



รายงานสหกิจศึกษาระดับสมบูรณ

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบ

อุโมงค์

Efficiency improvement in freezing process using tunnel freezer

นางสาววิภาวี วาณิชชาติ

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาววิภาวี วาณิชชาติ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ. ดร.เอกสิทธิ์ ศรีธรรม

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นางณปภา ศรีพงษ์

สถานประกอบการ บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพและเปรียบเทียบค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness, OEE) ในกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ นอกจากการใช้ค่า OEE เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์แล้วยังสามารถนำค่า OEE มาเป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยมุ่งลดความสูญเสียหลักต่าง ๆ จากข้อมูลการผลิตก่อนปรับปรุงพบว่าความสูญเสียจากการเสียความเร็ว (Speed loss) เกิดขึ้นมากที่สุดคิดเป็นประมาณ 24% ของเวลาการผลิตทั้งหมด จากการวิเคราะห์ด้วยผังแสดงเหตุและผลและหลักการทำไม-ทำไม เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงค่า OEE พร้อมทั้งดำเนินการทดลองตามแนวทางดังกล่าว ได้ผลสรุปสำหรับมาตรการต่าง ๆ ดังนี้ 1) ปรับวิธีการเรียงสินค้าแชลมอนแล้ว 25 กรัมเป็นการเรียงซ้อนทับ 2 ชั้นและสินค้าสติกแชลมอนเป็นการเรียงซ้อนทับเลข 2) ปรับลดระยะเวลาแช่เยือกแข็งจาก 27 นาทีเป็น 24 นาที 3) ใช้อุปกรณ์คั่นสินค้าที่มีรหัสกำกับแตกต่างกัน แทนการเว้นช่องว่าง และ 4) ห้ามพนักงานเปิดประตูเครื่องแช่เยือกแข็งในระหว่างกระบวนการ มาตรการดังกล่าวสามารถลดความสูญเสียจากการเสียความเร็วจากเดิม 24.78% เป็น 17.46% ซึ่งส่งผลให้ค่า OEE ของเครื่องแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้นจาก 70.66% เป็น 74.33%

คำสำคัญ : เพิ่มประสิทธิภาพ; ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร; การแช่เยือกแข็ง

Cooperative Title: Efficiency improvement in freezing process using a tunnel freezer

Student intern name: Ms. Vipavee Wanichayachart

Faculty: Engineering **Department:** Food Engineering

Advisor name: Asst. Prof. Dr. Eakasit Sritham

Mentor name: Mrs. Napapha Sripong

Company: Thai Union Group Public Company Limited

Abstract

The objective of this project was to study the methods to increase the efficiency and compare the overall equipment effectiveness (Overall Equipment Effectiveness, OEE) in the freezing process using a tunnel freezer. Other than using the OEE to evaluate the efficiency of freezing process, this parameter was also considered as a measure of a method to improve the efficiency of machine, primarily by reducing different types of major losses. Before the process was improved, it was found that the majority of loss was associated with speed loss, which was accounted for 24% of the total production time. In the attempt to improve OEE, the cause-and-effect diagram and why-why technique were applied and then the obtained procedures were implemented in the production line. The results were summarized as follows 1) Adjusting product arrangement - a 2-layer stack over for 25-g salmon slices, and an overlap stacking for salmon steak, 2) Reducing the freezing time from 27 minutes to 24 minutes, 3) Placing a spacer between products with different codes instead of leaving spaces, and 4) Not allowing operators to open the windows of the freezer during ongoing process. These measures allowed speed loss to decrease from approximately 24.8% to 17.5% and result in the increases of OEE from 70.7% to 74.3%.

Keyword : Efficiency; OEE; Freezing process;

กิตติกรรมประกาศ

โครงการสหกิจศึกษาฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาชี้แนะและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ และบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณอาจารย์ และบุคลากรที่เกี่ยวข้องดังนี้ ด้วยความเคารพอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. เอกสิทธิ์ ศรีธรรม อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งดูแล ให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอด ทำให้โครงการนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณณปภา ศรีพงษ์ รองผู้จัดการฝ่ายผลิต แผนก SCM ที่ปรึกษาฝ่ายโรงงาน พนักงานและผู้เกี่ยวข้องทุกคน สำหรับคำแนะนำ ความกรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ความร่วมมือในการทำงาน เพื่อสนับสนุนในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการให้ดียิ่งขึ้น และดูแลตลอดระยะเวลาปฏิบัติงาน

สุดท้ายนี้ขอกล่าวขอบพระคุณ บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด มหาชน ที่ให้โอกาสนักศึกษาได้เข้ามาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ให้ความรู้และประสบการณ์จากการทำงาน และกราบขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่คอยให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงมา ณ ที่นี้

วิภาวี วาณิชชาติ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 การแช่เยือกแข็ง (Freezing)	4
2.1.1.1 การเกิดผลึกน้ำแข็ง (Ice crystal formation)	4
2.1.1.2 แผนภาพการแช่เยือกแข็ง (Freezing diagram)	4
2.1.1.3 เวลาของการแช่เยือกแข็ง (Freezing time)	7
2.1.1.4 อัตราการแช่เยือกแข็ง (Freezing rate)	7
2.1.1.5 สมการของเพลงค์ (Plank's equation)	9
2.1.2 เครื่องแช่เยือกแข็ง	10
2.1.2.1 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น โลหะสัมผัส (Contact Plate Freezer)	10
2.1.2.2 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมเป่า (Airflow Freezer)	11
2.1.2.3 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบจุ่มในของเหลวเย็นจัด (Brine freezer)	13
2.1.2.4 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบใช้สารไครโอเจน (Cryogenic freezer)	13
2.1.3 ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)	14
2.1.3.1 การวัดค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร	14
2.1.3.2 การคำนวณค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร	15
2.1.3.3 ความสูญเสีย 16 ประการ	16

IV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.4 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด	17
2.1.5 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการทำไม-ทำไม (Why-why analysis).....	17
2.1.5.1 ก่อนการวิเคราะห์ด้วยหลักการทำไม-ทำไม.....	18
2.1.5.2 วิธีการมองปัญหาตามหลักการทำไม-ทำไม	18
2.1.5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยหลักการทำไม-ทำไม.....	18
2.1.6 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger).....	19
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
3.1 หลักการทำงานและส่วนประกอบของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์.....	21
3.2 การศึกษาปริมาณการผลิตก่อนปรับปรุง	24
3.3 ข้อมูลสินค้าแต่ละชนิดและการคำนวณระยะเวลาแช่เยือกแข็งของสินค้าหลัก.....	25
3.4 ข้อมูลความสูญเสียเพื่อนำมาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและคำนวณค่า OEE.....	37
3.4.1 สาเหตุของการเกิดสายพานว่าง	37
3.4.2 สาเหตุของการเกิดของเสีย	38
3.4.3 สรุปผลการเก็บข้อมูลสาเหตุที่เกิดความสูญเสียและคำนวณค่า OEE	38
3.5 วิเคราะห์สาเหตุที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย	40
3.5.1 ไล่สินค้าหลายชนิดในเวลาเดียวกัน.....	41
3.5.2 ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งมากกว่ามาตรฐาน	41
3.5.3 อุณหภูมิภายในเครื่องแต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน	41
3.5.4 สินค้าได้รับความเย็นไม่ทั่วถึงทั้งชิ้น.....	42
3.5.5 การเว้นช่วงสายพานเมื่อรหัสกำกับสินค้าแตกต่างกัน.....	42
3.5.6 อุณหภูมิเครื่องสูงกว่ามาตรฐาน.....	42
3.5.7 อุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องสูง	42
3.6 พิสูจน์สาเหตุของปัญหาและหาแนวทางแก้ไข	42
3.6.1 สาเหตุที่ 1 ไล่สินค้าหลายชนิดในเวลาเดียวกัน	44
3.6.2 สาเหตุที่ 2 ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งมากกว่ามาตรฐาน	44
3.6.3 สาเหตุที่ 3 อุณหภูมิภายในเครื่องแต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน	45
3.6.4 สาเหตุที่ 4 สินค้าได้รับความเย็นไม่ทั่วถึงทั้งชิ้น	46
3.6.5 สาเหตุที่ 5 การเว้นช่วงสายพานเมื่อรหัสกำกับสินค้าแตกต่างกัน	47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6.6 สาเหตุที่ 6 อุณหภูมิเครื่องสูงกว่ามาตรฐาน	48
3.6.6.1 สาเหตุย่อยที่ 1 เปิดประตูเครื่อง	49
3.6.6.2 สาเหตุย่อยที่ 2 เซนเซอร์ค่าข้างเครื่อง	50
3.6.6.3 สาเหตุย่อยที่ 3 คอยล์ตัน	51
3.6.7 สาเหตุที่ 7 อุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องสูง	51
3.6.8 สรุปผลการพิสูจน์และแนวทางแก้ไข	53
3.7 ศึกษาและทดลองแนวทางแก้ไข	54
3.7.1 การปรับวิธีเรียงสินค้าเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต	54
3.7.2 การปรับลดระยะเวลาการแช่เยือกแข็ง	54
3.7.3 การใช้อุปกรณ์กันแทนการเว้นช่วงสายพาน	54
3.7.4 การปรับความถี่ของระบบหัวพ่นอากาศ (Air defrost system)	54
3.7.5 การควบคุมอุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องให้ต่ำกว่า 10 °C	55
บทที่ 4 ผลการวิจัย	58
4.1 ผลการการเรียงสินค้าเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต	58
4.1.1 ผลการเรียงสินค้าซ้อนทับ 2 ชั้น	58
4.1.2 ผลการเรียงสินค้าซ้อนเกยกัน	60
4.2 ผลการปรับลดระยะเวลาการแช่เยือกแข็ง	61
4.3 ผลการใช้อุปกรณ์กันแทนการเว้นช่วงสายพาน	63
4.4 ผลการควบคุมอุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องให้ต่ำกว่า 10 °C	63
4.4.1 ผลการลดอุณหภูมิสินค้าแช่ลมอนทรีมิบนสายพานโดยใช้ถุงน้ำแข็งประกบ	63
4.4.2 ผลการทดลองลดอุณหภูมิสินค้าแช่ลมอนทรีมิในถาดโดยการใส่น้ำแข็ง	65
4.4.3 ผลการทดลองลดอุณหภูมิสินค้าแช่ลมอนทรีมิโดยการแช่น้ำเย็น	66
4.5 ผลการดำเนินหลังปรับปรุง	70
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	73
5.1 สรุปผลการวิจัย	73
5.2 ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก ก. แบบใบบันทึกสาเหตุที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย	77
ภาคผนวก ข. ตารางคำนวณค่า OEE	80

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค. ตารางคุณสมบัติทางความร้อนของปลาแชลมอน	94
ประวัติผู้เขียน	97



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ปริมาณน้ำในอาหารและจุดเยือกแข็งเริ่มต้นของอาหารชนิดต่าง ๆ.....	6
ตารางที่ 2.2 อัตราการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งแบบต่าง ๆ	8
ตารางที่ 3.1 ขนาดและน้ำหนักของสินค้าแช่เยือกแข็งที่ทำการศึกษา.....	26
ตารางที่ 3.2 ระยะเวลาการแช่เยือกแข็งมาตรฐานด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์.....	32
ตารางที่ 3.3 การคำนวณปริมาณการผลิตเป้าหมายของแต่ละสินค้า	34
ตารางที่ 3.4 สาเหตุของการเกิดสายพานว่าง	38
ตารางที่ 3.5 สาเหตุของการเกิดของเสีย.....	38
ตารางที่ 3.6 ผลการพิสูจน์และแนวทางแก้ไข	53
ตารางที่ 3.7 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของสินค้าแช่ลมอนศิริมีในอุณหภูมิห้อง 18 °C	57
ตารางที่ 4.1 สรุปผลการเรียงสินค้าซ้อนทับ 2 ชั้น.....	60
ตารางที่ 4.2 ผลการเรียงสินค้าสแต็คแช่ลมอนซ้อนเกยกัน	61
ตารางที่ 4.3 ผลการปรับลดระยะเวลาการแช่เยือกแข็งจาก 27 นาที เป็น 24 นาที.....	62
ตารางที่ 4.4 ผลการปรับลดระยะเวลาการแช่เยือกแข็งจาก 27 นาที เป็น 23 นาที.....	62
ตารางที่ 4.5 ผลการลดอุณหภูมิสินค้าแช่ลมอนศิริมีบนสายพานโดยใช้ถุงน้ำแข็งประกบ.....	65
ตารางที่ 4.6 ผลการลดอุณหภูมิสินค้าแช่ลมอนศิริมีในถาดโดยการใส่น้ำแข็ง.....	65
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองลดอุณหภูมิสินค้าแช่ลมอนศิริมีโดยการแช่น้ำเย็น.....	67
ตารางที่ 4.8 ผลของการลดอุณหภูมิสินค้าแช่ลมอนศิริมีโดยการแช่น้ำเปล่าก่อนการแช่เยือกแข็ง ..	68
ตารางที่ 4.9 ผลของการลดอุณหภูมิสินค้าแช่ลมอนศิริมีโดยการแช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 ก่อนการแช่เยือกแข็ง	69
ตารางที่ 4.10 ปัจจัยของค่าประสิทธิผลโดยรวมก่อนและหลังการปรับปรุง.....	72

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 การแช่เยือกแข็งของน้ำบริสุทธิ์ (Robinson, 1985).....	5
รูปที่ 2.2 ร้อยละน้ำแข็งที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในอาหาร 4 ชนิด (Love, 1968).....	7
รูปที่ 2.3 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่นโลหะสัมผัส (Kolbe, 2005).....	10
รูปที่ 2.4 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบสายพานเกลียว (North and Lovatt, 2005).....	11
รูปที่ 2.5 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ (Kolbe, 2005).....	12
รูปที่ 2.6 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นจัด (Kolbe, 2005)	13
รูปที่ 2.7 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบใช้สารไครโอเจน (Kolbe, 2005).....	14
รูปที่ 2.8 เวลาในการหาอัตราการเดินเครื่อง อัตราประสิทธิภาพและอัตราคุณภาพ	15
รูปที่ 3.1 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ รุ่นเทอร์โมแจ็ค (Thermo-Jack)	21
รูปที่ 3.2 คอยล์เย็น (Evaporator)	22
รูปที่ 3.3 หัวฉีดแบบสลิต (Slit nozzle).....	23
รูปที่ 3.4 สายพานตาข่าย (Mesh belt).....	23
รูปที่ 3.5 ระบบหัวพ่นอากาศ (Air defrost system)	24
รูปที่ 3.6 ปริมาณการผลิตก่อนปรับปรุงตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม	25
รูปที่ 3.7 เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ (ก) ชนิดโพรบ และ (ข) ชนิดกระดุม	29
รูปที่ 3.8 การใส่เครื่องบันทึกข้อมูลในสินค้า	29
รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสินค้าแชลมอนคริมกับเวลาระหว่างการแช่เยือกแข็ง.....	30
รูปที่ 3.10 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสินค้ากับเวลาระหว่างการแช่เยือกแข็ง (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสินค้าแชลมอนแล่ 25 กรัมกับเวลา (ข) ความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิของสินค้าแชลมอนแล่ 140-150 กรัมกับเวลา (ค) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสินค้า แชลมอนรวมวันกับเวลา	31
รูปที่ 3.11 ผังพาเรโตแสดงปริมาณความสูญเสียแต่ละประเภท	39
รูปที่ 3.12 ค่า OEE ก่อนการปรับปรุง.....	40
รูปที่ 3.13 ผังแสดงเหตุและผลของสาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเสียจากการเสียความเร็วของเครื่องแช่ เยือกแข็งแบบอุโมงค์.....	41
รูปที่ 3.14 การวิเคราะห์ด้วยหลักทำไม-ทำไมแสดงสาเหตุรากเหง้า.....	43
รูปที่ 3.15 การจัดเรียงสินค้าหลายชนิดในเวลาเดียวกัน	44
รูปที่ 3.16 การวัดอุณหภูมิสินค้าหลังแช่เยือกแข็ง	45
รูปที่ 3.17 ตำแหน่งในการวางเครื่องบันทึกอุณหภูมิ.....	45

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.18 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเครื่องแต่ละตำแหน่ง.....	46
รูปที่ 3.19 อุณหภูมิด้านล่างสินค้าระหว่างการเรียงแบบมีช่องว่างเป็นระยะ 1 ซม. กับแบบไม่มีช่องว่าง	47
รูปที่ 3.20 การเว้นช่องสาขพาน	48
รูปที่ 3.21 หน้าจอแสดงผลของเครื่อง แสดงอุณหภูมิเครื่องสูงกว่า -35 °C	48
รูปที่ 3.22 อุณหภูมิภายในเครื่องแช่เยือกแข็งในกรณีเปิดประตูเครื่อง.....	49
รูปที่ 3.23 อุณหภูมิภายในเครื่องแช่เยือกแข็งในกรณีแช่สินค้าข้างเครื่อง.....	50
รูปที่ 3.24 บริเวณครีบบของคอยล์มีหิมะเกาะ.....	51
รูปที่ 3.25 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนคิริมิอุณหภูมิขาเข้า 12-13 °C	52
รูปที่ 3.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนคิริมิอุณหภูมิขาเข้า 7-9 °C.....	52
รูปที่ 3.27 ท่อระบบหัวพ่นอากาศ (Air defrost system).....	55
รูปที่ 3.28 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนคิริมิในขั้นตอนการคองน้ำเกลือในห้องเย็น	56
รูปที่ 4.1 การเรียงสินค้าซ้อนทับ 2 ชั้น	58
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนแล่ 25 กรัมด้วยวิธีเรียงสินค้าซ้อนทับ 2 ชั้น	59
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนแล่ 120 กรัมด้วยวิธีเรียงสินค้าซ้อนทับ 2 ชั้น	59
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนด้วยวิธีเรียงสินค้าซ้อนทับ 2 ชั้น.....	60
รูปที่ 4.5 การเรียงสินค้าซ้อนเกยกัน	61
รูปที่ 4.6 การใช้อุปกรณ์คั่นสินค้าที่มีรหัสกำกับแตกต่างกัน	63
รูปที่ 4.7 ถูน้ำแข็ง.....	64
รูปที่ 4.8 การลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิบนสาขพานโดยใช้ถูน้ำแข็งประกบ.....	64
รูปที่ 4.9 การลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิในถาดโดยการใส่น้ำแข็ง	66
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนคิริมิระหว่างการแช่เยือกแข็งเมื่อมีการลดอุณหภูมิโดยการแช่น้ำเปล่าก่อนการแช่เยือกแข็ง.....	67

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนคิริมิระหว่างการแช่เยือกแข็งเมื่อมีการลดอุณหภูมิโดยการแช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 ก่อนการแช่เยือกแข็ง.....	68
รูปที่ 4.12 การลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิโดยการแช่น้ำเย็น.....	69
รูปที่ 4.13 ความสูญเสียจากการเสียความเร็ว (speed loss) ก่อนและหลังการปรับปรุง.....	71
รูปที่ 4.14 อัตราประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุง.....	71
รูปที่ 4.15 ค่า OEE ก่อนและหลังการปรับปรุง	72



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การถนอมอาหารด้วยกรรมวิธีการแช่เยือกแข็งเป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะอาหารจำพวก อาหารทะเลแปรรูป เนื่องจากสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน สามารถคงคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของสินค้าไว้ได้ ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น ปลาทะเลถือเป็นอาหารซึ่งอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์และได้รับความนิยมในการบริโภคเป็นอย่างมาก เพราะเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญและมีไขมันน้อย

อุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็งเป็นอุตสาหกรรมสำคัญที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศ โดยเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออก มีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ.2547 แต่เริ่มลดลงเนื่องจากภาวะเศรษฐกิจถดถอยตั้งแต่ปี พ.ศ.2556 และในปี พ.ศ.2561 ประเทศไทยส่งออกสินค้าปลาสด แช่แข็ง และแปรรูป ปริมาณ 230,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออกมากกว่า 19,000 ล้านบาท ประเทศไทยส่งออกหลักที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น (สัดส่วนการตลาดร้อยละ 46), ตะวันออกกลาง (สัดส่วนการตลาดร้อยละ 7) และเวียดนาม (สัดส่วนการตลาดร้อยละ 6) (สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย, 2562) จากภาวะเศรษฐกิจโลกถดถอยทำให้ผู้ประกอบการแต่ละรายมีความต้องการที่จะลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้ได้มากที่สุด เพื่อเพิ่มกำไรและความสามารถในการแข่งขัน โดยอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็งประกอบด้วยขั้นตอนการผลิตที่หลากหลายขั้นตอน แต่ขั้นตอนที่ใช้พลังงานสูงสุดซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50 ของทั้งหมดคือกระบวนการแช่เยือกแข็ง (Huan, 2003a) ดังนั้นประสิทธิภาพของกระบวนการแช่เยือกแข็งจึงนับเป็นเงื่อนไขสำคัญที่จะควบคุมการใช้พลังงานได้ โดยไม่ใช่เพียงประสิทธิภาพของเครื่องจักรเท่านั้น แต่รวมถึงประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของทั้งกระบวนการด้วย

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานที่มีชื่อเสียงในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง โดยสินค้าที่ผลิตเพื่อส่งออกที่สำคัญคือปลาแชลมอนแช่แข็ง ปัจจุบันทางโรงงานกำลังมีนโยบายในการปรับปรุงประสิทธิภาพของแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งกระบวนการแช่เยือกแข็งเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจ เนื่องจากกระบวนการแช่เยือกแข็งเป็นกระบวนการที่สิ้นเปลืองทรัพยากรมากในสายการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาแชลมอนแช่เยือกแข็ง ดังนั้นการปรับปรุงค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness, OEE) ของกระบวนการย่อมส่งผลอย่างชัดเจนต่อการลดต้นทุนการผลิตโดยรวม ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแช่เยือก

แข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ โดยได้ใช้ค่า OEE เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพก่อนและหลังปรับปรุง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบค่า OEE ของกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ก่อนและหลังการปรับปรุง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ด้านเนื้อหา

ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแช่เยือกแข็งของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์รุ่นเทอร์โมแจ็ค ของ บริษัท มาเขคาว่า จำกัด

ศึกษาผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 38 ชนิดเช่น แคลมอนคิริมิ, แคลมอนรมควัน, สเต็กแคลมอน, ท้องแคลมอน, ครีบกุ้งแคลมอน, แคลมอนสไลด์ 25 กรัม, แคลมอนสไลด์ 120 กรัม, สเต็กแคลมอน 80-90 กรัม, สเต็กแคลมอน 140-150 กรัม, สเต็กแคลมอน 170-190 กรัม, สเต็กแคลมอน 95-105 กรัม, เนื้อแคลมอน, หัวแคลมอน 30-50 กรัม, เนื้อแคลมอนบดละเอียด, เนื้อแคลมอนนึ่ง, ชิ้นเนื้อแคลมอนฟิลเลต, แคลมอนหันเต้า, สเต็กแคลมอน 100 กรัม เป็นต้น

1.3.2 ด้านสถานที่

ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแช่เยือกแข็งของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาแคลมอนแช่เยือกแข็ง ของบริษัท ไทย ยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด มหาชน

1.3.3 ด้านระยะเวลา

ระยะเวลาการดำเนินการตั้งแต่วันที่ 5 สิงหาคม ถึง 22 พฤศจิกายน พ.ศ.2562

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษากระบวนการผลิต

1.4.2 สำนวณสภาพการณ์ปัจจุบันและกำหนดแผนการดำเนินงาน

1.4.3 เก็บข้อมูลสินค้าแต่ละชนิด

1.4.4 เก็บข้อมูลสาเหตุของปัญหา

1.4.5 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

1.4.6 พิสูจน์ปัญหาและหาแนวทางแก้ไข

1.4.7 ทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางในการแก้ไขปัญหา

1.4.8 ปฏิบัติตามแนวทางแก้ไขและตรวจสอบผล

1.4.9 จัดทำรูปเล่ม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์

1.5.2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์



บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การแช่เยือกแข็ง (Freezing)

การแช่เยือกแข็งเป็นวิธีการแปรรูปอาหาร เพื่อถนอมอาหาร โดยการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง โดยทั่วไปจะอยู่ที่ -18°C หลักการสำคัญคือการเปลี่ยนสถานะของน้ำในอาหารจากของเหลวเป็นของแข็ง เนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมี การแช่เยือกแข็งจะยับยั้งการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ (สายสนม, 2546) และป้องกันการเกิดผลึกใหม่ (recrystallization) ของน้ำแข็ง ซึ่งเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมคุณภาพ

2.1.1.1 การเกิดผลึกน้ำแข็ง (Ice crystal formation)

การเกิดผลึกน้ำแข็ง คือการเรียงตัวกันอย่างมีระเบียบในส่วนที่มีสถานะเป็นของแข็ง ที่เกิดจากน้ำหรือสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ขั้นตอนการเกิดผลึก แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลักคือ (อรพิน, 2558)

1) การเกิดนิวเคลียส (Nucleation) คือการที่โมเลกุลของน้ำมีการเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ เนื่องจากการลดของอุณหภูมิ โดยการดึงความร้อนของการเปลี่ยนสถานะจากของเหลว กลายเป็นของแข็ง (Latent heat of crystallization) ออกจากของเหลว เกิดเป็นนิวเคลียส ระยะการเกิดนิวเคลียสจะอยู่ในช่วงจุดเยือกแข็ง ต้องลดอุณหภูมิให้ต่ำจนถึงจุดเย็นยิ่งยวด (Supercool) ของอาหาร อัตราการเกิดนิวเคลียสจะขึ้นกับอุณหภูมิของตัวกลางทำความเย็น อัตราการแช่เยือกแข็ง และขนาดของอาหาร โดยการเกิดนิวเคลียสจะมี 2 ลักษณะ คือการเกิดนิวเคลียสของสารเนื้อเดียว (Homogeneous nucleation) ซึ่งจะพบเฉพาะในน้ำบริสุทธิ์ และอุณหภูมิต่ำถึง -41°C ซึ่งจะไม่พบลักษณะนี้ในอาหารแช่เยือกแข็ง และการเกิดนิวเคลียสของสารเนื้อผสม (Heterogeneous nucleation) ซึ่งจะเกิดในอาหารและเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต โดยเกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C จะเกิดได้ง่ายกว่าการเกิดนิวเคลียสของสารเนื้อเดียว

2) การขยายขนาดของผลึกน้ำแข็ง (Crystal growth) หลังการเกิดนิวเคลียส โมเลกุลของน้ำที่เหลือก็จะมาจัดเรียงตัวกัน ทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้น อัตราการเกิดนิวเคลียสและการขยายขนาดของผลึกจะขึ้นอยู่กับอัตราการแช่เยือกแข็ง (Freezing rate) และส่งผลต่อคุณภาพของอาหาร

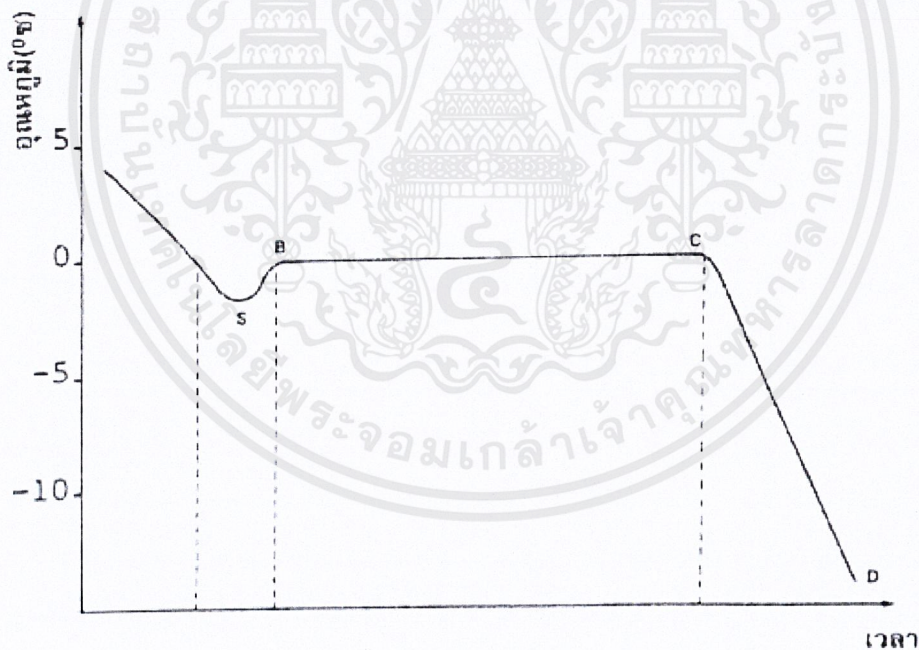
2.1.1.2 แผนภาพการแช่เยือกแข็ง (Freezing diagram)

กระบวนการแช่เยือกแข็งเป็นกระบวนการลดอุณหภูมิของอาหารจนถึงอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง การแช่เยือกแข็งอาหารจะมีความซับซ้อนมากกว่าการแช่เยือกแข็งน้ำบริสุทธิ์

1) แผนภาพการแช่เยือกแข็งของน้ำบริสุทธิ์

น้ำบริสุทธิ์จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง ดังรูปที่ 2.1 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

- 1) ขั้นก่อนการเยือกแข็ง (Prefreezing stage) เป็นขั้นที่เริ่มตั้งแต่เข้าสู่กระบวนการแช่เยือกแข็ง จนกระทั่งอุณหภูมิลดต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง
- 2) ขั้นอุณหภูมิเย็นยิ่งยวด (Supercool) เป็นขั้นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง แต่ยังไม่เกิดการตกผลึก น้ำบริสุทธิ์จะมีอุณหภูมิเย็นยิ่งยวดต่ำถึง 0°C หรือต่ำกว่านั้น หลังอุณหภูมิเย็นยิ่งยวดจะเกิดนิวเคลียสและการขยายขนาดของผลึกน้ำแข็ง มีการคายความร้อนแฝงในการตกผลึกออกมา ทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นถึงจุด B ซึ่งเป็นจุดเยือกแข็งของน้ำบริสุทธิ์
- 3) ขั้นการเกิดผลึกน้ำแข็ง (Freezing stage) ขั้นนี้จะเริ่มเปลี่ยนสถานะไปเป็นน้ำแข็ง อุณหภูมิจะคงที่ที่ 0°C จนกระทั่งน้ำเปลี่ยนเป็นน้ำแข็งทั้งหมดที่จุด C
- 4) ขั้นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (Subfreezing stage) หลังเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งแล้ว อุณหภูมิของระบบจะลดลงอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.1 การแช่เยือกแข็งของน้ำบริสุทธิ์ (Robinson, 1985)

2) ปริมาณผลึกน้ำแข็งในอาหารแช่เยือกแข็ง

การแช่เยือกแข็งอาหารแตกต่างกันไปตามชนิดของอาหาร ขึ้นกับส่วนประกอบ จุดเยือกแข็ง ขนาด รูปร่าง อัตราการถ่ายเทความร้อน และวิธีการแช่เยือกแข็ง

โดยปกติน้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0 °C แต่สำหรับอาหารจุดเยือกแข็งจะต่ำกว่า 0 °C ขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลาย แต่ไม่ขึ้นกับปริมาณน้ำที่เป็นส่วนประกอบในอาหาร ดังตารางที่ 2.1

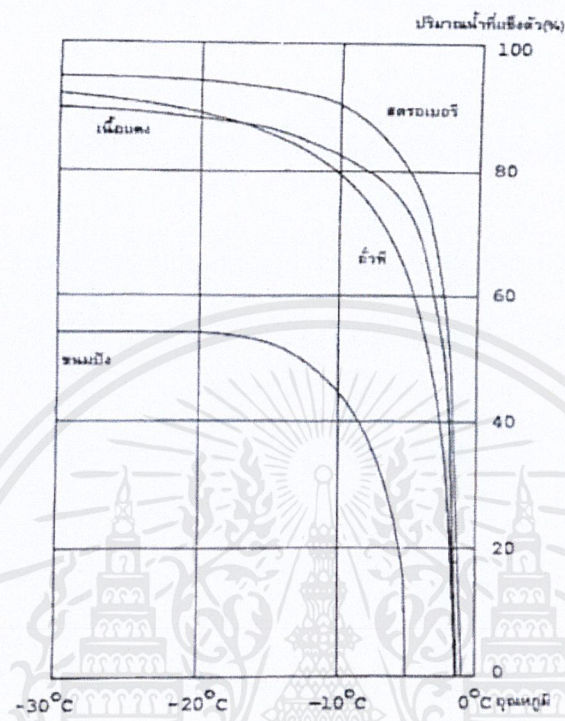
ตารางที่ 2.1 ปริมาณน้ำในอาหารและจุดเยือกแข็งเริ่มต้นของอาหารชนิดต่าง ๆ

ชนิดอาหาร	น้ำ (%)	จุดเยือกแข็งเริ่มต้น (°C)
เนื้อแดง	74	-1.5
เนื้อหมักเกลือ 3%	73	-4
เนื้อปลา	80	-1.1
สัตว์ปีก	74	-1.5
ไข่แดง	50	-0.7
ไข่ขาว	87	-0.5
นํ้านม	88	-0.5
ผักกาดหอม	94	-0.4
มะเขือเทศ	94	-0.9
กะหล่ำดอก	92	-1.1
ถั่วพี	76	-1.1
มันฝรั่ง	78	-1.7
สตรอเบอรี่	89-90	-1.2
แอปเปิล	84-86	-2
เชอรี่	86	-4
ขนมปัง	35	-5

ที่มา: Boegh-Soerensen and Jul (1985)

อาหารที่มีสารละลายปริมาณสูง จะมีจุดเยือกแข็งเริ่มต้นต่ำ เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งเริ่มต้น น้ำจะเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็งเพิ่มขึ้น ทำให้ของเหลวภายในอาหารที่เหลืออยู่มีความเข้มข้นสูงขึ้น จุดเยือกแข็งจึงต่ำลงอีก การที่จะทำให้ น้ำเปลี่ยนสถานะไปเป็นผลึกน้ำแข็งทั้งหมดต้องใช้อุณหภูมิต่ำมากถึง -180 °C ก็ยังคงมีน้ำบางส่วนไม่แข็งตัว (Love, 1968) อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งสำหรับอุตสาหกรรมยังไม่ต่ำพอที่จะทำให้ น้ำกลายเป็นน้ำแข็งทั้งหมด โดยอาหารแต่ละชนิดก็จะมีอัตราส่วนระหว่างน้ำแข็งต่อตัวถูกละลายที่อุณหภูมิต่าง ๆ แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับ

อุณหภูมิและความเข้มข้นเริ่มต้นของตัวถูกละลาย ดังรูปที่ 2.2 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในอาหารที่แตกต่างกัน 4 ชนิด (Love, 1968)



รูปที่ 2.2 ร้อยละน้ำแข็งที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในอาหาร 4 ชนิด (Love, 1968)

2.1.1.3 เวลาของการแช่เยือกแข็ง (Freezing time)

การแช่เยือกแข็งอาหารแต่ละชนิดจะใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งแตกต่างกัน เวลาของการแช่เยือกแข็งจะบ่งบอกความจุ (Capacity) ของระบบด้วยและยังมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของอาหารแช่เยือกแข็ง โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการแช่เยือกแข็งดังนี้

- 1) ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผลิตภัณฑ์และตัวกลางทำให้เย็น
- 2) ลักษณะการถ่ายเทความร้อนจากผลิตภัณฑ์หรือภายในผลิตภัณฑ์
- 3) ขนาด ชนิด และรูปร่างของบรรจุภัณฑ์
- 4) ขนาด รูปร่าง และคุณสมบัติทางความร้อนของผลิตภัณฑ์

2.1.1.4 อัตราการแช่เยือกแข็ง (Freezing rate)

อัตราการแช่เยือกแข็ง (freezing rate) หมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิก่อนการแช่เยือกแข็งและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์หลังการแช่เยือกแข็ง หารด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง (freezing time) โดยอัตราการแช่เยือกแข็ง มีผลต่อการเกิดผลึกน้ำแข็ง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของอาหารแช่เยือกแข็ง การแช่เยือกแข็งอาหารอย่างรวดเร็ว (quick freezing) จะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก

เล็ก กระจายทั่วชิ้นอาหาร อาหารที่ได้จะมีคุณภาพดี เมื่อนำมาหาลอมละลาย (thawing) จะเกิดการสูญเสียของเหลว (drip loss) น้อย ส่วนการแช่เยือกแข็งอย่างช้า (slow freezing) ทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ เมื่อนำมาหาลอมละลายจะสูญเสียของเหลว (drip loss) มาก สามารถแบ่งประเภทการแช่แข็งได้โดยพิจารณาหลักเกณฑ์ต่อไปนี้ (อรพิน, 2558)

1) อัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิต่อหน่วยเวลา

การแช่เยือกแข็งแบบช้า (Slow freezing) จะมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ต่อนาที ส่วนการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว (Rapid or Quick freezing) จะมีอัตราการลดอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสต่อนาที การอัตราเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะไม่สม่ำเสมอตลอดระยะเวลาแช่เยือกแข็ง ดังนั้น การพิจารณาอัตราการแช่เยือกแข็ง ณ เวลาใดเวลาหนึ่งอาจผิดพลาดได้ จะต้องคิดเป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่อหน่วยเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง

2) เวลาในช่วงที่อาหารเกิดการตกผลึกและแข็งตัวหมด (Freezing plateau)

ถ้าเวลาในช่วงที่อาหารเกิดการตกผลึกและแข็งตัวหมดมากกว่า 1 ชม. จัดเป็นการแช่เยือกแข็งแบบช้า (Slow freezing) ถ้าใช้เวลาน้อยกว่า 1-2 นาที จัดเป็นการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว (Rapid freezing)

3) ลักษณะชั้นหน้าของน้ำแข็ง

การเกิดน้ำแข็ง ลักษณะเป็นแผ่นแยกส่วนที่เป็นของแข็งกับของเหลวออกจากกัน จัดเป็นการแช่เยือกแข็งแบบช้า (Slow freezing) ถ้าเกิดผลึกน้ำแข็งจำนวนมาก ไม่แยกชั้นกัน จัดเป็นการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว (Quick freezing) และถ้าหากผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ จัดเป็นการแช่เยือกแข็งแบบเร็วมาก (Ultra rapid freezing)

4) ความเร็วในการเกิดผลึกน้ำแข็งที่ผิวหน้า (Ice front)

ความเร็วของการเกิดผลึกจากผิวเข้าสู่ใจกลางของชิ้นอาหาร อัตราเร็วในการเกิดผลึกวัดเป็นระยะทางต่อหน่วยเวลา จะสามารถแสดงอัตราการแช่เยือกแข็งได้ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อัตราการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งแบบต่าง ๆ

วิธีการแช่เยือกแข็ง	อัตราการแช่เยือกแข็ง (ชม./ชม.)
การแช่เยือกแข็งแบบเร็วมาก (Ultra rapid freezing)	>10
การแช่เยือกแข็งแบบเร็ว (Rapid freezing)	1-10
การแช่เยือกแข็งแบบปานกลาง (Normal freezing)	0.3-1
การแช่เยือกแข็งแบบช้า (Slow freezing)	0.1-0.3
การแช่เยือกแข็งแบบช้ามาก (Very slow freezing)	<0.1

ที่มา : Boegh-Soerensen and Jul (1985)

5) ตำแหน่งของผลึกน้ำแข็ง

การแช่เยือกแข็งแบบช้า (Slow freezing) ผลึกน้ำแข็งส่วนใหญ่จะเกิดภายนอกเซลล์ ส่วนการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว (Quick freezing) ผลึกน้ำแข็งจะเกิดทั้งภายในและนอกเซลล์ สามารถอัตราส่วนระหว่างผลึกน้ำแข็งภายในและภายนอกเซลล์ เป็นดัชนีอัตราการแช่เยือกแข็ง

ในทางเทคโนโลยีอาหารนิยมนิยามกล่าวถึงอัตราการแช่เยือกแข็ง 2 ลักษณะ คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อเวลา หรือ ค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วในการเกิดผลึกน้ำแข็งจากผิวถึงใจกลางอาหาร มีหน่วยเป็นระยะทางต่อเวลา

2.1.1.5 สมการของแพลงก์ (Plank's equation)

สมการของแพลงก์ (สมการที่ 2.1) เป็นที่นิยมใช้ในการประมาณเวลาแช่เยือกแข็งมากที่สุด (Chua and Tan Fock, 2003) โดยสมการนี้ต้องอยู่บนสมมติฐานที่ว่า

- เมื่อเวลาเริ่มต้น อาหารทั้งหมดยังไม่แข็งตัว แต่มีอุณหภูมิที่จุดเยือกแข็ง
- การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ในชั้นของอาหารที่แข็งตัวแล้วภายใต้สภาวะคงตัว (Steady State)

รูปแบบสมการของแพลงก์มีดังนี้

$$t_F = \frac{\rho L}{T_F - T_\infty} \left[\frac{Pa}{h_c} + \frac{Ra^2}{k} \right] \quad (2.1)$$

เมื่อ t_F คือ ระยะเวลาแช่เยือกแข็ง (s)

T_F คือ จุดเยือกแข็งเริ่มต้นของอาหาร และเป็นอุณหภูมิที่ยังไม่แข็งตัว ($^{\circ}\text{C}$)

T_∞ คือ อุณหภูมิของตัวกลางทำความเย็น (Freezing medium) ($^{\circ}\text{C}$)

L คือ ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของอาหาร (kJ/kg)

ρ คือ ความหนาแน่นของอาหาร (kg/m^3)

h_c คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิว ($\text{W/m}^2\text{^{\circ}C}$)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาหารแช่แข็ง ($\text{W/m}^{\circ}\text{C}$)

a คือ ความหนาของทรงสี่เหลี่ยม หรือเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมหรือทรงกระบอก (m)

เมื่อค่า P และ R เป็นค่าคงที่ ขึ้นกับลักษณะฐานของอาหารที่แช่เยือกแข็ง ตามรูปร่างดังนี้

เป็นสี่เหลี่ยมไม่จำกัด $P = \frac{1}{2}$, $R = \frac{1}{8}$

เป็นทรงกระบอกยาวไม่จำกัด $P = \frac{1}{4}$, $R = \frac{1}{16}$

เป็นรูปทรงกลมหรือลูกบาศก์ $P = \frac{1}{6}$, $R = \frac{1}{24}$

ข้อจำกัดของสมการของแพลงก์จะเกี่ยวข้องกับการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ ดังนี้

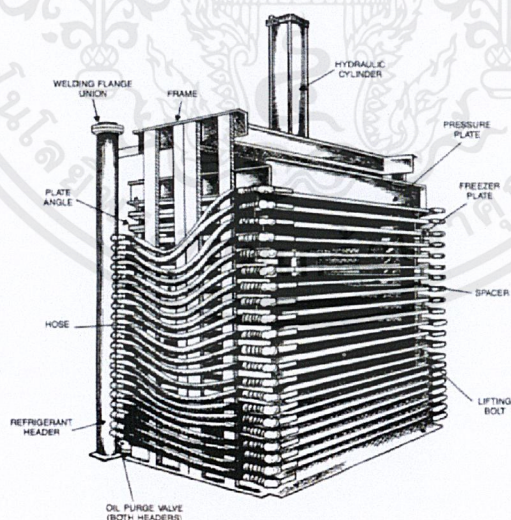
- 1) ค่าความหนาแน่นของอาหารแช่แข็งสามารถวัดได้ยาก
- 2) ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวมักเป็นผลคูณของความร้อนแฝงของน้ำกับปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์
- 3) อุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ไม่ถูกนำมาพิจารณาในสมการนี้
- 4) ค่าการนำความร้อนควรเป็นค่าสำหรับผลิตภัณฑ์ที่แช่แข็งแล้ว ซึ่งสามารถหาได้ยาก

2.1.2 เครื่องแช่เยือกแข็ง

เครื่องแช่เยือกแข็ง (Freezer) เป็นอุปกรณ์ในการแปรรูปอาหาร โดยการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ในปัจจุบันมีระบบการแช่เยือกแข็งหลากหลายชนิด เพื่อรองรับกับความต้องการหลายกับผลิตภัณฑ์ โดยสามารถแบ่งประเภทของเครื่องแช่เยือกแข็งตามลักษณะตัวกลางที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน (Kolbe, 2005) ได้แก่

2.1.2.1 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่นโลหะสัมผัส (Contact Plate Freezer)

เครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่นโลหะสัมผัสใช้หลักการการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อนระหว่างพื้นผิวอาหารกับแผ่นโลหะ โดยใช้แผ่นโลหะกลวงซึ่งมีสารทำความเย็นไหลอยู่ภายใน ถูกอัดความดันด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิคเพื่อให้แผ่นโลหะแนบสนิทกับชิ้นอาหาร ทำให้ประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิของอาหารเพิ่มขึ้น เครื่องแช่เยือกแข็งชนิดนี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่อาหารมีรูปร่างและขนาดสม่ำเสมอ เช่น ผัก ผลไม้ และอาหารทะเล เป็นต้น



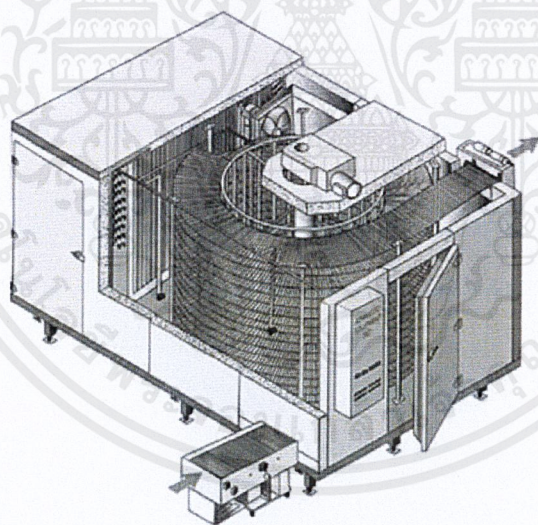
รูปที่ 2.3 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบแผ่น โลหะสัมผัส (Kolbe, 2005)

2.1.2.2 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมเป่า (Airflow Freezer)

เครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมเป่าใช้หลักการการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน โดยอาศัยการหมุนเวียนอากาศเย็นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน ใช้พัฒนาในการบังคับทิศทางการไหลรวมถึงความเร็วของอากาศในเครื่อง อากาศจะไหลผ่านเครื่องระเหย (Evaporator) ที่ภายในมีสารทำความเย็นไหลอยู่ สารทำความเย็นจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ ทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลงก่อนจะไปสัมผัสกับอาหาร เครื่องแช่เยือกแข็งชนิดนี้สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความหลากหลาย ไม่มีข้อจำกัดด้านขนาดและรูปร่าง โดยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมเป่าสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่

1) เครื่องแช่เยือกแข็งแบบสายพานเกลียว (Spiral freezer)

ใช้ระบบสายพานลำเลียงแบบวนคล้ายเกลียว อาหารจะเคลื่อนที่ตามสายพาน โดยการควบคุมการแช่เยือกแข็งจากการควบคุมความเร็วสายพาน เครื่องแช่เยือกแข็งชนิดนี้เหมาะกับอาหารที่มีขนาดเล็ก ใช้ระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งสั้น ใช้พื้นที่ในการผลิตน้อยและให้ปริมาณการผลิตสูง

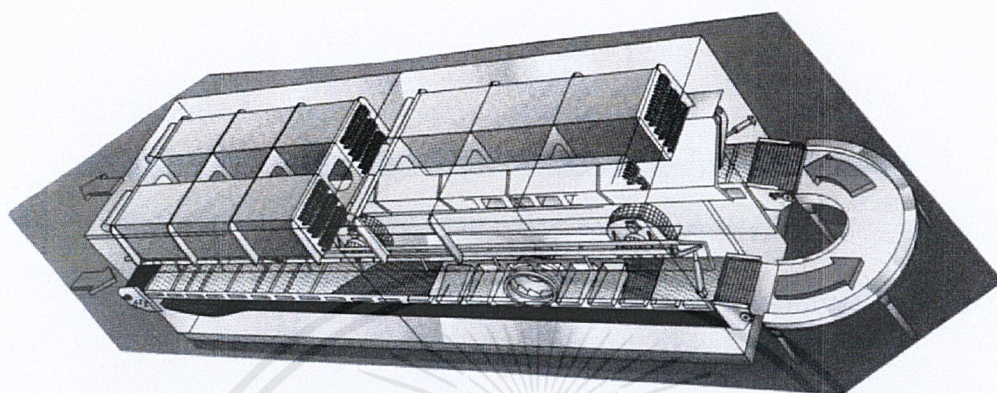


รูปที่ 2.4 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบสายพานเกลียว (North and Lovatt, 2005)

2) เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ (Tunnel freezer)

ใช้ระบบสายพานตรงในการลำเลียงอาหารผ่านอุโมงค์ที่ภายในมีอากาศเย็นและความเร็วสูง ไหลเวียนสัมผัสกับอาหาร ทำให้เกิดการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วและใช้เวลาสั้น สามารถควบคุมการแช่เยือกแข็งจากการควบคุมความเร็วสายพาน เหมาะกับอาหารที่มีขนาดเล็ก ใช้

ระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งสั้นเช่นเดียวกับเครื่องแช่เยือกแข็งแบบสายพานกลิ้ง แต่ใช้พื้นที่ในการผลิตมากกว่า

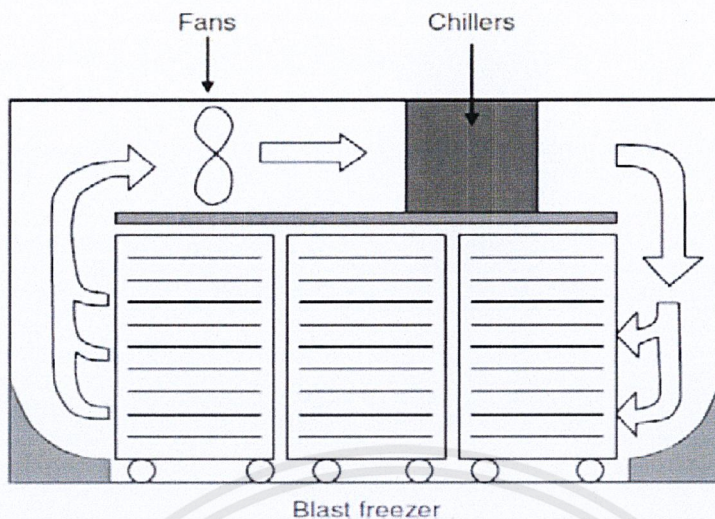


รูปที่ 2.5 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ (Kolbe, 2005)

เครื่องแช่เยือกแข็งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized bed freezer) มีลักษณะคล้ายเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ โดยอาหารจะถูกป้อนเครื่องกลิ้งเป็นชั้นบางสม่ำเสมอบนสายพานตะแกรง มีอากาศเย็นและความเร็วสูงเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน พัดผ่านรูตะแกรงในทิศตั้งฉากกับอาหาร ทำให้อาหารลอยตัวเหนือตะแกรง คล้ายการเคลื่อนที่ของของไหล (Fluidized) อาหารจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศสม่ำเสมอทุกทิศทาง ทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว สายพานอาจมีระบบเขย่า เพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ของชั้นอาหารได้ดีขึ้น เครื่องแช่เยือกแข็งแบบฟลูอิดไดซ์เบด เหมาะกับอาหารที่มีขนาดเล็ก มีรูปทรงและขนาดสม่ำเสมอ เช่น เมล็ดถั่ว ผัก ผลไม้ และยังเหมาะกับอาหารที่เกาะติดกันง่าย โดยผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่ได้จากการแช่แข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบฟลูอิดไดซ์เบด จะเป็นผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งแบบไอคิวเอฟ (individual quick freezing, IQF) คือแยกเป็นชิ้น ๆ ไม่เกาะกันเป็นก้อน เนื่องจากอัตราการแช่แข็งรวดเร็ว อาหารแช่เยือกแข็งที่ได้มีคุณภาพดี

3) เครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นจัด (Blast freezer)

เหมาะสำหรับการผลิตแบบชุด มีลักษณะเป็นห้องหรือตู้ที่มีระบบทำความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิของอาหาร ออกแบบทิศทางการไหลของอากาศให้กระจายตัวสม่ำเสมอ อาหารที่มีขนาดเล็กใหญ่ และใช้ระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งนานเหมาะกับการใช้เครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นจัดมากกว่าแบบสายพานกลิ้งหรืออุโมงค์



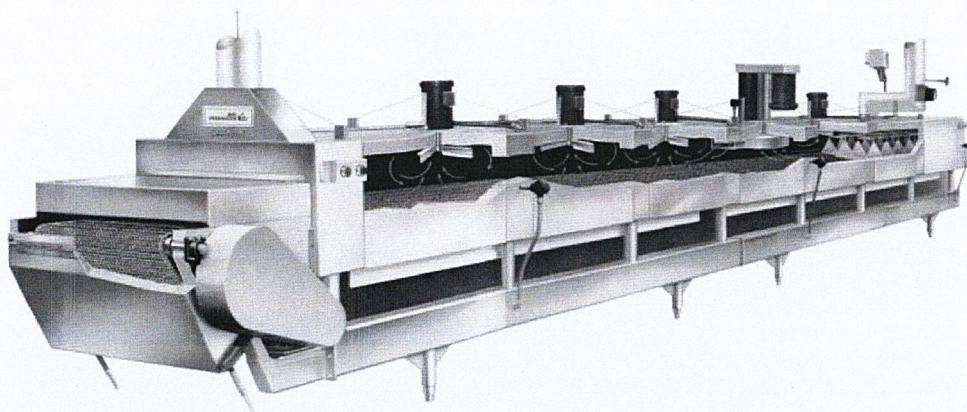
รูปที่ 2.6 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมเย็นจัด (Kolbe, 2005)

2.1.2.3 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบจุ่มในของเหลวเย็นจัด (Brine freezer)

เครื่องแช่เยือกแข็งประเภทนี้ใช้หลักการการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน โดยใช้สารละลายเกลือ (Brine) เป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อน วิธีการคือนำอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท เพื่อป้องกันการสัมผัสโดยตรงระหว่างอาหารกับสารละลายแล้วนำไปแช่หรือจุ่มในสารละลายเกลือ การแช่เยือกแข็งด้วยวิธีการนี้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง เนื่องจากอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงกว่าการแช่เยือกแข็งแบบใช้ลมเป่า สารละลายเกลือที่ใช้เช่น โซเดียมคลอไรด์ แคลเซียมคลอไรด์ เป็นต้น

2.1.2.4 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบใช้สาร ไครโอเจน (Cryogenic freezer)

เครื่องแช่เยือกแข็งแบบใช้สาร ไครโอเจน คือการนำสาร ไครโอเจนซึ่งเป็นสารที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น สารไนโตรเจนเหลว (จุดเดือด -196 องศาเซลเซียส) และสารคาร์บอนไดออกไซด์เหลว (จุดเดือด -78 องศาเซลเซียส) เป็นต้น มาเป็นตัวกลางในการแช่เยือกแข็งเรียกว่า การแช่เยือกแข็งแบบ ไครโอเจนิค (cryogenic freezing) โดยสาร ไครโอเจนเมื่อสัมผัสกับอาหารในบรรยากาศปกติจะเดือดอย่างรวดเร็วและเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ดึงความร้อนแฝง (latent heat) ออกจากอาหาร ทำให้อาหารถูกแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็ว เครื่องชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูง ลักษณะการทำงานคล้ายเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ แต่เครื่องแช่เยือกแข็งแบบใช้สาร ไครโอเจน จะพ่นสาร ไครโอเจนที่มีอุณหภูมิต่ำมาก มาสัมผัสกับอาหาร บริเวณผิวด้านนอกของอาหารจะแข็งตัวอย่างรวดเร็ว วิธีนี้ไม่เหมาะกับอาหารที่มีความหนามาก เพราะทำให้สิ้นเปลืองสาร ไครโอเจนมากขึ้น



รูปที่ 2.7 เครื่องแซ่เชือกแข็งแบบใช้สารโครโอเจน (Kolbe, 2005)

2.1.3 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)

ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness, OEE) เป็นดัชนีชี้วัดอย่างหนึ่งที่ยบยอดถึงสมรรถนะของการผลิต โดยนอกจากจะทราบประสิทธิภาพของเครื่องจักรแล้ว ยังทราบสาเหตุของความสูญเสียที่เกิดขึ้น สามารถแยกประเภทการสูญเสีย ทำให้สามารถปรับปรุงและลดความสูญเสียได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบ

ปัจจุบันวิธีในการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ นั้นเป็นที่นิยมมาก จนกระทั่งประเทศญี่ปุ่น ได้นำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการให้รางวัลแก่โรงงานที่เป็นที่ยอมรับในการบำรุงรักษาแบบทวิผล เนื่องจากหลักการและวิธีคิดพื้นฐานไม่ซับซ้อน ทั้งยังสามารถพิสูจน์ได้ และสามารถบอกถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน

2.1.3.1 การวัดค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

การวัดค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ประกอบด้วยปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่

- 1) อัตราการเดินเครื่อง (Availability rate) คือ ความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน เปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาที่ใช้เดินเครื่อง (Operating time) กับเวลาให้บริการงาน (Loading time)
- 2) อัตราประสิทธิภาพ (Performance rate) คือ สมรรถนะการทำงานของเครื่องจักร เปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net operating time) กับเวลาเดินเครื่อง (Operating time)
- 3) อัตราคุณภาพ (Quality rate) คือ ความสามารถในการผลิตสินค้าที่ตรงตามข้อกำหนด เปรียบเทียบจำนวนสินค้าที่ดีกับจำนวนสินค้าที่ผลิตทั้งหมด

ดังรูปที่ 2.8 แสดงเวลาในการหาอัตราการเดินเครื่อง อัตราประสิทธิภาพและอัตราคุณภาพ โดยเวลาในแต่ละส่วนที่กล่าวถึงมีความหมายดังนี้

เวลารับภาระงาน (Loading time) คือ เวลาที่ต้องการให้เครื่องจักรทำงาน ซึ่งเป็นเวลาทั้งหมดหักด้วยเวลาหยุดตามแผน

เวลาเดินเครื่อง (Operating time) คือ เวลาที่เครื่องจักรทำงาน เป็นเวลารับภาระงาน หักด้วยเวลาที่สูญเสียจากเครื่องจักรหยุด เช่น การขัดข้องของเครื่องจักร การสูญเสียเวลาการปรับแต่งเครื่องจักร

เวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net operating time) คือ เวลาที่เครื่องจักรทำงานจริง หักด้วยเวลาที่สูญเสียจากเครื่องจักรเสียกำลัง หรือการหยุดเครื่องเล็กน้อย

Planned Production Time			
Operating Time		Down Time Loss	
Net Operating Time		Performance Loss	
Total Product			
Good Product	Quality Loss		

รูปที่ 2.8 เวลาในการหาอัตราการเดินเครื่อง อัตราประสิทธิภาพและอัตราคุณภาพ

2.1.3.2 การคำนวณค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร

การคำนวณค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) สามารถคำนวณจากสมการดังนี้ (จิตติ, 2554)

$$OEE = \text{อัตราการเดินเครื่อง} \times \text{อัตราประสิทธิภาพ} \times \text{อัตราคุณภาพ} \times 100 \tag{2.2}$$

โดยสามารถแยกการคำนวณตามปัจจัยดังนี้

$$1) \text{ อัตราการเดินเครื่อง (Availability Rate)} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง (Operating Time)}}{\text{เวลารับภาระงาน (Loading Time)}} \times 100 \tag{2.3}$$

$$2) \text{ อัตราประสิทธิภาพ (Performance Rate)} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time)}}{\text{เวลาเดินเครื่อง (Operating Time)}} \times 100 \tag{2.4}$$

$$3) \text{ อัตราคุณภาพ (Quality Rate)} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานของดี}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตทั้งหมด}} \times 100 \tag{2.5}$$

เกณฑ์มาตรฐานของประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร

ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรที่ตั้งเป็นมาตรฐานโดยทั่วไป

- อัตราการเดินเครื่อง (Availability rate) คือร้อยละ 90
- อัตราประสิทธิภาพ (Performance rate) คือร้อยละ 95
- อัตราคุณภาพ (Quality rate) คือร้อยละ 99

ดังนั้นประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) จะเท่ากับร้อยละ 85

2.1.3.3 ความสูญเสีย 16 ประการ

ในการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรนั้น มีเป้าหมายคือการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นให้มีความเป็นศูนย์ โดยไม่เพียงแต่จะพิจารณาความสูญเสียที่เกี่ยวกับเครื่องจักรเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังสนใจทุกความสูญเสียที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของการผลิต ความสูญเสียหลัก 16 ประการนี้ สามารถแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ 3 หมวดหมู่ กล่าวคือ

หมวดหมู่ที่ 1 ความสูญเสียที่เกี่ยวกับเครื่องจักร

- ความสูญเสียจากการหยุดเครื่องจักร (Shutdown losses)
- ความสูญเสียจากการขัดข้องของเครื่องจักร (Breakdown losses)
- ความสูญเสียจากเตรียมงาน การปรับตั้งเครื่องจักร (Set up and adjustment losses)
- ความสูญเสียจากการหยุดเล็กน้อย (Minor stoppage)
- ความสูญเสียจากการเปลี่ยนใบมีดหรือสิ่งที่สึกก่อนกำหนด (Cutting tools replacement

losses)

- ความสูญเสียจากความเร็ว (Speed losses)
- ความสูญเสียจากช่วงเริ่มต้นผลิต (Startup losses)
- ความสูญเสียจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์หรืองานเสีย (Defect)

หมวดหมู่ที่ 2 ความสูญเสียที่เกี่ยวกับการทำงานของคน

- ความสูญเสียจากการจัดการ (Management losses)
- ความสูญเสียจากการเคลื่อนไหว (Motion losses)
- ความสูญเสียจากการวางตำแหน่ง (Line organization loss)
- ความสูญเสียจากการขาดส่งวัตถุดิบ (Logistic loss)
- ความสูญเสียจากการตรวจวัดและปรับแต่ง (Measurement and adjustment loss)

หมวดหมู่ที่ 3 ความสูญเสียที่เกี่ยวกับทรัพยากร

- ความสูญเสียผลผลิตต่อวัตถุดิบ (Yield losses)
- ความสูญเสียด้านพลังงาน (Energy losses)
- ความสูญเสียจากการบำรุงรักษาและชิ้นส่วนอะไหล่ (Maintenance spare part loss)

2.1.4 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด

เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลให้เห็นสภาพจริงและเข้าใจง่าย เครื่องมือเหล่านี้เป็นการรวบรวมและประยุกต์ใช้วิธีการทางสถิติ การใช้หลักการทางด้านเหตุผลมารวบรวม และเลือกใช้ในการจัดการกับปัญหาแต่ละชนิด เครื่องมือคุณภาพทั้ง 7 ชนิด มีดังต่อไปนี้ (วันเฉลิม, 2559)

1) แผ่นตรวจสอบ (Check sheet) คือแบบฟอร์มที่มีการออกแบบช่องว่างต่าง ๆ ไว้เพื่อใช้บันทึกข้อมูลได้ง่าย และสะดวกถูกต้อง ไม่ยุ่งยาก ในการออกแบบฟอร์มทุกครั้งต้องมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน

2) แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram) เป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของความบกพร่องกับปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้น สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าหัวข้อใดเป็นปัญหามากที่สุด

3) กราฟ (Graphs) คือแผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขหรือข้อมูลทางสถิติที่ใช้ เมื่อต้องการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ผลของข้อมูล เพื่อให้เข้าใจและรวดเร็วต่อการทำความเข้าใจ

4) พังแสดงเหตุและผล (Cause-and-effect diagram) หรือพังก้างปลา (Fishbone Diagram) หรือ Ishikawa Diagram ซึ่งเรียกตามชื่อของ Dr. Kaoru Ishikawa ผู้ซึ่งเริ่มนำพังนี้มาใช้ในปี ค.ศ. 1953 สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น (JIS) ได้นิยามความหมายของพังก้างปลานี้ว่า เป็นแผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบระหว่างสาเหตุหลายๆ สาเหตุที่เป็นไปได้ที่ส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาหนึ่งปัญหา

5) ฮิสโตแกรม (Histogram) เป็นแผนภูมิแท่งที่บอกถึงความถี่ที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นความถี่นั้น ๆ โดยแต่ละแท่งจะวางเรียงติดกัน แกนนอนจะกำกับด้วยค่าขอบบนและขอบล่างของชั้นนั้นหรือใช้ค่ากลาง (Midpoint) ส่วนแกนตั้งเป็นค่าความถี่ในแต่ละชั้น ความสูงของแต่ละแท่งจะขึ้นอยู่กับความถี่ที่เกิดขึ้นนั้น

6) พังการกระจาย (Scatter diagram) คือ พังที่ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวว่ามีแนวโน้มไปในทางใด เพื่อที่จะใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริง

7) แผนภูมิควบคุม (Control chart) คือแผนภูมิที่มีการเขียนขอบเขตที่ยอมรับได้ของคุณลักษณะตามข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการผลิต โดยการติดตามและตรวจจับข้อมูลที่ออกนอกขอบเขต (Control limit)

2.1.5 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการทำไม-ทำไม (Why-why analysis)

การวิเคราะห์ปัญหาด้วยเทคนิคทำไม-ทำไม (Why-why analysis) คือการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริง ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบหรือสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ขึ้น ด้วยวิธีการอย่างเป็นระบบ และเป็นขั้นตอน ไม่เกิดการตกหล่น ซ้ำซ้อน และไม่ใช้การคาดเดา โดยเมื่อเราค้นพบสาเหตุ

รากเหง้าของปัญหาและสามารถกำจัดได้แล้ว ปัญหาที่จะไม่เกิดซ้ำอีก หากเกิดปัญหาซ้ำ หมายความว่า การวิเคราะห์นั้นอาจมีบางสาเหตุที่คล่อง

การวิเคราะห์ด้วยหลักการทำไม-ทำไม เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงมาก หากผู้วิเคราะห์มีความเข้าใจและชำนาญในงานที่ตนทำ หลักการทำไม-ทำไม คือเมื่อเกิดปัญหา ให้คิดวิเคราะห์ถึงปัจจัยหรือสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา โดยการตั้งคำถามว่า ทำไม และตั้งคำถามต่อไปจนกระทั่งได้ปัจจัยที่เป็นรากเหง้าของปัญหา ปัจจัยที่อยู่ท้ายสุด จะเป็นปัจจัยที่สามารถนำมาปรับเป็นมาตรการป้องกัน เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำอีก

2.1.5.1 ก่อนการวิเคราะห์ด้วยหลักการทำไม-ทำไม

ก่อนการวิเคราะห์จะต้องสะสางปัญหาให้ชัดเจน ชัดข้อเท็จจริงก่อนจะทำการวิเคราะห์ปัญหา จะต้องไปตรวจสอบสถานที่จริง และดูสภาพของจริง อันเป็นที่มาของปัญหาเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องชัดเจน ถ้าไม่สะสางให้ดีจะทำให้การวิเคราะห์มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากเกินไป ถึงแม้ได้ผลการวิเคราะห์มา มาตรการที่ตามมาจะมากเกินไปที่จะนำมาปฏิบัติได้

2.1.5.2 วิธีการมองปัญหาตามหลักการทำไม-ทำไม

1) การมองจากสภาพที่ควรจะเป็น

แนวทางแรกนั้นเป็นการค้นหาสาเหตุ การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็นคือ การเปรียบเทียบวิธีการของตนเองกับสิ่งที่เป็นมาตรฐานหรือเป็นที่ยอมรับของคนทั่วไป เป็นการกำหนดแนวทางในการค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยการเปรียบเทียบปัญหาที่เกิดขึ้นกับสภาพที่ควรจะเป็น

2) การมองจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี

เป็นการมองปัญหาจากการทำความเข้าใจกับหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การมองปัญหาทั้งสองแบบมีข้อแตกต่างดังนี้

- ในกรณีที่ปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเข้าใจได้ง่าย หรือมีต้นเหตุของปัญหาเพียงหนึ่งสาเหตุควรใช้วิธีการมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น
- ในกรณีที่ปัญหาหรือปรากฏการณ์เข้าใจยาก หรือมีต้นเหตุของปัญหาหลายสาเหตุควรเลือกใช้การมองจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี

2.1.5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยหลักการทำไม-ทำไม

1) จัดลำดับความสำคัญหัวข้อที่จะทำการปรับปรุงด้วยผังพาเรโต ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเลือกสาเหตุที่ส่งผลกระทบมากที่สุดมาทำการปรับปรุง

2) เลือกหัวข้อที่จะทำการปรับปรุงหรือแก้ไขหลังจากได้สาเหตุหลัก ที่จะนำมาแก้ไขแล้ว ให้ทำการเขียน ปัญหาให้มีความกระชับเข้าใจง่าย

3) จัดตั้งทีมงานที่เกี่ยวข้อง ในส่วนนี้จะเป็นการ นำผู้ที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุง มาช่วยกัน ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ รวมไปถึงพนักงานระดับหน้างานด้วย เพราะเป็นผู้เข้าใจสถานการณ์ดีที่สุด

4) สอบถามสภาพการณ์เบื้องต้น ในขั้นตอนนี้จะมีความสำคัญมาก หากทำการวิเคราะห์ทันที โดยไม่สอบถามสถานการณ์ก่อน จะทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดได้

5) ระดมสมอง จะเป็นการระดมความเห็นของทีมงาน

6) ตรวจสอบความถูกต้อง

7) จัดทำมาตรการ หลังจากที่เราพบสาเหตุรากเหง้าแล้ว

8) ตรวจสอบความสำเร็จของงาน เมื่อทำการปรับปรุงแล้ว ให้ติดตามผลปัญหาดังกล่าวว่าได้ เกิดขึ้นซ้ำหรือลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ผ่านรูปแบบของกราฟหรือการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ หากพบว่าปัญหาไม่ได้ลดลงให้กลับมาวิเคราะห์ใหม่ แสดงว่า มีสาเหตุที่ตกหล่นไปในการวิเคราะห์ครั้งแรก

9) จัดทำมาตรฐาน หากพบว่ามาตรการได้ผล ก็ให้จัดทำมาตรฐานขึ้น เพื่อรักษาไว้ซึ่งระดับคุณภาพต่อไป

2.1.6 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger)

เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องมือหรือเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งไว้ภายในตัวเครื่อง สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลโดยอัตโนมัติตลอด 24 ชม. โดยทั่วไปจะมีขนาดเล็ก ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ พกพาสะดวก มีหน่วยความจำภายในตัวเครื่องเพื่อบันทึกข้อมูล สามารถเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และมีซอฟต์แวร์เพื่อจัดการเก็บ แสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ โดยเครื่องบันทึกข้อมูลมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกันไป

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแช่เยือกแข็งของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ ได้รวบรวมทฤษฎีจากบทความที่เกี่ยวข้องดังนี้

Meiye and Lai (2003) ได้ศึกษาเรื่อง ระยะเวลาการแช่เยือกแข็งของอาหาร โดยได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้สมการทำนายเวลาการแช่เยือกแข็งของอาหารรูปทรงต่าง ๆ ของแต่ละผู้วิจัย และผลของคุณสมบัติทางความร้อนต่อระยะเวลาแช่เยือกแข็งอาหาร พบว่า สมการของ Coskan et al. (1999) สามารถทำนายเวลาได้แม่นยำมากที่สุด และมีความผิดพลาดน้อยที่สุด

วีรชัย มัญญารักษ์ และ วิมล จันนินวงส์ (2553) ได้ศึกษาเรื่อง การเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารสัตว์ โดยทำการศึกษาสาเหตุที่มี

ผลทำให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องอัดเม็ดมีค่าต่ำด้วยวิธีการแก้ปัญหาแบบคิวซี สตอรี่ ของ JUSE การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนปรับปรุงด้วยฟังก์ชันการพลากพบว่าตัวแปรที่มีค่าต่ำมีอยู่ 2 ตัวแปร คือ ค่าความพร้อมของเครื่องจักรและค่าสมรรถนะเครื่องจักร ดังนั้นจึงทำการตอบโต้เหตุเพื่อปรับปรุงค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรให้สูงขึ้นตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ 3% ภายหลังการปรับปรุงพบว่าค่าประสิทธิภาพโดยรวมในสายการผลิตที่ 2 เครื่องมีค่าสูงขึ้นจากเดิมเฉลี่ยอยู่ที่ 74% สูงขึ้นเป็น 84% ส่วนสายการผลิตที่ 3 เครื่องมีค่าเฉลี่ย 75% สูงขึ้นเป็น 93%



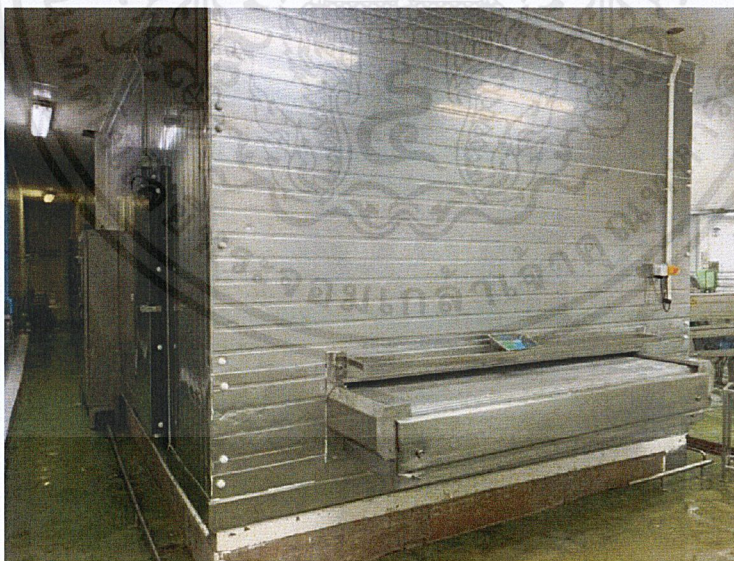
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยเพื่อหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์อาหารทะเลด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 หลักการทำงานและส่วนประกอบของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์

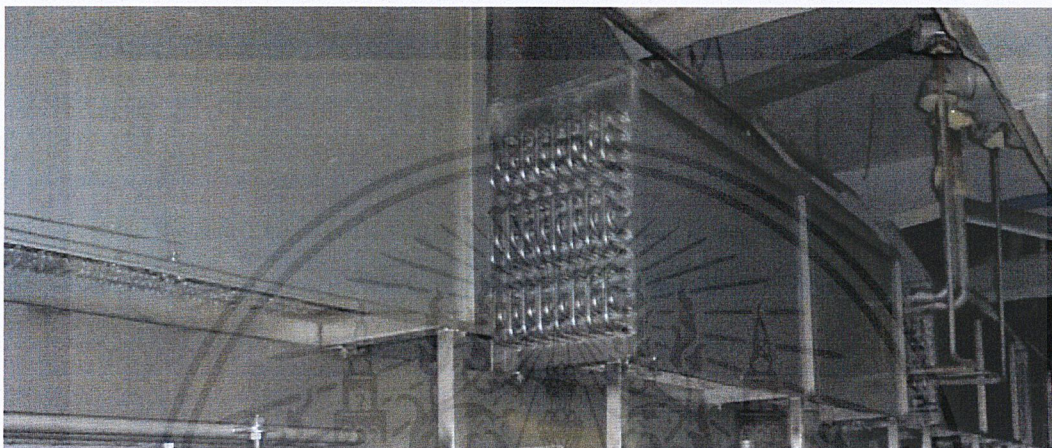
เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ที่ได้ทำการศึกษา เป็นเครื่องแช่เยือกแข็งรุ่น เทอร์โม แจ็ค (Thermo-Jack) ของบริษัท มาเยคาว่า จำกัด (รูปที่ 3.1) ซึ่งมีขนาดด้านกว้าง 3.85 เมตร ยาว 16.75 เมตรและสูง 3.2 เมตร ระบบเป่าอากาศทางเดียว สายพานเป็นลักษณะตาข่าย ใช้หลักการนำอากาศไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็น ซึ่งสารทำความเย็นที่ใช้คือแอมโมเนีย (R717) จะไหลอยู่ภายในคอยล์ จากนั้นพัดลมก็จะเป่าอากาศผ่านหัวฉีด เพื่อบังคับให้อากาศสัมผัสและแลกเปลี่ยนความร้อนกับสินค้า จากนั้นอากาศก็จะหมุนเวียนกลับไปแลกเปลี่ยนความร้อนที่คอยล์เช่นเดิม โดยเครื่องรุ่นนี้เหมาะกับสินค้าทุกชนิด ทั้งแบบสินค้าบรรจุถุงสุญญากาศ สินค้าใส่ถาด รวมถึงสินค้า IQF อีกด้วย



รูปที่ 3.1 เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ รุ่นเทอร์โมแจ็ค (Thermo-Jack) ของบริษัท มาเยคาว่า จำกัด

เครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ รุ่น เทอร์โมเจ็ค ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ดังนี้

1) คอยล์เย็น (Evaporator) มีลักษณะเป็นท่อเล็กจำนวนมากขดอยู่ในคอยล์ และมีครีบริบเพื่อช่วยในการแลกเปลี่ยนความร้อน ภายในท่อจะมีสารทำความเย็นไหลเวียน เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศที่อยู่ภายในเครื่อง คอยล์เย็นจะถูกแบ่งเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 2 คอยล์ โดยอากาศที่ผ่านคอยล์จะมีอุณหภูมิต่ำมากถึง $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 คอยล์เย็น (Evaporator)

2) มอเตอร์พัดลม (Fan motor) อยู่ระหว่างคอยล์เย็น 2 ตัว ทำหน้าที่ดูดอากาศที่ถูกแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นแล้วมาผ่านหัวฉีดแบบสลิต เพื่อบังคับทิศทางอากาศให้สัมผัสกับสินค้า

3) หัวฉีดแบบสลิต (Slit nozzle) มีลักษณะเป็นช่องทางไหลแบนยาวตลอดแนวกว้างของเครื่อง ได้รับการออกแบบให้เว้าแฉกลงเพื่อบังคับทิศทางอากาศ มีจำนวนหลายสลิต สามารถปรับระยะความสูงจากสายพานได้ (รูปที่ 3.3)



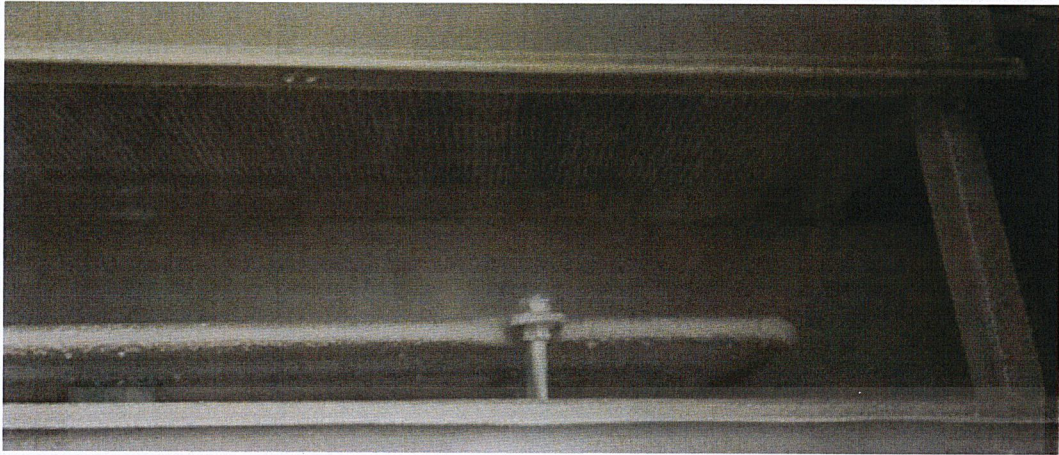
รูปที่ 3.3 หัวฉีดแบบสลิต (Slit nozzle)

4) สายพานตาข่าย (Mesh belt) ทำหน้าที่ลำเลียงสินค้าเข้าภายในเครื่อง โดยมีมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อน สายพาน สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ ด้วยการตั้งค่าระยะเวลาการแช่เยือกแข็งในแต่ละรอบ (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 สายพานตาข่าย (Mesh belt)

5) ระบบหัวพ่นอากาศ (Air defrost system) เป็นระบบที่มีไว้เพื่อป้องกันการเกิดน้ำแข็งหรือที่มักเรียกกันว่าหิมะเกาะบริเวณครีบบของคอยล์ ซึ่งจะส่งผลให้คอยล์ตัน และประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง (รูปที่ 3.5)

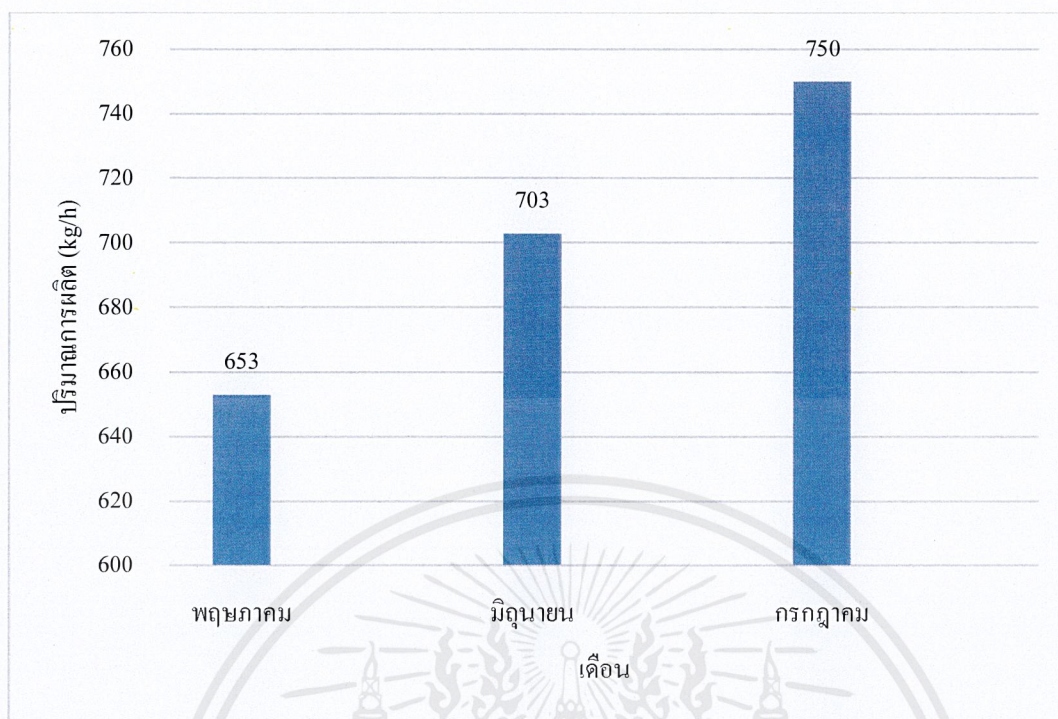


รูปที่ 3.5 ระบบหัวพ่นอากาศ (Air defrost system)

3.2 การศึกษาปริมาณการผลิตก่อนปรับปรุง

ผลการศึกษาปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาแชลมอนแช่เยือกแข็งย้อนหลัง จากฐานข้อมูลของทางบริษัท โดยนำสินค้าที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์และระยะเวลาทำงานของเครื่องแช่เยือกแข็ง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2562 มาทำการคำนวณปริมาณการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.6

จากรูปจะเห็นว่าในแต่ละเดือนมีปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาแชลมอนแช่เยือกแข็งที่แตกต่างกัน เนื่องจากการผลิตในแต่ละเดือนจะขึ้นกับปริมาณการสั่งสินค้า โดยมีค่าปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปลาแชลมอนแช่เยือกแข็งเฉลี่ยตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2562 เท่ากับ 702 kg/h ดังนั้นจึงไม่สามารถนำปริมาณการผลิตมาสรุปผลการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแช่เยือกแข็งของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ได้ จึงได้มีการนำค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) มาใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผล



รูปที่ 3.6 ปริมาณการผลิตก่อนปรับปรุงตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม

3.3 ข้อมูลสินค้าแต่ละชนิดและการคำนวณระยะเวลาแช่เยือกแข็งของสินค้าหลัก

เนื่องจากการคำนวณค่า OEE ต้องการค่าปริมาณการผลิตเป้าหมายในแต่ละวัน ซึ่งสามารถใช้การคำนวณมาทำเป็นค่าเป้าหมายทางทฤษฎีได้ จึงทำการเก็บข้อมูลขนาดและน้ำหนักของสินค้า การจัดเรียงสินค้าเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ และทำการหาระยะเวลาการแช่เยือกแข็งของแต่ละสินค้าเพื่อให้สินค้ามีอุณหภูมิหลังแช่เยือกแข็งเท่ากับ -20°C

ทำการเก็บข้อมูลขนาดของสินค้าแต่ละชนิดโดยวิธีการนำเครื่องมือวัด วัดขนาดความกว้างและความยาวของสินค้าที่เตรียมพร้อมเข้าสู่เครื่องแช่เยือกแข็ง โดยพิจารณาลักษณะการเรียงสินค้า วัดขนาดเฉพาะส่วนที่ไม่ทับซ้อนกัน ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณจะทำให้ทราบปริมาณสินค้าที่จัดเรียงเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งได้ และในการเก็บข้อมูลน้ำหนักสินค้าต่อชิ้น สำหรับสินค้าที่ถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์ จะใช้น้ำหนักที่กำหนดตามชนิดสินค้า หากเป็นสินค้า Individual quick freezing (IQF) จะทำการชั่งน้ำหนักสินค้าแต่ละชนิด ชนิดละ 30 ตัวอย่างและใช้ค่าเฉลี่ย ขนาดและน้ำหนักของสินค้าแช่เยือกแข็งที่ทำการศึกษาแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขนาดและน้ำหนักของสินค้าแช่เยือกแข็งที่ทำการศึกษา

สินค้า	ขนาด		น้ำหนักต่อชิ้น (kg)
	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	
แชลมอนคิริมิ	21*	26*	0.60*
แชลมอนรมควัน	18*	21*	0.50*
สเต็กแชลมอน	8 ± 0.76	16 ± 0.79	0.16 ± 0.00
ท้องแชลมอน	21*	30*	1.00*
คิริบแชลมอน	23*	26*	1.00*
แชลมอนรมควัน	15*	19*	0.30*
แชลมอนแต่ละ 25 กรัม	5 ± 0.55	11 ± 0.62	0.02 ± 0.00
แชลมอนแต่ละ 120 กรัม	7 ± 0.52	21 ± 0.70	0.12 ± 0.00
สเต็กแชลมอน 80-90 กรัม	7 ± 0.55	15 ± 1.00	0.09 ± 0.00
สเต็กแชลมอน 140-150 กรัม	7 ± 0.39	22 ± 1.02	0.15 ± 0.00
สเต็กแชลมอน 170-190 กรัม	5 ± 0.69	15 ± 0.98	0.19 ± 0.00
สเต็กแชลมอน 95-105 กรัม	10*	17*	0.10*
เนื้อแชลมอน	18*	25*	1.00*
หัวแชลมอน 30-50 กรัม	8 ± 1.65	5 ± 0.94	0.04 ± 0.00
เนื้อแชลมอนบดละเอียด	21*	29*	1.00*
เนื้อแชลมอนนิ่ง	16*	18*	0.30*
แชลมอนบดรมควัน	14*	16*	0.20*
ชิ้นเนื้อแชลมอนฟิเลต	16 ± 0.86	46 ± 0.96	1.10 ± 0.01
เนื้อแชลมอน	7 ± 0.90	54 ± 7.45	0.70 ± 0.02
เนื้อแชลมอน	15*	18*	0.20*
เนื้อแชลมอนสไลด์	14*	18*	0.05*
ชิ้นเนื้อแชลมอนติดหนัง	7 ± 0.76	57 ± 6.53	0.91 ± 0.02
แชลมอนคิริมิ	23*	26*	0.75*
สเต็กแชลมอน	20*	20*	0.50*
สเต็กแชลมอน	4*	15*	0.12*

ตารางที่ 3.1 ขนาดและน้ำหนักของสินค้าแช่เยือกแข็งที่ทำการศึกษา (ต่อ)

สินค้า	ขนาด		น้ำหนักต่อชิ้น (kg)
	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	
แชลมอนหันเต้า	19*	22*	0.50*
สเต็กแชลมอน	7*	21*	0.14*
สเต็กแชลมอน	21*	30*	0.90*
สเต็กแชลมอน 100 กรัม	18*	21*	0.10*
ชิ้นเนื้อแชลมอน	15*	49*	1.00*
แชลมอนคิริมิ	21*	21*	0.45*
แชลมอนรมควัน	14*	18*	0.06*
ชิ้นเนื้อแชลมอน	7*	53*	0.70*
สเต็กแชลมอน 100 กรัม 2 ชิ้น	16*	21*	0.20*
เนื้อแชลมอน	22*	31*	0.66*
สเต็กแชลมอน	7*	20*	0.12*
สเต็กแชลมอน	7*	20*	0.10*
สเต็กแชลมอน 70-80g	6*	15*	0.08*

* หมายถึงค่าถูกกำหนดบนสินค้า
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคำนวณจาก 30 ตัวอย่าง

ส่วนของการหาระยะเวลาแช่เยือกแข็งได้นำสมการของแพลงค์ (Plank’s equation) มาใช้ในการคำนวณ เนื่องจากเป็นสมการที่ไม่ซับซ้อนและเป็นที่นิยม โดยมีสมการดังนี้

$$t_F = \frac{\rho L}{T_F - T_\infty} \left[\frac{Pa}{h_c} + \frac{Ra^2}{k} \right]$$

(2.1)

ทำการคำนวณระยะเวลาแช่เยือกแข็งของสินค้าแชลมอนคิริมิ เนื่องจากเป็นสินค้าที่มีการผลิตมากที่สุด และส่วนใหญ่จะใช้ระยะเวลาของสินค้านี้เป็นตัวปรับการตั้งค่าการแช่เยือกแข็งของทุกสินค้า โดยเลือกใช้ค่าตัวแปรในการคำนวณดังนี้

- $T_F = -2.2 \text{ }^\circ\text{C}$ (2006 ASHRAE Handbook—Refrigeration (SI))
- $T_\infty = -38 \text{ }^\circ\text{C}$
- $L = 255 \text{ kJ/kg}$ (2006 ASHRAE Handbook—Refrigeration (SI))

$$\begin{aligned}
 \rho &= 910 \text{ kg/m}^3 \text{ (2006 ASHRAE Handbook—Refrigeration (SI))} \\
 h_c &= 44.5 \text{ W/m}^2\text{°C ; air, -38°C, 10 m/s (Tikuisis and Osczevski, 2002)} \\
 k &= 0.531 \text{ W/m°C (2006 ASHRAE Handbook—Refrigeration (SI))} \\
 a &= 0.01 \text{ m} \\
 P &= 0.5 \\
 R &= 0.125
 \end{aligned}$$

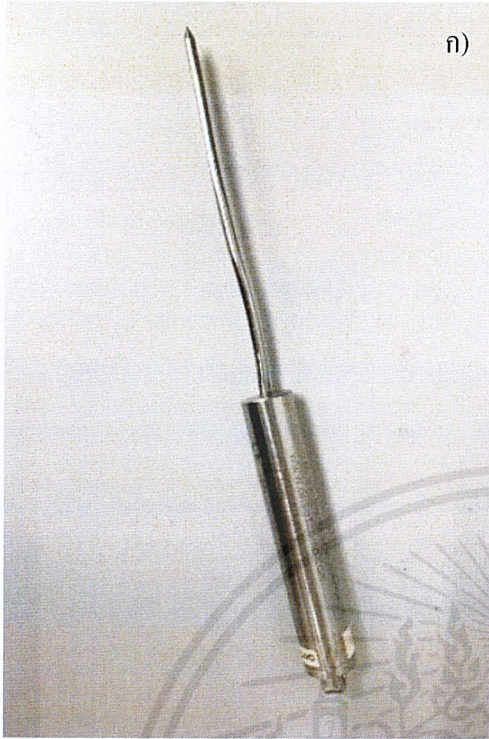
นำตัวแปรมาแทนในสมการจะได้ระยะเวลาแช่เยือกแข็งสำหรับสินค้าแชลมอนคิริมิ ดังนี้

$$\begin{aligned}
 t_F &= \frac{(910)(255)}{(-2.2)-(-38)} \left[\frac{(0.5)(0.01)}{44.5} + \frac{(0.125)(0.01)^2}{0.531} \right] \\
 &= 868 \text{ วินาที} \\
 &= 14 \text{ นาที}
 \end{aligned}$$

หลังจากคำนวณค่าระยะเวลาการแช่เยือกแข็งของสินค้าแชลมอนคิริมิแล้วพบว่าใช้เวลา 14 นาที แต่เนื่องจากสมการของแฟลงค์นั้นมีสมมติฐานของอุณหภูมิสินค้าเริ่มต้นอยู่ที่จุดเยือกแข็งคือ -2.2 °C แต่ในทางปฏิบัติอุณหภูมิเริ่มต้นของสินค้าคือ 8-15 °C และสมการนี้ไม่ได้พิจารณาอุณหภูมิสุดท้ายหลังแช่เยือกแข็ง จึงสามารถใช้เป็นเพียงแนวทางในการกำหนดระยะแช่เยือกแข็งเท่านั้น ดังนั้นจึงใช้วิธีการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลระยะเวลาแช่เยือกแข็งของแต่ละสินค้า

การเก็บข้อมูลระยะเวลาในการแช่เยือกแข็ง ทำโดยวิธีการใส่เครื่องบันทึกอุณหภูมิในกับสินค้าและใส่เข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ โดยเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้มีด้วยกัน 2 ชนิด คือชนิดโพรบสำหรับเก็บข้อมูลสินค้า IQF หรือสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ และชนิดกระดุมสำหรับสินค้าที่มีบรรจุภัณฑ์ขนาดเล็ก (รูปที่ 3.7) เนื่องจากเครื่องบันทึกอุณหภูมิชนิดกระดุมมีขนาดเล็กกว่าชนิดโพรบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง โดยทำการเก็บข้อมูลสินค้าละ 3 ตัวอย่าง แสดงวิธีการใส่เครื่องบันทึกอุณหภูมิในกับสินค้าดังรูปที่ 3.8

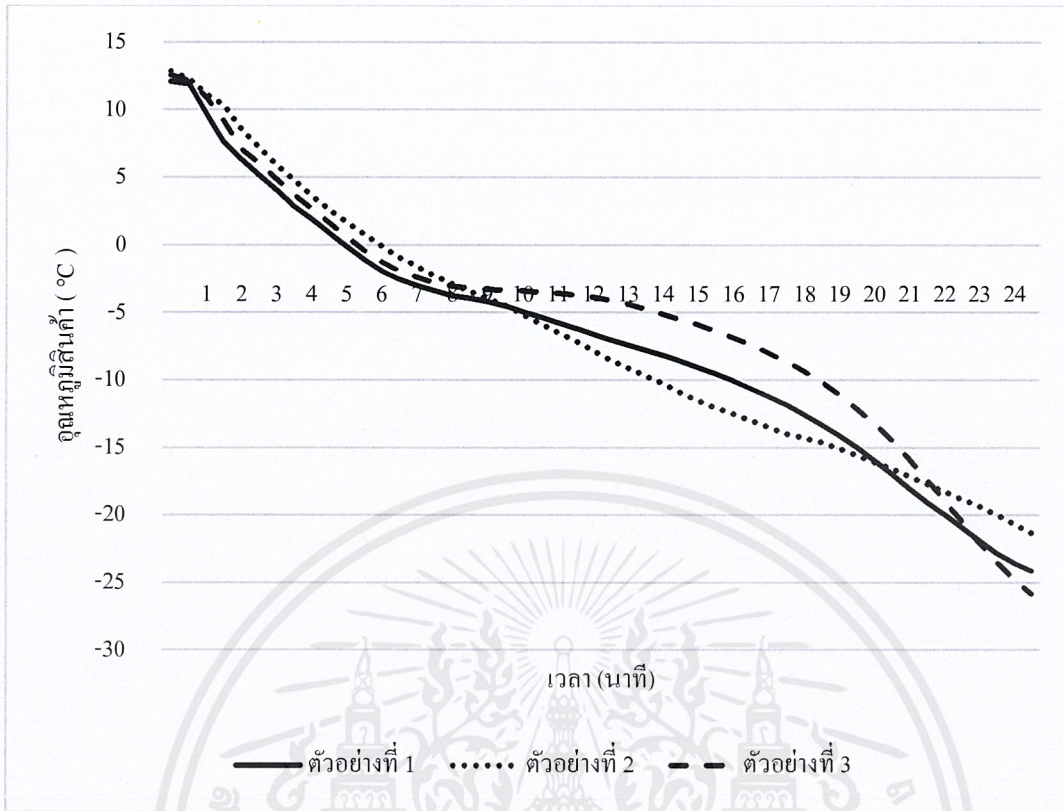
จากรูปที่ 3.9 จะพบว่าสินค้าแชลมอนคิริมิจะมีอุณหภูมิหลังแช่เยือกแข็งเท่ากับ -20 °C เมื่อใช้เวลาในการแช่เยือกแข็ง 22.5 ถึง 23 นาที ดังนั้นจึงนำระยะเวลาแช่เยือกแข็ง 23 นาทีไปใช้ในการคำนวณปริมาณการผลิตเป้าหมาย ทำการทดลองเก็บข้อมูลระยะเวลาแช่เยือกแข็งกับทุกสินค้า ยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสินค้ากับเวลา เมื่อใส่สินค้าเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ดังรูปที่ 3.10 และแสดงระยะเวลาการแช่เยือกแข็งมาตรฐานโดยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ของทุกสินค้าดังตารางที่ 3.2



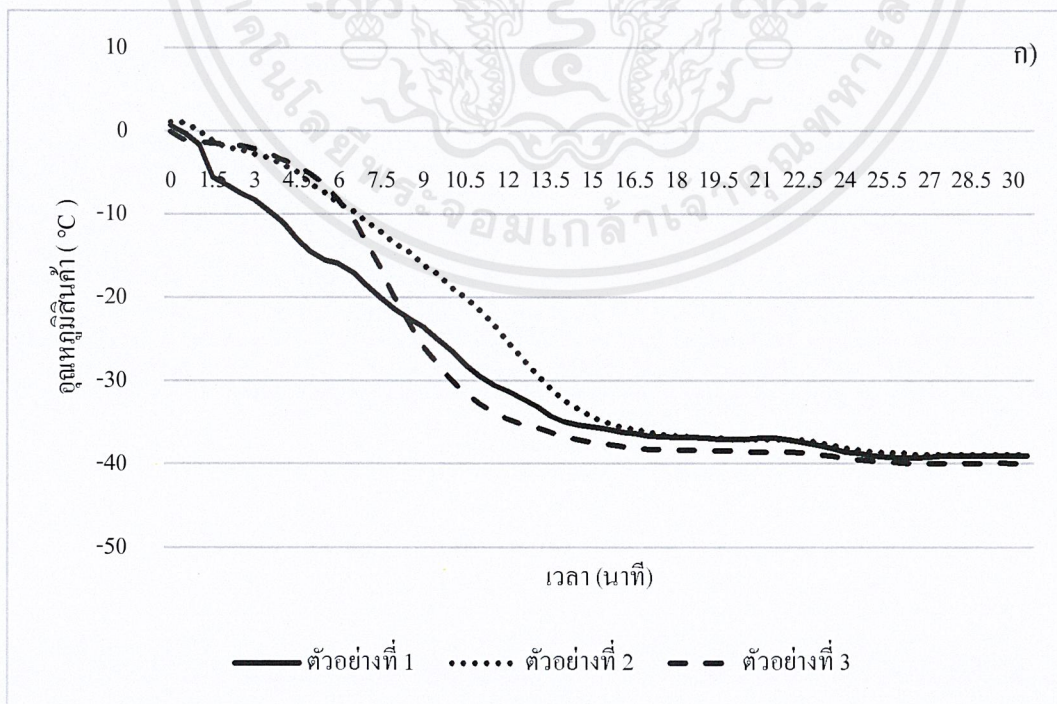
รูปที่ 3.7 เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ (ก) ชนิดโพรบ และ (ข) ชนิดกระดุม

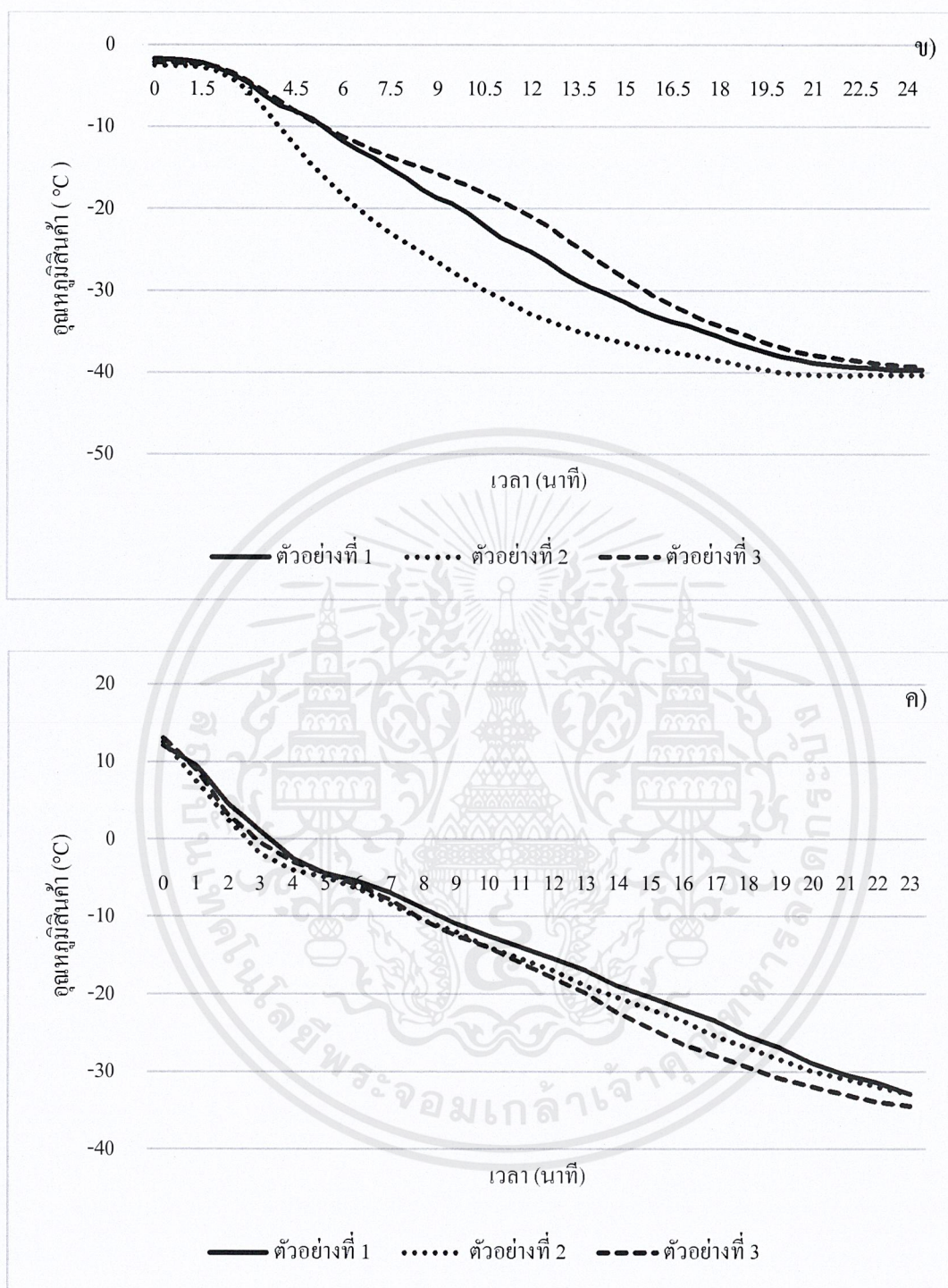


รูปที่ 3.8 การใส่เครื่องบันทึกข้อมูลในสินค้า



รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของดินค้าแหลมอนคริมิกับเวลาระหว่างการแช่เยือกแข็ง





รูปที่ 3.10 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสินค้ากับเวลาระหว่างการแช่เยือกแข็ง (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสินค้าแชลมนอนแล้ว 25 กรัมกับเวลา (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสินค้าแชลมนอนแล้ว 140-150 กรัมกับเวลา (ค) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของสินค้าแชลมนอนรวมควันกับเวลา

ตารางที่ 3.2 ระยะเวลาการแช่เยือกแข็งมาตรฐานด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์

สินค้า	เวลาการแช่เยือกแข็ง (นาที/รอบ)
แชลมอนคิริมิ	23
แชลมอนรมควัน	33
สเต็กแชลมอน	10
ท้องแชลมอน	40
คิริบแชลมอน	40
แชลมอนรมควัน	27
แชลมอนแเล่ 25 กรัม	10
แชลมอนแเล่ 120 กรัม	10
สเต็กแชลมอน 80-90 กรัม	10
สเต็กแชลมอน 140-150 กรัม	10
สเต็กแชลมอน 170-190 กรัม	20
สเต็กแชลมอน 95-105 กรัม	10
เนื้อแชลมอน	45
หุ้มแชลมอน 30-50 กรัม	25
เนื้อแชลมอนบดละเอียด	33
เนื้อแชลมอนนิ่ง	25
แชลมอนบดรมควัน	15
ชิ้นเนื้อแชลมอนฟิลเลท	27
เนื้อแชลมอน	25
เนื้อแชลมอน	20
เนื้อแชลมอนสไลด์	10
ชิ้นเนื้อแชลมอนติดหนัง	27
แชลมอนคิริมิ	30
สเต็กแชลมอน	20
สเต็กแชลมอน	10
แชลมอนหันเต้า	25
สเต็กแชลมอน	10

ตารางที่ 3.2 ระยะเวลาการแช่เยือกแข็งมาตรฐานด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ (ต่อ)

สินค้า	เวลาการแช่เยือกแข็ง (นาที/รอบ)
สเต็กแชลมอน	20
สเต็กแชลมอน 100 กรัม	20
ชิ้นเนื้อแชลมอน	50
แชลมอนคิริมิ	15
แชลมอนรมควัน	10
ชิ้นเนื้อแชลมอน	23
สเต็กแชลมอน 100 กรัม 2 ชิ้น	15
เนื้อแชลมอน	15
สเต็กแชลมอน	10
สเต็กแชลมอน	10
สเต็กแชลมอน 70-80g	10

จากการทดลองเก็บข้อมูลขนาด น้ำหนัก และระยะเวลาแช่เยือกแข็ง สามารถนำมาคำนวณสรุปเป็นปริมาณการผลิตเป้าหมายได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การคำนวณปริมาณการผลิตเป้าหมายของแต่ละสินค้า

สินค้า	ความยาว สายพาน (cm)	ความกว้าง สายพาน (cm)	ขนาดสินค้า		น้ำหนัก/ถุง (kg)	เวลาการแช่ เยือกแข็ง (นาที/รอบ)	จำนวนชิ้น คิดจากด้าน กว้าง (ชิ้น)	จำนวนชิ้น คิดจากด้าน ยาว (ชิ้น)	ปริมาณ การผลิต (kg/h)
			กว้าง (cm)	ยาว (cm)					
แฮมมอนคิริมิ	1,500	230	21*	26*	0.60*	23	11	58	993
แฮมมอนรมควัน	1,500	230	18*	21*	0.50*	33	12	71	780
สเต็กแฮมมอน	1,500	230	8 ± 0.76	16 ± 0.79	0.16 ± 0.00	10	29	91	2,563
ท้องแฮมมอน	1,500	230	21*	30*	1.00*	40	10	50	750
ครีบบแฮมมอน	1,500	230	23*	26*	1.00*	40	10	58	865
แฮมมอนรมควัน	1,500	230	15*	19*	0.30*	27	15	79	789
แฮมมอนแเล่ 25 กรัม	1,500	230	5 ± 0.55	11 ± 0.62	0.02 ± 0.00	10	47.00	138.63	977.36
แฮมมอนแเล่ 120 กรัม	1,500	230	7 ± 0.52	21 ± 0.70	0.12 ± 0.00	10	32.00	72.18	1,663.14
สเต็กแฮมมอน 80-90 กรัม	1,500	230	7 ± 0.55	15 ± 1.00	0.09 ± 0.00	10	33.00	97.72	1,741.37
สเต็กแฮมมอน 140-150 กรัม	1,500	230	7 ± 0.39	22 ± 1.02	0.15 ± 0.00	10	33.00	68.97	2,048.28
สเต็กแฮมมอน 170-190 กรัม	1,500	230	5 ± 0.69	15 ± 0.98	0.19 ± 0.00	20	33.00	101.63	1,911.59
สเต็กแฮมมอน 95-105 กรัม	1,500	230	10*	17*	0.10*	10	23.00	88.24	1,278.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การคำนวณปริมาณการผลิตเป้าหมายของแต่ละสินค้า (ต่อ)

สินค้า	ความยาว สายพาน (cm)	ความกว้าง สายพาน (cm)	ขนาดสินค้า		น้ำหนัก/ถุง (kg)	เวลาการแช่ เยือกแข็ง (นาที/รอบ)	จำนวนชิ้น คิดจากด้าน กว้าง (ชิ้น)	จำนวนชิ้น คิดจากด้าน ยาว (ชิ้น)	ปริมาณ การผลิต (kg/h)
			กว้าง(cm)	ยาว(cm)					
เนื้อแฮมลอน	1,500	230	18*	25*	1.00*	45	12.00	60.00	960.00
หัวแฮมลอน 30-50 กรัม	1,500	230	8 ± 1.65	5 ± 0.94	0.04 ± 0.00	25	28.00	100.00	302.40
เนื้อแฮมลอนบดละเอียด	1,500	230	21*	29*	1.00*	33	10.00	50.85	924.50
เนื้อแฮมลอนนิ่ง	1,500	230	16*	18*	0.30*	25	14	83	840
แฮมลอนบดรวมคั่ว	1,500	230	14*	16*	0.20*	15	16	93	1,200
แฮมลอนฟิเลท	1,500	230	16 ± 0.86	46 ± 0.96	1.10 ± 0.01	27	14	32	1,108
เนื้อแฮมลอน	1,500	230	7 ± 0.90	54 ± 7.45	0.70 ± 0.02	25	4	221	1,482
เนื้อแฮมลอน	1,500	230	15*	18*	0.20*	20	15	81	730
เนื้อแฮมลอนสไลด์	1,500	230	14*	18*	0.05*	10	16	83	400
ชิ้นเนื้อแฮมลอนติดหนัง	1,500	230	7 ± 0.76	57 ± 6.53	0.91 ± 0.02	27	4	205	1,664
สติกแฮมลอน 100 กรัม	1,500	230	18*	21*	0.10*	20	13	71	279
แฮมลอนคิริมิ	1,500	230	23*	26*	0.75*	30	10	58	865

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การคำนวณปริมาณการผลิตเป้าหมายของแต่ละสินค้า (ต่อ)

สินค้า	ความยาว สายพาน (cm)	ความกว้าง สายพาน (cm)	ขนาดสินค้า		น้ำหนัก/ถุง (kg)	เวลาการแช่ เยือกแข็ง (นาที/รอบ)	จำนวนชิ้น คิดจากด้าน กว้าง (ชิ้น)	จำนวนชิ้น คิดจากด้าน ยาว (ชิ้น)	ปริมาณ การผลิต (kg/h)
			กว้าง(cm)	ยาว(cm)					
สติกแชลมอน	1,500	230	20*	20*	0.50*	20	11	7	1,237
สติกแชลมอน	1,500	230	4*	15*	0.12*	10	33	100	2,376
แชลมอนหั่นเต๋า	1,500	230	19*	22*	0.50*	25	10	68	818
สติกแชลมอน	1,500	230	7*	21*	0.14*	10	32	71	1,989
สติกแชลมอน	1,500	230	21*	30*	0.90*	20	10	50	1,350
ชิ้นเนื้อแชลมอน	1,500	230	15*	49*	1.00*	50	15	31	551
แชลมอนคิริมิ	1,500	230	21*	21*	0.45*	15	11	71	1,414
แชลมอนนมควั่น	1,500	230	14*	18*	0.06*	10	16	83	480
ชิ้นเนื้อแชลมอน	1,500	230	7*	53*	0.70*	23	4	221	1,611
สติกแชลมอน 100 กรัม	1,500	230	16*	21*	0.20*	15	14	71	800
เนื้อแชลมอน	1,500	230	22*	31*	0.66*	15	7	68	1,260
สติกแชลมอน	1,500	230	7*	20*	0.12*	10	32	72	1,663
สติกแชลมอน 70-80g	1,500	230	6*	15*	0.08*	10	33	100	1,584

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ข้อมูลความสูญเสียเพื่อนำมาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและคำนวณค่า OEE

ทำการออกแบบใบบันทึกข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลความสูญเสียต่าง ๆ นำไปให้พนักงานลงบันทึกข้อมูล ได้แก่ สาเหตุของการเกิดสายพานว่าง และสินค้าของเสีย เป็นต้น

จากความสูญเสียทั้ง 16 ประการ แต่ละความสูญเสียส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) แตกต่างกันไปตามแต่ละปัจจัย โดยในโครงการนี้จะนำความสูญเสียเพียง 11 ประการ มาใช้ในการวิเคราะห์ สามารถจำแนกได้ดังนี้

ความสูญเสียที่ส่งผลต่ออัตราการเดินเครื่อง (Availability Rate) ประกอบด้วย

- ความสูญเสียจากการขัดข้องของเครื่องจักร (Breakdown Losses)
- ความสูญเสียจากช่วงเริ่มต้นผลิต (Startup Losses)
- ความสูญเสียจากเตรียมงาน การปรับตั้งเครื่องจักร (Set up and Adjustment Losses)
- ความสูญเสียจากการเปลี่ยนใบมีดหรือสิ่งที่สึกก่อนกำหนด (Cutting Tools Replacement

Losses)

- ความสูญเสียจากการจัดการ (Management Losses)

- ความสูญเสียจากการเคลื่อนไหวน (Motion Losses)

ความสูญเสียที่ส่งผลต่ออัตราประสิทธิภาพ (Performance Rate) ประกอบด้วย

- ความสูญเสียจากการหยุดเล็กน้อย (Minor Stoppage)
- ความสูญเสียจากความเร็ว (Speed Losses)
- ความสูญเสียจากการขาดส่งวัตถุดิบ (Logistic Loss)
- ความสูญเสียจากการตรวจวัดและปรับแต่ง (Measurement and Adjustment Loss)

ความสูญเสียที่ส่งผลต่ออัตราคุณภาพ (Quality Rate) ประกอบด้วย

- ความสูญเสียจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์หรืองานเสีย (Defect)

3.4.1 สาเหตุของการเกิดสายพานว่าง

การเกิดสายพานว่าง หมายถึงการเดินเครื่องเปล่าโดยไม่มีสินค้าเข้าไปภายในเครื่อง ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 เดือนสิงหาคม 2562 ถึงวันที่ 30 เดือนกันยายน 2562 นำมาวิเคราะห์แยกตามประเภทของความสูญเสียและคิดร้อยละของระยะเวลาที่เกิดการสูญเสียที่ขบจากเวลาเดินเครื่องทั้งหมดได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สาเหตุของการเกิดสายพานว่าง

ประเภทของความสูญเสีย	สาเหตุ	ร้อยละ
ความสูญเสียจากการเริ่มเปิดเครื่อง	รอสินค้าออกตอนเริ่มเปิดเครื่อง	2.23
	พนักงานหลงถึงสินค้า	0.17
ความสูญเสียจากการบริหารจัดการ	พนักงานขนสินค้า	0.18
	ไม่มีสินค้า	0.64
ความสูญเสียจากการหยุดเล็กน้อย	สินค้าติดภายในเครื่อง	0.42
ความสูญเสียจากการเสียความเร็วของเครื่องจักร	เดินเครื่องจริงช้ากว่าเป้าหมาย	23.99

3.4.2 สาเหตุของการเกิดของเสีย

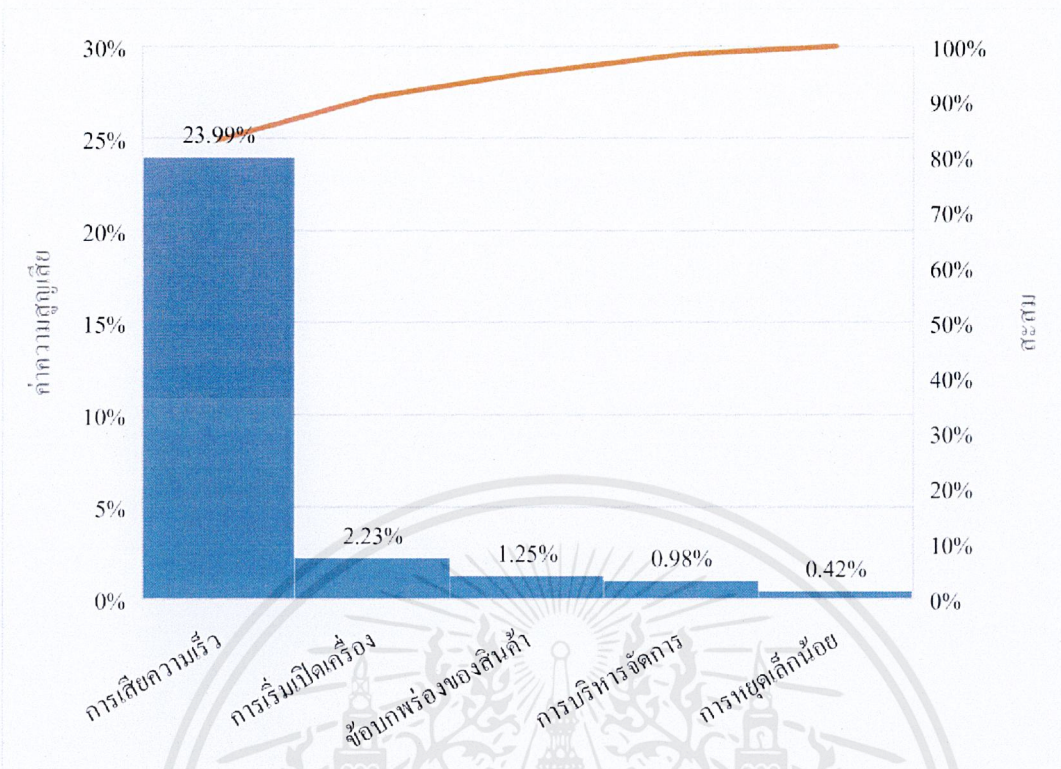
ได้ทำการเก็บข้อมูลสาเหตุและจำนวนของเสียจากการผลิต โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 เดือนสิงหาคม ถึงวันที่ 30 เดือนกันยายน นำมาวิเคราะห์แยกตามประเภทของความสูญเสียและคิดร้อยละปริมาณสินค้าของเสียที่ขบปริมาณสินค้าที่ผลิตทั้งหมดได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สาเหตุของการเกิดของเสีย

ประเภทของความสูญเสีย	สาเหตุ	ร้อยละ
ความสูญเสียจากข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์หรืองานเสีย	สินค้าเก็บรอผลิต	0.79
	สินค้าอุณหภูมิไม่ถึง	0.66
	มาตรฐาน	
	สินค้าเปลี่ยนรหัสกำกับ	0.12
	สินค้า	
	สินค้าไม่ผ่านมาตรฐาน	0.19
	สินค้าผ่านการผลิตซ้ำ	0.02

3.4.3 สรุปผลการเก็บข้อมูลสาเหตุที่เกิดความสูญเสียและคำนวณค่า OEE

หลังจากเก็บข้อมูลสาเหตุที่เกิดความสูญเสียตั้งแต่วันที่ 16 เดือนสิงหาคม 2562 ถึงวันที่ 30 เดือนกันยายน 2562 นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเสียมากที่สุด เพื่อเลือกสาเหตุที่จะแก้ไขปัญา โดยใช้ผังพาเรโตได้ดังรูปที่ 3.11



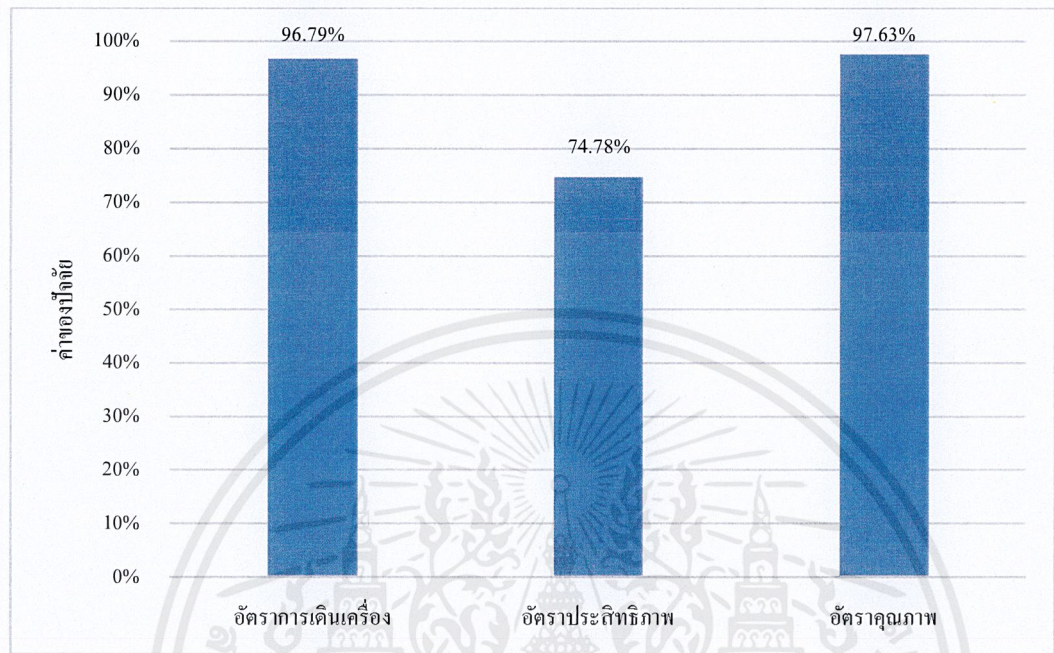
ความสูญเสีย	ร้อยละ	ร้อยละสะสม
ความสูญเสียจากการเริ่มเปิดเครื่อง	2.23	7.71
ความสูญเสียจากการบริหารจัดการ	0.98	3.41
ความสูญเสียจากการหยุดเล็กน้อย	0.42	1.46
ความสูญเสียจากการเสียความเร็วของเครื่องจักร	23.99	83.08
ความสูญเสียจากข้อบกพร่องของสินค้าหรืองานเสีย	1.25	4.34
รวม	28.87	100.00

รูปที่ 3.11 ผังพาเรโตแสดงปริมาณความสูญเสียแต่ละประเภท

นำข้อมูลขนาด น้ำหนัก การจัดเรียงสินค้าเข้าเครื่อง ระยะเวลาการแช่เยือกแข็งของแต่ละสินค้า ปริมาณการผลิตในแต่ละวัน ระยะเวลาการเปิดและปิดเครื่อง และระยะเวลาที่เกิดความสูญเสียจากสาเหตุต่าง ๆ ตั้งแต่วันที่ 16 เดือนสิงหาคม 2562 ถึงวันที่ 30 เดือนกันยายน 2562 ไปคำนวณค่า OEE ก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 3.11 จะเห็นว่าความสูญเสียจากการเสียความเร็วของเครื่องจักรเป็นความสูญเสียที่มี ร้อยละสะสมถึงร้อยละ 83.08 ส่งผลให้ค่าอัตราประสิทธิภาพมีค่าต่ำที่สุดจากทั้ง 3 ปัจจัยคือร้อยละ

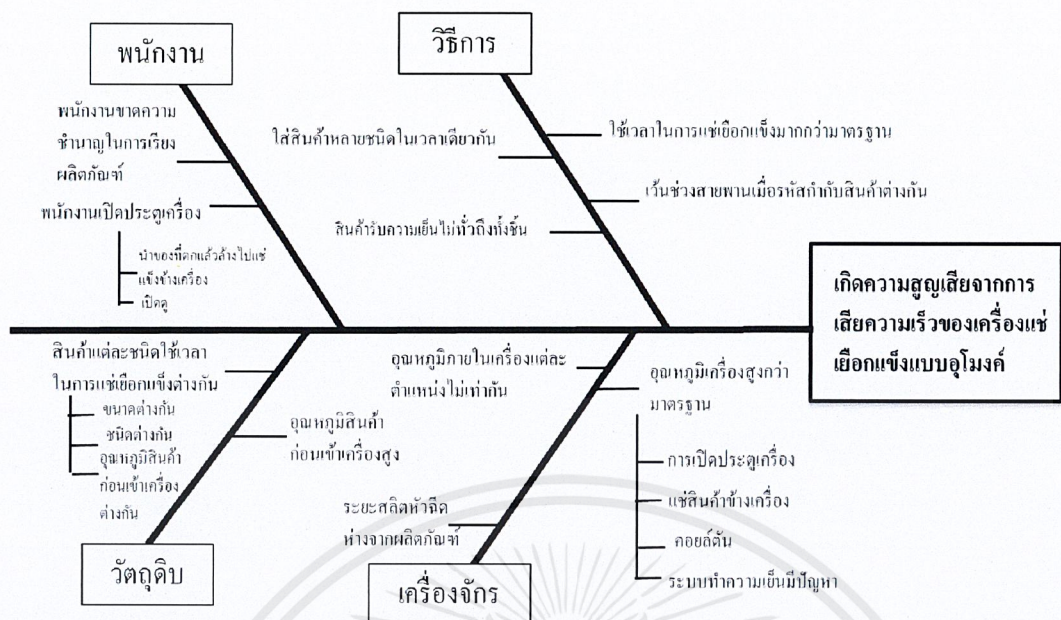
74.78 (รูปที่ 3.12) ส่งผลให้ค่า OEE มีค่าร้อยละ 70.66 ดังนั้นผู้จัดทำจึงเลือกศึกษาสาเหตุที่ก่อให้เกิดความสูญเสียจากการเสียความเร็วของเครื่องจักร



รูปที่ 3.12 ค่า OEE ก่อนการปรับปรุง

3.5 วิเคราะห์สาเหตุที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย

จากการสรุปผลการเก็บข้อมูลว่าความสูญเสียจากการเสียความเร็วของเครื่องจักรควรปรับปรุงมากที่สุด ซึ่งการสูญเสียความเร็วของเครื่องจักรมีผลมาจากหลายสาเหตุ รวมถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาการแก้ไขก็แข็ง เช่น ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผลิตภัณฑ์และตัวกลางทำให้เย็น ลักษณะการถ่ายเทความร้อนจากผลิตภัณฑ์หรือภายในผลิตภัณฑ์ เป็นต้น จึงได้นำผังแสดงเหตุและผลมาใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเสียได้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงเหตุและผลของสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสี่ยงจากการเสียน้ำของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์

จากรูปที่ 3.14 แสดงเหตุและผลแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสี่ยงจากการเสียน้ำของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ ผู้วิจัยได้ทำการเลือกสาเหตุ เพื่อทำการพิสูจน์ต่อไป ดังนี้

3.5.1 ใส่สินค้าหลายชนิดในเวลาเดียวกัน

เนื่องจากการผลิตสินค้าจำนวนหลากหลายชนิดในเวลาเดียวกัน ทำให้สินค้าที่ถูกส่งมาเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์มีมากกว่าหนึ่งชนิด เมื่อใส่สินค้ามากกว่าหนึ่งชนิดและแต่ละชนิดใช้ระยะเวลาในการเดินเครื่องต่างกัน จะทำให้เกิดการเสียน้ำของเครื่อง

3.5.2 ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งมากกว่ามาตรฐาน

อุณหภูมิสินค้าหลังการแช่เยือกแข็งมีค่ามาตรฐานคือ -20 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสินค้าหลังการแช่เยือกแข็งด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์มีค่าต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส หมายความว่าเดินเครื่องนานเกินความจำเป็น ทำให้เกิดการเสียน้ำของเครื่อง

3.5.3 อุณหภูมิภายในเครื่องแต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน

อุณหภูมิภายในเครื่องมีผลต่อการลดอุณหภูมิของสินค้า ถ้าอุณหภูมิภายในเครื่องแต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน ก็จะส่งผลให้มีสินค้าบางส่วนมีอุณหภูมิไม่ได้ตามมาตรฐาน และต้องเพิ่มระยะเวลาในการแช่เยือกแข็ง จึงเกิดการเสียน้ำของเครื่อง

3.5.4 สิ้นค้าได้รับความเย็นไม่ทั่วถึงทั้งชิ้น

สิ้นค้ามีการเรียงชิดกัน ไม่มีช่องว่างระหว่างสิ้นค้า อาจทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนได้ไม่ดีเท่ากับการเรียงแบบมีช่องว่าง ทำให้ใช้ระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งมากกว่า จึงเกิดการเสียความเร็วของเครื่อง

3.5.5 การเว้นช่วงสาขพานเมื่อรหัสกำกับสิ้นค้าแตกต่างกัน

เมื่อมีการเปลี่ยนรหัสกำกับสิ้นค้า จะมีการเว้นช่วงสาขพานให้ว่างเป็นระยะประมาณ 60 ซม. เพื่อเป็นการป้องกันการปนกันของสิ้นค้า การเว้นช่วงสาขพานนี้ทำให้เกิดการเสียความเร็วของเครื่อง

3.5.6 อุณหภูมิเครื่องสูงกว่ามาตรฐาน

มาตรฐานอุณหภูมิเครื่องคือ -35°C ถ้าหากอุณหภูมิสูงกว่า -35°C จะทำให้การอัตราการลดอุณหภูมิของสิ้นค้าต่ำ ส่งผลให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการแช่เยือกแข็ง จึงเกิดการเสียความเร็วของเครื่อง

3.5.7 อุณหภูมิสิ้นค้าก่อนเข้าเครื่องสูง

อุณหภูมิสิ้นค้าก่อนเข้าเครื่องมีผลต่อระยะเวลาในการแช่เยือกแข็ง ถ้าหากอุณหภูมิสิ้นค้าสูง อาจส่งผลให้ระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้น จึงเกิดความสูญเสียจากการเสียความเร็วของเครื่อง

3.6 พิสูจน์สาเหตุของปัญหาและหาแนวทางแก้ไข

หลังจากวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสียจากการเสียความเร็วของเครื่องได้เลือกสาเหตุมาทำการพิสูจน์และหาแนวทางแก้ไข โดยใช้หลักการทำไม-ทำไม วิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้า เพื่อให้ได้แนวทางแก้ไขอย่างถูกต้อง

3.6.1 สาเหตุที่ 1 ใส่น้ำแข็งหลายชนิดในเวลาเดียวกัน

หัวข้อพิสูจน์ : ใส่น้ำแข็งหลายชนิดในเวลาเดียวกันทำให้ไม่สามารถปรับระยะเวลาให้เหมาะสมได้หรือไม่

วิธีการพิสูจน์ : สังเกตจากหน้างานจริง

ผลการพิสูจน์ : จริง

แนวทางแก้ไข : - วางแผนการผลิตให้นำน้ำแข็งที่ใช้ระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งใกล้เคียงกัน มาเข้าเครื่องพร้อมกัน

- ลดจำนวนชนิดน้ำแข็ง
- หาวิธีการเรียงน้ำแข็งเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต



รูปที่ 3.15 การจัดเรียงสินค้าหลายชนิดในเวลาเดียวกัน

3.6.2 สาเหตุที่ 2 ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งมากกว่ามาตรฐาน

หัวข้อพิสูจน์ : ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งมากกว่ามาตรฐานและสินค้ามีอุณหภูมิหลังแช่เยือกแข็งต่ำกว่า -20°C หรือไม่

วิธีการพิสูจน์ : วัดอุณหภูมิสินค้าหลังจากออกจากเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์

ผลการพิสูจน์ : จริง

แนวทางแก้ไข : ปรับระยะเวลาการแช่เยือกแข็งให้เท่ากับค่ามาตรฐาน



รูปที่ 3.16 การวัดอุณหภูมิสินค้าหลังแช่เยือกแข็ง

3.6.3 สาเหตุที่ 3 อุณหภูมิภายในเครื่องแต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน

หัวข้อพิสูจน์ : อุณหภูมิภายในเครื่องแต่ละตำแหน่งมีค่าแตกต่างกันจริงหรือไม่

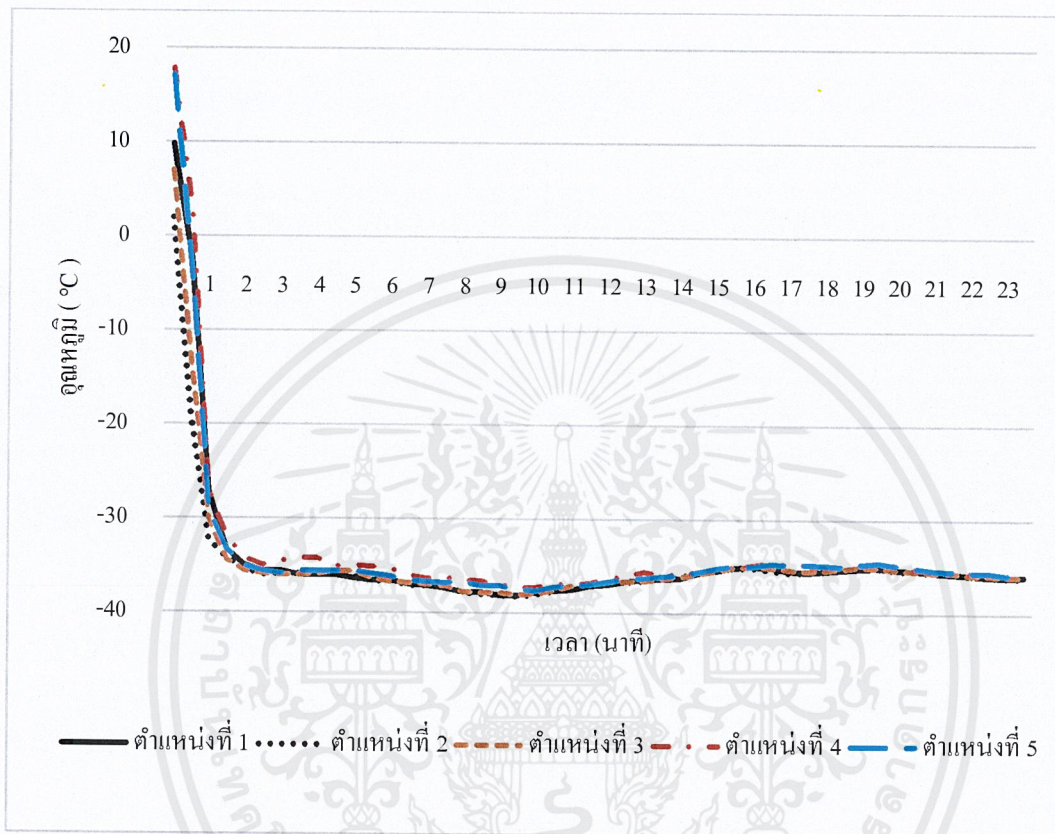
วิธีการพิสูจน์ : ทดลองใส่เครื่องบันทึกอุณหภูมิเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ทั้งหมด 5 ตำแหน่ง ในแนวหน้าตัด ดังรูปที่ 3.17 นำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิแต่ละตำแหน่งภายในเครื่อง



รูปที่ 3.17 ตำแหน่งในการวางเครื่องบันทึกอุณหภูมิ

จากรูปที่ 3.18 พบว่าเส้นกราฟแสดงอุณหภูมิแต่ละตำแหน่งภายในเครื่องมีค่าใกล้เคียงกันจึงสามารถบ่งบอกได้ว่าอุณหภูมิเครื่องไม่แตกต่างกัน

ผลการพิสูจน์ : ไม่จริง



รูปที่ 3.18 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเครื่องแต่ละตำแหน่ง

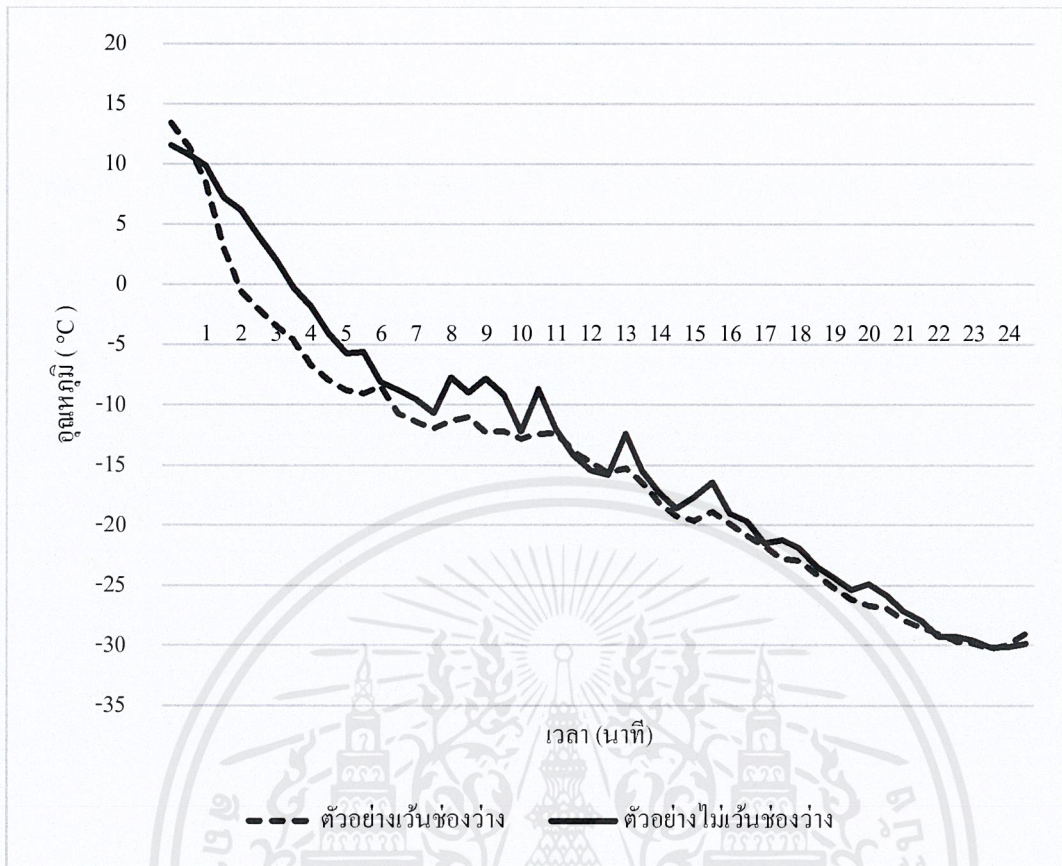
3.6.4 สาเหตุที่ 4 สิ้นค้าได้รับความเย็นไม่ทั่วถึงทั้งชิ้น

หัวข้อพิสูจน์ : เรียงสินค้าชิดกันจนไม่มีช่องว่างให้อากาศเย็นสามารถหมุนเวียนไปยังด้านล่างสาขพานได้ ทำให้สินค้าได้รับความเย็นไม่ทั่วถึงทั้งชิ้น

วิธีการพิสูจน์ : ทดลองใส่เครื่องบันทึกอุณหภูมิวัดอุณหภูมิอากาศภายในเครื่อง เปรียบเทียบอุณหภูมิด้านล่างสินค้าระหว่างการเรียงแบบไม่มีช่องว่างกับแบบมีช่องว่างระยะ 1 ซม.

จากรูปที่ 3.19 พบว่าเมื่อเรียงสินค้าแบบมีช่องว่างเป็นระยะ 1 ซม. จะมีอัตราการลดอุณหภูมิเฉลี่ย 0.63 °C/min เมื่อเปรียบเทียบกับการเรียงสินค้าแบบไม่มีช่องว่างจะมีอัตราการลดอุณหภูมิ 0.77 °C/min ดังนั้นการเรียงสินค้าแบบไม่มีช่องว่างไม่ได้ทำให้สินค้าได้รับความเย็นไม่ทั่วถึงทั้งชิ้น

ผลการพิสูจน์ : ไม่จริง



รูปที่ 3.19 อุณหภูมิด้านล่างสินค้าระหว่างการเรียงแบบมีช่องว่างเป็นระยะ 1 ชม. กับแบบไม่มีช่องว่าง

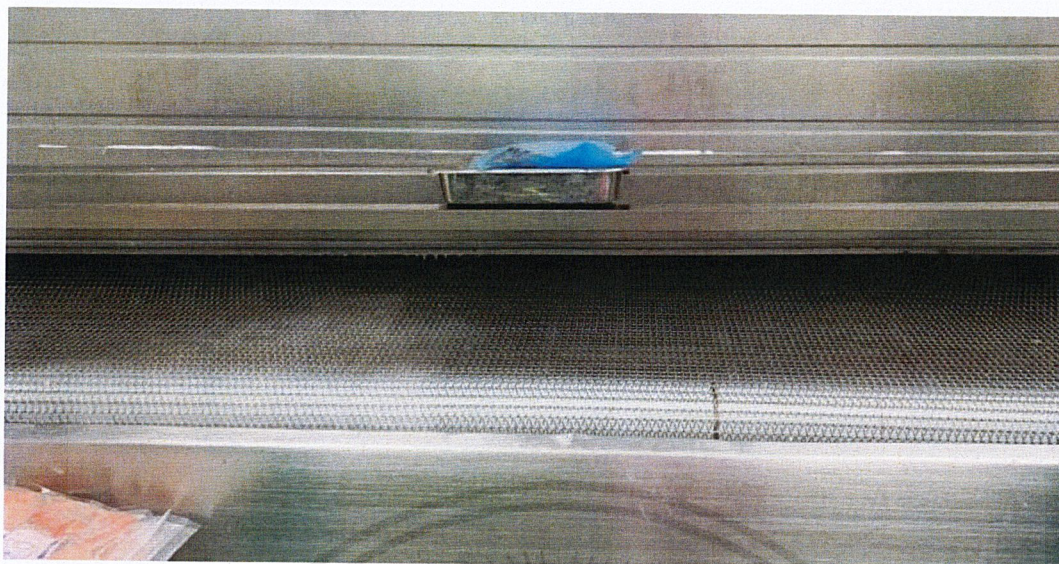
3.6.5 สาเหตุที่ 5 การเว้นช่วงสายพานเมื่อรหัสกำกับสินค้าแตกต่างกัน

หัวข้อพิสูจน์ : มีการเว้นช่วงสายพานเมื่อรหัสกำกับสินค้าแตกต่างกันจริงหรือไม่

วิธีการพิสูจน์ : สังเกตจากหน้าจอจริง

ผลการพิสูจน์ : จริง

แนวทางแก้ไข : เปลี่ยนวิธีการจากการเว้นช่วงสายพาน เป็นการใช้อุปกรณ์อื่นคั่นสินค้าที่มีรหัสกำกับต่างกัน



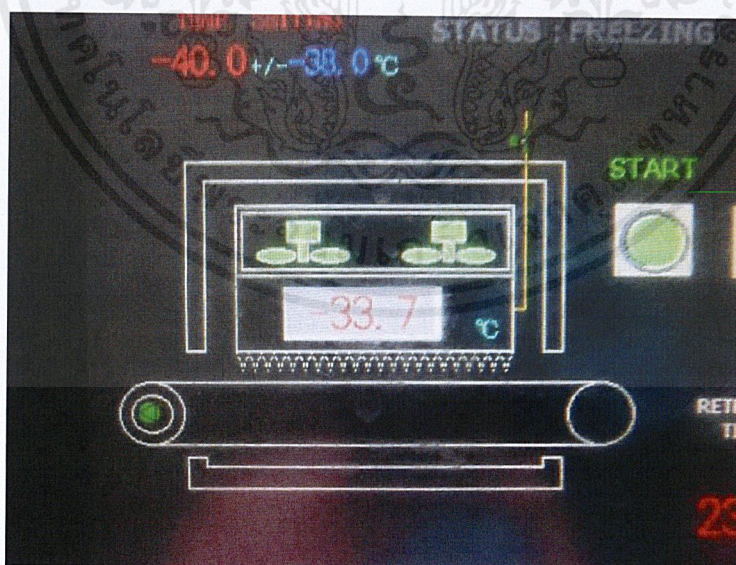
รูปที่ 3.20 การเว้นช่วงสายพาน

3.6.6 สาเหตุที่ 6 อุณหภูมิเครื่องสูงกว่ามาตรฐาน

หัวข้อพิสูจน์ : อุณหภูมิเครื่องสูงกว่า -35°C จริงหรือไม่

วิธีการพิสูจน์ : สังเกตจากหน้าจอจริง

ผลการพิสูจน์ : จริง



รูปที่ 3.21 หน้าจอแสดงผลของเครื่อง แสดงอุณหภูมิเครื่องสูงกว่า -35°C

3.6.6.1 สาเหตุย่อยที่ 1 เปิดประตูเครื่อง

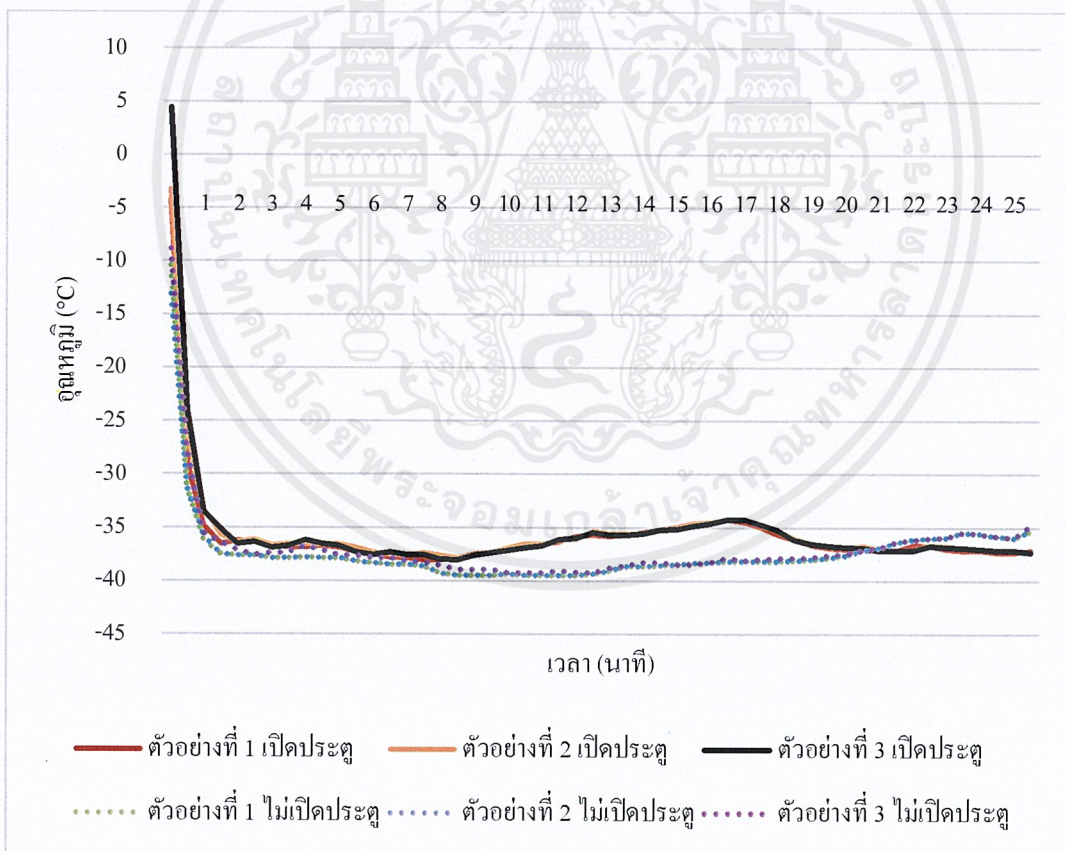
หัวข้อพิสูจน์ : การเปิดประตูเครื่องในแต่ละครั้ง ทำให้อุณหภูมิเครื่องสูงขึ้นจริงหรือไม่

วิธีการพิสูจน์ : สังเกตและเก็บข้อมูลการเปิดปิดประตู ทดลองวัดอุณหภูมิเครื่องโดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิให้เคลื่อนที่ตามสายพาน แล้วเปิดประตูแต่บานเป็นเวลา 10 วินาที เปรียบเทียบอุณหภูมิเครื่องที่มีการเปิดประตูและไม่เปิดประตู

จากรูปที่ 3.22 พบว่าเมื่อมีการเปิดประตูเครื่องในนาทิตี่ 3, 13, 23 เป็นระยะเวลา 10 วินาที จะไม่สามารถเห็นผลในการเปิดประตูแต่ละครั้ง แต่จะส่งผลให้อุณหภูมิภายในเครื่องสูงขึ้นแล้วต้องใช้ระยะเวลาในการลดอุณหภูมิให้เท่าเดิม เนื่องจากอากาศภายนอกเครื่องที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะไหลเข้าสู่ภายในเครื่องที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้นการเปิดประตูเครื่องเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิเครื่องสูงขึ้น

ผลการพิสูจน์ : จริง

แนวทางแก้ไข : ห้ามพนักงานเปิดประตูเครื่อง โดยไม่มีเหตุจำเป็น



รูปที่ 3.22 อุณหภูมิภายในเครื่องแช่เยือกแข็งในกรณีเปิดประตูเครื่อง

3.6.6.2 สาเหตุข้อที่ 2 แห้งสินค้าข้างเครื่อง

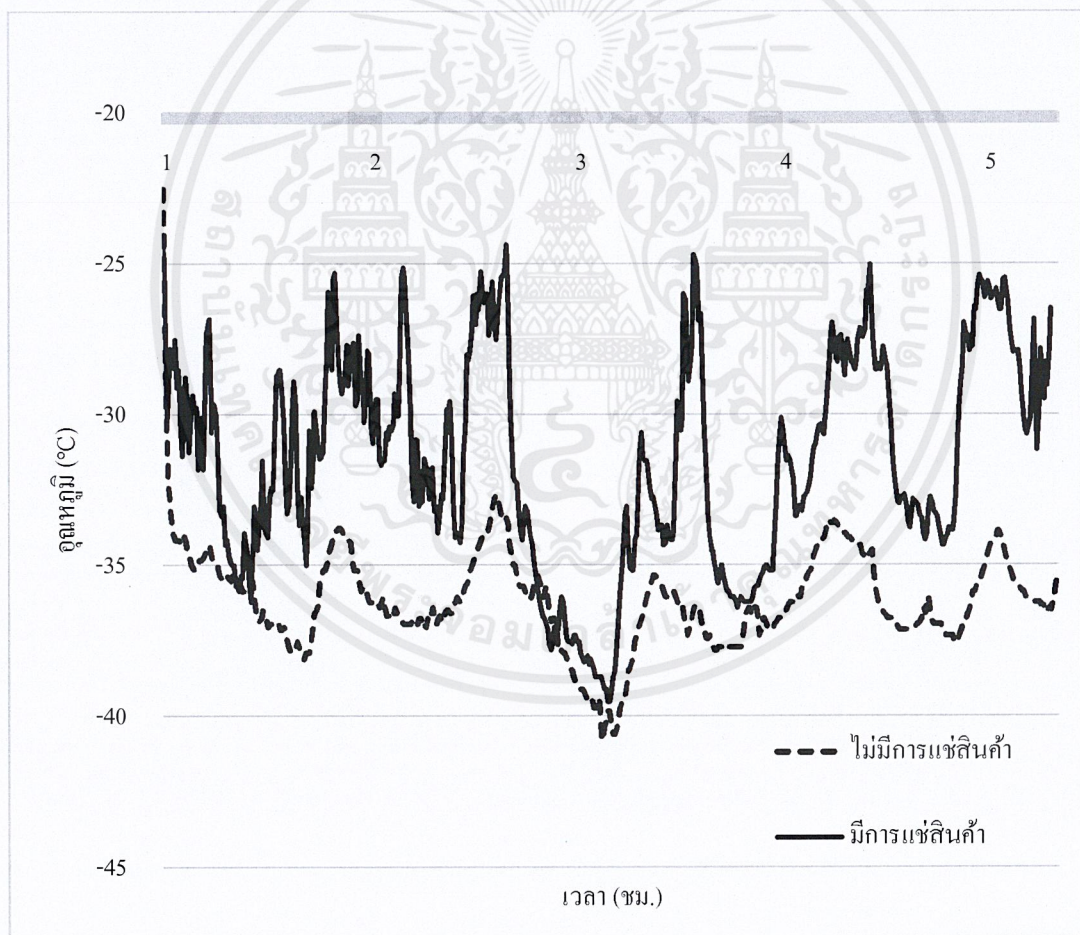
หัวข้อพิสูจน์ : การแห้งสินค้าข้างเครื่อง ส่งผลทำให้อุณหภูมิเครื่องสูงขึ้นจริงหรือไม่

วิธีการพิสูจน์ : สังเกตและทดลองใส่เครื่องบันทึกอุณหภูมิภายในเครื่องบริเวณที่แห้งสินค้าข้างเครื่อง เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เครื่องระหว่างมีการแห้งสินค้ากับอุณหภูมิเครื่องแบบไม่มีการแห้งสินค้าข้างเครื่อง

จากรูปที่ 3.23 พบว่าเมื่อมีการแห้งสินค้าข้างเครื่องจะทำให้อุณหภูมิเครื่องสูงกว่าแบบไม่มีการแห้งสินค้าข้างเครื่อง เนื่องจากการแห้งสินค้าข้างเครื่องเป็นการเพิ่มภาระในการแลกเปลี่ยนความร้อน ดังนั้นการแห้งของข้างเครื่องเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิเครื่องสูงขึ้น

ผลการพิสูจน์ : จริง

แนวทางแก้ไข : ห้ามแห้งสินค้าข้างเครื่อง และเปลี่ยนที่แห้งสินค้าที่ไม่สามารถนำเข้าเครื่องได้



รูปที่ 3.23 อุณหภูมิภายในเครื่องแช่เยือกแข็งในกรณีแห้งสินค้าข้างเครื่อง

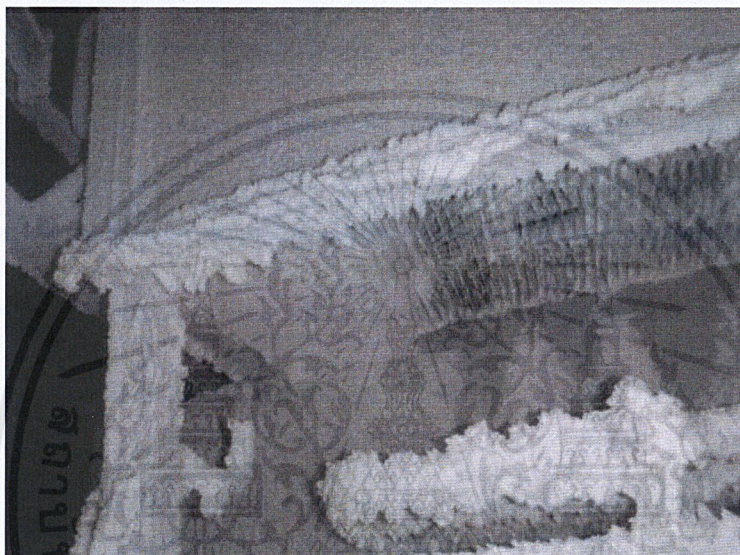
3.6.6.3 สาเหตุข้อที่ 3 คอยล์ตัน

หัวข้อพิสูจน์ : บริเวณคิริบของคอยล์มีหิมะหรือน้ำแข็งเกาะจริงหรือไม่

วิธีการพิสูจน์ : สังเกตจากหน้างานจริง

ผลการพิสูจน์ : จริง

แนวทางแก้ไข : ปรับความถี่ของระบบหัวฟ่นลม (Air defrost system) ให้เพิ่มความถี่ บริเวณฝั่งสินค้าป้อนเข้ามามากขึ้น



รูปที่ 3.24 บริเวณคิริบของคอยล์มีหิมะเกาะ

3.6.7 สาเหตุที่ 7 อุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องสูง

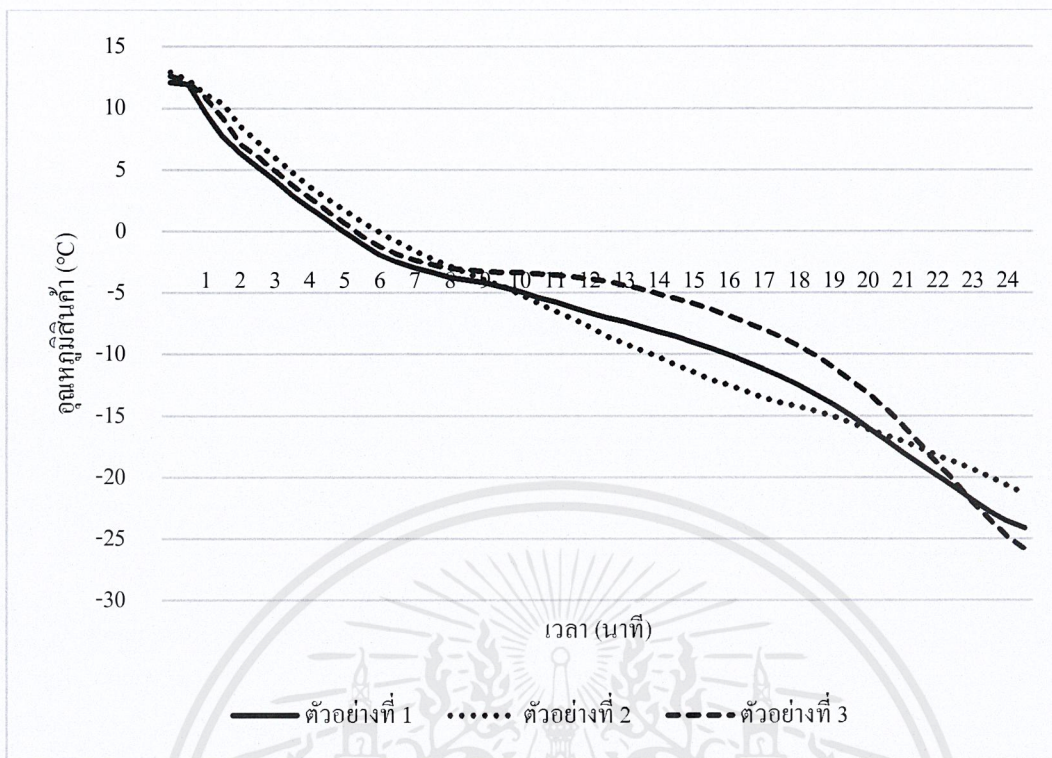
หัวข้อพิสูจน์ : อุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องมีผลต่อระยะเวลาที่ใช้การแช่เยือกแข็งจริงหรือไม่

วิธีการพิสูจน์ : ทดลองใส่เครื่องบันทึกอุณหภูมิ ศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการสินค้าแชลมอนคิริมิ เปรียบเทียบอุณหภูมิขาเข้า 7-9 °C กับ อุณหภูมิขาเข้า 12-13 °C

จากรูปที่ 3.25 และ 3.26 พบว่าเมื่อลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิจาก 12-13 °C เป็น 7-9 °C จะลดระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งจาก 22-23 นาที เป็น 20-21 นาที ดังนั้นอุณหภูมิขาเข้าของสินค้า มีผลต่อระยะเวลาในการแช่เยือกแข็ง โดยเมื่ออุณหภูมิต่ำลงจะส่งผลให้ใช้ระยะเวลาแช่เยือกแข็งสั้นลงด้วย

ผลการพิสูจน์ : จริง

แนวทางแก้ไข : ควบคุมอุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องให้ต่ำกว่า 10 °C



รูปที่ 3.25 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมนคริริมอุณหภูมิขาเข้า 12-13 °C



รูปที่ 3.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมนคริริมอุณหภูมิขาเข้า 7-9 °C

3.6.8 สรุปผลการพิสูจน์และแนวทางแก้ไข

ตารางที่ 3.6 ผลการพิสูจน์และแนวทางแก้ไข

หัวข้อ	ผลการพิสูจน์	แนวทางแก้ไข
ใส่สินค้าหลายชนิดในเวลาเดียวกัน	จริง	วางแผนการผลิตให้นำสินค้าที่ใช้ ระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งใกล้เคียงกัน มาเข้าเครื่องพร้อมกัน ลดจำนวนชนิดสินค้า หาวิธีการเรียงสินค้าเพื่อเพิ่มปริมาณการ ผลิต
ใช้เวลาในการแช่เยือกแข็งมากกว่า มาตรฐาน	จริง	ปรับระยะเวลาการแช่เยือกแข็งให้เท่ากับ ค่ามาตรฐาน
อุณหภูมิภายในเครื่องแต่ละตำแหน่ง ไม่เท่ากัน	ไม่จริง	
สินค้าได้รับความเย็นไม่ทั่วถึงทั้งชิ้น	ไม่จริง	
เว้นช่วงสาขพานเมื่อรหัสกำกับสินค้า แตกต่างกัน	จริง	เปลี่ยนวิธีการจากการเว้นช่วงสาขพาน เป็นการใช้อุปกรณ์อื่นคั่นสินค้าที่มีรหัส กำกับต่างกัน
อุณหภูมิเครื่องสูงกว่ามาตรฐาน	จริง	
- เปิดประตูเครื่อง	จริง	ห้ามเปิดประตูเครื่อง โดยไม่มีเหตุจำเป็น
- แช่สินค้าข้างเครื่อง	จริง	ห้ามแช่สินค้าข้างเครื่อง และเปลี่ยนที่แช่ สินค้าที่ไม่สามารถนำเข้าเครื่องได้
- คอยล์ตัน	จริง	ปรับความถี่ของระบบหัวพ่นลม (Air defrost system) ให้เพิ่มความถี่บริเวณฝั่ง สินค้าป้อนเข้ามากขึ้น
อุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องสูง	จริง	ควบคุมอุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องให้ต่ำ กว่า 10 °C

3.7 ศึกษาและทดลองแนวทางแก้ไข

จากการพิสูจน์สาเหตุและหาแนวทางแก้ไขแล้ว ได้ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางแก้ไข และทำการทดลองเพื่อหาแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม วิเคราะห์ผลการทดลองแล้วนำเสนอทางโรงงานกรณีศึกษา สำหรับการปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริง

3.7.1 การปรับวิธีเรียงสินค้าเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต

จากการที่ศึกษาแล้วพบว่าสินค้าบางชนิดที่ใช้ระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งสั้นกว่าสินค้าแชลมอนคริมิ ซึ่งเป็นสินค้าที่มีปริมาณการผลิตมากที่สุด เช่น แชลมอนแล่ 25 กรัม, แชลมอนแล่ 120 กรัม และสเต็กแชลมอน เป็นต้น ทำให้ปริมาณการผลิตน้อยกว่าเป้าหมาย จึงได้ทดลองปรับวิธีเรียงสินค้าเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตให้มากขึ้น โดยมีวิธีการ 2 แบบคือ การเรียงสินค้าซ้อนทับกัน 2 ชั้นและการเรียงซ้อนเกย

3.7.2 การปรับลดระยะเวลาการแช่เยือกแข็ง

จากการเก็บข้อมูลระยะเวลาแช่เยือกแข็งของแต่ละสินค้าเพื่อนำมาจัดทำมาตรฐานการเดินเครื่อง โดยหน่วยงานจริงได้ทำการปรับระยะเวลาการแช่เยือกแข็งตามสินค้าที่ใช้ระยะเวลา มากกว่า ซึ่งสินค้าแชลมอนคริมิเป็นสินค้าที่มีการผลิตมากที่สุด ประมาณ 4,000 กิโลกรัมต่อวัน ทำให้การปรับระยะเวลาแช่เยือกแข็งในการผลิตยึดจากสินค้านี้เป็นหลัก จากระยะเวลาแช่เยือกแข็งมาตรฐานของสินค้าแชลมอนคริมิอยู่ที่ 23 นาที จึงทำการทดลองปรับระยะเวลาเดินเครื่องจาก 27 นาที ให้ใกล้เคียงกับเวลาแช่เยือกแข็งมาตรฐาน

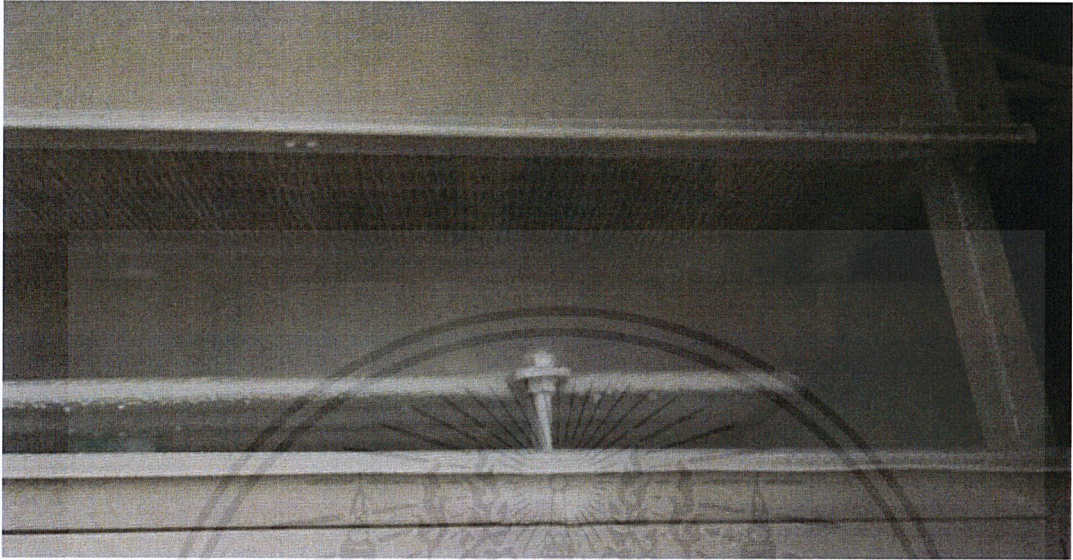
3.7.3 การใช้อุปกรณ์กันแทนการเว้นช่วงสายพาน

จากที่ได้ปรึกษากับทางโรงงานกรณีศึกษาแล้ว ได้ใช้ ซุปเปอร์ลีน (Superlene) ซึ่งเป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) จัดอยู่ในกลุ่มพลาสติกวิศวกรรม มีการเพิ่มสารแต่งเติมประเภทกราไฟท์และ โมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ (Graphite & Molybdenum Disulphite) ทำให้เพิ่มคุณสมบัติให้ดีขึ้น สามารถใช้งานในอุณหภูมิที่สูงได้ถึง 120 °C เพราะมีจุดหลอมเหลว 180 - 200 °C มีความเหนียว ขยายตัวได้มาก ทนต่อการบิดงอ สารเคมีและการขีดข่วน สามารถทำความสะอาดได้ง่าย (Cleanability) และยังเป็นอุปกรณ์ที่ทางโรงงานมีอยู่เดิม จึงเป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับคั่นสินค้าที่มีรหัสกำกับแตกต่างกัน

3.7.4 การปรับความถี่ของระบบหวั่นอากาศ (Air defrost system)

จากการศึกษาระบบหวั่นอากาศ (Air defrost system) (รูปที่ 3.27) พบว่าระบบหวั่นลมมีลักษณะเป็นท่อลมขนาบกับคอยล์ จะมีรูขนาดเล็ก ตลอดระยะท่อ ทำหน้าที่พ่นอากาศเพื่อป้องกันการเกาะของหิมะบริเวณครีบบของคอยล์ ระบบหวั่นอากาศของเครื่องในปัจจุบันทำงานอัตโนมัติตามการตั้งค่าแรกเริ่มของเครื่อง ซึ่งจะทำงานเป็นวัฏจักร เริ่มจากการพ่นอากาศเป็น

ระยะเวลา 1 วินาทีที่คอยล์ชุดที่ 1 พักเป็นระยะเวลา 60 วินาทีจึงพ่นอากาศที่คอยล์ชุดที่ 2 และพ่นอากาศในคอยล์ชุดที่ 3 และ 4 แล้ววนกลับมาที่ชุดที่ 1



รูปที่ 3.27 ท่อระบบหัวพ่นอากาศ (Air defrost system)

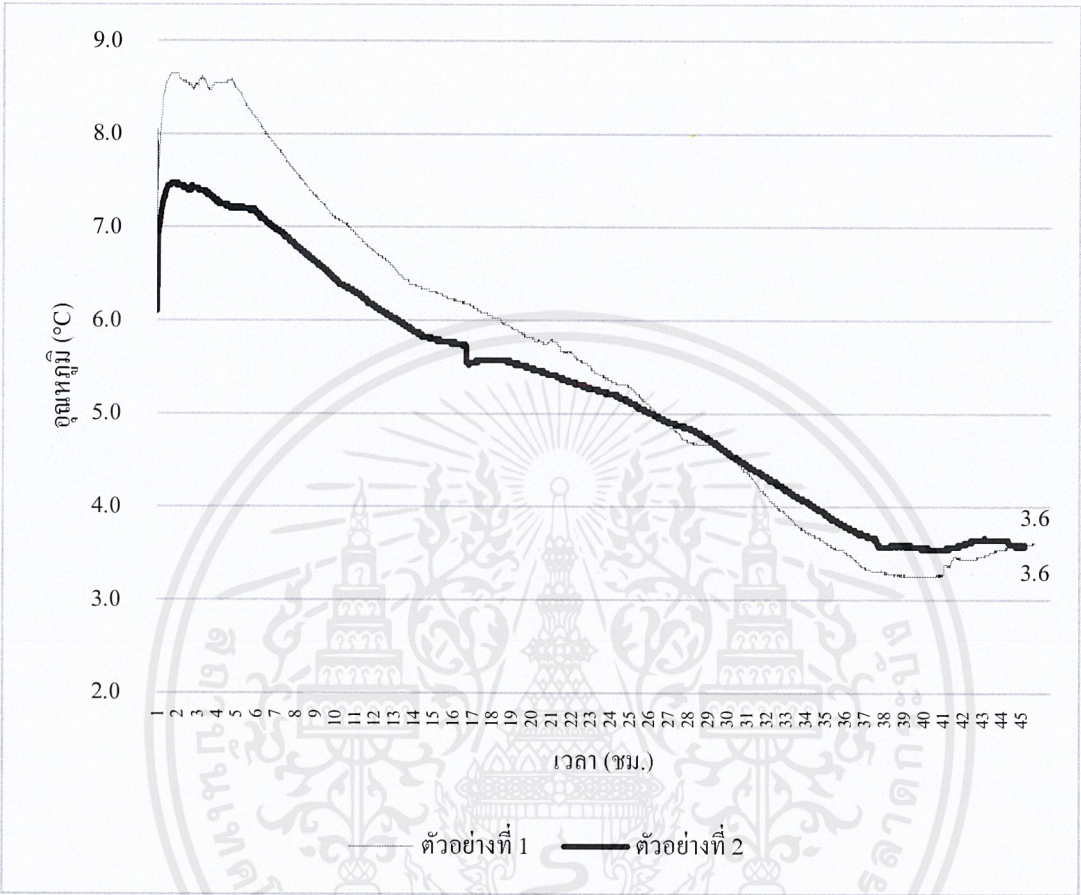
เมื่อศึกษาระบบของเครื่อง พบว่าระบบหัวพ่นอากาศของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์รุ่นที่ใช้ในปัจจุบัน ไม่สามารถปรับตั้งค่าความถี่ในการพ่นอากาศได้ เนื่องจากเป็นระบบเก่า หากต้องการให้สามารถปรับตั้งค่าได้ จะต้องปรับปรุงระบบใหม่ ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม จึงได้ทำข้อเสนอทางโรงงานสำหรับการขยายผลต่อไป

3.7.5 การควบคุมอุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องให้ต่ำกว่า 10°C

สินค้าแชลมอนคริมี เป็นสินค้าที่มีปริมาณการผลิตมากที่สุด โดยเฉลี่ย 4,000 กิโลกรัมต่อวัน ทำให้การปรับระยะเวลาแช่เยือกแข็งยึดจากสินค้านี้เป็นหลัก จากการสังเกตและเก็บข้อมูลจากหน้างาน พบว่าอุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน และส่วนใหญ่อุณหภูมิสูงกว่า 10°C ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้น จึงได้ศึกษาวิธีการในการควบคุมอุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องให้ต่ำกว่า 10°C โดยเริ่มจากศึกษาอุณหภูมิของสินค้าแชลมอนคริมีในขั้นตอนการคองน้ำเกลือในห้องเย็น เนื่องจากเป็นอุณหภูมิเริ่มต้นของสินค้าก่อนนำมาผ่านขั้นตอนการผลิตและเข้าเครื่องแช่เยือกแข็ง

จากรูปที่ 3.28 พบว่าสินค้าแชลมอนคริมีมีอุณหภูมิลดลงจนสิ้นสุดกระบวนการคองน้ำเกลือมีอุณหภูมิเฉลี่ย 3.6°C และไม่มีพบความผิดปกติของอุณหภูมิสินค้าในขั้นตอนการคองน้ำเกลือ และศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิของสินค้าแชลมอนคริมี หลังกระบวนการคองน้ำเกลือ พบว่า

หลังนำสินค้าออกจากห้องเย็นแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการบรรจุถุง เข้าเครื่องบรรจุสุญญากาศและเครื่องแช่เยือกแข็ง ส่งผลให้อุณหภูมิของสินค้าสูงขึ้นระหว่างการรอคอยในแต่ละขั้นตอน



รูปที่ 3.28 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแช่ลมอนศิริมิในขั้นตอนการคองน้ำเกลือในห้องเย็น

จากตารางที่ 3.7 พบว่าเมื่อสินค้าถูกวางไว้ในอุณหภูมิห้อง 18 °C สินค้าแช่ลมอนศิริมิหลังกระบวนการคองน้ำเกลือซึ่งมีอุณหภูมิ 3.6 °C จะเพิ่มเป็น 10 °C ภายในเวลา 43 นาที ดังนั้นถ้าระยะเวลาในการผลิตหลังจากขั้นตอนการคองน้ำเกลือถึงขั้นตอนการเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งเกินกว่า 43 นาทีจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิระหว่างรอ ได้ทำการทดลองวิธีการลดอุณหภูมิ 3 วิธี คือ การทดลองลดอุณหภูมิสินค้าแช่ลมอนศิริมิบนสายพานโดยใช้ถุงน้ำแข็งประคบ การทดลองลดอุณหภูมิสินค้าแช่ลมอนศิริมิในถาดโดยการใส่น้ำแข็ง และการทดลองลดอุณหภูมิสินค้าแช่ลมอนศิริมิโดยการแช่น้ำเย็น

ตารางที่ 3.7 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของสินค้าแชลมอนคริมิในอุณหภูมิห้อง 18 °C

ตัวอย่าง	อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (°C/min)
1	0.142
2	0.146
3	0.154
เฉลี่ย	0.147



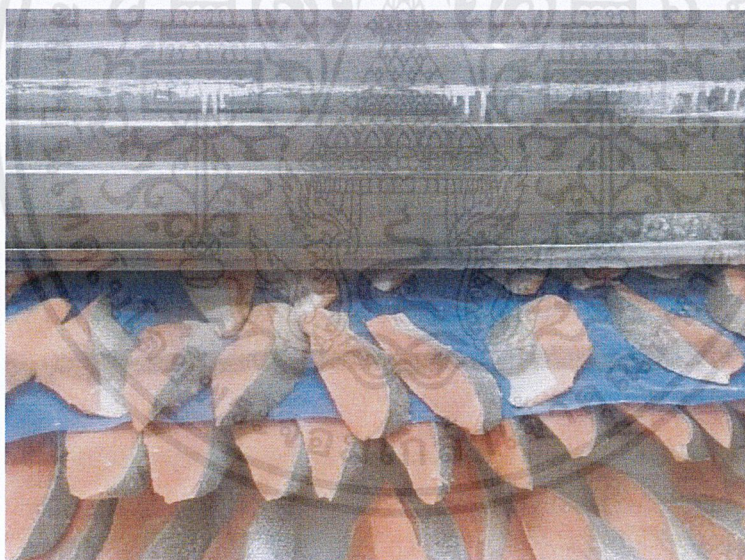
บทที่ 4

ผลการวิจัย

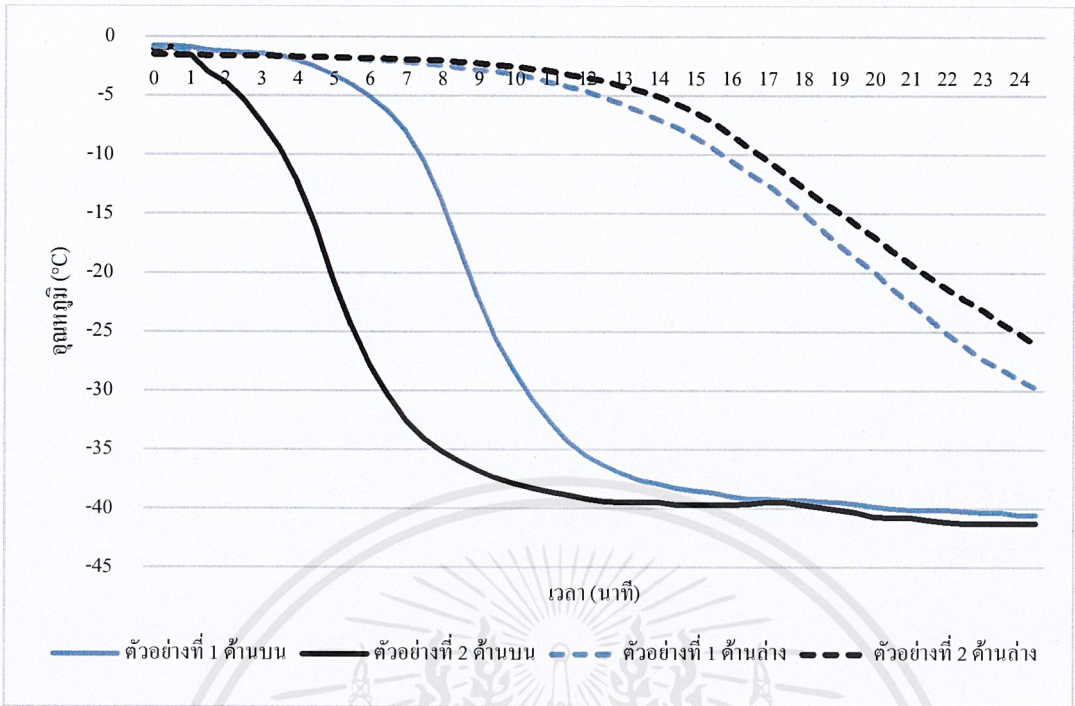
4.1 ผลการการเรียงสินค้าเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต

4.1.1 ผลการเรียงสินค้าชั้น 2 ชั้น

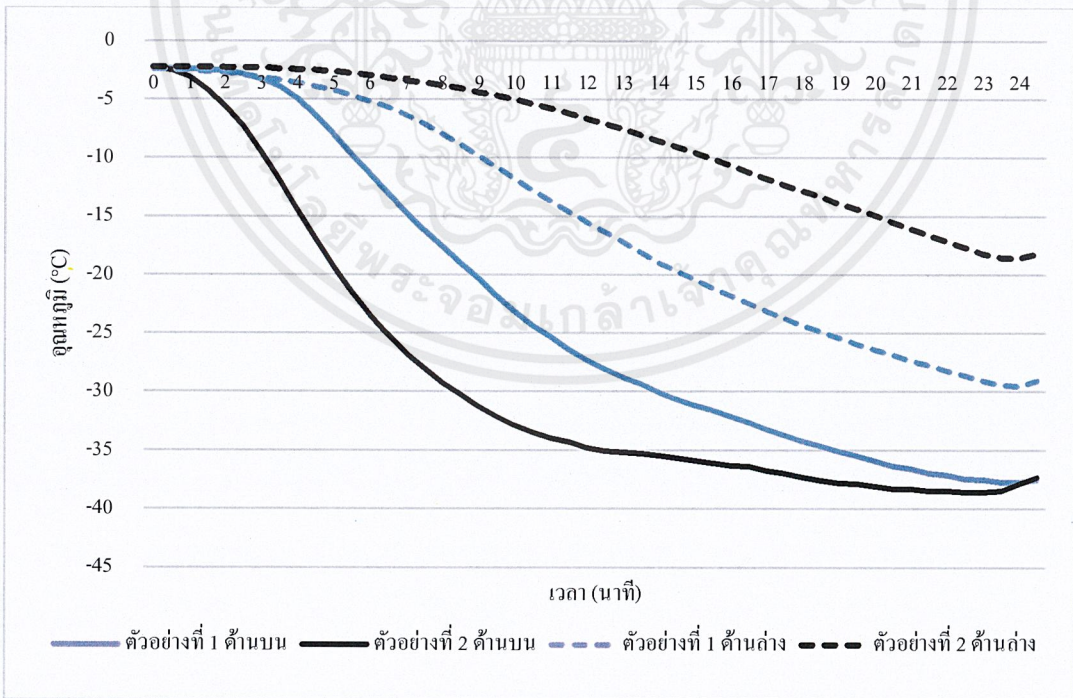
การเรียงสินค้าชั้น 2 ชั้น ทดลองโดยการเรียงสินค้าให้เต็มพื้นที่สายพานในชั้นแรก จากนั้น นำแผ่นพลาสติกใสวางทับสินค้าชั้นที่ 1 จากนั้นเรียงสินค้าบนแผ่นพลาสติกใสให้เต็มพื้นที่สายพาน อีกครั้ง เป็นชั้นที่ 2 จากนั้น นำสินค้าที่เรียงเตรียมไว้แล้วเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ (รูปที่ 4.1) โดยได้ทดลองกับสินค้า 3 ชนิด คือ แผลมอนแล่ 25 กรัม, แผลมอนแล่ 120 กรัม และ สเต็กแผลมอน เนื่องจากมีระยะเวลาการแช่เยือกแข็งมาตรฐานน้อยกว่าสินค้าแผลมอนคิริมีและมีขนาดเล็ก ได้นำสินค้าเรียงซ้อนกัน 2 ชั้นและใส่เครื่องบันทึกอุณหภูมิกับสินค้าที่อยู่ชั้นบน และชั้นล่าง อย่างละ 2 ตัวอย่าง เพื่อติดตามอุณหภูมิหลังแช่เยือกแข็ง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.2, 4.3 และ 4.4



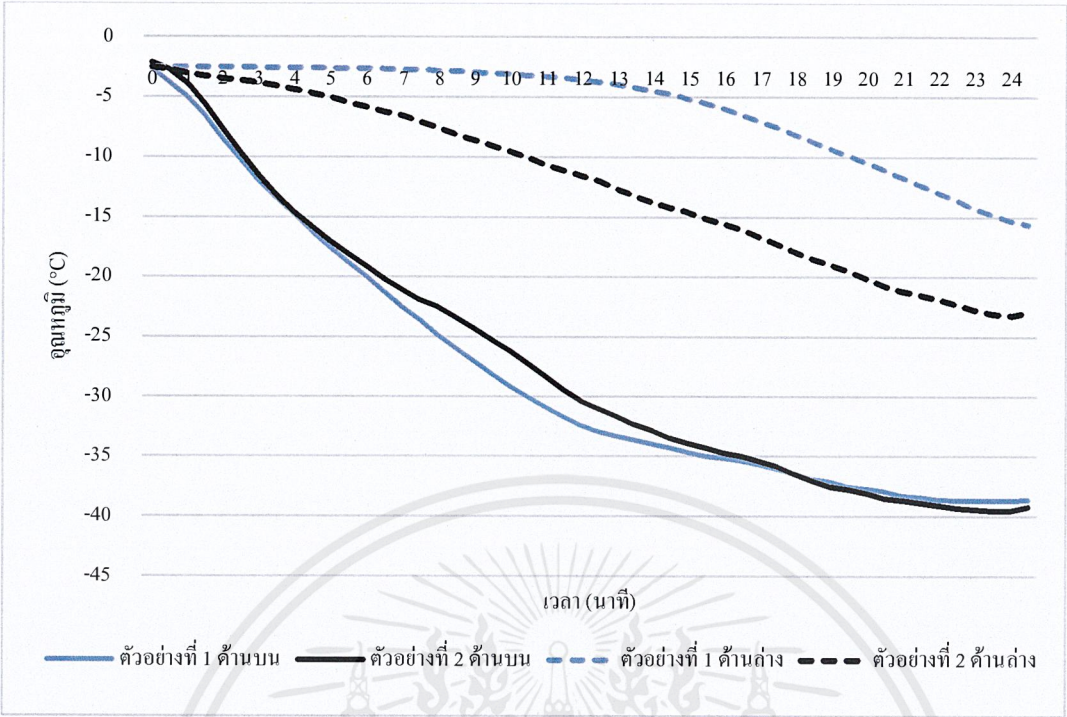
รูปที่ 4.1 การเรียงสินค้าชั้น 2 ชั้น



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนแล่ 25 กรัมด้วยวิธีเรียงสินค้าซ้อนทับ 2 ชั้น



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนแล่ 120 กรัมด้วยวิธีเรียงสินค้าซ้อนทับ 2 ชั้น



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าเด็กแชลมอนด้วยวิธีเรียงสินค้าซ้อนทับ 2 ชั้น

จากรูปพบว่าสินค้าแชลมอนแค่ 25 กรัมสามารถเรียงซ้อนทับ 2 ชั้นได้ เนื่องจากมีอุณหภูมิหลังแช่เยือกแข็งได้ตามมาตรฐาน แต่สินค้าแชลมอนแค่ 120 กรัมและสเด็กแชลมอนจะมีบางชั้นที่มีอุณหภูมิหลังแช่เยือกแข็งไม่ถึงมาตรฐาน สรุปผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการเรียงสินค้าซ้อนทับ 2 ชั้น

สินค้า	ระยะเวลาแช่เยือกแข็งขึ้น		สรุป
	ด้านบน (นาที)	ด้านล่าง (นาที)	
แชลมอนแค่ 25 กรัม	5-9	20-22	ได้
แชลมอนแค่ 120 กรัม	6-9	มากกว่า 24	ไม่ได้
สเด็กแชลมอน	6-11	มากกว่า 24	ไม่ได้

4.1.2 ผลการเรียงสินค้าซ้อนเกยกัน

ทดลองกับสินค้าสเด็กแชลมอน เนื่องจากมีระยะเวลาการแช่เยือกแข็งมาตรฐานน้อยกว่าสินค้าแชลมอนคิริมิ มีอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องต่ำ และมีความหนา สามารถเรียงซ้อนเกยกันโดยไม่เสีย

รูปร่าง โดยนำสินค้ามาเรียงเกยบริเวณปลายชั้นประมาณ 1 ใน 3 ของความยาวของชั้น ซึ่งมีแผ่นพลาสติกใสด้านไม่ให้สินค้าติดกัน (รูปที่ 4.5) จากนั้นทำการวัดอุณหภูมิหลังแช่เยือกแข็งสินค้าที่อยู่ชั้นบน และชั้นล่าง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.5 การเรียงสินค้าซ้อนเกยกัน

ตารางที่ 4.2 ผลการเรียงสินค้าสแต็กแชลมอนซ้อนเกยกัน

ตัวอย่าง	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิสุดท้าย (°C)	สรุป
1	-3.4	-37.2	ได้
2	-3.2	-36.8	
3	-3.1	-37.3	

จากผลการทดลอง ได้ใช้มาตรการเปลี่ยนวิธีการเรียงสินค้าแชลมอนแล้ว 25 กรัม เป็นการเรียงซ้อนทับกัน 2 ชั้น ส่งผลให้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตจาก 407.23 kg/h เป็น 814.46 kg/h และสินค้าสแต็กแชลมอนเป็นการเรียงซ้อนเกยกันส่งผลให้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตจาก 1,030.91 kg/h เป็น 1,701.00 kg/h

4.2 ผลการปรับลดระยะเวลาการแช่เยือกแข็ง

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่าเมื่อปรับลดระยะเวลาแช่เยือกแข็งจาก 27 นาทีเป็น 24 นาที มีปริมาณสินค้าของเสียร้อยละ 0.44 เพิ่มปริมาณการผลิตได้ 1.88 kg/min หรือคิดเป็น 112.8 kg/h และ

เมื่อปรับลดระยะเวลาแช่เยือกแข็งเป็น 23 นาที มีปริมาณของเสียเฉลี่ยร้อยละ 3.63 เพิ่มการผลิตได้ 2.62 kg/min หรือคิดเป็น 157.2 kg/h การปรับลดระยะเวลาเป็น 23 นาที สามารถประหยัดเวลาในการแช่เยือกแข็งได้มากกว่า แต่เนื่องจากปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ฝ่ายประกันคุณภาพไม่สามารถยอมรับได้ จึงสามารถปรับลดระยะเวลาแช่เยือกแข็งในโรงงานจริงจาก 27 นาทีเป็น 24 นาที

ตารางที่ 4.3 ผลการปรับลดระยะเวลาการแช่เยือกแข็งจาก 27 นาที เป็น 24 นาที

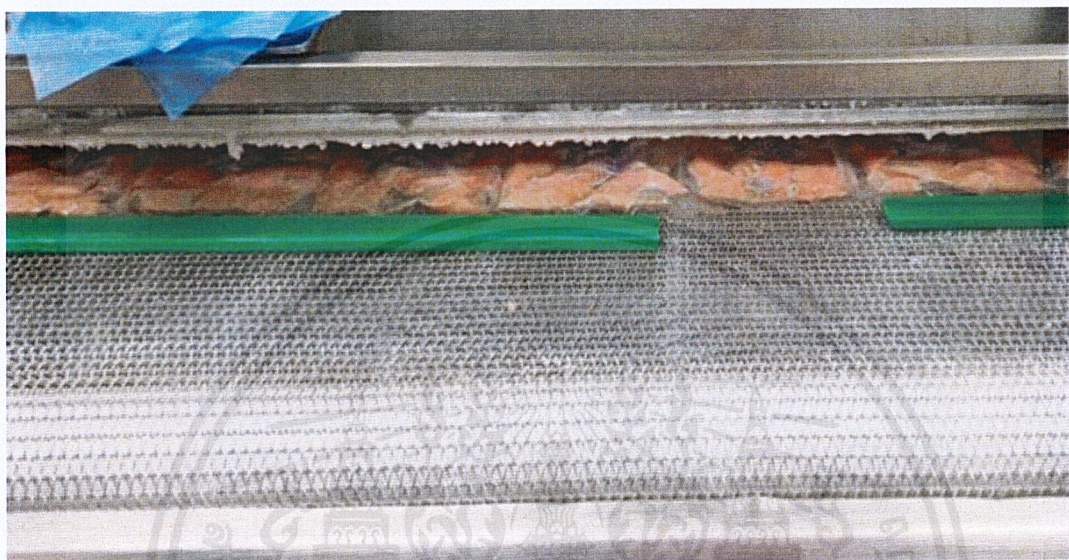
ครั้งที่	สินค้าของเสีย (%)	ปริมาณการผลิตเดิม (kg/min)	ปริมาณการผลิตใหม่ (kg/min)	ประหยัดเวลา (min)	ระยะเวลาแช่เยือกแข็ง	
					เวลาแช่เยือกแข็ง	ประหยัดเวลา
					สินค้าของเสีย (min)	สุทธิ (min)
1	0.28	15.04	16.92	3.12	0.07	3.05
2	0.45	15.04	16.92	2.95	0.11	2.84
3	0.6	15.04	16.92	2.22	0.11	2.11
เฉลี่ย	0.44	15.04	16.92	2.76	0.10	2.67

ตารางที่ 4.4 ผลการปรับลดระยะเวลาการแช่เยือกแข็งจาก 27 นาที เป็น 23 นาที

ครั้งที่	สินค้าของเสีย (%)	ปริมาณการผลิตเดิม (kg/min)	ปริมาณการผลิตใหม่ (kg/min)	ประหยัดเวลา (min)	ระยะเวลาแช่เยือกแข็ง	
					เวลาแช่เยือกแข็ง	ประหยัดเวลา
					สินค้าของเสีย (min)	สุทธิ (min)
1	6.45	15.04	17.66	3.21	1.19	2.02
2	1.03	15.04	17.66	6.32	0.37	5.95
3	0.00	15.04	17.66	7.11	0.00	7.11
4	7.04	15.04	17.66	2.94	1.19	1.75
เฉลี่ย	3.63	15.04	17.66	4.89	0.69	4.21

4.3 ผลการใช้อุปกรณ์กันแทนการเว้นช่วงสายพาน

เมื่อนำ ซุปเปอร์ลีน (Superlene) มาใช้เป็นอุปกรณ์กันดินค้ำที่มีรหัสกำกับแตกต่างกัน แทนการเว้นช่วงสายพานแล้ว พบว่าสามารถลดระยะจากที่เว้นช่วงสายพานว่าง 60 ซม. เหลือ 10 ซม. และพนักงานยังคงสามารถแยกสินค้าตามรหัสกำกับได้



รูปที่ 4.6 การใช้อุปกรณ์กันดินค้ำที่มีรหัสกำกับแตกต่างกัน

4.4 ผลการควบคุมอุณหภูมิสินค้าก่อนเข้าเครื่องให้ต่ำกว่า 10 °C

จากการศึกษาพบว่า การควบคุมอุณหภูมิขาเข้าของสินค้าแชลมอนคิริมิให้ต่ำกว่า 10 °C จะช่วยลดระยะเวลาในการแช่เยือกแข็งลง จึงได้ทำการทดลองวิธีการลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิก่อนเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ แบ่งเป็น 3 วิธีการ ดังนี้

4.4.1 ผลการลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมบนสายพานโดยใช้ถุงน้ำแข็งประกบ

สินค้าแชลมอนคิริมิหลังจากกระบวนการบรรจุสุญญากาศจะถูกนำขึ้นสายพาน ซึ่งจะลำเลียงสินค้ามายังบริเวณหน้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ และพนักงานนำสินค้าเรียงเข้าเครื่องต่อไป ซึ่งระยะเวลาระหว่างสินค้าอยู่บนสายพานนั้นจะทำให้อุณหภูมิของสินค้าสูงขึ้น จึงได้มีการทดลองลดอุณหภูมิสินค้าโดยใช้ถุงน้ำแข็งประกบ โดยการนำน้ำแข็ง 500 กรัมใส่ภายในถุงพลาสติก แล้วนำไปปิดปากถุง จากนั้นนำถุงน้ำแข็งวางประกบด้านบนของสินค้าที่อยู่บนสายพานเป็นระยะเวลา 3 นาที แล้ววัดอุณหภูมิสินค้าเปรียบเทียบกับก่อนและหลังประกบถุงน้ำแข็ง



รูปที่ 4.7 กุ้งน้ำแข็ง



รูปที่ 4.8 การลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนทรีมบนสายพานโดยใช้กุ้งน้ำแข็งประกบ

จากผลการทดลองตามตารางที่ 4.5 พบว่าอัตราการลดอุณหภูมิของสินค้าต่ำเพียง $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ และยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่า $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ได้ ดังนั้นวิธีการนี้จึงไม่เหมาะสม

ตารางที่ 4.5 ผลการลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิบนสายพานโดยใช้ถุงน้ำแข็งประกอบ

ครั้งที่	อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	อุณหภูมิสุดท้าย (°C)	อุณหภูมิแตกต่าง (°C)	อัตราการลดอุณหภูมิ (°C/min)
1	11.2	11.0	0.20	0.06
2	11.1	11.0	0.10	0.03
3	11.1	10.9	0.20	0.06
เฉลี่ย	11.13	10.97	0.17	0.05

4.4.2 ผลการทดลองลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิในถาดโดยการใส่น้ำแข็ง

เมื่อการนำสินค้าลำเลียงบนสายพานทำให้อุณหภูมิสินค้าสูงขึ้น จึงได้ทดลองเปลี่ยนจากการนำขึ้นสายพาน มาเป็นวิธีการนำสินค้าใส่ถาดแทน ซึ่งสามารถใส่น้ำแข็งในถาดเพื่อควบคุมอุณหภูมิของสินค้าได้ โดยหลังกระบวนการบรรจุสุญญากาศแล้วจะนำสินค้าแชลมอนคิริมิใส่ภายในถาดถาดละ 12 กุญและใส่น้ำแข็ง แล้วนำมาเรียงบนชั้นวางถาด เพื่อรอพนักงานนำสินค้าไปเรียงเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ต่อไป จึงได้ทำการทดลองโดยนำเครื่องบันทึกอุณหภูมิใส่ภายในสินค้าแชลมอนคิริมิ นำสินค้าใส่ถาดวางเรียงซ้อนกันทั้งหมด 6 ตำแหน่งเรียงลำดับจากชั้นล่างสุดถึงชั้นบนสุดและใส่น้ำแข็งเป็นระยะเวลา 3 นาที ทำการทดลอง 2 วิธีการ คือการใส่น้ำแข็งด้านบนและใส่น้ำแข็งทั้งด้านบนและด้านล่าง นำข้อมูลอุณหภูมิที่ได้มาวิเคราะห์ห้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิในถาดโดยการใส่น้ำแข็ง

วิธีการ	อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (°C/min)					
	ตำแหน่ง 1	ตำแหน่ง 2	ตำแหน่ง 3	ตำแหน่ง 4	ตำแหน่ง 5	ตำแหน่ง 6
ใส่น้ำแข็งด้านบน	0.05	0.02	0.00	0.00	-0.01	-0.77
ใส่น้ำแข็งด้านบนและด้านล่าง	-0.53	-0.05	0.01	0.01	-0.01	-0.68

จากตารางพบว่าวิธีการการใส่ถาดและใส่น้ำแข็งด้านบน สินค้าตำแหน่งที่ 6 ซึ่งอยู่บนสุดจะมีอัตราการลดอุณหภูมิสูงสุดคือ 0.77 °C /min แต่สินค้าที่อยู่ตำแหน่งอื่นจะมีอัตราการลดอุณหภูมิแตกต่างกัน บางตำแหน่งมีการเพิ่มอุณหภูมิอีกด้วย เช่นเดียวกับวิธีการใส่น้ำแข็งทั้งด้านบนและด้านล่าง สินค้าตำแหน่งที่ 1 กับ 6 จะมีอัตราการลดอุณหภูมิสูงคือ 0.53 °C /min และ 0.68 °C /min

แต่ยังคงมีบางตำแหน่งที่มีการเพิ่มอุณหภูมิ ดังนั้นวิธีการนี้ยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 10 °C ได้ จึงไม่เหมาะสม



รูปที่ 4.9 การลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิในถาดโดยการใส่น้ำแข็ง

4.4.3 ผลการทดลองลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิโดยการแช่น้ำเย็น

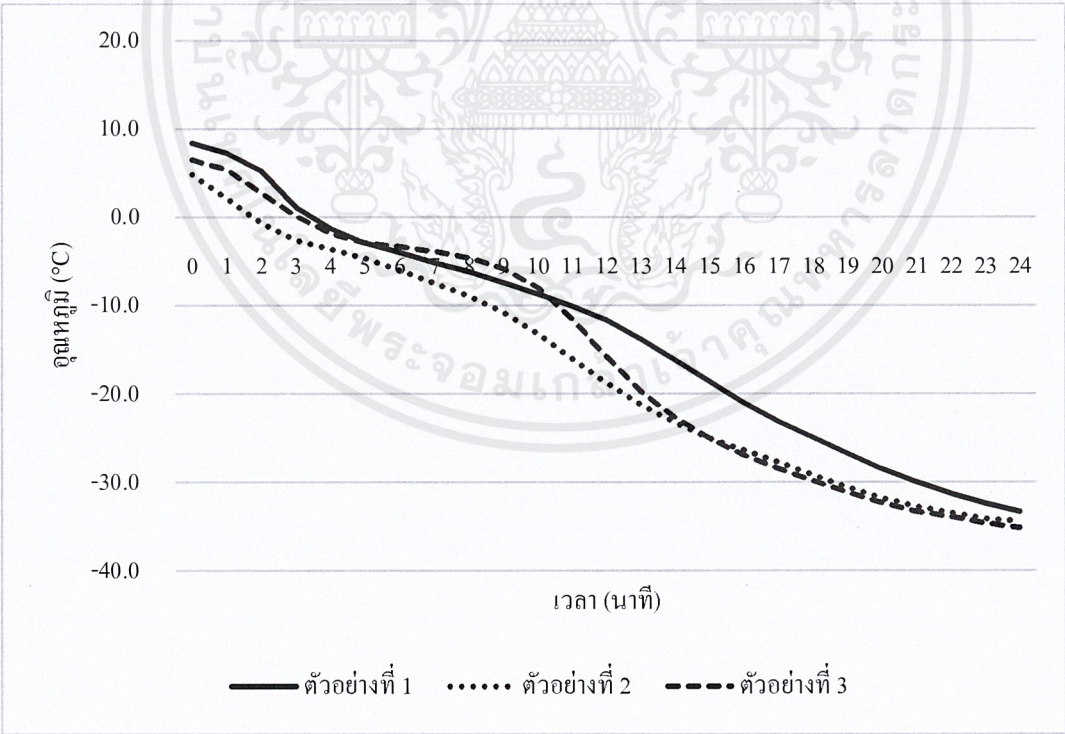
วิธีการลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิโดยการแช่น้ำเย็นจะช่วยเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสินค้ากับน้ำ ทำให้สินค้าได้รับความเย็นทั่วถึงมากขึ้น โดยใช้วิธีการนำน้ำผสมกับน้ำแข็ง จนน้ำมีอุณหภูมิ 0 °C แล้วนำสินค้าแช่น้ำเย็นก่อนจะนำเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ จึงได้ทำการทดลองโดยนำเครื่องบันทึกอุณหภูมิใส่ภายในสินค้าแชลมอนคิริมิ นำสินค้าแช่น้ำเย็นโดยจัดเรียงซ้อนกันทั้งหมด 3 ตำแหน่งเรียงลำดับจากชั้นล่างสุดถึงชั้นบนสุด แช่เป็นระยะเวลา 3 นาที จากนั้นนำไปเรียงเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ ทำการทดลองเปรียบเทียบ 2 วิธีการคือการแช่น้ำเปล่า และการแช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยเลือกใช้ความเข้มข้นร้อยละ 1 เนื่องจากน้ำเกลือที่เคลือบบริเวณถุงบรรจุภัณฑ์สินค้าจะถูกแช่เยือกแข็งกลายเป็นผลึก ส่งผลต่อเครื่องตรวจจับโลหะ จึงไม่สามารถใช้น้ำเกลือความเข้มข้นสูงได้ จากนั้นนำข้อมูลอุณหภูมิมาวิเคราะห์หัตถการเพิ่มอุณหภูมิ ได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคริมิโดยการแช่น้ำเย็น

วิธีการ	อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (°C/min)		
	ตำแหน่ง 1	ตำแหน่ง 2	ตำแหน่ง 3
แช่น้ำเปล่า	-1.56	-1.61	-2.02
แช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1	-1.37	-2.17	-2.74

จากตารางพบว่าวิธีการแช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 ทำให้สินค้ามีอัตราการลดอุณหภูมิมากกว่าการแช่น้ำเปล่า โดยมีอัตราการลดอุณหภูมิสูงสุดคือ 2.74 °C/min

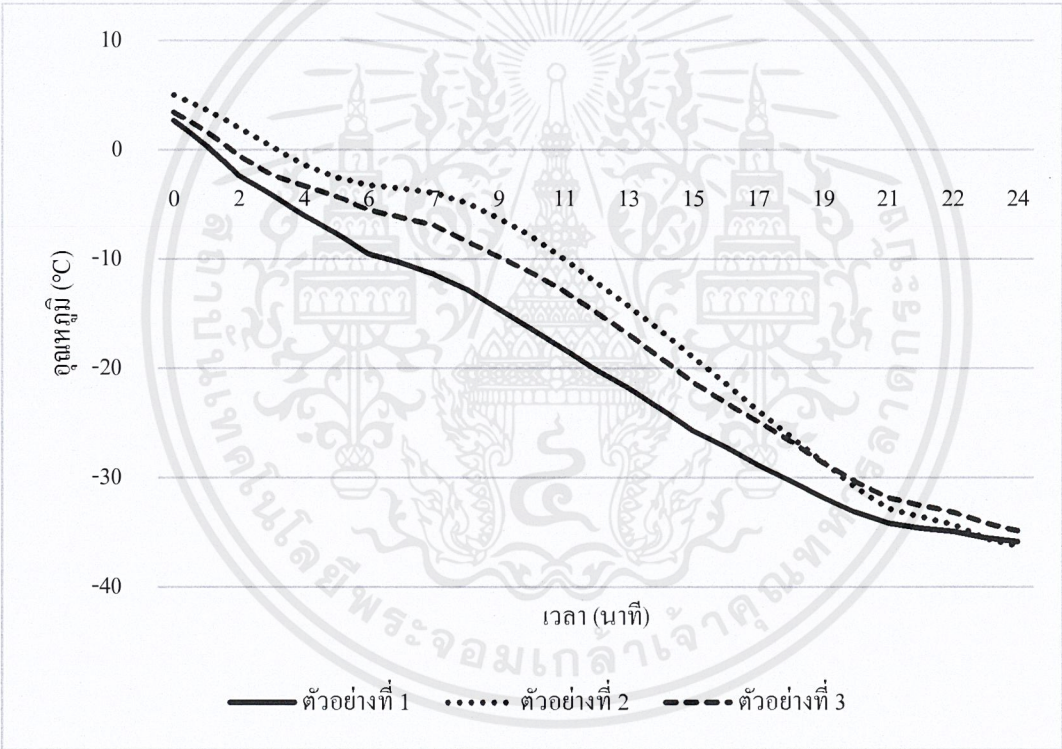
หลังจากได้ผลการทดลองเปรียบเทียบวิธีการแช่น้ำเย็นระหว่างการแช่น้ำเปล่าและการแช่น้ำเกลือแล้ว ได้ทดลองนำสินค้าเรียงเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ เพื่อติดตามผลการลดอุณหภูมิภายในเครื่อง ทำโดยใส่เครื่องบันทึกอุณหภูมิภายในสินค้าแชลมอนคริมิ นำไปแช่น้ำแล้วนำเข้าเครื่องแช่เยือกแข็ง นำข้อมูลอุณหภูมิที่ได้มาวิเคราะห์อัตราการลดอุณหภูมิสำหรับสินค้าแช่น้ำเปล่าดังรูปที่ 4.10 และ ตารางที่ 4.8 อัตราการลดอุณหภูมิสำหรับสินค้าแช่น้ำเกลือดังรูปที่ 4.11 และ ตารางที่ 4.9



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนคริมิระหว่างการแช่เยือกแข็งเมื่อมีการลดอุณหภูมิโดยการแช่น้ำเปล่าก่อนการแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 4.8 ผลของการลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิโดยการแช่น้ำเปล่าก่อนการแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่าง	อุณหภูมิ สินค้าก่อน แช่น้ำเย็น	อุณหภูมิ สินค้าหลัง แช่น้ำเย็น	อุณหภูมิ แตกต่าง (°C)	อุณหภูมิ สินค้าก่อน เข้าเครื่อง	ระยะเวลา แช่เยือกแข็ง (min)	อัตราการลด อุณหภูมิ (°C/min)
1	13.52	9.63	3.89	8.34	16.0	1.75
2	12.82	5.41	7.41	4.79	12.5	1.71
3	14.14	7.49	6.65	6.46	13.5	1.92
เฉลี่ย	13.49	7.51	5.98	6.53	14.0	1.79

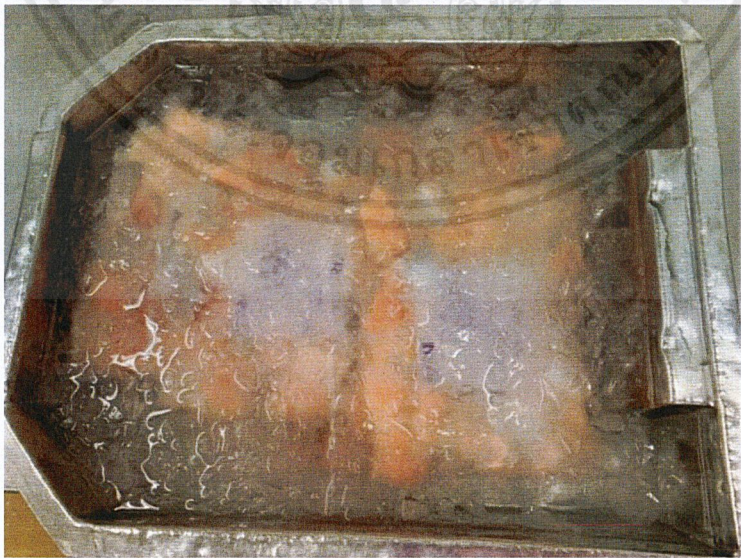


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของสินค้าแชลมอนคิริมิระหว่างการแช่เยือกแข็ง เมื่อมีการลดอุณหภูมิโดยการแช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 ก่อนการแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 4.9 ผลของการลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิโดยการแช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 ก่อนการแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่าง	อุณหภูมิ สินค้าก่อน แช่น้ำเย็น (°C)	อุณหภูมิ สินค้าหลัง แช่น้ำเย็น (°C)	อุณหภูมิ แตกต่าง (°C)	อุณหภูมิ สินค้าก่อน เข้าเครื่อง (°C)	ระยะเวลาแช่ เยือกแข็ง (min)	อัตราการ ลดอุณหภูมิ (°C/min)
1	9.92	2.85	7.07	2.64	12.0	1.65
2	10.47	5.85	4.62	4.95	15.5	1.82
3	12.73	4.95	7.78	3.35	14.5	1.65
เฉลี่ย	11.04	4.55	5.01	3.65	14.0	1.71

จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบวิธีการแช่น้ำเปล่าและวิธีการแช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 ถึงแม้อัตราการลดอุณหภูมิของสินค้าก่อนเข้าเครื่องของวิธีการแช่น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 จะมากกว่า แต่เมื่อนำเข้าเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ ทั้งสองวิธีการมีอัตราการลดอุณหภูมิภายในเครื่องใกล้เคียงกันคือ 1.79 °C /min และ 1.71 °C /min ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าไม่จำเป็นจะต้องใช้น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 1 เพื่อควบคุมอุณหภูมิของสินค้าให้ต่ำกว่า 10 °C เนื่องจากถึงแม้สินค้าจะมีอุณหภูมิขาเข้าต่ำกว่าการแช่น้ำเปล่า แต่ใช้ระยะเวลาการแช่เยือกแข็งใกล้เคียงกัน ดังนั้นวิธีการแช่น้ำเปล่าเป็นระยะเวลา 3 นาทีเป็นระยะเวลาที่เพียงพอ



รูปที่ 4.12 การลดอุณหภูมิสินค้าแชลมอนคิริมิโดยการแช่น้ำเย็น

4.5 ผลการดำเนินหลังปรับปรุง

จากการทดลองวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการแช่เยือกแข็งของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์ ได้นำผลการทดลองนำเสนอที่ปรึกษาด้านโรงงานและสามารถสรุปวิธีการที่นำมาใช้เป็นมาตรการได้ดังนี้

1) ปรับวิธีการเรียงสินค้าแชลมอนแล้ว 25 กรัมเป็นการเรียงซ้อนทับ 2 ชั้น และสินค้าสติกแชลมอนเป็นการเรียงซ้อนทับยก

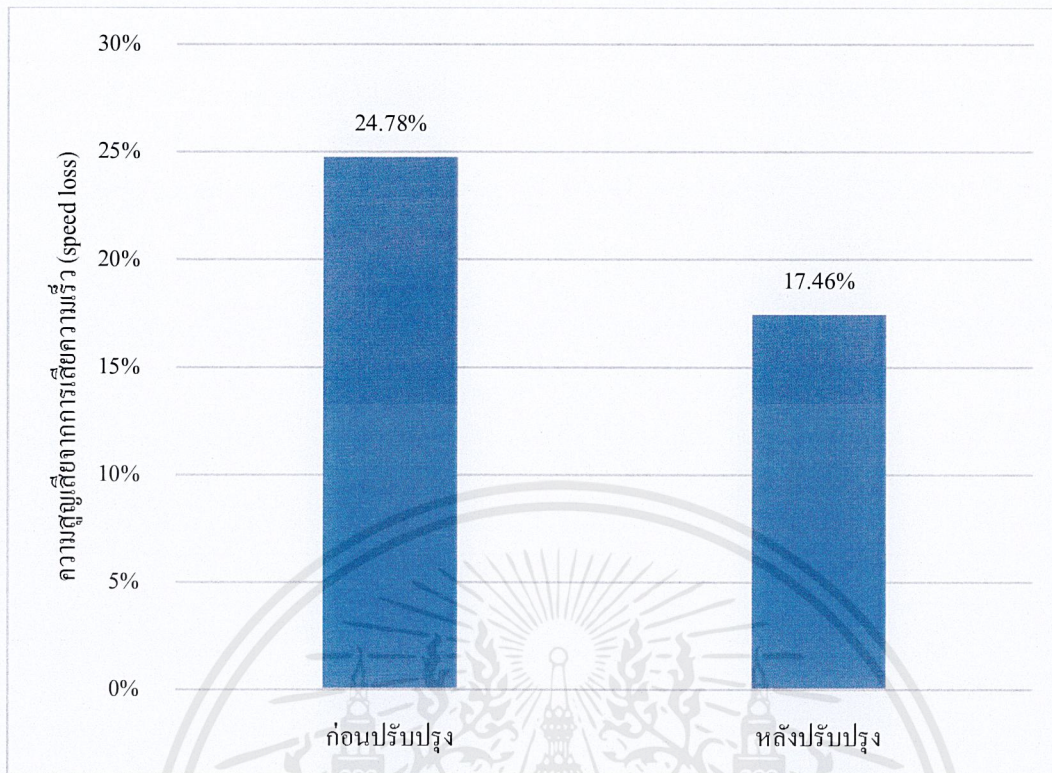
2) ปรับลดระยะเวลาแช่เยือกแข็งจาก 27 นาทีต่อรอบเป็น 24 นาทีต่อรอบ

3) ใช้อุปกรณ์คั่นสินค้าที่มีรหัสกำกับแตกต่างกันแทนการเว้นช่องว่าง

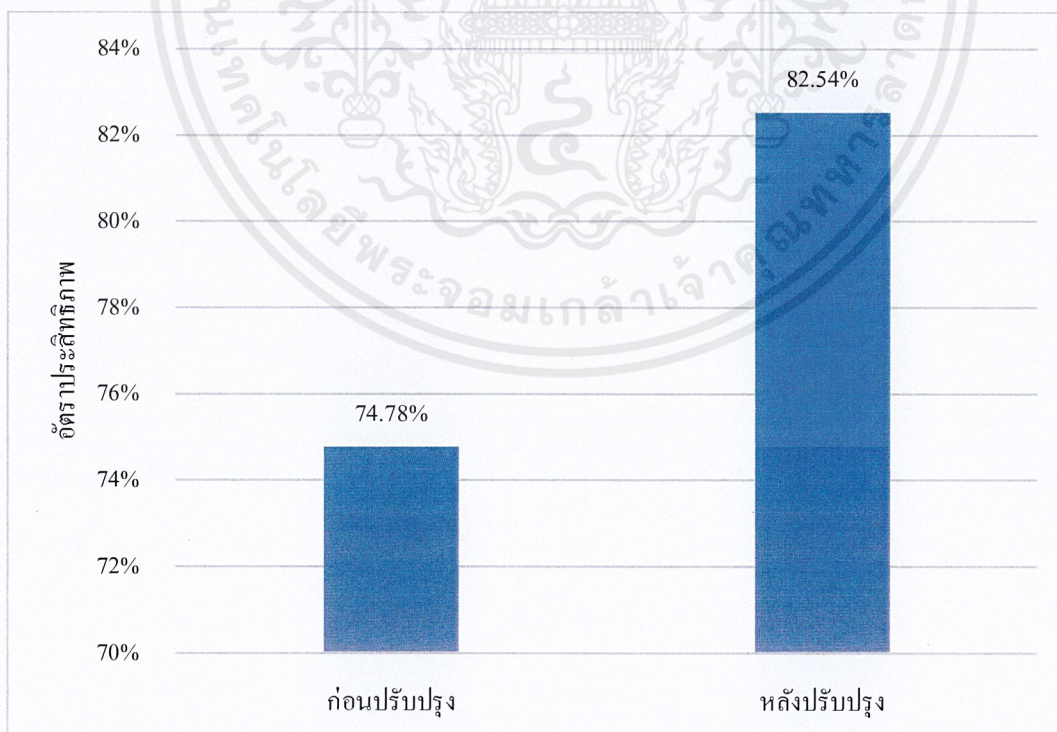
4) ห้ามพนักงานเปิดประตูเครื่องแช่เยือกแข็งระหว่างกระบวนการ

ในส่วนของการควบคุมอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องให้ต่ำกว่า 10°C โดยการลดอุณหภูมิด้วยการแช่น้ำเย็น ได้จัดทำเป็นข้อมูลให้ทางโรงงานเพื่อการขยายผลต่อไป

จากการปฏิบัติตามมาตรการดังกล่าวส่งผลให้ความสูญเสียจากการเสียความเร็วของเครื่องจักรลดลง เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง ความสูญเสียจากการเสียความเร็วลดลงจากเดิมร้อยละ 24.78 เหลือเพียงร้อยละ 17.46 ดังรูปที่ 4.13 แต่เนื่องจากในช่วงหลังการปรับปรุงมีการผลิตสินค้าแชลมอนแล้ว 25 กรัม แชลมอนแล้ว 120 กรัม และสติกแชลมอนในปริมาณน้อยเพียงร้อยละ 1.72 ของการผลิตทั้งหมด การใช้มาตรการการจัดเรียงสินค้าแบบใหม่จึงส่งผลต่อการลดความสูญเสียจากการเสียความเร็วของเครื่องจักร และจากการลดลงของความสูญเสียนี้ ส่งผลให้ค่าอัตราประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 74.78 เป็นร้อยละ 82.54 ดังรูปที่ 4.14

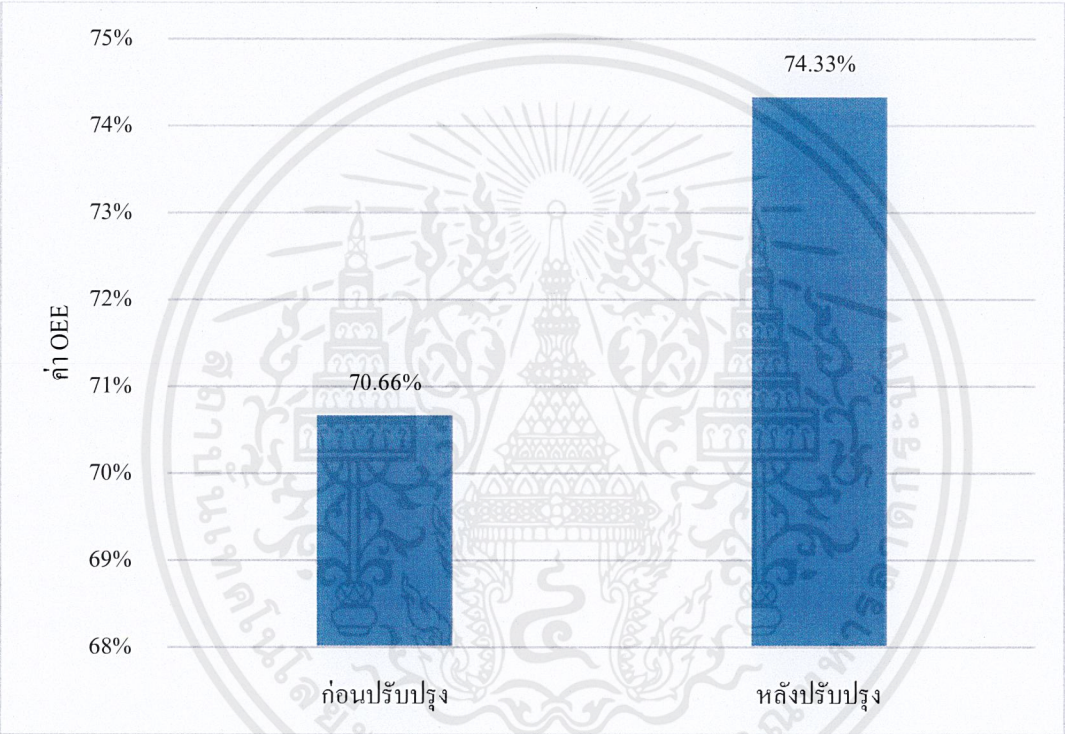


รูปที่ 4.13 ความสูญเสียจากการเสียความเร็ว (speed loss) ก่อนและหลังการปรับปรุง



รูปที่ 4.14 อัตราประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุง

เมื่ออัตราประสิทธิภาพหลังปรับปรุงมีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า OEE เพิ่มขึ้นด้วยจากรูปที่ 4.15 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงค่า OEE มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 70.66 เป็นร้อยละ 74.33 แต่เนื่องจากการค่า OEE ประกอบด้วย 3 ปัจจัยคือ อัตราการเดินเครื่อง อัตราประสิทธิภาพ และอัตราคุณภาพ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงในส่วนของอัตราประสิทธิภาพเท่านั้น ซึ่งในช่วงหลังปรับปรุงอัตราการเดินเครื่องมีค่าลดลง (ตารางที่ 4.10) ส่งผลให้ค่า OEE ในช่วงหลังปรับปรุงมีค่าไม่สูงเท่าที่ควร เมื่อให้ค่าอัตราการเดินเครื่องและอัตราคุณภาพเท่ากับช่วงก่อนปรับปรุง จะส่งผลให้ค่า OEE เพิ่มขึ้นได้ถึงร้อยละ 78



รูปที่ 4.15 ค่า OEE ก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.10 ปัจจัยของค่าประสิทธิผล โดยรวมก่อนและหลังการปรับปรุง

สถานะของกระบวนการ	อัตราการเดินเครื่อง	อัตราประสิทธิภาพ	อัตราคุณภาพ	ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร
ก่อนปรับปรุง	96.79%	74.78%	97.63%	70.66%
หลังปรับปรุง	92.12%	82.54%	97.96%	74.33%

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยเพื่อหาแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการแช่เชื้อ กแข็งสินค้าปลาแชลมอนด้วยเครื่องแช่เชื้อกแข็งแบบอุโมงค์สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

ความสูญเสียจากการเสียความเร็ว (Speed loss) เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่ออัตราประสิทธิภาพของกระบวนการมากที่สุดคิดเป็นประมาณร้อยละ 24 ของเวลาการผลิตทั้งหมด มาตรการต่าง ๆ ได้ถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งประกอบด้วย

1) ปรับวิธีการเรียงสินค้าแชลมอนแต่ละ 25 กรัมเป็นการเรียงซ้อนทับ 2 ชั้น และสินค้าสดแชลมอนเป็นการเรียงซ้อนทับเกย

การเรียงสินค้าแชลมอนแต่ละ 25 กรัม ด้วยวิธีการซ้อนทับกัน 2 ชั้น ส่งผลให้สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตจาก 407.23 kg/h เป็น 814.46 kg/h และสำหรับการเรียงสินค้าสดแชลมอนด้วยวิธีการซ้อนทับเกยสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตจาก 1,030.91 kg/h เป็น 1,701.00 kg/h

2) ปรับลดระยะเวลาแช่เชื้อกแข็งจาก 27 นาทีต่อรอบเป็น 24 นาทีต่อรอบ
การปรับลดระยะเวลาแช่เชื้อกแข็งจาก 27 นาทีเป็น 24 นาที สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้จากเดิม 902.4 kg/h เป็น 1,015.2 kg/h

3) ใช้อุปกรณ์คั่นสินค้าที่มีรหัสกำกับแตกต่างกันแทนการเว้นช่องว่าง
การใช้อุปกรณ์คั่นสินค้าที่มีรหัสกำกับแตกต่างกันแทนการเว้นช่องว่าง สามารถลดระยะจากที่เว้นช่วงสายพานว่างในแต่ละครั้งจากเดิม 60 ซม. เหลือ 10 ซม. ส่งผลให้ปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นและพนักงานยังคงสามารถแยกสินค้าตามรหัสกำกับได้

4) ห้ามพนักงานเปิดประตูเครื่องแช่เชื้อกแข็งระหว่างกระบวนการ
มาตรการห้ามพนักงานเปิดประตูเครื่องแช่เชื้อกแข็งระหว่างกระบวนการ ส่งผลให้อุณหภูมิเครื่องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และน้ำแข็งที่เกาะบริเวณครีบบของคอยล์น้อยลง

หลังจากดำเนินการปรับปรุงพบว่าค่าความสูญเสียจากการเสียความเร็วของเครื่องจักรลดลงร้อยละ 7.29 ส่งผลให้อัตราประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และค่า OEE จากเดิมก่อนปรับปรุงร้อยละ 70.66 เมื่อปรับปรุงแล้วเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 74.33 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.67

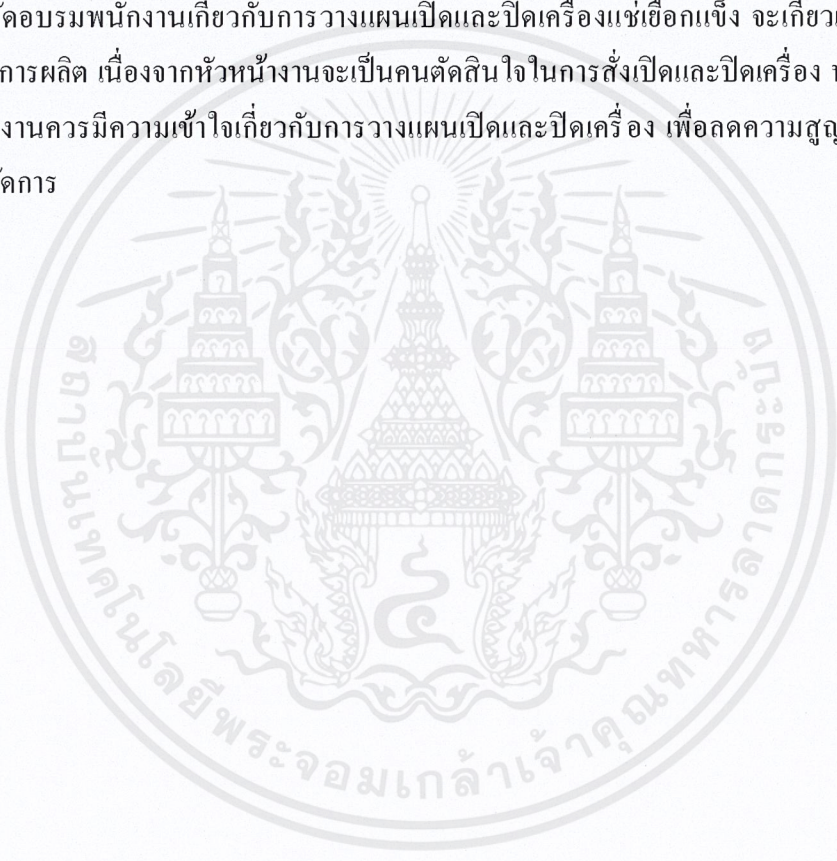
5.2 ข้อเสนอแนะ

จากที่ได้กล่าวถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า OEE ประกอบด้วย 3 ปัจจัยคือ อัตราการเดินเครื่อง อัตราประสิทธิภาพ และอัตราคุณภาพ ดังนั้นการแก้ไขปรับปรุงปัญหาที่เกี่ยวกับอัตราประสิทธิภาพเพียง

ปัจจัยเดียว จะสามารถเพิ่มค่า OEE ได้ทางหนึ่ง ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงปัจจัยอื่นประกอบด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้มากขึ้น โดยความสูญเสียที่เกี่ยวกับอัตราการเดินเครื่องเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ควรได้รับการแก้ไข จากการเก็บข้อมูลในการผลิตพบว่าความสูญเสียจากการบริหารจัดการเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการไม่ได้ตามเป้าหมาย และสามารถแก้ไขได้ดังนี้

1) การวางแผนการผลิต เนื่องจากการผลิตสินค้าในแต่ละวันมีจำนวนชนิดสินค้าที่หลากหลาย และแต่ละกระบวนการผลิตแตกต่างกัน ทำให้ไม่ได้คำนึงถึงการนำสินค้าเข้ากระบวนการแช่เยือกแข็ง ส่งผลให้ในตอนกลางวัน ซึ่งพนักงานพักกลางวันบางครั้งจะไม่มีสินค้าให้เข้าเครื่องแช่เยือกแข็ง ทำให้เกิดการสูญเสียจากการบริหารจัดการ

2) การจัดอบรมพนักงานเกี่ยวกับการวางแผนเปิดและปิดเครื่องแช่เยือกแข็ง จะเกี่ยวเนื่องกับการวางแผนการผลิต เนื่องจากหัวหน้างานจะเป็นคนตัดสินใจในการสั่งเปิดและปิดเครื่อง พนักงานและหัวหน้างานควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับการวางแผนเปิดและปิดเครื่อง เพื่อลดความสูญเสียจากการบริหารจัดการ



เอกสารอ้างอิง

- ฐิติ บุญประกอบ. 2554. Overall Employee Effectiveness: OEE. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.tpa.or.th/tpanews/upload/mag_content/46/ContentFile764.pdf [เข้าถึงวันที่ 12 ตุลาคม 2562].
- ธีรยุทธ ห่อทอง. 2557. การประเมินประสิทธิภาพและแนวทางการลดการใช้พลังงานของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธานี อ่วมอ้อ. 2546. TPM - Total Productive Maintenance การบำรุงรักษาทีละแบบทุกคนมีส่วนร่วม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.
- บริษัท TPMthai training and consulting. ความสูญเสีย 16 ประการ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.tpmthai.com> [เข้าถึงวันที่ 11 ตุลาคม 2562].
- วันเฉลิม วรรณสถิต. 2559. เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://econs.co.th/index.php/2016/07/29/7-qc-tools/> [เข้าถึงวันที่ 11 ตุลาคม 2562].
- วีรชัย มัญจารักษ์ และวิมล จันนินวงศ์. 2553. การเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร: กรณีศึกษา โรงงานผลิตอาหารสัตว์. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 6(2): 18-24.
- สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย. 2562. บทสรุปอุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งไทยรายสินค้า (ไตรมาส 4) ข้อมูล ณ เดือนมกราคม 2562 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://www.thai-frozen.or.th/index.php/seafood-industry-info/thailand-seafood-industry-overview/176-4> [เข้าถึงวันที่ 18 ตุลาคม 2562].
- สาขสนม ประดิษฐ์ดวง. 2546. กระบวนการแช่เยือกแข็งอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. หลักปฏิบัติสำหรับการผลิตสินค้าเกษตรแช่เยือกแข็ง [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก [https://www.acfs.go.th/standard/download/TAS_9041\(G\)-2560.pdf](https://www.acfs.go.th/standard/download/TAS_9041(G)-2560.pdf) [เข้าถึงวันที่ 20 ตุลาคม 2562].
- อรพิน ชัยประสพ. 2558. การถนอมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ASHRAE. 2006. Refrigeration (SI). Atlanta, Georgia, USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Boegh-Soerensen, L. and Jul, M. 1985. Effect of freezing/thawing on foods. Microbiology of Frozen Foods. Ed. R. K. Robinson, London : Elsevier Applied Science Publishers.
- Coskan I., Tang H. T. and Lim O. S. 1999. Improved formulations of shaped factors for freezing and thawing time prediction of foods. Academic Press. 32: 312-315.
- Huan, Z. 2003a. Performance evaluation indexes for quick-freezers. International Journal of Refrigeration. 26: 817-822.
- Kolbe, E. 2005. Freezing Technology. Surimi and Surimi seafood. 2nd Ed. 325-344. USA : Taylor & Francis Group.
- Love, R. M. 1968. Ice formation in frozen muscle. Low temperature biology of food-stuffs. Oxford: Pergamon.
- Meiye, C. and Lai, T. F. 2003. Studies on freezing time of foodstuffs. School of Mechanical and Production Engineering, Nanyang Technological University, Singapore.
- North MF, Lovatt SJ. 2005. Freezing methods and equipment. Handbook of frozen food processing and packaging. 55: 199.
- Robinson, R. K. 1985. Microbiological of frozen foods. London: Elsevier Applied Science.

ภาคผนวก ก.
แบบใบบันทึกสาเหตุที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย

ตารางที่ ผก 2 แบบใบบันทึกสาเหตุการเกิดของเสียของเครื่องแช่เยือกแข็งแบบอุโมงค์

ใบบันทึกของเสียจากเครื่อง Mycom 3

[illegible]



ภาคผนวก ข.

ตารางคำนวณค่า OEE

ตารางที่ ผข 1 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนสิงหาคม

	Date	16	17	Week1	%loss1	19	20	21	22	23	24	Week2	%loss2
Plan	start	6:00	6:00			6:00	6:00	5:30	5:00	5:00	5:00		
	Finish	21:00	19:00			19:00	16:00	17:30	17:30	17:00	18:00		
		900	780	1680		780	600	720	750	720	780	4350	
Actual	start	6:00	6:00			6:00	6:00	5:30	5:00	5:00	5:00		
	Finish	21:00	19:00			19:00	16:00	17:30	17:30	17:00	18:00		
		900	780	1680		780	600	720	750	720	780	4350	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด (นาที)	0	0	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	Loading time	900	780	1680		780	600	720	750	720	780	4350	
Start up loss		17	17	34	2.02%	17	17	20	20	20	17	111	2.55%
Management loss	ลาดถื่นสินค้า Freeze	0	0	0	0.00%	0	0	1	1	0	0	2	0.05%
Management loss	ลาดถื่นปลาล้าง	4	1	5	0.30%	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Management loss	ลาดถื่นน้ำสาร	0	2	2	0.12%	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Management loss	ลาดถื่นอุปกรณ์	0	0	0	0.00%	5	1	0	0	0	0	6	0.14%
Management loss	ลาดถื่นเศษเตรียมผลิต กะ NS	3	0	3	0.18%	0	0	0	2	0	1	3	0.07%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง (นาที)	24	20	44	2.62%	22	18	21	23	20	18	122	2.80%
	Operating time	876	760	1636		758	582	699	727	700	762	4228	
	% ความพร้อมใช้งาน (Availability)	97.33%	97.44%	97.38%		97.18%	97.00%	97.08%	96.93%	97.22%	97.69%	97.20%	
	รวม Minor stop	0	2	2	0.12%	18	8	4	0	0	0	30	0.71%
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ปลายัด	0	2	2	0.12%	18	8	4	0	0	0	30	0.71%
Speed loss		254.9	144.3	399	24.40%	191	89	155	160	146	92	832	19.67%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย (นาที)	254.9	146.3	401.2	0	209	97.2	158.6	159.9	145.6	91.5	861.8	0
	Net Operating time	621	614	1235	0	549	485	540	567	554	670	3366	0
	speed(kg/minute)	19.07	17.97	18.52	0	18.84	19.77	17.24	17.99	17.48	18	18.22	
Target (perform)	kg	16,704	13,659	30,363		14,280	11,509	12,053	13,082	12,238	13,719	76,881	
Actual	kg	11,844	11,030	22,874		10,343	9,587	9,319	10,204	9,693	12,071	61,216	
	% ประสิทธิภาพ (Performance)	70.90%	80.75%	75.48%		72.43%	83.30%	77.31%	78.00%	79.20%	87.99%	79.62%	
ของเสียในไลน์	ปลารอผลิต (สไลด์ไม่หมด)	550	0	550	2.40%	350	0	0	0	0	0	350	0.57%
	ลูกทูกุมไม่ได้	250	320	570	2.49%	50	40	151.95	27.6	28.5	26.25	324	0.53%
	เปลี่ยน lot	0	0	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	ปลาแตก	4	0	4	0.02%	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	เศษน้ำหนักตก	0	420	420	1.84%	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Defect loss	รวมยอดของเสีย(kg)	804	740	1544	6.75%	400	40	151.95	27.6	28.5	26.25	674	1.10%
Defect	รวมยอดของเสีย(นาที)	42.16	41.17	83		21.23	2.02	8.81	1.53	1.63	1.46	37	
	Value Operating time	579	573			528	483	532	566	553	669		
	รวมยอดของเสีย(kg)	9177	9665	18842		9943	9547	9167	10176	9664	12045	60542	
	% คุณภาพ (Quality)	77.48%	87.62%	82.37%		96.13%	99.58%	98.37%	99.73%	99.71%	99.78%	98.90%	
	%OEE	53.47%	68.94%	60.55%		67.66%	80.47%	73.84%	75.40%	76.77%	85.77%	76.53%	

ตารางที่ ผข 1 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนสิงหาคม (ต่อ)

	Date	26	27	28	29	30	31	Week3	%loss3	สรุปเดือน	%loss total
Plan	start	5:30	5:00	5:00	5:00	5:00	5:00			0	
	Finish	18:00	17:30	18:00	17:00	18:00	18:00			0	
		750	750	780	720	780	780	4560		10590	
Actual	start	5:30	5:00	5:00	5:00	5:00	5:00			0	
	Finish	18:00	17:30	18:00	17:00	18:00	18:00			0	
		750	750	780	720	780	780	4560		10590	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด(นาที)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	0	0.00%
	Loading time	750	750	780	720	780	780	4560		10590	
Start up loss		17	17	17	17	17	17	102	2.24%	247	2.33%
Management loss	ลากถังสินค้ามา Freeze	1	0	5	5	5	5	21	0.46%	23	0.22%
Management loss	ลากถังเปล่าไปล้าง	0	0	1	1	1	1	4	0.09%	9	0.08%
Management loss	ลากถังน้ำสาร	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	2	0.02%
Management loss	ลากถังอุปกรณ์	4	3	0	0	0	0	7	0.15%	13	0.12%
Management loss	ลากถังเศษเหรียญผลิตขยะ NS	0	0	3	3	3	3	12	0.26%	18	0.17%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	22	20	26	26	26	26	146	3.20%	312	2.95%
	Operating time	728	730	754	694	754	754	4414		10278	
	% ความพร้อมใช้งาน(Availability)	97.07%	97.33%	96.67%	96.39%	96.67%	96.67%	96.80%		97.05%	
	รวม Minor stop	0	5	0	0	0	0	5		37	
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ปิดติด	0	5	0	0	0	0	5	0.11%	37	0.36%
Speed loss		160	150	175	115	140	172	912	20.67%	2143	20.85%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย(นาที)	160.4	154.6	175.1	114.9	140.3	171.9	917.2	0	2180.2	0
	Net Operating time	568	575	579	579	614	582	3497		8098	
	speed(kg/minute)	17.44	17.69	17.86	17.57	17.85	17.79	17.70		18.15	
Target (perform)	kg	12,693	12,916	13,466	12,195	13,459	13,416	78,145		185389	
Actual	kg	9,896	10,181	10,338	10,175	10,955	10,358	61,903		145993	
	% ประสิทธิภาพ(Performance)	77.96%	78.83%	76.77%	83.44%	81.39%	77.21%	79.22%		78.79%	
ของเสียในไลน์	ปกรรผลิต (สไลด์ไม่หมด)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	900	0.62%
	ปลาน้ำ	0	0	0	57.3	0	18	75	0.12%	970	0.66%
	เปลี่ยน lot	76.8	0	32.4	0	21.6	18	149	0.24%	149	0.10%
	ปลาแตก	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	4	0.00%
	เศษ Belley น้ำหนักตก	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	420	0.29%
Defect loss	รวมขอยคของเสีย(kg)	76.8	0	32.4	57.3	21.6	36	224	0.36%	2442	1.67%
Defect	รวมขอยคของเสีย(นาที)	4.40	0.00	1.81	3.26	1.21	2.02	13		133	
	Value Operating time	563	575	577	576	612	580			0	
	รวมขอยคของเสีย(kg)	9819	10181	10306	10118	10933	10322	61679		141063	
	% คุณภาพ (Quality)	99.22%	100.00%	99.69%	99.44%	99.80%	99.65%	99.64%		96.62%	
	%OEE	75.09%	76.73%	73.98%	79.98%	78.52%	74.37%	76.40%		73.88%	

ตารางที่ ผข 2 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนกันยายน

	Date	2	3	4	5	6	7	Week1	%loss1
Plan	start	5:30	5:30	5:30	5:30	5:30	5:30		
	Finish	19:00	17:30	19:00	20:00	21:00	19:00		
		810	720	810	870	930	810	4950	
Actual	start	5:30	5:30	5:30	5:30	5:30	5:30		
	Finish	19:00	17:30	19:00	20:00	21:00	19:00		
		810	720	810	870	930	810	4950	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด(นาที)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	Loading time	810	720	810	870	930	810	4950	
Start up loss	คอนเริ่มเครื่อง	17	17	17	17	17	15	100	2.02%
Management loss	ลากถังสินค้ามา Freeze	2	0	0	1	1	1	5	0.10%
Management loss	ลากถังเปล่าไปล้าง	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Management loss	ลากถังน้ำสาร	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Management loss	ลากถังอุปกรณ์	3	0	0	0	0	0	3	0.06%
Management loss	ลากถังเศษเตรียมผลิตกะ NS	0	2	3	0	0	0	5	0.10%
Management loss	ไม่มีสินค้าให้ Freeze	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	22	19	20	18	18	16	113	2.28%
	Operating time	788	701	790	852	912	794	4837	
	% ความพร้อมใช้งาน(Availability)	97.28%	97.36%	97.53%	97.93%	98.06%	98.02%	97.72%	
	รวม Minor stop	2	0	2	1	1	1	7	0.14%
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ผลิต	2	0	2	1	1	1	7	0.14%
Speed loss		241	155	164	245	320	239	1363	28.18%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย(นาที)	242.7	154.9	165.9	245.7	320.5	240.4	1370.2	0
	Net Operating time	545	546	624	606	591	554	3467	0
target	speed(kg/minute)	20.02	21.09	19.96	20.22	20.26	20.60	20.36	
Target (perform)	kg	15,776	14,787	15,770	17,227	18,473	16,355	98,389	
Actual	kg	10,916	11,519	12,459	12,259	11,981	11,404	70,537	
	% ประสิทธิภาพ(Performance)	69.20%	77.90%	79.00%	71.16%	64.85%	69.72%	71.67%	
ของเสียในไลน์	ปารอผลิต (ส โลตไม่หมด)	0	200	600	0	650	0	1450	2.06%
	ปลาน้ำ	107.25	135.75	96.75	0	29.4	23.4	393	0.56%
	เปลี่ยน lot	21	20.4	0	0	25.2	19.2	86	0.12%
	ปลาแตก	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	เศษ Belley น้ำหนักตก	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Defect loss	รวมของเสียของเสีย(kg)	128.25	356.15	696.75	0	704.6	42.6	1928	2.73%
Defect	รวมของเสียของเสีย(นาที)	6.41	16.88	34.90	0.00	34.78	2.07	95	
	Value Operating time	539	529	589	606	557	552	3372	
	รวมของเสียของเสีย(kg)	10788	11163	11762	12259	11276	11361	68609	
	% คุณภาพ (Quality)	98.83%	96.91%	94.41%	100.00%	94.12%	99.63%	97.27%	
	%OEE	66.53%	73.50%	72.74%	69.69%	59.86%	68.09%	68.12%	

ตารางที่ ผข 2 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนกันยายน (ต่อ)

	Date	9	10	11	12	13	14	Week2	%loss2
Plan	start	5:30	5:00	5:00	5:30	5:30	5:30		
	Finish	21:00	21:20	18:30	19:15	19:00	19:00		
		930	980	810	825	810	810	5165	
Actual	start	5:30	5:00	5:00	5:30	5:30	5:30		
	Finish	21:00	21:20	18:30	19:15	19:00	19:00		
		930	980	810	825	810	810	5165	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด(นาที)					0	0	0	0.00%
	Loading time	930	980	810	825	810	810	5165	
Start up loss	ตอนเริ่มเครื่อง	20	20	20	20	20	17	117	2.27%
Management loss	ลากถังสินค้า Freeze	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Management loss	ลากถังเปล่าไปล้าง	0	0	0	0		0	0	0.00%
Management loss	ลากถังน้ำสาร	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Management loss	ลากถังอุปกรณ์	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Management loss	ลากถังเคมีเตรียมผลิตกะ NS	2	3	2	3	2	3	15	0.29%
Management loss	ไม่มีสินค้าให้ freeze	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	22	23	22	23	22	20	132	2.56%
	Operating time	908	957	788	802	788	790	5033	
	% ความพร้อมใช้งาน(Availability)	97.63%	97.65%	97.28%	97.21%	97.28%	97.53%	97.44%	
	รวม Minor stop	2	1	1	1	1	1	2	0.04%
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ผลิต	2	1	1	1	1	1	7	0.14%
Speed loss		265.7	316.0	286.4	247.6	230.8	251.2	1598	31.74%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย(นาที)	267.7	317.0	287.4	248.6	231.8	252.2	1604.7	0
	Net Operating time	640	640	501	553	556	538	3428	
target	speed(kg/minute)	20.89	19.54	21.24	20.04	19.31	20.10	20.19	
Target (perform)	kg	18,964	18,702	16,736	16,073	15,220	15,880	101,576	
Actual	kg	13373	12508	10633	11092	10742	10810	69,157	
	% ประสิทธิภาพ(Performance)	71%	67%	64%	69%	70.58%	68.07%	68.12%	
ของเสียในไลน์	ปลารอผลิต (สไลด์ไม่หมด)	700	300	0	0	0	0	1000	1.45%
	ปลาต้ม	16.8	16.8	10.8	200	224	411.4	880	1.27%
	เปลี่ยน lot	19.2	21	23.4	21.6	16.8	25.2	127	0.18%
	ปลาแตก	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	เศษ Belley น้ำหนักตก	0	0	0	0	0	200	200	0.29%
Defect loss	รวมยอดของเสีย(kg)	736	337.8	34.2	221.6	240.8	636.6	2207	3.19%
Defect	รวมยอดของเสีย(นาที)	35.24	17.29	1.61	11.06	12.47	31.67	109	
	Value Operating time	605	623	499	542	544	506	3319	
	รวมยอดของเสีย(kg)	12637	12170	10599	10870	10501	10173	66950	
	% คุณภาพ (Quality)	94.50%	97.30%	99.68%	98.00%	97.76%	94.11%	96.81%	
	%OEE	65.06%	63.54%	61.61%	65.74%	67.12%	62.48%	64.26%	

ตารางที่ ผข 2 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนกันยายน (ต่อ)

	Date	16	17	18	19	20	21	Week3	%loss3
Plan	start	6:00	5:30	6:00	5:30	5:30	5:30		
	Finish	21:35	19:15	19:30	16:30	18:00	18:30		
		935	825	810	660	750	780	4760	
Actual	start	6:00	5:30	6:00	5:30	5:30	5:30		
	Finish	21:35	19:15	19:30	16:30	18:00	18:30		
		935	825	810	660	750	780	4760	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด(นาที)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	Loading time	935	825	810	660	750	780	4760	
Start up loss	คอนเริ่มเครื่อง	20	17	17	17	17	17	105	2.21%
Management loss	ลากถังกินน้ำ Freeze	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Management loss	ลากถังเปล่าไปล้าง	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Management loss	ลากถังน้ำสาร	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Management loss	ลากถังอุปกรณ์	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Management loss	ลากถังเศษเตรียมผลิตกะ NS	2	2	2	0	0	0	6	0.13%
Management loss	ไม่มีสินค้าให้ freeze	0	0	0	0	75	0	75	1.58%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	22	19	19	17	92	17	186	3.91%
	Operating time	913	806	791	643	658	763	4574	
	% ความพร้อมใช้งาน(Availability)	97.65%	97.70%	97.65%	97.42%	87.73%	97.82%	96.09%	
	รวม Minor stop	1	0	0	0	0	0	1	0.02%
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ปลอดภัย	1	0	0	0	0	0	1	0.02%
Speed loss		300	239	205	208	122	170	1243	27.17%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย(นาที)	301.1	238.8	205.1	207.8	121.6	169.5	1243.9	0
	Net Operating time	612	567	586	435	536	593	3330	
target	speed(kg/minute)	19.19	19.30	19.67	17.46	16.72	17.93	18.38	
Target (perform)	kg	17,523	15,552	15,561	11,224	11,003	13,678	84,541	
Actual	kg	11,744	10,945	11,526	7,596	8,970	10,639	61,420	
	% ประสิทธิภาพ(Performance)	67.02%	70.37%	74.07%	67.68%	81.52%	77.78%	72.80%	
ของเสียในไลน์	ปลารอผลิต (สไลด์ไม่หมด)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	ปลานิ่ม	113.1	2.4	87.6	15	87.6	0	306	0.50%
	เปลี่ยน lot	42	0	24.6	0	12.6	0	79	0.13%
	ปลาแตก	0	7.2	0	0	0	0	7	0.01%
	เศษ Belley น้ำหนักตก	0	0	0	0	0	190	190	0.31%
Defect loss	รวมยอดของเสีย(kg)	155.1	9.6	112.2	15	100.2	190	582	0.95%
Defect	รวมยอดของเสีย(นาที)	8.08	0.50	5.70	0.86	5.99	10.60	32	
	Value Operating time	604	567	580	434	530	583	3298	
	รวมยอดของเสีย(kg)	11589	10935	11414	7581	8870	10449	60838	
	% คุณภาพ (Quality)	98.68%	99.91%	99.03%	99.80%	98.88%	98.21%	99.05%	
	%OEE	64.58%	68.69%	71.63%	65.80%	70.72%	74.73%	69.30%	

ตารางที่ ผข 2 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนกันยายน (ต่อ)

	Date	23	24	25	26	27	28	30	Week4	%loss4	สรุปเดือน	%loss total
Plan	start	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00			0	
	Finish	19:35	18:00	19:00	20:00	21:00	20:50	18:50			0	
		815	720	780	840	900	890	770	5715		20590	
Actual	start	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00			0	
	Finish	19:35	18:00	19:00	20:00	21:00	20:50	18:50			0	
		815	720	780	840	900	890	770	5715		20590	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด(นาที)	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	0	0.00%
	Loading time	815	720	780	840	900	890	770	5715		20590	
Start up loss	ตอนเริ่มเดินเครื่อง	17	17	17	20	17	17	20	125	2.19%	447	2.17%
Management loss	ลากถังเศษเตรียมผลิตกะ NS	0	2	1	1	1	1	3	9	0.16%	35	0.17%
Management loss	ไม่มีสินค้าให้ freeze	60	60	0	0	0	4	0	124	2.17%	199	0.97%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	77	79	18	21	18	22	23	258	4.51%	689	3.35%
	Operating time	738	641	762	819	882	868	747	5457		19901	
	% ความพร้อมใช้งาน (Availability)	90.55%	89.03%	97.69%	97.50%	98.00%	97.53%	97.01%	95.49%		96.65%	
	รวม Minor stop	60	17	0	0	0	0	2	79		89	
Minor loss	น้ำแข็งกะ ผลิต	60	17	0	0	0	0	2	79	1.45%	94	0.47%
Speed loss		171	138	131	156	217	184	136	1132	20.74%	5336	26.81%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย(นาที)	231.1	154.6	130.6	155.6	217.4	183.9	137.9	1211.0	0	5430	0
	Net Operating time	507	486	631	663	665	684	609	4246		14471	
target	speed(kg/minute)	17.17	19.37	16.38	17.19	18.53	18.61	18.13	17.91		19.21	
Target (perform)	kg	12,669	12,415	12,478	14,081	16,344	16,153	13,545	97,685		382191	
Actual	kg	8,702	9,421	10,340	11,406	12,316	12,730	11,045	75,960		277074	
	% ประสิทธิภาพ (Performance)	68.69%	75.88%	82.86%	81.00%	75.36%	78.81%	81.54%	77.81%		72.72%	
ของเสียในไลน์	ปลาผลิต (สไลด์ไม่หมด)	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	2450	0.88%
	ปลาน้ำ	0	0	0	27.6	11.4	87.6	120	247	0.32%	1825	0.66%
	เปลี่ยน lot	19.2	16.8	24.6	0	9	12.6	3	85	0.11%	377	0.14%
Defect loss	รวมของเสีย(kg)	19.2	16.8	24.6	27.6	86.1	100.2	123	398	0.52%	5115	1.85%
Defect	รวมของเสีย(นาที)	1.12	0.87	1.50	1.61	4.65	5.38	6.78	22		258	
	Value Operating time	506	486	630	662	660	679	602	4224		14213	
	รวมของเสีย(kg)	8683	9404	10315	11378	12230	12630	10922	75562		271959	
	% คุณภาพ (Quality)	99.78%	99.82%	99.76%	99.76%	99.30%	99.21%	98.89%	99.48%		98.15%	
	%OEE	62.06%	67.43%	80.76%	78.78%	73.33%	76.26%	78.22%	73.91%		68.99%	

ตารางที่ ผข 3 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนตุลาคม

	Date	1	2	3	4	5	Week1	%loss1
Plan	start	5:30	5:30	5:30	5:30	5:30		
	Finish	16:30	18:30	17:30	19:00	18:00		
		660	780	720	810	750	3720	
Actual	start	5:30	5:30	5:30	5:30	5:30		
	Finish	16:30	18:30	17:30	19:00	18:00		
		660	780	720	810	750	3720	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด(นาที)	0	0	0	0	0	0	0.00%
	Loading time	660	780	720	810	750	3720	
Start up loss		20	20	20	20	17	97	2.61%
Management loss	ไม่มีสินค้าให้ freeze	0	90	30	0	0	120	3.23%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	20	110	50	20	17	217	5.83%
	Operating time	640	670	670	790	733	3503	
	% ความพร้อมใช้งาน(Availability)	96.97%	85.90%	93.06%	97.53%	97.73%	94.17%	
	รวม Minor stop	0	0	0	0	0	0	0.00%
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ปลายคัต	0	0	0	0	0	0	0.00%
Speed loss		60	47	112	190	131	540	15.40%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย(นาที)	60.2	47.0	111.7	189.7	130.9	539.6	0
	Net Operating time	580	623	558	600	602	2963	0
target	speed(kg/minute)	18.95	17.96	18.85	17.63	17.96	18.27	
Target (perform)	kg	12,130	12,035	12,631	13,925	13,168	63,889	
Actual	kg	10,989	11,192	10,524	10,581	10,816	54,101	
	% ประสิทธิภาพ(Performance)	90.60%	92.99%	83.32%	75.98%	82.14%	84.60%	
ข้อเสียในไลน์	ปลายรอผลิต (สไลด์ไม่หมด)	0	0	0	0	0	0	0.00%
	ปลายนับ	19.2	93.6	21	4.8	0	139	0.26%
	เปลี่ยน lot	10.8	3	0	0	0	14	0.03%
Defect loss	รวมข้อบกพร่อง(kg)	30	96.6	21	4.8	0	152	0.28%
Defect	รวมข้อบกพร่อง(นาที)	1.58	5.38	1.11	0.27	0.00	8	
	Value Operating time	578	618	557	600	602	2955	
	รวมข้อบกพร่อง(kg)	10959	11095	10503	10576	10816	53949	
	% คุณภาพ (Quality)	99.73%	99.14%	99.80%	99.95%	100.00%	99.72%	
	%OEE	87.61%	79.19%	77.38%	74.08%	80.28%	79.44%	

ตารางที่ ผข 3 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนตุลาคม (ต่อ)

	Date	7	8	9	10	11	12	Week2	%loss2
Plan	start	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00		
	Finish	19:00	17:30	18:30	17:10	18:30	18:30		
		780	690	750	670	750	750	4390	
Actual	start	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00	6:00		
	Finish	19:00	17:30	18:30	17:10	18:30	18:30		
		780	690	750	670	750	750	4390	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด(นาที)					0	0	0	0.00%
	Loading time	780	690	750	670	750	750	4390	
Start up loss		17	20	17	20	17	17	108	2.46%
Management loss	ไม่มีสินค้าให้ freeze	60	30	40	30	60	0	220	5.01%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	77	50	57	50	77	17	328	7.47%
	Operating time	703	640	693	620	673	733	4062	
	% ความพร้อมใช้งาน(Availability)	90.13%	92.75%	92.40%	92.54%	89.73%	97.73%	92.53%	
	รวม Minor stop	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ปลากัด	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Speed loss		94.8	136.8	150.3	88.4	125.0	185.4	781	19.22%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย(นาที)	94.8	136.8	150.3	88.4	125.0	185.4	780.8	0
	Net Operating time	608	503	543	532	548	548	3281	
target	speed(kg/minute)	17.67	18.36	18.06	18.01	17.58	18.22	17.98	
Target (perform)	kg	12,420	11,751	12,515	11,164	11,831	13,354	73,035	
Actual	kg	10744	9239	9801	9572	9633	9977	58,965	
	% ประสิทธิภาพ(Performance)	86.51%	78.62%	78.32%	85.74%	81.42%	74.71%	80.78%	
ของเสียในไลน์	ปลารอผลิต (สไลด์ไม่หมด)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	ปลานิ่ม	4.8	9.6	21	3	0	0	38	0.07%
	เปลี่ยน lot	5.4	0	49.2	0	7.8	15	77	0.13%
	ปลาแตก	0	0	3.6	0	0	0	4	0.01%
	ทลลง	0	120	0	0	0	0	120	0.20%
Defect loss	รวมยอดของเสีย(kg)	10.2	129.6	73.8	3	7.8	15	239	0.41%
Defect	รวมยอดของเสีย(นาที)	0.58	7.06	4.09	0.17	0.44	0.82	13	
	Value Operating time	608	496	539	531	548	547	3268	
	รวมยอดของดี(kg)	10734	9109	9727	9569	9625	9962	58726	
	% คุณภาพ (Quality)	99.91%	98.60%	99.25%	99.97%	99.92%	99.85%	99.59%	
	%OEE	77.89%	71.90%	71.82%	79.32%	73.00%	72.91%	74.44%	

ตารางที่ ผข 3 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนตุลาคม (ต่อ)

	Date	14	15	16	17	18	19	Week3	%loss3
Plan	start	6:00	5:30	5:30	5:30	5:30	5:30		
	Finish	20:00	19:15	18:00	18:00	19:00	18:30		
		840	825	750	750	810	780	4755	
Actual	start	6:00	5:30	5:30	5:30	5:30	5:30		
	Finish	20:00	19:15	18:00	18:00	19:00	18:30		
		840	825	750	750	810	780	4755	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด(นาที)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	Loading time	840	825	750	750	810	780	4755	
Start up loss		17	17	17	17	17	17	102	2.15%
Management loss	ลากถังสินค้ามา Freeze	0	3	0	0	0	0	3	0.06%
Management loss	ไม่มีสินค้าให้ freeze	0	0	0	0	0	40	40	0.84%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	17	20	17	17	17	57	145	3.05%
	Operating time	823	805	733	733	793	723	4610	
	% ความพร้อมใช้งาน(Availability)	97.98%	97.58%	97.73%	97.73%	97.91%	92.69%	96.95%	
	รวม Minor stop	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ปลอดภัย	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Speed loss		229	282	217	197	256	195	1377	29.88%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย(นาที)	228.8	282.3	217.4	197.3	256.2	195.4	1377.3	0
	Net Operating time	594	523	516	536	537	528	3233	
target	speed(kg/minute)	18.78	20.08	19.60	19.50	19.43	19.89	19.55	
Target (perform)	kg	15,458	16,163	14,368	14,294	15,407	14,383	90,072	
Actual	kg	11,161	10,496	10,107	10,446	10,430	10,496	63,135	
	% ประสิทธิภาพ(Performance)	72.20%	64.94%	70.35%	73.08%	67.69%	72.98%	70.12%	
ของเสียในไลน์	ปลารอผลิต (สไลด์ไม่หมด)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	ปลาน้ำม	11.4	0	0	0	0	0	11	0.02%
	เปลี่ยน lot	7.2	6.6	4.2	1.8	13.8	4.8	38	0.06%
Defect loss	รวมยอดของเสีย(kg)	18.6	6.6	4.2	1.8	13.8	4.8	50	0.08%
Defect	รวมยอดของเสีย(นาที)	0.99	0.33	0.21	0.09	0.71	0.24	3	
	Value Operating time	593	522	515	536	536	527	3230	
	รวมยอดของเสีย(kg)	11142	10489	10103	10444	10416	10491	63085	
	% คุณภาพ (Quality)	99.83%	99.94%	99.96%	99.98%	99.87%	99.95%	99.92%	
	%OEE	70.62%	63.32%	68.72%	71.41%	66.19%	67.61%	67.93%	

ตารางที่ ผข 3 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนตุลาคม (ต่อ)

	Date	21	22	23	24	25	26	Week4	%loss4
Plan	start	5:30	5:30	5:30	6:00	6:00	5:30		
	Finish	18:00	18:30	17:15	20:40	20:50	18:00		
		750	780	705	880	890	750	4755	
Actual	start	5:30	5:30	5:30	6:00	6:00	5:30		
	Finish	18:00	18:30	17:15	20:40	20:50	18:00		
		750	780	705	880	890	750	4755	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด(นาที)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	Loading time	750	780	705	880	890	750	4755	
Start up loss		20	17	17	17	35	35	141	2.97%
Management loss	ไม่มีสินค้าให้ freeze	0	0	40	0	0	0	40	0.84%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	20	17	57	17	35	35	181	3.81%
	Operating time	730	763	648	863	855	715	4574	
	% ความพร้อมใช้งาน(Availability)	97.33%	97.82%	91.91%	98.07%	96.07%	95.33%	96.19%	
	รวม Minor stop	0	0	0	0	0	0	0	
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ปลอกติด	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Speed loss		182	233	173	331	331	216	1467	32.08%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย(นาที)	182.5	233.1	173.2	331.2	330.8	216.4	1467.2	0
	Net Operating time	548	530	475	532	524	499	3107	
target	speed(kg/minute)	18.92	20.22	19.68	19.50	19.98	19.69	19.66	
Target (perform)	kg	13,810	15,428	12,750	16,830	17,082	14,075	89,975	
Actual	kg	10,358	10,714	9,342	10,372	10,473	9,815	61,073	
	% ประสิทธิภาพ(Performance)	75.01%	69.44%	73.27%	61.63%	61.31%	69.73%	67.92%	
ของเสียในไลน์	ปลารอผลิต (สโกล์ไม่หมด)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	ปลาน้ำ	0	0	30	0	0	0	30	0.05%
	เปลี่ยน lot	43.2	4.8	10.8	0	0	6.6	65	0.11%
Defect loss	รวมยอดของเสีย(kg)	43.2	4.8	40.8	0	0	6.6	95	0.16%
Defect	รวมยอดของเสีย(นาที)	2.28	0.24	2.07	0.00	0.00	0.34	5	
	Value Operating time	545	530	473	532	524	498	3102	
	รวมยอดของเสีย(kg)	10315	10709	9301	10372	10473	9808	60978	
	% คุณภาพ (Quality)	99.58%	99.96%	99.56%	100.00%	100.00%	99.93%	99.84%	
	%OEE	72.70%	67.90%	67.05%	60.44%	58.90%	66.43%	65.24%	

ตารางที่ ผข 3 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนตุลาคม (ต่อ)

	Date	28	29	30	31	Week5	%loss5	สรุปเดือน	%loss total
Plan	start	6:00	5:30	6:00	6:00			0	
	Finish	20:30	17:00	17:30	17:40			0	
		870	690	690	700	2950		20570	
Actual	start	6:00	5:30	6:00	6:00			0	
	Finish	20:30	17:00	17:30	17:40			0	
		870	690	690	700	2950		20570	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด(นาที)	0	0	0	0	0	0.00%	0	0.00%
	Loading time	870	690	690	700	2950		20570	
Start up loss		35	33	35	35	138	4.68%	586	2.85%
Management loss	ไม่มีสินค้าให้ freeze	0	0	60	55	115	3.90%	535	2.60%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	35	33	95	90	253	8.58%	1124	5.46%
	Operating time	835	657	595	610	2697		19446	
	% ความพร้อมใช้งาน(Availability)	95.98%	95.22%	86.23%	87.14%	91.42%		94.54%	
	รวม Minor stop	0	0	0	0	0		0	
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ปกติ	0	0	0	0	0	0.00%	0	0.00%
Speed loss		267	144	147	92	649	24.06%	4814	24.75%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย(นาที)	266.5	143.5	146.9	91.9	648.8	0	4814	0
	Net Operating time	568	513	448	518	2048		14632	
target	speed(kg/minute)	19.73	19.95	18.61	18.35	19.16		18.92	
Target (perform)	kg	16,478	13,105	11,075	11,191	51,848		368819	
Actual	kg	11,218	10,242	8,342	9,505	39,307		276582	
	% ประสิทธิภาพ(Performance)	68.08%	78.16%	75.32%	84.93%	75.94%		75.25%	
ของเสียในไลน์	ปลารอผลิต (สไลด์ไม่หมด)	0	0	0	0	0	0.00%	0	0.00%
	ปลาน้ำ	98.4	42.6	6.6	15	163	0.41%	381	0.14%
	เปลี่ยน lot	0	4.8	0	0	5	0.01%	200	0.07%
	ทดลอง	4	4	0	0	8	0.02%	128	0.05%
Defect loss	รวมยอดของเสีย(kg)	102.4	51.4	6.6	15	175	0.45%	712	0.26%
Defect	รวมยอดของเสีย(นาที)	5.19	2.58	0.35	0.82	9		38	
	Value Operating time	563	511	448	517	2039		14594	
	รวมยอดของดี(kg)	11116	10191	8335	9490	39132		275870	
	% คุณภาพ (Quality)	99.09%	99.50%	99.92%	99.84%	99.55%		99.74%	
	%OEE	64.75%	74.05%	64.90%	73.90%	69.12%		70.95%	

ตารางที่ ผข 4 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนพฤศจิกายน

	Date	1	2	Week1	%loss1	4	5	6	7	8	9	Week2	%loss2
Plan	start	6:00	8:00			8:00	8:00	8:40	8:00	8:00	8:00		
	Finish	19:30	17:30			18:00	16:00	19:00	15:50	19:00	16:30		
		810	570	1380		600	480	620	470	660	510	3340	
Actual	start	6:00	8:00			8:00	8:00	8:40	8:00	8:00	8:00		
	Finish	19:30	17:30			18:00	16:00	19:00	15:50	19:00	16:30		
		810	570	1380		600	480	620	470	660	510	3340	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด (นาที)	0	0	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	Loading time	810	570	1380		600	480	620	470	660	510	3340	
Start up loss		35	24	59	4.28%	24	24	24	24	25	30	151	4.52%
Management loss	ไม่มีสินค้าให้ freeze	30	0	30	2.17%	30	42	0	60	0	0	132	3.95%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	65	24	89	6.45%	54	66	24	84	25	30	283	8.47%
	Operating time	745	546	1291		546	414	596	386	635	480	3057	
	% ความพร้อมใช้งาน (Availability)	91.98%	95.79%	93.55%		91.00%	86.25%	96.13%	82.13%	96.21%	94.12%	91.53%	
	รวม Minor stop	0	0	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ปลายคิด	0	0	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Speed loss		137	121	257	19.93%	103.7	82.2	136.8	15.3	96.5	67.2	502	16.41%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย (นาที)	136.7	120.6	257.3	0	103.7	82.2	136.8	15.3	96.5	67.2	501.7	0
	Net Operating time	608	425	1034	0	442	332	459	371	539	413	2555	
target	speed(kg/minute)	17.23	18.60	17.91		17.75	20.23	16.71	17.42	17.22	16.29	17.60	
Target (perform)	kg	12,837	10,154	22,990		9,689	8,374	9,962	6,724	10,937	7,817	53,502	
Actual	kg	10,481	7,911	18,392		7849	6711	7675	6457	9275	6723	44,690	
	% ประสิทธิภาพ (Performance)	81.65%	77.91%	80.07%		81.00%	80.14%	77.05%	96.03%	84.81%	86.01%	83.59%	
ของเสียในไลน์	ปลารวมผลิต (สไลด์ไม่หมด)	0	0	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	ปลาน้ำ	0	13.8	14	0.08%	1.2	46.2	0	378	492.2	289.2	1207	2.70%
	เปลี่ยน lot	0	3.6	4	0.02%	12.6	3.6	0	0	0	174	190	0.43%
Defect loss	รวมยอดของเสีย(kg)	0	17.4	17	0.09%	13.8	49.8	0	378	492.2	463.2	955	2.14%
Defect	รวมยอดของเสีย(นาที)	0.00	0.94	1		0.78	2.46	0.00	21.70	28.58	28.44	57	
	Value Operating time	608	424	1033		442	329	459	349	510	384	2473	
	รวมยอดของเสีย(kg)	10481	7894	18375		7835	6661	7675	6079	8783	6260	43293	
	% คุณภาพ (Quality)	100.00%	99.78%	99.91%		99.82%	99.26%	100.00%	94.15%	94.69%	93.11%	96.87%	
	%OEE	75.10%	74.47%	74.84%		73.58%	68.61%	74.06%	74.25%	77.27%	75.37%	74.11%	

ตารางที่ ผข 4 ตารางคำนวณค่า OEE ของเดือนพฤศจิกายน (ต่อ)

	Date	11	12	13	14	15	16	Week3	%loss3
Plan	start	8:00	7:00	7:00	7:00	7:00	7:00		
	Finish	17:00	17:00	18:00	17:00	19:00	18:00		
		540	600	660	600	720	660	3780	
Actual	start	8:00	7:00	7:00	7:00	7:00	7:00		
	Finish	17:00	17:00	18:00	17:00	19:00	18:00		
		540	600	660	600	720	660	3780	
Shutdown loss	รวมเวลาวางแผนหยุด(นาที)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	Loading time	540	600	660	600	720	660	3780	
Start up loss		25	35	30	24	24	25	163	4.31%
Management loss	ไม่มีสินค้าให้ freeze	75	80	80	80	60	85	460	12.17%
Downtime loss	รวมเวลาหยุดเครื่อง(นาที)	100	115	110	104	84	110	623	16.48%
	Operating time	440	485	550	496	636	550	3157	
	% ความพร้อมใช้งาน(Availability)	81.48%	80.83%	83.33%	82.67%	88.33%	83.33%	83.52%	
	รวม Minor stop	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Minor loss	น้ำแข็งเกาะ ผลิต	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
Speed loss		24	190	150	110	157	157	789	25.00%
Performance loss	รวมเวลาหยุดเล็กน้อย(นาที)	24.5	190.4	150.1	110.1	156.9	157.3	789.2	0
	Net Operating time	416	295	400	386	479	393	2368	
target	speed(kg/minute)	18.04	19.94	18.86	19.61	18.78	18.83	19.01	
Target (perform)	kg	7,939	9,670	10,371	9,727	11,943	10,357	60,007	
Actual	kg	7,497	5,874	7,541	7,568	8,997	7,395	44,872	
	% ประสิทธิภาพ(Performance)	94.44%	60.75%	72.71%	77.80%	75.34%	71.40%	75.00%	
ของเสียในไลน์	ปดารผลิต (สไลด์ไม่หมด)	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	ปดน้ำดื่ม	378	1.2	70.8	150	192	312	1104	2.46%
	เปลี่ยน lot	7.2	0	172.8	7.2	0	0	187	0.42%
	ปดแตก	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
	เกม Belley น้ำหนักกก	0	0	0	130	120	430	680	1.52%
Defect loss	รวมยอดของเสีย(kg)	385.2	1.2	243.6	287.2	312	742	1971	4.39%
Defect	รวมยอดของเสีย(นาที)	21.35	0.06	12.92	14.64	16.62	39.40	105	
	Value Operating time	394	295	387	371	463	353	2263	
	รวมยอดของเสีย(kg)	7112	5873	7297	7281	8685	6653	42901	
	% คุณภาพ (Quality)	94.86%	99.98%	96.77%	96.21%	96.53%	89.97%	95.61%	
	%OEE	73.00%	49.09%	58.63%	61.88%	64.24%	53.53%	59.89%	

หมายเหตุ : 1. เก็บข้อมูลได้ถึงวันที่ 16 พฤศจิกายน 2562

2. หลังวันที่ 9 พฤศจิกายน 2562 มีปัญหาในการวางแผนการผลิต ส่งผลให้ไม่สามารถ
คิดค่า OEE ได้อย่างถูกต้องได้ จึงทำการสรุปผลถึงวันที่ 9 พฤศจิกายน 2562

ภาคผนวก ก.
ตารางคุณสมบัติทางความร้อนของปลาแช่ลมนอน
(2006 ASHRAE Handbook—Refrigeration (SI))

Table 3 Unfrozen Composition Data, Initial Freezing Point, and Specific Heats of Foods*

Food Item	Moisture Content, Protein, %		Carbohydrate				Initial Freezing Point, °C	Specific Heat		Latent Heat of Fusion, kJ/kg
	x_{wo}	x_p	Fat, % x_f	Total, % x_c	Fiber, % x_{fb}	Ash, % x_a		Freezing, kJ/(kg·K) Above	Freezing, kJ/(kg·K) Below	
Whole Fish										
Cod	81.22	17.81	0.67	0.0	0.0	1.16	-2.2	3.78	2.14	271
Haddock	79.92	18.91	0.72	0.0	0.0	1.21	-2.2	3.75	2.14	267
Halibut	77.92	20.81	2.29	0.0	0.0	1.36	-2.2	3.74	2.18	260
Herring, kippered	59.70	24.58	12.37	0.0	0.0	1.94	-2.2	3.26	2.27	199
Mackerel, Atlantic	63.55	18.60	13.89	0.0	0.0	1.35	-2.2	3.33	2.23	212
Perch	78.70	18.62	1.63	0.0	0.0	1.20	-2.2	3.71	2.15	263
Pollock, Atlantic	78.18	19.44	0.98	0.0	0.0	1.41	-2.2	3.70	2.15	261
Salmon, pink	76.35	19.94	3.45	0.0	0.0	1.22	-2.2	3.68	2.17	255
Tuna, bluefin	68.09	23.33	4.90	0.0	0.0	1.18	-2.2	3.43	2.19	227
Whiting	80.27	18.31	1.31	0.0	0.0	1.30	-2.2	3.77	2.15	268

Table 5 Thermal Conductivity of Foods

Food ^a	Thermal Conductivity W/(m·K)	Temper- ature, °C	Water Content, % by mass	Reference ^b	Remarks
Fish and Sea Products					
Fish, cod ^{1a}	0.534	3	83	Lentz (1961)	0.1% fat
cod	1.46	-15	83		
	0.560	1	—	Jason and Long (1955), Long (1955)	
	1.69	-15	—	Long (1955)	
Fish, herring	0.80	-19	—	Smith et al. (1952)	Density = 0.91 g/cm ³ ; whole and gutted
Fish, salmon ^{1a}	0.531	3	67	Lentz (1961)	12% fat; <i>Salmo salar</i> from Gaspe peninsula
	1.24	-15	67		
Seal blubber ^{1a}	0.498	5	73	Lentz (1961)	5.4% fat; <i>Oncorhynchus tshawytscha</i> from British Columbia
	1.13	-15	73		
	0.197	5	4.3	Lentz (1961)	95% fat
Whale blubber ^{1a}	0.209	18	—	Griffiths and Cole (1948)	Density = 1.04 g/cm ³
Whale meat	0.649	32	—	Griffiths and Hickman (1951)	Density = 1.07 g/cm ³
	1.44	-9	—		
	1.28	-12	—	Smith et al. (1952)	0.51% fat; density = 1.00 g/cm ³

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล นางสาววิภาวี วาณิชชาติ
วันเกิด 24 ธันวาคม พ.ศ. 2540
ที่อยู่ปัจจุบัน 54/50 ถ.ติวานนท์ ต.บางกระสอ อ.เมืองนนทบุรี จ.นนทบุรี
ประวัติการศึกษา 2559 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

