การลดต้นทุนความสูญเสียในโซ่อุปทานความเย็น โดยใช้หลักการควบคุมกระบวนการผลิต : กรณีศึกษาโรงงานผลิตขนมหวานบรรจุถ้วย

ชัชกรน์ ศรัณย์เวชกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2561

Quality control cooling supply chain:A Case study of sweet dessert

Chadchakorn Sarunvetchakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

2018

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดต้นทุนความสูญเสียในโซ่อุปทานความเย็น โดยใช้หลักการควบคุมกระบวนการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานผลิตขนมหวานบรรจุถ้วย
ชื่อผู้เขียน	ชัชกรน์ ศรัณย์เวชกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทางวิศวกรรม)
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเทคนิคการศึกษาวิธีการทำงานมาใช้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและเก็บข้อมูล เริ่มจากการศึกษากระบวนการทำงานของการบรรจุของสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ และกระบวนการลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำเย็น ซึ่งได้มีจุดควบคุมอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 20 องศา ก่อนเก็บสินค้าลงลังจัดเก็บเพื่อนำไปเก็บในห้องเย็นที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 1-5 องศา ทั้งนี้พบปัญหาคือการลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำเย็นไม่สามารถลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ได้ ทางผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาบ่อหล่อเย็นที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีการเพิ่มช่องปล่อยน้ำเย็นจากเดิม 1 ช่อง เป็น 8 ช่องทั่วบ่อทำให้น้ำเย็นช่วยสัมผัสกับสินค้าได้ทั่วถึงมากขึ้นกว่าเดิม และบ่อได้มีการหุ้มฉนวนเพื่อเก็บความเย็นได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งช่วยให้สินค้าลดอุณหภูมิได้ตามเกณฑ์มาตรฐานซึ่งจากเดิม สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ตามเกณฑ์ได้เพียง 85% ของผลิตภัณฑ์จำนวน 40 ถ้วย(ระยะเวลา 30นาที) หลังจากปรับปรุงกระบวนการหล่อเย็นแล้วน้ำในบ่อหล่อเย็นมีอุณหภูมิลดลงกว่าเดิมถึง50% ซึ่งจากเดิม 15องศาเหลือเพียง 7องศา และสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ตามเกณฑ์ได้ทั้งหมด 100% ของผลิตภัณฑ์จำนวน 40 ถ้วย(ระยะเวลา 30 นาที) ทั้งยังสามารถลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้นกว่าเดิมถึง 25%

คำหลัก ผลิตภัณฑ์ บ่อหล่อเย็น น้ำหล่อเย็น การศึกษาวิธีการทำงาน

Thesis Title	Quality control cooling supply chain: A Case study of Sweet dessert
Author	Chadchakorn Sarunvetchakul
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Suparatchai Vorarat
Department	Master of Engineering in Engineering Management
Academic Year	2017

ABSTRACT

This research aims to improve the cooling of the product. The researchers applied the technique to study the methods used to analyze the problem and work data. From the process of filling the production lines of products. And process cooling by using cold water. Which has a temperature of 20 degrees at the first store to store power. To be kept in a cool room with controlled temperature 1-5 degrees. The problem is to reduce the temperature by using cold water to reduce the temperature of the product. The researcher has designed and developed a more efficient cooling pond. The additional release of water from one channel into 8 channels across the pond water makes contact with the product to be more thorough than ever. And more wells are insulated to keep cool even betterThis product helps reduce the temperature as a benchmark from which. Products can meet only 85% of the 40 cups (30 minutes).After the update process cooling temperature is lower than 50% and from 15 degrees to 7 degrees, and can store products based on 100% of the 40 cups (30 minutes). It can also lower the temperature of the product was mor than 25% keyword product cooling pond for water, study how it works.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ ผู้อำนวยการหลักสูตรปริญญาโท สาขาการจัดการทางวิศวกรรม และอาจารย์ บุญชัย แซ่สิ้ว ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำ ระเบียบวิธีวิจัย การแก้ไขข้อบกพร่องในจุดต่างๆ จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ อันเป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้เสร็จลุล่วงไปด้วยดีตามวัตถุประสงค์

ผู้วิจัย ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้และ โรงงานที่ให้ผู้ทำวิจัยได้เข้าไปเก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ ศรัณย์ และคุณแม่ ศิริรัตน์ บิดา มารดา ของผู้ทำวิจัย เพื่อนร่วมงาน และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนทำให้ผู้ทำวิจัยสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้ หากข้อมูลการทำวิจัยนี้มีข้อผิดพลาดใดๆ ผู้ทำวิจัยขอน้อมรับฟังและแก้ไขในโอกาสต่อไป

ชัชกรน์ ศรัณย์เวชกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย …….	ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ…….	ง
กิตติกรรมประกาศ……..	จ
สารบัญตาราง.....……	ซ
สารบัญภาพ.....…….....…….….	ญ
บทที่	
1. บทนำ……..….	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา….....……...	1
1.2 วัตถุประสงค์ ...……..……...…...……	2
1.3 ขอบเขต...……..……...…...……...…...	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……..……...…...…….	2
1.5 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ……..……...…...…..	3
1.6 แผนการดำเนินการ……..……...…...……..…	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง……..……..	4
2.1 การจัดการระบบสายโซ่ความเย็น (Cold Chain)…….	4
2.2 กระบวนการพาสเจอไรซ์…….…….	7
2.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate heat exchanger)…….	11
2.4 การลดอุณหภูมิ (Pre-cooling) ……..……	15
2.5 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง……..……	18
2.6 ความสามารถของกระบวนการ……..…….……	24
2.7 แผนชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ……..……..……	27
2.8 ระดับคุณภาพที่ยอมรับ……..……..……	30
3. ระเบียบวิธีวิจัย……..…...……...……..	33
3.2 โซ่อุปทานความเย็นผลิตภัณฑ์ ……	34
3.3 การศึกษาและการเก็บข้อมูลคุณภาพในขั้นตอนกระบวนการหล่อเย็น……..	37
3.4 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	44

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. การวิเคราะห์ปัญหาและแนวคิดในการปรับปรุง……	46
4.1 การวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล แนวทางการแก้ไข……	46
4.2 การนำเครื่องมือมาใช้ในการหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต……	47
4.3 สรุปผลการดำเนินการทดลอง……	60
5.สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ……	64
5.1 สรุปผลการวิจัย……	64
5.2 อภิปรายผลการวิจัย……	65
5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย……	66
บรรณานุกรม……	67
ภาคผนวก……	70
ก รูปออกแบบ บ่อหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์……	71
ข บ่อหล่อเย็นใช้สำหรับลดอุณหภูมิสินค้า ……	73
ประวัติผู้เขียน ……	75

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แสดงมูลค่าความเสียหายที่เกิดจากสินค้าอุณหภูมิไม่ตรงตามมาตรฐาน……... 2
2.1 การเก็บรักษาผลผลิตด้วยความเย็น…… 6
2.2 แสดงค่าค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ……... 27
2.3 แสดงค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ……... 27
2.4 แนวทางการประยุกต์ใช้แผนชักตัวอย่างเพื่อยอมรับ……..... 29
3.1 แสดงมูลค่าความเสียหายที่เกิดจากสินค้าอุณหภูมิไม่ตรงตามมาตรฐาน…… 34
3.2 ตารางแสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์ เดือน มกราคม – กุมภาพันธ์
และมีตัวไหนถูกตีกลับบ้าง……..…….... 34
3.3 ตารางสรุปอุณหภูมิในภาพที่ 3.1……..…….... 35
3.4 ตารางแสดงข้อมูลอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหล่อเย็น……..... 42
3.5 ตารางแสดงข้อมูลอุณหภูมิผลิตภัณฑ์……..…….... 43
4.1 ตารางแสดงข้อมูลการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ก่อนปรับปรุง……..... 46
4.2 แสดงหัวข้อปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา.....……..... 48
4.3 สเปคฉนวนหุ้มท่อ……..…….... 52
4.4 ตารางแสดงข้อมูลอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหล่อเย็น หลังปรับปรุง……. 61
4.5 สรุปผลการทดลอง……..…….... 63
5.1 ข้อมูลการผลิตเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง……..... 65

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 การเก็บผลิตภัณฑ์ที่ Cold Room ……...…… 5

2.2 รูปสายกระบวนการ Cool Chain ……...…… 7

2.3 ระบบพาสเจอไรซ์ในภาชนะปิดผนึกสนิท (in-container pasteurization)…….. 8

2.4 หม้อใช้ในการพาสเจอไรซ์ระบบต้ม……...……... 9

2.5 การแลกเปลี่ยนความร้อนภายในท่อ……...……... 10

2.6 ระบบฆ่าเชื้อแบบท่อ……...……..... 10

2.7 รูปอุปกรณ์ Plate Heat Exchang……...……..... 12

2.8 การใส่ประเก็บบนแผ่น Plate Heat Exchanger……..... 12

2.9 ตัวอย่างแผนเพลสฮีส……..... 13

2.10 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนใน in-line pasteurization……... 14

2.11 การลดอุณหภูมิแบบ Room Cooling……..... 15

2.12 การใช้ Forced air cooling แบบ Tunnel Cooler……..... 17

2.13 ระบบหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น……..... 18

2.14 แผนภูมิควบคุม……..... 21

2.15 ภาพแผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นถึงความผิดปกติ 7 จุด..... 22

2.16 ภาพแผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นถึงความผิดปกติ 14 จุด..... 22

2.17 ภาพแผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นถึงความผิดปกติแบบ 4 ใน 5 จุด……... 23

2.18 ภาพแผนภูมิที่เกิดแนวโน้ม……... 23

2.19 กราฟความสามารถของกระบวนการเมื่อ Cp เท่ากับ 1…...……... 26

2.20 การจำแนกประเภทแผนชักตัวอย่าง…….. 29

3.1 โซ่อุปทานความเย็นผลิตภัณฑ์ A001…….. 35

3.2 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตขนมหวาน……...…… 37

3.3 การทำงานของบ่อหล่อเย็น……....…… 38

3.4 อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ ก่อนทำการลดอุณหภูมิ 75.8 °C……....…….. 38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.5 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิท้ายบ่อ…… 39

3.6 อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการหล่อเย็นลดอุณหภูมิแล้ว……... 39

3.7 เครื่องทำความเย็น……... 40

3.8 ห้องเย็นเก็บผลิตภัณฑ์……..... 41

3.9 รถห้องเย็น……..…….... 41

3.10 การวิเคราะห์ อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ A001……..... 43

3.11 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพกระบวนการผลิต อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ A001…… 44

4.1 การวิเคราะห์อุณหภูมิโดยใช้ IM R Chart
(การหล่อเย็นก่อนการปรับปรุงบ่อหล่อเย็น) ……..... 47

4.2 แผนภาพแสดงสาเหตุและผลของปัญหาอุณหภูมิ
ของผลิตภัณฑ์ไม่ตรงตามมาตรฐาน……..……..... 48

4.3 การจัดอบรมพนักงานเพิ่มเติมทักษะ……..……..... 50

4.4 การจัดอบพรมพนักงานเพิ่มเติมทักษะ……..……..... 50

4.5 การหุ้มฉนวนบ่อน้ำเย็นก่อนปรับปรุง ภาพงานหุ้มฉนวนเดิม
บนท่อส่งน้ำเย็นขนาด 1 นิ้ว และหุ้มโดยใช้เทปพันแอร์
ทำให้เกิดการ condense…… 51

4.6 การหุ้มฉนวนท่อน้ำเย็นหลังปรับปรุงฉนวนหุ้มท่อขนาด 20 มม.…… 51

4.7 บ่อหล่อเย็นระบบเดิม…… 54

4.8 ระบบบ่อหล่อเย็นเดิม…… 54

4.9 ระบบบ่อหล่อเย็นเดิม…… 54

4.10 บ่อหล่อเย็นใหม่……..…… 55

4.11 ชั้นโฟมฉนวนป้องกันความเย็น……..… 55

4.12 ภาพแสดงเครื่องบ่อหล่อเย็นหลังการปรับปรุง……..… 56

4.13 Flow ขั้นตอนการเบิกจ่ายสินค้าสำเร็จ……. 57

4.14 เอกสารบันทึกการลดอุณหภูมิ……. 58

4.15 ห้องเย็นเก็บผลิตภัณฑ์……. 58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.16 กำหนดการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ในคลังเย็น PD2 เป็นห้องจัดเก็บผลิตภัณฑ์
ต่อจากห้อง PD1 ใช้สำหรับจัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่มีความเย็น <10°C
การจัดเก็บเรียงตามหมายเลข…… 59
4.17 แผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับเชิงเดี่ยวแบบเคร่งครัด……... 60
4.18 การวิเคราะห์อุณหภูมิโดยใช้ IM R Chart หลังปรับปรุง……... 62
4.19 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพกระบวนการผลิตหลังปรับปรุง……... 62

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโซ่ความเย็นในอุตสาหกรรมอาหาร (Food Cold Chain) เริ่มเข้ามามีบทบาทในการจัดการผลิตผลทางการเกษตรและผลิตภัณฑ์อาหารตลอดโซ่อุปทานจากช่วงหลังการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งถึงผู้บริโภคนั้น ต้องอาศัยระบบการดูแลเก็บรักษาเป็นพิเศษโดยเฉพาะการใช้โซ่ความเย็นเพื่อเพิ่มมูลค่าในผลิตผลเกษตรและผลิตภัณฑ์ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ทั้งในด้านคุณภาพและความปลอดภัย ประเทศไทยอุดมสมบูรณ์ ไปด้วยอาหารหลากหลายชนิด สำหรับขนมหวานก็เป็นอาหารชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยม โดยปัจจุบันรูปแบบของขนมหวานได้มีการพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่าย ทั้งในห้างสรรพสินค้า ร้านค้าสมัยใหม่ หรือแม้กระทั้งร้านสะดวกซื้อ ซึ่งปัจจัยที่มีผลมากที่สุดกับอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร (ขนมหวาน) ที่มีน้ำกะทิเป็นส่วนประกอบจากกระบวนการผลิตสินค้าครั้งละมากๆ คือกระบวนการยืดอายุสินค้าจากสินค้า ปกติขนมหวาน หรืออาหารที่มีกะทิเป็นส่วนประกอบจะมีอายุในการจัดเก็บเพียง 1 วัน การควบคุมอุณหภูมิจัดเก็บสินค้าหลังจากกระบวนการฆ่าเชื้อที่สมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ หรือที่เรียกว่ากระบวนการ (พาสเจอร์ไรส์) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ที่ 10 - 15 วัน

จากการศึกษาข้อมูลของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาในกระบวนการผลิต อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร (ขนมหวาน) โดยรูปแบบการผลิตสินค้าส่วนใหญ่เป็นการผลิตแบบครั้งละมากๆ ซึ่งลูกค้าได้แก่ร้านสะดวกซื้อ และร้านค้าสมัยใหม่ ดังนั้นโรงงานจึงต้องมีการควบคุมคุณภาพของสินค้าตามมาตรฐานของ GMP และ HACCP เพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพ และเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับลูกค้า ปัจจุบันกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมหวานบรรจุถ้วย การบรรจุผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสุทธิที่ 65-75 องศา และต้องลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามเกณฑ์ที่ 20 องศา ปัจจุบันวิธีลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์โดยใช้น้ำเย็น ซึ่งปัจจุบันต้องใช้ระยะเวลา 35-40 นาที จากในเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2560 ทางโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาได้ถูกข้อร้องเรียนจากทางลูกค้าในการส่งสินค้าที่มีอุณหภูมิไม่ได้ตามที่ตกลง ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหาย ตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงมูลค่าความเสียหายที่เกิดจากสินค้าอุณหภูมิไม่ตรงตามมาตรฐาน

เดือน	จำนวนสินค้าที่ถูกตีกลับ (ถ้วย)	มูลค่าความเสียหาย (บาท)
มกราคม 2560	6,230	93,450
กุมภาพันธ์ 2560	4,522	67,830

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อโซ่ความเย็นในอุตสาหกรรมอาหาร
2. เพื่อลดข้อร้องเรียนจากทางลูกค้าในการส่งสินค้าที่มีอุณหภูมิไม่ได้ตามมาตรฐาน
3. เพื่อลดเวลาในขั้นตอนการลดอุณหภูมิ (Cool Down)

1.3 ขอบเขต

1. การศึกษาวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร (ขนมหวาน) แห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา
2. ในการศึกษาวิจัยฉบับนี้ทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิตขนมหวานของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ในส่วนของสินค้าอุณหภูมิไม่ได้มาตรฐาน
3. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการควบคุมคุณภาพโซ่อุปทานความเย็นในผลิตภัณฑ์ A001 เท่านั้น
4. ลดความสูญเสียที่เกิดจากอุณหภูมิสินค้าไม่ได้มาตรฐานตามที่ลูกค้ากำหนดในผลิตภัณฑ์ A001 เท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงปัญหาการลดอุณหภูมิที่ไม่มีประสิทธิภาพ และจัดการแก้ไขได้อย่างถูกต้อง
2. ลดต้นทุนการสูญเสียผลิตภัณฑ์ซึ่งเกิดจากกระบวนการ Cool down ที่ไม่มีประสิทธิภาพ
3. ปรับปรุงระบบ Cool down ให้รองรับกับกำลังการผลิตที่มากขึ้นเพียงพอกับความต้องการของลูกค้า

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาหาข้อมูลหลักการทำงานของระบบหล่อเย็น
2. เก็บข้อมูลประสิทธิภาพการทำงานของระบบหล่อเย็น
3. วิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหา
4. ดำเนินการแก้ไขเครื่องจักร
5. ทดสอบการทำงานของเครื่องจักร
6. เก็บข้อมูลที่ผ่านการดำเนินการแก้ไขแล้ว
7. สรุปผลและเสนอแนะผลการดำเนินงาน

1.6 แผนการดำเนินการ

ลำดับ	ขั้นตอนการวิจัย	ระยะเวลา (เดือน) 2560					หมายเหตุ
		มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	
1	ศึกษาหาข้อมูลหลักการทำงานของระบบหล่อเย็น	⟷					
2	เก็บข้อมูลประสิทธิภาพการทำงานของระบบหล่อเย็น		⟷				
3	วิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางการแก้ไข		⟷				
4	ดำเนินการแก้ไขเครื่องจักร		⟷	⟷	⟷		
5	ทดสอบการทำงานเครื่องจักรหลังปรับปรุง				⟷		
6	เก็บข้อมูลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรหลังปรับปรุง				⟷		
7	สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ				⟷	⟷	

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการระบบสายโซ่ความเย็น (Cold Chain)

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องการบรรจุประเภทต่างๆ สำนักงานสำมะโนประชากรโลกดูเหมือนว่าอัตราการเติบโตของประชากรจะเพิ่มขึ้นทุกปี ความต้องการสินค้าอุปโภคบริโภคก็เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะความต้องการ “อาหารสด” ในสถานที่ห่างไกลแปล่งวัตถุดิบทั่วทุกมุมโลก ซึ่งทำให้การลำเลียงอาหารี่ยังคงความสด คงคุณภาพไปยังที่ต่างๆเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะต้องต่อสู้กับการเน่าเสียตามธรรมชาติ หรือ เรียกว่า “ยื้อวงจรเวลาจำหน่าย (Saleable lifecycle)” ออกไป และ ห้องเย็น Cold room เป็นวิธีที่จะเก็บรักษาอาหารสดเหล่านั้นให้คงคุณภาพไว้ได้ ก่อนที่จะถึงจุดจำหน่ายให้ผู้บริโภค เพราะอาหารจะต้อง สามารถบริโภคได้ อาหารที่ไม่สามารถบริโภคได้ก่อนที่จะไปถึง สถานที่จำหน่าย ล้วนก่อให้เกิด ความสูญเสียอย่างไร้ประโยชน์ ColdChain เป็นเครื่องมือการบริการทางด้านโลจิสติกส์ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ทำให้สามารถขยายวงจรเวลาจำหน่ายของสินค้าที่สามารถเน่าเสียได้ โดยไม่เน่าเสียอยู่ในคลังสินค้า หรือระหว่างการขนส่ง (ซึ่งเป็นการสูญเสี่ยที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้) เสมือนการซื้อเวลาในระยะหนึ่งก่อนที่จะไปถึงจุดจำหน่ายสินค้า/ผู้ซื้อในที่ห่างไกล “การเก็บอาหารในห้องเย็น” ช่วยลดการสูญเสียอาหาร ทุกสิ่งที่อยู่ในห้องเย็นล้วนมีข้อจำกัดด้านเวลา การบริหาร Supply Chain ที่มีประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ซื้อสามารถเข้าถึงอาหารเหล่านั้นได้มากขึ้น

การสูญเสียอาหารจะส่งผลกระทบไม่เพียงแต่ทางกายภาพของอาหารเท่านั้น แต่ทั้งห่วงโซ่ของอาหาร และระบบนิเวศ (Ecological Footprint) ด้วย; สิ่งมีชีวิตทุกชนิดล้วนต้องอาศัยทรัพยากรจากระบบนิเวศเพื่อการดำรงอยู่รอด การใช้ทรัพยากรจึงเปรียบเสมือนการประทับร่องรอยของการใช้ชีวิตไว้บนระบบนิเวศของโลก; เช่น การสูญเสียแอปเปิ้ล 6 ลูก ทำให้สูญเสีย น้ำที่ใช้ในการผลิตมันมากกว่า 500 ลิตร การสูญเสียมะเขือเทศ 12 ผล จะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำได้ถึง 200 ลิตร เป็นต้น นอกจากนี้ ยังเป็นการเพิ่มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งกระทบกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศของโลกด้วย ทางออกของปัญหาไม่ใช่การหยุดการผลิตอาหาร แต่เป็นการทำให้อาหารถูกบริโภคอย่างสมบูรณ์ Cold chain ไม่ได้เป็นแค่ระบบจัดเก็บเท่านั้น (Storage System) แต่ยังทำให้ผู้ผลิตและตลาดสามารถเข้าถึงอาหารได้มากขึ้น ซึ่งทำให้ฟาร์ม/แหล่งวัตถุดิบสามารถผลิตได้มากขึ้นด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่า Cold Chain เป็น “Zero-sum Solution”

Cold Chain ไม่เพียงแต่เกี่ยวกับความเย็นในการรักษา/คงสภาพอาหารเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการจัดการผลผลิตหลังจากการเก็บเกี่ยวในห่วงโซ่อุปทานของอาหาร และยังช่วยจัดการใน

ธุรกิจทางการเกษตรอีกด้วย เช่น ในประเทศอินเดีย มีการใช้ Cold Chain ในธุรกิจอาหารมากมายอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะอินเดียเป็นผู้ส่งออกเนื้อวัว สัตว์ปีก และไข่ที่ใหญ่ที่สุดในโลก (ส่งออกเนื้อวัวกว่า 1.5 ล้านตัน) เป็น Top10 ผู้ส่งออกองุ่นสด และยังเป็นผู้ผลิตกับผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากนมมากที่สุดในโลกอีกด้วย ฯลฯ ซึ่งการผลิตอาหารถูกทำให้แตกต่างด้วย “Cold Supply Chain” เพราะการผลิตอาหารด้วยวัตถุดิบที่สดใหม่อยู่เสมอ เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้อาหารมีรสชาติที่ดีมีคุณภาพ และ Cold Chain ช่วยบรรเทาความเสียหายจากการเน่าเสียของวัตถุดิบซึ่งทำให้ต้นทุนของอาหารต่ำลง ;ลดของเสียจากกระบวนการผลิต; ผู้ประกอบการทางด้านอาหารนอกจากจะต้องคำนึงถึงปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบเป็นหลักแล้ว การเลือกใช้บริการ/ทำธุรกิจร่วมกับ “ผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์” เป็นปัจจัยสำคัญที่จะตอบโจทย์การมีวัตถุดิบอย่างต่อเนื่องและยังคงคุณภาพของวัตถุดิบที่ต้องการได้ ในประเทศไทยมีผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์แบบ Cold Supply Chain หลายบริษัท และต่างกำหนดกลยุทธ์ในการแข่งขันกันอย่างเข้มข้น ไม่ว่าจะเป็นทำเลที่ตั้งของคลังสินค้าห้องเย็นใกล้โรงงาน/แหล่งวัตถุดิบ การจัดหากำลังรถขนส่งห้องเย็นอย่างเพียงพอ ตลอดจนการอบรมบุคลากรผู้ดำเนินงานอย่างมืออาชีพ ดังภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 การเก็บผลิตภัณฑ์ที่ Cold Room

ในอุตสาหกรรมการผลิตของสดเพื่อการส่งออก หรือ จัดจำหน่ายในประเทศ การจัดการกับระบบความเย็นเพื่อรักษาคุณภาพของสินค้าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ด้วยเหตุที่

อุณหภูมิของผลิตผลสดนับตั้งแต่ภายหลังการเก็บเกี่ยว ผ่านขั้นตอนกระบวนการต่างๆ จนกลายเป็นสินค้าจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภคนั้น เป็นปัจจัยสำคัญเพื่อคงคุณภาพของตัวสินค้าไว้ให้ยาวนานที่สุด

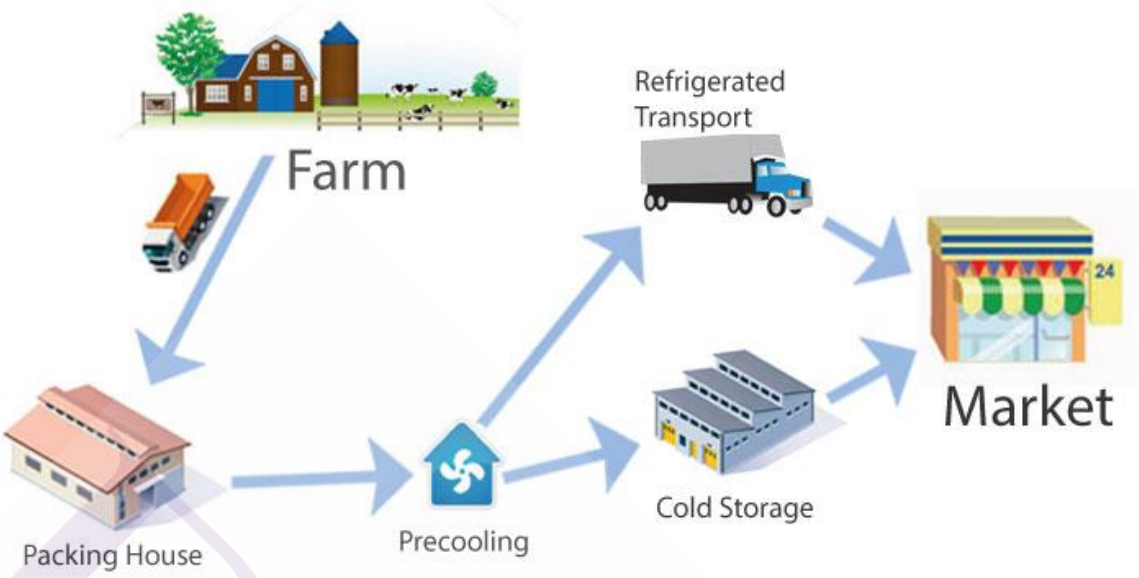
สายโซ่ความเย็น (Cool Chain) คือ กระบวนการใดๆ ที่ใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิของสินค้าให้เหมาะสม ตั้งแต่ออกจากแหล่งผลิตจนกระทั่งถึงมือผู้จำหน่ายหรือ ผู้บริโภคเพื่อคงคุณภาพของสินค้าไว้ให้ยาวนานที่สุด Cool chain มักจะถูกอ้างถึงในแวดวงอุตสาหกรรมการขนส่งสินค้าที่ต้องควบคุมอุณหภูมิ (หรือความเย็น) อยู่เสมอ เช่น อาหาร ยารักษาโรค เป็นต้น

สำหรับผลิตภัณฑ์สินค้าที่เป็นของสด หรือผักผลไม้นั้น การจัดการกับระบบสายโซ่ความเย็นควรเริ่มทำตั้งแต่ภายหลังการเก็บเกี่ยวโดยเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาต่างกันออกไปตามลักษณะของผักและผลไม้ชนิดนั้นๆ รวมถึงอายุของผลิตผลอีกด้วย

ตารางที่ 2.1 การเก็บรักษาผลผลิตด้วยความเย็น

ชนิดของผลิตผล	อุณหภูมิเก็บรักษา (°C)	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)
มะม่วง	12	2 – 3
กล้วย	13	2
ส้ม	4.5	3 - 4
มะละกอสุข	8	3 – 4
มะพร้าวน้ำหอม	5	3 - 4

หากระบบสายโซ่ความเย็นขาดช่วงไปในขันตอนใดขั้นตอนหนึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายกับผลิตผลสดเป็นอย่างมากเนื่องจากจะทำให้ผลิตผลสดที่มีอายุการเก็บรักษาสั้นลง หรืออาจก่อนให้เกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ ดังนั้นการใช้ระบบสายโซ่ความเย็นจึงควรเริ่มตั้งแต่ภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นต้น ตั้งแต่เก็บเกี่ยว ควรทำในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำ จากนั้นผลิตผลจะต้องผ่านการลดอุณหภูมิลงให้รวดเร็วที่สุด และหากมีขั้นตอนอื่นใด เช่น การตัดแต่ง การบรรจุ การเก็บรักษาตลอดจนการขนส่งผลิตผล จะต้องอยู่ในสภาพอุณหภูมิต่ำโดยตลอดเวลา ทั้งนี้ขึ้นกับประเภทของผลิตผลสดนั้นๆเป็นสำคัญ



ภาพที่ 2.2 รูปสายกระบวนการ Cool Chain

2.2 กระบวนการพาสเจอไรซ์

การพาสเจอร์ไรส์ (Pasteurization) เป็นการถนอมอาหารชั่วคราววิธีหนึ่ง โดยใช้ความร้อนในอุณหภูมิระหว่าง 60 - 80 องศาเซลเซียส ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีวิตต่อไปได้ พาสเจอไรซ์เป็นการตั้งชื่อเพื่อให้เกียรติแก่นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur)ซึ่งเป็นคนแรกที่คิดค้นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในไวน์ระหว่างปี พ.ศ. 2407-2408 โดยการใช้ความร้อนประมาณ50-60°Cซึ่งการค้นพบนี้ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากในการถนอมอาหาร (food preservation) และในปีพ.ศ.2434นักวิทยาศาสตร์ชื่อซอกเลต (Soxhlet) จึงได้นำวิธีการนี้มาใช้เพื่อการพาสเจอไรซ์น้ำนม

2.2.1 วัตถุประสงค์ของการพาสเจอไรซ์ การทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) ทุกชนิด และเอนไซม์ (enzyme) ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย เป็นวิธีการถนอมอาหาร (food preservation) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ทำให้อาหารปลอดภัยต่อการบริโภค

เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์ต้องเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทนต่อความร้อนให้ปลอดภัยต่อการบริโภค ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่กำหนด ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้เพื่อการพาสเจอไรซ์น้ำนมระบบ (low temperature long time, LTLT) คือ 62.8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Mycobacterium tuberculosis* ซึ่งทำให้เกิดวัณโรค และ *Coxiella burnetti* ซึ่งทำให้เกิดโรค Q fever นอกจากนี้ความร้อนยังเพียงพอที่จะทำลาย ยีสต์ (yeast) รา (mold) แบคทีเรียแกรมลบ และแบคทีเรียแกรมบวก

หลายชนิด แต่มีจุลินทรีย์ 2 กลุ่มที่อาจจะมีชีวิตรอดจากการทำลายด้วยการพาสเจอไรซ์คือ จุลินทรีย์ที่ทนต่อความร้อน (thermoduric microorganism) และจุลินทรีย์ที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิสูง (thermophilic microorganism) จึงต้องเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์แล้วไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (cold storage) หรือหากต้องการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ต้องใช้วิธีการถนอมอาหารอื่นร่วมด้วย เช่น การลดวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, a_w) การใช้น้ำตาล เกลือ ความเข้มข้นสูง การปรับให้เป็นกรด (acidification) การใช้สารกันเสีย (preservative) เป็นต้น

2.2.2 กรรมวิธีการพาสเจอไรซ์ การพาสเจอไรซ์อาหารที่ใช้โดยทั่วไปจะใช้ความร้อน จึงจัดเป็นการแปรรูปด้วยความร้อน (thermal processing) วิธีหนึ่ง ซึ่งปกติจะใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส แต่อาจจะใช้กระบวนการอื่นเพื่อการพาสเจอไรซ์ได้ เช่น การฉายรังสี (irradiation) การใช้ความดันสูง (high pressure) การให้ความร้อนวิธีโอมห์มิก (Ohmic heating) เป็นต้น

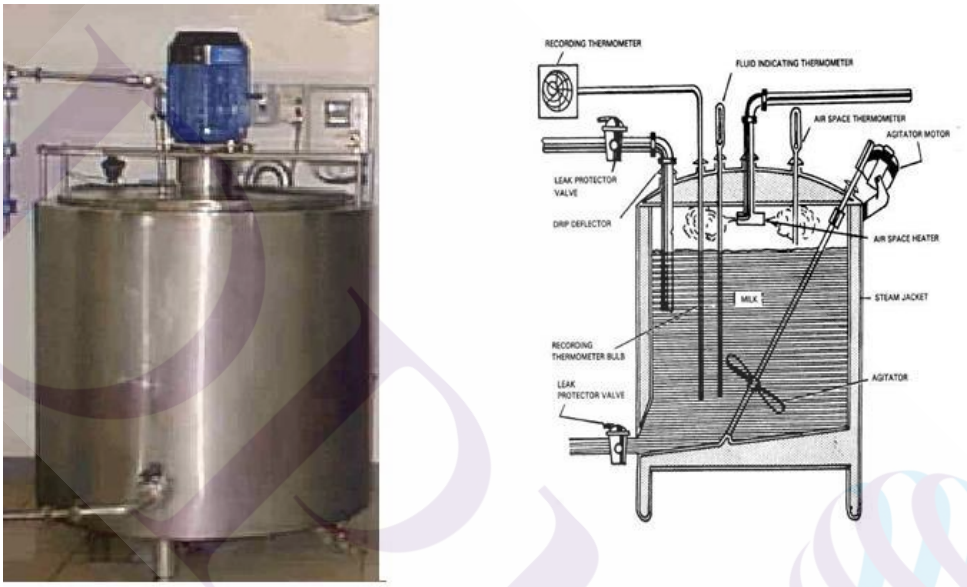
2.2.3 ประเภทของการพาสเจอไรซ์ การพาสเจอไรซ์อาหารสามารถแบ่งตามวิธีการผลิตได้ ดังนี้

2.2.3.1 การพาสเจอไรซ์อาหารในภาชนะปิดผนึกสนิท (In-container pasteurization)

ภาพที่ 2.3 ระบบพาสเจอไรซ์ในภาชนะปิดผนึกสนิท (in-container pasteurization)
ที่มา: http://www.huff-tech.com/food_equipment.php

2.2.3.1 การพาสเจอไรซ์ก่อนการบรรจุ ใช้ในการพาสเจอไรซ์ ผลิตภัณฑอาหารเหลว ได้แก่ เช่น น้ำนม (milk) เบียร์ (beer) ไอศกรีมมิกซ์ (ice cream mixed) น้ำผลไม้

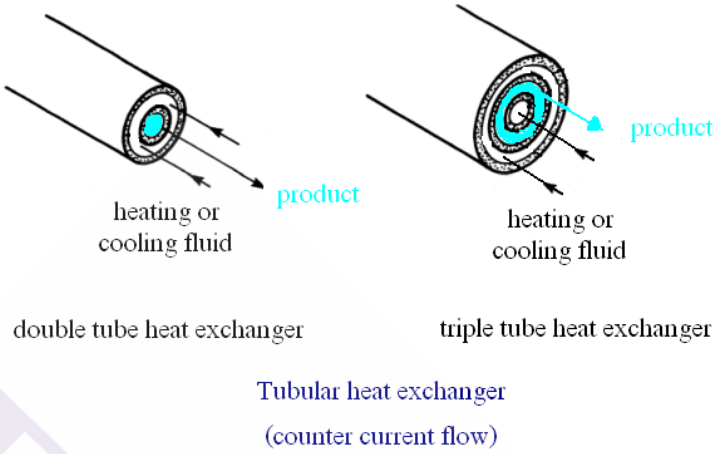
2.2.4 การพาสเจอไรซ์แบบเป็นกะ (batch pasteurization) การต้มในหม้อต้ม (batch pasteurizer) อาจเรียกว่า vat pasteurization ซึ่งให้ความร้อนแก่อาหารจนได้อุณภูมิและเวลาตามที่ต้องการ ซึ่งการพาสเจอไรซ์วิธีนี้ ความร้อนจะถ่ายเทอย่างช้า เป็น low temperature long time (LTLT) process เมื่อครบกำหนดเวลาจึงถ่ายอาหารเหลวขณะร้อนออกมาบรรจุใส่ในบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 2.4 หม้อใช้ในการพาสเจอไรซ์ระบบต้ม

2.2.5 การพาสเจอไรซ์แบบต่อเนื่องในท่อ (in-line pasteurization หรือ continuous pasteurization ซึ่งเครื่องทำความร้อนที่นิยมใช้ได้แก่

2.2.5.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ (Tubular heat exchanger)



ภาพที่ 2.5 การแลกเปลี่ยนความร้อนภายในท่อ

ผิวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อน อาจเป็นแบบผิวเรียบ (straigth tube) หรือท่อมีผิวเป็นลอน (corrugated tube) เพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้แก่ Product

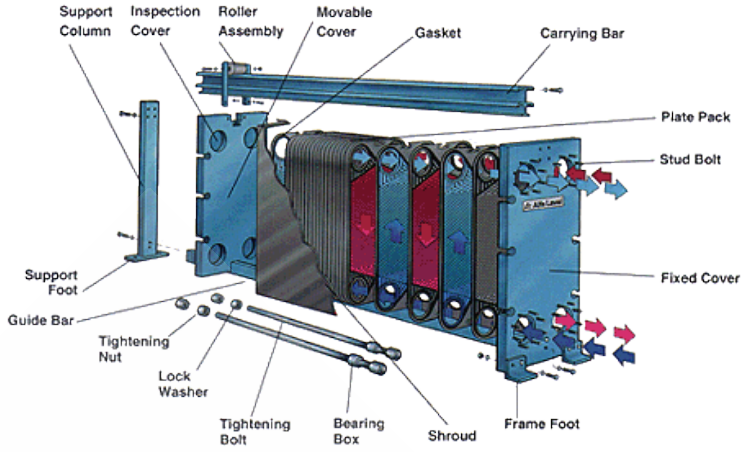
ภาพที่ 2.6 ระบบฆ่าเชื้อแบบท่อ

ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ (tubular heat exchanger) ในกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความร้อน (thermal processing) ที่มีการผลิตแบบต่อเนื่อง ใช้ได้กับอาหารเหลวหลายชนิด ทั้งอาหารที่เป็นเนื้อเดียวกัน อาหารที่มีความหนืด และอาหารที่มีชิ้นเนื้อ กาก (pulp) เช่น น้ำส้มที่มีถุงส้มแขวนลอยอยู่ หรือใยอาหาร การแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ จะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เหมาะกับอาหารที่คุณภาพไวต่อความร้อน เช่น in-line pasteurization เพื่อการพาสเจอไรซ์ (pasteurization) อาหารเหลว เช่น น้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ น้ำผลไม้ ไอศกรีม ซุป

2.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate heat exchanger)

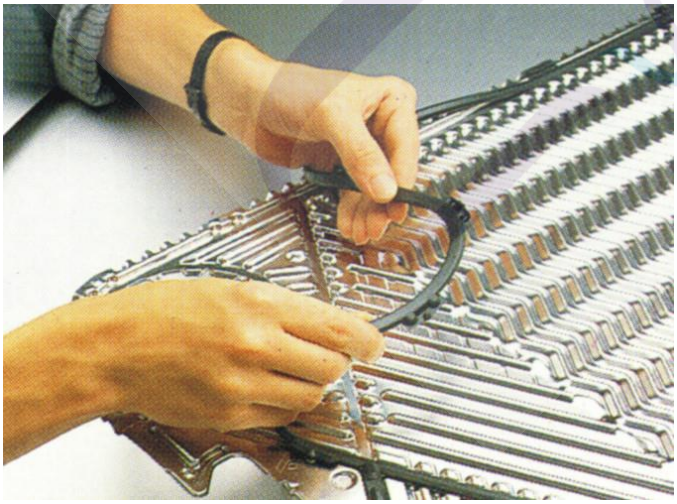
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (plate heat exchanger) คือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) ชนิดหนึ่งที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อเพิ่มหรือลดอุณหภูมิในระบ การแปรรูปอาหารด้วยความร้อน (thermal processing) ในระบบการพาสเจอไรซ์อย่างต่อเนื่อง (In-linepasteurization) การทำให้เข้มข้น และ ระบบ ยู เอช ที (UHT)ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ประกอบด้วยแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนหลายแผ่น วางเรียงกันต่อขนานกันเป็นชุด ชุดแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกประกอบอยู่ระหว่าง เฟรมหน้า (fixed cover) และเฟรมอัด (movable cover) มีท่อเข้า-ออกอยู่บนเฟรมหน้า (อาจจะอยู่บนทั้งสองเฟรมก็ได้ ถ้ามีการจัดการไหลในชุดแผ่นมากกว่าหนึ่งรอบ) ชุดแผ่นและเฟรม ยึดกันให้แน่นด้วยชุดสลักยึด (tightening bolt and nut) แขวนอยู่บนคานแขวนบน (carrying bar) และตั้งอยู่บนคานรับล่าง



ภาพที่ 2.7 รูปอุปกรณ์ Plate Heat Exchang

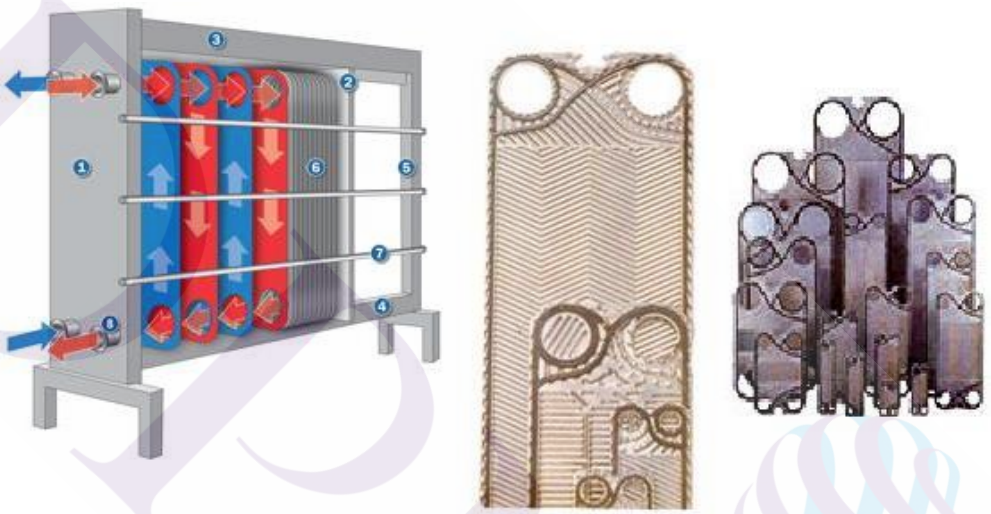
แผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน เป็นแผ่นโลหะบาง ที่มีพื้นผิวเป็นคลื่น หรือเป็นรอนบนแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน จะมีปะเก็น (gasket) อยู่รอบแผ่น เพื่อป้องกันการรั่วออก และบังคับทิศทางการไหลของของไหล ใช้เป็นตัวกลาง ที่กั้นระหว่างของเหลวสองชนิดที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกัน ตัวกลางและอาหารที่แลกเปลี่ยนความร้อนไม่มีการสัมผัสกันโดยตรง



ภาพที่ 2.8 การใส่ประเก็บบนแผ่น Plate Heat Exchanger

ขนาดและจำนวนแผ่นของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน จะถูกออกแบบให้มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนเพียงพอตามวัตถุประสงค์การใช้งาน พื้นผิวของแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งเป็นคลื่น หรือรอน แบบแตกต่างกัน เพื่อเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน และทำให้ของเหลวเกิดการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow) ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนและลดการเกิดคราบตะกรัน (fouling)

วัสดุที่ใช้ทำแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เป็นพื้นผิวที่ต้องสัมผัสกับอาหารโดยตรง (food contact surface) จะทำจาก stainless steel



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างแผนเพลสฮีส

การใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นในอุตสาหกรรมอาหาร

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (plate heat exchanger) ได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างกว้างขวาง เหมาะสำหรับอาหารที่มีความหนืดต่ำ เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีชิ้นเนื้อปน เช่น น้ำนม น้ำผลไม้ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ซุปใส และ เครื่องดื่มต่างๆ

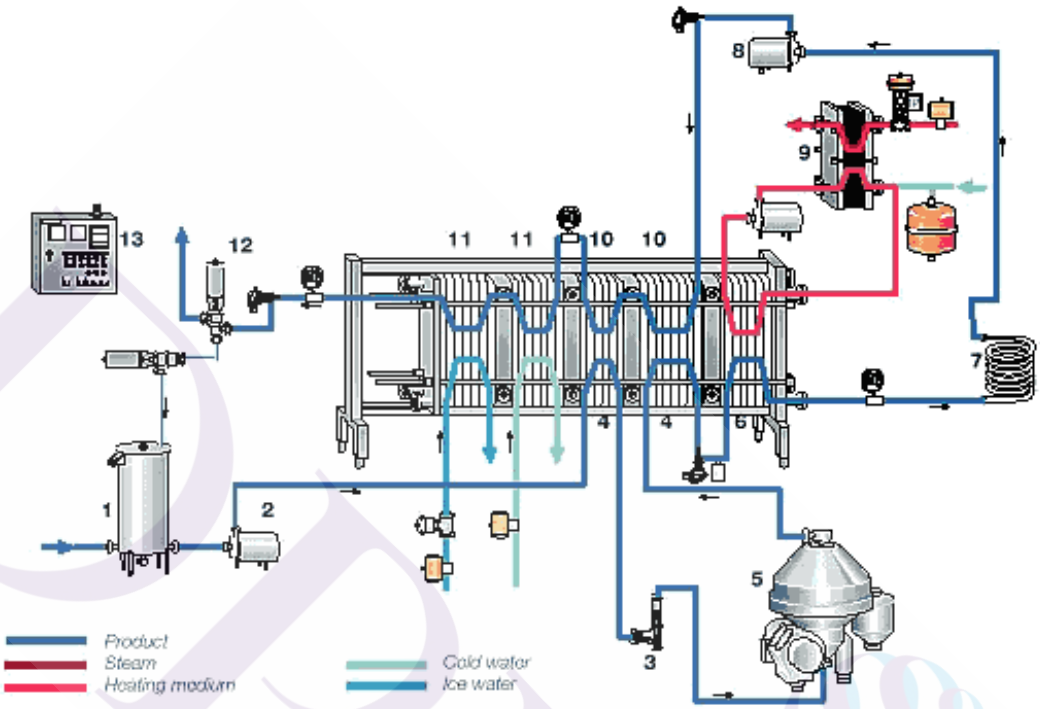
กระบวนการแปรรูปอาหารที่ใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น ได้แก่

1. กระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความร้อน เพื่อทำให้อุณหภูมิของอาหารเหลวเพิ่มขึ้น หรือลดลง อย่างรวดเร็วในช่วงให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้ออาหารเหลว และทำให้อาหารเหลวเย็นลงหลังผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว โดยใช้ใน

2. การพาสเจอไรซ์ (pasteurization) แบบต่อเนื่อง (in-line pasteurization)

3. ยูเอชที (UHT)

4. การทำให้เข้มข้น ด้วยเครื่องระเหย (evaporator) เรียกว่า plate evaporator



ภาพที่ 2.10 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนใน in-line pasteurization

ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com

คุณลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่สัมผัสกับอาหารโดยตรงส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นที่ใช้สัมผัสกับอาหาร (food contact surface) โดยตรงจะต้องออกแบบให้ถูกสุขลักษณะ (hygenic design) วัสดุที่ใช้ ทั้งแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน ประเก็น (gasget) และชิ้นส่วนที่สัมผัสอาหาร ต้องปลอดภัย ตัวแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) คุณภาพสูง วัสดุทุกชนิดที่สัมผัสอาหารต้องสามารถทนความร้อนในช่วงอุณหภูมิใช้งาน ไม่เกิดการปนเปื้อนกับอาหาร ไม่รั่วซึม สามารถล้างทำความสะอาดได้ง่าย หรือทำความสะอาดด้วยระบบการล้างแบบไม่แยกชิ้นส่วน (cleaning in place) ได้

2.4 การลดอุณหภูมิ (Pre-cooling)

การลดอุณหภูมิผลิตผล คือ การลดอุณหภูมิหรือความร้อนของผลิตภัณฑ์ให้เย็นลง เป็นกระบวนการเพื่อช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์ให้มีอายุการเก็บรักษาหรือการวางจำหน่ายสินค้าให้ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์หลังจากการผลิตแล้วยังมีความร้อนซึ่งมาจากกระบวนการผลิตอยู่ จึงจำเป็นต้องลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลงการลดความร้อนในผลิตภัณฑ์ทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ลมเย็น การใช้น้ำเย็น การใช้ระบบผ่านความเย็น การใช้ระบบสุญญากาศ เป็นต้น

2.4.1 การลดอุณหภูมิด้วยอากาศเย็น (Room Cooling) เป็นวิธีการลดอุณหภูมิหรือความร้อนของผลิตภัณฑ์โดยนำไปไว้ในห้องเย็นธรรมดาที่มีอุณหภูมิต่ำอากาศเย็นจะช่วยลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำลงได้ วิธีนี้ทำได้โดยการตั้งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการผลิตแล้วไว้ในห้องเย็นเท่านั้น และจัดให้มีช่องระหว่างแถวของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อให้อากาศเย็นไหลผ่าน ทำให้อายุของผลิตภัณฑ์สามารถจัดเก็บได้ยาวนานขึ้น

ภาพที่2.11 การลดอุณหภูมิแบบ Room Cooling
ที่มา: www.bae.ncsu.edu

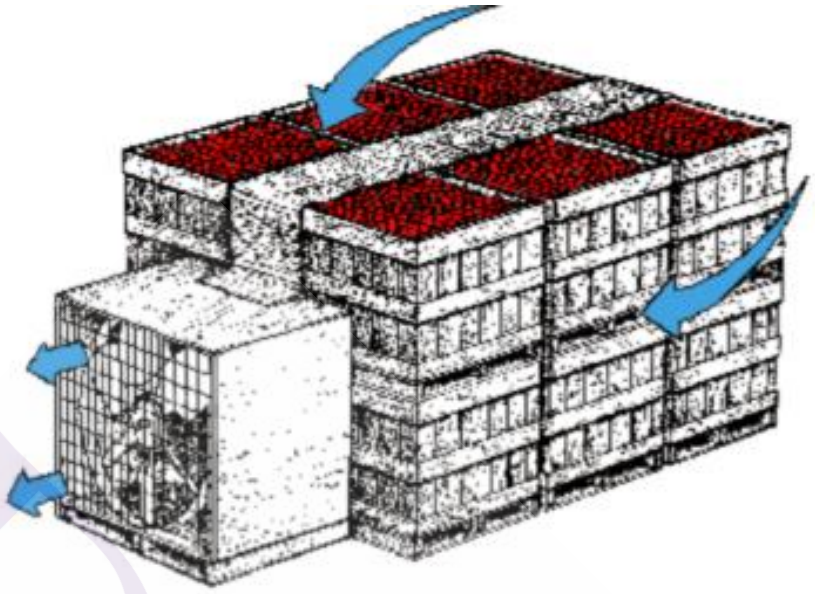
2.4.2 การลดความร้อนโดยการผ่านอากาศเย็น (Forced air cooling) เป็นการลดความร้อนคล้ายกับ room cooling แต่แตกต่างกันที่วิธีการนี้ใช้การดูดหรือ เป่าอากาศเย็นเข้าไปในท่อหรืออุโมงค์

(tunnel) ที่มี ลักษณะยาวและแคบ ความดันของอากาศทางด้านหน้า และด้านหลังของภาชนะบรรจุจะแตกต่างกัน ทำให้ อากาศไหลผ่านช่องว่างระหว่างภาชนะบรรจุและพาเอา ความร้อนออกไปจากผลิตผล ทำให้ผลิตผลมีอุณหภูมิลด ต่ำลง การลดความร้อนวิธีนี้ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ ดังนี้

2.4.2.1 Tunnel Cooler เป็นการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์โดยการดันอากาศเย็นผ่านผลิตภัณฑ์ในกล่องโดยใช้อุโมงค์ลม ผลิตผลควรบรรจุในภาชนะบรรจุซึ่งอยู่บนแท่นรองรับสินค้า (pallet) ซึ่งจัดเรียงเป็นสองแถวเท่าๆกัน พัดลมที่อยู่ตรงช่องผนังจะดูดอากาศภายในช่องว่างนั้นแล้วดึงอากาศเย็นให้ผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุ ระบบนี้สามารถลดความร้อนของผลิตผลได้จำนวนมากในแต่ละครั้ง

2.4.2.2 Serpentine Cooler เป็นวิธีการลดความร้อนเมื่อผลิตภัณฑ์อยู่ในภาชนะขนาดใหญ่ ซึ่งมีรูระบายอากาศที่ด้านล่าง รูเปิดด้านล่างเป็นช่องทางการไหลของอากาศ การเรียงซ้อนภาชนะบรรจุต้องเป็นเลขคู่และผนังของห้องมีช่องซึ่งตรงกับช่องทางด้านล่างของภาชนะบรรจุพอดี เพื่อให้การไหลเวียนของอากาศสมดุล วิธีการนี้อากาศเย็นสามารถไหลเวียนกลับไปสู่ระบบทำความเย็นได้อีก เพราะช่องลมผ่านทางด้านล่างของภาชนะบรรจุมีขนาดไม่ใหญ่มาก การลดความร้อนของผลิตผลโดยวิธีนี้จึงใช้เวลาค่อนข้างนาน

2.4.2.3 Cold-wall Cooler เป็นวิธีการลดความร้อนซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสำหรับผลิตภัณฑ์จำนวนน้อย โดยวางแท่นรองรับสินค้าที่มีภาชนะบรรจุอยู่ข้างบนเรียงกันไปผนังของห้องจะมีรูหรือช่องภายในผนังมีช่องซึ่งอากาศถูกดูดหรือดันทำให้เกิดการไหลของอากาศเย็นผ่านผลิตภัณฑ์ ลักษณะเด่นของวิธีนี้คือ มีช่องไหลกลับของอากาศและพัดลมดูดอากาศในแต่ละช่องอย่างถาวร การลดอุณหภูมิแบบนี้มีประโยชน์ตรงที่ช่วยให้สามารถทำให้เย็นได้ทันทีโดยไม่ต้องให้ได้ 2 แถวเหมือน tunnel cooler



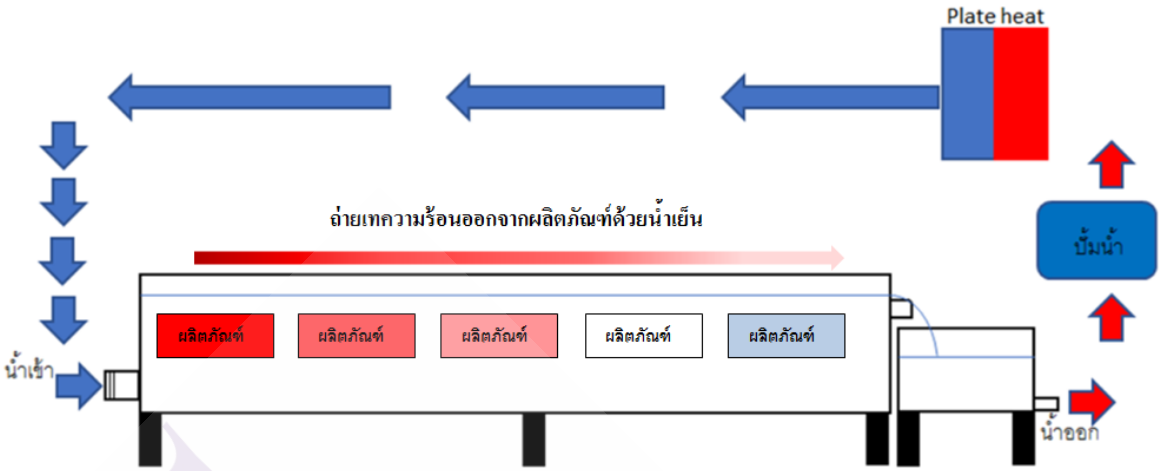
ภาพที่ 2.12 การใช้ Forced air cooling แบบ Tunnel Cooler
ที่มา: www.bae.ncsu.edu

2.4.3 การลดความร้อนโดยใช้น้ำเย็น (Hydrocooling) วิธีนี้สามารถลดความร้อนได้รวดเร็วกว่าการใช้อากาศเย็นประมาณ 15 เท่า วิธีนี้สามาถใช้กับผลิตภัณฑ์จำนวนมากๆ หรือปรับให้เข้ากับจำนวนน้อยๆ ได้แต่มีข้อจำกัด คือ ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้อนทนต่อการเปียกน้ำได้เท่านั้น เพราะฉะนั้นจำเป็นต้องใช้น้ำสะอาดหรือเติมสารเคมีบางชนิด เช่น คลอรีน ลงในน้ำเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรค การลดอุณหภูมิวิธีนี้สามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น

2.4.3.1 แบบ Flooding หรือ การปล่อยให้น้ำเย็นไหลผ่านผลิตภัณฑ์ที่ผ่านสายพาน หรือผ่านรางเคลื่อนที่ในลักษณะอุโมงค์น้ำ (Water tunnel)

2.4.3.2 แบบ Spray หรือ การฉีดพ่นด้วยน้ำเย็นออกมาจาก Sprinkler ที่ติดอยู่ด้านใน

2.4.3.3 แบบ Immersion หรือ การจุ่มผลิตผลซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะลงในถังน้ำเย็น หรือจุ่มผลิตผลลงในถังน้ำที่แช่ในถังน้ำแข็งก็ได้



ภาพที่ 2.13 ระบบหล่อเย็นด้วยน้ำเย็น

2.5 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง

เครื่องคุมคุณภาพ 7 อย่าง (7 Qc Tools) ในสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบัน “การควบคุมคุณภาพการผลิต” เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมในปัจจุบัน นอกจากการแข่งขันทางด้านราคา คุณภาพของสินค้าก็ถือเป็นอีกปัจจัยที่มีความสำคัญนอกจากจะเป็นการแสดงถึงมาตาฐาน และการประกันคุณภาพของสินค้าแล้ว ยังเป็นกลยุทธ์ในการลดต้นทุนกระบวนการผลิตที่มีความสำคัญ ซึ่งเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพที่เรียกว่า Seven QC Tools ซึ่งมีด้วยกันทั้งหมด 7 เครื่องมือ ได้แก่

1. ใบตรวจสอบ (Check Sheet) ใช้ในการบันทึก และตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่ามีอาการของเสีย, จำนวนของเสีย, จุดบกพร่องมากน้อยแค่ไหน ซึ่งในการออกแบบ Check Sheet ที่ดีนั้นจะต้องสามารถบันทึกข้อมูลได้ง่าย และ ครบถ้วน เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการขัดเก็บข้อมูล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และหาแนวทางในการแก้ปัญหา

2. แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) ใช้ในการวิเคราะห์ว่าอะไรคือสาเหตุหลักหรือปัญหาหลัก ที่ส่งผลให้เกิดของเสีย หรือจุดบกพร่อง

3. แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram: CE) หรือที่เราเรียกกันในอีกหลายๆ ชื่อว่าแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) หรือ Ishigawa Diagram เป็นแผนภาพที่ใช้สำหรับพิสูจน์หาสาเหตุของสาเหตุหลักหรือปัญหาหลักที่ได้จากการสร้างแผนภาพพาเรโต ช่วยหาสาเหตุ และกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหา รวมถึงผู้รับผิดชอบ

4. กราฟ (Graph) คือ แผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขหรือข้อมูลทางสถิติที่ใช้ เมื่อต้องการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ผลของข้อมูลดังกล่าว เพื่อทำให้ง่ายและรวดเร็วต่อการทำความเข้าใจ

5. แผนภาพกระจาย (Scatter Diagram) เป็นแผนภาพที่ใช้หาความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุและผลกันของปัญหาที่เกิดขึ้น ว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ โดยให้แกนนอนเป็นสาเหตุ และแกนตั้งเป็นผล ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (Y) ว่ามีลักษณะแบบใด

6. ฮิสโตแกรม (Histogram) เป็นแผนภาพการกระจายข้อมูล ซึ่งจะแสดงค่ากลางของปัญหา และค่าความแปรปรวนของข้อมูลฮิสโตแกรม ในรูปแบบกราฟแท่งแบบเฉพาะ

7. แผนภูมิควบคุม (Control Chart) เป็นแผนภูมิที่เราใช้วิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยเราจะวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีความแปรปรวนผิดปกติ หรือสาเหตุที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มาก ซึ่งในการทำแผนภูมิควบคุมเราจะใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์หาค่าความผิดปกตินั้น โดยเราจะแบ่งประเภทของแผนภูมิควบคุมเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ ชนิดของแผนภูมิควบคุม แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ โดยแบ่งตามข้อมูลที่สนใจ คือ

7.1. แผนภูมิที่ชนิดของข้อมูลเป็นข้อมูลแบบต่อเนื่องหรือ ค่าวัด (Variable Control Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมกระบวนการสำหรับผลลัพธ์ที่มีคุณลักษณะที่ต้องการควบคุมสามารถวัดค่าได้ด้วยการ ชั่ง ตวง วัด เช่น ปริมาณการบรรจุน้ำผลไม้ในขวด อายุการใช้งานของหลอดไฟ ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวนลูกสูบ เป็นต้น ได้แก่

1) แผนภูมิ X Chart เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะที่วัดได้จากผลลัพธ์ในเชิงปริมาณ ซึ่งค่าที่ได้อาจอยู่ในเทอมของความยาว อายุการใช้งาน น้ำหนัก ปริมาณ เป็นต้น

2) แผนภูมิ R Chart เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าความแปรผันหรือค่าการกระจายของคุณลักษณะ ที่ วัดได้จากผลลัพธ์โดยใช้พิสัยเป็นค่าวัด โดยแผนภูมิ R จะใช้ควบคู่กับแผนภูมิ X เสมอ

3) แผนภูมิ S Chart เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าความแปรผันหรือค่าการกระจายของคุณลักษณะที่วัดได้จากผลลัพธ์เช่นเดียวกับแผนภูมิ R แต่จะคำนวณค่าวัดการกระจายด้วยค่าสวนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิ R เมื่อตัวอย่างของกลุ่มย่อยมีขนาดใหญ่

4) แผนภูมิ MR Chart หรือแผนภูมิควบคุมพิสัยเคลื่อนที่ เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคู่กับแผนภูมิ X โดยแผนภูมิ MR Chart เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าการกระจายของคุณลักษณะที่วัดได้ด้วยค่าพิสัยเมื่อขนาดของตัวอย่างย่อยเท่ากับ 1 หน่วย

5) แผนภูมิ CU-SUM Chart เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะที่วัดได้จากผลลัพธ์ในเชิงปริมาณเช่นเดียวกับแผนภูมิ X แต่จะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ดีกว่าแผนภูมิ X เมื่อคุณสมบัติของผลลัพธ์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และใช้ได้เมื่อขนาดตัวอย่างย่อยเท่ากับ 1 หน่วย

7.2. แผนภูมิที่ชนิดของข้อมูลเป็นข้อมูลแบบช่วงหรือ ค่านับ (Attribute Control Chart)เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมกระบวนการสำหรับผลลัพธ์ที่มีคุณลักษณะที่ต้องการควบคุมหาได้จากการนับ เช่น ผลิตภัณฑ์ดีหรือเสีย ผลิตภัณฑ์ชำรุดหรือไม่ชำรุด ผลิตภัณฑ์ที่มีรอยตำหนิหรือไม่มีรอยตำหนิ ผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือไม่บกพร่อง เป็นต้น ซึ่งการพิจารณาคุณลักษณะของผลลัพธ์ เช่น ดีหรือเสียนั้น จะทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานหรือขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะของผลลัพธ์ หรืออาจพิจารณาด้วยการมองด้วยสายตา แผนภูมิควบคุมประเภทนี้ได้แก่

1) แผนภูมิ p (p Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมสัดส่วนผลลัพธ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (NC) ในกระบวนการ เช่น สัดส่วนชิ้นงานที่แตกหัก สัดส่วนหลอดไฟเสีย เป็นต้น

2) แผนภูมิ pn (pn Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมจำนวนของผลลัพธ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (NC)ในกระบวนการ ซึ่งมีหลักการเช่นเดียวกับแผนภูมิ p

3) แผนภูมิ c (c Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมจำนวนรอยตำหนิหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผลลัพธ์เมื่อกลุ่มตัวอย่างย่อยมี ขนาด 1 หน่วย เช่น รอยตำหนิบนผิวชิ้นงาน 1 ชิ้น รอยตำหนิบนผ้า 1 เมตร

4) แผนภูมิ u (u Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมจำนวนรอยตำหนิหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผลลัพธ์เช่นเดียวกับแผนภูมิ u โดยเป็นแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วย แต่จะใช้ในกรณีที่จำนวนหน่วยตัวอย่างของกลุ่มย่อยในการ ตรวจสอบแต่ละครั้งไม่เท่ากัน หรือขนาดตัวอย่างที่ตรวจสอบแต่ละครั้งไม่ใช่ 1 หน่วย

2.5.1 แผนภูมิควบคุม I – MR Chart

ใช้เมื่อแต่ละกลุ่มข้อมูลมีข้อมูลอยู่ข้อมูลเดียว ตัวอย่างของข้อมูลลักษณะนี้ ได้แก่ กระบวนการผลิตที่มีการตรวจวัดแบบอัตโนมัติ กระบวนการผลิตที่มีอัตราการผลิตช้า หรือกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องที่มีความแปรปรวนในกระบวนการน้อยมาก

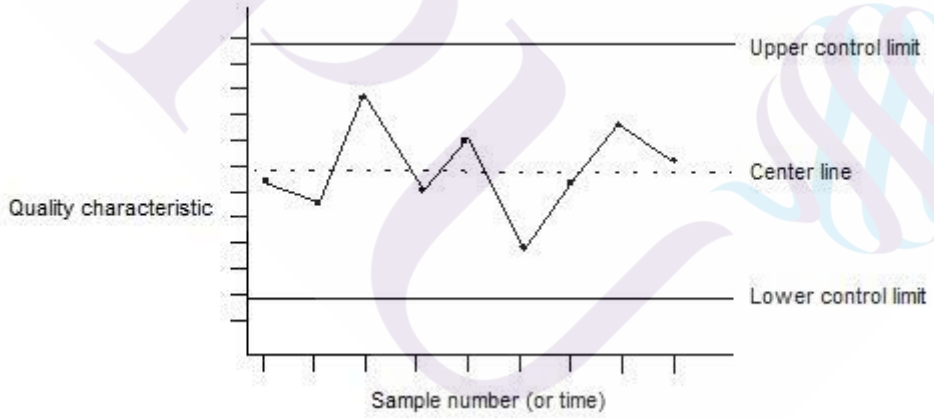
สูตรการคำนวณ

$$MR = |X_i - X_{i-1}| \quad (1)$$

$$\bar{R} = \frac{MR_1 + MR_2 + \cdots + MR_k}{k-1} \quad (2)$$

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \cdots + X_k}{k} \quad (3)$$

ลักษณะของแผนภูมิควบคุม โดยปกติแล้ว แผนภูมิควบคุมจะประกอบด้วยเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit : UCL), ขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit : LCL), และเส้นกลาง (Center line : CL) ระยะห่างจากเส้นกลางถึงขีดจำกัดควบคุมบนจะเท่ากับระยะห่างจากเส้นกลางถึงขีดจำกัดควบคุมล่าง คือเท่ากับ 3 σ ในกรณีไม่ทราบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรจากกระบวนการทั้งหมดจะแทนด้วยค่า S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลตัวอย่างจากกระบวนการ



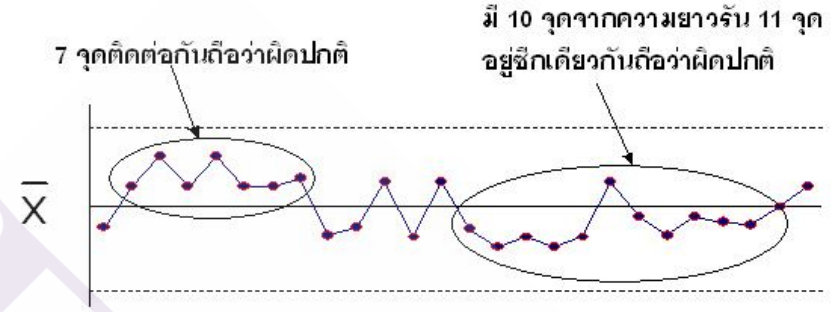
ภาพที่ 2.14 แผนภูมิควบคุม
ที่มา : http://blog.minitab.com

หลังจากได้ทำการสร้างแผนภูมิ Control Chart แล้วเราสามารถพิจารณาจุดผิดปกติที่เกิดขึ้นในแผนภูมิได้ ซึ่งมีอยู่หลัก 4 ประเภท คือ

1. อยู่นอกจุดควบคุม (Out of Control) คือ มีบางจุดอยู่นอกเขตควบคุม (±3s) ไปอย่างชัดเจนซึ่งจะแสดงให้เห็นว่ามีของเสียเกิดขึ้นแล้วในกระบวนการ

2. เกิดการเกาะกลุ่ม (Run)

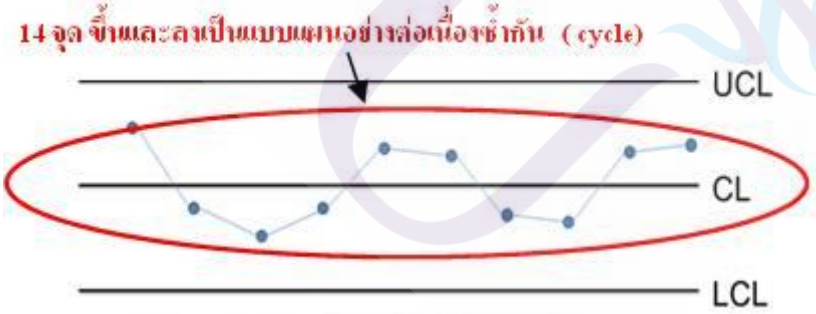
3. มีจุดพิกัดอย่างน้อย 7 จุดปรากฏติดต่อกันอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิ (Shift) เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการ เช่น พัฒนาระบบการทำงานแล้วผลลัพธ์ดีขึ้นกว่าเดิม เป็นต้น



ภาพที่ 2.15 ภาพแผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นถึงความผิดปกติ 7 จุด

ที่มา : http://www.sec.psu.ac.th/web-board/?pid=view_replies&thread_id=298&forum_id=7

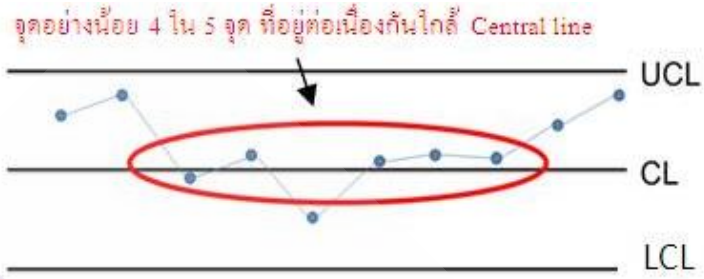
4. มีจุดพิกัดอย่างน้อย 14 จุด ขึ้นและลงเป็นแบบแผนอย่างต่อเนื่องซ้ำกัน (Cycle) เป็นผลมาจากช่วงเวลาหรือช่วงฤดูกาลที่ผลัดเปลี่ยน หมุนเวียนกันไป เช่น การผลัดเปลี่ยนเวร ประสิทธิภาพในการทำงาน เวรเช้าดีกว่าเวรดึก หรือการระบาดของโรคตามฤดูกาล เป็นต้น



ภาพที่ 2.16 ภาพแผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นถึงความผิดปกติ 14 จุด

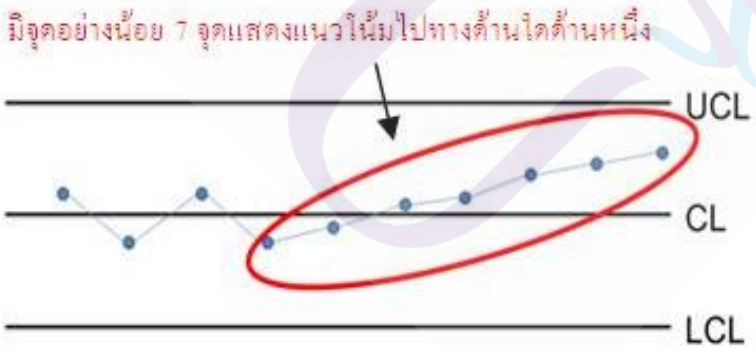
ที่มา: http://www.si.mahidol.ac.th/th/division/um/div_knowledgesdetail.asp?div_id=48&kl_id=11

4. จุดพิกัดอย่างน้อย 4 ใน 5 จุด ที่อยู่ต่อเนื่องกันใกล้ Central line เป็นผลมาจากการปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้น ทำให้ความผันแปรในระบบน้อยลง ถึงแม้ค่าเฉลี่ยจะยังเท่าเดิม หรือในทางตรงข้ามอาจมากขึ้นหรือลดลง



ภาพที่ 2.17 ภาพแผนภูมิควบคุมแสดงให้เห็นถึงความผิดปกติแบบ 4 ใน 5 จุด
ที่มา: http://www.si.mahidol.ac.th/th/division/um/div_knowledgesdetail.asp?div_id=48&kl_id=11

5. เกิดแนวโน้ม (Trend) คือ มีบางจุดเรียงตัวกันอย่างต่อเนื่อง 6 จุด ภายในเขตควบคุม (±3s) ซึ่งค่าเฉลี่ยของชิ้นงานที่ผลิตได้จากกระบวนการนี้กำลังมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ออกจากที่ตั้งไว้ครั้งแรก ดังนั้นควรจะหยุดกระบวนการเพื่อปรับค่าต่างๆ



ภาพที่ 2.18 ภาพแผนภูมิที่เกิดแนวโน้ม
ที่มา: http://www.si.mahidol.ac.th/th/division/um/div_knowledgesdetail.asp?div_id=48&kl_id=11

6. เกิดวัฏจักร (Periodicity) คือ มีบางจุดเรียงตัวสลับขึ้นลงระหว่างเส้น CL เรียงกันทั้งหมด 14 จุด ภายในเขตควบคุม (±3s) ซึ่งแสดงให้ว่าเกิดการหมุนเวียนของเหตุการณ์ต่างๆใน

กระบวนการ โดยเมื่อครบหนึ่งรอบจะกลับมาอีกครั้งหนึ่ง จึงอาจใช้ทำนายผลในอนาคตหรือช่วงเวลาที่ผ่านมาได้

2.6 ความสามารถของกระบวนการ

ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) เป็นการเปรียบเทียบความแปรผันระหว่างการผลิตของกระบวนการที่เกิดจาก Chance cause เข้ากับข้อกำหนดมาตรฐานที่ต้องการของกระบวนการผลิตและทำการสร้างค่า Capability index ขึ้นมาเพื่อวัดระดับความสามารถในการดำเนินการของกระบวนการ ในแง่ของการสอดคล้องกับข้อกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ทั้งนี้กระบวนการผลิตที่มีความสามารถ หมายถึง การที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Process mean) อยู่กึ่งกลางพอดีกับเป้าหมายของข้อกำหนดและช่วงของข้อกำหนดกว้างกว่า Control limit ในกระบวนการผลิตที่ให้ค่าความกว้างของค่าขอบเขตการควบคุม (Control limit) ของแผนภูมิควบคุม (UCL ถึง LCL) มากกว่าค่าของช่วงของข้อกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ (USL ถึง LSL) แล้วจะถือว่ากระบวนการนั้นเป็นกระบวนการที่ไม่มีความสามารถ (Incapable process) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตบางส่วนจะอยู่ภายนอกของข้อกำหนดที่ต้องการของผลิตภัณฑ์ถึงแม้ว่าขอบเขตการควบคุม จะแสดงว่าข้อมูลทั้งหมดที่ทำการทดสอบจะอยู่ในช่วง $+3\sigma$ แต่จากรูปจะเห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง เนื่องจากช่วงของ Control limit กว้างกว่าช่วงของข้อกำหนดมาตรฐาน

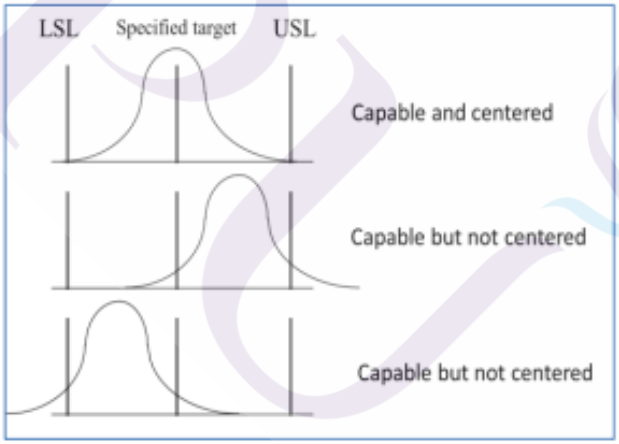
2.6.1 ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (Process capability index) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ดัชนีที่วัดศักยภาพของความสามารถ (Potential capability, C_p) และดัชนีที่วัดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ (Actual capability, C_{pk}) โดยที่จะใช้ C_p ตัดสินกระบวนการว่ามีความสามารถเพียงใดได้ต่อเมื่อเป็นไปตามเงื่อนไขบางประการ คือ เมื่อค่าเฉลี่ยของความแปรผันตามธรรมชาติของกระบวนการอยู่ที่กึ่งกลางของช่วงมาตรฐานของข้อกำหนดในขณะที่สามารถใช้ C_{pk} ตัดสินกระบวนการได้โดยไม่จำเป็นที่ค่าเฉลี่ยของความแปรผันดังกล่าวต้องอยู่ที่กึ่งกลางของช่วงมาตรฐานกำหนด

2.6.2 ดัชนีชี้วัดศักยภาพของความสามารถของกระบวนการ (Process potential capability, C_p) สามารถระบุได้ว่ากระบวนการดำเนินการหนึ่งมีความสามรถหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่า C_p จากสูตรคำนวณต่อไปนี้

$$C_p = \frac{USL-LSL}{UCL-LCL} = \frac{USL-LSL}{6\sigma} \qquad (4)$$

โดย Cp = 1 เมื่อช่วงของข้อกำหนดมาตรฐานมีค่าเท่ากับช่วงของความแปรผันตามธรรมชาติของกระบวนการ (+3σ, ความแปรผันของกระบวนการเป็นไปตาม Normal distribution นั่นคือ 99.73% ของค่าที่สังเกตได้ตกอยู่ในช่วง +3σ จากค่าเฉลี่ย) ในกรณีนี้กระบวนการระบุได้ว่า

มีความสามารถในระดับที่น้อยที่สุด โดยมีศักยภาพที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่บกพร่องจากช่วงของข้อกำหนดเลย ก็ต่อเมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (process mean) ตกอยู่ที่กึ่งกลางของช่วงของข้อกำหนดคืออยู่ที่เป้าหมายที่กำหนดในกรณีนี้มีโอกาสที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องเพียงร้อยละ 0.27 หรือ 2700 ส่วนจากล้านส่วน (ppm) กล่าวคือมีโอกาสที่จะพบผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องออกจาก ช่วง+3σ เพียง 0.0027 ส่วนจาก 1 ส่วน ค่า $C_p > 1$ เมื่อช่วงของข้อกำหนดมาตรฐานมีค่ามากกว่าช่วงของความแปรผันตามธรรมชาติของกระบวนการ ในกรณีนี้ระบุได้ว่ากระบวนการมีศักยภาพของความสามารถ โดยที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปตามของข้อกำหนดได้ต่อเมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (process mean) ตกอยู่ที่กึ่งกลางของช่วงของข้อกำหนดคืออยู่ที่เป้าหมายที่กำหนด ค่า $C_p < 1$ เมื่อช่วงของข้อกำหนดมาตรฐานมีค่าน้อยกว่าช่วงของความแปรผันตามธรรมชาติของกระบวนการในกรณีนี้ระบุได้ว่ากระบวนการไม่มีความสามารถ



ภาพที่ 2.19 กราฟความสามารถของกระบวนการเมื่อ C_p เท่ากับ1
ที่มา : รศ.ดร.ภก.เพียรกิจ แดงประเสริฐ มหาวิทยาลัยรังสิต

2.6.3 การตรงเป้าหมายของกระบวนการ (Process centering) ในกรณีที่ค่า C p >1 แล้วไม่จำเป็นว่าจะไม่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องจากกระบวนการผลิตนั้นเลย แม้ว่าช่วงของขอบเขตการควบคุมอาจจะแคบกว่าช่วงของข้อกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ แต่ถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

ไม่ได้อยู่ตรงกึ่งกลางตรงกับเป้าหมายของข้อกำหนดแล้วด้านหนึ่งของเลยอาจจะกว้างเกินกว่าค่าของช่วงของข้อกำหนดมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 2.11 ภาพที่ 2.12 แสดงตัวอย่างของการที่กระบวนการไม่ได้มีค่าเฉลี่ยตรงกับเป้าหมายของข้อกำหนด ทำให้ความสามารถของกระบวนการที่มีค่า Cp เท่ากับ 1 ไม่สามารถระบุได้ว่าจะผลิตผลิตภัณฑ์ที่มี ความบกพร่องไม่เกินร้อยละ 0.27 จากรูปแสดงกราฟการกระจายแบบปกติ(Normal distribution) ของกระบวนการผลิตที่มีช่วงเลย (UCL-LCL) เท่ากับช่วงของข้อกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ (USL-LSL) ทำให้ได้ค่า Cp เป็น 1 แต่พบว่ากระบวนการนี้ไม่มีความสามารถเนื่องจากค่าเฉลี่ยของ กระบวนการไม่ตรงกับเป้าหมายของข้อกำหนดในรูปจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการตรงกับ ค่าสูงสุดของข้อกำหนด (USL) ทำให้ครึ่งหนึ่งของ Control limit มากกว่าค่า USL ดังนั้นร้อยละ 50 ของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากกระบวนการนี้มีแนวโน้มที่จะมีคุณสมบัติเกินกว่าค่าสูงสุดของข้อกำหนด ทำให้กระบวนการนี้ไม่มีความสามารถแม้ว่าจะมีค่า Cp เท่ากับ 1 เนื่องจากกระบวนการไม่ได้มีค่าเฉลี่ยที่ตรงกับเป้าหมายของข้อกำหนด

2.6.4 ดัชนีวัดความสามารถที่แท้จริงของกระบวนการ (Actual process capability index, C_{pk}) เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่ตรงกับเป้าหมายของข้อกำหนดค่า C_p จะไม่ให้ข้อมูลที่มีความหมายมากนัก เนื่องจากจะบอกเพียงว่าช่วงของ Control limit ของกระบวนการกับช่วงของข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ค่าใดจะกว้างกว่าเท่านั้นแต่ไม่อาจบอกได้ว่ากระบวนการจะผลิต ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องหรือไม่จำเป็นต้องใช้ Capability index อีกค่าหนึ่งเพื่อพิจารณาหาความสามารถของกระบวนการที่จะตอบสนองต่อข้อกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ได้แก่ค่าดัชนีวัดความสามารถที่แท้จริง (actual process capacity index, C_{pk}) ของกระบวนการ

การคำนวณหาค่า C_{pk} หาได้โดยใช้สูตรการคำนวณต่อไปนี้

$$C_{pk} = \min\left[\frac{USL-\bar{x}}{3\sigma}, \frac{\bar{x}-LSL}{3\sigma}\right] \quad \text{.....(5)}$$

ถ้า $C_{pk} < 1.0$ แล้วถือว่ากระบวนการไม่มีความสามารถ

ถ้า $C_{pk} = 1.0$ แล้วถือว่ากระบวนการมีความสามารถขั้นต่ำสุด

แนะนำให้ C_{pk} ควรมีค่ามากว่า 1.33

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ

	กรณีพิกัดข้อกำหนดเฉพาะแบบสองด้าน	กรณีพิกัดข้อกำหนดเฉพาะแบบด้านเดียว
กระบวนการที่ใช้อยู่แล้ว	75%	88%
กระบวนการใหม่	67%	83%

ที่มา : อาจารย์บุญชัย แซ่สิ้ว (เอกสารประกอบการสอน)

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ

	กรณีพิกัดข้อกำหนดเฉพาะแบบสองด้าน	กรณีพิกัดข้อกำหนดเฉพาะแบบด้านเดียว
กระบวนการที่ใช้อยู่แล้ว	1.33	1.13
กระบวนการใหม่	1.50	1.20

ที่มา : อาจารย์บุญชัย แซ่สิ้ว (เอกสารประกอบการสอน)

ถ้าค่า C_p ต่ำแสดงว่าการออกแบบกระบวนการไม่เหมาะสมแก้ไขโดยการออกแบบใหม่ C_{pk} ต่ำแสดงว่าการออกแบบและการตั้งค่ากระบวนการไม่เหมาะสมแก้ไขโดยการปรับตั้งค่าก่อนและถ้าค่า C_p และ C_{pk} ค่าต่างกันแสดงว่าค่าตั้งของกระบวนการไม่ได้อยู่ตรงกลางของสเปคควรมีการปรับตั้งกระบวนการใหม่

2.7 แผนชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

แผนชักตัวอย่างเป็นวิธีที่ใช้ตรวจรับวัตถุดิบ ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต หรือตรวจสอบสินค้าสำเร็จรูปออกจำหน่าย เป็นปกติในอุตสาหกรรมการตรวจสอบวัตถุดิบก่อนการผลิตเป็นสิ่งจำเป็น และถ้าทำได้ควรตรวจสอบทุกชิ้น อย่างไรก็ตามในการปฏิบัตินั้น การตรวจสอบวัตถุดิบทุกชิ้นก่อนใช้งาน หรือสินค้าทุกชิ้นก่อนออกจำหน่าย อาจไม่เหมาะสมหรือทำไม่ได้ด้วยเหตุผลหลายประการ คือ

1. ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูงเมื่อเทียบกับมูลค่าของวัตถุดิบ เช่น การวัดความยาวของตะปูทุกตัวที่ใช้ในการก่อสร้างว่า มีความยาวตามต้องการหรือไม่นั้นคงไม่เหมาะสม เนื่องการค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบอาจสูงเมื่อเทียบกับราคาของตะปูแต่ละตัว

2. เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบนาน แต่ปริมาณของวัตถุดิบมีมาก การตรวจสอบทุกชิ้นจะทำให้เสียเวลามาก หรืออีกนัยหนึ่งคือเสียค่าใช้จ่ายมากนั่นเอง

3. การทดสอบแบบทำลาย ลักษณะคุณภาพของสินค้าบางอย่างจะรู้ผลได้ต่อเมื่อตัวสินค้า หรือวัตถุดิบที่ถูกทดสอบต้องถูกทำลายเสียก่อน เช่น การวัดความเหนียวของโลหะ การวัดความแข็งของกระจก ดังนั้นการทดสอบวัตถุทุกชั้นจะทำไม่ได้เพราะวัตถุดิบจะถูกทำลายหมด

แผนชักตัวอย่างที่ใช้มีหลายประเภท แต่ที่นิยมใช้กันมากคือ แผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยว (single sampling plan) แผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยว ประกอบด้วยตัวเลข 2 จำนวน คือ

n คือจำนวนตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจ

c คือจำนวนของเสียที่ยอมให้มีได้ในตัวอย่าง

หลักการใช้แผนชักตัวอย่างเชิงเดี่ยวคือ ผู้ตรวจสอบจะสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจจำนวน n หน่วยแล้วนับจำนวนตัวอย่างที่เสีย หรือไม่ได้ตามมาตรฐาน ถ้าจำนวนของเสียน้อยกว่าหรือเท่ากับ c ก็ให้รับของทั้งหมดโดยถือว่าของทั้งหมดมีระดับคุณภาพตามที่ต้องการ แต่ถ้าจำนวนของเสียที่พบในตัวอย่างมีมากกว่า c ก็ให้ปฏิเสธของที่ส่งมาทั้งหมด

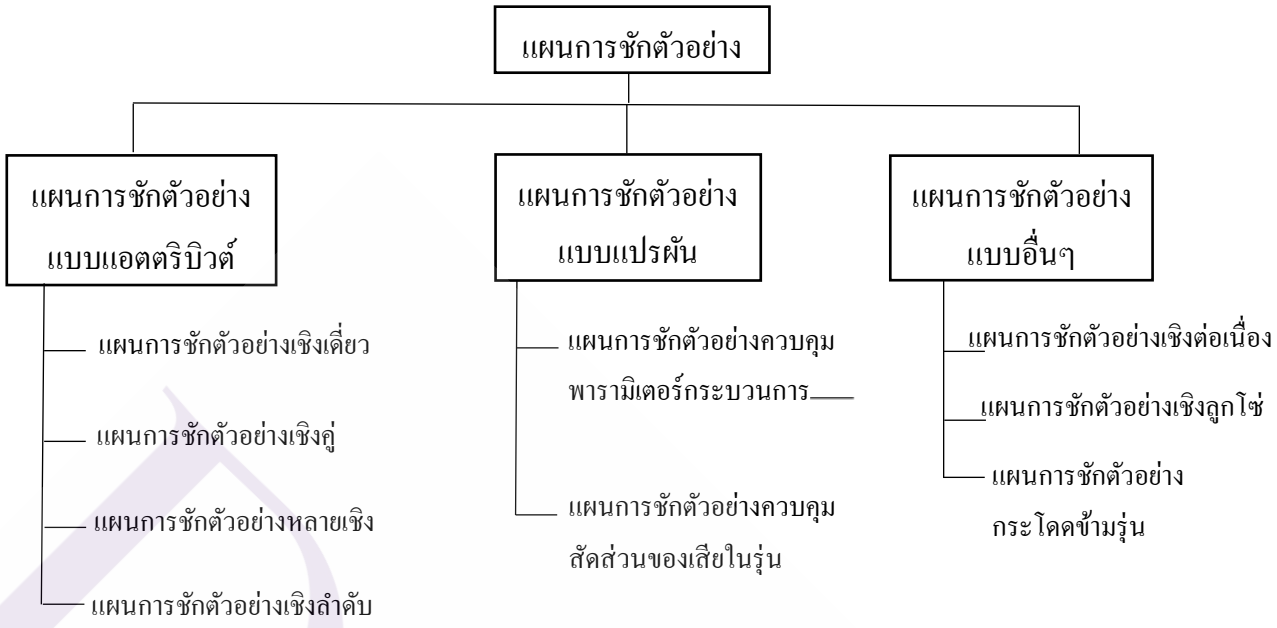
2.7.1 ประเภทของแผนชักตัวอย่าง วิธีจำแนกประเภทของแผนสุ่มตัวอย่างอาจทำได้หลายวิธี วิธีจำแนกประเภทที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือ การจำแนกเป็น

2.7.1.1 แผนการชักตัวอย่างแบบแอตตริบิวต์ (attributes sampling plan)

2.7.1.2 แผนการชักตัวอย่างแบบแปรผัน (variable sampling plan)

2.7.1.3 แผนการชักตัวอย่างแบบอื่นๆ (other sampling plan)

ลักษณะแอตตริบิวต์ คือ ลักษณะคุณภาพที่กำหนดเป็นค่า “ ผ่าน ” หรือ “ ไม่ผ่าน ” ส่วนลักษณะแปรผันหมายถึง ลักษณะคุณภาพที่วัดค่าเชิงเลขออกมาได้



ภาพที่ 2.20 การจำแนกประเภทแผนชักตัวอย่าง

แผนชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับคือ ข้อความที่กำหนดจำนวนตัวอย่างที่จะทำการสุ่มและเงื่อนไขเพื่อการรับหรือปฏิเสธรุ่น แผนชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีวัตถุประสงค์ในการใช้งานแตกต่างกันไป ตารางที่ 9.1 แสดงแผนชักตัวอย่างที่เหมาะสมกับการใช้งานตามวัตถุประสงค์ของการตรวจสอบ โดยทั่วไปการเลือกใช้แผนชักตัวอย่างใดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ขององค์กรและประวัติด้านคุณภาพของผู้ขายสินค้า นอกจากนี้การใช้แผนชักตัวอย่างไม่จำเป็นต้องคงที่ตลอดไป อาจเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมและเวลา

ตารางที่ 2.4 แนวทางการประยุกต์ใช้แผนชักตัวอย่างเพื่อยอมรับ

วัตถุประสงค์	แผนชักตัวอย่างแบบแอตตริบิวต์	แผนชักตัวอย่างแบบแปรผัน
1. ประกันระดับคุณภาพสำหรับผู้ผลิต / ผู้บริโภค	เลือกแผนชักตัวอย่างสำหรับเส้นโค้ง OC ที่กำหนด	เลือกแผนชักตัวอย่างสำหรับเส้นโค้ง OC ที่กำหนด
2. รักษาระดับคุณภาพตามเป้าหมาย	ระบบ AQL MIL.STD.105D	ระบบ AQL MIL.STD.414
3. ประกันระดับคุณภาพผ่านของเฉลี่ย	ระบบ AOQL แผนของ ดอดจ์ – โรมิก	AOQL

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

วัตถุประสงค์	แผนชักตัวอย่างแบบแอตตริบิวต์	แผนชักตัวอย่างแบบแปรผัน
4. ลดจำนวนตัวอย่าง	แผนชักตัวอย่างเชิงลูกโซ่	การวัดขีดจำกัดเชิงแคบ
5. ลดการตรวจสอบเมื่อประวัติคุณภาพดี	แผนชักตัวอย่างแบบกระโดดข้าม , แผนชักตัวอย่างเชิงคู่	แผนชักตัวอย่างกระโดดข้าม , แผนชักตัวอย่างเชิงคู่
6. ประกันคุณภาพไม่ให้ต่ำกว่าค่าเป้าหมาย	แผน LTPD , แผนของ ดอดจ์ – โรมิก	แผน LTPD , การทดสอบสมมติฐาน

ความสำคัญของคุณภาพชิ้นส่วนและวัตถุดิบ ทำให้โรงงานจำนวนมากพยายามกดดันให้ผู้ขายหรือผู้ผลิตพัฒนาคุณภาพสินค้าอย่างต่อเนื่อง การใช้แผนชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับ จะช่วยให้ขายปรับปรุงคุณภาพได้อย่างเห็นผล อย่างไรก็ตามจะต้องระลึกเสมอว่าคุณภาพสินค้าจะต้องสร้างลงในตัวสินค้านั่นคือ ผู้ซื้อจะต้องเน้นในด้านการพัฒนาวิธีการควบคุมกระบวนการผลิตของผู้ขาย เพื่อประกันว่าสินค้าที่ผลิตได้มีคุณภาพตรงตามต้องการ ส่วนแผนชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับเป็นเพียงเครื่องมือเพื่อการตรวจสอบ หรือเครื่องมือในการประกันระดับคุณภาพสินค้าที่จะซื้อมาใช้

ผู้ผลิตสินค้าโดยทั่วไปพยายามพัฒนาคุณภาพสินค้าของตนโดยการลดจำนวนที่ผู้ขายวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนให้ โดยเลือกเฉพาะผู้ขายที่มีความเชื่อใจได้ในเรื่องคุณภาพ ซึ่งกุญแจที่สำคัญก็คือการควบคุมกระบวนการผลิต แผนชัดตัวอย่างเพื่อการยอมรับ จะเป็นเครื่องมือที่สนับสนุนแผนการพัฒนาคุณภาพของผู้ขายได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามวิธีการที่ดีที่สุดสำหรับการพัฒนาคุณภาพก็คือ การควบคุมกระบวนการผลิตด้วยแผนภูมิควบคุมชนิดต่างๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว แผนชักตัวอย่างเพื่อการยอมรับเป็นเพียงเครื่องมือสนับสนุนที่ร่วมกันทำให้ระดับคุณภาพบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

2.8 ระดับคุณภาพที่ยอมรับ

ระดับคุณภาพที่ยอมรับหรือ AQL หมายถึง ค่าสูงสุดของจำนวนของเสียคิดเป็นร้อยละหรือค่าสูงสุดของข้อบกพร่อง (รอยตำหนิ) ต่อร้อยหน่วยของสินค้า ที่ถือว่าเป็นค่าเฉลี่ยที่ยอมให้มีอยู่ได้ การกำหนด AQL เป็นการแสดงว่าผู้กำหนด AQL จะยินยอมรับสินค้ารุ่นที่ส่งมอบเมื่อระดับเฉลี่ยของเสีย หรือรอยตำหนิสินค้าไม่สูงกว่าค่า AQL ที่กำหนด หรืออีกนัยหนึ่งคือเมื่อกำหนดค่า AQL ไว้ ผู้ขายจะต้องส่งมอบรุ่นสินค้าที่มีของเสียคิดเป็นร้อยละต่ำกว่าค่า AQL จะได้รับการยอมรับ อย่างไรก็ตามค่า AQL แต่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถบ่งถึงความคุ้มครองคุณภาพที่ผู้ซื้อ หรือ

บริโภคจะได้รับสำหรับสินค้ารุ่นใดรุ่นหนึ่ง แต่จะบ่งถึงความคุ้มครองคุณภาพที่ผู้ซื้อจะได้รับจากสินค้าหลายๆรุ่น โดยเฉลี่ยถ้าใช้มาตรฐานนี้ ดังนั้น เพื่อหาความคุ้มครองคุณภาพที่ผู้ซื้อจะได้รับจากสินค้ารุ่นใดรุ่นหนึ่ง จึงจำเป็นต้องใช้เส้นโค้ง OC ของแผนชักตัวอย่างที่ใช้มาพิจารณาด้วยค่า AQL นี้โดยทั่วไปมักระบุในสัญญาซื้อขายด้วย

ค่า AQL ควรแยกตามประเภทของข้อบกพร่อง และการกำหนดค่า AQL นั้นอาจกำหนดเป็นค่า AQL รวมของกลุ่มบกพร่อง หรือแยกเป็น AQL ของแต่ละรายการ ค่า AQL ที่ปรากฏในตารางมาตรฐานถ้ามีค่าไม่เกิน 10 จะหมายรวมทั้งของเสียคิดเป็นร้อยละ หรือจำนวนข้อบกพร่องต่อร้อยหน่วยสินค้า แต่สำหรับ AQL ที่มากกว่า 10 จะหมายเฉพาะแต่จำนวนบกพร่องต่อร้อยหน่วยสินค้าเท่านั้น

2.8.1 ระดับการตรวจสอบและขนาดตัวอย่าง ในการใช้ตารางมาตรฐาน ขนาดตัวอย่าง หรือจำนวนตัวอย่างที่ต้องสุ่มชัก จะถูกกำหนดโดยรุ่น และระดับการตรวจสอบ (inspection level) การตรวจสอบแบ่งออกเป็นการตรวจสอบทั่วไป 3 ระดับ และการตรวจสอบพิเศษอีก 4 ระดับ

2.8.1.1 การตรวจสอบทั่วไประดับ I เป็นระดับการตรวจสอบที่ใช้จำนวนตัวอย่างน้อยกว่าการตรวจสอบทั่วไประดับอื่นๆ การตรวจสอบระดับนี้จะทำให้ความเสี่ยงของผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น จึงควรใช้ในกรณีที่มีความเสี่ยงเพิ่มมากขึ้น แต่ประโยชน์ที่ได้รับก็พอชดเชยกัน หรือในกรณีที่มีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากผู้ขายมีประวัติด้านคุณภาพที่ดี ทั้งนี้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ

2.8.1.2 การตรวจสอบทั่วไประดับ II เป็นระดับการตรวจสอบที่นิยมใช้กันมากที่สุดในกรณีที่ไม่มีข้อสงสัยว่าสินค้าที่จะรับการตรวจสอบมีคุณภาพด้อยกว่าค่า AQL แต่ไม่ควรใช้ในกรณีที่ต้องทำการทดสอบแบบทำลาย หรือกรณีที่ขนาดรุ่นมีจำนวนน้อย หรือกรณีที่ค่าทดสอบสูงมาก

2.8.1.3 การตรวจสอบทั่วไประดับ III เป็นระดับการตรวจสอบที่ต้องใช้จำนวนตัวอย่างมากกว่าระดับอื่นๆ ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูงขึ้น แต่ให้ประโยชน์ในการลดความเสี่ยงของผู้บริโภค การตรวจสอบระดับนี้ควรใช้หลักฐานแน่ชัดว่าสินค้าที่รับการตรวจสอบมีคุณภาพด้อยกว่าค่า AQL หรือในกรณีที่เคยรู้ประวัติด้านคุณภาพของผู้ขายมาก่อนเลย และเพื่อลดค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับสินค้าที่ด้อยคุณภาพ

ส่วนการตรวจสอบพิเศษ 4 ระดับ ประกอบด้วย s-1 s-2 s-3 และ s-4 เป็นระดับการตรวจสอบที่ใช้กรณีที่จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างจำนวนน้อยๆโดยยอมให้ความเสี่ยงของผู้บริโภคมากขึ้น ส่วนการเลือกใช้ระดับใดนั้นขึ้นกับราคาสินค้า เวลา และค่าใช้จ่ายในการทดสอบ และความเสียหายในความเสี่ยงของผู้บริโภคเป็นสำคัญ จำนวนตัวอย่างของระดับ s-1 จะน้อยที่สุดและเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึง s-4 จะมีจำนวนตัวอย่างมากที่สุด

โดยทั่วไปการตรวจสอบจะใช้ระดับการตรวจสอบทั่วไประดับ II เว้นแต่จะมีการกำหนดเป็นอย่างอื่น

2.8.2 ความเข้มงวดของการตรวจสอบ

ความเข้มงวดของการตรวจสอบแบ่งออกเป็น 3 แบบคือ แบบปกติ แบบเคร่งครัด และแบบผ่อนคลาย การตรวจสอบแบบต่างๆนี้ ทำให้ขนาดตัวอย่าง เลขจำนวนที่ยอมรับและไม่ยอมรับแตกต่างกัน รวมทั้งทำให้ความเสี่ยงของผู้ผลิตสินค้า และผู้บริโภคแตกต่างกันด้วย

การตรวจสอบแบบปกติ ใช้เมื่อเริ่มตรวจสอบ เว้นแต่จะได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น จะให้ใช้ต่อไปตราบเท่าที่คุณภาพของสินค้าที่ส่งมาตรวจสอบหรือค่าเฉลี่ยความบกพร่องในการผลิตยังอยู่ในระดับใกล้เคียงกับ AQL ที่กำหนดไว้

ในกรณีที่คุณภาพด้อยกว่า AQL ที่กำหนดอยู่เสมอ ให้เปลี่ยนมาใช้การตรวจสอบแบบเคร่งครัด แต่ถ้าคุณภาพดีกว่า AQL ที่กำหนดอยู่เสมอแล้ว ก็ให้เปลี่ยนมาใช้แบบผ่อนคลาย

การตรวจสอบแบบเคร่งครัดไม่ควรใช้เมื่อเริ่มการตรวจสอบ หากจะใช้ก็ควรมีหลักฐานสนับสนุนว่า สินค้าที่รับการตรวจสอบนั้นอาจมีคุณภาพด้อยกว่ามาตรฐาน ซึ่งหลักฐานดังกล่าวอาจได้มาจากข้อมูลการตรวจสอบครั้งก่อนๆ

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

เนื้อหาในบทนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย และข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้นำเครื่องมือมาใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการของแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อหาสาเหตุและนำข้อมูลที่ได้มาดำเนินปรับปรุงแก้ไข

3.1 ประวัติความเป็นมาของบริษัท

โรงงานที่ทางผู้วิจัยได้เลือกมาเป็นกรณีศึกษาเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ประเภทขนมหวาน วัตถุประสงค์ของโรงงานคือ การผลิตขนมหวานบรรจุถ้วย แปรรูปเกี่ยวกับผลไม้ และพืชทางการเกษตรเป็นหลัก อาทิเช่น มะพร้าวอ่อน น้ำมะพร้าว ข้าวโพด ฟักทอง แคนตาลูป เป็นต้น โดยสินค้าที่ผลิตจะมีการวางจำหน่ายหลากหลายช่องทาง ร้านสะดวกซื้อ ร้านค้าสมัยใหม่ จัดเบรคตามโรงแรม หรือ โรงเรียน นอกจากนี้ทางบริษัทยังมีการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ให้แก่ผู้ว่าจ้าง พร้อมทั้งผลิตในรูปแบบ OEM (Original Equipment Manufacturer) ตามความต้องการของกลุ่มลูกค้า ซึ่งปัจจุบันโรงงานได้มีการรับรองมาตรฐานคุณภาพได้แก่ GMP (Great Manufacturing Practice), HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) รวมทั้งกำลังขอรับรองมาตรฐาน HALAL (อาหารซึ่งอนุมัติตามบัญญัติศาสนาอิสลามให้มุสลิมบริโภคหรือใช้ประโยชน์ได้)

ที่ตั้งโรงงาน	:	ที่อยู่84/4 ตำบลหน้าไม้ อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี
ประเภทธุรกิจ	:	ผลิต – จัดจำหน่าย ขนมหวาน
ก่อตั้ง	:	ปี 2540
ทุนจดทะเบียน	:	10,000,000 บาท
จำนวนพนักงาน	:	70 คน

จากการศึกษาข้อมูลของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาในกระบวนการผลิต อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร (ขนมหวาน) โดยรูปแบบการผลิตสินค้าส่วนใหญ่เป็นการผลิตแบบครั้งละมากๆ ซึ่งลูกค้าได้แก่ร้านสะดวกซื้อ และร้านค้าสมัยใหม่ ดังนั้นโรงงานจึงต้องมีการควบคุมคุณภาพของสินค้าตามมาตรฐานของ GMP และ HACCP เพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพ และเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับลูกค้า ปัจจุบันกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมหวานบรรจุถ้วย การบรรจุผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสุทธิที่ 65-75 องศา และต้องลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามเกณฑ์ที่ 20 องศา ปัจจุบัน

วิธีลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์โดยใช้น้ำเย็น ซึ่งปัจจุบันต้องใช้ระยะเวลา 35-40 นาที จากในเดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ 2560 ทางโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาได้ถูกข้อร้องเรียนจากทางลูกค้าในการส่งสินค้าที่มีอุณหภูมิไม่ได้ตามที่ตกลง ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหาย ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงมูลค่าความเสียหายที่เกิดจากสินค้าอุณหภูมิไม่ตรงตามมาตรฐาน

เดือน	จำนวนสินค้าที่ถูกตีกลับ (ถ้วย)	มูลค่าความเสียหาย (บาท)
มกราคม 2560	6,230	93,450
กุมภาพันธ์ 2560	4,522	67,830

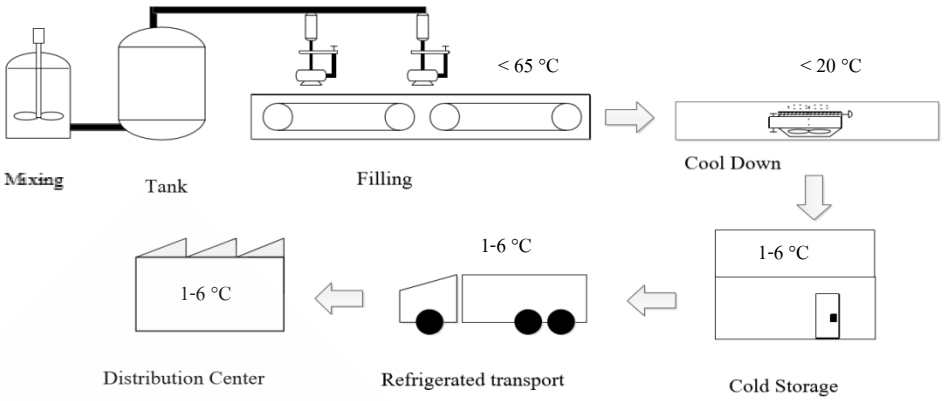
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์ เดือน มกราคม – กุมภาพันธ์ และมีตัวไหนถูกตีกลับบ้าง

เดือน	ผลิตภัณฑ์	Lot No.	จำนวนที่ส่ง (ถ้วย)	จำนวนที่ถูกตีกลับ (ถ้วย)	สาเหตุ
มกราคม	A001	03/01/2560	2950	2950	อุณหภูมิสูง
	A001	15/01/2560	3280	3280	อุณหภูมิสูง
กุมภาพันธ์	A001	21/02/2560	4522	4522	อุณหภูมิสูง

จากตารางที่ 3.1 บอกถึงรายละเอียดผลิตภัณฑ์ที่ถูกตีกลับจากลูกค้าเนื่องมาจากปัญหาอุณหภูมิหน้างานในส่วนของฝ่ายรับสินค้าของทางลูกค้าได้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ และพบว่าผลิตภัณฑ์ A001 มีอุณหภูมิเกินกว่าเกณฑ์ที่ลูกค้ากำหนด 1-6 °C และผลกระทบที่เกิดขึ้นทำให้ลูกค้าไม่สามารถรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้และทำการตีคืนกลับบริษัท ซึ่งคิดเป็นมูลค่าโดยรวมเป็นยอดเงิน 161,280 บาท

3.2 โซ่อุปทานความเย็นผลิตภัณฑ์

จากการศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา สามารถสรุปขั้นตอนในการผลิต ผลิตภัณฑ์ A001 ดังภาพที่ 3.1 โซ่อุปทานความเย็นผลิตภัณฑ์ A001



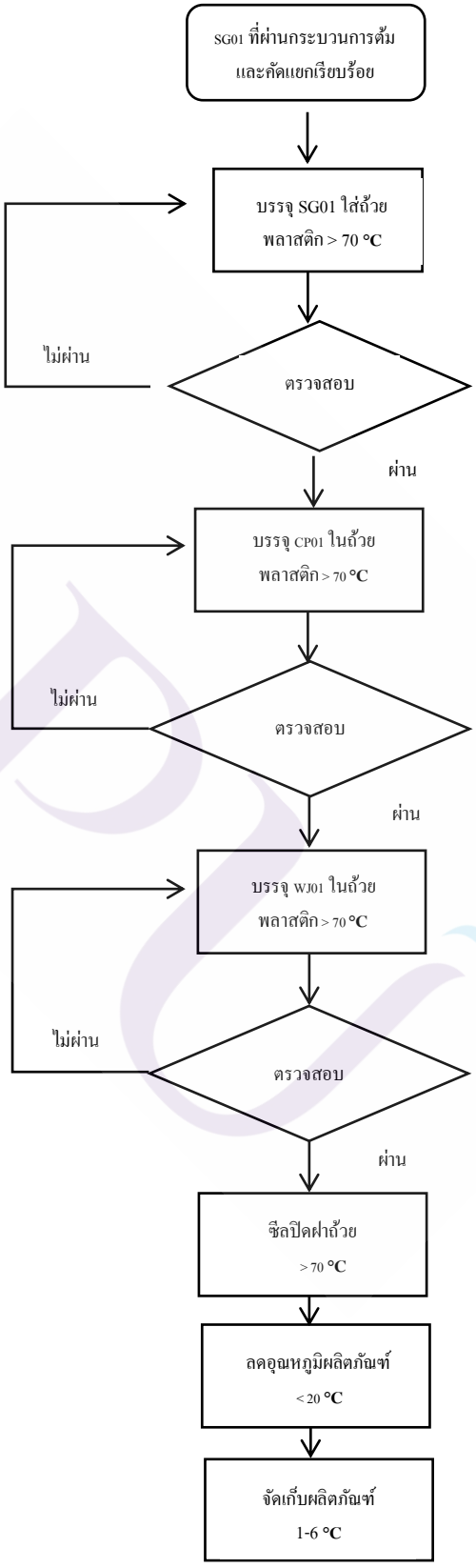
ภาพที่ 3.1 โซ่อุปทานความเย็นผลิตภัณฑ์ A001

จากภาพที่ 3.1 แผนภาพโซ่อุปทานความเย็นผลิตภัณฑ์ A001 โดยเริ่มจากกระบวนการแรกคือ แผนกผสมวัตถุดิบในถัง (Mixing) ทำการต้มฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 90°C และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมาเก็บใน (Tank) เพื่อรอส่งต่อมายังเครื่องบรรจุ (Filling) มีการควบคุมอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 65°C หลังจากนั้นเข้าสู่กระบวนการลดอุณหภูมิสินค้าให้ได้ 20°C ภายในเวลา 30 นาทีผ่านกระบวนการ (Cool Down) ผลิตภัณฑ์จะถูกส่งเข้าไปเก็บที่คลังห้องเย็น (Cold Storage) กระบวนการขนส่งผลิตภัณฑ์ใช้รถห้องเย็นควบคุณอุณหภูมิที่ 1-6°C (Refrigerated transport) จัดส่งถึงคลังสินค้าของลูกค้า (Distribution Center)

ตารางที่ 3.3 ตารางสรุปอุณหภูมิในภาพที่ 3.1

ลำดับที่	กระบวนการ	อุณภูมิในการควบคุม
1	กระบวนการผสม (Mixing)	Temp Room
2	กระบวนการบรรจุ (Filling)	60-65 °C
3	กระบวนการบรรจุ (Cool Down)	<20 °C
4	กระบวนการบรรจุ (Cool Storage)	1-6 °C
5	กระบวนการบรรจุ (refrigerated)	1-6 °C
6	กระบวนการบรรจุ (Distribution Center)	1-6 °C

กระบวนการบรรจุขนมหวาน



ภาพที่ 3.2 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตขนมหวาน

จากภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการบรรจุขนมหวาน เริ่มจากพนักงานนำ SG01 ที่ผ่านกระบวนการต้มและคัดแยกเรียบร้อยแล้ว ใส่ถังบรรจุขนาดใหญ่โดยการส่งผ่านท่อลำเลียง เข้าสู่เครื่องบรรจุระบบกระบอกลูกสูบ โดยทำการ SG01 ใส่ถ้วยพลาสติก และใช้สายพานในการขนถ่ายผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอน เมื่อผ่านเครื่องบรรจุพนักงานทำการตรวจสอบปริมาณโดยการชั่งน้ำหนัก SG01 ว่าตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ หากปริมาณไม่ตรงเกณฑ์ พนักงานจะทำการปรับระยะกระบอกสูบของเครื่องบรรจุให้ได้น้ำหนักของ SG01 ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จากนั้นพนักงานอีกคนจะทำการใส่ CP01 ลงในถ้วยพนักงานจะทำการตรวจสอบปริมาณ CP01 ก่อนที่จะถูกส่งไปบรรจุ WJ01 โดยเครื่องบรรจุสอง และทำการตรวจสอบปริมาณ WJ01 ว่าได้ตรงตามค่ามาตรฐานหรือไม่ แล้วจึงทำการซีลปิดฝาผลิตภัณฑ์ A001 หลังจากนั้นพนักงานจะนำสินค้าที่ทำการซีลปิดฝาแล้วนำไปลดอุณหภูมิที่บ่อหล่อเย็นเป็นระยะเวลา 30 นาที แล้วค่อยนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิแล้วเข้าห้องเย็น ตามลำดับต่อไป

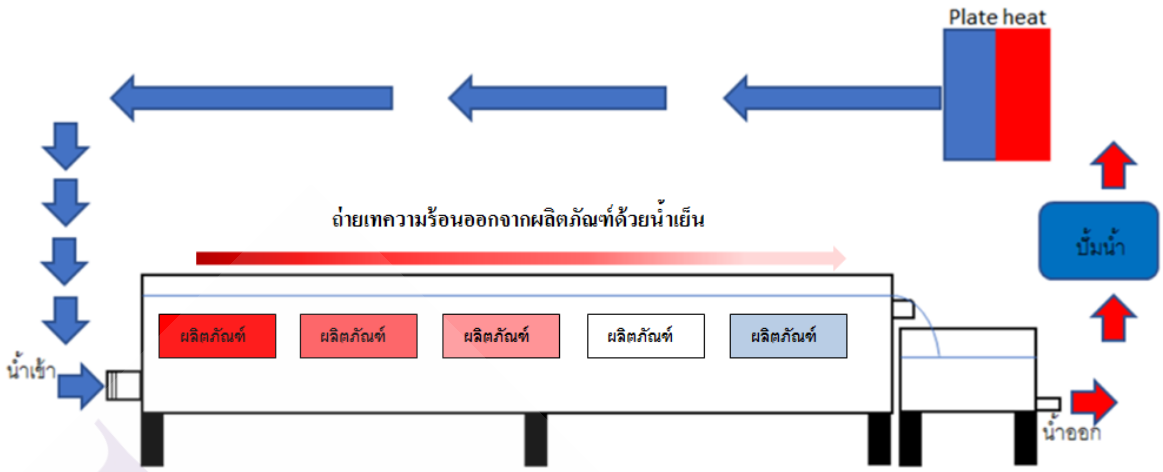
3.3 การศึกษาและการเก็บข้อมูลคุณภาพในขั้นตอนกระบวนการหล่อเย็น

3.3.1 เริ่มต้นจากมีการแลกเปลี่ยนน้ำที่ Plate Heat ที่น้ำอุณหภูมิ 10 °C

3.3.2 น้ำวนเข้าหัวบ่อ บริเวณจุด (น้ำเข้า) และน้ำที่อุณหภูมิต่ำมีการแลกเปลี่ยนกับ ผลิตภัณฑ์ที่มีอุณหภูมิ 65-75°C

3.3.3 ผลิตภัณฑ์มีการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับน้ำเย็น และมีการลดอุณหภูมิของตัวผลิตภัณฑ์ลงจนถึงท้ายบ่อ ที่อุณหภูมิ 20°C

3.3.4 น้ำมีการถ่ายเทไปยังบริเวณ(น้ำออก) โดยที่มีปั๊มน้ำขนาด 1 kW ดูดน้ำเข้าสู่ Plate Heat วนตามลูป



ภาพที่ 3.3 การทำงานของบ่อหล่อเย็น

ภาพที่ 3.4 อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ ก่อนทำการลดอุณหภูมิ 75.8 °C

จากภาพที่ 3.4 อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ ก่อนทำการลดอุณหภูมิ คือ การสุ่มอุณหภูมิโดยการใช้ Infrared Thermometer วัดค่าของผลิตภัณฑ์หลังจากผานกระบวนการผลิตขั้นตอนสุดท้ายคือการซีลก่อนนำลงบ่อหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิ

ภาพที่ 3.5 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิท้ายบ่อ

จากภาพที่ 3.5 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการลดอุณหภูมิท้ายบ่อ คือ การลำเลียงผลิตภัณฑ์ตามกระบวนการลดอุณหภูมิจากต้นบ่อหล่อเย็น จนมาถึงท้ายบ่อหล่อเย็น โดยใช้เวลาในกระบวนการที่ 40 นาทีจุดประสงค์เพื่อลดอุณหภูมิ ผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ 20 °C

ภาพที่ 3.6 อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการหล่อเย็นลดอุณหภูมิแล้ว

จากภาพที่ 3.6 อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการหล่อเย็นลดอุณหภูมิแล้ว คือ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิโดยบ่อหล่อเย็นแล้วเสร็จที่เวลา 40 นาที แต่ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถลดอุณหภูมิลงได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ 20°C

ภาพที่ 3.7 เครื่องทำความเย็น

จากภาพที่ 3.7 เครื่องทำความเย็น เป็นคอมเพลสเซอร์กำเนิดความเย็นเพื่อสร้างน้ำเย็น และส่งต่อไปยังบ่อหล่อเย็นมีการควบคุมอุณหภูมิคอมเพลสเซอร์ที่ 4-6 °C

ภาพที่ 3.8 ห้องเย็นเก็บผลิตภัณฑ์

จากภาพที่ 3.8 ห้องเย็นเก็บผลิตภัณฑ์ ใช้สำหรับจัดเตรียม และจัดเก็บผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปพร้อมส่งซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิของห้องเย็น และอุณหภูมิของสินค้าที่ 1-6 °C เพื่อให้สินค้าได้คุณภาพตามข้อกำหนด

ภาพที่ 3.9 รถห้องเย็น

จากภาพที่ 3.9 รถห้องเย็นใช้สำหรับเป็นพาหนะลำเลียงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เพื่อจัดส่งให้ลูกค้าปลายทางมีการควบคุมอุณหภูมิรถขนส่งที่ 1-6 °C ตามข้อกำหนดของลูกค้าและควบคุมให้สินค้ามีคุณภาพอยู่ตลอดเวลา

จากการศึกษาระบบหล่อเย็น พบว่าปัจจุบันทางสถานประกอบการยังขาดระบบจัดเก็บข้อมูล และ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพ และระบบหล่อเย็นที่ทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งทางผู้ศึกษาจึงได้ทดลองให้โรงงานที่เป็นกรณีศึกษา สุ่มเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพในส่วนของอุณหภูมิ หลังจากผ่านการหล่อเย็นแล้ว จำนวน 9 ชุดข้อมูล แบ่งออกเป็นชุดข้อมูลผลิตภัณฑ์ละ 100 ถ้วย

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงข้อมูลอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหล่อเย็น

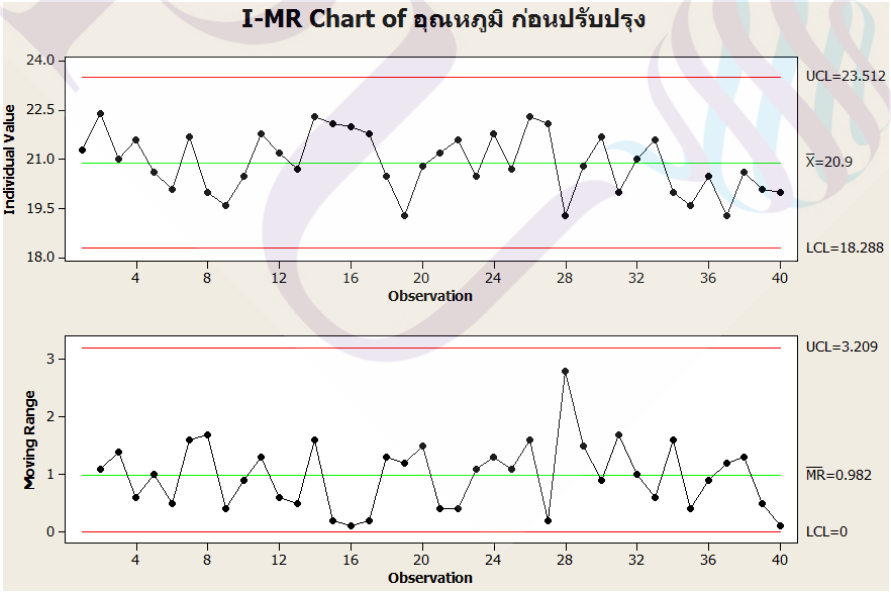
เลขที่สั่งผลิต	รวมผลิตภัณฑ์ทั้งหมด	ระยะเวลาลดอุณหภูมิ	ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์	ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์	อัตราคุณภาพ
101016	100	30นาที	95	5	95%
111016	100	30นาที	89	11	89%
121016	100	30นาที	85	15	85%
121016	100	30นาที	91	9	91%
141016	100	30นาที	89	11	89%
151016	100	30นาที	89	11	89%
161016	100	30นาที	92	8	92%
171016	100	30นาที	90	10	90%
181016	100	30นาที	94	6	94%

จากตารางที่ 3.1 การศึกษาเก็บข้อมูลพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่อุณหภูมิ 20°C มีทุกรอบการผลิตอัตราเฉลี่ยสินค้าที่ไม่ได้ผ่านมาตรฐานอุณหภูมิที่ 5 - 15% ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ที่ทางโรงงานรับได้ ทางผู้วิจัยจึงได้นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเครื่องหล่อเย็น จำนวน 40 ค่าดัง ตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงข้อมูลอุณหภูมิผลิตภัณฑ์

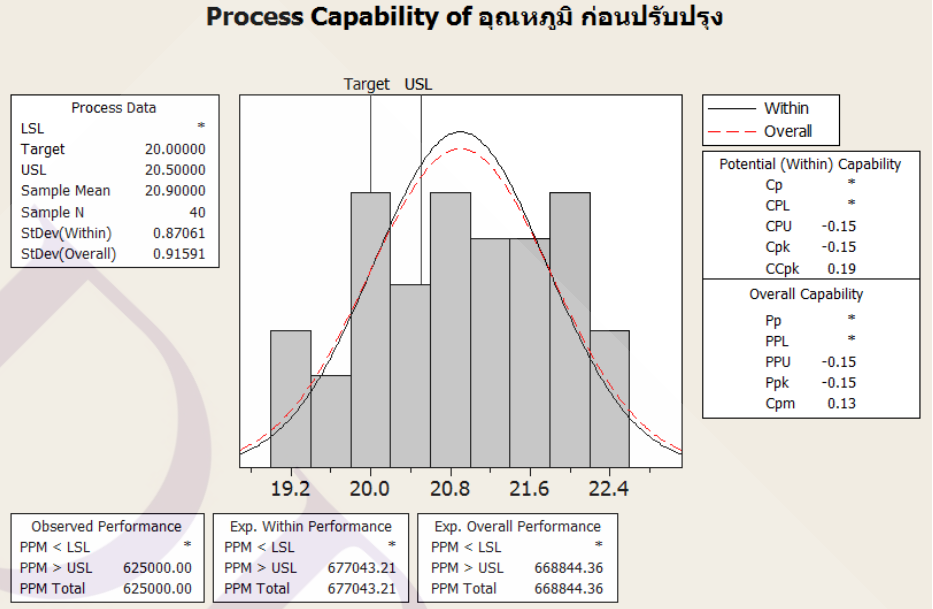
ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ	ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ	ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ	ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ
1	21.3	11	21.8	21	21.2	31	20.0
2	22.4	12	21.2	22	21.6	32	21.0
3	21.0	13	20.7	23	20.5	33	21.6
4	21.6	14	22.3	24	21.8	34	20.0
5	20.6	15	22.1	25	20.7	35	19.6
6	20.1	16	22.0	26	22.3	36	20.5
7	21.7	17	21.8	27	22.1	37	19.3
8	20.0	18	20.5	28	19.3	38	20.6
9	19.6	19	19.3	29	20.8	39	20.1
10	20.5	20	20.8	30	21.7	40	20.0

จากข้อมูลตารางที่ 3.1 และ ตารางที่ 3.2 ทางผู้ศึกษาได้นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab



ภาพที่ 3.10 การวิเคราะห์ อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ A001

จากภาพที่ 3.10 ในการวิเคราะห์ อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ A001 จาก การหล่อเย็นผ่านบ่อหล่อเย็น โดยใช้ I-MR Chart ในการวิเคราะห์ จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ X = 20.9 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด



ภาพที่ 3.11 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพกระบวนการผลิต อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ A001

จากภาพที่ 3.11 ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพกระบวนการผลิต อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ A001 จาก การหล่อเย็นผ่านบ่อหล่อเย็น โดยการวิเคราะห์แบบเฉพาะด้านเดียวกำหนดค่าเป้าหมายอุณหภูมิที่ 20 C^{o} และค่าควบคุมด้านบนที่ 20.5 C^{o} พบว่าค่า Cpk อยู่ที่ -0.15

3.4 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

จากการศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา เบื้องต้นทางผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาดังนี้

3.4.1 ทำการออกแบบบันทึกข้อมูล ตรวจสอบอุณหภูมิสินค้าหลังผ่านบ่อหล่อเย็น

3.4.2 ทำการวิเคราะห์ และกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการควบคุมคุณภาพ กับพนักงานในแผนกต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

3.4.3 แนะนำการแก้ไขระบบหล่อเย็น และ บ่อหล่อเย็นเพื่อให้ใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ

3.4.4 ทำการกำหนดมาตรฐานในการทำงาน ในส่วนของการควบคุมคุณภาพในกระบวนการหล่อเย็นใหม่ตามค่าที่เหมาะสม

DPU

บทที่ 4
การวิเคราะห์ปัญหาและแนวคิดในการปรับปรุง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์หาสาเหตุ และแนวทางในการแก้ปัญหาความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับ ขนมหวาน A001 ในปัญหาสินค้ามีอุณหภูมิที่ไม่ได้ตามมาตรฐานมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

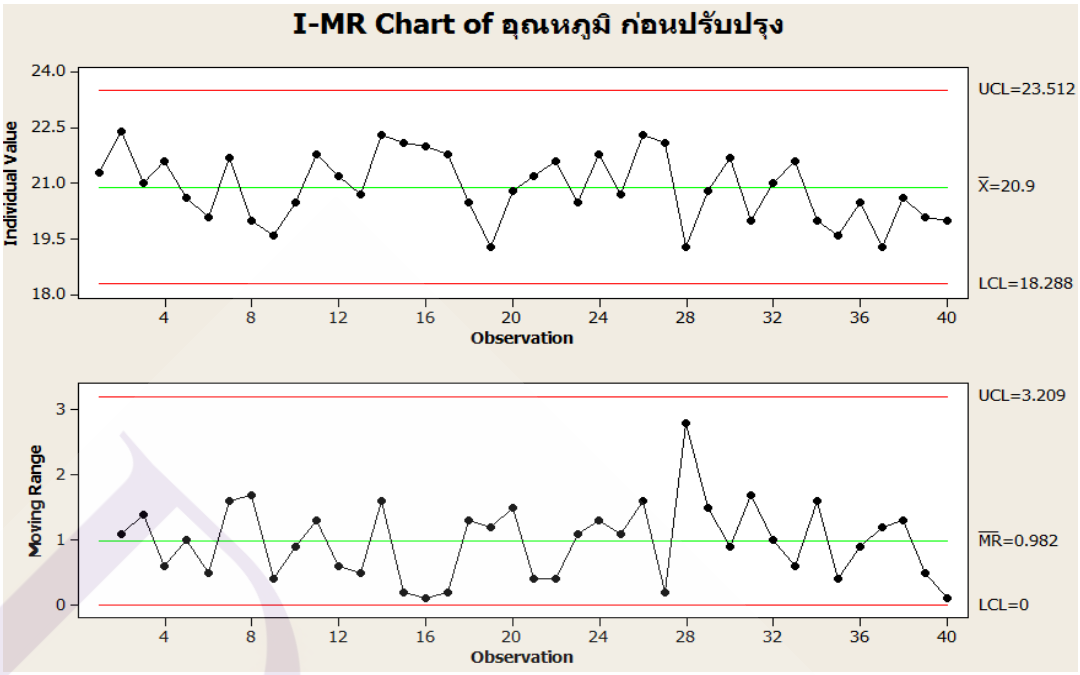
4.1 การวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล แนวทางการแก้ไข

การวิเคราะห์หาสาเหตุ และการสุ่มตัวอย่างจาก อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ในบ่อหล่อเย็น พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอุณหภูมิไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่อุณหภูมิ 20°C มีทุกรอบการผลิต ซึ่งมีค่าอุณหภูมิดัง

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงข้อมูลการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ก่อนปรับปรุง

ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ	ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ	ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ	ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ
1	21.3	11	21.8	21	21.2	31	20.0
2	22.4	12	21.2	22	21.6	32	21.0
3	21.0	13	20.7	23	20.5	33	21.6
4	21.6	14	22.3	24	21.8	34	20.0
5	20.6	15	22.1	25	20.7	35	19.6
6	20.1	16	22.0	26	22.3	36	20.5
7	21.7	17	21.8	27	22.1	37	19.3
8	20.0	18	20.5	28	19.3	38	20.6
9	19.6	19	19.3	29	20.8	39	20.1
10	20.5	20	20.8	30	21.7	40	20.0

จากภาพตาราง 4.1 เป็นการเก็บข้อมูลชุดตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 40 ชุดข้อมูลโดยชุดข้อมูลละ 1 ถ้วยเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผ่าน I-MR Chart ดังภาพต่อไป

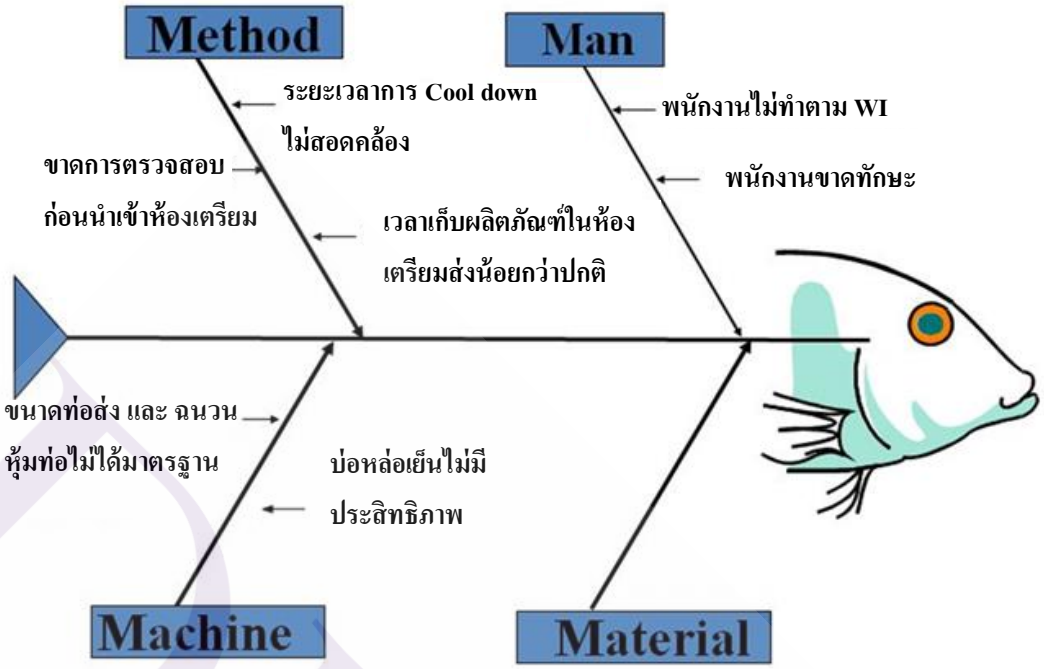


ภาพที่ 4.1 การวิเคราะห์อุณหภูมิโดยใช้ IM R Chart (การหล่อเย็นก่อนการปรับปรุงบ่อหล่อเย็น)

จากภาพที่ 4.1ในการวิเคราะห์ ผลิตภัณฑ์ A001 จากการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์โดยกระบวนการหล่อเย็นด้วยระบบน้ำเย็น โดยใช้ I-MR Chart วิเคราะห์ได้ดังนี้ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ UCL=3.209 ทำให้เกิดความไม่สมดุล และมีค่า $\bar{x}$ = 20.9 แสดงค่าอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอยู่ที่ 20.9 °C ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 20°C

4.2 การนำเครื่องมือมาใช้ในการหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากการวิเคราะห์ปัญหาที่ได้มาจากข้อมูลภาพที่ 4.1 ทางผู้วิจัยจึงได้เชิญจากฝ่ายต่างๆ รวมวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยพิจารณาจากสาเหตุหลักประกอบด้วยพนักงาน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการดำเนินการ โดยใช้แผนแสดงสาเหตุและผลของปัญหาได้ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แผนภาพแสดงสาเหตุและผลของปัญหาอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ไม่ตรงตามมาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 แสดงหัวข้อปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา

ปัญหาหลัก	ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา	ปัญหาที่เกิด	มาตรการ/แนวทางในการแก้ไขปัญหา	ผู้รับผิดชอบ
สินค้าอุณหภูมิไม่ได้ตามกำหนด	คน (MAN)	1. พนักงานขาดทักษะ 2. พนักงานไม่ปฏิบัติตาม WI	1. อบรมเตรียมพร้อมในการทำงาน/จัดอบรมให้แก่พนักงาน 2. ภาษาไทยวันละคำ/ จัดอบรมให้ความรู้ด้านภาษาไทย	หัวหน้าแผนก ฝ่ายบุคคล

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ปัญหาหลัก	ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา	ปัญหาที่เกิด	มาตรการ/แนวทางในการแก้ไขปัญหา	ผู้รับผิดชอบ
สินค้าอุณหภูมิไม่ได้ตามกำหนด	เครื่องจักร (MACHINE)	1. ขนาดท่อและฉนวนหุ้มท่อผิดประเภท(บางเกินไป) 2.บ่อหล่อเย็นไม่มีประสิทธิภาพ	1. ตรวจสอบเครื่องจักร/ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่อง และหาอุณหภูมิที่เหมาะสม 2. ปรับปรุงระบบหล่อเย็นให้มีประสิทธิภาพ	หัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุง
	วิธีการ (METHODS)	1.ระยะเวลาการ Cool down ไม่สอดคล้องกับระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักร 2. ขาดการตรวจสอบก่อนนำเข้าห้องเตรียม 3. เวลาเก็บเข้าห้องเตรียมน้อยกว่ากำหนด	ตรวจสอบเวลา Cool down/ทำการตรวจสอบระยะเวลาในการ Cool down ในปัจจุบันว่าเหมาะสมหรือไม่เนื่องจากในการออกแบบครั้งแรกสำหรับ 1 เครื่องจักร 1.ตรวจสอบก่อนจัดเก็บ/ทางโรงงานได้กำหนดให้มีการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิก่อนที่จะนำสินค้าเข้าห้องเตรียม พร้อมนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ ตรวจสอบเวลาในการจัดเก็บ/ทำการตรวจสอบเวลาในการจัดเก็บสินค้าและอุณหภูมิก่อนนำส่ง	หัวหน้าฝ่ายช่าง/ฝ่ายผลิต หัวหน้าฝ่าย QC หัวหน้าฝ่าย QC

4.2.1 ปัญหาพนักงานขาดทักษะ

พนักงานโดยส่วนใหญ่เป็นแรงงานต่างชาติจากการได้พูดคุยซักถามจึงทำให้ทราบสาเหตุหลักคือพนักงานไม่เข้าใจภาษาไทยเท่าที่ควรจึงทำให้การสื่อสารไม่เกิดประสิทธิภาพ และเกิดข้อผิดพลาดระหว่างงาน

แนวทางการแก้ไขปัญหา

เรียกประชุมเกี่ยวระหว่างหัวหน้างานและทำการอบรบพนักงานเพื่อโดยการมอบหมายให้ฝ่ายบุคคล และ หัวหน้าฝ่ายผลิตเป็นผู้ดูแลจัดการอบรมดังนี้

1.อบรมเตรียมพร้อมในการทำงาน/ จัดอบรมให้แก่พนักงาน

2.มีการจัดสอนอบรมให้ความรู้ด้านภาษาไทย

ภาพที่ 4.3 การจัดอบรมพนักงานเพิ่มเติมทักษะ

ภาพที่ 4.4 การจัดอบพรมพนักงานเพิ่มเติมทักษะ

4.2.2 ปัญหาขนาดท่อและฉนวนหุ้มท่อบางจนเกินไป

จากการวิเคราะห์อาการของสาเหตุหลักเกิดจากระบบท่อการส่งน้ำเย็นเข้าสู่ระบบหล่อเย็นเล็กเกินไป และการหุ้มฉนวนที่ไม่ได้มาตรฐานทำให้อุณหภูมิของน้ำเย็นที่เข้ามาในระบบเกิดการสูญเสียโดยการเกิด condense เป็นจำนวนมาก ทำให้น้ำที่เข้ามาในระบบเย็นอุณหภูมิสูงเกิดกว่าที่จะลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่ทางโรงงานกำหนด

แนวทางการแก้ปัญหา

1.เปลี่ยนท่อส่งน้ำเข้าภายในระบบให้ใหญ่ขึ้น

2.หุ้มฉนวนท่อใหม่ให้ได้มาตรฐาน

ภาพที่ 4.5 การหุ้มฉนวนบ่อน้ำเย็นก่อนปรับปรุง ภาพงานหุ้มฉนวนเดิมบนท่อส่งน้ำเย็นขนาด 1 นิ้ว และหุ้มโดยใช้เทปพันแอร์ทำให้เกิดการ condense

ภาพที่ 4.6 การหุ้มฉนวนท่อน้ำเย็นหลังปรับปรุงฉนวนหุ้มท่อขนาด 20 มม.

จากภาพที่ 4.5-4.6 แก้ปัญหาโดยการให้ผู้รับเหมาเข้ามาลื้อระบบท่อส่งน้ำเดิมขนาด 1 นิ้วซึ่งทำให้ไม่มีกำลังในการส่งน้ำเย็นเข้าสู่ระบบเพียงพอ เป็นท่อส่งขนาด 3 นิ้วเพื่อให้อัตราการหมุนเวียนน้ำเข้าภายในระบบมีมากพอ และพันท่อหุ้มฉนวนจากเดิมใช้เทปพันแอร์ เปลี่ยนเป็นใช้ท่อฉนวน PEสีดำขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร ทำให้ไม่เกิดการ condense ภายในท่อ น้ำที่ส่งเข้าสู่ระบบจึงทำให้การสูญเสียอุณหภูมิน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.3 สเปคฉนวนหุ้มท่อ

มาตรฐานทางกายภาพโดยเฉลี่ย	แอร์โรเฟลกซ์	วิธีการทดสอบ
ชนิดวัตถุ	ยางสังเคราะห์EPDM โครงสร้างเซลปิด	-
ความหนาแน่น ปอนด์/ฟุต	3-5(48-80)	ASTM D1667
อุณหภูมิการใช้งาน	-57 to 125 °C	แอร์โรเฟลกซ์เริ่มแข็งตัวที่ -57°c
ค่าดูดซึมน้ำ	<10 (เฉลี่ยร้อยละของน้ำหนัก) <0.20 (เฉลี่ยร้อยละของปริมาตร)	ASTM D1056 ASTM C209
ค่าแทรกซึมความชื้น	<0.10 ($1.44*10^{-10}$ g/pa.s.m)	ASTM E96
ป้องกันก๊าซโอโซน	ดีมาก	ASTM D1149, ASTM D1171
เปอร์เซ็นต์การหดตัวภายใต้อุณหภูมิสูง	< 7	ASTM C534
สภาพการติดไฟ	Class V0	UL94
	25/50	ASTM E84
	ไฟดับได้เอง	ASTM D635
	Class 5.3	EMPA(Switzerland)
	ไม่ลามไฟ	JIS K 6911
	ผ่าน	IMO
ป้องกันรังสีอุลตร้าไวโอเล็ต และสภาพอากาศต่างๆ	ดีมาก	ASTM G154
การกัดกร่อนทองแดง,สเตนเลส	ไม่เกิดปัญหา	DIN 1988
ปริมาณไนโตรซามีน	ไม่พบ	FDA CPG 711711
สารพิษอันตรายต้องห้าม 6 ชนิด	ไม่พบ	-
การลดเสียง	32dB (20มม.)	DIN EN ISO10052, DIN 4109-11
ความยืดหยุ่น หักงอได้	ดีมาก	ASTM C534

4.2.3 บ่อหล่อเย็นไม่มีประสิทธิภาพ

จากการวิเคราะห์อาการของสาเหตุหลักเกิดจาก 2 สาเหตุคือ

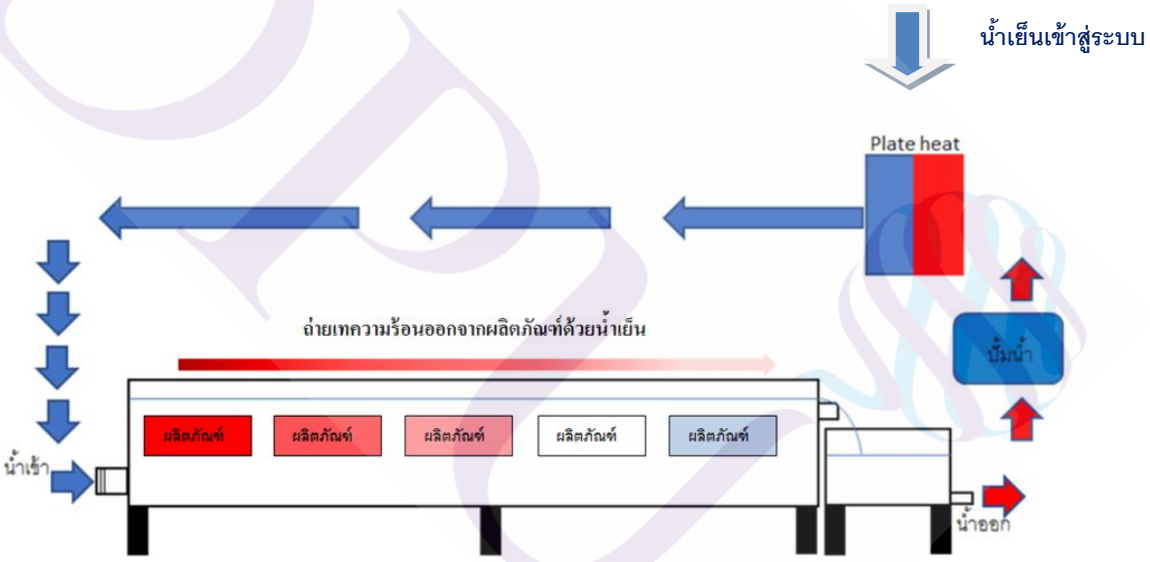
4.2.3.1 ระบบของอ่างหล่อเย็นเป็นแบบระบบเปิดและไม่มีฉนวนหุ้มทำให้เกิดการสูญเสียอุณหภูมิความเย็นของน้ำได้รอบทิศทาง

4.2.3.2 ท่อน้ำวนของระบบบ่อหล่อเย็นเดิมมีการดึงน้ำเข้าระบบผ่านจุดเดียวคือต้นทางของบ่อทำให้น้ำเย็นที่เข้าระบบไม่สามารถกระจายความเย็นได้ทั่วทั้งบ่อทำให้ปัญหาคือ ผลิตภัณฑ์ต้นบ่อได้การลดอุณหภูมิเต็มดี แต่ผลิตภัณฑ์ท้ายบ่อไม่สามารถลดอุณหภูมิได้เท่าทีควร

แนวทางการแก้ปัญหา

1. ทำบ่อหล่อเย็นบ่อใหม่เป็นแบบระบบบ่อเป็นลักษณะ บ่อ 2 ชั้นมีฉนวนแทรกอยู่ระหว่างกลาง

2. เพิ่มช่องสำหรับพ่นน้ำเย็น

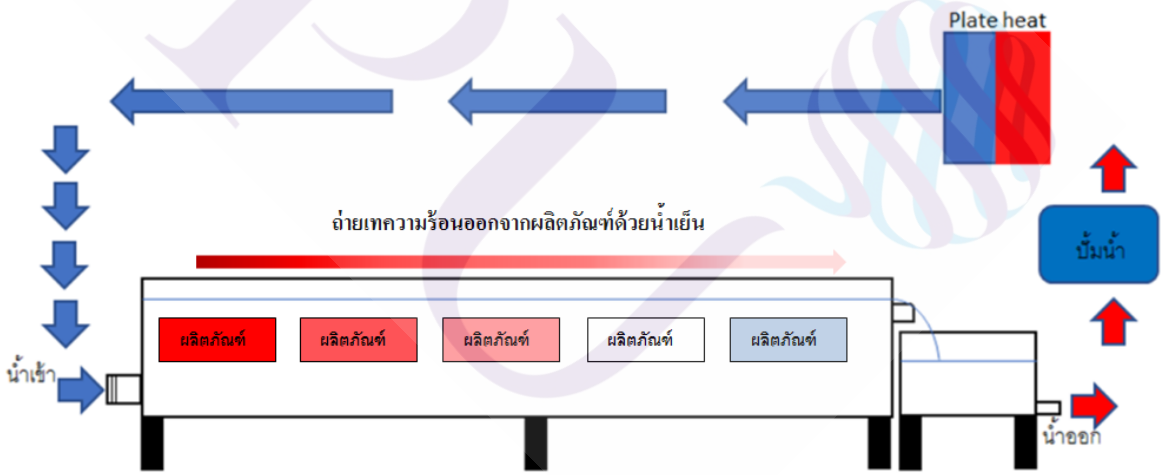


ภาพที่ 4.7 บ่อหล่อเย็นระบบเดิม

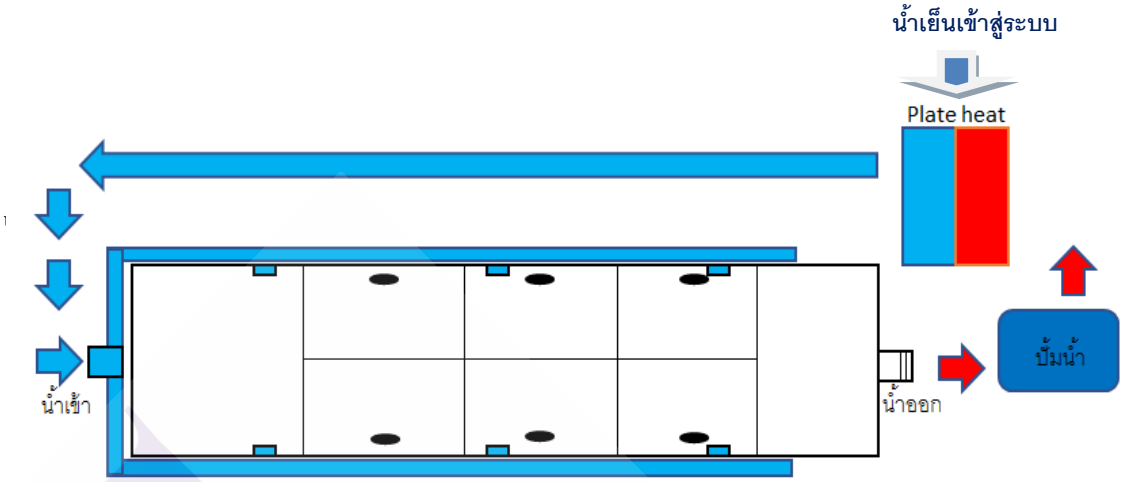
จากภาพที่ 4.6 บ่อหล่อเย็นแบบเดิมความยาว 5 เมตรใช้ปั๊มขนาด 1kW เป็นตัวกลางสำหรับดูดน้ำเข้าสู่ระบบ plate heat และส่งน้ำที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความเย็นไปยังต้นทางของบ่อหล่อเย็นโดยน้ำจากต้นทางจะทำการไหลผ่านผลิตภัณฑ์เพื่อแลกเปลี่ยนความเย็น น้ำที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความเย็นแล้วจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและจะไหลล้นมาที่ท้ายของบ่อหล่อเย็นซึ่งจะถูก

ส่งกลับเข้า Plate heat อีกครั้ง ปัญหาคือน้ำในอ่างไหลช้าและมีพื้นที่การแลกเปลี่ยนน้อย ทำให้ไม่สามารถลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ได้

ภาพที่ 4.8 ระบบบ่อหล่อเย็นเดิม



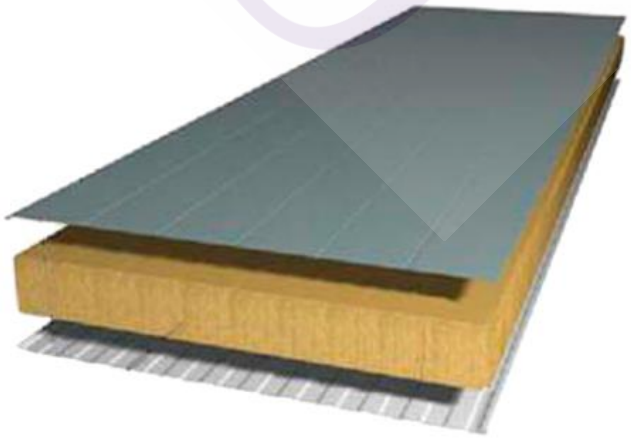
ภาพที่ 4.9 ระบบบ่อหล่อเย็นเดิม



ภาพที่ 4.10 บ่อหล่อเย็นใหม่

จากภาพที่ 4.8 บ่อหล่อเย็นใหม่ มีความยาว 6 เมตรเพิ่มขนาดปั๊มจากเดิม 1kW เป็น 3.5kWและ เพิ่มจุดปล่อยน้ำที่สัมผัสผลิตภัณฑ์จากเดิม 1 ช่องเป็น 6 ช่อง เพื่อให้อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านผลิตภัณฑ์มีความแรงมากขึ้น และ สัมผัสกับผลิตภัณฑ์มากขึ้น โดยบ่อสามารถเก็บความเย็นได้ดีขึ้นเนื่องจากบ่อเป็นแบบ 2 ชั้นมีฉนวนแทรกอยู่ตรงกลาง และมีฝาปิดเพื่อลดการสูญเสียอุณหภูมิ ทำให้บ่อหล่อเย็นสามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ

ภาพฉนวนที่ใช้ในบ่อ



ภาพที่ 4.11 ชั้นโฟมฉนวนป้องกันความเย็น

จากภาพที่4.9 ชั้นโฟมช่วยป้องกันไม่ให้มีช่องว่างหรือโพลงอากาศซึ่งจะช่วยให้ไม่เกิดหยดน้ำและลดการสูญเสียความเย็น สามารถใช้ในอุณหภูมิที่ -85 ° c – 100 ° c

ภาพที่ 4.12 ภาพแสดงเครื่องบ่อหล่อเย็นหลังการปรับปรุง

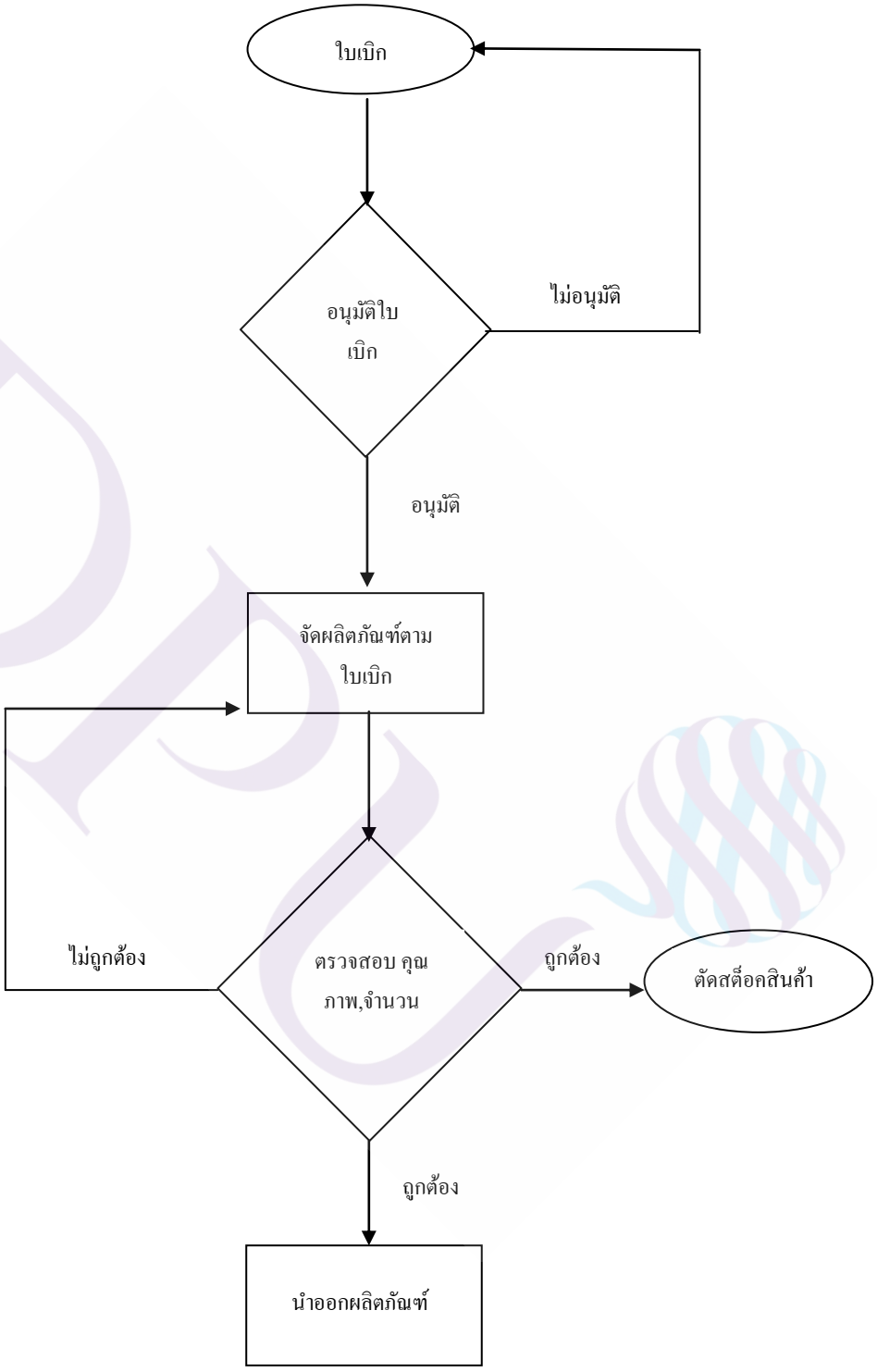
4.2.4 พนักงานขาดทักษะ

จากการวิเคราะห์อาการของสาเหตุหลักเกิดพนักงานเก็บผลิตภัณฑ์หลังจากลดอุณหภูมิแล้วไม่ทราบค่ามาตรฐาน และไม่มีแบบฟอร์มการบันทึกอุณหภูมิการเก็บผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการหล่อเย็นแล้วที่ชัดเจน และการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ภายในห้องเย็นไม่เป็นเป็นระเบียบทำให้ไม่ทราบว่าผลิตภัณฑ์ชิ้นไหนมีการนำเข้ามาก่อน

แนวทางการแก้ปัญหา

1. สร้างเอกสารบันทึกการเก็บผลิตภัณฑ์หลังจากลดอุณหภูมิ
2. จัดทำขั้นตอนการเบิกจ่ายสินค้าสำเร็จรูป
3.กำหนดการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ในคลังเย็น ซึ่งจากเดิมไม่ได้มีการวางแผน การจัดเก็บผลิตภัณฑ์ในห้องเย็นทำให้เกิดการจัดเก็บปนกันระหว่างผลิตภัณฑ์ในคลังเย็นเดิม และผลิตภัณฑ์ที่พึ่งนำเข้ามาเก็บใหม่ ส่งผลทำให้ไม่สามารถแยกผลิตภัณฑ์ออกจากกันได้

ขั้นตอนการเบิกจ่ายสินค้าสำเร็จรูป



ภาพที่ 4.13 Flow ขั้นตอนการเบิกจ่ายสินค้าสำเร็จ

บริษัท xxxxxxxxxxx จำกัด

บันทึกควบคุมการลดอุณหภูมิ PD วันที่.....

ผลิตภัณฑ์	ลำดับ	เวลาเก็บ		เวลาย้าย	จำนวนลัง (ลัง)		บันทึก QC					
							องศา(C)			ผ่าน	สาเหตุ	ผู้บันทึก
	หม้อ	ลังแรก	สุดท้าย	เข้า PD1	จ.น. ลัง	ผู้บันทึก	A	B	C	ไม่ผ่าน		
	1	8:30	9:00	9:05	20	นาย A						
	2											
	3											
	2											
	2											
	3											
	4											
	5											
	6											
	7											
	8											
	9											
	10											
	11											
	12											
	13											
	14											
	15											

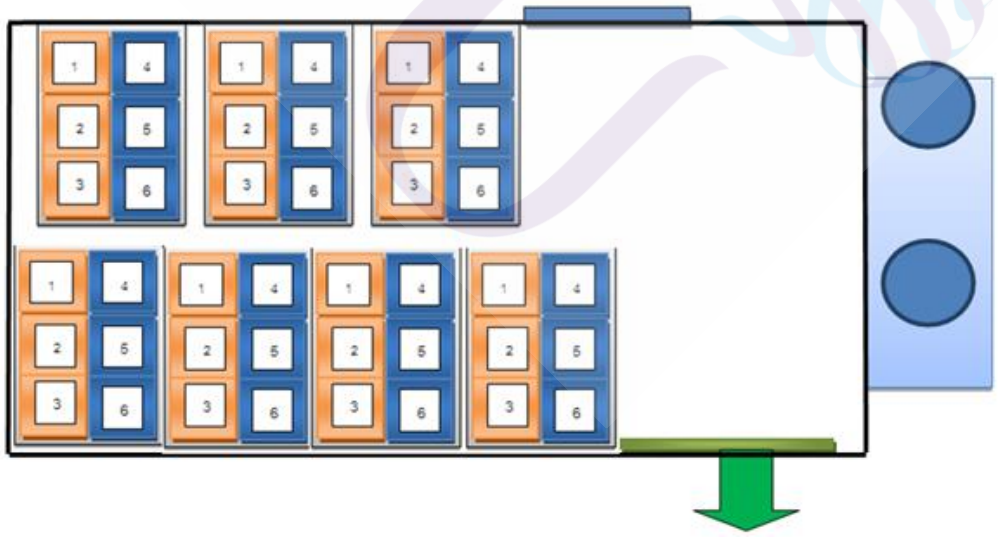
หมายเหตุ

1.การเก็บผลิตภัณฑ์เก็บคลั้งละ 1 หม้อ หรือเวลาที่ 30 นาที

2.เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์แล้วนำเก็บเข้าห้องคลังเย็นทันที

3.อุณหภูมิผลิตภัณฑ์ต้องผ่านเกณฑ์ที่ 20 ℃

ภาพที่ 4.14 เอกสารบันทึกการลดอุณหภูมิ



ภาพที่ 4.15 ห้องเย็นเก็บผลิตภัณฑ์

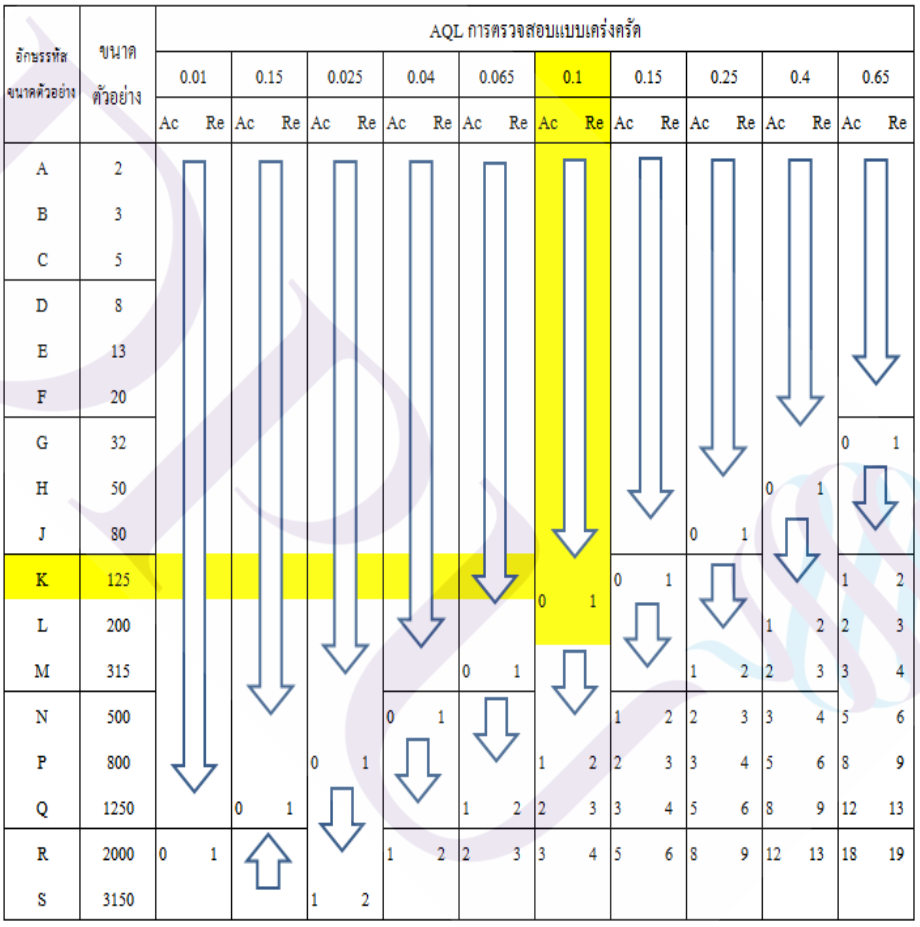
ภาพที่ 4.16 การจัดเก็บสินค้า กำหนดการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ในคลังเย็น PD1 เป็นห้องจัดเก็บผลิตภัณฑ์ห้องแรกผลิตภัณฑ์ที่นำเข้ามาเก็บอุณหภูมิอยู่ที่ <20 °C เมื่อผลิตภัณฑ์ได้อุณหภูมิที่ <10°C พนักงานคลังสินค้าจะย้ายมาจัดเก็บในห้องเก็บผลิตภัณฑ์ห้องถัดไป การจัดเก็บเรียงตามหมายเลข

ภาพที่ 4.16 กำหนดการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ในคลังเย็น PD2 เป็นห้องจัดเก็บผลิตภัณฑ์ต่อจากห้อง PD1 ใช้สำหรับจัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่มีความเย็น <10°C การจัดเก็บเรียงตามหมายเลข

เริ่มจากการออกแบบเอกสารบันทึกการจัดเก็บผลิตภัณฑ์หลักจากผ่านการลดอุณหภูมิแล้วและสอนให้พนักงาน QC ทำการบันทึกผลิตภัณฑ์ทุกครั้งก่อนที่จะมีการเก็บผลิตภัณฑ์เข้าคลังผลิตภัณฑ์เย็น และออกแบบผังการลำเลียงผลิตภัณฑ์ภายในห้องเย็น โดยการเก็บผลิตภัณฑ์เป็นพาเลสไล่ลำดับจากหมายเลขที่ 1 – 6 เพื่อที่จะให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีการหมุนวนแบบ First in First out ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ไปถึงมือลูกค้านั้นได้อุณหภูมิตามเกณฑ์ที่กำหนด

4.3 สรุปผลการดำเนินการทดลอง

หลังจากการปรับปรุงทางผู้วิจัยได้คำนวณหาปริมาณการชักสิ่งตัวอย่าง โดยใช้หลักการระดับคุณภาพที่ยอมรับ (Acceptable Quality Level : AQL) ซึ่งกำหนดค่า AQL ภายใต้ความเสี่ยงที่ยอมรับของเสียที่พบในกระบวนการเท่ากับ 0 โดยใช้ค่า AQL เท่ากับ 0.10 % มีขนาดของแบชในการผลิต 3,000 ถ้วย/แบช ระดับในการตรวจสอบทั่วไป II เมื่อเทียบในตารางได้อักษรรหัสสำหรับขนาดตัวอย่างคือ K



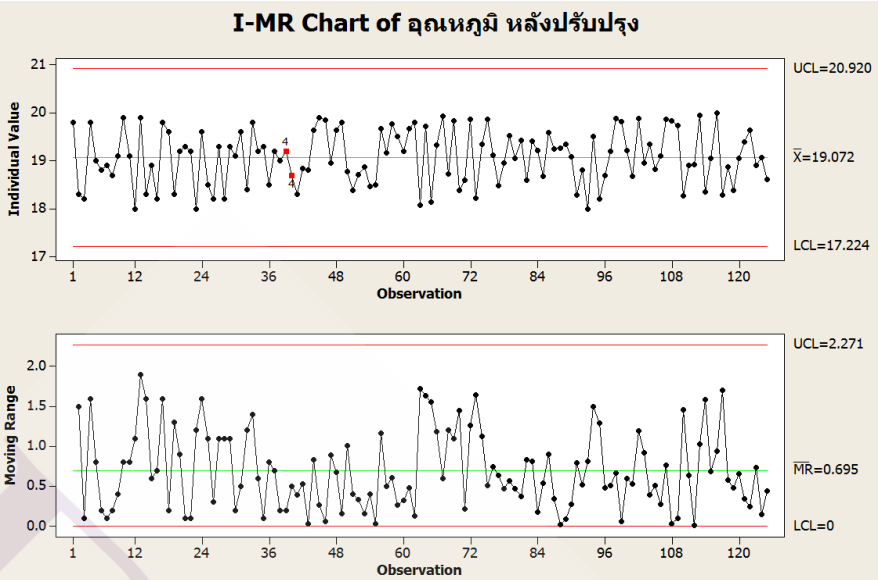
ภาพที่ 4.17 แผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับเชิงเดี่ยวแบบเคร่งครัด

จากภาพที่ 4.13 การกำหนดจำนวดขนาดตัวอย่างแผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับเชิงเดี่ยวแบบเคร่งครัด อักษรรหัสสำหรับขนาดตัวอย่าง K ให้ทำการเก็บจำนวนตัวอย่าง 125 ค่า ตัวเลขในการยอมรับ (AC) เท่ากับ 0 หากตรวจพบการปฏิเสธ 1 ค่า ให้ทำการปฏิเสธสินค้ายกแบช

โดยผลการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผลิตจากขั้นตอนกระบวนการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ดังแสดง โดยมีข้อมูลดังต่อไปนี้

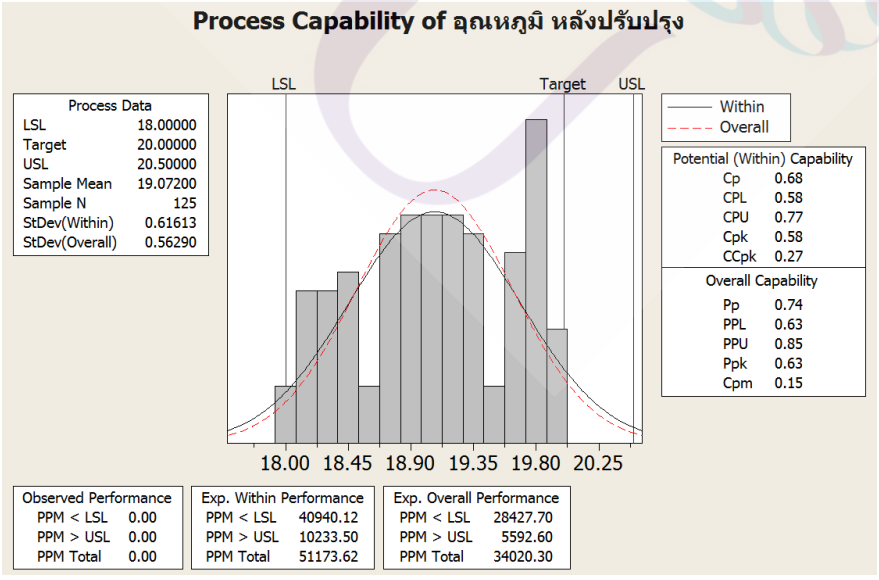
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงข้อมูลอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหล่อเย็น หลังปรับปรุง

ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ	ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ	ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ	ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ	ชุดข้อมูล	อุณหภูมิ
1	19.8	27	19.3	53	18.87	79	19.52	105	18.83
2	18.3	28	18.2	54	18.47	80	19.05	106	19.10
3	18.2	29	19.3	55	18.50	81	19.42	107	19.86
4	19.8	30	19.1	56	19.66	82	18.59	108	19.83
5	19.0	31	19.6	57	19.16	83	19.40	109	19.73
6	18.8	32	18.4	58	19.77	84	19.22	110	18.27
7	18.9	33	19.8	59	19.51	85	18.68	111	18.91
8	18.7	34	19.2	60	19.19	86	19.58	112	18.92
9	19.1	35	19.3	61	19.67	87	19.24	113	19.95
10	19.9	36	18.5	62	19.80	88	19.26	114	18.36
11	19.1	37	19.2	63	18.08	89	19.35	115	19.05
12	18.0	38	19.0	64	19.71	90	19.08	116	19.99
13	19.9	39	19.2	65	18.15	91	18.29	117	18.29
14	18.3	40	18.7	66	19.33	92	18.81	118	18.87
15	18.9	41	18.31	67	19.93	93	18.00	119	18.39
16	18.2	42	18.84	68	18.73	94	19.50	120	19.05
17	19.8	43	18.81	69	19.83	95	18.21	121	19.39
18	19.6	44	19.64	70	18.38	96	18.69	122	19.64
19	18.3	45	19.90	71	18.60	97	19.20	123	18.91
20	19.2	46	19.84	72	19.86	98	19.87	124	19.06
21	19.3	47	18.95	73	18.22	99	19.81	125	18.62
22	19.2	48	19.63	74	19.35	100	19.21		
23	18.0	49	19.79	75	19.86	101	18.68		
24	19.6	50	18.78	76	19.12	102	19.87		
25	18.5	51	18.38	77	18.48	103	18.95		
26	18.2	52	18.71	78	18.95	104	19.34		



ภาพที่ **4.18** การวิเคราะห์อุณหภูมิโดยใช้ IM R Chart หลังปรับปรุง

จากภาพที่ 4.14 ในการวิเคราะห์ ผลิตภัณฑ์ A001 จากการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์โดยกระบวนการหล่อเย็นด้วยระบบน้ำเย็น โดยใช้ I-MR Chart วิเคราะห์ได้ดังนี้ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ UCL=2.271 ทำให้เกิดความไม่สมดุล และมีค่า $\bar{x}$ = 19.072 แสดงค่าอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่ 19.072 °C ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10°C



ภาพที่ 4.19 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพกระบวนการผลิตหลังปรับปรุง

จากภาพที่ 4.15 ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการหล่อเย็น เป็นรูปแผนภูมิฮีสโตแกรม แบบเกาะแกร่ง แสดงว่ามีข้อมูลแยกจากกลุ่มหรือ อาจมีความคาดเคลื่อนจากการวัดโดยมีค่าความสามารถที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ย C_{pk}= 0.58 ซึ่งถือว่าได้มาตรฐานและแสดงว่า Center ของข้อมูลอยู่ใน Specification

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการทดลอง

รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง	เปอร์เซ็นต์ผลต่าง
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ลดลง	20.9	19.027	1.873	9.84%
เวลาในการลดอุณหภูมิ(นาที)ลดลง	40	30	10	25%
จำนวนของเสีย(ชิ้น)ลดลง	5,376	0	5,376	100%
มูลค่าของเสีย(บาท)ลดลง	93,450	0	93,450 บ.	100%

จากตารางที่ 4.4 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย ระยะเวลา 4 เดือนที่ได้ทำการเก็บข้อมูลทางสถิติหลังทำการปรับปรุงกระบวนการหล่อเย็น พบว่าอัตราคุณภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเดิมก่อนปรับปรุงอุณหภูมิ 20.9 °C หลังปรับปรุง 19.027 °C ผลต่างที่ 1.873 °C และกระบวนการลดอุณหภูมิจากเดิมใช้เวลา 40 นาที หลังปรับปรุง 30 นาที ผลต่างที่ 10 นาที ซึ่งเป็นผลทำให้สัดส่วนการลดอุณหภูมิโดยรวมเร็วขึ้น 25% และสัดส่วนของมูลค่าของเสียลดลง 100% สามารถทำให้อัตราคุณภาพผ่านเกณฑ์ที่โรงงานกำหนดไว้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตขนมหวาน และการรวบรวมข้อมูลการผลิต ปัญหาที่พบในกระบวนการหล่อเย็นลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ เพื่อนำมาเป็นแนวทางพิจารณาแก้ไขและป้องกันการเกิดของเสียในกระบวนการ หล่อเย็น โดยปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ ทำให้ต้องมีการปรับปรุงทั้งกระบวนการการทำงาน และเครื่องจักรเพื่อให้เหมาะสมต่อการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์และมีปริมาณของเสียในการหล่อเย็นต่ำลง เพื่อให้สินค้ามีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ พร้อมทั้งแนวทางการแก้ไขเพื่อพัฒนากระบวนการหล่อเย็นให้มีประสิทธิภาพสูง โดยนำปัญหาที่พบมาทำการวิเคราะห์แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) พร้อมทั้งข้อมูลแนวทางการแก้ไขให้กับกลุ่มหน้างานที่ทำการผลิตได้นำไปปฏิบัติในการทำงาน

ผลการทำงานหลังการปรับปรุงกระบวนการหล่อเย็น ได้มีการสรุปการศึกษาพร้อมด้วยข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ช่วยให้ทางบริษัทที่เป็นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ สามารถนำแนวทางในการแก้ไขและป้องกันไปใช้ในกระบวนการหล่อเย็นในตัวผลิตภัณฑ์อื่นๆได้ ส่งผลให้โรงงานที่ทำการผลิตสินค้าสามารถลดค่าใช้จ่ายที่สิ้นเปลือง จากการมีของเสียในกระบวนการผลิตจำนวนมาก ทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพสูง ลดอัตราเสี่ยงในการส่งงานที่เป็นไปตามที่ลูกค้าต้องการ สร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า ทำให้ลูกค้าที่ใช้งานเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ที่มีการควบคุมคุณภาพ

จากการวิจัยในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตขนมหวาน สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการสรุปผลการดำเนินงาน ตลอดระยะเวลาดำเนินงาน ตั้งแต่ เดือนมีนาคม ปี พ.ศ.2560 – เดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2660 เป็นเวลา 5 เดือน ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลของกระบวนการหล่อเย็นก่อนทำการปรับปรุง พบว่าในกระบวนการหล่อเย็นนั้นมีปริมาณผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิไม่ผ่านเกณฑ์สูงสุดถึง 15% อัตราคุณภาพในการผลิตต่ำ ต้นทุนการผลิตสูง จึงได้ทำการเก็บข้อมูลการผลิตและนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดอาการของเสียต่างๆ เพื่อเพิ่มอัตราคุณภาพในการผลิตให้สูงขึ้น ปริมาณของเสียลดลง ผลที่ได้จากการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลการผลิตเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อน ปรับปรุง	หลัง ปรับปรุง	ผลต่าง	เปอร์เซ็นต์ ผลต่าง
ลดค่าเฉลี่ยอุณหภูมิการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์	20.9	18.985	1.92	9.16%
ลดเวลาในการลดอุณหภูมิ (นาที)	40	30	10	25%
ปริมาณของเสียลดลง (ชิ้น)	5,376	0	5,376	100%
มูลค่าความเสียหายลดลง (บาท)/เดือน	80,640	0	80,640	100%

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 จากการศึกษาวิจัยปัญหาอัตราคุณภาพต่ำในกระบวนการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยการจำแนกสาเหตุที่ทำให้การหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ไม่มีประสิทธิภาพ และทำการแก้ไขสาเหตุที่พบจากการวิเคราะห์ โดยทำการปรับปรุงสภาพเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น และแก้ไขกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์และการจัดเก็บหลังจากการผ่านการหล่อเย็นทำให้สามารถเพิ่มค่าเฉลี่ยอัตราคุณภาพของการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 20°C จาก 85% เพิ่มขึ้นเป็น 100%

5.2.2 จากการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการหล่อเย็นหลังจากทำการปรับปรุงเครื่องจักร และได้จัดทำเอกสารประกอบการทำงานของเครื่องจักรกับผลิตภัณฑ์ A001 สามารถลดปริมาณของเสียลงจากเดิมค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเสีย 15% ลดลงเหลือ 0 % คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลต่างถึง 100%

5.2.3 จากการทำการศึกษาวิจัยเพื่อลดของเสียในกระบวนการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์ A001 ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการผลิตลงได้ เนื่องจากกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเกิดขึ้นน้อยลง 100% จากที่ก่อนทำการปรับปรุงปริมาณของเสียมีปริมาณสูง จึงทำให้ลดระยะเวลาในพักผลิตภัณฑ์ ก่อนจัดส่งผลิตภัณฑ์ถึงลูกค้า และสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ มูลค่าความเสียหายก่อนปรับปรุงเปรียบเทียบกับหลังปรับปรุง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ผลต่างมูลค่าความเสียหาย 100%

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

5.3.1 การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยร่วมกับผู้ประกอบการ ดังนั้นแนวทางการลดของเสียนี้ต้องเป็นที่ยอมรับและเข้าใจทั้งสองฝ่าย ว่าสามารถลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตได้จริง

5.3.2 ในการวิจัยกรณีศึกษานี้ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการลดของเสียจากกระบวนการหล่อเย็นผลิตภัณฑ์อื่นๆได้ โดยผู้วิจัยมุ่งเน้นในการลดของเสียในกระบวนการ หล่อเย็นผลิตภัณฑ์ โดยมีเครื่องจักร(บ่อเหล่อเย็น)เป็นตัวแปรสำคัญที่จะสามารถช่วยลดปริมาณของเสียลงได้

5.3.3 ควรมีการตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรทุกวันก่อนการผลิต เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ส่งผลต่อผลิตผลที่เกิดขึ้น

5.3.4 หมั่นทวนสอบการทำงานของพนักงานในส่วนท้ายที่มีหน้าที่เก็บผลิตภัณฑ์ขึ้นจากบ่อหล่อเย็นว่ายังคงทำการบันทึกตามแบบฟอร์มที่ออกแบบ และให้มีการขนย้ายผลิตภัณฑ์เข้าห้องเก็บตามจุดผังที่เรากำหนด(เมื่อมีการขยายกำลังการผลิตควรพิจารณาถึง wi ในการ Cool down)

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2544). มาตรฐานระบบการตรวจสอบด้วยการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น): ดวงกมลสมัย

BLOG.SCGLogistics. วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.scglogistics.co.th/blog/detail/76 (วันที่ค้นข้อมูล : 12 กุมภาพันธ์ 2560).

สมภพ อยู่เอ.การจัดการระบบสายโซ่ความเย็นในผลิตผลสด. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่5 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2552

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://www.foodnetworksolution.com (วันที่ค้นข้อมูล : 12 กุมภาพันธ์ 2560).

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2559). *การจัดการขนส่งและการกระจายสินค้าเชิงกลยุทธ์ : Strategic Transportation and Distribution.* กรุงเทพฯ: โฟกัสมีเดียร์ แอนด์ พับบิชชิ่ง.

ชากร จำนงศรี และผุสดี บุญรอด. (2555). *ระบบแนะนำเส้นทางการส่งสินค้าโดยใช้อาณาจักรมด.* The Eighth National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT).

ญาณิภา ชินสุวรรณ และนระเกณฑ์ พุ่มชูศรี. (2556). การจัดเส้นทางเดินรถแบบต่อเนื่องที่มีการเปลี่ยนถ่ายสินค้าและพักสินค้า. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์* (ISSN: 1906-3636) ปีที่ 4. ฉบับที่ 3.

ธรินิ มณีศรี. (2553). *การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเมต้าฮิวริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งกรณีมีรถขนส่งหลายขนาดและแบ่งแยกส่งสินค้าได้* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

พิพัฒน์ กุลานุวัติ, ศุภรัชชัย วรรัตน์ และไพฑูรย์ ศิริโอฬาร. (2557). *การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถขนส่งชานมไข่มุก.* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 2 2557.

ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร. (2554). *การจัดการผลิตและการดำเนินงาน* กรุงเทพฯ: ท้อป จำกัด.

ภาษาต่างประเทศ

Abdul Kadar M.Masum, Mohammad Shahjalal, Md. F. Faruque, Md. Iqbal H. Sarker. (2011). *Solving the Vehicle Routing Problem using Genetic Algorithm, International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 2, No. 7, 126-131, 2011.

Blum C. (2005). *Ant colony optimization: Introduction and recent trends*, Physics of Life Reviews 2(2005) 353–373.

David L.A., Robert E.B., Vasek C., William J.C. (2007). *The Traveling Salesman Problem*. Princeton University Press.

Golden, B.L., Magnanti, T.L., and Nguyen, H.Q. (1977). *Implementing vehicle routing algorithms*, Networks 7, 113-148.

Michael H., Richard M. K. (1962). A Dynamic Programming Approach to Sequencing Problem, *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, Vol. 10, No. 1(Mar, 1962), 196-210.

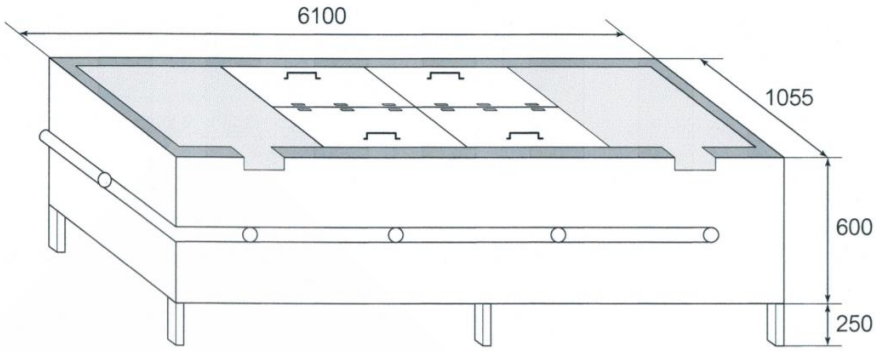
Matai, R., Singh, S., & Lal, M. (2010). *Traveling salesman problem: An overview of applications, formulations, and solution approaches. Traveling Salesman Problem, Theory and Applications InTech.*

Talley, W.K. (1983). *Introduction to transportation*. USA: Cengage South-Western

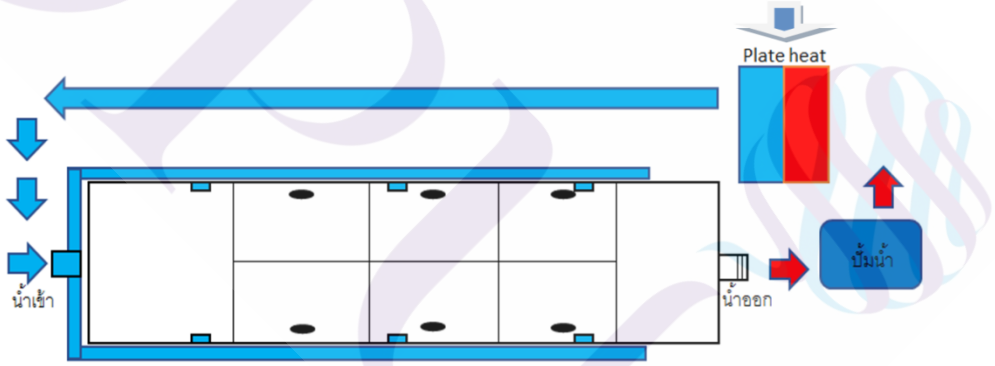
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รูปออกแบบ บ่อหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 1 บ่อหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ด้านข้าง

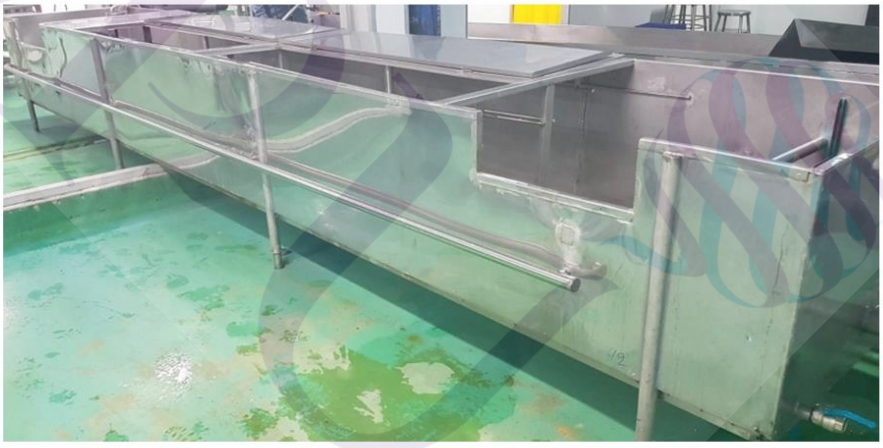


ภาพที่ 2 บ่อหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ด้าน บน

ภาคผนวก ข

บ่อหล่อเย็นใช้สำหรับลดอุณหภูมิสินค้า

ภาพที่ 3 การหุ้มฉนวนท่อน้ำเย็น



ภาพที่ 4 บ่อหล่อเย็นสำหรับใช้ลดอุณหภูมิสินค้า

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายชัชกรน์ ศรัณย์เวชกุล
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 ปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	รองผู้จัดการโรงงาน บริษัท คุณเก๋ขนมหวาน
ประสบการณ์ รางวัลหรือทุนการศึกษา	ทุนเรียนในระดับ ปริญญาโท จากบริษัท
ผลงานที่ผ่านมา	พ.ศ. 2554 - เป็นผู้เข้าร่วมเขียน คู่มือคุณภาพเพื่อขอทำระบบรับรองมาตรฐาน GMP และ HACCP พ.ศ. 2557 - รับรางวัลชนะเลิศ ประกวดโครงการ 3R (reduce, reuse , recycle) ของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม - เข้าร่วมทีมงานจัดทำระบบเพื่อขอประกวดรับรางวัลอุตสาหกรรมดีเด่นปี 2557 และได้รับรางวัลชนะเลิศสาขาบริหารธุรกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม พ.ศ. 2559 - เข้าร่วมโครงการ การออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์ผู้ว่าจ้างสำนักพัฒนาการจัดการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม - เข้าร่วมโครงการ การประยุกต์ใช้งานวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผู่ว่าจ้าง : กองพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา1 กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสหากรรม พ.ศ. 2561 - เข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาประสิทธิภาพโลจิสติกส์ และโซ่อุปทานเพื่อลดต้นทุนภายใต้โครงการพัฒนาฐานข้อมูลเกณฑ์เทียบวัดประสิทธิภาพโลจิสติกส์ และโซ่อุปทานภาคอุตสาหกรรม กับมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต