เป็นต้น

2) แกนแนวตั้งด้านซ้ายใช้แสดงความถี่ค่าใช้จ่ายต้นทุนมูลค่าสินค้าคงคลังการสิ้นเปลืองน้ามันเป็นต้น

3) แกนแนวตั้งด้านขวาใช้แสดง% สะสมโดยมีจุดสูงสุดเท่ากับ 100% ซึ่งเท่ากับความถี่สะสมรวมของข้อมูล

ขั้นตอนการวาดแผนภูมิพาเรโต้มีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) วาดแกนแนวนอน (แกน X) และแกนแนวตั้ง (แกน Y)

2) วาดกราฟแท่ง

3) วาดร้อยละสะสมของข้อมูล

4) กำหนดจุดของร้อยละสะสมและลากเส้นเชื่อมต่อเรียงลำดับตามข้อมูล

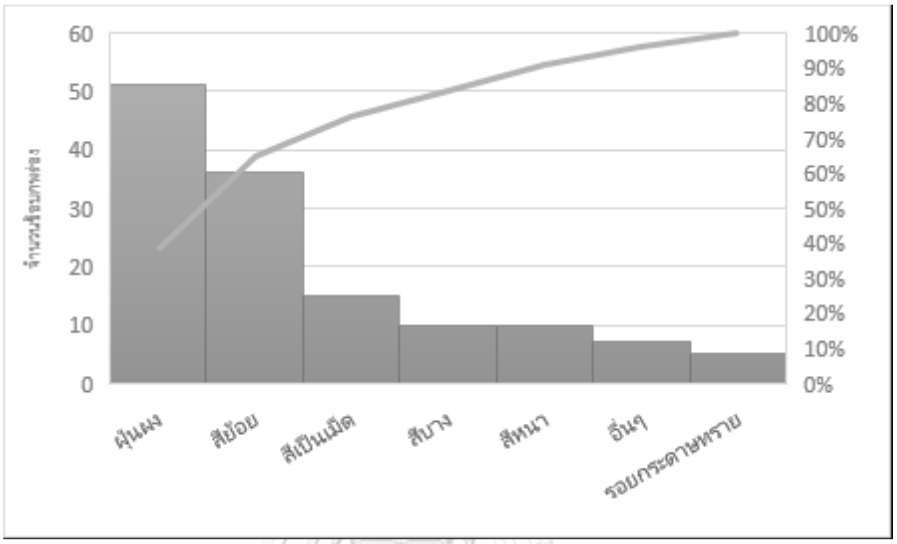
5) ทำการวิเคราะห์ได้จากแผนผังที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แผนภูมิพาเรโต้

1) ทราบเป้าหมายการปรับปรุงที่เป็นคาดหวังและเป้าหมายการปรับปรุงที่เป็นไปได้

2) ทราบเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

3) ทราบความสเถียรภาพ (Stable) ของกระบวนการ ว่าเป็นไปตามหลักการ 80–20 หรือไม่ ซึ่งหากไม่เป็นไปตามหลักการ ควรไปสร้างมาตรฐานการทางานให้พนักงานมีวิธีการปฏิบัติที่ถูกต้อง และเหมือนกันก่อน



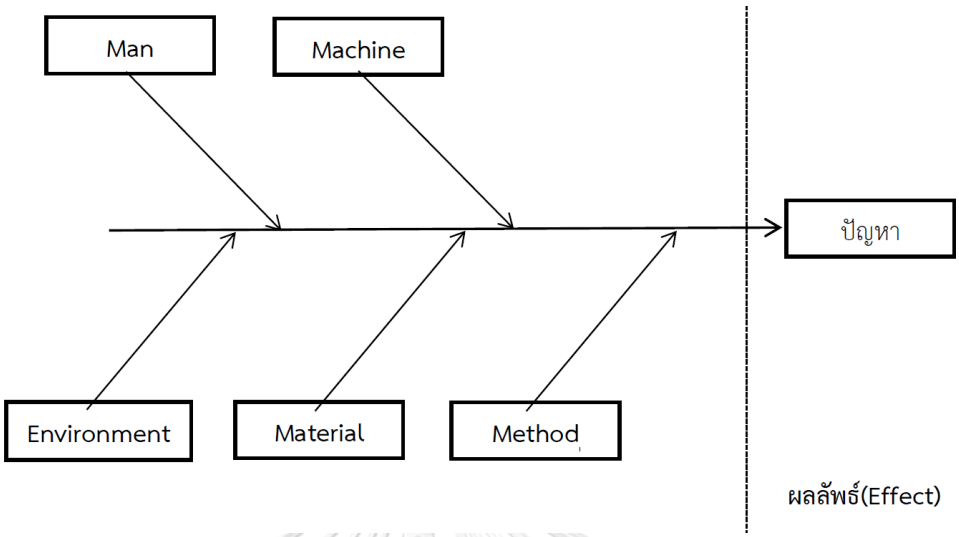
รูปที่ 4 แผนภูมิพาเรโต

2.4.2 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Analysis)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนผังแสดงเหตุและผลหรือที่มักเรียกว่าแผนภูมิก้างปลา(Fishbone diagram) ตามรูปแบบที่มองเห็นหรือแผนภูมิอิชิกาว่า ตามชื่อศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า(Kaoru Ishikawa) แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว ซึ่งเป็นผู้คิดค้นเทคนิคนี้ในปี ค.ศ. 1943 เป็นแผนภูมิที่แสดงรายการสาเหตุของปัญหาโดยสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ ของปัญหากับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการวิเคราะห์สิ่งที่สนใจโดยวิธีการระดมสมองซึ่งจะช่วยให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการแยกแยะ ตรวจสอบของปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา แผนภูมินี้จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) ส่วนปัญหา ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา 2) ส่วนสาเหตุ แสดงสาเหตุย่อยที่เกิดขึ้น ใช้เพื่อการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา จะแสดงอยู่ในส่วนของตัวปลา ส่วนในการกำหนดปัจจัยหรือสาเหตุของก้างปลานั้น เราสามารถกำหนดอะไรก็ได้ที่จะทำให้ เราสามารถแยกแยะสาเหตุของปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นเหตุผล โดยส่วนมากจะใช้ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัยซึ่งมาจาก Man คือ พนักงานหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง Machine คือ เครื่องมือ เครื่องจักร และ

อุปกรณ์ต่าง ๆ Material คือ วัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้ Method คือ กระบวนการหรือวิธีการทำงาน Environment คือ สถานที่ อาคาร แสงสว่างในการทำงาน



รูปที่ 5 การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา

2.4.3 การออกแบบการทดลอง [4]

การออกแบบการทดลอง(Design of Experiment: DOE) คือ เครื่องมือที่มีการนำตัวแปรที่เราสนใจมาทำการทดลองอย่างมีระบบและมีการควบคุมเพื่อดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนอง(Response)เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิระหรือปัจจัย(Factors)ว่ามีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่โดยมีหลักการพื้นฐานอยู่ 3 ข้อคือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. เรพลิเคชัน (Replication)

ในการออกแบบการทดลองได้มีการกำหนดให้มีการทำการทดลองซ้ำเพื่อประเมินความผิดพลาดในการทดลอง (Error term) โดยค่าความผิดพลาดจะถูกคำนวณจากความแตกต่างของข้อมูลที่ได้จากการทดลองว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ แต่ในบางกรณีอาจไม่ทำการทดลองซ้ำเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลาและงบประมาณ

2. แรนดอมไมเซชัน (Randomization)

การแรนดอมไมเซชัน (Randomization) คือการกำหนดลำดับในการทดลองและวัสดุที่ใช้ในการทำการทดลองให้เป็นไปแบบสุ่ม เพื่อป้องกันการเกิดกระบวนการเรียนรู้(Learning curve) ซึ่งจะทำให้การทดลองเกิดความผิดพลาดขึ้น อีกทั้งยังช่วยกำจัดตัวแปรรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้นในการทดลอง นอกจากนี้การทดลองแบบแรนดอมไมเซชันยัง

ทำให้สมมติฐานทางสถิติที่กำหนดว่าความผิดพลาดจะต้องเป็นตัวแปรสุ่มและมีการการกระจายอย่างอิสระเป็นจริง

3. บล็อกกิง (Blocking)

บล็อกกิง เป็นเทคนิคที่เพิ่มความเที่ยงตรงแก่การทดลองโดยการการกำหนดให้ส่วนหนึ่งของวัสดุในการทดลองมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน เช่น การกำหนดการทดลองมีเงื่อนไข ผู้หญิงทำงานดีกว่าผู้ชาย สำหรับการทดลองนี้จะสามารถใช้ข้อมูลจากทั้งผู้หญิงและผู้ชาย แต่ต้องใช้ข้อมูลจากผู้หญิงล้วนหรือชายล้วนเท่านั้น

ในการออกแบบการทดลองจะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ

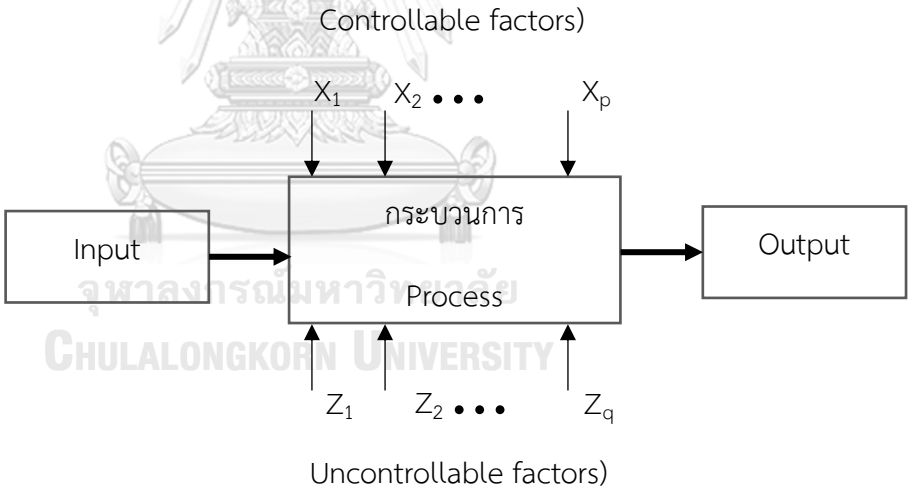
1. ตัวแปรตอบสนองหรือผลลัพธ์ (Output) คือ ตัวชี้วัดที่สนใจปรับปรุง

2. ตัวแปรอิระหรือปัจจัย(Factors) มี 2 ประเภท คือ

2.1 ตัวแปรที่สามารถควบคุมและกำหนดค่าได้ (Controllable factors)

2.2ตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrollable factors)

โดยสามารถแสดงกระบวนการได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

1. ระบุวัตถุประสงค์ในการทดลองหรือกำหนดหัวข้อปัญหา (Problem statement) โดยการกำหนดตัวแปรตอบสนองและปัจจัยที่ศึกษา รวมทั้งกำหนดว่าจะศึกษาเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของปัจจัย หรือศึกษาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย

2. ออกแบบทดลอง (Experiment design) เช่น การกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่าง วิธีการเลือกสิ่งตัวอย่าง วางแผนการทำการทดลอง วิธีการบันทึกผลการทดลอง และการกำหนดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เป็นต้น โดยในการเลือกแบบการทดลองนั้นจะพิจารณาจากคุณภาพของผลสรุปที่ได้จากการทดลอง ซึ่งสามารถดูความละเอียดของผลสรุปได้จากตารางความละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยมีระดับความละเอียดและความหมายดังนี้

- ระดับ Resolution III (R_{III}) เป็นระดับที่ต่ำที่สุดที่คนออกแบบจะเลือกใช้ เหมาะสำหรับการเริ่มต้น (Screening) กรณีที่มีจำนวน Factor มาก ๆ ไม่ควรนำ Model ใด ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ และจะต้องมีการคัดกรองเอา Main effect ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติบางตัวออก และควรมีการออกแบบการทดลองอีกรอบ ที่มี Resolution มากกว่า R_{III} โดยระดับนี้ผลกระทบหลักจะไม่ปะปนกับผลกระทบหลักของปัจจัยอื่น ๆ แต่จะปะปนกับผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย
- ระดับ Resolution IV (R_{IV}) เป็นระดับที่ดีปานกลางที่คนออกแบบควรจะเลือกใช้ สามารถนำ Model ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการพยากรณ์ หรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการตามผลการวิเคราะห์ได้ โดยระดับนี้ผลกระทบหลักจะไม่ปะปนกับผลกระทบหลักของปัจจัยอื่น ๆ และผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย แต่ผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัยจะปะปนกันเอง
- ระดับ Resolution V (R_V) เป็นระดับที่ดีที่สุดที่คนออกแบบควรจะเลือกใช้ แต่ก็ต้องใช้ทรัพยากรมากกว่าระดับอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะ จะมีจำนวน Run มาก นั่นเอง โดยระดับนี้ผลกระทบหลักจะไม่ปะปนกับผลกระทบหลักของปัจจัยอื่น ๆ และผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย รวมถึงผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัยจะไม่ปะปนกันเอง แต่ผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัยจะปะปนนกับผลกระทบร่วมระหว่าง 3 ปัจจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Available Factorial Designs (with Resolution)

	Factors													
Run	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	Full	III												
8		Full	IV	III	III	III								
16			Full	V	IV	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III
32				Full	VI	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
64					Full	VII	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
128						Full	VIII	VI	V	V	IV	IV	IV	IV

Available Resolution III Plackett-Burman Designs

รูปที่ 7 เรโซลูชันได้จากการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล

3. ดำเนินการทดลอง (Perform the Experiment) ให้เป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้

4. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) โดยปกติ DOE จะใช้ ANOVA ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นผู้วิเคราะห์ก็ต้องเข้าใจเงื่อนไข ของ ANOVA

5. หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างเทอมของปัจจัยมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อตัวแปรตอบสนองและหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัย

7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ประเภทของการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

1. การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design)

เป็นการศึกษาถึงผลของปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป โดยเป็นการทดลองที่พิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่างเช่น กรณี 2 ปัจจัย ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ในจำนวนการทดลอง 1 เรพลิเคต (Replicate) จะประกอบด้วยการทดลองจำนวนทั้งหมด ab การทดลอง

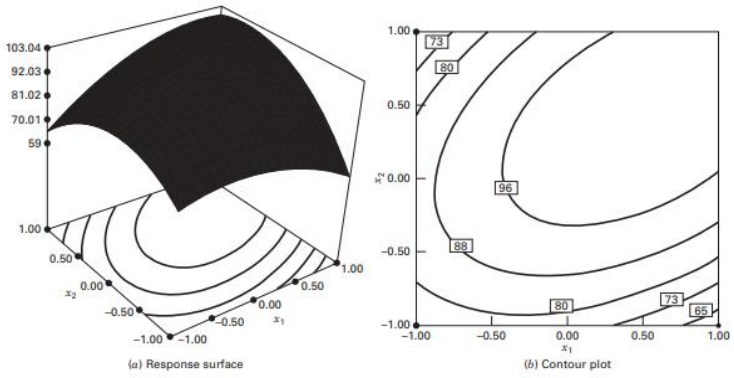
ผลที่เกิดจากการทดลองมี 2 ประการ คือ ผลกระทบหลัก (Main effect) และผลกระทบร่วม (Interaction effect) โดยที่ผลกระทบหลักคือผลจากปัจจัยที่สนใจโดยทำการเฉลี่ยออก (Average out) จากปัจจัยอื่น ๆ ให้หมด ซึ่งหมายความว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบสนอง (Response) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระดับปัจจัยเท่านั้น นั่นคือ ในการทดลองหนึ่งความแตกต่างของผลตอบสนองที่เกิดขึ้นกับระดับต่าง ๆ ของปัจจัย

หนึ่งจะมีค่าไม่เท่ากันที่ระดับอื่น ๆ ทั้งหมดของปัจจัย แสดงว่าผลของปัจจัยหนึ่งจะขึ้นอยู่กับอีกปัจจัยหนึ่ง โดยมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงปัจจัยการทดลอง 3 ลักษณะ คือ

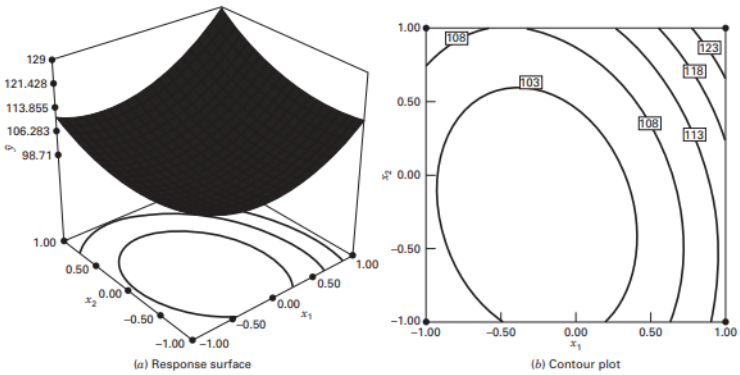
- Linear Effect จะเกิดในกรณีที่ปัจจัยมี 2 ระดับ และมี 1 ปัจจัย โดยทั่วไปจะเกิด Effect นี้ในการทดลองประมาณ 70% ของ Effect ทั้งหมดที่เกิดขึ้น
- Interaction Effect จะเกิดกรณีที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไปจะเกิดได้โดยทั่วในระบบการทดลองใด ๆ จะเกิดขึ้นประมาณ 10-20% ของ Effect ทั้งหมดที่เกิดขึ้น
- Quadratic Effect จะเกิดกรณีที่มีปัจจัยตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไป โดยจะเกิดเป็นลักษณะ Curve โดยทั่วไปในระบบการทดลองใด ๆ จะเกิดขึ้นประมาณ 5-15% ของ Effect ทั้งหมดที่เกิดขึ้น

2. การออกแบบพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Design)

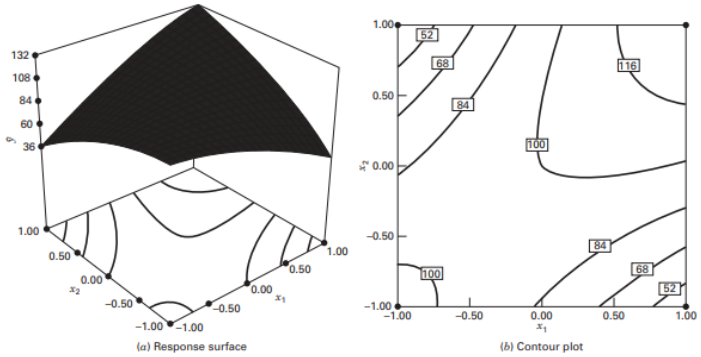
เป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติที่เป็นประโยชน์ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ปัญหาซึ่งแสดงผลตอบสนองต่อผลจากตัวแปรต่าง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาจุดหรือความเหมาะสมต่อผลนั้นโดยการออกแบบการทดลองประเภทนี้จะถูกทำการทดลองที่มากกว่า 2 ระดับ เพราะจะทำให้สามารถเห็นจุดที่ตัวแปรตอบสนองมีค่าสูงที่สุด ค่าต่ำที่สุด หรืออยู่ในระดับที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 8, 9 และ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 8 จุดที่ตัวแปรตอบสนองมีค่าสูงที่สุด



รูปที่ 9 จุดที่ตัวแปรตอบสนองมีค่าต่ำที่สุด



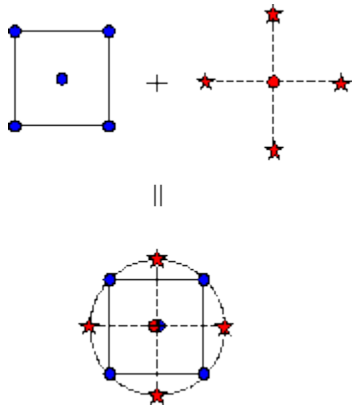
รูปที่ 10 จุดที่ตัวแปรตอบสนองอยู่ในระดับที่ต้องการ

การออกแบบพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Design) สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบได้แก่

1. การออกแบบพื้นผิวผลตอบสนองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design)

เป็นการออกแบบการทดลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่เมื่อตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเพิ่มหรือลดค่าตัวแปรอื่นอาจเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรง ทำให้ต้องมีการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง (quadratic relationship) ดังแสดงในรูปที่ 11

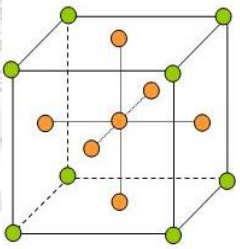
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 11 การออกแบบพื้นผิวตอบสนองแบบส่วนประสมกลาง

2. การออกแบบพื้นผิวผลตอบสนองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF (Face-Centered Central Composite Design)

เป็นการออกแบบการทดลองที่พัฒนามาจากการออกแบบพื้นผิวผลตอบสนองแบบส่วนประสมกลางการออกแบบการทดลองนี้จะกำหนดค่า α = 1 ทำให้สามารถทดลองกับระดับปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดให้เท่ากับค่า α ได้



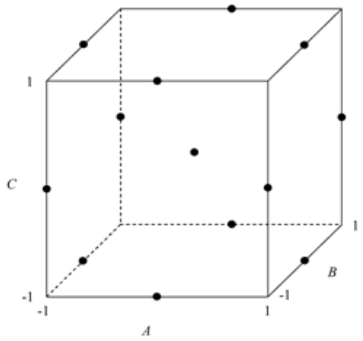
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 12 การออกแบบพื้นผิวตอบสนองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF

3. การออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนองแบบบ๊อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design)

เป็นการออกแบบการทดลองสำหรับ 3 ปัจจัยขึ้นไปโดยแต่ละปัจจัยจะถูกทดสอบที่ 3 ระดับโดยใช้หลักการของ 2 แฟกทอเรียลเต็มรูปแบบผนวกกับการออกแบบบล๊อคไม่สมบูรณ์รวมเข้าไปโดยหลักการออกแบบแผนการทดลองจะกำหนดให้พารามิเตอร์ 2 ตัว อยู่ในรูปรหัส คือ +1 หรือ -1 ส่วนพารามิเตอร์ที่เหลือจะกำหนดให้เป็น 0 การออกแบบการทดลองแบบนี้จะไม่ได้รวมจุดใด ๆ ที่เป็นจุด

ยอดของลูกบาศก์ที่สร้างจากขีดจำกัดบนและล่างของแต่ละตัวแปรไว้ ทำให้ไม่มีการทดลองในสภาวะที่รวมของปัจจัยที่ระระดับสูง



รูปที่ 13 การออกแบบพื้นผิวตอบสนองแบบส่วนประสมกลางแบบบ๊อกซ์-เบห์นเคน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการซีล

Das & Chowdhury [5] ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติการซีลของฟิล์มภายในห้องปฏิบัติการโดยการทดสอบที่อุณหภูมิ 85-166 องศาเซลเซียสโดยอุณภูมิที่สามารถซีลได้คือ 100 - 166 องศาเซลเซียสแต่หากซีลที่อุณภูมิสูงกว่า 130 องศาเซลเซียสรอยซีลจะมีรอยไหม้เกรียม แต่หากเป็นวัสดุประเภท SPI-PVA blend films อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 180 – 230 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังพบว่าอุณภูมิที่ใช้ในการซีลส่งผลต่อความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์โดยหากซีลที่อุณภูมิต่ำกว่า 143 องศาเซลเซียส บรรจุภัณฑ์ที่ได้จะไม่มีความแข็งแรงแต่หากซีลที่อุณภูมิมากกว่า 144 องศาเซลเซียสบรรจุภัณฑ์จะมีความแข็งแรงที่ดีโดยจะแข็งแรงสุดที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส โดยเวลาที่เหมาะสมในการซีลคือ 1-3 วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Morris [6] กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการซีลนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักคือ 1.กระบวนการซีล และ 2.บรรจุภัณฑ์และการออกแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการซีล ประกอบด้วยปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 5 ปัจจัยคือ

1.1 เวลาในการซีล (Drewtime) เนื่องจากการซีลนั้นเป็นการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ด้วยความร้อนโดยการหลอมเหลวของวัตถุ 2 ชนิดดังนั้นเวลาและอุณหภูมิจังเป็นปัจจัยพื้นฐานที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของ

การซีล โดย 2 ปัจจัยนี้มีความสัมพันธ์ในเชิงผกผันกันกล่าวคือ หากใช้เวลาในการซีลน้อยจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นโดยทั้งนี้เวลาในการซีลจะมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วของเครื่อง

1.2 อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิในการซีลเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการซีลเนื่องจากทำให้วัตถุที่นำมาทำการซีลเกิดการหลอมเหลว แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่มากเกินไปอาจส่งผลให้บรรจุภัณฑ์เกิดการละลายและหดตัว อีกทั้งอุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมอขณะทำการซีลจะส่งผลต่อความแข็งแรงของซีลอย่างมีนัยสำคัญ

1.3 แรงกด (Pressure) ในการซีลนั้นจำเป็นต้องใช้แรงกดขณะทำการซีลเพื่อให้เนื้อบรรจุภัณฑ์สัมผัสและยึดติดกันได้แต่แรงกดที่มากเกินไปอาจส่งผลให้แนวที่ทำการซีลเกิดการบีบตัวและไม่สามารถปิดผนึกได้ ดังนั้นในการซีลจำเป็นต้องใช้แรงกดที่พอดีเพื่อให้การซีลมีประสิทธิภาพ

1.4 การออกแบบแท่นซีล (Seal Bar Design) ลักษณะแท่นซีลส่งผลต่อประสิทธิภาพของการซีลกล่าวคือหาแท่นซีลยาวขึ้นก็เหมือนกับการเพิ่มความยาวในการซีลให้มากขึ้นและหากแท่นซีลมีความกว้างมากขึ้นก็จะช่วยป้องกันการหดตัวของบรรจุภัณฑ์ได้ดีขึ้นแต่ก็ส่งผลให้ต้นทุนมากขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งแท่นซีลที่ให้ความร้อนเพียงแค่ด้านเดียวก็อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของการซีลเนื่องจากการทำความร้อนด้านเดียวลงบนวัสดุพิมพ์ที่หนาเกินไปจะทำให้ใช้เวลาในการซีลมากขึ้น

1.5 การปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ (Product Contamination) ในขณะที่ทำการซีลหลังจากบรรจุผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้วอาจมีผลิตภัณฑ์มาแทรกอยู่ระหว่างชั้นบรรจุภัณฑ์ที่ทำการซีลส่งผลต่อความแปรปรวนของอุณหภูมิที่ใช้ในการซีลอาจทำให้ประสิทธิภาพในการซีลลดลง การเพิ่มแรงกดเป็นการแก้ปัญหาปัญหานี้แต่อย่างไรก็ตามแรงกดที่มากเกินไปอาจก่อให้เกิดปัญหาตามที่กล่าวไว้ข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. บรรจุภัณฑ์และการออกแบบ ประกอบด้วยปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 5 ปัจจัยคือ

2.1 ความหนาของบรรจุภัณฑ์ (Film Thickness) เวลาในการซีลนั้นมีมีความสำพันธ์เป็นกำลัง 2 ของความหนากล่าวคือหากบรรจุภัณฑ์มีความหนามากขึ้นให้ใช้เวลาในการซีลมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นกระบวนการที่มีอัตราเร็วสูงจำเป็นต้องใช้ความหนาของบรรจุภัณฑ์ที่พอดี

2.2 การเคลือบบรรจุภัณฑ์ (Sealant Resin) ในบางบรรจุภัณฑ์จะมีการเคลือบ Semicrystalline polymers ลงบนบรรจุภัณฑ์เพื่อช่วยให้ประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

2.3 การยึดเกาะของพื้นผิว (Substrate Adhesion) ในการซีลบางครั้งจำเป็นต้องซีลระหว่างวัสดุ 2 ชนิดที่แตกต่างกันดังนั้นในบางวัสดุอาจไม่เกิดการหลอมเหลวเกิดขึ้นความแข็งแรงในการซีลจึงขึ้นอยู่กับการยึดเกาะวัสดุที่เกิดการหลอมเหลวกับวัสดุที่ไม่หลอมเหลว

2.4 การรออกแบบบรรจุภัณฑ์ (Package Design) ประสิทธิภาพในการซีลขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ในการหลอมเหลวและปิดผนึก การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ตองมีการพับจะทำให้บรรจุภัณฑ์มีความหนาเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ปัจจัยอื่น ๆที่กล่าวมาข้างต้นเกิดการเปลี่ยนแปลง

2.5 สารเติมแต่ง (Additives and Treatments) ในการซีลบางครั้งจะมีการเพิ่มแนวซีลหรือความหนาของบรรจุภัณฑ์เพื่อช่วยด้านความแข็งแรง อีกทั้งการใช้สารหล่อลื่นเพิ่มเพิ่มประสิทธิภาพของการซีลโดยการทำให้หน้าสัมผัสที่ทำการซีล อ่อนตัวลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระการบวนการบรรจุ

Rahaman, Bari และ Veale [7] ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของวาล์วโดยวิธี Computational fluid dynamics (CFD) พบว่าการออกแบบวาล์วส่งผลต่อการไหลและประสิทธิภาพในการไหลโดยภายในวาล์วที่ใช้ในการทดสอบเกิดโพรงอากาศในบริเวณที่ของ

เหลวไหลผ่านทำมุม 60 องศาทำให้ของเหลวไหลย้อนกลับและสูญเสียประสิทธิภาพในการเติม การปรับปรุงวาล์วจะสามารถขจัดปัญหาและสามารปรับปรุงประสิทธิภาพของวาล์วได้ดีขึ้นถึง 47%

Simões, Martins และ Marmé [8] ได้ทำการทดสอบแลและพบว่าเกิดความเสียหายในกระบวนการบรรจุเนื่องจากเมื่อวาล์วใช้งานไปได้ระยะนึงจะมีเศษของสิ่งสิ่งเจือปนตกค้างรอบ ๆ สปริงของวาล์วทำให้สปริงไม่สามารถใช้งานได้ การออกแบบวาล์ให้เหมาะสมกับการใช้งานจะช่วยสามารถกำจัดปัญหานี้ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

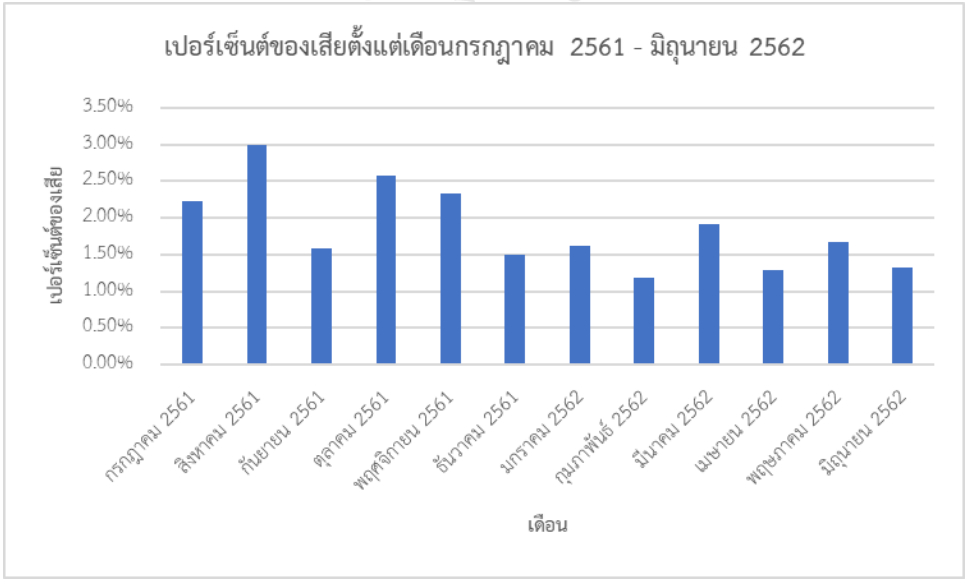
บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

3.1 จัดตั้งทีมงาน

จัดตั้งคณะทำงานในโครงการการปรับปรุงและควบคุมคุณภาพในส่วนของการบรรจุนมพาสเจอไรซ์ซึ่งประกอบพนักงานหน้าเครื่อง ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายโรงงาน ผู้เชี่ยวชาญตรวจรับมอบนมพาสเจอร์ไรซ์ และผู้วิจัย เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการศึกษา ตัวชี้วัดและระยะเวลาในการดำเนินโครงการและระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่มีผลต่อของเสียและผู้วิจัยทำการออกแบบการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและเนื้อหาวิธีการทำงานที่สามารถลดสัดส่วนของเสียลงได้

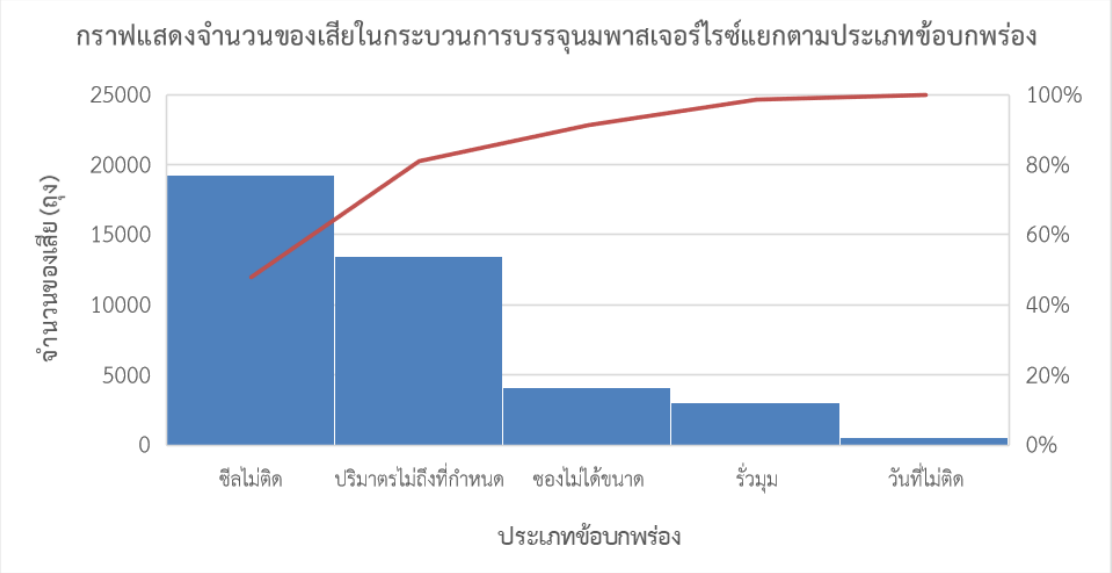
3.2 ศึกษากระบวนการทำงานในการบรรจุนมพาสเจอไรซ์

1. ศึกษากระบวนการบรรจุนมพาสเจอไรซ์โดยละเอียดเพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอไรซ์ของทางสหกรณ์ฯ นั้นมีการบรรจุรวม 5 ชนิดรสนมคือ รสจืด รสหวาน รสสตอเบอรี่ รสกาแฟและรสชอคโกแลต จากการศึกษากระบวนการบรรจุนมชนิดพาสเจอร์ไรซ์ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2561 - เดือนมิถุนายน 2562 มีปริมาณการผลิตสูงถึง 25,762,978 ถุง และมีของเสีย 484,344 ถุงหรือ 1.88 % จากปริมาณการผลิตทั้งหมด โดยมีสัดส่วนของเสียในแต่ละเดือนดังแสดงในรูปที่ 14 โดยในปี 2563 จนถึงเดือนกันยายน 2564 โรงงานกรณีศึกษาไม่ได้ดำเนินการผลิตเนื่องจากสถานการณ์โควิด 19



รูปที่ 14 สัดส่วนของเสียตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2561 - เดือนมิถุนายน 2562

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของเสียตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2561 - เดือนมิถุนายน 2562 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ของเสียในอัตราที่สูงจำเป็นต้องมีแก้ไขอย่างเร่งด่วน จึงทำการเก็บข้อมูลประเภทของเสียว่ามาจากข้อบกพร่องประเภทใดบ้างเพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการนำมาวิเคราะห์ โดยมีการเก็บข้อมูลเป็นรายเดือนสามารถแสดงจำนวนของเสียเฉลี่ยในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์แยกตามประเภทข้อบกพร่องภายใน 1 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 กราฟแสดงจำนวนของเสียในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์แยกตามประเภทข้อบกพร่อง

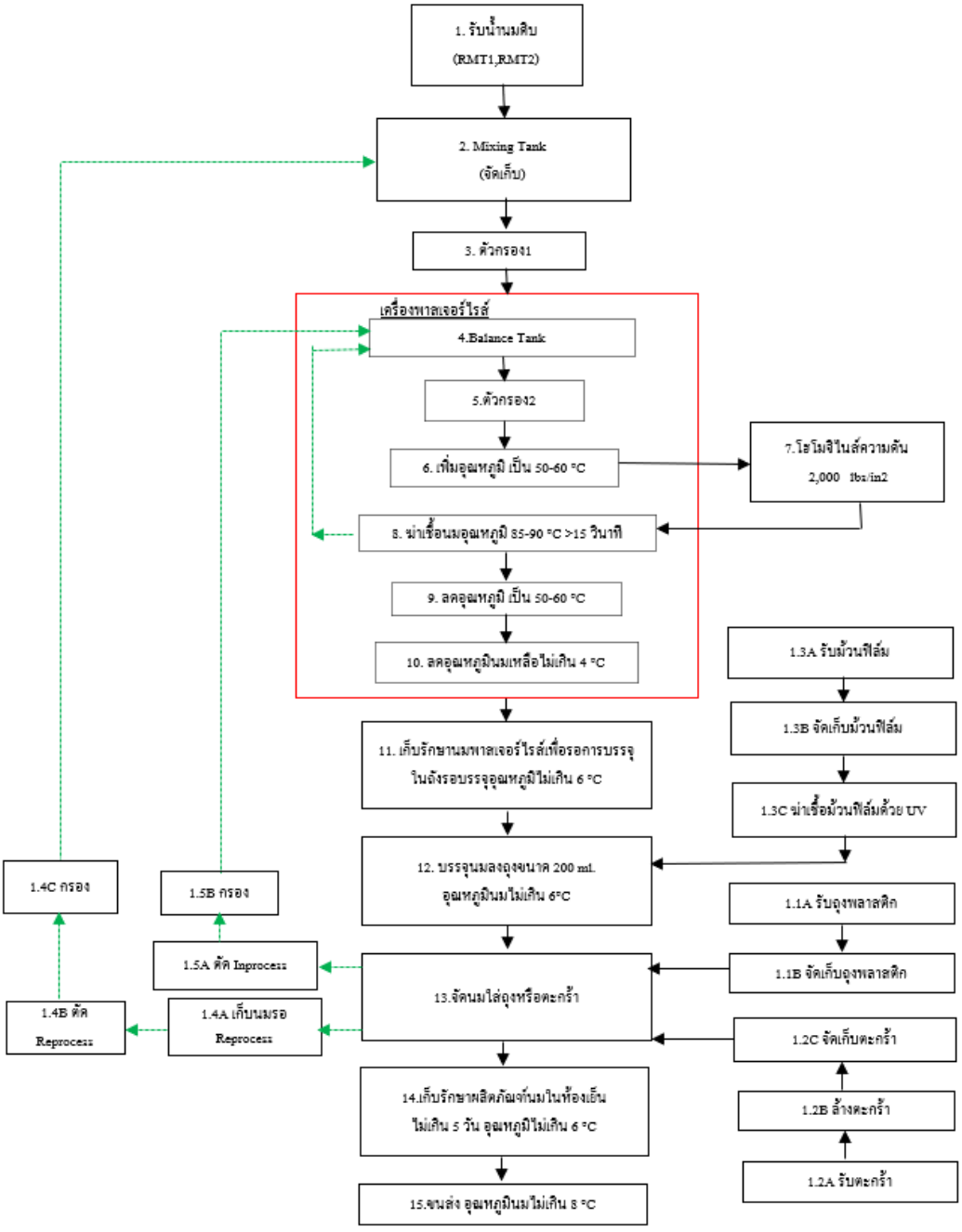
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากกราฟจำนวนของเสียในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์พบว่า มีของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดและของเสียจากปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด สูงถึง 47.76% และ 33.37% จากจำนวนของเสียทั้งหมด โดยของเสียจากทั้งสองข้อบกพร่องนี้คิดเป็น 81.13% จากจำนวนของเสียทั้งหมด อีกทั้งยังเกิดของเสียประเภท ซองไม่ได้ขนาด รั่วมุมและวันที่ไม่ติด คิดเป็น 18.87% จากจำนวนของเสียทั้งหมด โดยเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องที่เป็นสาเหตุหลักในการก่อให้เกิดของเสียเพราะฉะนั้นจึงเลือกข้อบกพร่อง 2 ชนิดนี้มาทำการปรับปรุงแก้ไขเนื่องจากทำให้เกิดของเสียในสัดส่วนที่สูง

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของเสียโดยเปรียบเทียบกับปริมาณการผลิตพบว่าสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดคิดเป็น 0.9% และสัดส่วนของเสียจากปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดคิดเป็น

0.63% จากปริมาณการผลิตส่วนข้อแบกพร่องอื่น ๆนั้นทำให้เกิดของเสียรวมกัน 0.35% ของปริมาณการผลิต

2. จัดทำแผนผังกระบวนการผลิต (Process map) เพื่อแสดงขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ



รูปที่ 16 แผนผังกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

3.3 กำหนดขนาดตัวอย่างในการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้สูตรการหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมดังสมการที่ 1 เพื่อหาจำนวนถุงนมที่จะต้องเก็บข้อมูลสัดส่วนของเสียที่น่าเชื่อถือก่อนและหลังการปรับปรุง โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นเป็น 95% และกำลังการทดสอบเป็น 95% และประมาณค่า p_1, q_1 จากสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือร้อยละ 1.88 และ p_2, q_2 จากค่าสัดส่วนของเสียเป้าหมายหลังการปรับปรุงคือร้อยละ 1

$$\boldsymbol{n = \frac{\left[z_{a/2}\sqrt{(p_1+p_2)(q_1+q_2)/2}+z_{\beta}\sqrt{p_1q_1+p_2q_2}\right]^2}{(p_1-p_2)^2}} \quad \textbf{(1)}$$

จากการคำนวณพบว่า จะต้องเก็บจำนวนถุงนมก่อนและหลังการปรับปรุงอย่างละ 4,700 ถุง ซึ่งพบว่า จำนวนข้อมูลที่มีก่อนการปรับปรุงนั้นมีมากกว่าขนาดตัวอย่างที่ต้องการ จึงไม่จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมก่อนการปรับปรุง

3.4 การวิเคราะห์หาปัจจัยนำเข้า

ผู้วิจัยและทีมงานช่วยกันระดมความคิด (Brainstorming) เพื่อหาปัจจัยนำเข้าตามหลักการ 4M1E โดยอาศัยเครื่องมือแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลโดยในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

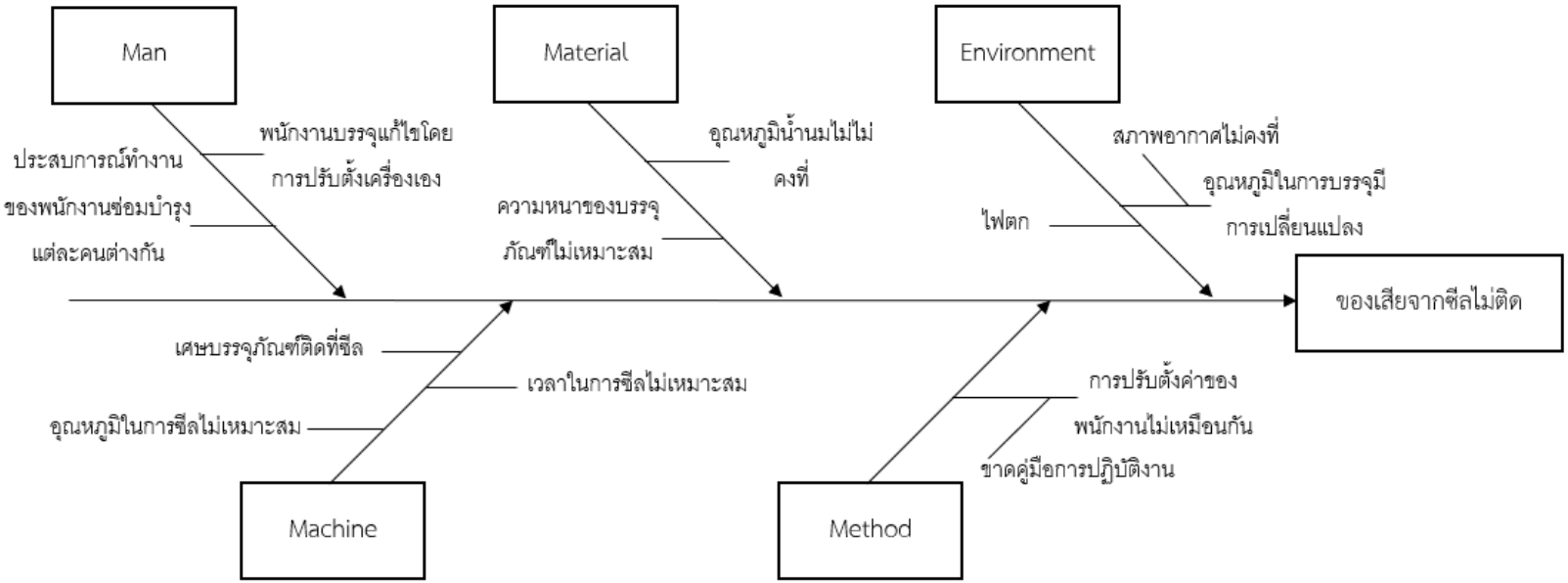
1. การระดมความคิด (Brainstorming)

ขั้นตอนการระดมความคิดนั้นจะเป็นขั้นตอนในการศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตโดยเริ่มจากการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการทำงานของเครื่องบรรจุนมและศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยทำการสอบถามจากทีมงานที่จัดตั้งขึ้น หลังจากนั้นทำการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องที่เลือกศึกษาคือข้อบกพร่องในเรื่อง ซีลไม่ติดและปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด โดยอาศัยเครื่องมือคือแผนผังแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยในแผนผังจะทำการแบ่งหมวดหมู่อย่างชัดเจนตามหลักการ 4M1E คือ คน(Man), เครื่องจักร(Machine), วัตถุดิบ(Material), วิธีดำเนินงาน(Method) และสภาพแวดล้อม(Environment) จากนั้นจึงจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่จะนำไปศึกษาและปรับปรุงต่อไป

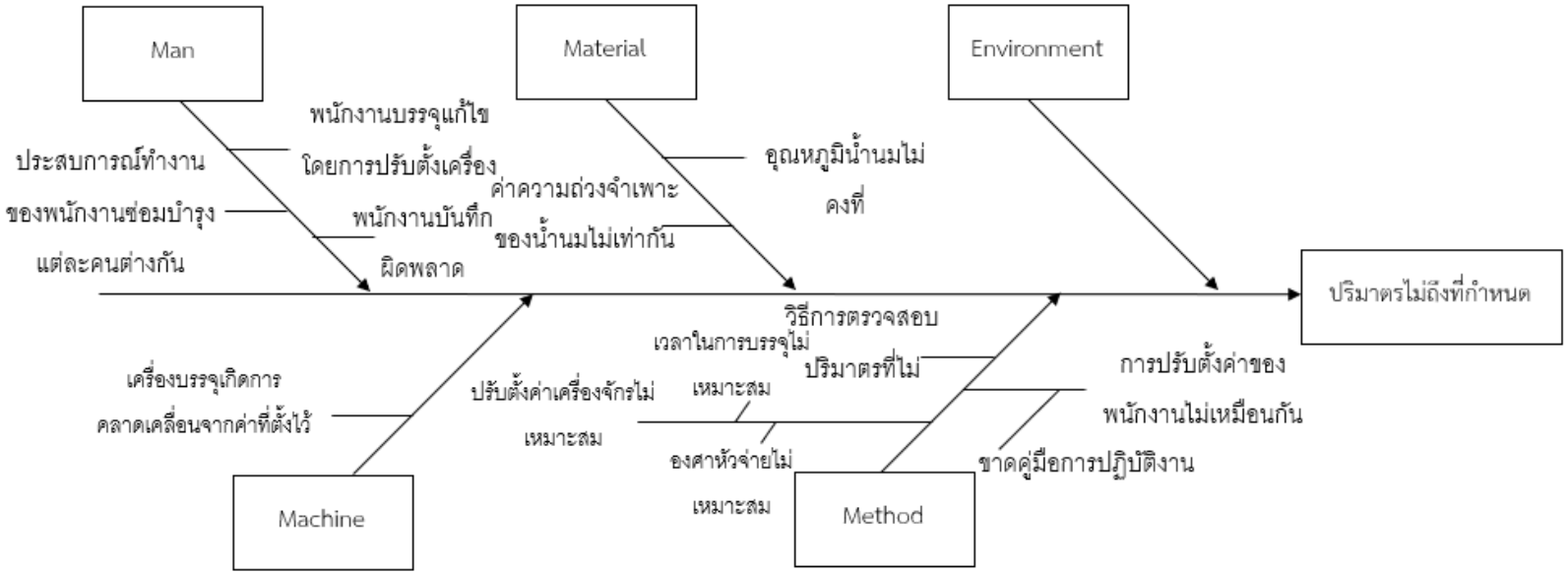
2. การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

จากขั้นตอนการระดมความคิดด้วยหลักการ 4M1E ได้ปัจจัยและผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต้นทุนของเสีย ดังรูปที่ 17 18 และตามตารางที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 17 แผนผังก้างปลาของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อของเสียจากซีลไม่ติด



รูปที่ 18 แผนผังก้างปลาของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อของเสียจากปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด

3. ทำการจัดลำดับความสำคัญและทำการกรองปัจจัยนำเข้าโดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) โดยทีมงานที่มีความรู้ ความชำนาญช่วยกันประเมินและให้คะแนน เพื่อทำการคัดกรองปัจจัยที่ไม่มีผลหรือส่งผลกระทบน้อยต่อการเกิดข้อบกพร่องออก

ตารางที่ 3 ผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อของเสีย

ลำดับที่	หมวดหมู่	ปัจจัยนำเข้า	ผลกระทบของปัจจัย
1	Man	พนักงานบรรจุแก้ไขโดยการปรับตั้งเครื่องเอง	พนักงานบรรจุปรับตั้งเครื่องโดยการทดลองสุ่มปรับตั้งเครื่องที่ค่าต่าง ๆ โดยปราศจากคู่มือการปรับตั้งเครื่องทำให้สูญเสียต้นทุนวัตถุดิบในการปรับตั้งเครื่องเป็นจำนวนมาก
2		ประสบการณ์ทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงแต่ละคนต่างกัน	ในการปรับตั้งค่าเครื่องแต่ละครั้งจะใช้ประสบการณ์ในการปรับตั้งเครื่องทำให้คนที่มีประสบการณ์สูงสามารถปรับตั้งเครื่องได้เร็วกว่าทำให้เกิดความสูญเสียน้อยกว่า
3		พนักงานบันทึกผิดพลาด	พนักงานอ่านค่าจากเครื่องชั่งผิดพลาดทำให้ค่าที่บันทึกไม่ตรงตามความเป็นจริง
4	Machine	เวลาในการซีลไม่เหมาะสม	เวลาในการซีลไม่สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ทำให้เกิดการหลอมเหลวของบรรจุภัณฑ์ไม่สมบูรณ์
5		อุณหภูมิในการซีลไม่เหมาะสม	อุณหภูมิในการซีลไม่สัมพันธ์กับเวลาที่ตั้งไว้ทำให้เกิดการหลอมเหลวของบรรจุภัณฑ์ไม่สมบูรณ์
6		เศษบรรจุภัณฑ์ติดที่ซีล	เมื่อมีเศษบรรจุภัณฑ์ติดที่เครื่องซีลจะทำให้บริเวณนั้นไม่ได้รับ-ความร้อนเท่ากับบริเวณอื่นทำให้เกิดการหลอมเหลวไม่สมบูรณ์และเกิดของเสียประเภทซีลไม่ติดเกิดขึ้น
7	Material	ความหนาของบรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสม	ความหนาของเนื้อฟิล์มที่ไม่สม่ำเสมอส่งผลต่อปริมาณความร้อนที่ใช้ในการซีล ทำให้บริเวณที่บรรจุภัณฑ์หนาจะเกิดการหลอมเหลวไม่สมบูรณ์ส่งผลให้ซีลไม่ติด
8		อุณหภูมิน้ำนมไม่คงที่	อุณหภูมิของน้ำนมไม่คงที่ ในบางครั้งมีอุณหภูมิน้อยเกินไปตามปัจจัยต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตทำให้เมื่อบรรจุจะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิ (ต่อ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับที่	หมวดหมู่	ปัจจัยนำเข้า	ผลกระทบของปัจจัย
			ที่ใช้ในการซีลส่งผลให้เกิดของเสียประเภทซีลไม่ติด
9		เครื่องบรรจุเกิดการคาดเคลื่อนจากค่าที่ตั้งไว้	เกิดการเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรในการบรรจุส่งผลให้ปริมาตรในการบรรจุไม่คงที่
10		ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำนมไม่เท่ากัน	เครื่องจักรที่ใช้ในการบรรจุให้หลักการแรงโน้มถ่วงในการบรรจุเมื่อความถ่วงจำเพาะในน้ำนมแต่ละชนิดไม่เท่ากันส่งผลให้ที่การตั้งค่าเดียวกันจะทำให้ปริมาตรของน้ำนมไม่เท่ากัน
11	Method	ขาดคู่มือการปฏิบัติงาน	พนักงานในหลายส่วนงานขาดคู่มือปฏิบัติงานที่ชัดเจนทำให้การทำงานไม่มีระบบและอาศัยการลองผิดลองถูกในการทำงานก็ให้เกิดความสูญเสียด้านวัตถุดิบและไม่สามารถทวนสอบได้
12		วิธีการตรวจสอบปริมาตรที่ไม่เหมือนกัน	อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาตรของพนักงานแต่ละคนมีมาตรฐานที่ไม่เหมือนกันบางคนใช้วิธีแสดงสัญลักษณ์แสดงช่วงเกณฑ์ที่ยอมรับ บางคนใช้วิธีดูด้วยตาเปล่าทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบคุณภาพ
13		การปรับตั้งค่าเครื่องจักรไม่เหมาะสม	การปรับตั้งค่าหัววาล์วให้มีอัตราการไหลของน้ำนมไม่เท่ากัน เมื่อเครื่องให้เวลาบรรจุเท่ากันทำให้น้ำนมในแต่ละถุงนั้นมีปริมาตรไม่ในแต่ละครั้งไม่คงที่หากบรรจุน้อยเกินไปทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นกลายเป็นของเสียแต่หากบรรจุเยอะเกินไปทำให้ทางสหกรณ์สูญเสียรายได้อีกทั้งยังทำให้ซีลรั่ว
14	Environment	ไฟตก	ไฟตกก็ให้เกิดไฟกระชากและทำให้เครื่องจักรหยุดชะงักบางครั้งเกิดการรวนขึ้น
15		สภาพอากาศไม่คงที่	สภาพอากาศที่ไม่คงที่ทำให้อุณหภูมิในการบรรจุเกิดการเปลี่ยนแปลงส่งผลต่อคุณภาพในการซีล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 17 18 และตารางที่ 3 ได้อธิบายถึงปัจจัยที่เป็นไปได้และผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอไรซ์ จากนั้นทำการระดมความคิดของทีมงาน ซึ่งมี

เกณฑ์ให้คะแนนดังตารางที่ 4 โดยเกณฑ์การให้คะแนนนี้จะทำการแยกปัจจัยที่ส่งผลกระทบมากและน้อยออกจากกันอย่างชัดเจนและทำการลงคะแนนของแต่ละคนลงในตารางที่ 5 และ 6 โดยให้สมาชิกแต่ละคนได้ทำการเสนอความคิด แนวทางการแก้ไขปัญหารวมถึงร่วมกันตัดสินใจอย่างเป็นระบบ เมื่อทำการลงคะแนนเสร็จจึงทำการพล็อตกราฟแสดงคะแนนความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียรูปที่ 19 เพื่อเลือกปัญหาที่คาดว่าส่งผลกระทบต่อปริมาณของเสียมากมาทำการศึกษาต่อซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลกระทบของปัจจัย

ระดับความสัมพันธ์	ความหมาย	คะแนน
มาก	ปัจจัยมีผลต่อปริมาณของเสียมาก	9
ปานกลาง	ปัจจัยมีผลต่อปริมาณของเสียปานกลาง	3
น้อย	ปัจจัยมีผลต่อปริมาณของเสียน้อย	1
ไม่มีผล	ปัจจัยไม่มีผลต่อปริมาณของเสีย	0

ตารางที่ 5 การประเมินคะแนนความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติด

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	รวม
		คะแนน	คะแนน	คะแนน	
1	พนักงานบรรจุแก้ไขโดยการปรับตั้งเครื่องเอง	1	3	3	7
2	ประสบการณ์ทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงแต่ละคนต่างกัน	1	1	1	3
3	เวลาในการซีลไม่เหมาะสม	9	9	9	27
4	อุณหภูมิในการซีลไม่เหมาะสม	9	9	9	27
5	เศษบรรจุภัณฑ์ติดที่ซีล	3	3	3	9
6	ความหนาของบรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสม	3	1	1	5
7	อุณหภูมิน้ำนมไม่คงที่	1	1	0	2
8	ขาดคู่มือการปฏิบัติงาน	3	3	3	9
9	ไฟตก	3	1	1	5
10	สภาพอากาศไม่คงที่	1	1	0	2

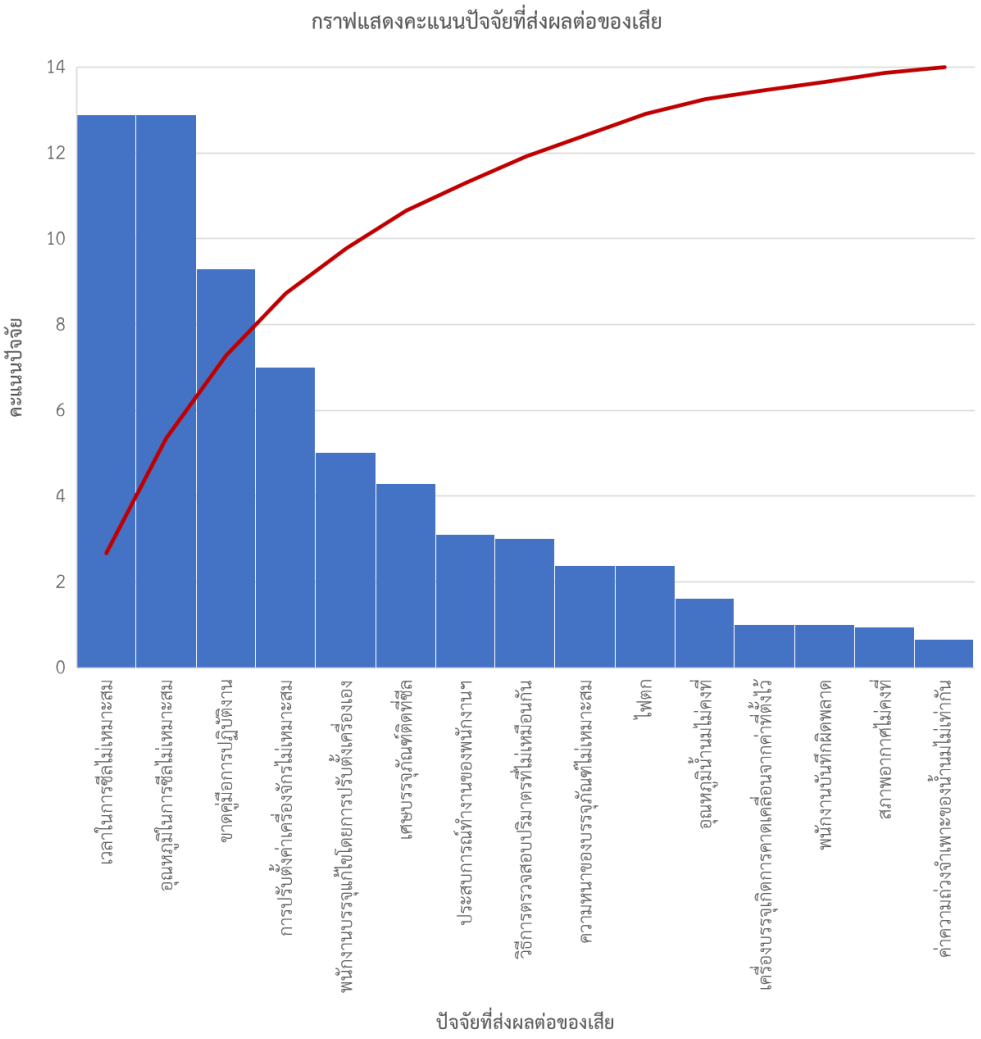
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 การประเมินคะแนนความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียจากข้อบกพร่องประเภทปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	รวม
		คะแนน	คะแนน	คะแนน	
1	พนักงานบรรจุแก้ไขโดยการปรับตั้งเครื่องเอง	1	3	1	5
2	ประสบการณ์ทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงแต่ละคนต่างกัน	1	1	3	5
3	พนักงานบันทึกผิดพลาด	1	1	1	3
4	การปรับตั้งค่าเครื่องจักรไม่เหมาะสม	9	9	3	21
5	เครื่องบรรจุเกิดการคาดเคลื่อนจากค่าที่ตั้งไว้	1	1	1	3
6	อุณหภูมิน้ำนมไม่คงที่	1	1	0	2
7	ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำนมไม่เท่ากัน	1	0	1	2
8	ขาดคู่มือการปฏิบัติงาน	9	3	3	15
9	วิธีการตรวจสอบปริมาตรที่ไม่เหมือนกัน	3	3	3	9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. เลือกปัจจัยนำเข้าที่คาดว่าอาจจะมีผลกระทบสูงต่อของเสียไปทำการทดสอบความมีนัยสำคัญและวางแผนกำหนดแนวทางในการดำเนินงานขั้นต่อไป



รูปที่ 19 กราฟพาเรโตแสดงคะแนนปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสีย

จากแสดงคะแนนความสัมพันธ์และการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัย สามารถสรุปปัจจัยที่นำไปศึกษาต่อและไม่นำไปศึกษาต่อพร้อมทั้งเหตุผลในการคัดเลือกดังตารางที่ 8 จากนั้นจะสรุปปัจจัยที่นำไปศึกษาต่อและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขจะแสดงในตารางที่ 9 โดยเรียงตามคะแนนแบบถ่วงน้ำหนักจากมากไปหาน้อย

ตารางที่ 7 ปัจจัยที่นำไปศึกษาต่อและไม่นำไปศึกษาต่อและเหตุผลในการคัดเลือกปัจจัย

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	คะแนน	ผลการคัดเลือก		เหตุผลในการคัดเลือก
			ศึกษาต่อ	ไม่ศึกษาต่อ	
1	เวลาในการซีลไม่เหมาะสม	12.9	✓		จากตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.6 ทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีคะแนนที่สูงอย่างชัดเจน ซึ่งแสดงว่าเป็นปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อของเสียที่เกิดขึ้นและจากงานวิจัยของ Morris (2017) กล่าวว่าทั้ง 2 ปัจจัยนี้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลโดยตรงกับคุณภาพในการซีล โดยหากเวลาและอุณหภูมิในการซีลไม่สัมพันธ์กันจะก่อให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติด
2	อุณหภูมิในการซีลไม่เหมาะสม	12.9	✓		
3	ขาดคู่มือการปฏิบัติงาน	9.3	✓		จากตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.6 ปัจจัยนี้มีคะแนนที่ค่อนข้างสูงอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อของเสียที่เกิดขึ้นโดยเมื่อขาดคู่มือในการปฏิบัติงาน พนักงานในหลายส่วนงานจะทำงานในแต่ละครั้งที่ไม่เหมือนกัน โดยบางครั้งมีการตั้งค่าสูงหรือต่ำไปจนเป็นสาเหตุให้เกิดข้อบกพร่องในหลาย ๆประเภทอีกทั้งยังไม่สามารถทวนสอบได้
4	การปรับตั้งค่าเครื่องจักรไม่เหมาะสม	7.0	✓		จากตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.6 ปัจจัยนี้มีคะแนนที่ค่อนข้างสูงอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อของเสียที่เกิดขึ้นและจากงานวิจัยของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	คะแนน	ผลการคัดเลือก		เหตุผลในการคัดเลือก
			ศึกษาต่อ	ไม่ศึกษาต่อ	
4 (ต่อ)					Rahaman (2007) กล่าวว่า วาล์วส่งผลต่อประสิทธิภาพในการไหลหากออกแบบและปรับตั้งวาล์วไม่เหมาะสมจะส่งผลให้อัตราการไหลในการบรรจุก่อให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องประเภทปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด
5	พนักงานบรรจุแก้ไขโดยการปรับตั้งเครื่องเอง	5.0		✓	ทางสหกรณ์มีการอบรมวิธีการปฏิบัติงานรวมถึงข้อห้ามในการทำงานอยู่แล้วโดยในบางครั้งพนักงานจะมีการฝ่าฝืนข้อบังคับแต่ส่งผลกระทบน้อยต่อปัญหาเพราะเกิดขึ้นน้อยลง
6	เศษบรรจุภัณฑ์ติดที่ซีล	4.3		✓	ทางสหกรณ์ได้มีการติดตั้งแผ่นเทฟลอนบริเวณแท่นซีลเพื่อป้องการเศษบรรจุภัณฑ์ติดอยู่แล้ว แต่ในบางครั้งจะมีเศษบรรจุภัณฑ์ติดที่แท่นซีลอยู่โดยจะเกิดขึ้นนาน ๆ ครั้งส่งผลกระทบน้อยต่อปัญหา
7	ประสบการณ์ทำงานของพนักงานซ่อมบำรุงแต่ละคนต่างกัน	3.1		✓	ทางสหกรณ์มีการฝึกอบรมและมีการให้ความรู้ด้านการซ่อมบำรุงแก่พนักงานใหม่อยู่แล้ว ซึ่งปัญหานี้จะเกิดขึ้นในช่วงแรกเริ่มของการทำงานของพนักงานใหม่เท่านั้น
8	วิธีการตรวจสอบปริมาตรที่ไม่เหมือนกัน	3.0		✓	ทางสหกรณ์ได้มีการกำหนดช่วงเกณฑ์การยอมรับในการตรวจสอบแก่พนักงานโดยมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยในการติดตั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	คะแนน	ผลการคัดเลือก		เหตุผลในการคัดเลือก
			ศึกษาต่อ	ไม่ศึกษาต่อ	
8 (ต่อ)					แถบการควบคุมและมุมมองในการอ่านค่าซึ่งส่งผลกระทบน้อยต่อปัญหา
9	ความหนาของบรรจุภัณฑ์ไม่เหมาะสม	2.4		✓	ทางสหกรณ์มีการสั่งผลิตบรรจุภัณฑ์จากบริษัทที่ได้มาตรฐานเพื่อให้เกิดความแปรปรวนของความหนาบรรจุภัณฑ์ให้น้อยที่สุดแต่ในบางครั้งก็มีบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานเกิดขึ้นแต่เกิดขึ้นนาน ๆ ครั้งซึ่งส่งผลกระทบน้อยต่อปัญหา
10	ไฟตก	2.4		✓	ทางสหกรณ์ได้ประสานไปทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคให้ช่วยดูแลเรื่องดังกล่าวเป็นที่เรียบร้อยแล้วทำให้เกิดเหตุไฟตกน้อยลงกว่าเดิม
11	อุณหภูมิน้ำนมไม่คงที่	1.6		✓	ทางสหกรณ์ได้มีการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบรรจุและจัดทำมาตรฐานอุณหภูมิในการบรรจุอยู่แล้ว โดยทำการควบคุมให้อุณหภูมิน้ำนมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดซึ่งมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย
12	เครื่องบรรจุเกิดการคาดเคลื่อนจากค่าที่ตั้งไว้	1.01		✓	เนื่องจากเป็นเครื่องรุ่นเก่าซึ่งไม่มีเทคโนโลยีทันสมัยที่ทำให้เกิดความเชื่อมันในการบรรจุ 100%
13	พนักงานบันทึกผิดพลาด	1.0		✓	ทางสหกรณ์ได้แต่งตั้งพนักงานที่ทำหน้าที่จดบันทึกแยกออกจากพนักงานหน้าเครื่องทำให้เกิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	คะแนน	ผลการคัดเลือก		เหตุผลในการคัดเลือก
			ศึกษาต่อ	ไม่ศึกษาต่อ	
13 (ต่อ)					ความผิดพลาดในการบันทึกน้อยลงโดยจะเกิดขึ้นนาน ๆ ครั้ง ส่งผลกระทบน้อยต่อปัญหา
14	สภาพอากาศไม่คงที่	0.9		✓	เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากภูมิประเทศและขีดความสามารถของระบบปรับอากาศในกระบวนการผลิตอีกทั้งอุณหภูมิยังมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยไม่ส่งผลต่อของเสีย
15	ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำนมไม่เท่ากัน	0.7		✓	ค่าความถ่วงจำเพาะของนมแต่ละรสชาติมีความแตกต่างกันแต่เครื่องจักรส่วนใหญ่จะทำการผลิตเฉพาะนมรสจืดเท่านั้นจึงส่งผลกระทบน้อยต่อปัญหา

ตารางที่ 8 ปัจจัยที่นำไปศึกษาต่อและแนวทางการปรับปรุงแก้ไข

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข
1	เวลาในการซีลไม่เหมาะสม	ทดลองหาค่าเวลาในการซีลที่เหมาะสมเพื่อให้มีสัดส่วนของเสียน้อยลงและมีความสามารถในการผลิตเพียงพอต่อความต้องการ
2	อุณหภูมิในการซีลไม่เหมาะสม	ทดลองหาค่าอุณหภูมิในการซีลที่เหมาะสมเพื่อให้มีสัดส่วนของเสียน้อยลงและมีความสามารถในการผลิตเพียงพอต่อความต้องการ
3	การปรับตั้งค่าเครื่องจักรไม่เหมาะสม	ทดสอบประสิทธิผลของการปรับตั้งค่าหัววาล์วให้มีอัตราการไหลของน้ำนมที่อัตราการไหลต่าง ๆ โดยพิจารณาถึงการกระจายตัวของปริมาตรที่บรรจุรวมทั้งหาวิธีการปรับตั้งค่าให้เหมาะสม
4	ขาดคู่มือการปฏิบัติงาน	จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนรวมถึงการบังคับใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5 ดำเนินการปรับปรุง

3.5.1 การปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับการซีลไม่ติด

ในการปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับการซีลไม่ติดนั้น ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยข้างต้นและคะแนนความสมบูรณ์ในการซีล จากนั้นหาค่าปรับตั้งที่เหมาะสมของสองปัจจัยนี้โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนองที่จะศึกษา

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดตัวแปรตอบสนองคือ คะแนนแสดงระดับความสมบูรณ์ของการซีลดังแสดงในตารางที่ 9 และกำหนดปัจจัยนำเข้าได้แก่ ระดับความร้อนในการซีลแนวตั้ง ระดับความร้อนในการซีลแนวนอนและระดับเวลาในการซีล ซึ่งสามารถกำหนดการตั้งค่าได้จากปุ่มปรับระดับหน้าเครื่องจักร

ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้คะแนนความสมบูรณ์ของการซีล

คะแนน	**เกณฑ์การให้คะแนน**
0	ซีลไม่สนิท มีน้ำนมรั่ว
3	ซีลสนิทแต่มีรอยไหม้เป็นทางยาว
5	ซีลสนิทแต่รอยซีลไม่สม่ำเสมอ, มีรอยไหม้เล็กน้อย
7	ซีลสนิทแต่รอยซีลไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย
9	รอยซีลสม่ำเสมอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. เลือกแบบการทดลองที่เหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนองแบบบ๊อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) ซึ่งเป็นแบบการทดลองชนิดพื้นผิวตอบสนองที่เหมาะสมสำหรับกรณีมีปัจจัยที่ต้องการทดสอบ 3 ปัจจัยเนื่องจากจำนวนครั้งการทดลองน้อยกว่าแบบการทดลองพื้นผิวตอบสนองแบบอื่นๆ โดยมีจำนวนการทดลองทั้งหมด 15 ครั้งการทดลอง แบบการทดลองพื้นผิวตอบสนองจะทำให้สามารถทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้งระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนองได้ รวมทั้งทดสอบอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยนำเข้าได้อีกด้วย จากนั้นหาค่าปรับตั้งที่เหมาะสมของปัจจัย ที่ทำให้ได้ค่าคะแนนความสมบูรณ์ของการซีลสูงที่สุด

3. กำหนดระดับของปัจจัยที่จะนำไปทดลอง พร้อมทั้งพิจารณาปัญหาข้อจำกัดต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการทดลอง โดยแต่ละปัจจัยจะมีการทดสอบที่ 3 ระดับในหน่วย

แบบค่ารหัสคือ -1, 0, 1 ซึ่งสอดคล้องกับหน่วยการปรับตั้งเครื่องจริงตามระดับของปุ่มปรับระดับหน้าเครื่องจักร ดังแสดงในตารางที่ 10 โดยระดับที่เพิ่มขึ้นจะให้ความร้อนในการซีลและเวลาในการซีลที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 10 สัญลักษณ์และระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับปัจจัย		
		-1	0	+1
ระดับความร้อนในการซีลแนวตั้ง	Vertical	4	5	6
ระดับความร้อนในการซีลแนวนอน	Horizontal	4	5	6
ระดับเวลาในการซีล	Time	4	4.5	5

4. กำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ขนาดตัวอย่างในที่นี้หมายถึง จำนวนถุงนมที่จะต้องทดสอบในแต่ละครั้งการทดลอง เนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยใดที่กำหนดสูตรในการหาขนาดตัวอย่างสำหรับการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนโดยตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้สูตรในการหาขนาดตัวอย่างสำหรับทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของคะแนนความสมบูรณ์ในการซีลสำหรับสองประชากรดังแสดงในสมการที่ 2 โดยค่า μ_1, μ_2, σ_1 และ σ_2 ถูกประมาณจากการเก็บตัวอย่างเบื้องต้นที่ค่าตามหน่วยแบบรหัสเป็น -1 และ +1 ตามลำดับ และได้กำหนดระดับความเชื่อมั่นเป็น 95% และกำลังการทดสอบเป็น 95%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$n = \frac{(z_{a/2}+z_{\beta})^2(\sigma_1^2+\sigma_2^2)}{(\mu_1-\mu_2)^2} \quad (2)$$

จากการคำนวณพบว่า จะต้องเก็บจำนวนถุงนม 45 ถุงต่อ 1 ครั้งการทดลอง

5. เก็บข้อมูลและนำผลการทดลองที่ได้ไปพิสูจน์นัยสำคัญและสร้างสมการถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองและเทอมที่มีนัยสำคัญของปัจจัย

6. หาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยระดับความร้อนในการซีลแนวตั้ง ระดับความร้อนในการซีลแนวนอนและเวลาในการซีลโดยพิจารณาค่าปัจจัยที่ทำให้คะแนนความสมบูรณ์ของการซีลมีค่ามากที่สุด

3.6.2 การปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด

ในการปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดนั้นจะต้องลดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดโดยจากเดิมมีการบรรจุที่ 200 มิลลิลิตร หรือน้ำหนัก 205 กรัมพบว่ามีของเสียเกิดขึ้นสูงถึง 0.9% จากปริมาณการผลิตทั้งหมด ทางโรงงานจึงทำการปรับปรุงโดยการเพิ่มค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่บรรจุซึ่งการเพิ่มปริมาตรการบรรจุนี้ไม่ทำให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องนี้เกิดขึ้นแต่หากเพิ่มปริมาตรที่บรรจุจะให้ให้ส่งผลกระทบต่อต้นทุนค่าน้ำนมมากขึ้นตามไปด้วยจึงจำเป็นต้องหาค่าเฉลี่ยของปริมาตรน้ำนมที่เหมาะสมที่ทำให้ผลรวมระหว่างต้นทุนของเสียจากปริมาตรน้ำนมไม่ถึงที่กำหนดรวมกับต้นทุนจากค่าน้ำนมมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะเรียกว่าต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะปรับปรุงโดยหาค่าที่เหมาะสมของค่าเฉลี่ยของปริมาตรน้ำนมเท่านั้น จะไม่ได้ปรับปรุงเพื่อลดความผันแปรของปริมาตรบรรจุ ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยข้างต้นและต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุ จากนั้นหาค่าปรับตั้งที่เหมาะสมของสองปัจจัยนี้โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนองที่จะศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดตัวแปรตอบสนองคือต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุ นั่นคือต้นทุนน้ำนมที่นำมาบรรจุและต้นทุนของเสียที่จำเป็นต้องทิ้งเนื่องจากปริมาตรที่บรรจุไม่ถึงที่กำหนด โดยพิจารณาจากจากต้นทุนในการบรรจุนมต่อ 100 ถุง ดังมีสมการคำนวณดังนี้

ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุ= (ปริมาตรน้ำนม (มิลลิลิตร) × (17.4625/1000) × 100) + (จำนวนของเสีย × 0.63)

กำหนดให้

1) จำนวนถุงในการทดสอบคือ 100 ถุง

2) ต้นทุนค่าวัตถุดิบ 17.4625 บาท ต่อ 1,000 มิลลิลิตร

3) ต้นทุนอื่น ๆในการผลิตนมพาสเจอร์ไรซ์ 0.63 บาท/ถุง

2. ทำการคำนวณต้นทุนรวมที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุ ได้แก่ ต้นทุนการผลิต ต้นทุนแรงงานต้นทุนค่าบรรจุภัณฑ์ และต้นทุนการบรรจุเพื่อหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักบรรจุที่ทำให้ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุต่ำที่สุด

จากการคำนวณต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุพบว่าปริมาตรน้ำนมที่ทำให้ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุต่ำที่สุดในการบรรจุคือ 206 มิลลิลิตรหรือน้ำหนัก 211.15 กรัม (ค่าความถ่วงจำเพาะในน้ำนมอยู่ระหว่าง 1.025-1.035 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) ดังตารางที่ 11 ซึ่งหากมีการบรรจุน้ำนมในปริมาณที่ต่ำกว่า 206 จะทำให้มีโอกาสเกิดของเสียจากปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดมากขึ้นซึ่งของเสียประเภทนี้จำเป็นต้องทิ้งทำให้สูญเสียต้นทุนจากปริมาตรน้ำนมที่บรรจุรวมถึงบรรจุภัณฑ์ที่ได้ใช้ไปและหากบรรจุน้ำนมในปริมาณที่สูงกว่า 206 มิลลิลิตรจะทำให้มีต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุที่สูงขึ้นซึ่งเกิดจากน้ำนมส่วนเกินในการบรรจุ ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยนำเข้าส่งผลต่อปริมาตรน้ำนมในการบรรจุได้แก่ เวลาในการบรรจุและองศาหัวจ่ายน้ำนม ซึ่งสามารถกำหนดการตั้งค่าได้จากการปรับระดับที่เครื่องจักร

ตารางที่ 11 การคำนวณต้นทุนการผลิตที่ระดับปริมาตรน้ำนมต่างๆ

ค่าเฉลี่ยของน้ำนมในการบรรจุ	สัดส่วนของเสีย	ต้นทุนการผลิต
200	0.5	555.3
201	0.37585	505.8
202	0.26344	461.3
203	0.17127	425.1
204	0.10284	398.6
205	0.056833	381.4
206	0.02827	371.4
207	0.01339	367.0
208	0.00568	365.6
209	0.002	365.8
210	0.00077	367.0
211	0.00025048	368.6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. เลือกแบบการทดลองที่เหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกแบบการทดลองพื้นผิวผลตอบสนองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF (Face-Centered Central Composite Design) ซึ่งแบบการทดลองพื้นผิวตอบสนองจะทำให้สามารถทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้งระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนองได้ รวมทั้งทดสอบอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยนำเข้าได้อีกด้วยและ Central Composite Design เป็นแบบการทดลองชนิดพื้นผิวตอบสนองที่เหมาะสมสำหรับกรณีมีปัจจัยที่ต้องการทดสอบ 2 ปัจจัยได้ในขณะที่แบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนองแบบบ๊อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) ไม่สามารถรองรับในกรณีที่มี 2 ปัจจัยได้ ส่วนเหตุผลในการเลือกใช้ Face-Centered Central Composite Design แทนที่จะเป็น Central Composite Design ตามปกติเนื่องจากว่า Face-Centered Central Composite Design ต้องการทดสอบปัจจัยใดๆที่ 3 ระดับในขณะที่ Central Composite Design ตามปกติต้องการการทดสอบปัจจัยใด ๆที่ 5 ระดับ และปัจจัยที่ต้องการทดสอบในกรณีนี้คือ เวลาในการบรรจุและองศาหัวจ่ายน้ำนมซึ่งไม่สามารถตั้งค่าเป็นทศนิยมได้ หากใช้การทดลองแบบ 5 ระดับจะทำให้ไม่สามารถตั้งค่าเวลาจริงทั้ง 5 ระดับตามระดับที่กำหนดในแบบการทดลองได้ จึงต้องใช้แบบการทดลองที่ต้องการทดสอบปัจจัยเพียง 3 ระดับ ซึ่งสามารถทดสอบระดับปัจจัยที่จะทดสอบเป็นตามที่กำหนดในแบบการทดลองได้เมื่อใช้แบบการทดลองแบบ Face-Centered Central Composite สำหรับ 2 ปัจจัย จะมีจำนวนการทดลองทั้งหมด 13 ครั้งการทดลอง

4. กำหนดระดับของปัจจัยที่จะนำไปทดลอง พร้อมทั้งพิจารณาปัญหาข้อจำกัดต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการทดลอง โดยแต่ละปัจจัยจะมีการทดสอบที่ 3 ระดับในหน่วยแบบค่ารหัสคือ -1, 0, 1 ซึ่งสอดคล้องกับหน่วยการปรับตั้งเครื่องจริงตามระดับของปุ่มปรับระดับที่เครื่องจักร ดังแสดงในตารางที่ 12 โดยระดับที่เพิ่มขึ้นจะให้เวลาในการบรรจุและองศาหัวจ่ายน้ำนมเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 สัญลักษณ์และระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับปัจจัย		
		-1	0	+1
เวลาในการบรรจุ	Time	37	39	41
องศาหัวจ่ายน้ำนม	Angle	45	90	135

5. กำหนดขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ขนาดตัวอย่างในที่นี้หมายถึง จำนวนถุงนมที่จะต้องทดสอบในแต่ละครั้งการทดลอง เนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยใดที่กำหนดสูตรในการหาขนาดตัวอย่างสำหรับการทดลองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF โดยตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้สูตรในการหาขนาดตัวอย่างสำหรับทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักในการบรรจุสำหรับสองประชากรดังแสดงในสมการที่ 3 โดยค่า μ_1, μ_2, σ_1 และ σ_2 ถูกประมาณจากการเก็บตัวอย่างเบื้องต้นที่ค่าตามหน่วยแบบรหัสเป็น -1 และ +1 ตามลำดับ และได้กำหนดระดับความเชื่อมั่นเป็น 95% และกำลังการทดสอบเป็น 85%

$$\boldsymbol{n = \frac{(z_{a/2}+z_{\beta})^2(\sigma_1^2+\sigma_2^2)}{(\mu_1-\mu_2)^2}} \quad \textbf{(3)}$$

จากการคำนวณพบว่า จะต้องเก็บจำนวนถุงนม 45 ถุงต่อ 1 ครั้งการทดลอง

6. เก็บข้อมูลและนำผลการทดลองที่ได้ไปพิสูจน์นัยสำคัญและสร้างสมการถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองและเทอมที่มีนัยสำคัญของปัจจัย

7. หาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยเวลาในการบรรจุและองศาหัวจ่ายน้ำนมโดยพิจารณาค่าปัจจัยที่ทำให้ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการบรรจุต่ำที่สุด

3.6.3 การปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับปัญหาเกี่ยวกับการขาดคู่มือในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพที่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับการขาดคู่มือในการปฏิบัติงานและการตรวจสอบคุณภาพที่เหมาะสมได้ทำการกำหนดมาตรฐานและขั้นตอนการปฏิบัติงานโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. จัดทำคู่มือในการปฏิบัติงานและมาตรฐานการตรวจสอบ

2. อบรมพนักงานเกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติงานและมาตรฐานการตรวจสอบ

3. ประเมินผลการปฏิบัติงานของพนักงานเทียบกับมาตรฐานหลังการปรับปรุง

4. จัดทำแผนควบคุมโดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับ เรื่องหลักๆ ได้แก่ ปัจจัยที่ต้องควบคุม วิธีการควบคุม ความถี่และขนาดตัวอย่างในการเก็บข้อมูลเพื่อควบคุมคุณภาพ

3.6 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง

ทำการสรุปผลและวิจารณ์ผลในการปรับปรุงกระบวนการและนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกระบวนการก่อนทำการปรับปรุงกระบวนการ โดยการวิเคราะห์สัดส่วนของเสียและต้นทุนที่สามารถลดลงได้

3.7 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องซีลไม่ติด

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการวิเคราะห์การถดถอย

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า มีผลกระทบที่มีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จำนวน 4 ผลกระทบ ได้แก่ ผลกระทบหลักของระดับความร้อนในการซีลแนวนอนและระดับเวลาในการซีล ผลกระทบกำลังสองของระดับความร้อนในการซีลแนวนอน และผลกระทบร่วมระหว่างระดับความร้อนในการซีลแนวนอนและระดับเวลาในการซีล ส่วนปัจจัยระดับความร้อนในการซีลแนวตั้งไม่มีผลต่อคะแนนความสมบูรณ์ในการซีล ดังแสดงในรูปที่ 20

Response Surface Regression: Seal Score versus Vertical, ... ontal, Time

Stepwise Selection of Terms

α to enter = 0.05, α to remove = 0.05

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	4	17.9063	4.4766	10.75	0.001
Linear	2	11.7612	5.8806	14.13	0.001
Horizontal	1	6.4800	6.4800	15.57	0.003
Time	1	5.2812	5.2812	12.69	0.005
Square	1	3.8950	3.8950	9.36	0.012
Horizontal*Horizontal	1	3.8950	3.8950	9.36	0.012
2-Way Interaction	1	2.2500	2.2500	5.40	0.042
Horizontal*Time	1	2.2500	2.2500	5.40	0.042
Error	10	4.1630	0.4163		
Lack-of-Fit	8	3.2364	0.4045	0.87	0.635
Pure Error	2	0.9267	0.4633		
Total	14	22.0693			

Model Summary

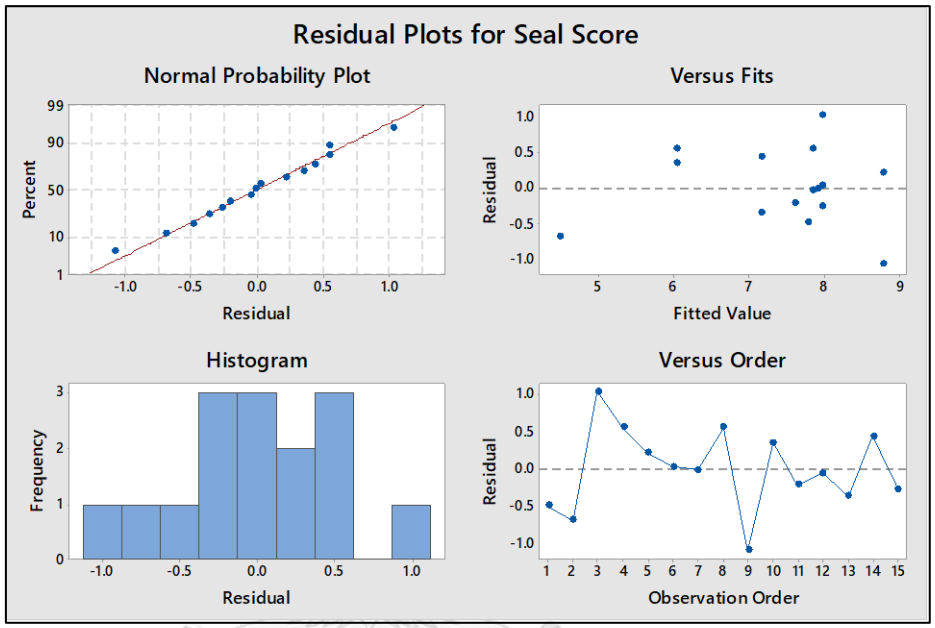
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.645216	81.14%	73.59%	49.73%

รูปที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องซีลไม่ติด

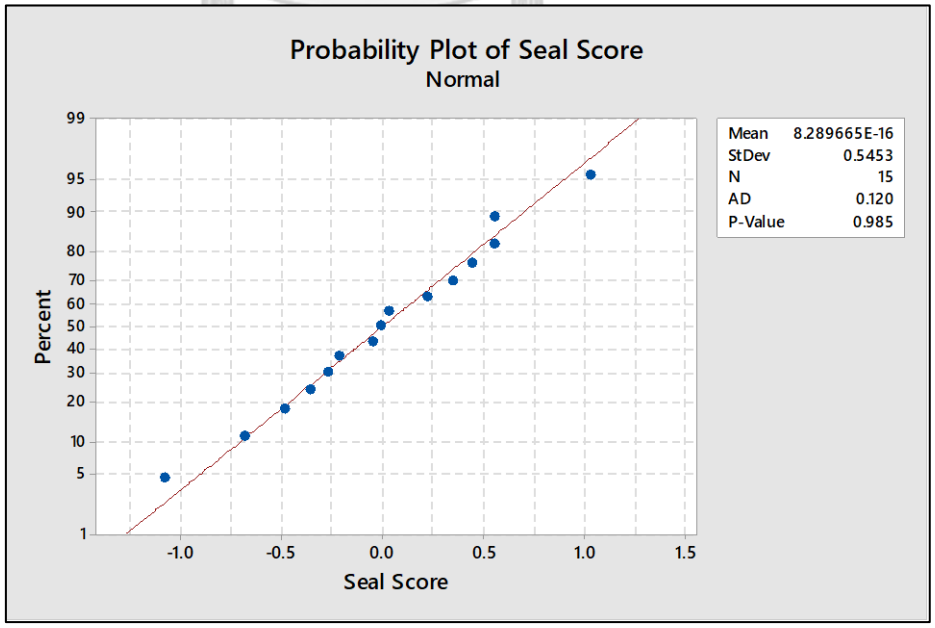
สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความร้อนในการซีลแนวนอนและระดับเวลาในการซีลที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) แสดงดังสมการที่ 4

Seal score = 7.971 - 0.900 Horizontal - 0.813 Time - 1.021 Horizontal*Horizontal - 0.750 Horizontal*Time (4)

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบสมมติฐานพบว่า สมการถดถอยที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลโดยได้ทดสอบส่วนตกค้างในเรื่องการแจกแจงแบบปกติของส่วนตกค้าง ความเป็นอิสระของส่วนตกค้าง และความคงที่ของความแปรปรวนของส่วนตกค้างของตัวแปรตอบสนองความสมบูรณ์ในการซีล ซึ่งพบว่าส่วนตกค้างของคะแนนความสมบูรณ์ในการซีลผ่านสมมติฐานทั้งสามข้อ จึงสามารถนำสมการถดถอยที่ได้ไปใช้หาค่าที่เหมาะสมได้



รูปที่ 21 กราฟแสดงส่วนตกค้างของตัวแปรตอบสนองความสมบูรณ์ในการซีล

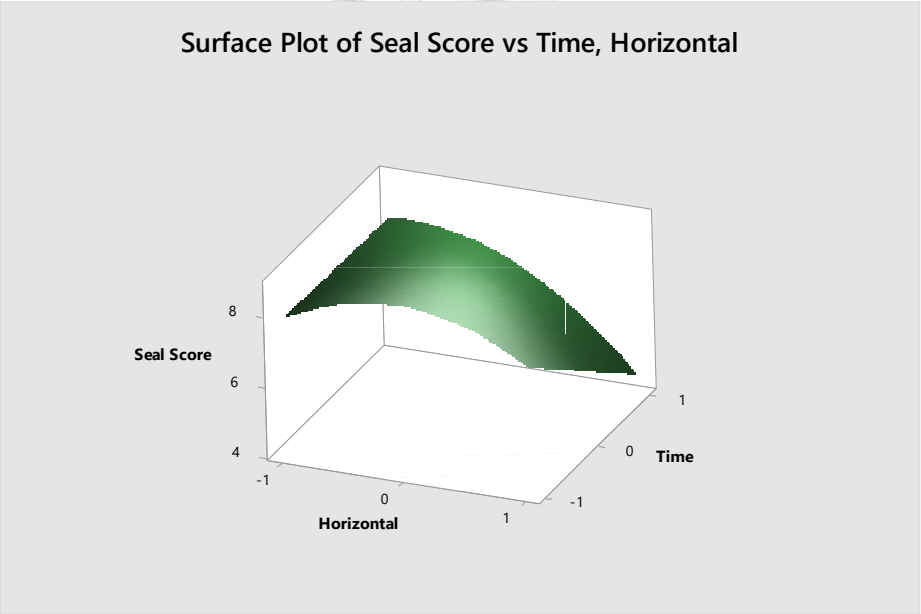


รูปที่ 22 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติของตัวแปรตอบสนองความสมบูรณ์ในการซีล

สมการถดถอยแบบลดรูปที่ได้ มีค่า R-squared adjusted สูงที่สุดเท่ากับ 73.59% และมีค่า R-squared เท่ากับ 81.14% ซึ่งหมายความว่า สมการถดถอยแบบลดรูปนี้สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลได้ 81.14% ซึ่งถือได้ว่าสมการถดถอยนี้มีความน่าเชื่อถือ

4.1.2 ผลการวิเคราะห์กราฟพื้นผิวตอบสนอง

พิจารณากราฟพื้นผิวตอบสนอง ดังรูปที่ 23 ของปัจจัยที่มีนัยสำคัญพบว่า ระดับความร้อนในการซีลแนวนอน (Horizontal) และระดับเวลาในการซีล (Time) มีผลต่อตัวแปรตอบสนองในลักษณะดังนี้



รูปที่ 23 กราฟพื้นผิวตอบสนองของปัจจัยระดับความร้อนในการซีลแนวนอน (Horizontal) และระดับเวลาในการซีล (Time)

เมื่อระดับเวลาในการซีลเป็น 4 เมื่อเพิ่มระดับความร้อนในการซีลแนวนอนจากระดับ 4 เป็นระดับ 5 จะทำให้คะแนนความสมบูรณ์ในการซีลเกิดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อระดับเวลาในการซีลเป็น 5 เมื่อเพิ่มระดับความร้อนในการซีลแนวนอนจากระดับ 4 เป็นระดับ 5 พบว่าคะแนนความสมบูรณ์ในการซีลลดลงเล็กน้อย แต่หากเพิ่มระดับความร้อนในการซีลแนวนอนจากระดับ 5 เป็นระดับ 6 จะทำให้คะแนนความสมบูรณ์ในการซีลลดลงอย่างชัดเจนไม่ว่าระดับเวลาในการซีลจะเป็นเท่าใด นอกจากนี้ยังพบว่า ที่ระดับความร้อนในการซีลแนวนอนระดับ 4 เมื่อเพิ่มระดับเวลาในการซีล คะแนนความสมบูรณ์ในการซีลไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อระดับความร้อนในการ

ซีลแนวนอนเพิ่มระดับมากขึ้นเป็นที่ระดับ 6 เมื่อเพิ่มระดับเวลาในการซีล จะทำให้คะแนนความสมบูรณ์ในการซีลลดลงอย่างชัดเจน

ผู้วิจัยได้อธิบายเหตุผลของผลการทดลองที่เกิดขึ้น โดยอธิบายผลของปัจจัยระดับความร้อนในการซีลแนวนอนได้ว่า เมื่อใช้เวลาในการซีลไม่มาก หากเพิ่มระดับความร้อนในการซีลสูงขึ้น จะทำให้ความสมบูรณ์ของการซีลดีขึ้นโดยพิจารณาจากรอยในการซีลมีความสมบูรณ์มากขึ้น แต่หากให้ความร้อนในระดับที่สูงเกินไป จะทำให้บริเวณที่ทำการซีลเกิดรอยไหม้ได้ ในขณะที่เมื่อใช้เวลาในการซีลมาก หากเพิ่มระดับความร้อนในการซีลสูงขึ้น จะทำให้ความสมบูรณ์ของการซีลลดลงเนื่องจากรอยซีลจะไหม้และมีความไม่สม่ำเสมอ ในส่วนผลของเวลาในการซีล ก็สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อใช้ระดับความร้อนในการซีลแนวนอนที่มาก ร่วมกับการใช้เวลาในการซีลมากขึ้น จะทำให้เกิดการหลอมเหลวของวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มากเกินไปจนทำให้เกิดรอยไหม้ได้

4.1.3 การหาค่าเหมาะสมของปัจจัย

หาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้คะแนนความสมบูรณ์ของการซีลมีค่ามากที่สุดด้วยฟังก์ชัน Response Optimizer จากโปรแกรม Minitab โดยค่าที่ยอมรับได้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 5 (ไม่ก่อให้เกิดของเสียประเภทถุงรั่ว) พบว่า จะได้ความสมบูรณ์มากที่สุดที่คะแนน 8.78 หากตั้งระดับความร้อนในการซีลแนวนอนในหน่วยแบบค่ารหัสที่ระดับ -0.0707 ซึ่งเป็นค่าในหน่วยจริงเท่ากับระดับ 4.93 และระดับเวลาในการซีลที่ระดับ -1 ซึ่งคิดเป็นค่าในหน่วยรหัสจริงเท่ากับระดับ 4 ในทางปฏิบัติ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถปรับตั้งค่าระดับความร้อนในการซีลแนวนอนที่ระดับทศนิยมนี้ได้ จึงต้องทำการปรับค่าปัจจัยนี้ให้เป็นจำนวนเต็ม ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เปรียบเทียบคะแนนความสมบูรณ์ที่ระดับความร้อนในการซีลแนวนอนสองทางเลือกในหน่วยแบบค่าจริงที่สามารถปรับตั้งได้คือที่ระดับ 4 และ 5 ดังแสดงในตารางที่ 13 และเลือกทางเลือกที่ทำให้ได้ค่าทำนายของคะแนนความสมบูรณ์ในการซีลสูงที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 ค่าคะแนนความสมบูรณ์ในการซีลเปรียบเทียบที่สองทางเลือกของระดับปัจจัย

ระดับความร้อน ในการซีลแนวนอน	ระดับเวลา ในการซีล	คะแนนความสมบูรณ์ ในการซีล
4	4	7.91
5	4	8.78

จากการเปรียบเทียบคะแนนความสมบูรณ์ในการซีลพบว่าการตั้งค่าความร้อนในการซีลแนวนอนที่ระดับ 5 และเวลาในการซีลที่ระดับ 4 เป็นทางเลือกที่ส่งผลให้คะแนนความสมบูรณ์ในการซีลสูงกว่าจึงเลือกทางเลือกนี้มาทำการทดลอง

4.1.4 การทดลองยืนยันผล

ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างถุงนมเพื่อดูความสมบูรณ์ของการซีลจำนวน 100 ถุงที่ระดับความร้อนในการซีลแนวนอนเท่ากับ 5 และระดับเวลาในการซีลเท่ากับ 4 ได้ผลคือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสมบูรณ์ในการซีลเท่ากับ 8.84 ซึ่งคลาดเคลื่อนไปจากคำทำนาย 0.68% โดยเป็นความคลาดเคลื่อนที่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และค่าคะแนนความสมบูรณ์ของการซีลหลังปรับปรุงนี้มีค่ามากขึ้นกว่าคะแนนก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.71 โดยหลังปรับปรุง รอยซีลที่เกิดขึ้นมีความสม่ำเสมอและไม่มีรอยไหม้ โดยหลังปรับปรุงคาดว่าจะทำให้ต้นทุนของเสียลดลง 953,000 บาทต่อปี หลังจากนั้นผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในช่วงเวลาตั้งแต่เดือนธันวาคม 2564 ถึงเดือนมกราคม 2565 จำนวนมากกว่า 4,700 ถุงพบว่า ไม่มีของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดเกิดขึ้นเลยเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุงที่มีสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดสูงถึงร้อยละ 0.9

4.2 การปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการวิเคราะห์การถดถอย

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยทำการทดสอบส่วนตกค้างในเรื่องการแจกแจงแบบปกติของส่วนตกค้าง ความเป็นอิสระของส่วนตกค้าง และความคงที่ของความแปรปรวนพบว่าส่วนตกค้างไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติจึงต้องทำการแปลงข้อมูล หลังจากแปลงข้อมูลจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนอีกครั้งพบว่า มีผลกระทบที่มีนัยสำคัญที่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มี 5 เทอม ได้แก่ ผลกระทบหลักของเวลาในการบรรจุและองศาหัวจ่ายน้ำนม เทอมกำลังสองของเวลาและองศาหัวจ่ายน้ำนม และผลกระทบร่วมระหว่างเวลาในการบรรจุ*องศาหัวจ่ายน้ำนม ดังแสดงในรูปที่ 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Response Surface Regression: Volume versus Time, Angle

Method

Box-Cox transformation λ = 2.5

Stepwise Selection of Terms

α to enter = 0.05, α to remove = 0.05

Analysis of Variance for Transformed Response

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	21704.9	4341.0	1286.13	0.000
Linear	2	21532.2	10766.1	3189.74	0.000
Time	1	1096.4	1096.4	324.84	0.000
Angle	1	20435.8	20435.8	6054.64	0.000
Square	2	122.7	61.3	18.17	0.002
Time*Time	1	122.0	122.0	36.15	0.001
Angle*Angle	1	24.7	24.7	7.32	0.030
2-Way Interaction	1	50.0	50.0	14.82	0.006
Time*Angle	1	50.0	50.0	14.82	0.006
Error	7	23.6	3.4		
Lack-of-Fit	3	23.5	7.8	243.69	0.000
Pure Error	4	0.1	0.0		
Total	12	21728.5			

Model Summary for Transformed Response

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.83718	99.89%	99.81%	99.02%

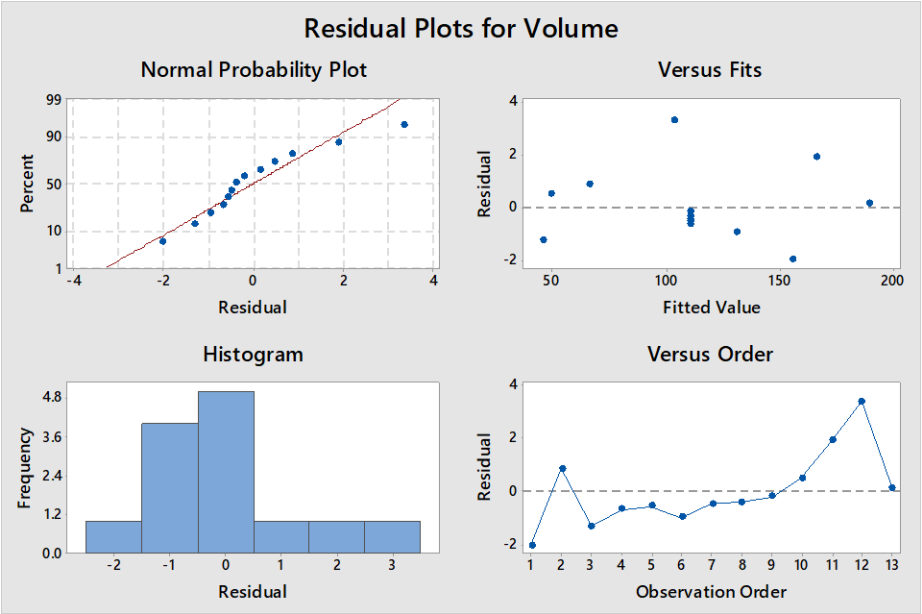
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด

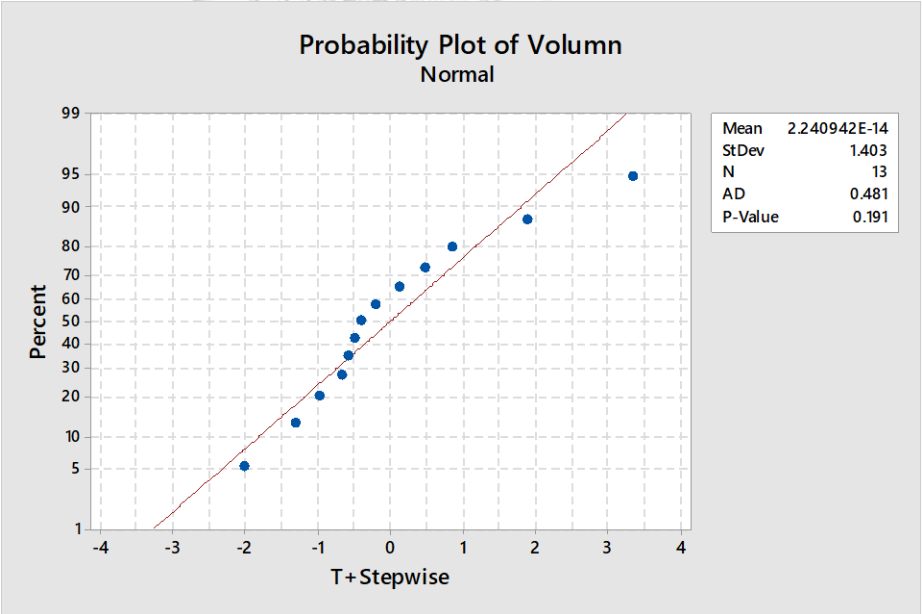
สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการบรรจุและองศาหัวจ่ายน้ำนมที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) แสดงดังสมการที่ 5

$$\frac{\text{Volume}^{1.5}}{2.5*259.72^{1.5}} = 110.657 + 13.518\,\text{Time} - 58.361\,\text{Angle} + 6.65\,\text{Time} * \text{Time}^{2.99}\,\text{Angle} * \text{Angle} - 3.536\,\text{Time} * \text{Angle} \quad (5)$$

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบสมมติฐานพบว่า สมการถดถอยที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูลโดยได้ทดสอบส่วนตกค้างในเรื่องการแจกแจงแบบปกติของส่วนตกค้าง ความเป็นอิสระของส่วนตกค้าง และความคงที่ของความแปรปรวนของส่วนตกค้างของตัวแปรตอบสนองปริมาตรในการบรรจุ ซึ่งพบว่าส่วนตกค้างของปริมาตรในการบรรจุผ่านสมมติฐานทั้งสามข้อ จึงสามารถนำสมการถดถอยที่ได้ไปใช้หาค่าที่เหมาะสมได้



รูปที่ 25 กราฟแสดงส่วนตกค้างของตัวแปรตอบสนองปริมาตรในการบรรจุ

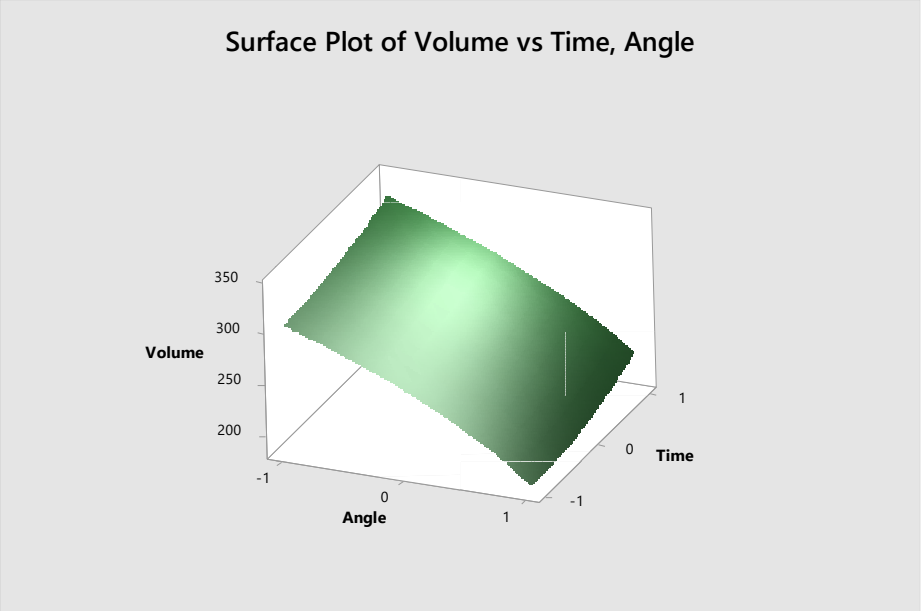


รูปที่ 26 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติของตัวแปรตอบสนองปริมาตรในการบรรจุ

สมการถดถอยแบบลดรูปที่ได้ มีค่า R-squared adjusted สูงที่สุดเท่ากับ 99.81% และมีค่า R-squared เท่ากับ 99.89% ซึ่งหมายความว่า สมการถดถอยแบบลดรูปนี้สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลได้ 99.89% ซึ่งถือได้ว่าสมการถดถอยนี้มีความน่าเชื่อถือ

4.2.2 ผลการวิเคราะห์กราฟพื้นผิวตอบสนอง

พิจารณากราฟพื้นผิวตอบสนอง ดังรูปที่ 27 ของปัจจัยที่มีนัยสำคัญพบว่า เวลาในการบรรจุ (Time) และองศาหัวจ่ายน้ำนม (Angle) มีผลต่อตัวแปรตอบสนองในลักษณะดังนี้



รูปที่ 27 กราฟพื้นผิวตอบสนองของปัจจัยเวลาในการบรรจุ (Time) และองศาหัวจ่ายน้ำนม (Angle)

เมื่อเวลาในการบรรจุพบว่าเมื่อเมื่อปรับองศาหัวจ่ายจากมุม 45 องศา และองศาหัวจ่ายน้ำนมเป็นมุม 135 องศา จะทำให้ปริมาตรในการบรรจุลดลงโดยมีความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้ง และเมื่อเพิ่มเวลาในการบรรจุมากขึ้นจากระดับ 37 เป็น 41 จะทำให้ปริมาตรในการบรรจุเพิ่มขึ้นโดยมีความสัมพันธ์เป็นโค้งอีกด้วย อีกทั้งยังพบความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยกล่าวคือ เมื่อตั้งค่าองศาหัวจ่ายน้ำนมที่ 45 องศาหากเพิ่มเวลาในการบรรจุจาก 37 เป็น 41 จะทำให้น้ำหนักน้ำนมเพิ่มขึ้น 29 กรัม แต่เมื่อตั้งค่าองศาหัวจ่ายที่ 135 องศา เมื่อเพิ่มเวลาการบรรจุจะทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นเพียง 25 กรัม

ผู้วิจัยได้อธิบายเหตุผลของผลการทดลองที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายผลกระทบหลักของปัจจัยองศาหัวจ่ายน้ำนมได้ว่าเมื่อให้เมื่อปรับมุมองศาการเปิดปิดหัวจ่ายน้ำนมมากขึ้นจะทำให้รูหัวจ่ายน้ำนมแคบลงซึ่งจะทำให้น้ำนมไหลได้ปริมาณน้อยลง ในส่วนผลของเวลาในการบรรจุก็สามารถอธิบายในทำนองเดียวกันได้ว่าเพื่อเมื่อเวลาในการบรรจุมากขึ้นจะทำให้น้ำนมในการบรรจุมีปริมาตรมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.3 การหาค่าเหมาะสมของปัจจัย

หาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุมีค่าต่ำที่สุดด้วยฟังก์ชัน Response Optimizer จากโปรแกรม Minitab โดยการกำหนดวัตถุประสงค์ของตัวแปรตอบสนองเป็นแบบ On Target นั่นคือกำหนดเป้าหมายในการบรรจุที่ 206 มิลลิลิตรหรือ 211.15 กรัม เนื่องจากเป็นค่าปริมาตรและน้ำหนักบรรจุที่คาดว่าทำให้เกิดต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรบรรจุต่ำที่สุดซึ่งได้ค่าที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าที่เหมาะสมของเวลาในการบรรจุและองศาหัวจ่ายน้ำนม

เวลาในการบรรจุ	องศาหัวจ่ายน้ำนม	น้ำหนักน้ำนม (กรัม)
39	126	211.34

4.2.4 การทดลองยืนยันผล

ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างถุงนมเพื่อชั่งน้ำหนักจำนวน 100 ถุงที่เวลาในการบรรจุเท่ากับ 39 และองศาหัวจ่ายน้ำนมเท่ากับ 126 ได้ผลคือ น้ำหนักน้ำนมเฉลี่ยที่ 213.41 กรัม ซึ่งคลาดเคลื่อนไปจากการทดลอง 0.98% โดยเป็นความคลาดเคลื่อนที่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และปริมาตรในการบรรจุมีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานคือ 200 มิลลิลิตรหรือ 205-210 กรัม มากขึ้นกว่าปริมาตรก่อนการปรับปรุงซึ่งมีค่าเท่ากับ 224.72 กรัม โดยสามารถสรุปผลการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการปรับปรุงปริมาตรในการบรรจุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช่วง	สถานการณ์	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักในการบรรจุ	Standard Deviation	สัดส่วนของเสีย	ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการบรรจุต่อ 100 ถุง
ก่อนการปรับปรุง 1	บรรจุตามมาตรฐาน	205-210	N/A	0.0188	369.1
ก่อนการปรับปรุง 2	เพิ่มปริมาตรบรรจุ	224.72	2.502	0	383.5
หลังปรับปรุง	ปริมาตรที่ทำให้ต้นทุนรวมที่เกี่ยวกับปริมาตรบรรจุต่ำที่สุด	213.41	2.579	0.0004	364.4

หลังปรับปรุงคาดว่าจะทำให้ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรการบรรจุลดลง 4,962,000 บาทต่อปี หลังจากนั้นผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในช่วงเวลาตั้งแต่เดือนธันวาคม 2564 ถึงเดือนมกราคม 2565 จำนวนมากกว่า 4,700 ถุงตามที่คำนวณไว้พบว่า มีของเสียจากปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดลดลงเหลือร้อยละ 0.04 ของปริมาณการผลิตเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุงที่มีสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องปริมาตรไม่ถึงกำหนดร้อยละ 0.63

4.3 การควบคุมกระบวนการหลังปรับปรุง

เพื่อคงค่าสัดส่วนของเสียที่ลดลงหลังการปรับปรุง ผู้วิจัยกำหนดมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานที่เหมาะสมโดยมีการตั้งค่าความร้อนในการซีลแนวนอนที่ระดับ 5 เวลาในการซีลที่ระดับ 4 เวลาในการบรรจุเท่ากับ 39 และองศาหัวจ่ายน้ำนมเท่ากับ 126 องศาพร้อมทั้งจัดทำแผนควบคุมโดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องหลักๆ ได้แก่ ปัจจัยที่ต้องควบคุม วิธีการควบคุม ความถี่ในการเก็บข้อมูล ผู้รับผิดชอบ ผู้ตรวจสอบ เพื่อควบคุมคุณภาพ ดังแสดงในตารางที่ 16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอน	จุดตรวจสอบ	เกณฑ์	ความถี่	เอกสารวิธีการปฏิบัติงาน	บันทึกที่เกี่ยวข้อง	ผู้ปฏิบัติงาน	ผู้ตรวจสอบ
1. การปรุงผสม	อุณหภูมิในการผสมเย็น	≤ 10 °C ไม่เกิน 30 นาที	ทุกวันก่อนเริ่มการผลิต	WI-PPas-Mix	F-PPas-Mix-01	พนักงานปรุงผสม	หัวหน้าแผนกผลิต
	อุณหภูมิในการผสมร้อน	40-60 °C ไม่เกิน 30 นาที			F-PPas-Mix-02		
2. การพาสเจอร์ไรส์และรอบรรจุ	อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ	85-90 °C	ทุกวันก่อนเริ่มการผลิต	WI-PPas-Pas	F-PPas-Pas-01	พนักงานพาสเจอร์ไรส์และพนักงานควบคุมเครื่องบรรจุ	หัวหน้าแผนก
	เวลาในการฆ่าเชื้อ	>15 วินาที					
	อุณหภูมินมออกจากชุดพาสฯ (นมเย็น)	≤ 4 °C					
	อุณหภูมิถังรอบรรจุ	≤ 6 °C					
	เวลาในการเก็บ	≤ 6 ชั่วโมง					
3. การบรรจุนมถุง	อุณหภูมิในการบรรจุ	≤ 6 °C	ทุกวันก่อนเริ่มการผลิต	WI-PPas-PSt	F-PPas-PSt-01 F-PPas-PSt-02 F-PPas-PSt-03 F-PPas-PSt-04	พนักงานควบคุมเครื่องบรรจุ	หัวหน้าแผนกผลิต
	นำผลิตภัณฑ์เข้าห้องเย็น	≤ 10 นาที					
	อุณหภูมิห้องเย็น	≤ 6 °C					
	อายุผลิตภัณฑ์นมรสจืด/นมปรุงแต่ง	10 วัน นับจากวันผลิต					
	อายุผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยว	15 วัน นับจากวันผลิต					
4. การปรับตั้งเครื่องจักร	ความร้อนในการซีลแนวนอน	5	ทุกวันก่อนเริ่มการผลิต	WI-PPas-PSt	F-PPas-PSt-05	ช่างประจำเครื่อง	หัวหน้าแผนก
	ความร้อนในการซีลแนวตั้ง	5					
	เวลาในการซีล	4					
	เวลาในการบรรจุ	39					
	องศาหัวจ่ายน้ำนม	126 องศา					

ตารางที่ 16 แผนควบคุมการผลิตนมพาสเจอร์ไรซ์

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์เพื่อลดสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดและปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนและการออกแบบพื้นผิวผลตอบสนองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF โดยใช้หลักการซิกซ์ ซิกมา (Six sigma) มาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุง สามารถลดสัดส่วนของเสียจากทั้งสองข้อบกพร่องนี้ลดลงจากร้อยละ 1.88 ของปริมาณการผลิตเหลือร้อยละ 0.39 โดยสามารถลดสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดลดลงจากรอยละ 0.9 ของปริมาณการผลิตเหลือรอยละ 0 และพบว่า สัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดลดลงจากร้อยละ 0.63 ของปริมาณการผลิตเหลือร้อยละ 0.04 แต่ยังมีของเสียจากข้อบกพร่องประเภทอื่นที่ไม่ได้อยู่ในขอบเขตของการปรับปรุงในงานวิจัยนี้ ซึ่งได้แก่ ซองไม่ได้ขนาด รั่วมุมและวันที่ไม่ติด รวมกันคิดเป็นร้อยละ 0.39 ของปริมาณการผลิต โดยสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

5.1 การปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องซีลไม่ติด

งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์เพื่อลดสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน เพื่อวิเคราะห์หาสมการถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสมบูรณ์ในการซีลและปัจจัยที่มีนัยสำคัญ ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่อาจทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดได้แก่ ระดับความร้อนในการซีลแนวตั้ง ระดับความร้อนในการซีลแนวนอน และระดับเวลาในการซีล พบว่า ปัจจัยที่มีนัยสำคัญได้แก่ ระดับความร้อนในการซีลแนวนอนและระดับเวลาในการซีล ซึ่งควรปรับตั้งที่ระดับ 5 และระดับ 4 ตามลำดับ หลังปรับปรุงพบว่า สัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทซีลไม่ติดลดลงจากรอยละ 0.9 ของปริมาณการผลิตเหลือรอยละ 0 ซึ่งสามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้

5.2 การปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับปัญหาเกี่ยวกับข้อบกพร่องปริมาตรไม่ถึงที่กำหนด

งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์เพื่อลดสัดส่วนของเสียจากข้อบกพร่องประเภทปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดโดยใช้การออกแบบพื้นผิวผลตอบสนองแบบส่วนประสมกลางแบบ CCF เพื่อวิเคราะห์หาสมการถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรในการบรรจุและปัจจัยที่มีนัยสำคัญ ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่อาจทำให้เกิดข้อบกพร่องประเภทปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดได้แก่ เวลาในการบรรจุและองศาหัวจ่ายน้ำนม พบว่า ปัจจัยที่มีนัยสำคัญได้แก่ เวลาในการบรรจุและองศาหัวจ่ายน้ำนม ซึ่งควรปรับตั้งที่ระดับ 39 และระดับ 126 ตามลำดับ หลังปรับปรุงพบว่า สัดส่วน

ของเสียจากข้อบกพร่องประเภทปริมาตรไม่ถึงที่กำหนดลดลงจากร้อยละ 0.63 ของปริมาณการผลิต เหลือร้อยละ 0.04 ซึ่งสามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้

5.3 ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ค่าปรับตั้งที่เหมาะสมที่พบในงานวิจัยนี้จะใช้ได้ในกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์ในส่วนของผลิตภัณฑ์นมรสจืดที่มีค่าความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.025-1.035 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร เท่านั้น

2. ปัจจัยที่ได้ศึกษาเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องบรรจุนมชนิดถุงแบบระบบเติมนมแบบโน้มถ่วงเท่านั้น

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ผลการปรับปรุงกระบวนการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์ในงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการบรรจุนมรสชาติอื่น ๆได้แต่ต้องคำนึงถึงค่าความถ่วงจำเพาะในน้ำนมที่แตกต่างกันในแต่ละรสชาติ

2. มีข้อบกพร่องอื่นที่ส่งผลกระทบต่อของเสียในการบรรจุนมพาสเจอร์ไรซ์นอกเหนือจากที่ได้ทำการปรับปรุงแล้วเช่น ซองไม่ได้ขนาด รั่วมุมและวันที่ไม่ติด

3. สามารถนำวิธีการดำเนินการวิจัยเพื่อไปประยุกต์ใช้กับเครื่องบรรจุนมชนิดถุงระบบอื่น ๆ ได้แต่ต้องคำนึงที่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองของเครื่องบรรจุนมชนิดถุงของระบบอื่น ๆนั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ผลงานวิจัยนี้ได้มีการเผยแพร่ในการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2565 ในระหว่างวันที่ 11-12 พฤษภาคม 2565 ในรูปแบบออนไลน์ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ โดยมีข้อซักถามอยู่ 2 ประเด็น คือ 1.เกณฑ์การคัดเลือกปัจจัยที่นำมาศึกษาต่อ ซึ่งอธิบายไว้ดังตารางที่ 4 โดยเลือกปัจจัยที่มีผลรวมของคะแนนสูงมาทำการศึกษาต่อ 2.ทำไมจึงต้องใช้สูตรการคำนวณหาขนาดตัวอย่างทั้งแบบสัดส่วนและแบบค่าเฉลี่ย ซึ่งอธิบายได้ว่า สูตรการหาขนาดตัวอย่างแบบสัดส่วนใช้ในกรณีเพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง ส่วนสูตรการหาขนาดตัวอย่างแบบค่าเฉลี่ยใช้ในการคำนวณจำนวนถุงนมที่ต้องเก็บในแต่ละครั้งการทดลองเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของคะแนนความสมบูรณ์ในการซีลและค่าเฉลี่ยของปริมาตรน้ำนมที่บรรจุ

บรรณานุกรม

[1] แผนกติดตามและประเมินผลกองแผนงานและโครงการฝ่ายนโยบายและแผนงาน, รายงานประจำปี *2562*. สระบุรี: องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย, 2562.

[2] L. Meunier-Goddik and S. Sandra, "Liquid Milk Products: Pasteurized Milk☆," in *Reference Module in Food Science*: Elsevier, 2016.

[3] กองควบคุมอาหาร, คู่มือการตรวจสถานที่ผลิตตามหลักเกณฑ์ *GMP* นมพร้อมบริโภคชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนโดยวิธีพาสเจอร์ไรส์. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2551.

[4] ป. ชุติมา, การออกแบบและการวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

[5] M. Das and T. Chowdhury, "Heat sealing property of starch based self-supporting edible films," *Food Packaging and Shelf Life,* vol. 9, pp. 64-68, 2016/09/01/ 2016, doi: https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.05.002.

[6] B. A. Morris, "7 - Heat Seal," in *The Science and Technology of Flexible Packaging*, B. A. Morris Ed. Oxford: William Andrew Publishing, 2017, pp. 181-257.

[7] M. F. Rahaman, S. Bari, and D. Veale, "Flow investigation of the product fill valve of filling machine for packaging liquid products," *Journal of Food Engineering,* vol. 85, no. 2, pp. 252-258, 2008/03/01/ 2008, doi: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.020.

[8] M. Simões, R. F. Martins, and M. Marmé, "Failure analysis of a filling valve from a Brewery's beer filler," *Engineering Failure Analysis,* vol. 93, pp. 87-99, 2018/11/01/ 2018, doi: https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2018.07.012.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาว เกษธนา ลือกิจนา
วัน เดือน ปี เกิด	18 ตุลาคม 2538
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลพัทลุง จังหวัดพัทลุง
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา การจัดการและโลจิสติกส์
ที่อยู่ปัจจุบัน	65/33 ซอย รามอินทรา 14 ถนน รามอินทรา แขวง ท่าแร้ง เขต บางเขน จังหวัด กรุงเทพมหานครฯ รหัสไปรษณีย์ 10230

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY