รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงกระบวนการละลายปลาทูน่าด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง

(Process Improvement in Tuna Thawing Using High Voltage Electrostatic Field)

นางสาวปิยาภา แสงสกุล

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การปรับปรุงกระบวนการละลายปลาทูน่าด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง
ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวปิยาภา แสงสกุล
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมอาหาร
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ ศรีธรรม
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน คุณประนอม จำปาทอง
สถานประกอบการ บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูงของบริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะของการละลายที่เหมาะสมที่ทำให้อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าหลังการละลายอยู่ในช่วง -2.6 ถึง -0.4 °ซ ทำการทดลองกับปลาทูน่า 4 ขนาดต่าง ๆ กัน ได้แก่ ขนาด A (5.01 - 9.00 กก.) ขนาด B (9.01 -15.00 กก.) ขนาด C (15.01 - 23.00 กก.) และ ขนาด D (23.01 กก.ขึ้นไป) สภาวะของการทดลองประกอบด้วย สภาวะการละลายเดิม สภาวะเพิ่มเวลาการจ่ายกระแสไฟฟ้า 1 ชม. และสภาวะเพิ่มเวลาเวียนน้ำ 2 ชม. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยพิจารณาจากค่าดัชนีสมรรถนะของกระบวนการผลิต (C_{pk}) และร้อยละตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนด นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิใจกลางตัวปลาตกนอกช่วงที่กำหนด และหาแนวทางการแก้ไขเพื่อปรับปรุงค่าดัชนีสมรรถนะกระบวนการ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 จากการทดลองพบว่า การปรับปรุงสภาวะของกระบวนการละลายให้เหมาะสมทำให้ค่า C_{pk} ของกระบวนการละลายปลาทูน่าส่วนใหญ่เพิ่มขึ้น โดยค่า C_{pk} ของการละลายปลาขนาด A B และ D เท่ากับ -0.01 (เพิ่มขึ้น 97.37%) 1.33 (เพิ่มขึ้น 24.30%) และ 1.09 (เพิ่มขึ้น 13.54%) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม สำหรับปลาขนาด C นั้นค่า C_{pk} ของการละลายหลังการปรับปรุงไม่เปลี่ยนแปลงคือเท่ากับ 1.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Process Improvement in Tuna Thawing Using High Voltage Electrostatic Field

Student intern name: Ms. Piyapa Sangsakul

Faculty: Engineering **Department:** Food Engineering

Adviser name: Asst.Prof. Dr. Eakasit Sritham

Mentor name: Mr. Pranom Champathong

Company: Thai Union Group Public Company Limited.

ABSTRACT

This cooperative education project was aimed at improving the thawing process of Albacore tuna using high voltage electrostatic field at Thai Union Group Public Company Limited processing plant. The objective was to determine suitable thawing conditions that allows the backbone temperature of tuna after thawing to be in a range of -2.6 to -0.4 °C. The experiment was conducted on 4 different tuna sizes including size A (5.01 - 9.00 kg), size B (9.01 - 15.00 kg), size C (15.01 - 23.00 kg) and size D (from 23.01 kg). The experimental thawing conditions consisted of the original thawing condition, the condition that electric current supplying was extended for 1 hr, and the condition that water circulation was extended for 2 hrs. Data were analyzed by considering the process capability index (C_{pk}) and the percentage of out-of-range defective. Backbone temperature distribution was analyzed to identify factors that caused the backbone temperature falling out of specified range as well as seeking solutions to improve the C_{pk} of thawing process. By analyzing the data collected from August 2019 to November 2019 and implementing the procedure to improve the thawing process, it was found that C_{pk} values for majority of tuna samples were increased in that for tuna size A, B and D, the C_{pk} were -0.01 (increased by 97.37%), 1.33 (increased by 24.30%), and 1.09 (increased by 13.54%), respectively. However, for size C, the C_{pk} value after improvement remained unchanged which was 1.04.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานสหกิจศึกษา “การปรับปรุงกระบวนการละลายปลาทูน่าด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง” สามารถสำเร็จไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ จากการแนะนำจากอาจารย์ และบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณอาจารย์ และบุคลากรดังนี้

ผศ.ดร. เอกสิทธิ์ ศรีธรรม อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งคอยแนะนำ ชี้แนะแนวทางให้คำปรึกษา และแนวทางการแก้ปัญหาระหว่างการดำเนินโครงงานสหกิจศึกษา จนสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณเสาวนีย์ จิรธารานนท์ ตำแหน่งผู้จัดการโรงงาน คุณชาญชัย กระแสร์ ตำแหน่งรองผู้จัดการฝ่าย และคุณประนอม จำปาทอง ตำแหน่งผู้จัดการแผนก บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ผู้ซึ่งให้ความกรุณามาเป็นพี่เลี้ยง และคอยให้การสนับสนุนในทุกขั้นตอนการดำเนินโครงงานสหกิจศึกษาจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ที่ให้โอกาสนักศึกษาได้เข้ามาปฏิบัติงานสหกิจ ให้ความรู้และมอบประสบการณ์การทำงานเสมือนเป็นพนักงานคนหนึ่งของบริษัท ทำให้ได้ความรู้ด้านเทคนิค และด้านการดำเนินชีวิตอย่างมาก มีการดูแลอำนวยความสะดวกตลอดระยะการปฏิบัติงาน และท้ายที่สุด ขอขอบพระคุณ บุคลากรท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ซึ่งได้มีส่วนช่วยให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวปิยาภา แสงสกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ปลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต 4

2.1.1 ปลาทูน่าครีบยาว 4

2.1.2 ลักษณะทางกายภาพของปลาทูน่าครีบยาว 5

2.1.3 องค์ประกอบหลักทางเคมีของปลาทูน่า 6

2.2 กระบวนการแปรรูปปลาทูน่า 7

2.2.1 ขั้นตอนการรับวัตถุดิบ 8

2.2.2 ขั้นตอนการละลายปลา 9

2.2.3 ขั้นตอนผ่าท้อง ควักไส้ 9

2.2.4 ขั้นตอนการอบปลา 9

2.2.5 ขั้นตอนการสเปรย์ปลา 9

2.2.6 ขั้นตอนการขูดปลา 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กระบวนการละลายอาหารแช่เยือกแข็ง 10
2.3.1 พื้นฐานการละลายอาหารแช่เยือกแข็ง 10
2.3.2 จุลินทรีย์กับการละลาย 12
2.3.3 วิธีการละลายอาหารแช่เยือกแข็ง 13
2.3.4 เทคโนโลยีการละลายปลาแช่เยือกแข็งโดยใช้สนามไฟฟ้า 19
2.3.5 การถ่ายเทความร้อนในกระบวนการละลายโดยใช้น้ำ 22
2.4 แนวคิดในการดำเนินงาน 23
2.5 วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน 24
2.6 ทฤษฎีทางสถิติที่เกี่ยวข้อง 30
2.6.1 แผนภูมิควบคุมคุณภาพ 30
2.6.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย พิสัย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 36
2.6.3 การปรับปรุงแผนภูมิควบคุม 38
2.6.4 สมรรถนะของกระบวนการ 39
2.6.5 การคำนวณหาร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนด 42
2.6.6 การแจกแจงปกติ 43
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 46
3.1 การศึกษากระบวนการละลายปลา 46
3.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา 47
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสาเหตุของปัญหา 48
3.3.1 การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล 49
3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาของปลาทูน่าครีบยาว 53
3.4 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่ออุณหภูมิใจกลางตัวปลา 60
3.5 แผนการทดลองและการเก็บข้อมูล 60
3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ 60
3.5.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 มาตรฐานและการควบคุม 66
3.7 สรุปผลการศึกษา เสนอแนะ และวิจารณ์การทำงาน 66
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 67
4.1 พื้นที่อาคารละลายไฟฟ้า 67
4.2 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการที่สภาวะต่าง ๆ 67
4.2.1 ผลการวิเคราะห์สภาวะที่ 1 67
4.2.2 ผลการวิเคราะห์สภาวะที่ 2 72
4.2.3 ผลการวิเคราะห์สภาวะที่ 3 76
4.3 สรุปผลการวิเคราะห์ 67
4.4 อภิปรายผล 67
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 85
5.1 สรุปผลการทดลองและดำเนินงาน 85
5.2 ข้อเสนอแนะ 85
เอกสารอ้างอิง 87
ภาคผนวก 88
ภาคผนวก ก ตารางสถิติ 89
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย 93
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Minitab 98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของปลาทูน่า 7
ตารางที่ 3.1 สภาวะเดิมที่ใช้ในการละลายไฟฟ้าและเวียนน้ำ (สภาวะที่ 1) 48
ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลา 53
ตารางที่ 3.3 ขีดจำกัดข้อกำหนดของอุณหภูมิใจกลางตัวปลา 53
ตารางที่ 3.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครบยาวแต่ละขนาด 58
ตารางที่ 3.5 ขนาดและน้ำหนักของปลาทูน่าครีบยาวที่ใช้ในการทดลอง 61
ตารางที่ 3.6 สภาวะที่ 2 (เพิ่มเวลาละลายไฟฟ้า 1 ชม.) 64
ตารางที่ 3.7 สภาวะที่ 3 (เพิ่มเวลาเวียนน้ำ 2 ชม.) 64
ตารางที่ 4.1 สรุปผลการวิเคราะห์สมรรถนะกระบวนการที่สภาวะต่าง ๆ 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ปลาทูน่าครีบยาว 4
ภาพที่ 2.2 ลักษณะการเรียงตัวของกล้ามเนื้อปลาทูน่า 5
ภาพที่ 2.3 สัดส่วนกล้ามเนื้อสีอ่อนและสีเข้มตามภาพตัดขวางลำตัวของปลาทูน่าท้องแถบ 6
ภาพที่ 2.4 กระบวนการผลิตปลาทูน่าแปรรูป 8
ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการขูดหนัง 10
ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการขูดสะอาด 10
ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Specific enthalpy กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป 11
ภาพที่ 2.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ละลายกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป 11
ภาพที่ 2.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับ Specific enthalpy ของอาหารแช่แข็ง 12
ภาพที่ 2.10 Air Blast Thawer 15
ภาพที่ 2.11 Simple Immersion Thawer 16
ภาพที่ 2.12 Continuous Immersion Thawer 16
ภาพที่ 2.13 การเปรียบเทียบการละลายของน้ำแข็งในอาหารด้วยวิธีการละลายคลื่นเสียงและวิธีแช่น้ำ 17
ภาพที่ 2.14 ชุดอุปกรณ์ให้ความร้อนแบบโอห์มมิค 19
ภาพที่ 2.17 ลักษณะของแผนภูมิพาเรโต 28
ภาพที่ 2.18 ลักษณะแผนภาพก้างปลา 28
ภาพที่ 2.19 ลักษณะของแผนภาพการกระจาย 29
ภาพที่ 2.20 ลักษณะของแผนภูมิควบคุม 30
ภาพที่ 2.21 องค์ประกอบของแผนภูมิควบคุม 31
ภาพที่ 2.22 ลักษณะของแผนภูมิควบคุมที่อยู่ภายใต้การควบคุม 34
ภาพที่ 2.23 ค่าคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่มีสมรรถนะของกระบวนการผลิต (C_p) มากกว่า 1 40
ภาพที่ 2.24 ร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนด 42
ภาพที่ 2.25 การแจกแจงปกติ 43
ภาพที่ 2.26 การอธิบายทฤษฎีบทขีดจำกัดส่วนกลาง 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1 กระบวนการละลายปลา 47
ภาพที่ 3.2 การทดสอบการแจกแจงปกติของปลาทูน่าครีบยาว ขนาด A (สภาวะที่ 1) 49
ภาพที่ 3.3 การทดสอบการแจกแจงปกติของปลาทูน่าครีบยาว ขนาด B (สภาวะที่ 1) 50
ภาพที่ 3.4 การทดสอบการแจกแจงปกติของปลาทูน่าครีบยาว ขนาด C (สภาวะที่ 1) 51
ภาพที่ 3.5 การทดสอบการแจกแจงปกติของปลาทูน่าครีบยาว ขนาด D (สภาวะที่ 1) 52
ภาพที่ 3.6 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของปลาทูน่าครีบยาวขนาด A 54
ภาพที่ 3.7 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยขอปลาทูน่าครีบยาวขนาด B 55
ภาพที่ 3.8 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของปลาทูน่าครีบยาวขนาด C 56
ภาพที่ 3.9 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของปลาทูน่าครีบยาวขนาด D 57
ภาพที่ 3.10 ระดมสมองร่วมกับพนักงานในส่วนงานที่เกี่ยวข้อง 58
ภาพที่ 3.11 เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิใจกลางตัวปลา 60
ภาพที่ 3.12 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิใจกลางตัวปลา 61
ภาพที่ 3.13 ส่วนประกอบหลักของเครื่องละลายปลาด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง 62
ภาพที่ 3.14 ถังละลายปลาสแตนเลส 63
ภาพที่ 3.15 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลอุณหภูมิปลาหลังการละลาย 65
ภาพที่ 3.16 โปรแกรม Minitab 65
ภาพที่ 4.1 พื้นที่อาคารละลายไฟฟ้า 67
ภาพที่ 4.2 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด A (สภาวะที่ 1) 68
ภาพที่ 4.3 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด B (สภาวะที่ 1) 69
ภาพที่ 4.4 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด C (สภาวะที่ 1) 70
ภาพที่ 4.5 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด D (สภาวะที่ 1) 71
ภาพที่ 4.6 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด A (สภาวะที่ 2) 72
ภาพที่ 4.7 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด B (สภาวะที่ 2) 73
ภาพที่ 4.8 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด C (สภาวะที่ 2) 74
ภาพที่ 4.9 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด D (สภาวะที่ 2) 75
ภาพที่ 4.10 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด A (สภาวะที่ 3) 76
ภาพที่ 4.11 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด B (สภาวะที่ 3) 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.12 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด C (สภาวะที่ 3) 78

ภาพที่ 4.13 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด D (สภาวะที่ 3) 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันความต้องการอาหารแปรรูปในรูปแบบพร้อมปรุงและพร้อมรับประทานมีมากขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยในการอำนวยความสะดวกและรองรับรูปแบบการใช้ชีวิตของผู้บริโภคที่มีจำกัดในการประกอบอาหารทะเลแปรรูป โดยมีปัจจัยเสริมมาจากคุณค่าทางอาหารที่มากมายของอาหารทะเล ส่งผลให้ผู้ประกอบการในไทยพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายออกสู่ตลาดเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ทั้งนี้อาหารทะเลแปรรูปเป็นสินค้าส่งออกสำคัญของไทยที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศเป็นจำนวนมาก สะท้อนผ่านมูลค่าการส่งออกอาหารทะเลแปรรูปของไทยในปี 2559 ที่มีมูลค่า 191,005.6 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 20.2 ของอาหารทั้งหมดของไทย โดยมีทูน่ากระป๋องเป็นสินค้าหลักด้วยสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 70 ของการส่งออกอาหารทะเลแปรรูปทั้งหมด ดังนั้นภายใต้สถานการณ์ความต้องการอาหารแปรรูปเพื่อมาตอบโจทย์ไลฟ์สไตล์สมัยใหม่ที่มากขึ้น ย่อมเป็นโอกาสทางธุรกิจอันดีให้แก่ผู้ประกอบการทางด้านอาหารทะเลแปรรูปโดยเฉพาะทูน่ากระป๋องในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตน เพื่อรองรับแนวโน้มการเติบโตของตลาดอาหารทะเลแปรรูป (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2560)

การแช่เยือกแข็ง (Freezing) เป็นกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการให้ความเย็นระดับเยือกแข็งเพื่อถนอมอาหารให้เก็บได้ยาวนาน ซึ่งจะรักษาอุณหภูมิให้ต่ำกว่า -18 °ซ เพื่อรักษาคุณภาพของอาหารและคงความสดของอาหารไว้ ซึ่งอาหารแช่เยือกแข็งนั้นจะถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนการละลาย (Thawing) ซึ่งเป็นขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบที่สำคัญและมีความจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพอาหารในระหว่างการละลาย เนื่องจากในระหว่างการละลายอาหารแช่เยือกแข็ง อาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางคุณลักษณะ ทั้งด้านกายภาพ (การเสียสภาพของเนื้อสัมผัส การเปลี่ยนแปลงสี) และด้านเคมี (การสูญเสียรสชาติและสารอาหาร) ตลอดจนมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนทางชีวภาพจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระหว่างการละลายอาหารที่ยาวนาน

ในปัจจุบันบริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีละลายปลาด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง (High-voltage electrostatic field thawing) ซึ่งเป็นกระบวนการละลายที่ไม่ใช้ความร้อน และยังมีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนได้สูงกว่าปกติ ซึ่งสามารถช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการละลาย และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระหว่างการละลาย ทำให้สมบัติทางประสาทสัมผัสและโภชนาการของอาหารแปรรูปมีคุณภาพใกล้เคียงอาหารทะเลสด และมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น (Alireza Mousakhani-Ganjeh. et.al, 2015 : 149-154)

ดังนั้นโครงงานฉบับนี้จึงได้เลือกศึกษากระบวนการละลายปลาด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงค่าดัชนีสมรรถนะกระบวนการ และหาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการละลาย เพื่อให้ได้อุณหภูมิใจกลางตัวปลาให้อยู่ในช่วงที่กำหนดมากยิ่งขึ้น และเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังจากขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การละลายก่อนที่จะส่งไปยังขั้นตอนการผ่าท้อง ควักไส้ และอบต่อไป ในกระบวนการผลิตปลาของบริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง (High-voltage electrostatic field) ของบริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)

2. เพื่อควบคุมอุณหภูมิใจกลางตัวปลา (Backbone temperature) หลังการละลายให้อยู่ในช่วง -2.6 °ซ ถึง -0.4 °ซ

3. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาดต่าง ๆ กัน 4 ขนาด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการละลายปลาทูน่าครีบยาว (Albacore tuna) ทั้งหมด 4 ขนาด ดังรายละเอียดในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ขนาดและน้ำหนักของปลาทูน่าครีบยาวที่ใช้ในการทดลอง

ขนาด	น้ำหนัก (กก.)
A	5.01-9.00
B	9.01-15.00
C	15.01-23.00
D	23.01 ขึ้นไป

2. ละลายปลาด้วยเทคนิคการใช้สนามไฟฟ้าแรงดันสูง (High-voltage electrostatic field) ของบริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)

3. ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน ตั้งแต่วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2562 – 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการละลายปลา
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา
3. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสาเหตุของปัญหา
4. กำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่ออุณหภูมิใจกลางตัวปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วางแผนการทดลองและเก็บข้อมูลหาแนวทางการแก้ไขปัญหา
6. จัดทำเป็นมาตรฐานและทำการควบคุม
7. สรุปผลการศึกษา เสนอแนะ และวิจารณ์การทำงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถควบคุมอุณหภูมิใจกลางตัวปลาให้อยู่ในช่วงที่กำหนด -2.6 °ซ ถึง -0.4 °ซ
2. สามารถปรับปรุงค่าดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายปลา
3. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการการละลายปลาทูน่า
4. สามารถลดการสูญเสียสภาพปลา และการเจริญของจุลินทรีย์หลังละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงงานฉบับนี้เป็นการศึกษาเพื่อควบคุมคุณภาพปลาทูน่าครีบยาวหลังการละลายด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง กรณีศึกษา บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ซึ่งในบทนี้จะประกอบด้วยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสามารถแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้

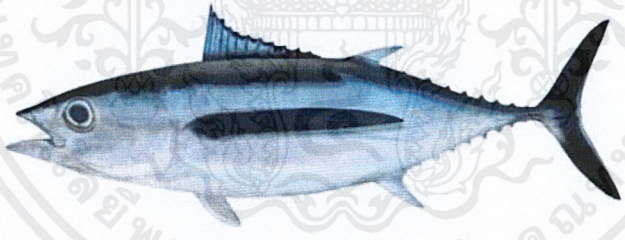
1. ปลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต
2. กระบวนการปลาทูน่าแปรรูป
3. กระบวนการละลายปลา
4. แนวคิดในการดำเนินงาน
5. ทฤษฎีทางสถิติที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต

2.1.1 ปลาทูน่าครีบยาว

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ : LONGFIN TUNA, ALBACORE

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Thunnus alalunga (Bonnatere, 1788)*



ภาพที่ 2.1 ปลาทูน่าครีบยาว

(ที่มา: https://www.fisheries.go.th สืบค้นวันที่ 15 ตุลาคม 2562)

ปลาทูน่าครีบยาวเป็นปลาทูน่าขนาดใหญ่ที่อาศัยอยู่ในมหาสมุทรในเขตอบอุ่น อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำจนถึงกลางน้ำ ในระดับ 0 - 600 เมตร อุณหภูมิระหว่าง 10 – 25 °ซ พบแพร่กระจายอยู่ในมหาสมุทรทั้งเขตร้อนจนถึงเขตอบอุ่นรวมทั้งแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนแต่จะไม่พบบริเวณผิวน้ำบริเวณละติจูดที่ 10 องศาเหนือ ถึง 10 องศาใต้ และพบแพร่กระจายอย่างกว้างขวางในแถบฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกระหว่างละติจูดที่ 50 องศาเหนือ ถึง 40 องศาใต้ และมักจะสับสนกับปลาทูน่าตาโตวัยอ่อนเนื่องจากมีลักษณะคล้ายกันมากโดยเฉพาะลักษณะของท้องที่ยาวและกลมเหมือนกัน ปลาทูน่าครีบยาวเป็นปลาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

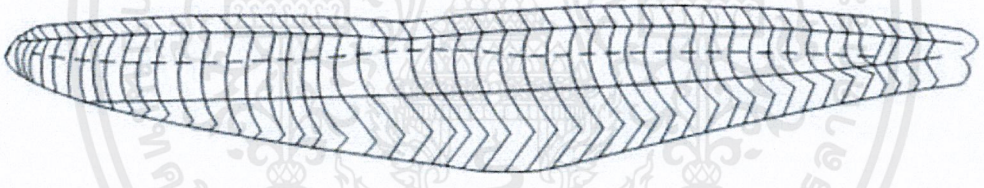
อพยพย้ายถิ่นอยู่เสมอ มักพบชุกชุมอยู่บริเวณผิวน้ำที่อุณหภูมิระหว่าง 15.6-19.4 °ซ แต่จะพบปลาขนาดใหญ่ที่อุณหภูมิน้ำอยู่ระหว่าง 13.5-25.2 °ซ ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 9.5 °ซ จะทนได้ไม่นาน มักอยู่รวมฝูงกับปลาทูน่าชนิดอื่นๆ อาหารจะเป็นพวกปลา ปูและกุ้ง รวมทั้งหมึก

ลักษณะที่เห็นได้ชัดของปลาทูน่าชนิดนี้คือ ความกว้างที่สุดของลำตัวปลาอยู่ทางท้ายลำตัวมากกว่าปลาทูน่าชนิดอื่นครีบท้องจะยาวถึง 30% ของความยาวตัว (วัดจากหัวถึงส้อมหาง) ครีบหลังแยกออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน เมื่อผ่าท้องพบว่าด้านล่างของตับจะเป็นลาย

นิยมนำมารับประทานสด รมควัน แช่แข็ง และบรรจุกระป๋อง สหรัฐอเมริกาทำการประมงปลาทูน่าชนิดนี้ในมหาสมุทรแปซิฟิกโดยต้องได้รับการรับรองจาก Marine Stewardship Council จึงมีการบริหารจัดการที่ดี

2.1.2 ลักษณะทางกายภาพของปลาทูน่าครีบยาว

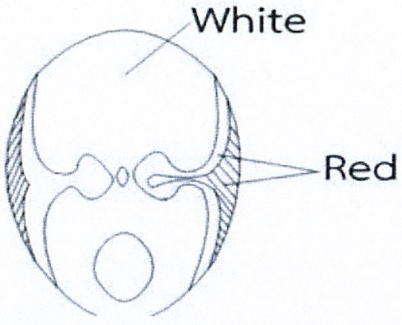
กล้ามเนื้อปลา (Block of muscle, myotomes) เรียงตัวแบบ segment ally ห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (mygcomma) กล้ามเนื้อปลาและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันนี้สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ดังภาพที่ 2.2 เมื่อสุกจะเห็นเป็นชั้น (Flakes) เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเมื่อรับความร้อนจะละลายกลายเป็นเจลทำให้เนื้อเยื่อแยกกันได้ง่าย



ภาพที่ 2.2 ลักษณะการเรียงตัวของกล้ามเนื้อปลาทูน่า
(ที่มา: LOVE, 1988)

ใต้ผิวหนังปลาจะพบกล้ามเนื้อสีคล้ำ (Red meat หรือ Dark meat) อยู่สองข้างตามเส้นข้างตัว อัตราส่วนระหว่างกล้ามเนื้อสีคล้ำและสีอ่อน (Light meat) แตกต่างกันไปตามชนิดของปลาและส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ปลาน้ำลึกมีปริมาณกล้ามเนื้อสีคล้ำน้อยกว่าปลาที่อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำ กล้ามเนื้อสีคล้ำมีปริมาณเฮโมโปรตีน (Haemoprotien) สูงและเป็นสารเริ่มต้นที่ทำให้ไขมันที่มีอยู่มากเสื่อมคุณภาพได้ง่าย เนื้อสีคล้ำทำหน้าที่เป็นคลังเก็บไขมัน ไกลโคเจนและเมตาโบไลท์อื่น ๆ ระดับของสารอินทรีย์และกรดที่ละลายได้รวมทั้งปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อสีคล้ำต่ำกว่าในเนื้อสีอ่อน (จเร วงศ์ผึ่ง และคณะ, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 สัดส่วนกล้ามเนื้อสีอ่อนและสีเข้มตามภาพตัดขวางลำตัวของปลาทูน่าท้องแถบ (ที่มา: Nilsoson et al., 1988)

2.1.3 องค์ประกอบหลักทางเคมีของปลาทูน่า

องค์ประกอบหลักของเนื้อปลาคือ น้ำ โปรตีน และไขมันซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้รวมกันมีถึงร้อยละ 98 ของน้ำหนักปลาสด และองค์ประกอบที่เหลืออื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และเกลือแร่มีอยู่ในปริมาณน้อย แต่ส่วนประกอบเหล่านี้มีความสำคัญต่อสภาพการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อปลาภายหลังการตาย ซึ่งมีผลกับเนื้อสัมผัสของปลา

1) น้ำ กล้ามเนื้อปลาประกอบด้วยน้ำร้อยละ 50-85 แตกต่างกันตามชนิดและถิ่นที่อยู่อาศัย การไม่กินอาหารของปลาในฤดูวางไข่ ทำให้พลังงานสะสมในกล้ามเนื้อลดลง ปริมาณน้ำในกล้ามเนื้อจึงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน น้ำในตัวปลาไม่แข็งที่ 0 °ซ น้ำในตัวปลาแข็งตัวที่ประมาณ-0.9 °ซ เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 0 °ซ น้ำในตัวปลาจะแข็งตัวประมาณร้อยละ 90 เท่านั้น ความคงตัวของน้ำในเนื้อปลา เกิดความชื้นในเส้นใยเนื้อปลาเกาะตัวกันแน่นรวมกับสารคอลลอยด์ น้ำในเนื้อปลามีอยู่ 2 รูปแบบ คือ รูปอิสระ และรูปยึดเหนี่ยว

<u>รูปอิสระ (Free water)</u> คือ น้ำจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้สารอื่น เช่น โปรตีนและคอลลอยด์ ขณะเดียวกันทำหน้าที่เป็นตัวละลายอื่น ๆ ด้วย

<u>รูปยึดเหนี่ยว (Bound water)</u> คือ น้ำจะอยู่ตามผิวของคอลลอยด์ ในโปรตีนและตามผนังเซลล์ เมื่อได้รับความร้อนน้ำที่อยู่ในสภาพนี้จะระเหยไปช้ากว่าน้ำที่อยู่ในรูปอิสระ ดังนั้น จึงต้องใช้ความร้อนสูงซึ่งตรงข้ามกับน้ำอิสระที่ระเหยได้ง่ายและแข็งตัวง่ายกว่า

2) โปรตีน กล้ามเนื้อของปลาประกอบด้วยโปรตีน 2 ประเภท ตามลักษณะการละลาย คือ โปรตีนไม่ละลายน้ำ ได้แก่ โปรตีนที่ยึดหดได้ทำหน้าที่ในการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อ มีประมาณร้อยละ 65-75 ของโปรตีนทั้งหมด รวมทั้งโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันซึ่งมีปริมาณน้อยกว่า มีประมาณร้อยละ 3-10 ของโปรตีนทั้งหมด และโปรตีนไม่ละลายน้ำ ได้แก่ ไกลโคโปรตีน เอนไซม์โปรตีนและไมโอโกลบินโปรตีน

3) ไขมัน พบใต้ผิวหนังและกล้ามเนื้อ จำแนกได้ 2 ชนิด ไขมันที่ร่างกายเก็บไว้ใช้พลังงาน (Deport-fat) ส่วนไขมันที่ไม่ได้ถูกสะสมเพื่อใช้เป็นพลังงาน (Non-deport-fat) ได้แก่ ฟอสโฟลิปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุมีอยู่ในปริมาณน้อย ส่วนประกอบทางเคมีของปลาทูน่าสายพันธุ์ต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิด กายวิภาค (ตำแหน่งของร่างกายของปลา) และฤดูกาล ซึ่งปลาที่อาศัยอยู่ในแถบร้อนจะไม่พบความแตกต่างเรื่องฤดูกาลอย่างชัดเจน ปลาทูน่าที่ไขมันสูงอาจเปลี่ยนสภาพเป็นปลาไขมันต่ำได้ตามฤดูกาลและแหล่งอาหาร องค์ประกอบทางเคมีของปลาทูน่าสายพันธุ์ต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 (จเร วงศ์ผึ่ง และคณะ, 2555)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของปลาทูน่า (กรัม/100 กรัม)

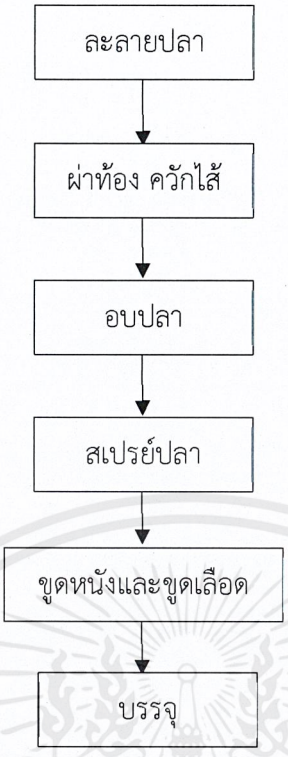
สายพันธุ์ปลา	น้ำ (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	เถ้า (%)
Albacore	62.3-78.6	19.1-27.6	0.7-18.2	0.2	1.2-2.4
Skipjack	68-71.1	23.8-26.6	0.3-7.4	-	1.3-1.7
Yellow fin	67.3-77.1	22.9-25.8	0.1-9.5	-	1.3-1.5

(ที่มา: Stanby, 1963)

2.2 กระบวนการปลาทูน่าแปรรูป

กระบวนการผลิตปลาทูน่าแปรรูป ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง ขวดแก้ว ถุงเพาวช์ (Pouch) และชิ้นลอยด์ (Tuna Loin) มีขั้นตอนการผลิตหลักที่เหมือนกัน ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 กระบวนการผลิตปลาทูน่าแปรรูป

2.2.1 ขั้นตอนการรับวัตถุดิบ

การรับวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ และการคัดขนาดวัตถุดิบ มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1.1 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ

ก่อนการนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตจะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของปลา เช่น สภาพปลา อุณหภูมิ และความสดของปลา และสุ่มตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี เช่น สารปรอท ฮิสตามีน โดยความถี่ในการสุ่มตรวจขึ้นอยู่กับประวัติการควบคุมคุณภาพปลา และความเสี่ยงในการตรวจพบสารดังกล่าว หลังจากนั้นจึงแยกปลาที่ไม่ได้คุณภาพออก เช่น ปลาที่บอบช้ำอย่างรุนแรง เหม็นเปรี้ยว และเน่าเสีย เป็นต้น

2.2.1.2 การคัดขนาดวัตถุดิบ

ในการคัดขนาดของวัตถุดิบพนักงาน ณ จุดเตรียมวัตถุดิบนำวัตถุดิบที่ได้ผ่านการตรวจสอบทั้งคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี เข้าสู่ขั้นตอนการคัดขนาดวัตถุดิบ ซึ่งมีขั้นตอนการคัดขนาดวัตถุดิบตามลำดับดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) รับวัตถุดิบลงจากรถบรรทุก โดยเทลงบนสายพานสำหรับคัดขนาดปลา

2) เทปลาที่ได้รับการคัดขนาดลงในบ่อปลาแต่ละถังเพื่อดำเนินการกำหนดรุ่นการผลิต (Batch)

2.2.2 ขั้นตอนการละลายปลา

ในขั้นตอนการละลายปลา ต้องนำปลาที่อยู่ในสภาพแช่แข็งมาละลาย ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับสภาพปลา ชนิดปลา และขนาดปลาโดยมีขั้นตอนดังนี้

1) รับปลาจากห้องเย็น โดยจะต้องทำการหมุนเปลี่ยนถังมาเป็นถังที่ใช้ในการละลาย

2) ทำการตรวจสอบขนาดปลา ชนิดปลา และเวลารับปลาว่าตรงตามแผนหรือไม่ ถ้าไม่ตรงตามแผนการผลิตต้องทำการแจ้งเพื่อส่งกลับไปยังห้องเย็น

3) ทำการละลายปลาโดยใช้ระยะเวลาในการละลายตามเวลามาตรฐานที่กำหนด

4) เมื่อเสร็จสิ้นการละลาย พนักงานจะทำการวัดอุณภูมิที่ใจกลางตัวปลา (Backbone Temperature) และอุณหภูมิผิวปลา (Surface Temperature)

5) แจ้งพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์เพื่อนำปลาส่งไปยังขั้นตอนผ่าท้อง ควักไส้

2.2.3 ขั้นตอนผ่าท้อง ควักไส้

ปลาที่ผ่านขั้นตอนการละลายปลา จะต้องเข้าสู่กระบวนการผ่าท้องและควักไส้ โดยจะทำการผ่าท้อง ควักไส้ ตัดหัวปลา และส่งไปผ่ากลางตัวปลา จากนั้นจึงล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ในปลา หลังจากนั้นจึงทำการตรวจสอบคุณภาพของปลา และจะมีพนักงานดมปลาเพื่อตรวจเช็คปลาเน่าเสีย หากไม่ผ่านจะไม่นำไปผลิต ส่วนปลาที่ผ่านการตรวจสอบจะนำไปจัดเรียงบนตะแกรงเพื่อส่งไปยังตู้อบปลา

2.2.4 ขั้นตอนการอบปลา

ปลาที่ผ่านขั้นตอนการผ่าท้อง ควักไส้แล้ว พนักงานจะนำมาอบโดยใช้ตู้อบ (Retort) เวลาที่ใช้ในการอบปลาจะขึ้นอยู่กับขนาด ชนิดของปลา และอุณหภูมิปลาหลังการละลาย

2.2.5 ขั้นตอนการสเปรย์ปลา

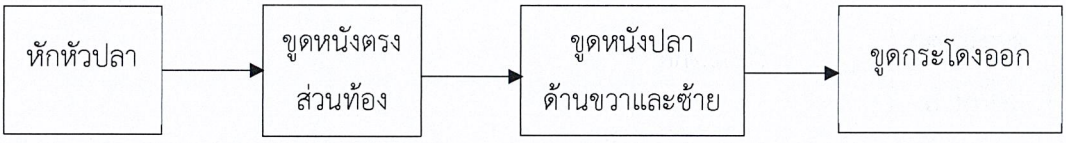
ขั้นตอนการสเปรย์ปลามีวัตถุประสงค์เพื่อลดอุณหภูมิปลาหลังจากการอบปลา และป้องกันการเกิดความร้อน (Overcooking) ซึ่งจะส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของปลา (% Yield) หลังจากเสร็จขั้นตอนการอบปลา พนักงานจะลำเลียงรถเข็นมาบริเวณห้องสเปรย์ปลา ทำการเปิดน้ำสเปรย์ปลาและควบคุมเวลาการเปิด-ปิดน้ำ พนักงานจะคอยควบคุมและตรวจสอบอุณหูมิปลาจนกระทั่งได้อุณหภูมิตามที่กำหนดแล้วจึงนำออกจากห้องและส่งไปยังขั้นตอนการขูดปลาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ขั้นตอนการขูดปลา

ปลาหลังจากขั้นตอนการอบและสเปรย์จะนำมาทำการขูด มี 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ การขูดหนัง (Skinning) และการขูดสะอาด (Cleaning)

1) การขูดหนัง (Skinning)



ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการขูดหนัง (Skinning)

2) การขูดสะอาด (Cleaning)

ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการขูดสะอาด (Cleaning)

<u>เกรดของการขูด</u>

- SINGLE STANDARD (Skipjack 1) ผิวเหลืองยอมรับได้ (100% ของพื้นที่ผิว)
- SINGLE FANCY (Skipjack 2) ผิวเหลืองยอมรับได้ (ไม่เกิน 60% ของพื้นที่ผิว)
- SINGLE FANCY (Skipjack 2) ผิวเหลืองยอมรับได้ (30% ของพื้นที่ผิว)
- USA 3 ผิวเหลืองยอมรับได้ (60% ของพื้นที่ผิว)
- USA 2 ผิวเหลืองยอมรับได้ (30% ของพื้นที่ผิว)
- USA 1 ผิวเหลืองยอมรับได้ (10% ของพื้นที่ผิว)
- DOUBLE เหลาออก ผิวยอมรับได้10%
- TRIPLE ผิวขาว สะอาด

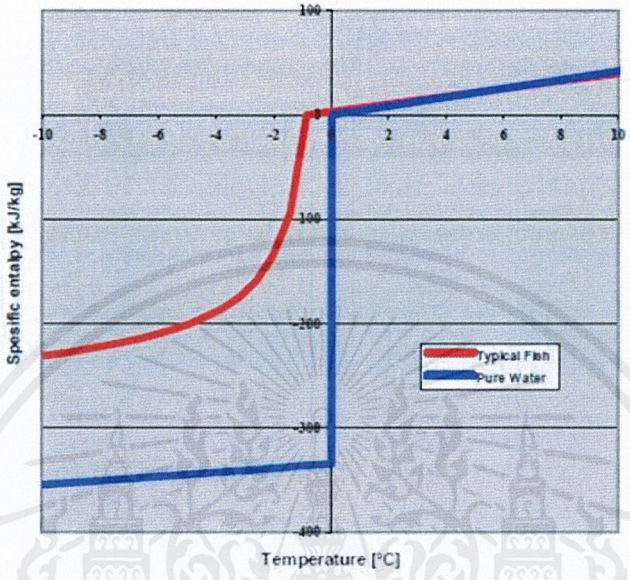
2.3 กระบวนการละลายอาหารแช่เยือกแข็ง

2.3.1 พื้นฐานการละลายอาหารแช่เยือกแข็ง

การละลายของอาหารแช่แข็งเกิดจากการหลอมเหลวของน้ำแข็งในอาหารแช่แข็ง โดยเกิดจากการให้พลังงานแก่อาหารแช่แข็ง เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเอนทรัลปีจำเพาะ (Specific enthalpy) หรือ ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าหรือออกจากระบบในกระบวนการที่ความดันคงที่กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป พบว่าการละลายนั้นเป็นการดูดกลืนพลังงานส่งผลให้ค่า Specific enthalpy เพิ่มขึ้น ดังภาพที่

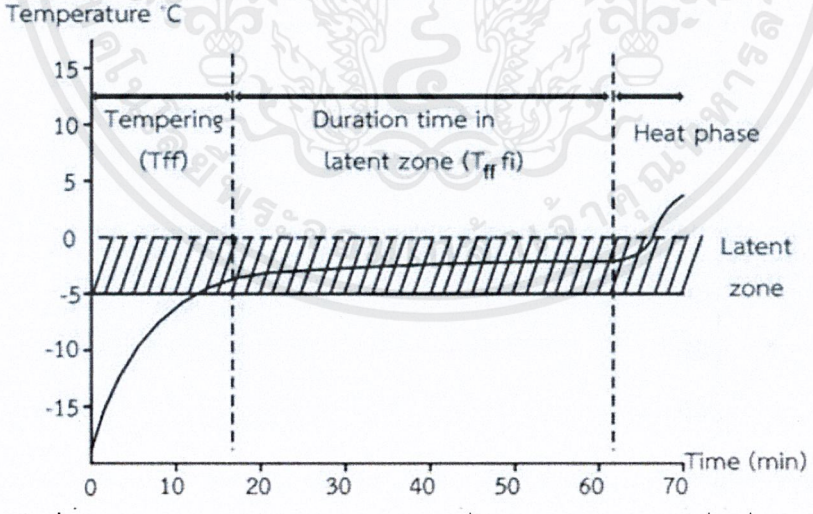
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 พบว่าน้ำบริสุทธิ์มีเส้นกราฟค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ตัวอย่างปลามีเส้นกราฟการละลายไม่คงที่เนื่องจากมีส่วนประกอบอื่นนอกจากน้ำ เช่น โปรตีน ไขมัน และอื่น ๆ และในกระบวนการละลายอาหารแช่แข็งเริ่มตั้งแต่อุณหภูมิที่ทำการแช่แข็งจนกระทั่งถึงอุณหภูมิหลอมเหลว สามารถแบ่งกระบวนการได้ 3 ระยะ ดังภาพที่ 2.8 และภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Specific enthalpy กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

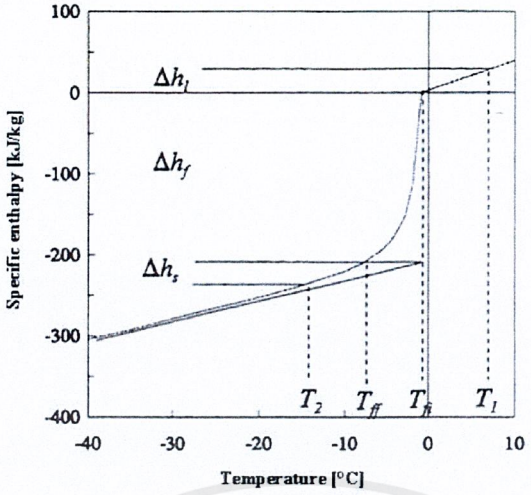
(ที่มา: Haugland, 2002)



ภาพที่ 2.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ละลายกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

(ที่มา: Haugland, 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับ Specific enthalpy ของอาหารแช่แข็ง (ที่มา: Haugland, 2002)

ระยะที่ 1 เรียกว่า Tempering phase (Ts ทำให้อุณหภูมิในอาหารแช่แข็งเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกิดการหลอมเหลวของน้ำแข็งภายในอาหารระยะนี้ค่อนข้างสั้น ค่าความจุความร้อนจำเพาะต่ำ (Specific heat capacity, Cp) และค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) สูง

ระยะที่ 2 เรียกว่า Latent zone phase ($T_{ff} < T < T_{fi}$) น้ำแข็งเกิดการหลอมเหลวเนื่องจากพลังงานความร้อนที่เพิ่มให้ คือ Δhf โดยอุณหภูมิของอาหารในระยะนี้ค่อนข้างคงที่จนกระทั่งถึงจุด T_{fi} ซึ่งเป็นอุณหภูมิเยือกแข็งของอาหารหรือเรียกว่า Freezing point ระยะนี้ถือว่าเป็นระยะที่มีความสำคัญต่อกระบวนการละลายอาหารแช่แข็ง เนื่องจากเป็นระยะที่น้ำแข็งเริ่มเปลี่ยนสถานะหรือเกิดการละลายของผลึกน้ำแข็ง ถ้าช่วงนี้ใช้เวลานานจะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ที่ใหญ่ขึ้น (Recrystallization) ซึ่งสามารถทำลายเนื้อเยื่อโครงสร้างและเนื้อเยื่อสัมผัสของอาหาร ดังนั้นกระบวนการละลายอาหารแช่แข็งที่ดีควรทำให้กระบวนการผ่านระยะ Latent zone phase อย่างรวดเร็ว

ระยะที่ 3 เรียกว่า Heating phase ($T > T_{fi}$) เป็นระยะหลังจากน้ำแข็งละลายหมดในระยะนี้ ค่าความจุความร้อนต่ำ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากพลังงานความร้อนที่เพิ่มให้ คือ Δhl (จเร วงศ์ผึ่งและคณะ, 2555)

2.3.2 จุลินทรีย์กับการละลาย

ในระหว่างการละลายอาหารมีแนวโน้มที่จะเกิดการเสื่อมเสีย อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ ฉะนั้นอาจกล่าวได้ว่า กระบวนการละลายเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดความเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่ากระบวนการแช่แข็ง ดังนั้นการละลายที่ใช้เวลาสั้นโดยทั่วไปจะให้อาหารที่มีคุณภาพดีกว่าการใช้เวลานาน การละลายจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลเสีย คือ

1. การเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ที่ใหญ่ขึ้น (Recrystallization) ซึ่งสามารถทำลายเนื้อเยื่อโครงสร้างและเนื้อเยื่อสัมผัสของอาหาร

2. การเกิดปฏิกิริยาเคมีในอัตราที่สูงอย่างรวดเร็ว มีผลเสียต่อสี กลิ่น รสและคุณภาพทางอาหาร

3. มีผลให้เกิดการปรับตัวและเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด โดยเฉพาะหากเวลาในการละลายนั้นนาน อย่างไรก็ตามในเรื่องของการอยู่รอดของจุลินทรีย์นี้เกิดขึ้นกับปัจจัยหลายประการ คือ ชนิดของจุลินทรีย์ ความเร็วและอุณหภูมิในการแช่แข็ง องค์ประกอบของอาหารที่อาจปกป้องการทำลายเซลล์จุลินทรีย์โดยผลึกน้ำแข็งและความเร็ว อุณหภูมิในการละลายน้ำแข็ง ดังนั้น ในรายงานทางวิชาการจึงพบว่าการที่ทิ้งให้อาหารละลายอย่างช้า ๆ ทำให้จุลินทรีย์บางชนิดเกิดขึ้นได้

อัตราการละลายอาหารแช่แข็งช้าหรือเร็วมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยการละลายอาหารแช่แข็งอย่างรวดเร็วจะเป็นการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเจริญของเชื้อก่อโรค แต่ถ้าอาหารถูกละลายอย่างช้า ๆ อุณหภูมิบนผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ แม้ว่าบริเวณภายในของอาหารจะยังคงเป็นน้ำแข็งอยู่ ดังนั้นการทำให้อาหารแช่แข็งละลายอย่างรวดเร็วเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียน้อยกว่าการทำให้อาหารละลายอย่างช้า ๆ (จเร วงศ์ผึ่ง และคณะ, 2555)

2.3.3 วิธีการละลายอาหารแช่เยือกแข็ง

การละลายอาหารแช่เยือกแข็งเป็นขั้นตอนในการเตรียมวัตถุดิบอาหารสำหรับการแปรรูปที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นในการควบคุมคุณภาพอาหารในระหว่างการละลาย เนื่องจากในระหว่างการละลายอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกายภาพและเคมี ตลอดจนมีอัตราเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารพิษจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระหว่างขั้นตอนการละลายที่ยาวนาน (สมัคร รักแม่, 2558)

การละลายอาหารแช่เยือกแข็งแบ่งเป็น 2 วิธีการตามลักษณะของกลไกการถ่ายเทความร้อนในระหว่างการละลาย ได้แก่

2.3.3.1 การใช้ตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนสู่ผลิตภัณฑ์

การละลายด้วยวิธีนี้ทั้งวิธีการแบบดั้งเดิมและการสร้างความร้อนให้เกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ ซึ่งวิธีการละลายด้วยวิธีแบบดั้งเดิมมีอัตราการละลายช้าและใช้เวลานาน และใช้พื้นที่มาก ดังตัวอย่างเช่น การละลายโดยใช้น้ำ การละลายโดยใช้ลม เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของอาหารระหว่างการละลาย เนื่องจากในระหว่างการละลายผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กที่อยู่รอบ ๆ โครงสร้างเซลล์ในอาหารจะรวมตัวกันเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ซึ่งแทรกอยู่ระหว่างโครงสร้างเซลล์ และคมของผลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำแข็งจะทำลายผลังโครงสร้างเซลล์ในอาหาร ส่งผลให้ของเหลวที่เซลล์เกิดการสูญเสีย หรือการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการละลาย (Drip Loss) ดังนั้นการละลายอาหารแช่เยือกแข็งที่อัตราการละลายแบบช้า ๆ จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ รวมถึงเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของอาหารแช่เยือกแข็งอย่างมาก นอกจากนี้ยังมีโอกาสเกิดความเสี่ยงของการปนเปื้อนสารพิษเนื่องจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ในปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการละลาย เพื่อเพิ่มอัตราการละลาย และลดการสูญเสียคุณภาพของอาหารในระหว่างการละลาย ดังตัวอย่างเช่น การละลายด้วยคลื่นเสียง (Ultrasonic Thawing) การละลายด้วยไมโครเวฟ (Microwave Thawing) การละลายด้วยเทคโนโลยีโอห์มมิค (Ohmic Thawing) และการละลายโดยใช้แรงดันสูง (High Pressure Thawing) เป็นต้น ซึ่งการละลายโดยเทคโนโลยีสมัยใหม่ช่วยลดข้อเสียของการละลายด้วยวิธีดั้งเดิมและนำมาประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม สามารถลดการใช้พื้นที่และตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน และลดการสูญเสียคุณภาพในด้านต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ซึ่งการทำละลายอาหารแช่เยือกแข็งโดยใช้ตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนสู่ผลิตภัณฑ์สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้ (อุมาพร อุประ และคณะ, 2554)

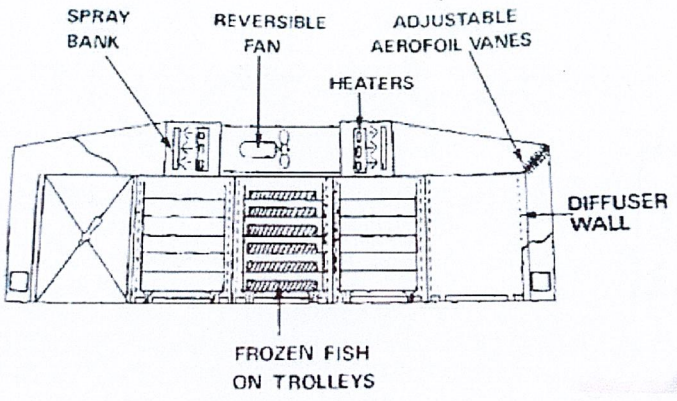
1) การละลายในสภาพบรรยากาศปกติ

ผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งสามารถถูกทำลายที่อุณหภูมิห้องโดยทิ้งไว้ค้างคืน และอุณหภูมิไม่ควรเกิน 18 °ซ คุณภาพผลิตภัณฑ์จะยังดีอยู่ แต่มีผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ปลาเฮอริง จะต้องทำละลายในระยะเวลาที่สั้น เนื่องจากจะมีกลิ่นไม่ดีถ้าใช้เวลาในการทำละลายนาน โดยวิธีนี้มีข้อเสียของการทำละลายคือต้องการเนื้อที่มากและใช้เวลานาน

2) การละลายโดยใช้พัดลมเป่า

วิธีการนี้ประยุกต์มาจากการละลายในสภาพบรรยากาศปกติแต่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า เวลาที่ใช้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม รูปร่างและขนาดของผลิตภัณฑ์ โดยอุณหภูมิของอากาศต้องไม่สูงกว่า 20 °ซ ความเร็วลมที่พัดผ่านผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่า 6 เมตรต่อวินาที และลมเป่าต้องอิ่มตัวด้วยไอน้ำจึงไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง ซึ่งจะมีผลทำให้ได้ลักษณะไม่ดีและน้ำหนักลดลง โดยเครื่องทำละลายด้วยวิธีการใช้พัดลมเป่า จะมีลักษณะดังภาพที่ 2.10 (มยุรี, 2532)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 Air Blast Thawer

(ที่มา: http://www.fao.org สืบค้นเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2562)

3) การละลายโดยใช้น้ำในการช่วยทำละลาย

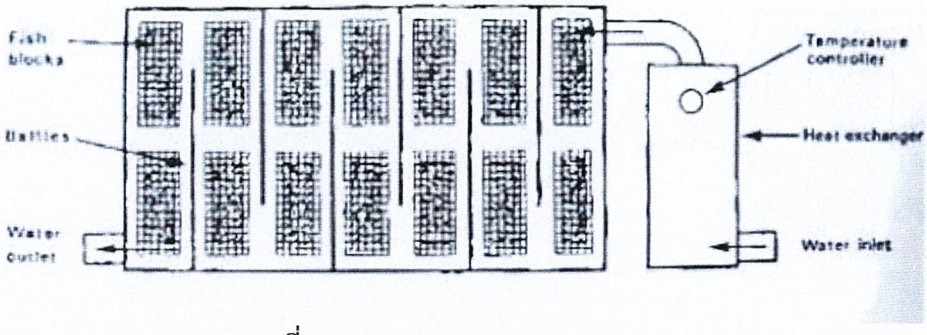
เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในระดับกระบวนการอุตสาหกรรม เนื่องจากเหมาะสำหรับละลายอาหารแช่เยือกแข็งในปริมาณที่มากเพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการผลิต จึงนิยมใช้การละลายน้ำแข็งโดยใช้น้ำ หรือแช่ลงในน้ำ ดังภาพที่.. และเป็นวิธีการที่เหมาะสมต่ออุตสาหกรรมการละลายปลาแช่เยือกแข็ง ใช้เวลาอันสั้น ทั้งยังชดเชยน้ำหนักที่สูญเสียไประหว่างการแช่เย็นและการแช่เยือกแข็ง

สำหรับการละลายอาหารชนิดอื่นด้วยวิธีการนี้ ต้องกระทำการด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากน้ำที่ใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจะเข้าไปภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำให้เกิดลักษณะเนื้อคล้ายฟองน้ำ (Sponge) มีผลทำให้คุณภาพเนื้อของผลิตภัณฑ์ต่ำลง เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ เนื้อไก่ เนื้อหมู เป็นต้น และยังก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการละลาย (Drip loss) ซึ่งสามารถแก้ไขโดยการบรรจุอาหารแช่เยือกแข็งลงในบรรจุภัณฑ์ก่อนเข้าสู่กระบวนการละลาย

สำหรับอุตสาหกรรมที่มีขนาดเล็กควรใช้ Simple Immersion Thawer ดังภาพที่ 2.11 โดยเรียงก้อนผลิตภัณฑ์เป็นแถว และมีทางน้ำไหลเข้าออกผ่านก้อนผลิตภัณฑ์ที่เรียงไว้ มีแผ่นกระดาษบังคับทิศทางการไหลของน้ำ วิธีการนี้จะช่วยให้การละลายน้ำแข็งออกสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีไม่มากนักสามารถทำได้เร็วขึ้น

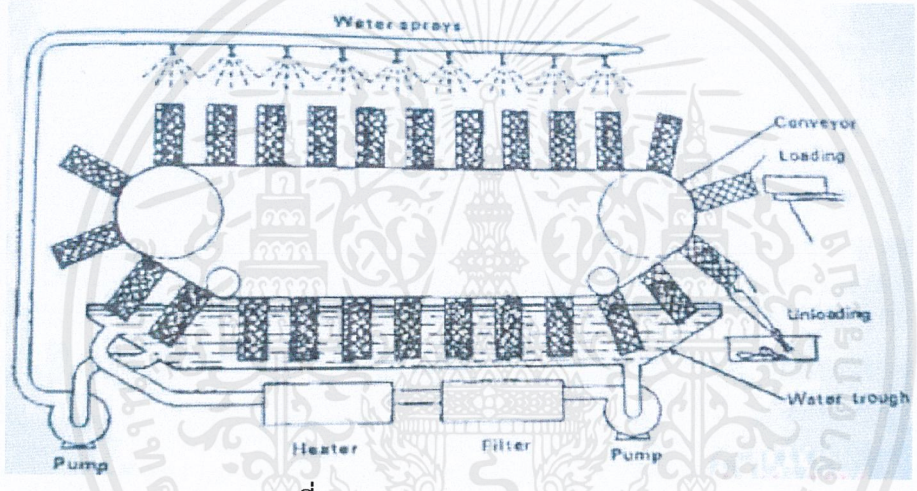
ถ้าเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ใช้ Continuous Immersion Thawer ดังภาพที่ 2.12 การลำเลียงผลิตภัณฑ์เยือกแข็งใช้สายพานรับและส่งเข้าไปผ่านภาชนะบรรจุ อุณหภูมิประมาณ 18 °ซ และผ่านออกไปเมื่อละลายน้ำแข็งออกเกือบหมด ระยะเวลาที่ผ่านภาชนะบรรจุน้ำสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามขนาดก้อนผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจมีการพ่นน้ำด้านบนช่วยด้วย ความระมัดระวังอยู่ที่ความสะอาดของน้ำที่ใช้ ถ้าสกปรกจะทำให้มีการแพร่ของเชื้อโรคได้ บางครั้งจึงต้องมีเครื่องกรองและมีการถ่ายเทน้ำออก และเปลี่ยนน้ำใหม่เป็นครั้งคราว (อุมาพร และคณะ, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 Simple Immersion Thawer

(ที่มา: http://www.fao.org สืบค้นเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2562)



ภาพที่ 2.12 Continuous Immersion Thawer

(ที่มา: http://www.fao.org สืบค้นเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2562)

4) การละลายด้วยเทคโนโลยีแรงดันสูง

การละลายด้วยเทคโนโลยีแรงดันสูงเป็นนวัตกรรมสมัยใหม่ในการละลายอาหารแช่เยือกแข็ง โดยใช้หลักการ การสร้างสภาวะแรงดันอากาศสูงในระบบการละลาย ประมาณ 200-400 เมกะปาสคาล (MPa) สภาวะดังกล่าวจะทำให้ผลึกน้ำแข็งที่อยู่ในโรงสร้างอาหารสามารถเปลี่ยนเฟสจากของแข็งเป็นของเหลวได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึง ซึ่งสามารถลดการรวมตัวของผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ส่งผลกระทบต่อการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการละลายอาหารแช่เยือกแข็ง

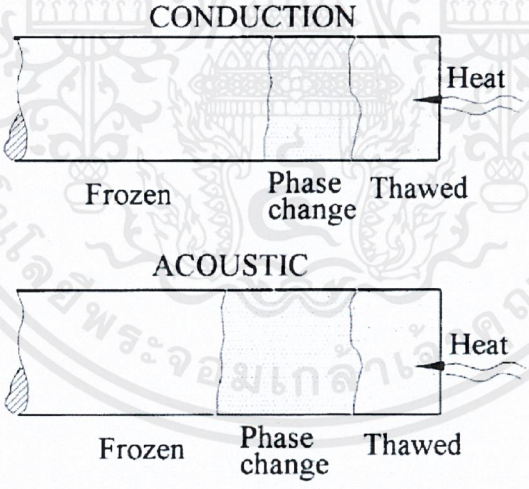
อย่างไรก็ตามการละลายด้วยเทคโนโลยีแรงดันสูงมีต้นทุนพลังงานสำหรับการสร้างสภาวะแรงดันสูงที่สูงมาก เทคโนโลยีการละลายดังกล่าวจึงไม่เป็นที่นิยมใช้กันในระดับอุตสาหกรรม แม้ว่าจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่าการละลายด้วยวิธีการอื่น ๆ (ฤทธิชัย อัศวราชันย์, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.2 การสร้างความร้อนให้เกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์

1) การละลายด้วยเทคโนโลยีคลื่นความถี่ (Acoustic/Ultrasonic Thawing)

อัลตร้าโซนิค (Ultrasonic) เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์จะได้ยินมีความถี่สูงเกินกว่า 20 กิโลเฮิร์ตขึ้นไป สมบัติเด่นของคลื่นย่านอัลตร้าโซนิค คือสามารถกำหนดคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง ไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบสามารถพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือเรียกว่า มีทิศทาง จึงมีการนำคลื่นเสียงมาใช้ร่วมกับการละลายน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการละลาย โดยคลื่นเสียงจะช่วยกระตุ้นการเปลี่ยนสถานะของผลึกน้ำแข็งภายในวัสดุอาหารแช่เยือกแข็งได้ดีกว่าการละลายโดยกลไกการถ่ายเทความร้อนแบบทั่วไป โดยคลื่นเสียงจะเร่งการสั่นสะเทือนของผลึกน้ำแข็งให้เกิดการเสียดสีกันและเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวทันที สามารถลดปรากฏการณ์การรวมตัวของผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ (Recrystallization) ซึ่งการเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลเสียต่อโครงสร้างเซลล์อาหารหรือการสูญเสียน้ำหนักของอาหารระหว่างการแช่เยือกแข็ง ดังภาพที่ 2.13 แต่เทคโนโลยีดังกล่าวยังไม่ได้รับความนิยมและนำมาใช้ในกระบวนการละลายในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากยังจำเป็นต้องใช้ปริมาณน้ำในการละลายที่มากและยังคงมีข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากวิธีการละลายแบบดั้งเดิม (อุมาพรและคณะ, 2554)



ภาพที่ 2.13 การเปรียบเทียบการละลายของน้ำแข็งในอาหารด้วยวิธีการละลายคลื่นเสียงและวิธีแช่น้ำ (ที่มา: Bing, L.et al. 2002)

2) การละลายด้วยเทคโนโลยีคลื่นไมโครเวฟ

คลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ระหว่าง 300 MHz - 300 GHz ปัจจุบันได้กำหนดความถี่ของคลื่นไมโครเวฟสำหรับกระบวนการให้ความร้อนไว้ที่ 2 ระดับความถี่ คือ 915 ± 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MHz และ 2,450 ± 50 MHz การเกิดความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟประกอบด้วย การเหนี่ยวนำเชิงไอออน (Ionic Conduction) และกลไกชนิดการหมุนของทั้งสองขั้ว (Dipolar Rotation) ซึ่งค่าความร้อนที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟเหนี่ยวนำให้โมเลกุลของน้ำภายในอาหารและเกิดการหมุนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขั้วไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว ผลของการหมุนนี้ทำให้เกิดการเสียดสีของโมเลกุลของน้ำภายในอาหารก่อให้เกิดความร้อนในอาหารได้อย่างรวดเร็ว โดยประสิทธิภาพการเกิดความร้อนด้วยวิธีไมโครเวฟขึ้นอยู่กับคุณสมบัติด้านไดอิเล็กตริกของอาหารในแต่ละชนิด จากจุดเด่นที่น่าสนใจในด้านประสิทธิภาพและกลไกการเกิดความร้อนจากภายในเนื้ออาหารจึงมีการนำคลื่นไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้เพื่อละลายอาหารแช่เยือกแข็งในระดับอุตสาหกรรม

การใช้คลื่นไมโครเวฟในการละลายอาหารแช่เยือกแข็งจะช่วยเร่งอัตราการละลายได้ดี จึงใช้เวลาในการละลายที่น้อยกว่าวิธีการละลายแบบดั้งเดิม และไม่ต้องใช้ตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน และใช้พื้นที่ในการละลายน้อย สามารถลดการสูญเสียด้านคุณภาพและการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างกระบวนการละลายได้อย่างดี

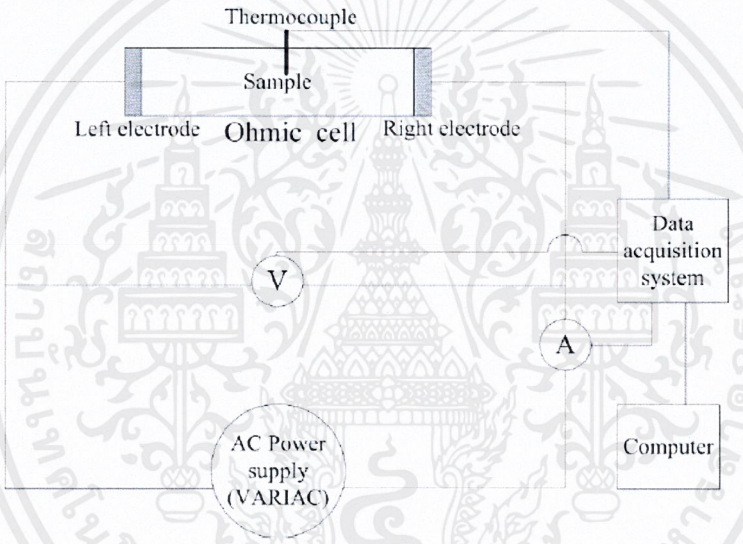
อย่างไรก็ตาม การละลายอาหารแช่เยือกแข็งด้วยคลื่นไมโครเวฟมีความเหมาะสมกับชิ้นอาหารที่มีขนาดเล็ก ไม่เหมาะสมกับชิ้นอาหารที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากความสามารถในการแทรกผ่านของคลื่นไมโครเวฟมีความลึกที่จำกัด (Penetration Depth) แต่เนื่องจากการละลายด้วยคลื่นไมโครเวฟมีความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มากกว่าการละลายด้วยเทคโนโลยีอื่น ๆ จึงได้มีการพัฒนาระบบการละลายด้วยคลื่นไมโครเวฟในระดับอุตสาหกรรม แต่เป็นลักษณะการใช้งานของการละลายวัสดุดิบอาหารแช่แข็งบางส่วน เช่น การละลายวัสดุดิบอาหารแช่เยือกแข็งที่ยังไม่เข้าสู่การเปลี่ยนเฟส เช่น การละลายวัสดุดิบอาหารแช่เยือกแข็ง จากอุณหภูมิ -20 °ซ ลดลงเหลือ -3 °ซ (อุมาพร อุประ และคณะ, 2554)

3) การละลายด้วยเทคโนโลยีโอห์มมิค

การให้ความร้อนแบบโอห์มมิค เป็นเทคนิคการให้ความร้อนที่นำมาทดแทนวิธีการละลายอาหารแช่เยือกแข็งแบบดั้งเดิม ซึ่งการละลายด้วยวิธีนี้จะสร้างความร้อนโดยตรงภายในอาหารแช่เยือกแข็งจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าให้กลายเป็นพลังงานความร้อน โดยเปรียบเทียบอาหารแช่เยือกแข็งเปรียบเสมือนตัวต้านทาน ความต่างศักย์ที่จ่ายให้แก่ขั้วอิเลคโตรดเพื่อส่งผ่านอาหารแช่เยือกแข็งจะก่อให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นภายในอาหารแช่เยือกแข็งและทำให้อิออนเกิดการเคลื่อนที่ภายในผลิตภัณฑ์ จึงเกิดความร้อนขึ้น ดังภาพที่.. ซึ่งอัตราการเกิดความร้อนของผลิตภัณฑ์จะขึ้นกับค่าการนำไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์และความเข้มของสนามไฟฟ้าเป็นหลัก ซึ่งหากค่าการนำไฟฟ้าภายในผลิตภัณฑ์มีค่าสูงและมีความสม่ำเสมอในทุก ๆ จุด ก็จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วและผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิสม่ำเสมอในทุก ๆ จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิมในกระบวนการละลายซึ่งเป็นการละลายโดยใช้น้ำในการช่วยทำละลาย ซึ่งวิธีการละลายด้วยเทคโนโลยีโอห์มมิคสามารถลดระยะเวลาในการละลายน้ำแข็งลงได้ อีกทั้งระหว่างการละลายผลิตภัณฑ์จะมีอุณหภูมิที่สม่ำเสมอมากกว่า เนื่องจากวิธีการดั้งเดิมในกระบวนการละลายอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนแบบการพาและการนำความร้อนซึ่งมีข้อจำกัดมาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารมักจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำนั่นคือมีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อน จึงทำให้อุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์อาหารเปลี่ยนแปลงช้าในขณะที่อุณหภูมิบริเวณผิวสูงขึ้นไปมากแล้ว นอกจากนี้วิธีการให้ความร้อนแบบโอห์มมิคสามารถลดปริมาณการใช้น้ำและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียได้อีก อีกทั้งยังช่วยรักษาคุณค่าทางอาหารและคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย (อุมาพร อุประ และคณะ, 2554)



ภาพที่ 2.14 ชุดอุปกรณ์ให้ความร้อนแบบโอห์มมิค
(ที่มา: Pawansa et al., 2016)

2.3.4 เทคโนโลยีการละลายปลาแช่เยือกแข็งโดยใช้สนามไฟฟ้า (High-voltage electrostatic field thawing)

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่หลากหลายซึ่งนำมาเป็นทางเลือกแทนการทำละลายแบบดั้งเดิมเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการละลาย เช่น การละลายด้วยเทคโนโลยีแรงดันสูง เทคโนโลยีคลื่นความถี่ และเทคโนโลยีคลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อกำจัดข้อเสียของการละลายด้วยวิธีแบบดั้งเดิม เช่น การใช้ระยะเวลาละลายนานส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีและชีวภาพรวมทั้งสูญเสียคุณภาพในระหว่างกระบวนการ อีกทั้งใช้พื้นที่จำนวนมากในการละลาย เป็นต้น อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีเหล่านี้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีต้นทุนการใช้พลังงานต่ำได้ ซึ่งเทคโนโลยีการละลายปลาแช่เยือกแข็งโดยใช้สนามไฟฟ้าเป็นการละลายโดยไม่ใช้ความร้อน แต่อาศัยคุณสมบัติของสนามไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ทั้งในการละลายอาหาร และถนอมอาหาร แตกต่างจากการใช้ไฟฟ้าทั่วไปที่นำมาเป็นแหล่งพลังงานที่ทำให้เกิดความร้อน (Mohsen Dalvi-Isfahan. et al., 2016 : 48-62)

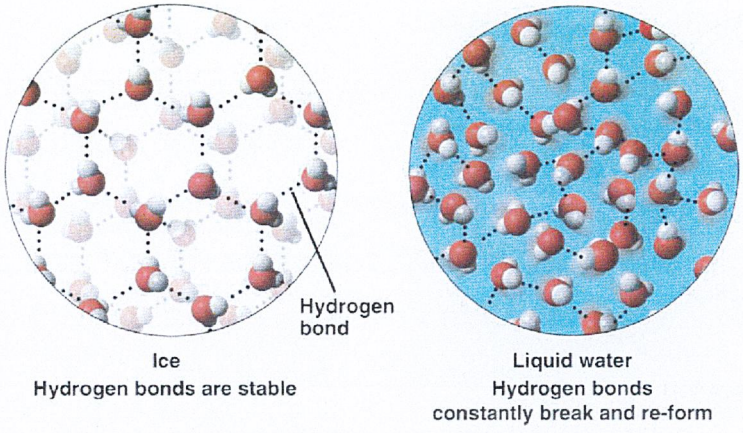
หลักการของสนามไฟฟ้า (Electric field) ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานหลายรูปแบบ เช่น งานเคลือบและพ่นสี ระบบถ่ายเอกสาร เครื่องดักฝุ่น เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้มีการวิจัยนำหลักการของสนามไฟฟ้ามาใช้ในการถ่ายเทความร้อน (Electrohydrodynamic, EHD) ซึ่งมีข้อดีคือ มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนได้สูงกว่าปกติ สามารถนำไปใช้งานในระบบการเดือด (Boiling) การระเหย (Evaporator) การระบายความร้อน (Condenser) และเพิ่มความปั่นป่วนของอากาศในเตาเผา เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถทำงานได้ในสภาพสุญญากาศ และใช้กำลังไฟฟ้าในการทำงานต่ำมาก (ธัชพงศ์ กรีวัชรินทร์ และคณะ, 2558)

2.3.3.1 ผลของสนามไฟฟ้าต่อผลึกน้ำแข็ง

ทางบริษัท พัฒนอาสา จำกัด ผู้ออกแบบอุปกรณ์ละลายปลาแช่เยือกแข็งด้วยสนามไฟฟ้าโดยใช้หลักการไฟฟ้าสถิตย์ ซึ่งเกิดจากการปลดปล่อยสนามไฟฟ้า โดยสนามไฟฟ้าสถิตย์จะรบกวนโครงสร้างของผลึกน้ำแข็งเพื่อจัดโครงสร้างของผลึกน้ำแข็งให้เป็นระเบียบ

โครงสร้างของผลึกน้ำและน้ำแข็งแสดงดังภาพที่ 2.15 โดยน้ำในสภาวะปกติจะไม่มีการจัดเรียงโมเลกุล Hydrogen และ Oxygen จะเกาะกันอยู่ชิดกันแต่ไม่มีการจัดเรียงโครงสร้าง ทำให้น้ำมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำแข็งคือ 0.9998 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนน้ำแข็ง คือ น้ำที่อยู่ในสภาพของแข็งจากความเย็น ทำให้โครงสร้างโมเลกุลจับกันนิ่งเป็นผลึก ซึ่งการจัดเรียงตัวใหม่ของโมเลกุลแบบนี้ ทำให้ความหนาแน่นของน้ำแข็งลดลงเหลือ 0.9167 กรัม/ลูกบาศก์เมตร (สำนักงานอุทยานการเรียนรู้, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.15 การจัดเรียงโครงสร้างผลึกของน้ำแข็งและน้ำ
(ที่มา: สำนักงานอุทยานการเรียนรู้, 2560)

หลังจากสนามไฟฟ้าสถิตได้รบกวนโครงสร้างผลึกน้ำแข็งทำให้เกิดการจัดเรียงโครงสร้างใหม่ที่มีความเป็นระเบียบมากขึ้น ส่งผลให้โครงสร้างผลึกมีความเปราะ และต้องการพลังงานน้อยในการทำให้โครงสร้างน้ำแข็งเกิดการแตกตัว โดยมีตัวกลางในการช่วยถ่ายเทความร้อนคือน้ำที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งการละลายด้วยเทคนิคนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผลึกน้ำแข็ง แทนที่จะเป็นการให้ความร้อนจากภายนอกหรือภายใน ดังนั้นสภาพของอาหารที่นำมาละลายจะไม่มีการเสื่อมสภาพ ซึ่งนอกจากจะรักษาสภาพอาหารแล้วยังพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะน้อยกว่าการละลายในแบบอื่น ๆ (บจก.พัฒนาอาสา, 2560)

2.3.3.2 ประโยชน์ของการละลายปลาแช่เยือกแข็งโดยใช้สนามไฟฟ้า

1) ทำให้อุณหภูมิแกนกลางของปลาที่อยู่ในถังหลังการละลายใกล้เคียงกันโดยมีค่าแตกต่างกันน้อยกว่า 3 °ซ

2) ทำให้อุณหภูมิแกนกลางปลา และอุณหภูมิผิวของปลาแต่ละตัวมีอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ

3) สามารถรักษาสภาพปลาได้ตลอดเวลาจนกระทั่งหยุดจ่ายไฟ

4) ประหยัดพลังงาน เนื่องจากใช้ไฟฟ้าเพียง 120 VA สำหรับการละลายปลา 4 ถัง (ประมาณ 2500-3000 กก.)

5) ประหยัดน้ำที่ใช้ทำการละลาย เนื่องจากใช้น้ำเพียงแค่ระดับท่วมปลาในถัง

6) ถูกสุขลักษณะไม่มีการปนเปื้อน และบริเวณผ่าปลามีเลือดน้อยกว่าวิธีละลายแบบอื่น

7) สะอาดและปลอดภัย เนื่องจากพื้นที่ละลายปลาแห้งตลอดเวลาไม่ลื่น

8) ประหยัดสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดบ่อน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การถ่ายเทความร้อนในกระบวนการละลายโดยใช้น้ำ (Heat transfer in water thawing)

การถ่ายเทความร้อน คือ การถ่ายเทพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ในกระบวนการละลายโดยใช้น้ำจะมีกลไกถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น 2 แบบคือ

1) การพาความร้อน (Convection) คือ การถ่ายเทความร้อนระหว่างของแข็งกับของไหลที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ซึ่งอัตราในการพาความร้อนจะขึ้นกับตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน พื้นที่ที่ผิวของวัตถุสัมผัสกับของไหล และความแตกต่างของอุณหภูมิของของไหลกับอุณหภูมิของวัสดุ โดยการพาความร้อนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การพาความร้อนแบบอิสระ (Free convection) และ การพาความร้อนแบบบังคับ (Force convection)

2) การนำความร้อน (Conduction) คือ การถ่ายเทความร้อนที่มีอนุภาคของของแข็งเป็นตัวกลาง โดยอัตราการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน พื้นที่ผิวที่มีการถ่ายเทความร้อน และอัตราส่วนระหว่างการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงของระยะทาง โดยการถ่ายเทความร้อนภายในกระบวนการละลายสามารถอธิบายได้จากสมดุลพลังงานระหว่างการพาความร้อน (กฎการเย็นตัวของนิวตัน, Newton's law of cooling) ดังสมการที่ 2.1 จากน้ำเย็นเข้าสู่ผิวของตัวปลา ซึ่งมีค่าเท่ากับการนำความร้อนดังสมการที่ 2.2 (กฎการนำความร้อนของฟูเรียร์, Fourier's of conduction) จากผิวนอกของตัวปลาเข้าสู่เนื้อปลาบริเวณกระดูกสันหลัง ดังสมการที่ 2.3

$$q = h_c A_h \Delta T \quad (2.1)$$

$$q = -kA_c(dT/dX) \quad (2.2)$$

$$h_c A_h \Delta T = -kA_c(dT/dX) \quad (2.3)$$

เมื่อ h_c คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย (W/m K)

A_h คือ พื้นที่ในการนำความร้อน (m^2)

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสภาพแวดล้อมกับผิวของวัสดุ (K)

K คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/m^2)

A_c คือ พื้นที่ในการนำความร้อน (m^2)

T คือ อุณหภูมิของวัสดุ (K)

X คือ ระยะทางในการนำความร้อน (m)

การพาความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการละลายเป็นการพาความร้อนแบบบังคับ เนื่องจากการไหลของน้ำที่ใช้ในกระบวนการละลายเกิดจากการทำงานของปั๊ม โดยปัจจัยที่มีผลกับอัตราการพาความร้อนและสามารถปรับปรุงได้ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Heat transfer coefficient, h_c) ซึ่งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรที่ปรับค่าได้ คือ ความเร็วของของไหล เมื่อความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าเรย์โนลที่แปรผันตรงกับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น จากการทดลองละลายเนื้อหมูโดยใช้น้ำเย็นของ Michael, L. et al. (2007) พบว่า เมื่อค่าความเร็วของน้ำที่ใช้ในการละลายมีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และสำหรับการนำความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการละลายจะขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อน ซึ่งมีการคำนวณจากสมบัติทางเคมีของอาหาร ดังนั้นจึงยากต่อการปรับแต่ง (สมัคร รักแม่, 2558)

2.4 แนวคิดในการดำเนินงาน

2.4.1 วงจรการควบคุมคุณภาพ (PDCA)

แนวคิดเกี่ยวกับวงจรการควบคุมคุณภาพ ซึ่งถูกคิดค้นโดยวอล์ทเตอร์ ชิวฮาร์ท เป็นอีกเครื่องมือหนึ่งที่สำคัญสำหรับการวางแผนแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน ซึ่งเป็นที่นิยมใช้เป็นอย่างมากในประเทศญี่ปุ่น ยิ่งเฉพาะบริษัทโตโยต้า ที่ถือเป็นองค์กรขนาดใหญ่ระดับโลกยังมีการนำหลักการนี้มาใช้ในกระ บวนการผลิตรถยนต์ และพัฒนาจนกลายเป็นวิถีแห่งโตโยต้าอย่างที่รู้จักกันในปัจจุบัน ดังนั้นจึงพิสูจน์แล้วว่าหลักการวงจรการควบคุมคุณภาพ สามารถนำมาใช้เพื่อกรปรับปรุงและพัฒนาระบบการทำงานขององค์กรให้ดีขึ้นได้ แม้กระทั่งองค์กรนั้นไม่ได้เกี่ยวข้องกับการผลิตในอุตสาหกรรม ซึ่งรายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

PDCA มีหลากหลายหลักการที่ทำให้เราไปถึงความสำเร็จที่เราตั้งใจไว้ ซึ่งถ้าลองวิเคราะห์โดยใช้หลักการ Plan – Do – Check – Act เป็นกรอบในการวิเคราะห์ อาจแบ่งแยกได้เป็นดังนี้ “การตั้งเป้าหมาย (Goal Setting)” ถือเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญของการลงมือทำในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เพราะการมีเป้าหมาย หมายถึงการที่เรารู้ว่าเราจะเดินทางไปที่ไหน ยิ่งถ้ารู้ได้ว่าทำไมเราถึงต้องไป และยิ่งมองเห็นภาพของตัวเราเมื่อไปถึงเป้าหมายนั้นชัดเจนมากเท่าไร ยิ่งเกิดแรงกระตุ้นให้เราอยากออกเดินทางไปสู่เป้าหมายนั้นโดยเร็ว

2.4.1.1 การวางแผนงาน และ กำหนดวิธีการ (Planning)

หลังจากเรามีเป้าหมายแล้ว เราต้องนำเป้าหมายนั้นมากำหนดรายละเอียด สิ่งที่ต้องทำโดยเรียงตามลำดับความสำคัญ รายละเอียดขั้นตอน ปัจจัยต่าง ๆ ที่ต้องใช้ ระยะเวลาเริ่ม-สิ้นสุด บุคคลหรือทีมงานที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้นตอน และที่สำคัญที่สุดคือ ตัวชี้วัดผล (KPI) เนื่องจากแผนงานหมายถึง เราจะเดินทางไปสถานที่นั้นด้วยวิธีไหน ไปถึงเมื่อไหร่ ดังนั้น ตัวชี้วัดจึงเป็นตัวที่จะคอยบอกว่าวิธีการที่เราเลือกใช้นั้นถูกต้องหรือไม่ เร็ว-ช้าอย่างไร ทรัพยากรที่ใช้ไปเป็นไปตามแผนหรือเกินกว่าที่กำหนดไว้ เพื่อที่จะได้ปรับแผนหรือวิธีได้อย่างทันท่วงที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 การลงมือปฏิบัติ (Do)

ขั้นตอนนี้คือการลงมือปฏิบัติตามแผนงานและวิธีการที่เรากำหนดไว้อย่างมีวินัย ทักษะการบริหารต่าง ๆ จะถูกหยิบมาใช้ในระยะการลงมือปฏิบัตินี้ เช่น การบริหารเวลาให้ได้ตามแผน การประชุมเพื่อตรวจสอบความคืบหน้า การมอบหมายงานเพื่อแบ่งเบาภาระ เป็นต้น ในเรื่องที่นอกเหนือจากการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาตัวเอง การออกกำลังกาย หรือการบริหารการเงินส่วนบุคคล ย่อมต้องใช้วินัยและการบริหารด้านต่าง ๆ ด้วยเช่นกัน

2.4.1.3 การตรวจสอบ (Check)

หลังจากเราเริ่มลงมือปฏิบัติไปได้สักระยะ ต้องเริ่มทำการตรวจสอบความคืบหน้าของสิ่งที่เราได้ลงมือปฏิบัติไปนั้นว่าเป็นไปตามแผนงานหรือไม่ ซึ่งสิ่งที่จะบ่งบอกได้ก็คือตัวชี้วัดที่เรากำหนดไว้นั่นเอง ถ้าจุดที่เราตรวจสอบได้ผลลัพธ์ตามตัวชี้วัดที่เราตั้งไว้หรือดีกว่าแสดงว่าวิธีการที่เราเลือกใช้นั้นยังคงถูกต้อง แต่ถ้าตรวจสอบออกมาแล้วผลปรากฏว่าต่ำกว่าตัวชี้วัดที่ตั้ง ถือเป็นสัญญาณเตือนว่ามีความผิดปกติบางอย่างเกี่ยวกับแผนงานหรือวิธีการที่เรากำหนดไว้ในตอนแรก

2.4.1.4 การปรับปรุง (Act / Action)

ขั้นตอนนี้คือการปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนวิธีการหรือทรัพยากรบางอย่างเพื่อทำให้ผลลัพธ์กลับมาอยู่ในแผนงานหรือเส้นทางสู่เป้าหมายตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในครั้งแรก ซึ่งกระบวนการปรับปรุงเริ่มจากการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้ผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามที่เราวางแผนหรือกำหนดไว้ ว่าเกิดจากองค์ประกอบหรือปัจจัยภายใน/ภายนอกใดบ้าง แล้วจึงมากำหนดมาตรการแก้ไข ปรับปรุงต่อไป

หลังจากบรรลุเป้าหมายตามที่ตั้งใจไว้ครั้งแรกแล้ว เรายังคงใช้หลักการ PDCA อย่างต่อเนื่องได้ด้วยการยกระดับของเป้าหมายให้สูงขึ้น แล้วจึงมากำหนดแผนงาน-วิธีการที่เหมาะสม แล้วจึงเริ่มเข้าสู่วงจรวางแผน – ลงมือปฏิบัติ – ตรวจสอบ – ปรับปรุง/แก้ไข ได้เช่นกัน

2.5 วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน

2.5.1 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (Quality Control Tools)

เครื่องมือควบคุมคุณภาพ เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพของกระบวนการผลิต ซึ่งช่วยศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา คัดเลือกหรือจัดลำดับความสำคัญของปัญหา การสำรวจสภาพปัจจุบันของปัญหา การค้นหาและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง เพื่อให้สามารถแก้ไขได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งติดตามผลอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนช่วยในการจัดทามาตรฐาน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพที่สำคัญมี 7 ชนิด โดยเครื่องมือแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังต่อไปนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.1 ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

ใบตรวจสอบ เป็นแบบฟอร์มที่อยู่ในรูปตารางหรือรูปภาพ ใช้สาหรับกรอกรายละเอียดของข้อมูลเพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุและติดตามผลการดำเนินงาน ซึ่งลักษณะของใบตรวจสอบต้องคำนึงถึงคือการกำหนดรายละเอียดที่ชัดเจน เช่น รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ ผู้ตรวจสอบ วันและเวลาที่ตรวจ เป็นต้น มีการจัดรูปแบบของแบบฟอร์มให้สะดวกต่อการบันทึกข้อมูล ง่ายต่อการจำแนกข้อมูล และวิเคราะห์ผล และ ที่สำคัญควรกำหนดและใช้ใบตรวจสอบให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการตรวจสอบด้วย ทั้งนี้ใบตรวจสอบในอุตสาหกรรมการผลิตมีหลายแบบในที่นี้จะกล่าวถึง 6 แบบ ซึ่งในแต่ละแบบแบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งาน มีดังนี้

ใบตรวจสอบการผลิต เป็นใบตรวจสอบที่ใช้ในการบันทึกคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งลักษณะของข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ทั้งนี้ในการใช้ใบตรวจสอบการผลิต เริ่มต้นผู้ตรวจสอบจะทาการวัดผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ก่อน หลังจากนั้นจะทำการบันทึกค่าของผลิตภัณฑ์ที่วัดได้ ซึ่งค่าที่วัดได้ในแต่ละชิ้นอาจจะมีค่าไม่เท่ากัน จึงทำให้เราทราบว่าผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นมีคุณสมบัติอยู่ในมาตรฐานหรือไม่

ใบตรวจสอบข้อบกพร่อง เป็นใบตรวจสอบที่ใช้ในการบันทึกคล้ายกับใบตรวจสอบการผลิต แต่จะแยกตามลักษณะของข้อบกพร่องและลักษณะของข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ผู้ตรวจสอบจะบันทึกโดยทำเครื่องหมายรอยขีด ตามจานวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพรองที่เก็บรวบรวมได้ ใบตรวจสอบชนิดนี้จะทำให้ทราบถึงจำนวนของเสียและจำนวนของดี หรือจำนวนทั้งหมดที่ตรวจพบข้อบกพร่อง

ใบตรวจสอบตำแหน่งข้อบกพร่อง เป็นใบตรวจสอบที่ใช้บันทึกคล้ายกับใบตรวจสอบการผลิตและใบตรวจสอบข้อบกพร่อง แต่ใบตรวจสอบชนิดนี้จะบอกตำแหน่งบริเวณที่มีข้อบกพร่อง โดยแสดงรูปภาพบริเวณของผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง ผู้ตรวจสอบจะบันทึกโดยทำเครื่องหมายตามตำแหน่งที่พบข้อบกพร่อง หากพบข้อบกพร่องมากกว่า 1 ประเภท จะใช้เครื่องหมายอื่นเพื่อแสดงความแตกต่างของข้อบกพร่อง ใบตรวจสอบชนิดนี้จะทาให้ทราบถึงตำแหน่งที่เกิดข้อบกพร่องและหาสาเหตุของปัญหาได้

ใบตรวจสอบสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง เป็นใบตรวจสอบที่ใช้บันทึกคล้ายกับใบตรวจสอบการผลิต ใบตรวจสอบข้อบกพร่อง และใบตรวจสอบตำแหน่งข้อบกพร่อง แต่จะบันทึกความสัมพันธ์ของคน เครื่องจักร และข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ผู้ตรวจสอบจะบันทึกโดยทำเครื่องหมายแทนลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ถ้าหากมีลักษณะข้อบกพร่องมากกว่า 1 ประเภท จะเปลี่ยนไปใช้เครื่องหมายอื่นแทนเพื่อแสดงความแตกต่าง ใบตรวจสอบชนิดนี้จะทำให้ทราบถึงต้นเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องได้

ใบตรวจสอบสุดท้าย เป็นใบตรวจสอบที่ใช้บันทึกคล้ายกับใบตรวจสอบการผลิต ใบตรวจสอบข้อบกพร่อง ใบตรวจสอบตำแหน่งข้อบกพร่อง และใบตรวจสอบสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง แต่เป็นใบตรวจสอบที่ใช้ในการบันทึกหลายรายการ อาจเป็นการซ่อมบำรุงเครื่องจักร หรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของใบตรวจสอบต้องสอดคล้องกับขั้นตอนการตรวจสอบตามสภาพความเป็นจริง ใบตรวจสอบชนิดนี้ใช้เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดในการตรวจสอบและยืนยันการตรวจสอบ

ใบตรวจสอบอื่น ๆ เป็นใบตรวจสอบนอกเหนือจากที่กล่าวมา ในอุตสาหกรรมอาจพบใบตรวจสอบในลักษณะอื่น ๆ ได้อีก ซึ่งใบตรวจสอบอาจมีลักษณะเฉพาะ โดยอาจมีความจำเป็นที่จะต้องดัดแปลงใบตรวจสอบให้เหมาะสมกับการใช้งานของของแต่ละอุตสาหกรรม

2.5.1.2 กราฟ (Graph)

กราฟ เป็นแผนภาพที่อธิบายความแตกต่างของข้อมูลจากการเก็บบันทึก กราฟใช้สาหรับนำเสนอข้อมูลที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจโดยอาศัยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้ สามารถให้รายละเอียดของการเปรียบเทียบได้ดีกว่าการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีอื่น กราฟที่สำคัญได้แก่ กราฟเส้น กราฟแท่ง และกราฟวงกลม โดยรายละเอียดของกราฟแต่ละชนิดมีดังนี้

กราฟเส้น เป็นเส้นกราฟที่ใช้แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ลักษณะของกราฟเส้นจะมีแกนตั้งเป็นค่าข้อมูล และแกนนอนเป็นช่วงเวลา กราฟเส้นใช้สาหรับการนำเสนอข้อมูลในกรณีที่ต้องการทราบแนวโน้มของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา หรือใช้สำหรับการดูการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป เช่น ราคาขายปลีกน้ำมันดีเซลระหว่างปี พ.ศ. 2555-2559 เป็นต้น

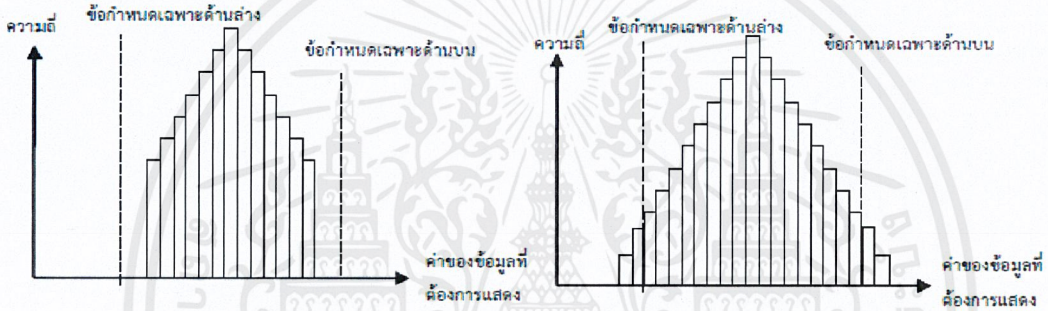
กราฟแท่ง เป็นกราฟรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความกว้างเท่ากัน โดยจะใช้ขนาดความยาวหรือความสูงของแท่งกราฟเปรียบเทียบจานวนข้อมูล การนำเสนอข้อมูลคล้ายกับกราฟเส้น โดยที่กราฟแท่งสามารถนาเสนอได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน กราฟแท่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ กราฟแท่งเชิงเดี่ยว กราฟแท่งเชิงซ้อน และกราฟแท่งเชิงประกอบ โดยกราฟแท่งเชิงเดี่ยวใช้แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลชุดเดียวและแสดงลักษณะของข้อมูลที่สนใจเพียงลักษณะเดียว เช่น ปริมาณการจำหน่ายน้ำมันของบริษัทแห่งหนึ่งในแต่ละวันในหนึ่งสัปดาห์ เป็นต้น ส่วนกราฟแท่งเชิงซ้อนใช้แสดงการเปรียบเทียบของข้อมูล 2 ชุดขึ้นไป เช่น จำนวนอุบัติเหตุทางอากาศกับจำนวนอุบัติเหตุทางเรือระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมในปี พ.ศ. 2558 เป็นต้น และกราฟแท่งเชิงประกอบใช้เปรียบเทียบข้อมูลในช่วงเวลาต่างกัน โดยในแต่ละแท่งจะแสดงรายละเอียดหรือส่วนย่อยของข้อมูลที่เรียงต่อกันในแนวตั้ง เช่น สินค้าส่งออก 3 ประเภทในปี พ.ศ. 2555 -2560 เป็นต้น

กราฟวงกลม มีลักษณะเป็นวงกลมที่มีการแบ่งส่วนของข้อมูลจากจุดศูนย์กลางของวงกลมออกเป็นกลุ่ม ๆ ใช้สำหรับเปรียบเทียบสัดส่วนของข้อมูลชนิดเดียวกันในรูปแบบร้อยละ ซึ่งการนำเสนอข้อมูลคล้ายกับกราฟเส้นและกราฟแท่ง เช่น สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 3 ประเภทในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2559 ยอดขายของห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งที่มี 3 สาขาในปี พ.ศ. 2558 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.3 ฮิสโตแกรม (Histogram)

ฮิสโตแกรม เป็นแผนภูมิใช้ในการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายของข้อมูลกับข้อกำหนดเฉพาะ เพื่อตรวจสอบความผิดปกติหรือติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิต ฮิสโตแกรมมีลักษณะเป็นกราฟแท่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้างเท่ากัน และในแต่ละแท่งจะเรียงชิดติดกัน โดยแกนตั้งเป็นความถี่ และแกนนอนเป็นค่าของข้อมูลที่ต้องการแสดง เมื่อพิจารณาระหว่างฮิสโตแกรมกับข้อกำหนดเฉพาะ หากพบว่า ฮิสโตแกรมมีการกระจายของข้อมูลอยู่ภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะ แสดงว่ากระบวนการผลิตดำเนินไปด้วยดี ไม่ต้องมีการแก้ไขกระบวนการผลิต ดังภาพที่ 2.16 แต่ถ้าการกระจายอยู่นอกภายใต้ข้อกาหนดเฉพาะจะต้องปรับให้ค่าความแปรปรวนของข้อมูลการผลิตต่ำลง เพื่อให้การกระจายของข้อมูลนั้นแคบลงอยู่ภายใต้ข้อกาหนดเฉพาะดังภาพที่ 2.16 (ข)



(ก) การกระจายอยู่ภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะ (ข) การกระจายอยู่นอกข้อกำหนดเฉพาะ

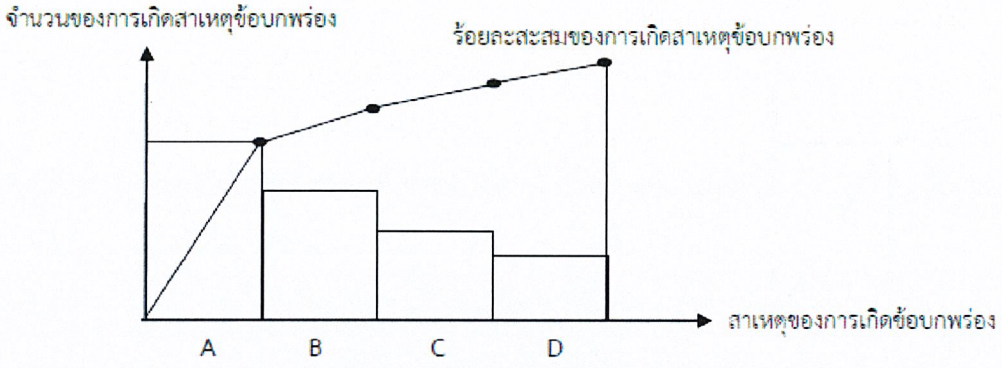
ภาพที่ 2.16 ลักษณะการกระจายของฮิสโตแกรม

(ที่มา: เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร และคณะ, 2560)

2.5.1.4 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภูมิพาเรโต เป็นแผนภูมิใช้แสดงสาเหตุของปัญหาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดข้อบกพร่อง โดยแสดงสาเหตุหลักและสาเหตุรองตามลำดับ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจว่าควรปรับปรุงสาเหตุใดก่อน และใช้ตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นหลังจากการแก้ไขปรับปรุง แผนภูมิพาเรโตมีลักษณะคล้ายกับฮิสโตแกรม คือ เป็นกราฟแท่งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้างเท่ากัน และในแต่ละแท่งจะเรียงชิดติดกัน แต่แผนภูมิพาเรโตจะประกอบด้วยแกนตั้ง 2 แกนและแกนนอน 1 แกน คือ แกนตั้งด้านซ้ายเป็นจำนวนของการเกิดสาเหตุข้อบกพร่อง แกนตั้งด้านขวาเป็นร้อยละสะสมของการเกิดสาเหตุข้อบกพร่อง ส่วนแกนนอนเป็นสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องโดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย และมีเส้นแสดงร้อยละสะสม (ดังภาพที่ 2.17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

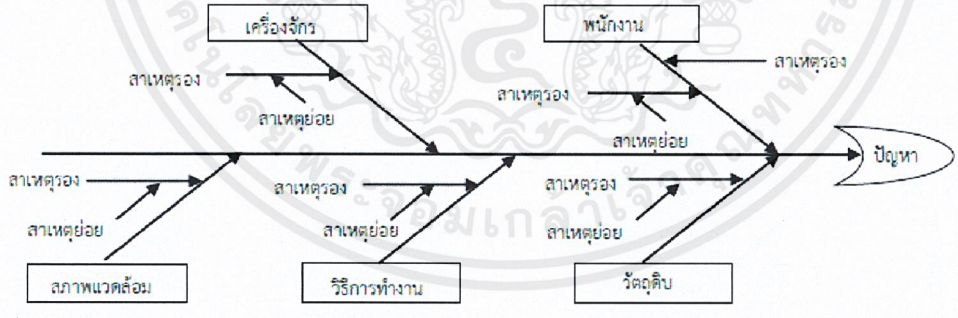


ภาพที่ 2.17 ลักษณะของแผนภูมิพาเรโต

(ที่มา: เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร และคณะ, 2560)

2.5.1.5 แผนภาพก้างปลา (Fish-bone Diagram)

แผนภาพก้างปลา เป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่ต้องการแก้ไขกับสาเหตุที่ทาให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้วิเคราะห์สามารถมองภาพรวมของปัญหาและสาเหตุทั้งหมดได้ง่ายขึ้น แผนภาพก้างปลามีลักษณะคล้ายกับก้างปลา โดยส่วนหัวของก้างปลาจะแสดงปัญหาที่เกิดขึ้น ส่วนก้างปลาหลักจะแสดงสาเหตุหลัก และก้างปลาย่อยแสดงสาเหตุย่อย ซึ่งการหาสาเหตุหลักของปัญหาจะใช้หลักการของ 4M 1E ได้แก่ พนักงาน (Man), เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Machine), วัตถุดิบ (Material), วิธีการทำงาน (Method) และสภาพแวดล้อม (Environment) (ดังภาพที่ 2.18)



ภาพที่ 2.18 ลักษณะแผนภาพก้างปลา

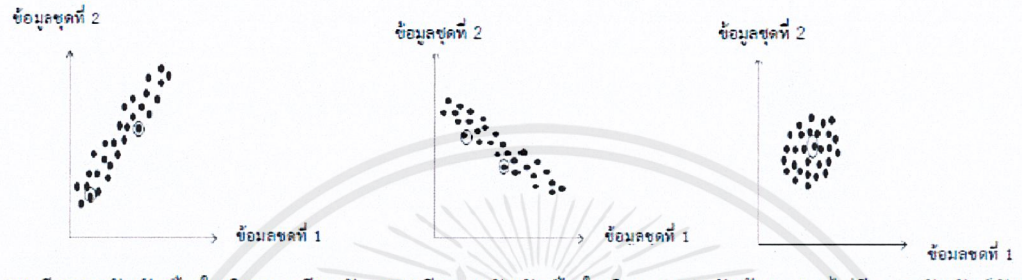
(ที่มา: เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร และคณะ, 2560)

2.5.1.6 แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)

แผนภาพการกระจาย เป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด ที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณโดยแกนตั้งเป็นค่าของข้อมูลชุดที่ 1 และแกนนอนเป็นค่าของข้อมูลชุดที่ 2 โดยลักษณะความสัมพันธ์และทิศทางของความสัมพันธ์จะพิจารณาได้จากแนวของจุดที่พล็อตลงในแผนภาพ ถ้าจุดมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเป็นแนวโน้มขึ้นตลอดหรือลงตลอดด้วยอัตราคงที่ แสดงว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุด น่าจะมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ถ้ามีลักษณะชันขึ้นแสดงว่า มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันและค่าความชันจะเป็นบวก (ดังภาพที่ 2.19 (ก)) แต่ถ้ามีลักษณะชันลงแสดงว่า มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามและค่าความชันจะเป็นลบ (ดังภาพที่ 2.19 (ข)) ถ้าจุดมีลักษณะกระจัดกระจายไม่เป็นรูปแบบ แสดงว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุดไม่มีความสัมพันธ์กัน (ดังภาพที่ 2.19 (ค))



(ก) มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน (ข) มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้าม (ค) ไม่มีความสัมพันธ์กัน

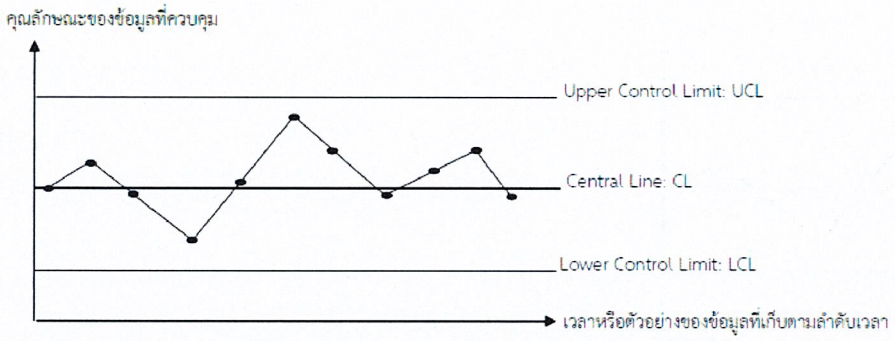
ภาพที่ 2.19 ลักษณะของแผนภาพการกระจาย

(ที่มา: เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร และคณะ, 2560)

2.5.1.7 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุม เป็นแผนภูมิที่ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการผลิต ติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิตได้อย่างรวดเร็ว และปรับปรุงกระบวนการผลิตให้กลับเข้าสู่สภาพปกติ โดยลักษณะของแผนภูมิจะเป็นกราฟ โดยมีแกนตั้งเป็นคุณลักษณะของข้อมูลที่ควบคุม และแกนนอนเป็นเวลาหรือตัวอย่างของข้อมูลที่เก็บมาตามลาดับเวลา แผนภูมิควบคุมจะประกอบด้วยเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ เส้นควบคุมบน (Upper Control Limit: UCL) เส้นควบคุมล่าง (Lower Control Limit: LCL) และเส้นกลาง (Central Line: CL) โดย CL จะอยู่ที่ค่าเฉลี่ย และมีระยะห่างของ CL ถึง UCL และ LCL เท่ากับ 3 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ดังภาพที่ 2.20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.20 ลักษณะของแผนภูมิควบคุม

(ที่มา: เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร และคณะ, 2560)

2.6 ทฤษฎีทางสถิติที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 แผนภูมิควบคุมคุณภาพ

แผนภูมิควบคุมคุณภาพ คือ เครื่องมือทางสถิติที่แยกความผันแปรจากสาเหตุที่ผิดธรรมชาติของข้อมูลออกจากความผันแปรที่มีสาเหตุโดยธรรมชาติของข้อมูล โดยผ่านกลไกที่สำคัญ คือ ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ จึงได้นำแผนภูมิควบคุมมาใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต ประเมินความสามารถของกระบวนการ และแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อกระบวนการผลิตไม่ตรงตามมาตรฐานที่ผู้ผลิตได้กำหนดขึ้น

แผนภูมควบคุมคุณภาพจำแนกได้เป็น 2 ประเภท โดยจำแนกลักษณะการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1) แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลแบบตัวแปร (Variable control chart) อาศัยการควบคุมด้วยข้อมูลที่มีความผันแปรและสามารถประเมินค่าแบบต่อเนื่องได้ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลที่ได้จากการวัดของตัวอย่างแบบกลุ่มย่อย และการวัดตัวอย่างที่อิสระกัน ประกอบด้วย

- แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ - chart)
- แผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R - chart)
- แผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S - chart)
- แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยว (X - chart)
- แผนภูมิควบคุมค่าพิสัยเคลื่อนที่ (Moving range chart)

2) แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลแบบคุณภาพ (Attribute control chart) อาศัยการควบคุมข้อมูลที่ได้จากการนับ ข้อมูลประเภทนี้มักจะได้รับความนิยม เรียกว่า จำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง (nonconforming product) หรือจำนวนของเสีย (defective) ประกอบด้วย

- แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P - chart)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (np - chart)
- แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิ (c - chart)
- แผนภูมควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วย (U - chart)

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ เป็นข้อมูลแบบตัวแปรและเก็บข้อมูลในกลุ่มย่อย ๆ ละ 3 ตัวอย่าง ในที่นี้จึงขอกล่าวเฉพาะแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ - chart) และแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R - chart) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

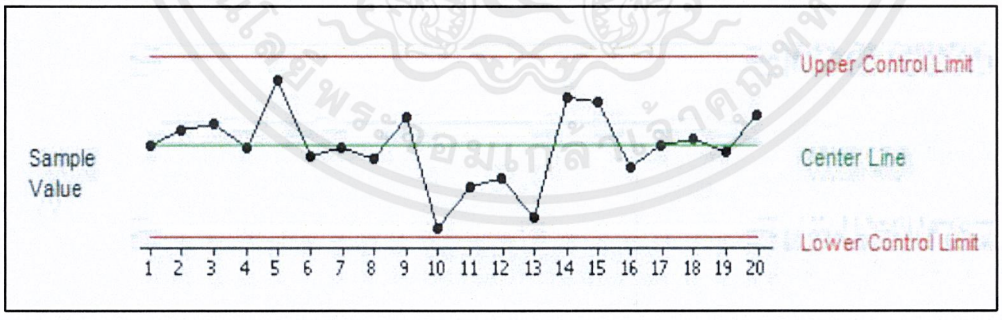
2.6.1.1 องค์ประกอบของแผนภูมิควบคุม

จากหลักการทางสถิติที่ว่า ข้อมูลที่ได้มาจากกระบวนการผลิตสำหรับข้อมูลแบบตัวแปร จะมีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง 2 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย (μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) โดยโอกาสหรือความน่าจะเป็นของค่าสังเกตที่วัดได้จะอยู่ในช่วง $\pm 3\sigma$ เท่ากับ 0.9974 ซึ่งสามารถนำหลักการดังกล่าวมาสร้างแผนภูมิควบคุม ซึ่งประกอบด้วยเส้นสำคัญ 3 เส้น คือ

เส้นแกนกลางหรือเส้นกลาง (Center Line : CL) เป็นค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตซึ่งคำนวณได้โดยนำค่าจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย

ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit : UCL) เป็นเส้นที่มีระยะห่างจากเส้นแกนกลางเท่ากับ 3σ ทางค่ามาก

ขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit : LCL) เป็นเส้นที่มีระยะห่างจากเส้นแกนกลางเท่ากับ 3σ ทางค่าน้อย



ภาพที่ 2.21 องค์ประกอบของแผนภูมิควบคุม

(ที่มา : https://sites.google.com/a/rbru.ac.th สืบค้นเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2562)

จากภาพที่ 2.21 ขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่าง แสดงถึง ขอบเขตความผันแปรที่อยู่ในระดับคุณภาพมาตรฐานที่ผู้ผลิตยอมรับได้ ซึ่งอยู่ในช่วง $\pm 3\sigma$ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นหากค่าสังเกตที่วัดได้กระจายอยู่ภายในขอบเขตดังกล่าว แสดงว่ากระบวนการผลิตยังอยู่ภายใต้การควบคุม (In Control) ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานในทางกลับกันหากความผันแปรมีมากเกินไป ทำให้ค่าสังเกตที่วัดได้อยู่นอกขีดจำกัดทั้ง 2 แสดงว่า กระบวนการผลิตนี้อยู่นอกเหนือการควบคุม (Out of Control) หรือผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไม่ได้คุณภาพมาตรฐานการผลิต

2.6.1.2 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม

1) การกำหนดคุณลักษณะที่จะทำการควบคุม

ในขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นจากการกำหนดสิ่งที่ต้องการควบคุมหรือวัตถุประสงค์ของการควบคุม จากนั้นดำเนินการกำหนดคุณลักษณะที่จะทำการควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุม ซึ่งจะต้องสะท้อนถึงความต้องการของลูกค้า

2) การกำหนดระบบการวัด

เมื่อทำการกำหนดคุณลักษณะที่จะนำมาทำการควบคุมได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการดำเนินการให้คุณลักษณะที่จะควบคุมดังกล่าวให้อยู่ในหน่วยวัดเดียวกัน และสามารถใช้สื่อสารให้เกิดความเข้าใจได้ทั่วทั้งองค์กร ซึ่งจะทำให้ตัวเลขที่ได้จากการวัดมีความเที่ยงตรง (Accuracy) และแม่นยำ (Precision) มากที่สุด เช่น มาตราวัดเป็นกรัม กก. มิลลิเมตร เซนติเมตร เป็นต้น

3) การกำหนดขนาดตัวอย่าง ความถี่ และจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อได้กำหนดถึงคุณลักษณะควบคุมและระบบวัดเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับข้อมูลเพื่อการควบคุม โดยจะต้องอาศัยการพิจารณาจากหลักการของการจัดกลุ่มย่อย ถ้ากรณีที่ทำการผลิตเป็นแบบล็อต ควรพยายามเก็บข้อมูลของกระบวนการที่มีแหล่งความผันแปรน้อย เช่น แม่พิมพ์เดียวกัน หัวบรรจุเดียวกัน เป็นต้น และถ้าหากต้องการทำการสุ่มตัวอย่าง ควรจะใช้ขนาด 3 ถึง 5 ตัวอย่าง ยกเว้นในกรณีที่ต้องการระบุแหล่งความผันแปรภายในกลุ่ม อาทิ เครื่องบรรจุจำนวน 20 หัวบรรจุ จะต้องเก็บข้อมูลตามหัวบรรจุทั้ง 20 ตัวอย่าง เป็นต้น

4) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามที่ได้ออกแบบไว้และบันทึกลงในช่องที่กำหนดไว้ในแบบฟอร์ม ถ้าสามารถกระทำได้ควรทำการบันทึกวันที่ เวลาในการผลิต และพนักงานที่ทำการผลิตไว้ด้วย เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการตรวจสอบกลับของข้อมูล

5) คำนวณหาขีดจำกัดควบคุม

ขั้นตอนนี้จะต้องทำการคำนวณหาค่าจากกลุ่มตัวอย่าง โดยแผนภูมิควบคุมคุณภาพประกอบด้วยขีดจำกัดควบคุมบน เส้นแกนกลาง และขีดจำกัดควบคุมล่าง

6) เขียนกราฟแผนภูมิควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ทำการแบ่งสเกล และลากเส้นขีดจำกัดควบคุมบนและล่างด้วยเส้นประ และเส้นแกนกลางด้วยเส้นทึบ แล้วทำการพล็อตจุดของตัวอย่างลงในแผนภูมิ

7) การตีความหมายของแผนภูมิ

เมื่อได้แผนภูมิแล้วจึงทำการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุม ซึ่งการกระจายของจุดบนแผนภูมิควบคุม จะแสดงถึงสภาพของกระบวนการผลิตว่าอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ และสมควรหยุดกระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตหรือไม่

8) การปรับปรุงแผนภูมิควบคุม

จุดที่เขียนในแผนภูมิควบคุม ถ้าไม่มีจุดใดหรือผลิตภัณฑ์กลุ่มใดตกนอกขีดจำกัดควบคุม แสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะควบคุมได้ แต่ในกรณีที่ปรากฏว่ามีจุดใดจุดหนึ่งตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุม โดยสามารถที่จะระบุสาเหตุได้ แสดงว่า มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นจะต้องถูกตัดออกแล้วนำจุดที่เหลือไปคำนวณขีดจำกัดควบคุมและสร้างแผนควบคุมใหม่ แผนภูมิควบคุมที่ปรับปรุงแล้วอาจนำไปใช้เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตได้ในอนาคต

2.6.1.3 ลักษณะของจุดในแผนภูมิควบคุม

การวิเคราะห์ลักษณะของจุดในแผนภูมิควบคุมเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อควบคุมกระบวนการผลิต เพราะจุดต่าง ๆ ในแผนภูมิควบคุมจะเป็นสิ่งที่บอกให้ทราบว่า กระบวนการผลิตเป็นอย่างไรในขณะนั้น การอ่านหรือการตีความหมายจากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพราะจากความผิดปกติในกระบวนการผลิตจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้กระบวนการผลิตนั้นดี อาจจะต้องทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เข้าสู่สภาวะที่สามารถควบคุมได้ต่อไป ดังนั้น ลักษณะจุดที่เกิดขึ้นในแผนภูมิควบคุมในกระบวนการผลิต มีดังต่อไปนี้

1) ลักษณะของแผนภูมิควบคุมที่อยู่ภายใต้การควบคุม มีดังนี้

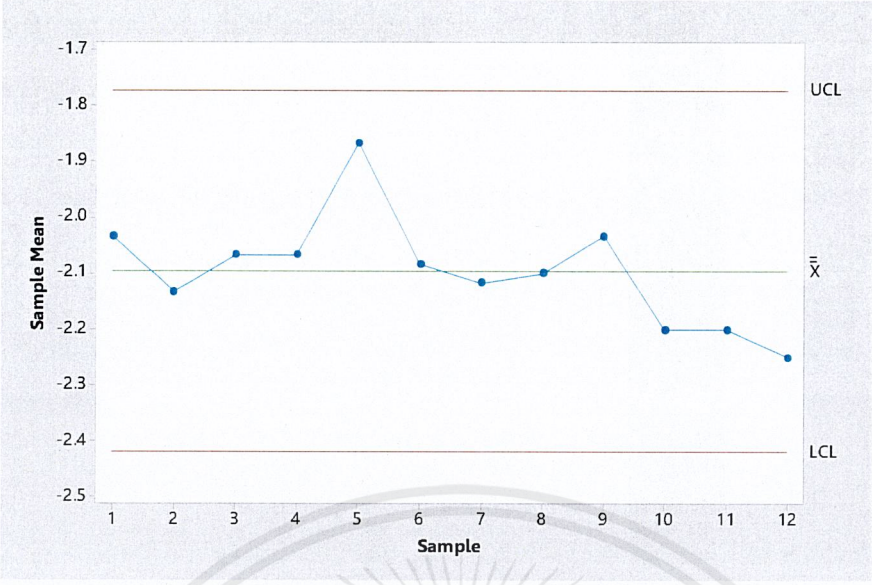
1.1) มีจุดพิกัดที่น้อยที่สุดอยู่ใกล้เส้นขีดจำกัดควบคุมบนและเส้นขีดจำกัดควบคุมล่าง

1.2) ที่ตั้งของจุดพิกัดควรจะอยู่ข้ามไปข้ามมาบนเส้นแกนกลาง

1.3) จุดพิกัดต่าง ๆ ที่อยู่บนแผนภูมิควบคุมคุณภาพควรที่จะสมดุลกันทั้งสองข้างของเส้นแกนกลาง

1.4) ไม่มีจุดพิกัดใดเลยตกนอกเส้นขีดจำกัดควบคุมบนและเส้นขีดจำกัดควบคุมล่างของแผนภูมิควบคุมคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.22 ลักษณะของแผนภูมิควบคุมที่อยู่ภายใต้การควบคุม

2) ลักษณะของแผนภูมิควบคุมที่ไม่อยู่ภายใต้การควบคุม มีดังนี้

2.1) มีจุดพิกัดอย่างน้อย 1 จุด ตกอยู่ข้างนอกขีดจำกัดควบคุมบนและล่าง

2.2) มีจุดพิกัดอย่างน้อย 9 จุด ที่ต่อเนื่องกันอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นแกนกลาง

2.3) มีจุดพิกัด 6 จุด ที่ต่อเนื่องกันที่แสดงแนวโน้มค่อย ๆ เพิ่มขึ้นหรือที่ค่อย ๆ ลดลง

2.4) มีจุดพิกัด 14 จุด ที่ต่อเนื่องกันในแนวแถวสลับกันขึ้นและลง

2.5) มีจุดพิกัด 2 ใน 3 จุด ที่ต่อเนื่องกันตกอยู่นอกเส้น 2σ แต่ยังคงอยู่ในขีดจำกัดควบคุม

2.6) มีจุดพิกัด 4 ใน 5 จุด ที่ต่อเนื่องกันตกอยู่นอกเส้น 1σ

2.7) มีจุดพิกัด 15 จุด ที่ต่อเนื่องกันในแนวแถวตกอยู่นอกเส้น 1σ

2.8) มีจุดพิกัด 8 จุด ที่ต่อเนื่องกันในแนวแถวตกอยู่นอกเส้น 1σ

ซึ่งลักษณะของแผนภูมิควบคุมที่ไม่อยู่ภายใต้การควบคุมอาจมีสาเหตุมาจาก

- ด้านกระบวนการ เช่น เครื่องจักรเริ่มเสื่อมประสิทธิภาพ
- ด้านวัตถุดิบ เช่น วัตถุดิบที่นำเข้ามีความแตกต่างกัน
- ด้านผู้ควบคุม/ผู้ผลิต เช่น ผู้ควบคุมไม่มีประสบการณ์
- ด้านอื่น ๆ เช่น สิ่งแวดล้อมภายในโรงงานไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.4 ประโยชน์ของแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุม (Control chart) จะเป็นวิธีการทางสถิติที่สำคัญในการควบคุมกระบวนการ นอกจากนี้แผนภูมิควบคุมยังมีประโยชน์อื่น ๆ อีกหลายประการ สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

1) ควบคุมกระบวนการผลิตได้ทันต่อเหตุการณ์

สิ่งที่ต้องการควบคุมจะถูกสุ่มตัวอย่างแล้วนำมาเขียนจุดลงบนแผนภูมิควบคุมเป็นระยะ ๆ ถ้ามีจุดใดไม่ได้แสดงความผิดปกติ แสดงว่ากระบวนการผลิตยังอยู่ในการควบคุม เมื่อใดที่จุดแสดงความผิดปกติจะทำให้ผู้ควบคุมการผลิตสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตให้กลับสู่สภาวะปกติได้อย่างทันท่วงที การกระจายของจุดในแผนภูมิควบคุมยังสามารถใช้เพื่อคาดคะเนเหตุการณ์ของกระบวนการผลิตในอนาคตได้อีกด้วย

2) การตรวจสอบค่ามาตรฐานที่กำหนด

ประโยชน์ของแผนภูมิควบคุม คือ การตรวจสอบผลของกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นว่าอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ เมื่อตัวอย่างที่สุ่มมาตกนอกเส้นขีดจำกัดควบคุม แสดงว่ากระบวนการผลิตได้คลาดเคลื่อนออกจากค่ามาตรฐานที่กำหนดแล้ว

3) รู้ถึงสมรรถนะของกระบวนการ

กระบวนการผลิตที่แสดงว่าอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ ซึ่งกระบวนการผลิตนั้นอาจอยู่ในข้อกำหนด (Specification) หรือไม่ก็ได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้คำนวณสมรรถนะของกระบวนการ เพื่อหาความสามารถในการผลิตภายใต้ข้อกำหนด ผลของสมรรถนะของกระบวนการที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้บริหารที่จะช่วยในการตัดสินใจด้านต่าง ๆ เช่น การตัดสินใจเพื่อลงทุนปรับปรุงสมรรถนะของกระบวนการหรือการตัดสินใจรับคำสั่งการผลิตจากลูกค้า

4) แผนภูมิควบคุมช่วยเพิ่มผลผลิต

แผนภูมิควบคุมมีส่วนอย่างยิ่งในการลดจำนวนของเสียและการทำซ้ำ เช่น แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสียและแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย เป็นต้น ทั้งนี้จากการลดจำนวนของเสียและลดการทำซ้ำจึงเป็นส่วนช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับกระบวนการผลิตได้อีกทาง

5) แผนภูมิควบคุมช่วยป้องกันปัญหาทางด้านคุณภาพ

แผนภูมิควบคุมช่วยให้กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมตลอดเวลาการใช้แผนภูมิควบคุมจะช่วยลดการผลิตสินค้าที่ด้อยคุณภาพ เมื่อใดก็ตามที่กระบวนการผลิตเริ่มมีความผิดปกติ แผนภูมิควบคุมจะแสดงให้รู้ว่าผู้ควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตควรทำการแก้ไขอย่างไรเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดียิ่ง

6) แผนภูมิควบคุมให้ข้อมูลเพื่อแก้ไขกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์การกระจายของจุดในแผนภูมิควบคุมอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ จะทำให้ทราบข้อมูลเพื่อนำมาแก้ไขกระบวนการผลิตต่อไป เช่น การเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบ การเปลี่ยนวิธีการทำงาน หรือการเปลี่ยนแปลงรูปแบบวิศวกรรม เป็นต้น

2.6.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย พิสัย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (The $\bar{X}$, R and S Control Chart)

แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมพิสัยเป็นแผนภูมิที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับตัวแปร บางองค์กรใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างเป็นมาตราวัดกระจายของกลุ่มย่อย ในการเปรียบเทียบแผนภูมิควบคุมพิสัยกับแผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนั้น แผนภูมิควบคุมพิสัยคำนวณและเข้าใจง่ายกว่าแผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้ข้อมูลตัวอย่างของกลุ่มย่อยทั้งหมด ส่วนแผนภูมิควบคุมพิสัยคำนวณโดยใช้เฉพาะข้อมูลที่มีค่ามากที่สุดและข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุด ดังนั้น แผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีความแม่นยำ (Precision) มากกว่าแผนภูมิควบคุมพิสัย ถ้าขนาดกลุ่มย่อย (n) มีค่าน้อยกว่า 10 แผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแผนภูมิควบคุมพิสัยจะมีการแปรผันไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าขนาดของกลุ่มย่อยมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 10 และมีค่าที่ผิดปกติ (extreme value) ซึ่งค่าผิดปกตินี้จะมีผลกระทบแผนภูมิควบคุมพิสัยมาก แผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีความแม่นยำกว่าแผนภูมิควบคุมพิสัย ในอดีตแผนภูมิควบคุมพิสัยนิยมใช้มากกว่าแผนภูมิส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เนื่องจากมีความง่ายในการคำนวณค่าพิสัย (R) มากกว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของกลุ่มย่อย อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีเครื่องคิดเลขและโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้อย่างรวดเร็ว แผนภูมิส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจึงได้รับความนิยมใช้กันมากขึ้น

การพิจารณาหาเส้นกลางและขีดจำกัดควบคุมสำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย

1. เส้นกลาง (CL)

$$CL_{\bar{\bar{x}}} = \bar{\bar{X}} = \frac{1}{g}\sum_{i=1}^{g}\bar{x}_i \qquad (2.4)$$

2. ขีดจำกัดควบคุมบน (UCL)

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{x}} \qquad (2.5)$$

3. ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL)

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{x}} \qquad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. เส้นกลาง (CL)

$$CL_S = \bar{S} = \frac{1}{g}\sum_{i=1}^{g} S_i \qquad (2.7)$$

2. ขีดจำกัดควบคุมบน (UCL)

$$UCL_S = \bar{S} + 3\sigma_S \qquad (2.8)$$

3. ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL)

$$LCL_S = \bar{S} - 3\sigma_S \qquad (2.9)$$

ให้ $\bar{X}_i$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อมที่ i

S_i แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มย่อยที่ i

g แทน จำนวนกลุ่มย่อยที่พิจารณา

$\sigma_{\bar{X}}$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยตัวอย่าง เท่ากับ SD($\bar{X}$)

σ_S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง เท่ากับ SD(S)

การประมาณค่าของ SD($\bar{X}$) และ SD(S) กระทำได้ดังนี้คือ

1) $\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ โดยที่ $\sigma = SD(X)$

2) ประมาณค่า σ ด้วย

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{S}}{C_4}$$

3) $3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \frac{3\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} = \frac{3\bar{S}}{C_4\sqrt{n}} = A_3\bar{S}$

โดยค่าของ $A_3 = \frac{3}{C_4\sqrt{n}}$ เปิดจากตารางที่ ก ในภาคผนวก ที่ n ค่าต่าง ๆ

4) $\sigma_s = \sigma\sqrt{1-C_4^{\,2}} = \bar{S}\frac{1}{C_4}\sqrt{1-C_4^{\,2}}$

จะได้เส้นกลาง ขีดจำกัดควบคุมบน และขีดจำกัดควบคุมล่างของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย คือ

$$CL_{\bar{\bar{x}}} = \bar{\bar{X}} = \frac{1}{g}\sum_{i=1}^{g}\bar{x}_i \qquad (2.10)$$

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S} \qquad (2.11)$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S} \qquad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเส้นกลาง ขีดจำกัดควบคุมบน และขีดจำกัดควบคุมล่างของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ

$$CL_S = \bar{S} = \frac{1}{g}\sum_{i=1}^{g} S_i$$

$$UCL_S = \bar{S} + 3\sigma_S = \bar{S} + 3\bar{S}\frac{1}{C_4}\sqrt{1-C_4^{\,2}}$$

$$= \bar{S}\left(1 + \frac{3}{C_4\sqrt{1-C_4^{\,2}}}\right) = B_4\bar{S}$$

โดยที่ค่าของ $B_4 = 1+\frac{3}{C_4}\sqrt{1-C_4^{\,2}}$

$$UCL_S = \bar{S} - 3\sigma_S = \bar{S} - 3\bar{S}\frac{1}{C_4}\sqrt{1-C_4^{\,2}}$$

$$= \bar{S}\left(1 - \frac{3}{C_4\sqrt{1-C_4^{\,2}}}\right) = B_3\bar{S}$$

โดยที่ค่าของ $B_3 = 1-\frac{3}{C_4}\sqrt{1-C_4^{\,2}}$

2.6.3 การปรับปรุงแผนภูมิควบคุม

การปรับปรุงแผนภูมิควบคุมจะทำโดยการพิจารณาว่า ถ้าไม่มีจุดใดหรือผลิตภัณฑ์กลุ่มใดตกนอกเส้นขีดจำกัดควบคุม แสดงว่า กระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะควบคุมได้ แต่ในกรณีที่ปรากฏจุดใดจุดหนึ่งตกอยู่นอกเส้นขีดจำกัดควบคุม โดยสามารถระบุสาเหตุได้ แสดงว่า มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นจะต้องตัดจุดที่มีลักษณะของความผิดปกติออก

การปรับปรุงเส้นกลางและขีดจำกัดควบคุม
สำหรับแผนภูมิค่าเฉลี่ย

$$CL_{\bar{X}_{new}} = \bar{\bar{X}}_{new}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{g}\bar{X}_i - \bar{X}_d}{g - g_d}$$

$$UCL_{\bar{X}_{new}} = \bar{\bar{X}}_{new} + A_3\bar{S}_{new}$$

$$LCL_{\bar{X}_{new}} = \bar{\bar{X}}_{new} - A_3\bar{S}_{new}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$CL_{S_{new}} = \bar{S}_{new}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{g} S_i - S_d}{g - g_d}$$

$$UCL_{S_{new}} = B_4 \bar{S}_{new}$$

$$LCL_{S_{new}} = B_3 \bar{S}_{new}$$

เมื่อ $\bar{X}_d$ คือ ค่าเฉลี่ยกลุ่มย่อยที่ถูกตัดออก

g_d คือ จำนวนกลุ่มย่อยที่ถูกตัดออก

S_d คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มย่อยที่ถูกตัดออก

2.6.4 สมรรถนะของกระบวนการ

การวิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการ (Process Capability Analysis) ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบความผันแปร (Variability) ในกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติกับข้อกำหนด (Specification) หรือความต้องการ (Requirements) ของผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาใช้หาค่าสมรรถนะ (Performance) ของกระบวนการผลิตจากข้อมูลที่ได้มาจากการวัดเพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการผลิตมีความสามารถที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าได้ดีเพียงใด ถ้าผลิตภัณฑ์ใดมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี นั่นก็หมายความว่าในกระบวนการผลิตปราศจากความผันแปรหรืออาจจะมีความผันแปรที่เกิดขึ้นน้อยมาก แต่ถ้าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใดมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ไม่ดีหรือมีผลิตภัณฑ์เสียมาก นั่นก็หมายความว่ากระบวนการมีความผันแปรมาก และความผันแปรที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตจะเป็นส่วนบ่งชี้ถึงความสามารถในกระบวนการผลิตว่าความสามารถในกระบวนการผลิตเป็นอย่างไร และมีศักยภาพดีมากน้อยเพียงใด

โดยสมรรถนะของกระบวนการในการผลิตหนึ่งจะรวมถึงคน เครื่องจักร วัตถุดิบ การเก็บข้อมูล และสิ่งแวดล้อม ซึ่งการศึกษาสมรรถนะของกระบวนการผลิตที่มีเวลาเป็นส่วนประกอบจึงมีความสำคัญมาก ทำให้ต้องพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงในระดับคุณภาพ เนื่องจากเครื่องมือหรือการทดแทนเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มความสามารถในเครื่องจักรนั้น คือ การศึกษาความผันแปรตามธรรมชาติที่คนไม่สามารถที่จะทำการแก้ไขปรับปรุงได้ หรือการศึกษาในช่วงนี้จะกระทำภายใต้เงื่อนไขของการควบคุม ตลอดจนหาความผันแปรตามธรรมชาติที่เกิดขึ้น เช่น การควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบและการวัดหรือควบคุมเครื่องมือให้มีความเที่ยงตรงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4.1 สมรรถนะของกระบวนการในอุตสาหกรรมการผลิต

ในอุตสาหกรรมการผลิตลำดับขั้นในการดำเนินงานที่สำคัญนั้นมีอยู่ 3 ประการ ได้แก่ การออกแบบกระบวนการผลิต และตรวจสอบข้อกำหนด (Specification) ของสินค้าจะกำหนดในขั้นตอนการออกแบบด้วย ในขั้นตอนของกระบวนการผลิตต้องทำการควบคุมการผลิต ซึ่งจะต้องควบคุมให้สินค้าที่ผลิตตรงตามข้อกำหนด สำหรับขั้นตอนการตรวจสอบสินค้าที่ผลิตมีลักษณะคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ในการควบคุมคุณภาพต้องพิจารณาคุณภาพสินค้าว่าอยู่ภายใต้ขีดจำกัดหรือไม่ ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานกระบวนการผลิตภายใต้การควบคุมอย่างสม่ำเสมอ ขั้นตอนการพิจารณา มีดังนี้

กำหนด ขีดจำกัดข้อกำหนดบน (Upper Specification Limit หรือ USL)

และ ขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง (Lower Specification Limit หรือ LSL)

โดยขีดจำกัดข้อกำหนดบนและขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง จะกำหนดขึ้นจากรัฐบาล หน่วยงาน หรือโรงงานในการสร้างมาตรฐานของสินค้าใดสินค้าหนึ่ง

2.6.4.2 ดัชนีศักยภาพของกระบวนการ (Process capability Index : C_p)

สำหรับการวิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่สามารถคำนวณหาได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้

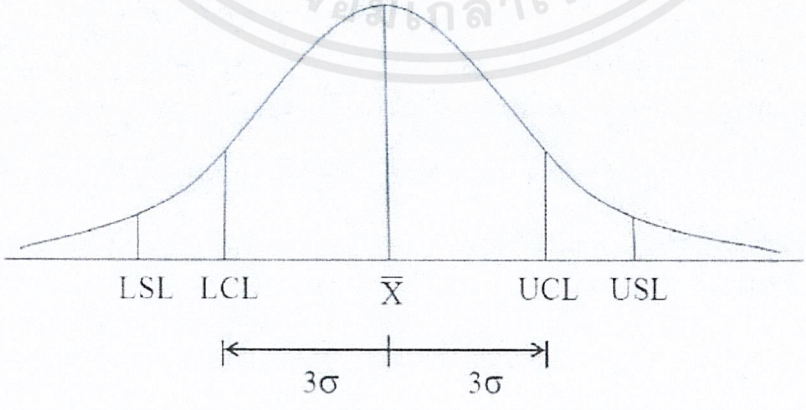
$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \qquad (2.13)$$

โดยที่ C_p แทน ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการ

USL - LSL แทน ความทนทาน (Tolerance)

6σ แทน สมรรถนะของกระบวนการ

โดยพิจารณาจากค่า C_p ถ้าค่ายิ่งมาก จะถือว่าสมรรถนะของกระบวนการนั้นจะยิ่งดี ($C_p > 1$)



ภาพที่ 2.23 ค่าคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่มีสมรรถนะของกระบวนการผลิต (C_p) มากกว่า 1

(ที่มา: https://sites.google.com/a/rbru.ac.th สืบค้นเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4.3 ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการ (Process capability index : C_{pk})

จากการใช้แนวคิดสมรรถนะของกระบวนการเราสามารถวัดคุณภาพเมื่อกำหนดว่ากระบวนการอยู่ที่ศูนย์กลางได้จากค่าสมรรถนะของกระบวนการที่สูงขึ้น คุณภาพนั้นก็จะดีขึ้นด้วยดังนั้น เราควรจะทำให้สมรรถนะของกระบวนการมีค่ามากกว่าที่จะเป็นไปได้ สิ่งนี้จะประสบความสำเร็จได้จะต้องมีข้อกำหนดที่เป็นไปได้และมีการปรับปรุงสมรรถนะของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถใช้ค่า C_{pk} ในการวัดสมรรถนะของกระบวนการนั้น ซึ่งหาได้จาก

$$C_{pk} = Min(C_{PU}, C_{PL}) \qquad (2.14)$$

โดยที่ $C_{PU} = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$ และ $C_{PL} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$

ให้ $C_{pk} = 1$ เป็นค่ามาตรฐานของกระบวนการ

ถ้า $C_{pk} > 1$ จึงจะถือว่าสมรรถนะของกระบวนการอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

ข้อแนะนำเกี่ยวกับค่า C_P และ C_{Pk}

1. แม้ค่ากลางของการผลิตจะเปลี่ยนไป แต่ C_P จะไม่เปลี่ยน เนื่องจากการคำนวณค่า C_P ไม่ได้ใช้ค่ากลาง
2. ถ้ากระบวนการสมมาตร (กระบวนการอยู่ที่ศูนย์กลาง) จะได้ว่า $C_P = C_{Pk}$
3. $C_P \geq C_{Pk}$ เสมอ กล่าวคือ ถ้า $\bar{X}$ ไม่ได้อยู่กึ่งกลางระหว่างค่า USL และค่า LSL แล้ว $C_P > C_{Pk}$ แต่ถ้า $\bar{X}$ อยู่กึ่งกลางระหว่าง USL และ LSL แล้ว $C_P = C_{Pk}$
4. $C_{Pk} > 1$ แสดงว่ากระบวนการตรงตามข้อกำหนด
5. $C_{Pk} = 1$ เป็นค่ามาตรฐาน แสดงว่ากระบวนการตรงตามข้อกำหนด
6. $C_{Pk} < 1$ แสดงว่ากระบวนการไม่ตรงตามข้อกำหนด
7. $C_{Pk} > 0$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยอยู่ข้างในข้อกำหนด นั่นคือ LSL < $\bar{X}$ < USL
8. $C_{Pk} = 0$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยเท่ากับข้อกำหนดหนึ่งๆนั่นคือ $\bar{X}$ = USL หรือ $\bar{X}$ = LSL
9. $C_{Pk} < 0$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยอยู่ข้างนอกข้อกำหนด นั่นคือ $\bar{X}$ > USL หรือ $\bar{X}$ < LSL
10. $C_P < 1$ แสดงว่ากระบวนการไม่สามารถดำเนินงานได้

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิเคราะห์สมรรถนะกระบวนการผลิต มีดังนี้

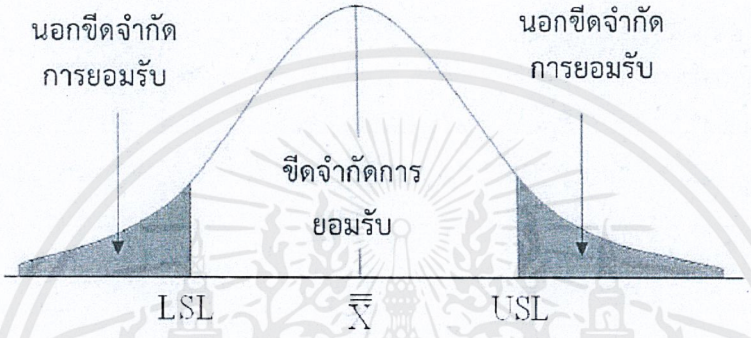
1. ช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิต
2. ช่วยลดความผันแปรของกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ช่วยประมาณความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง
4. ทำให้สามารถคาดคะเนได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ยังอยู่ในขอบเขตขีดจำกัดควบคุมหรือไม่
5. ช่วยในการหามาตรฐานสำหรับข้อกำหนดทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์ใหม่

2.6.5 การคำนวณหาร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนด (Part Per Million : PPM)

จากข้อมูลลักษณะคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่มีการแจกแจงปกติ สามารถคำนวณหาร้อยละของข้อมูลที่ตกอยู่นอกขีดจำกัดข้อกำหนด (PPM) โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังนี้



ภาพที่ 2.24 ร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนด

(ที่มา : https://sites.google.com/a/rbru.ac.th สืบค้นเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2562)

$$Z_U = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{\sigma} \quad \text{และ} \quad Z_L = \frac{LSL - \bar{\bar{X}}}{\sigma} \qquad (2.15)$$

เมื่อ Z_U และ Z_L แทน ค่าปกติมาตรฐาน

σ แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{\bar{X}}$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยข้อมูล

USL แทน ขีดจำกัดข้อจำกัดบน (Upper Specification Limit)

LSL แทน ขีดจำกัดข้อจำกัดล่าง (Lower Specification Limit)

จากสูตรคำนวณค่า Z_U และ Z_L ที่ได้นำไปเปิดตาราง ก ในภาคผนวกจะได้เป็นค่าพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งปกติมาตรฐานที่อยู่นอกขีดจำกัดข้อกำหนดทั้งด้านซ้ายและด้านขวา นำค่าที่ได้มารวมกันแล้วคิดเป็นค่าร้อยละ จะได้ค่าร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนด (PPM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.6 การแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องมีหลายชนิด ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการแจกแจงปกติ ซึ่งเป็นการแจกแจงที่มีความสำคัญอย่างยิ่งกับการเลือกใช้สถิติอิงพารามิเตอร์ จำเป็นต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงปกติของประชากร มีรายละเอียดดังนี้

กำหนดให้ X เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 ฟังก์ชั่นความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของ X คือ

$$f(X;\mu,\sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad ; \quad -\infty < X < \infty$$

$$-\infty < \mu < \infty$$

$$\sigma^2 > 0$$

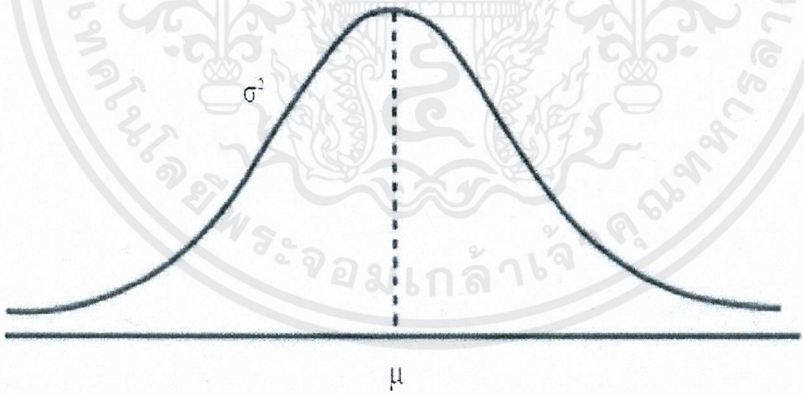
เมื่อ f(x) แทน ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

e ≈ 2.71828

π ≈ 3.14286

μ แทน ค่าเฉลี่ยของประชากร

σ^2 แทน ค่าความแปรปรวนของประชากร



ภาพที่ 2.25 การแจกแจงปกติ

(ที่มา: https://sites.google.com/a/rbru.ac.th สืบค้นเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2562)

สมบัติของการแจกแจงปกติ มีดังนี้

1. การแจกแจงปกติมีลักษณะเป็นโค้งรูประฆังคว่ำบนแกน X โดยที่ปลายทั้งสองด้านลาดลงแต่ไม่แตะแกน X มีพารามิเตอร์ คือ ค่าเฉลี่ย (μ) และความแปรปรวน (σ^2)

2. การแจกแจงปกติมีค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมเท่ากัน ซึ่งอยู่ที่จุดกึ่งกลางโค้งปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การแจกแจงปกติมีความโด่ง (Kurtosis) เท่ากับ 3 และความเบ้ (Skewness) เท่ากับ 0 ดังนั้น โค้งการแจกแจงมีลักษณะสมมาตร

2.6.6.1 การทดสอบการแจกแจงของ Anderson-Darling

Anderson และ Darling, (1954) ได้เสนอสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบภาวะสารูปสนิทดี เมื่อข้อมูลอยู่ในมาตราเรียงลำดับ (Ordinal Scale) และลักษณะการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบต่อเนื่อง ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$AD = -n - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(2i-1)[\ln u_i + \ln(1-u_{n-i+1})]$$

กำหนดให้ $X_1 \le X_2 \ldots \le X_n$ เป็นค่าสังเกต n ค่าในตัวอย่างอันดับ

เมื่อ u_i แทน ฟังก์ชันการแจกแจงที่คาดหวังภายใต้ $H_0 : u_i = F_0(X_i)$

ขั้นตอนการทดสอบการแจกแจงปกติของ Anderson-Darling

1. เรียงข้อมูล X จากน้อยไปมาก
2. ตั้งสมมติฐานทดสอบ

   H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

   H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ
3. หาค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S ในการคำนวณหาจากค่า X

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \quad \text{และ} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

4. ทำการปรับค่า ให้เป็น Z โดย

$$Z_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S}$$

$$u_i = F_0(Z_i) = P\left(Z \le \frac{X_i - \bar{X}}{S}\right) = P(Z \le Z_i)$$

5. หาค่า AD จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$AD = -n - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(2i-1)\left[\ln u_i + \ln(1-u_{n-i+1})\right]$$

6. จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ AD ที่คำนวณมีค่ามากกว่า Significance point จากตาราง ข ในภาคผนวก ณ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด

2.6.6.2 การแจกแจงค่าเฉลี่ยที่เป็นปกติ

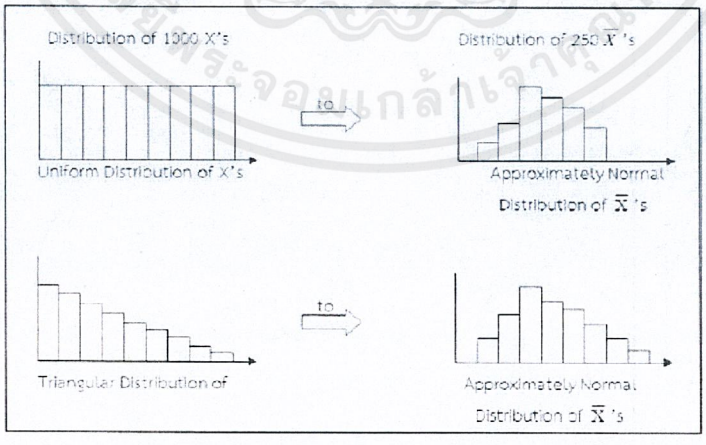
การสร้างแผนภูมิควบคุมโดยหลัก ๆ ทั่วไป มักจะตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่ต้องมีการแจกแจงปกติ การสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยก็เช่นเดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจะต้องมีการแจกแจงปกติหรือใกล้เคียงปกติ ในปัญหาพิเศษนี้จะกล่าวถึงการทดลองของ Dr.Walter A. Shewhart ผู้ซึ่งถือว่าเป็นบิดาของการควบคุมคุณภาพและเป็นผู้คิดค้นการสร้างแผนภูมิควบคุมที่ $\pm 3\sigma$ ดังนี้

1) การทดลองของ Dr. Walter A. Shewhart

การทดลองของ Shewhart เกี่ยวกับการแจกแจงค่าเฉลี่ยมีรายละเอียดดังนี้ เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรที่ไม่มีการแจกแจงปกติ การแจกแจงของค่าเฉลี่ยที่ได้จากตัวอย่างสุ่ม แนวโน้มที่จะเข้าใกล้การแจกแจงปกติ ซึ่งจากการทดลองของ Shewhart ทำการระบุตัวเลขจำนวนเต็มลงในชิบ (ตัวเลขเหล่านี้มีการแจกแจงเอกรูป) และทำการสุ่มหยิบขึ้นมาแบบแทนที่ครั้งละ 4 ชิบหลาย ๆ ครั้ง พบว่าเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขบนชิบที่สุ่มได้ในแต่ละครั้ง นำมาพล็อตกราฟจะมีแนวโน้มเข้าใกล้การแจกแจงปกติ

2) ทฤษฎีบทขีดจำกัดส่วนกลาง (Central Limit Theorem : CLT)

เมื่อสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่ไม่มีการแจกแจงปกติ การแจกแจงของค่าเฉลี่ยที่ได้จากตัวอย่างสุ่มจะมีแนวโน้มหรือเข้าใกล้การแจกแจงปกติ (Approximate normal) โดยขนาดตัวอย่างต้องมีอย่างน้อยเท่ากับ 4 ซึ่งเมื่อขนาดตวอย่างเพิ่มขึ้นการแจกแจงของค่าเฉลี่ยจะเข้าใกล้การแจกแจงปกติมากขึ้นอีกด้วย



ภาพที่ 2.26 การอธิบายทฤษฎีบทขีดจำกัดส่วนกลาง

(ที่มา: https://sites.google.com/a/rbru.ac.th สืบค้นเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

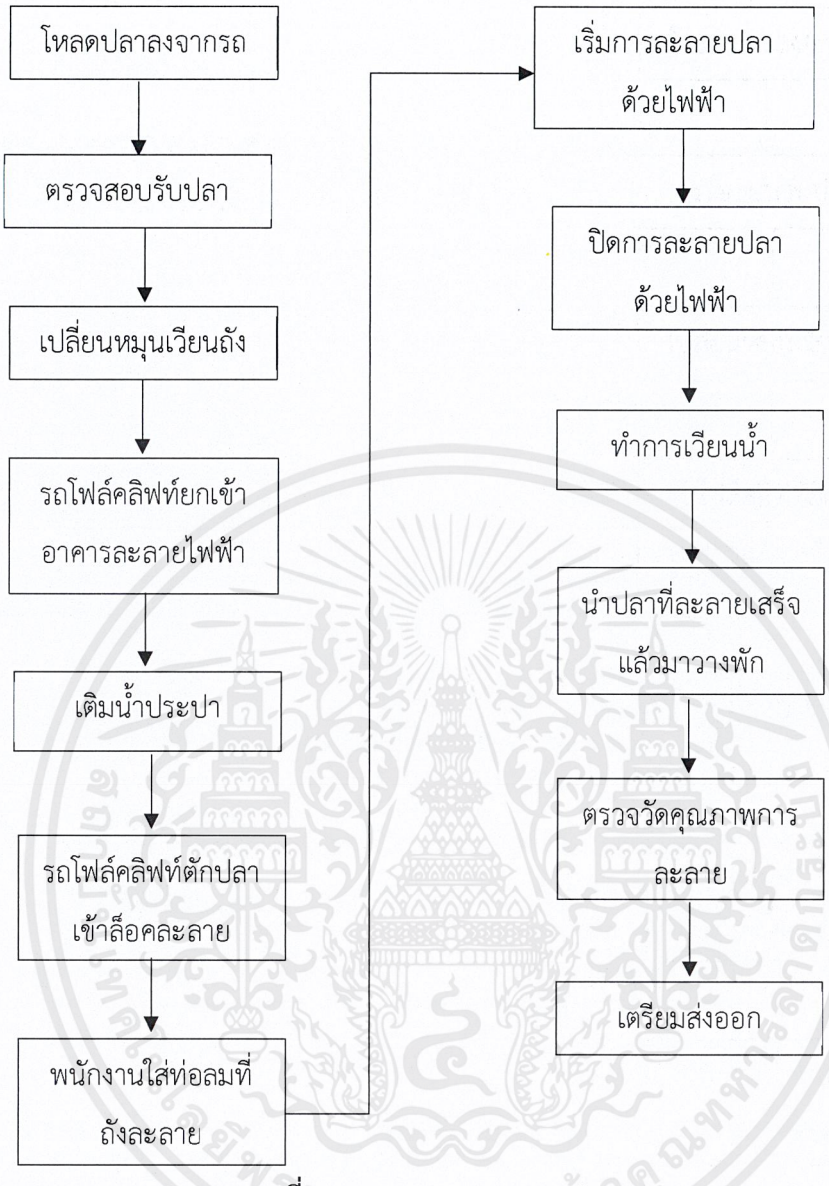
ในการจัดทำโครงงานเรื่องการปรับปรุงกระบวนการละลายปลาทูน่าด้วยการใช้สนามไฟฟ้าแรงดันสูง กรณีศึกษา บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) มีวิธีการดำเนินงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษากระบวนการละลายปลา
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา
3. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลหาสาเหตุของปัญหา
4. กำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่ออุณหภูมิใจกลางตัวปลา
5. วางแผนการทดลองและเก็บข้อมูลหาแนวทางการแก้ไขปัญหา
6. จัดทำเป็นมาตรฐานและทำการควบคุม
7. สรุปผลการศึกษา เสนอแนะ และวิจารณ์การทำงาน

3.1 การศึกษากระบวนการละลายปลา

ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการละลายปลาด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง โดยศึกษาขั้นตอนการทำงานของอาคารละลายไฟฟ้า ฝ่ายผลิตปลาทูน่า ตั้งแต่ขั้นตอนการรับปลาจากห้องเย็นจนถึงขั้นตอนการส่งออกเพื่อส่งไปยังกระบวนการต่อไป โดยกระบวนการละลายปลามีขั้นตอนดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 กระบวนการละลายปลา

3.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยและปรึกษากับที่ปรึกษาฝ่ายโรงงานเพื่อทำการกำหนดหัวข้อโครงงาน วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ โดยหัวข้อที่ได้รับคือ การควบคุมกระบวนการละลายปลาทูน่าด้วยการใช้สนามไฟฟ้าแรงดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสาเหตุของปัญหา

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมไว้ จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาหลังการละลายของปลาทูน่าครีบยาว โดยทำการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล หลังจากนั้นจะใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$-chart) แผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R-chart) ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการผลิต (C_{pk}) และร้อยละของข้อมูลที่ตกอยู่นอกขอบเขตข้อกำหนดของบริษัท โดยในกรณีที่มีจุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมและสามารถระบุสาเหตุได้ จะทำการปรับปรุงขีดจำกัดควบคุมใหม่

สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น จะทำการเก็บรวบรวมตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมมา ได้แก่ อุณหภูมิใจกลางตัวปลา (Backbone temperature) ของปลาทูน่าครีบยาว ทั้งหมด 4 ขนาด โดยจะแบ่งกลุ่มตามน้ำหนักของปลา และจะใช้สภาวะในการละลายด้วยไฟฟ้าและเวียนน้ำที่แตกต่างกัน ในที่นี้ให้สภาวะการละลายตามมาตรฐานเดิมเป็น สภาวะที่ 1 มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

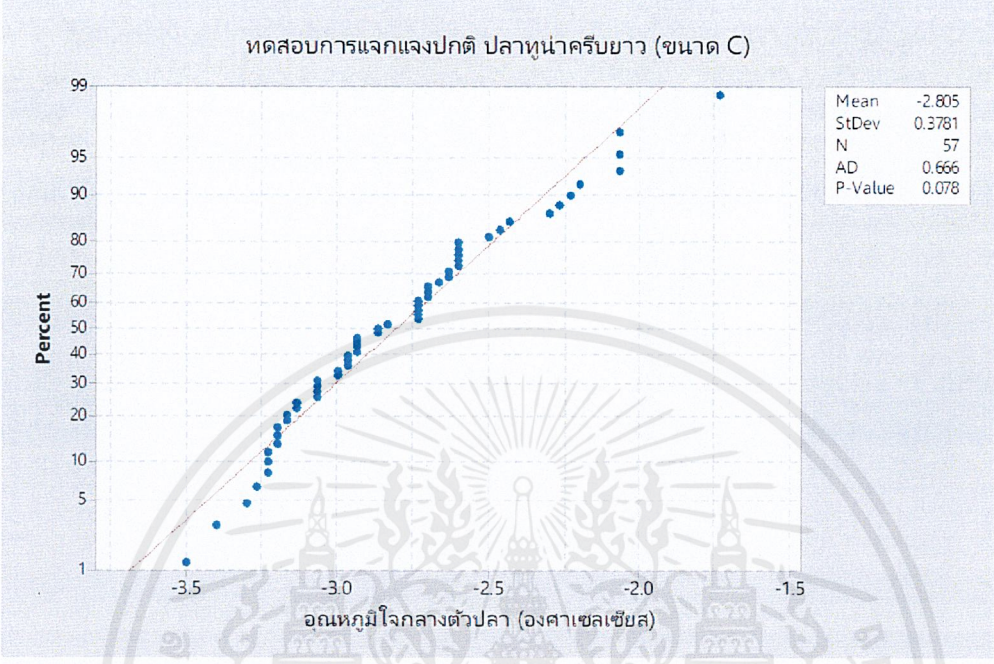
ตารางที่ 3.1 สภาวะเดิมที่ใช้ในการละลายไฟฟ้าและเวียนน้ำ (สภาวะที่ 1)

ชนิดปลา	ขนาด	น้ำหนัก (กก.)	ละลายไฟฟ้าและเปิดลม (ชม. : นาที)	เวียนน้ำและเปิดลม (ชม. : นาที)
ปลาทูน่าครีบยาว	A	5.01 - 9.00	5:00	3:30
	B	9.01 -15.00	7:00	5:00
	C	15.01 - 23.00	10:00	6:00
	D	23.01 ขึ้นไป	10:00	6:30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล

3.3.1.1 ผลการทดสอบของข้อมูลสำหรับปลาทูน่าครีบยาว ขนาด A (5.01-9.00 กก.)

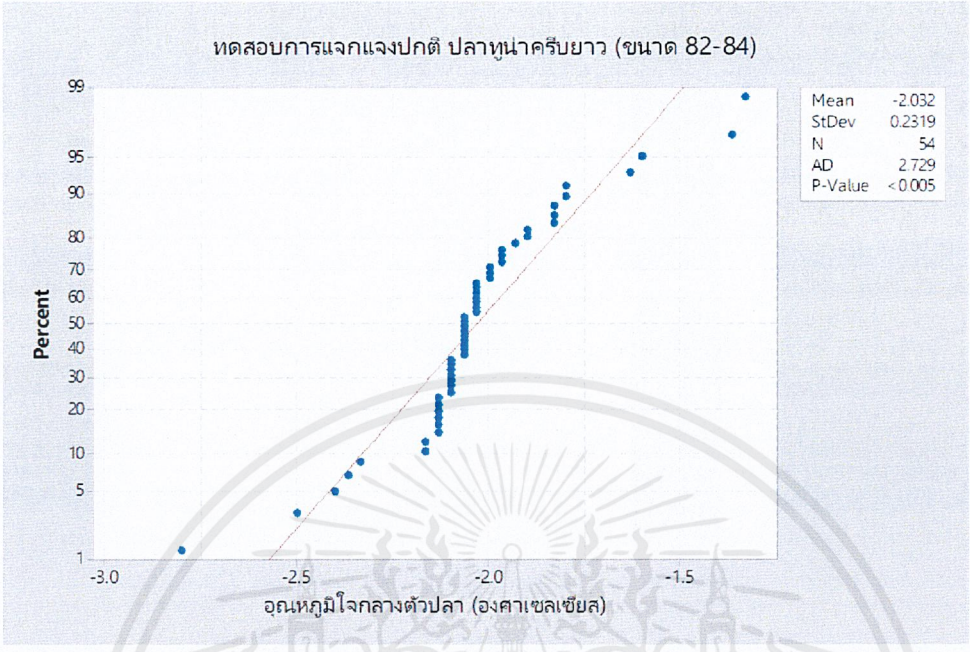


ภาพที่ 3.2 การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาว ขนาด A หลังการละลายด้วยไฟฟ้าและเปิดลม 5 ชม. เวียนน้ำและเปิดลม 3.5 ชม. (สภาวะที่ 1) โดยใช้วิธี Anderson-Darling

จากภาพที่ 3.2 จะพบว่าข้อมูลชุดนี้ส่วนใหญ่ค่อนข้างที่จะอยู่รอบ ๆเส้นตรง แต่จะมีข้อมูลบางช่วงที่ออกนอกเส้นตรง และจากการทดสอบโดยใช้ Anderson-Darling Test จะได้ค่า AD = 0.666 และ P-value = 0.078 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลของอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาว ขนาด C น้ำหนัก 5.01-9.00 กก. สำหรับการละลายด้วยไฟฟ้าและเปิดลม 5 ชม. เวียนน้ำและเปิดลม 3.5 ชม. (สภาวะที่ 1) มีการแจกแจงปกติที่ α = 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 ผลการทดสอบของข้อมูลสำหรับปลาทูน่าครีบยาว ขนาด B (9.01-15.00 กก.)

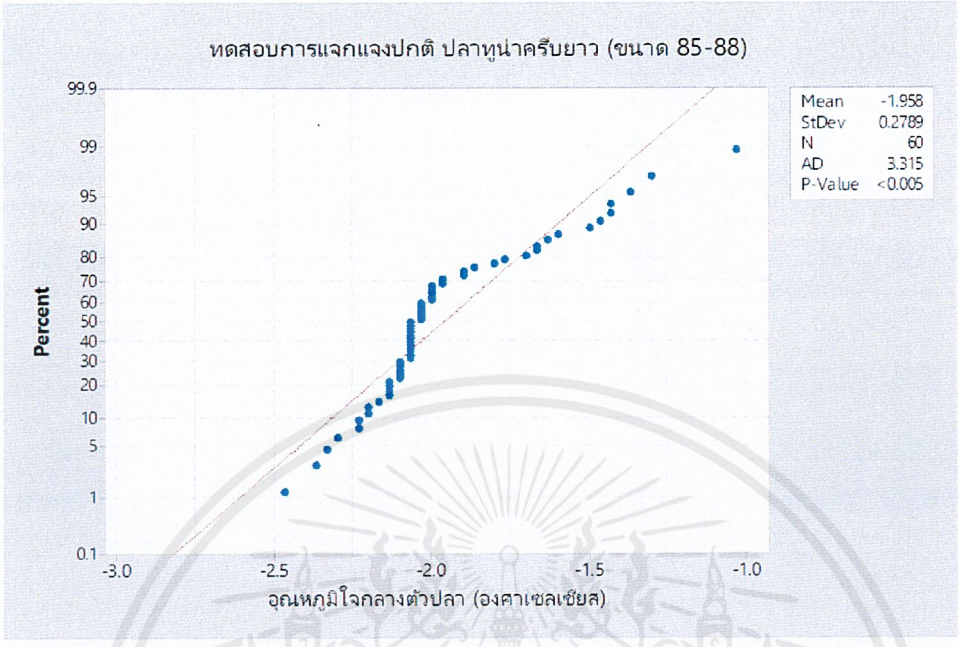


ภาพที่ 3.3 การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาว ขนาด B หลังการละลายด้วยไฟฟ้าและเปิดลม 7 ชม. เวียนน้ำและเปิดลม 5 ชม. (สภาวะที่ 1) โดยใช้วิธี Anderson-Darling

จากภาพที่ 3.3 จะพบว่าข้อมูลชุดนี้ส่วนใหญ่จะไม่อยู่รอบ ๆเส้นตรง และจากการทดสอบโดยใช้ Anderson-Darling Test จะได้ค่า AD = 2.729 และ P-value < 0.005 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลของอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาว ขนาด 82-84 น้ำหนัก 9.01-15.00 กก. สำหรับการละลายด้วยไฟฟ้าและเปิดลม 7 ชม. เวียนน้ำและเปิดลม 5 ชม. (สภาวะที่ 1) ไม่มีการแจกแจงปกติที่ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.3 ผลการทดสอบของข้อมูลสำหรับปลาทูน่าครีบยาว ขนาด C (15.01 - 23.00 กก.)

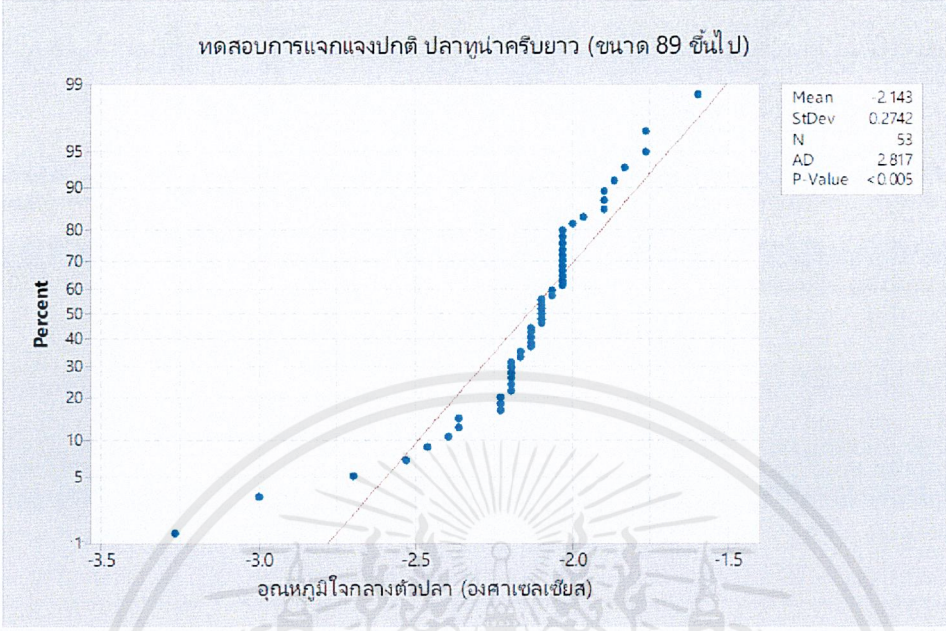


ภาพที่ 3.4 การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาว ขนาด C หลังการละลายด้วยไฟฟ้าและเปิดลม 10 ชม. เวียนน้ำและเปิดลม 6 ชม. (สภาวะที่ 1) โดยใช้วิธี Anderson-Darling

จากภาพที่ 3.4 จะพบว่าข้อมูลชุดนี้ส่วนใหญ่จะไม่อยู่รอบ ๆ เส้นตรงและจากการทดสอบโดยใช้ Anderson-Darling Test จะได้ค่า AD = 3.180 และ P-value < 0.005 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลของอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาว ขนาด 85-88 น้ำหนัก 15.01 - 23.00 กก. สำหรับการละลายด้วยไฟฟ้าและเปิดลม 10 ชม. เวียนน้ำและเปิดลม 6 ชม. (สภาวะที่ 1) ไม่มีการแจกแจงปกติที่ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.4 ผลการทดสอบของข้อมูลสำหรับปลาทูน่าครีบยาว ขนาด D (23.01 กก.ขึ้นไป)



ภาพที่ 3.5 การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาว ขนาด D ขึ้นไป ละลายด้วยไฟฟ้าและเปิดลม 10 ชม. เวียนน้ำและเปิดลม 6.5 ชม. (สภาวะที่ 1) โดยใช้วิธี Anderson-Darling

จากภาพที่ 3.5 จะพบว่าข้อมูลชุดนี้ส่วนใหญ่จะไม่อยู่รอบ ๆ เส้นตรงและจากการทดสอบโดยใช้ Anderson-Darling Test จะได้ค่า AD = 2.817 และ P-value < 0.005 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลของอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาว ขนาด 89 ขึ้นไป น้ำหนัก 23.01 กก.ขึ้นไป สำหรับการละลายด้วยไฟฟ้าและเปิดลม 10 ชม. เวียนน้ำและเปิดลม 6.5 ชม. (สภาวะที่ 1) ไม่มีการแจกแจงปกติที่ $\alpha = 0.05$

สำหรับผลการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลในวันอื่น ๆ ก็สามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน จึงสามารถนำมาสรุปผลการวิเคราะห์ของข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวแต่ละขนาด ได้ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาว

ชุดที่	กลุ่ม	น้ำหนัก (กก.)	ค่า AD	P-value	การสรุปผล
1	A	5.01 - 9.00	0.666	0.078	มีการแจกแจงแบบปกติ
2	B	9.01 -15.00	2.729	< 0.005	ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ
3	C	15.01 - 23.00	3.315	< 0.005	ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ
4	D	23.01 ขึ้นไป	2.187	< 0.005	ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

จากตารางที่ 3.2 จะเห็นว่า ข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาของปลาทูน่าครีบยาวแต่ละขนาด จะมีเพียงข้อมูลชุดที่ 1 มีการแจกแจงปกติ ส่วนข้อมูลชุดที่ 2-4 นั้นไม่มีการแจกแจงปกติ แต่เนื่องจากในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งได้ทำการเก็บครั้งละ 3 ตัวอย่าง ซึ่งทำให้สอดคล้องกับการทดลองของ Dr.Walter A. Shewhart และทฤษฎีบทขีดจำกัดส่วนกลาง จึงกล่าวได้ว่าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต่อไปนี้ จะมีการแจกแจงเข้าใกล้ปกติ (Approximate normal)

3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาของปลาทูน่าครีบยาว

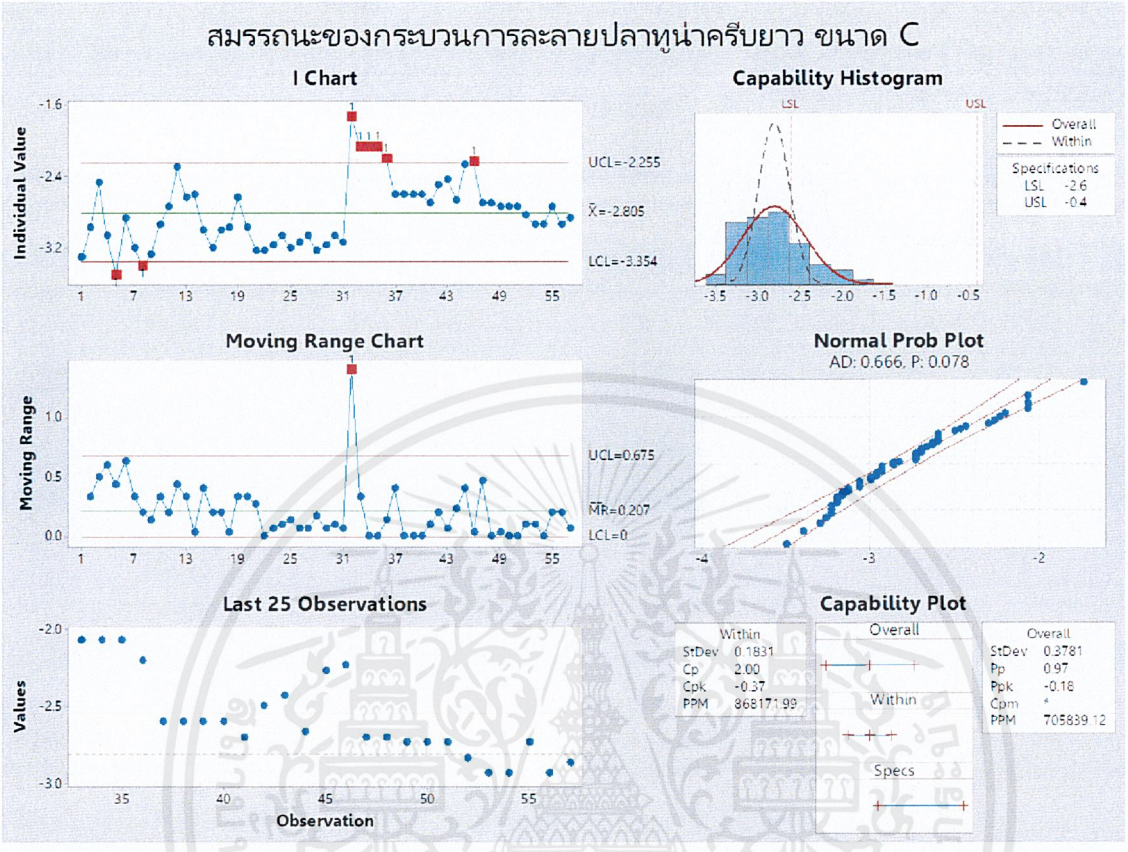
ในการตรวจสอบประสิทธิภาพในการละลายปลา ซึ่งทางบริษัทได้มีข้อกำหนดอุณหภูมิใจกลางตัวปลา (Backbone temperature) หลังละลายไว้ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ขีดจำกัดข้อกำหนด (Specification limit) ของอุณหภูมิใจกลางตัวปลา (Backbone temperature) หลังการละลายของปลาทูน่าครีบยาว (หน่วย : °ซ)

ลักษณะคุณภาพ	ขีดจำกัดข้อกำหนดล่าง (LSL)	ขีดจำกัดข้อกำหนดบน (USL)
อุณหภูมิใจกลางตัวปลา	-0.4	-2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับอุณหภูมิใจกลางตัวปลาของปลาทูน่าครีบยาวขนาด A



ภาพที่ 3.6 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด A (น้ำหนัก 5.01 - 9.00 กก.)

หมายเหตุ : 1 หมายถึงมีจุดพิกัดอย่างน้อย 1 จุด ตกอยู่ข้างนอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง

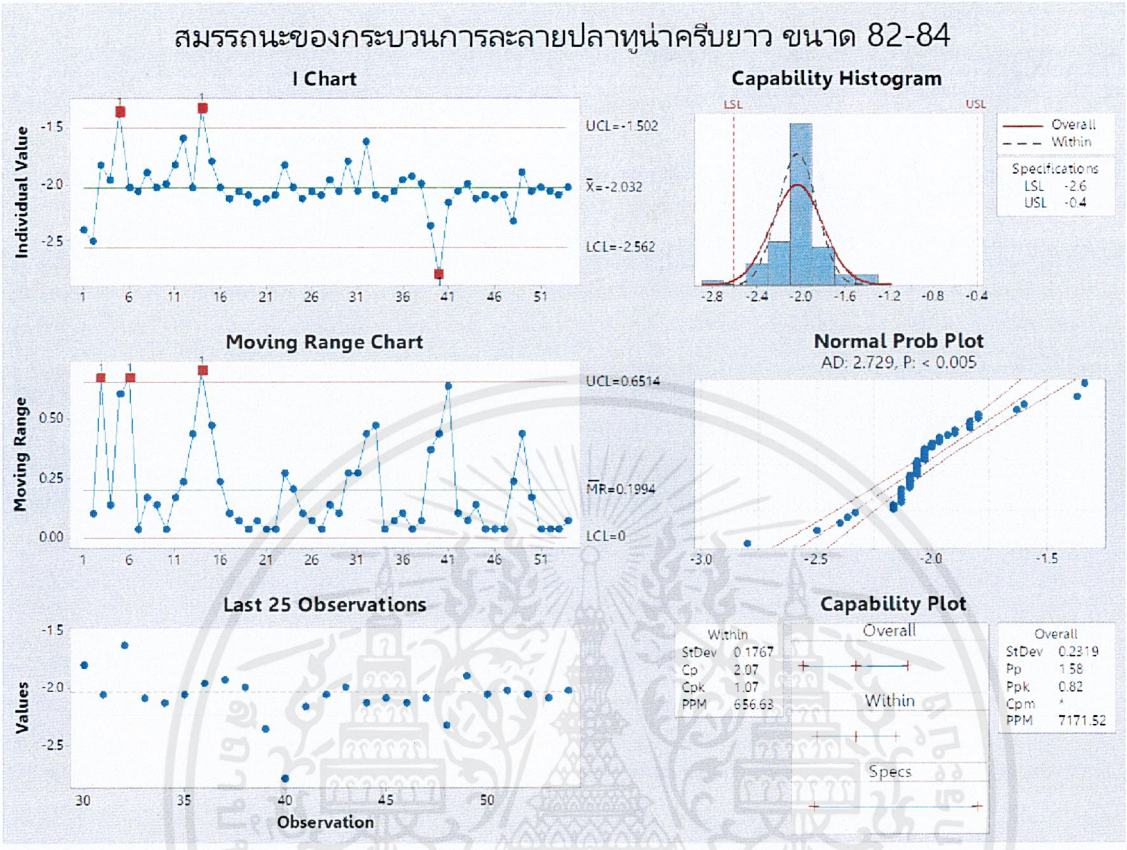
จากภาพที่ 3.6 พบว่า มีจุดที่ 5, 8, 32, 33, 34, 35, 36 และ 46 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่างของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย พบว่า จุดที่ 32 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน แสดงว่ากระบวนการละลายปลายังไม่สามารถควบคุมได้

ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ -0.37 และค่า PPM ในระยะสั้นมีค่าเท่ากับ 868171.99 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 86.8171

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ -0.18 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 705839.12 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 70.5839

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับอุณหภูมิใจกลางตัวปลาของปลาทูน่าครีบยาวขนาด B



ภาพที่ 3.7 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด B (น้ำหนัก 9.01 -15.00 กก.)

หมายเหตุ : 1 หมายถึงมีจุดพิกัดอย่างน้อย 1 จุด ตกอยู่ข้างนอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง

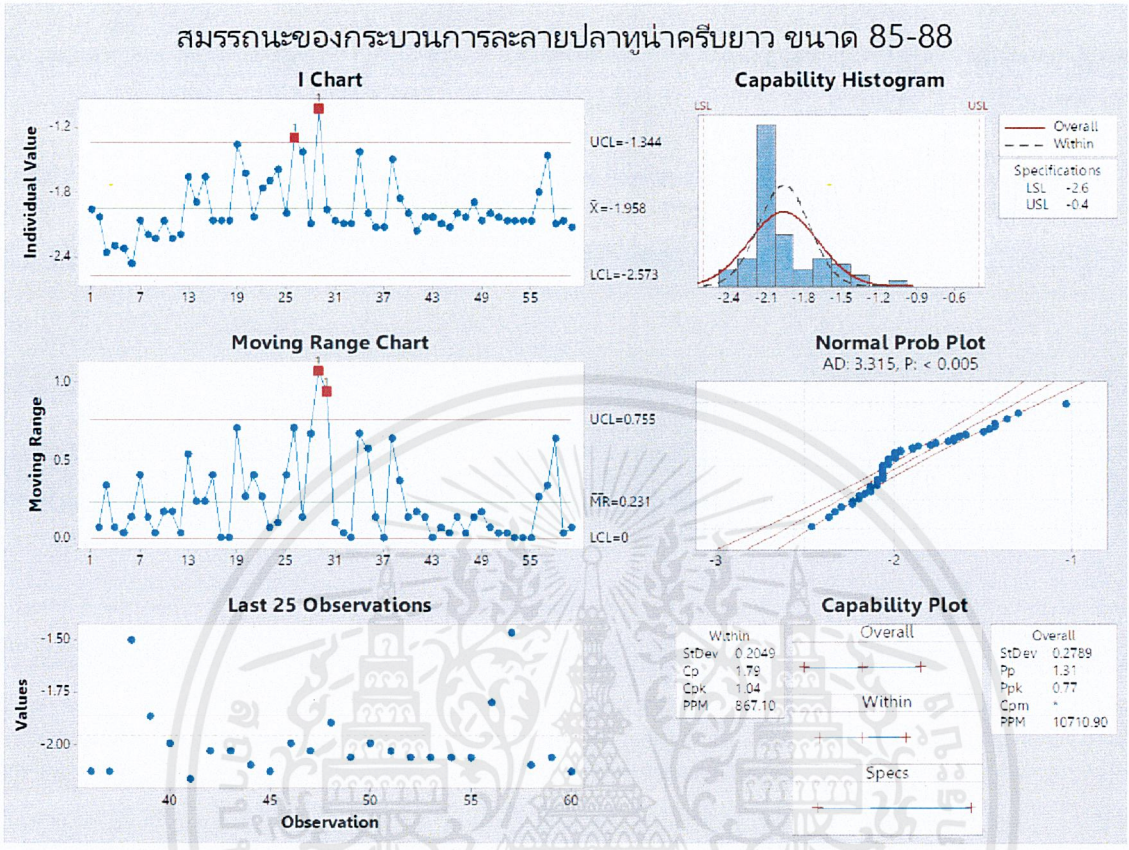
จากภาพที่ 3.7 พบว่า มีจุดที่ 5, 14, 32 และ 40 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมบนของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย พบว่า จุดที่ 3, 6 และ 14 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน แสดงว่ากระบวนการละลายปลายังไม่สามารถควบคุมได้

ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.07 และค่า PPM ในระยะสั้นมีค่าเท่ากับ 656.63 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่สามารถควบคุมได้ดี และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.0656

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.82 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 7171.52 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.7171

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับอุณหภูมิใจกลางตัวปลาของปลาทูน่าครีบยาวขนาด C



ภาพที่ 3.8 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด C (น้ำหนัก 15.01 - 23.00 กก.)

หมายเหตุ : 1 หมายถึงมีจุดพิกัดอย่างน้อย 1 จุด ตกอยู่ข้างนอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง

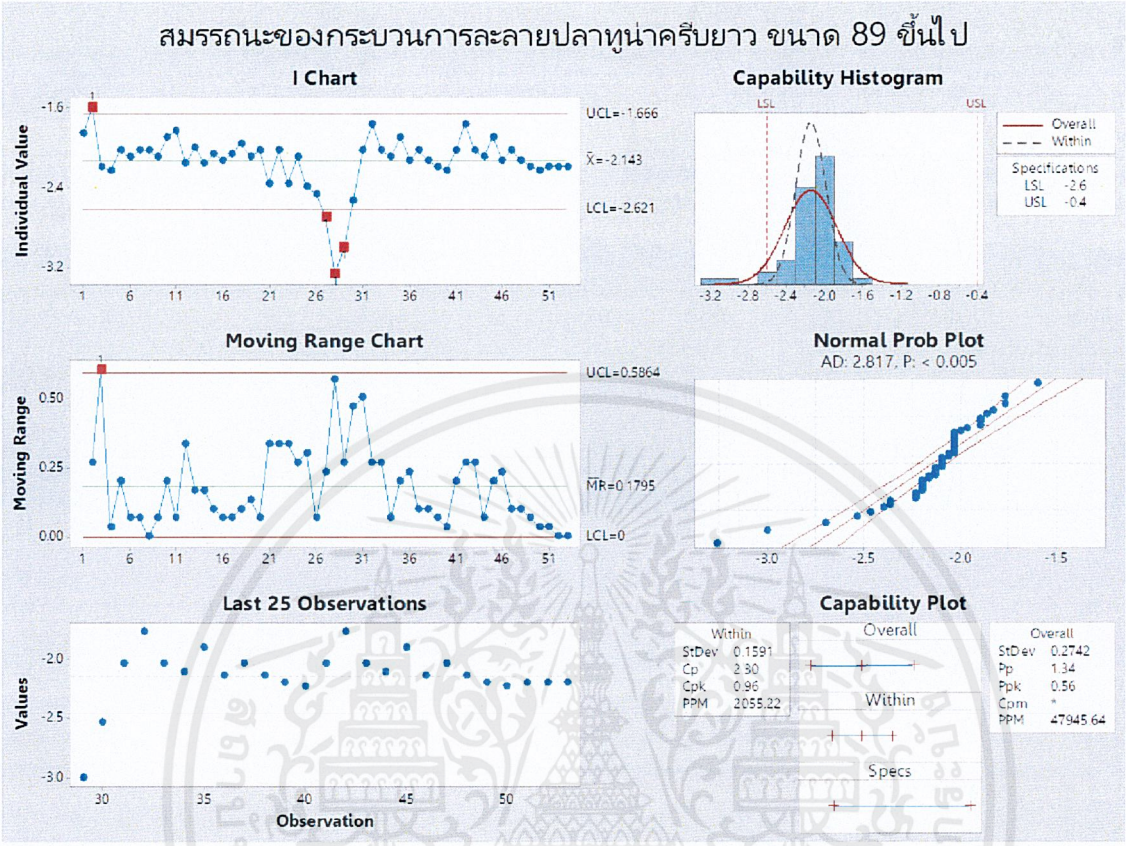
จากภาพที่ 3.8 พบว่า มีจุดที่ 26 และ 29 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมบนของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย พบว่า จุดที่ 29 และ 30 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน แสดงว่ากระบวนการละลายปลายังไม่สามารถควบคุมได้

ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.04 และค่า PPM ในระยะสั้นมีค่าเท่ากับ 867.10 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่สามารถควบคุมได้ดี และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.0867

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.77 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 10710.90 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 1.0710

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับอุณหภูมิใจกลางตัวปลาของปลาทูน่าครีบยาวขนาด D



ภาพที่ 3.9 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด D น้ำหนัก 23.01 กก. ขึ้นไป

หมายเหตุ : 1 หมายถึงมีจุดพิกัดอย่างน้อย 1 จุด ตกอยู่ข้างนอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง

จากภาพที่ 3.9 พบว่า มีจุดที่ 2, 27, 28 และ 29 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่างของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย พบว่า จุดที่ 3 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน แสดงว่ากระบวนการละลายปลายังไม่สามารถควบคุมได้

ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.96 และค่า PPM ในระยะสั้นมีค่าเท่ากับ 2055.22 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.2055

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.56 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 47945.64 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 4.7945

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวแต่ละขนาด สำหรับข้อมูลวันอื่น ๆ สามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน และนำมาสรุปผลการวิเคราะห์ของข้อมูลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครบยาวแต่ละขนาด

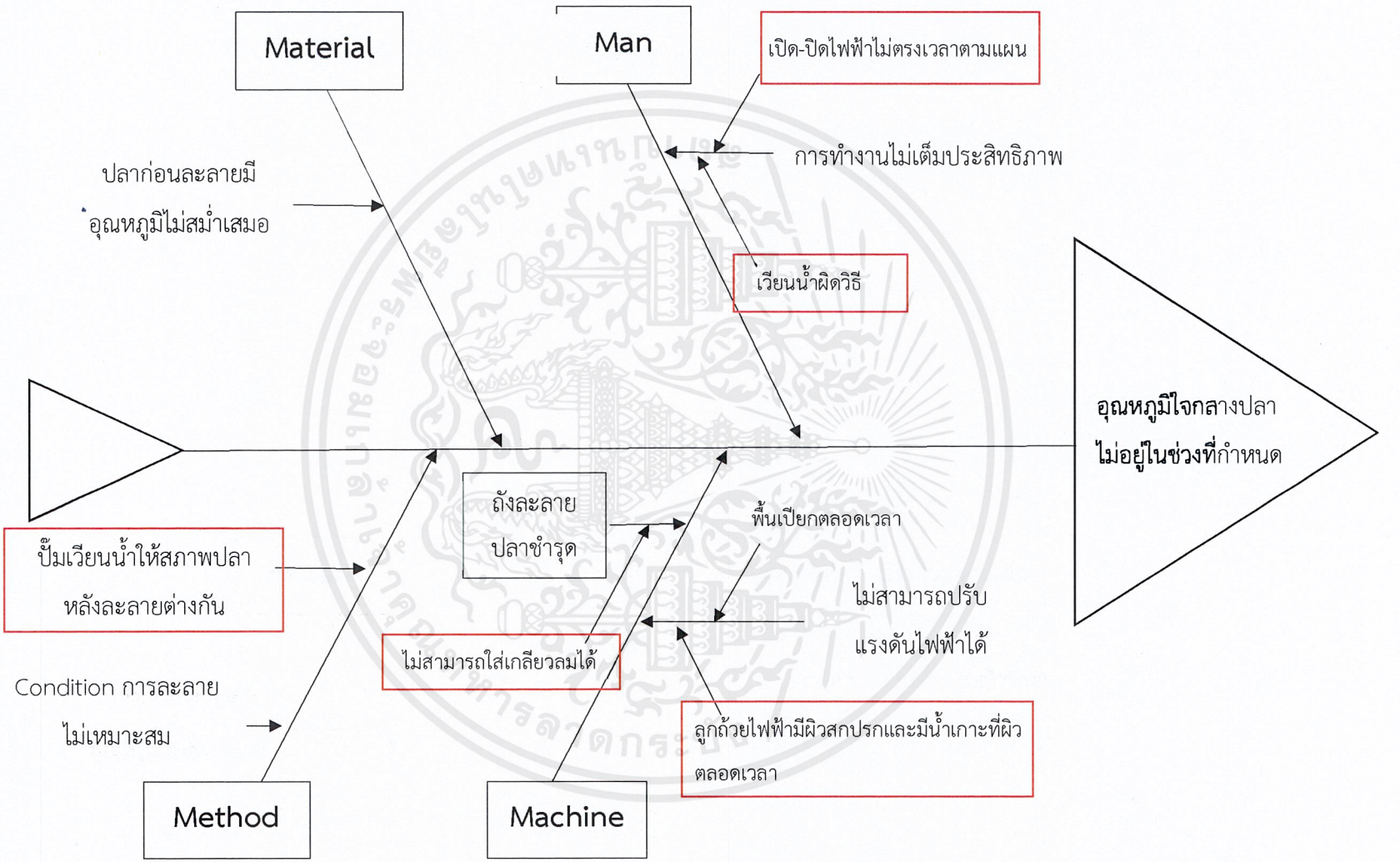
ขนาด	แผนภูมิควบคุม				ลักษณะการควบคุม	C_{pk}	ร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกข้อกำหนด
	ค่าเฉลี่ย		ค่าพิสัย				
	LCL	UCL	LCL	UCL			
A	-3.354	-2.255	0	0.675	ควบคุมไม่ได้	-0.37	86.82
B	-2.562	-1.502	0	0.651	ควบคุมไม่ได้	1.07	0.07
C	-2.573	-1.344	0	0.755	ควบคุมไม่ได้	1.04	0.09
D	-2.621	-1.666	0	0.586	ควบคุมไม่ได้	0.96	0.21

จากตารางที่ 3.4 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการละลายปลาด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูงของปลาทูน่าครีบยาวแต่ละขนาดยังไม่สามารถควบคุมได้ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการผลิต (C_{pk}) ของขนาด B และ C มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าสมรรถนะของกระบวนการละลายปลายังอยู่ในระดับที่ดี ส่วนขนาด A และ D มีค่าน้อยว่า 1 แสดงว่าสมรรถนะของกระบวนการละลายปลาอยู่ในระดับที่ไม่ดี และยังมีสินค้าตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนดสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 86.82

ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิใจกลางตัวปลาหลังละลายไม่สามารถควบคุมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้ ผู้วิจัยได้ทำการระดมสมองโดยมีพนักงานในส่วนงานที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมทั้งหมด 15 คน เพื่อหาสาเหตุและแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงและสามารถควบคุมกระบวนการละลายให้มีประสิทธิภาพ โดยการสร้างแผนภาพสาเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.10 ระดมสมองร่วมกับพนักงานในส่วนงานที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


Material
Man
เปิด-ปิดไฟฟ้าไม่ตรงเวลาตามแผน
การทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ
ปลาก่อนละลายมี
อุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ
เวียนน้ำผิดวิธี
อุณหภูมิใจกลางปลา
ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด
ถังละลาย
ปลาชำรุด
พื้นเปียกตลอดเวลา
ปั๊มเวียนน้ำให้สภาพปลา
หลังละลายต่างกัน
ไม่สามารถปรับ
แรงดันไฟฟ้าได้
ไม่สามารถใส่เกลียวลมได้
Condition การละลาย
ไม่เหมาะสม
ลูกถ้วยไฟฟ้ามีผิวสกปรกและมีน้ำเกาะที่ผิว
ตลอดเวลา
Method
Machine

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา ซึ่งมีการระดมสมองจากพนักงานในส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการละลาย ผู้วิจัยได้เลือกหัวข้อสาเหตุของปัญหาที่ทำให้อุณหภูมิใจกลางตัวปลาไม่สามารถควบคุมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้เพื่อทำการพิสูจน์และหาแนวทางแก้ไข ได้แก่

1. พนักงานเปิด-ปิดไฟฟ้าไม่ตรงเวลาตามแผน
2. พนักงานเวียนน้ำผิดวิธี
3. ถังละลายปลาชำรุดทำให้ไม่สามารถใส่เกลียวลมได้
4. ลูกถ้วยไฟฟ้ามีผิวสกปรกและมีน้ำเกาะที่ผิวตลอดเวลา
5. ปั๊มเวียนน้ำให้สภาพปลาหลังละลายต่างกัน

โดยผู้วิจัยได้ปรึกษากับพนักงานที่ปรึกษาฝ่ายโรงงานเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหา ซึ่งจะแสดงในเนื้อหาบทที่ 4 ต่อไป

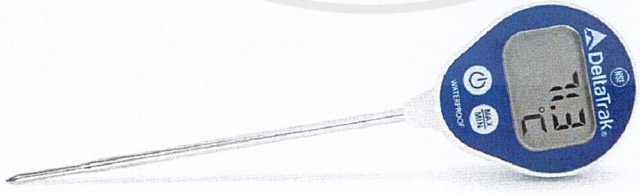
3.4 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่ออุณหภูมิใจกลางตัวปลา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการละลายปลาด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง จากนั้นจึงได้กำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่ออุณหภูมิใจกลางตัวปลา ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการเวียนน้ำ และเวลาที่ใช้ในการละลายด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง โดยปัจจัยที่ทำการควบคุม ได้แก่ อุณหภูมิใจกลางตัวปลาก่อนละลาย -18 °ซ และอุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการละลายปลาจะต้องไม่เกิน 21 °ซ

3.5 วางแผนการทดลองและการเก็บข้อมูล

เมื่อทราบปัจจัยที่ส่งผลต่ออุณหภูมิใจกลางตัวปลาแล้วผู้วิจัยได้ทำการวางแผนการเก็บข้อมูลร่วมกับที่ปรึกษาฝ่ายโรงงาน โดยจะเก็บข้อมูลในช่วง 8.00 – 17.00 น. ตั้งแต่วันที่ 10 สิงหาคม – 21 กันยายน พ.ศ. 2562

3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้



ภาพที่ 3.11 เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิใจกลางตัวปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

1. การเตรียมตัวอย่างปลาก่อนการละลาย

ในการเตรียมตัวอย่างปลาก่อนการละลายจะใช้ปลาทูน่าครีบยาวทำการทดลองทั้งหมด 9 ขนาด ดังตารางที่ 3.5 โดยถังตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง 1 ถังเป็นปลาชนิดเดียวกันทั้งหมด และมีน้ำหนักเฉลี่ย 800 กก.

ตารางที่ 3.5 ขนาดและน้ำหนักของปลาทูน่าครีบยาวที่ใช้ในการทดลอง

ขนาด	น้ำหนัก (กก.)
A	5.01-9.00
B	9.01-15.00
C	15.01-23.00
D	23.01 ขึ้นไป

2. การเสียบเทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิใจกลางตัวปลา

ทำการเสียบเทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิใจกลางตัวปลา โดยจะเสียบอุปกรณ์เข้าไปจากบริเวณสันปลาไปจนถึงบริเวณเนื้อติดกระดูก แสดงดังภาพที่ 3.12

ภาพที่ 3.12 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิใจกลางตัวปลา

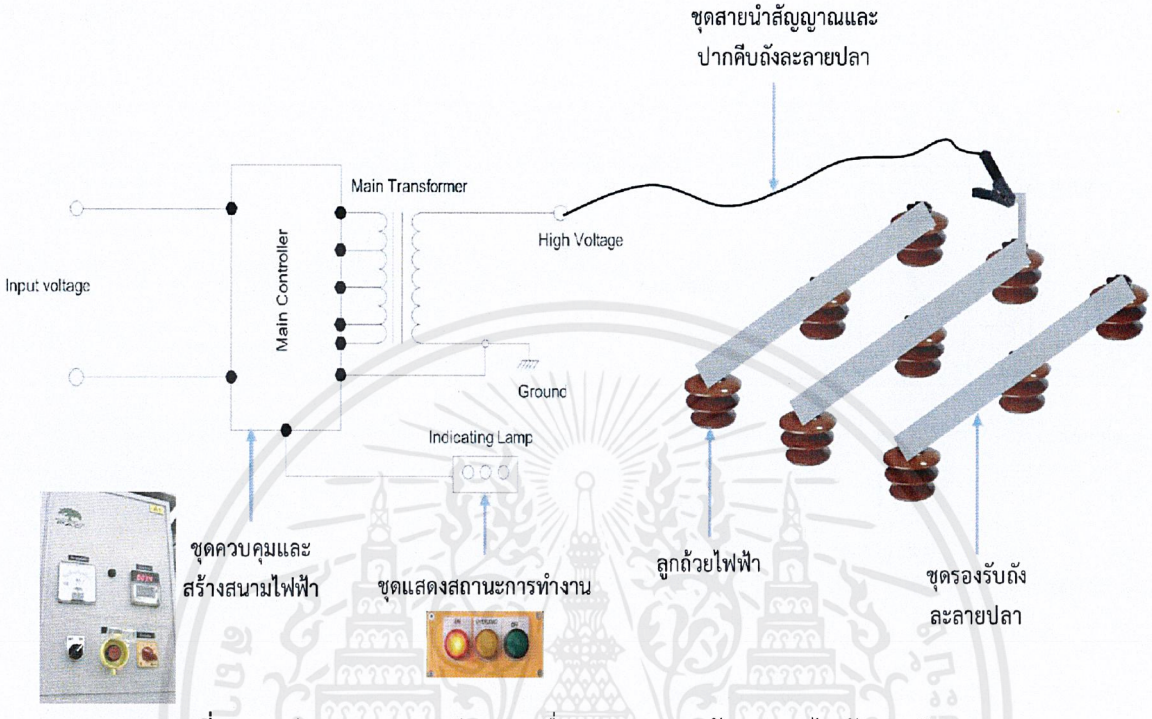
3. ชุดอุปกรณ์ละลายปลาด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง

เครื่องละลายปลาด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูงที่ใช้ในการทดลอง จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน ที่สำคัญ ประกอบด้วย

1. ชุดควบคุมไฟฟ้าหลัก
2. ชุดควบคุม และสร้างสนามไฟฟ้า
3. ชุดสายไฟแรงสูง และปากคีบถังละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ชุดรองรับถังละลายปลา
5. ชุดควบคุม และตรวจจับการเข้ามายังพื้นที่ละลายปลา



ภาพที่ 3.13 ส่วนประกอบหลักของเครื่องละลายปลาด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง

1) ชุดควบคุมไฟฟ้าหลัก

จะทำหน้าที่หลักในการจ่ายไฟฟ้าให้ชุดควบคุม และสร้างสนามไฟฟ้าทั้ง 2 เครื่องที่ติดตั้งอยู่ภายในช่อง และเพื่อที่แจ้งเตือนให้กับพนักงานที่อาจจะอยู่ในช่องละลายปลาได้ทราบว่าจะมีการจ่ายไฟให้กับชุดควบคุม และสร้างสนามไฟฟ้า

2) ชุดควบคุมและสร้างสนามไฟฟ้า

เป็นอุปกรณ์หลักของเครื่องละลายปลา มีหน้าที่ควบคุม และแสดงสถานะการทำงานของเครื่องละลายปลา ได้แก่ การสั่งให้เริ่มจ่าย และหยุดจ่ายสนามไฟฟ้า การตั้งเวลาการทำงานของเครื่องละลายปลา การกำหนดระดับความเข้มของสนามไฟฟ้า การตรวจสอบสภาวะเครื่องว่าปกติหรือมีความผิดปกติ การรีเซ็ตเครื่องภายหลังการแก้ไขข้อบกพร่อง และการแสดงสถานการณ์ทำงานของเครื่อง

3) ชุดสายนำสัญญาณ และปากคีบถังละลายปลา

เป็นอุปกรณ์สำคัญในการนำไฟฟ้าจากชุดควบคุม และสร้างสนามไฟฟ้าไปยังถังละลายปลาที่ต้องการจะละลาย โดยสายไฟที่ใช้จะต้องเป็นสายคุณภาพสูงเพื่อป้องกันการรั่วไหลของไฟฟ้าในระหว่างทำงาน นอกจากนี้ยังมีปากคีบที่เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อไฟฟ้าไปยังถังละลายปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ชุดรองรับถังละลายปลา

เพื่อป้องกันไม่ให้ไฟฟ้ารั่วลงสู่พื้นดิน จึงจำเป็นที่จะต้องมีชุดรองรับถังละลายปลา ประกอบไปด้วย

1. หมุดพื้น มีหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งในการวางของลูกถ้วยไฟฟ้าให้อยู่ในตำแหน่งที่กำหนด

2. ลูกถ้วยไฟฟ้า มีหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้าป้องกันไม่ให้ไฟฟ้าจากถังละลายปลาลัดวงจรลงสู่ดิน ทำมาจากเซรามิคคุณภาพสูง มีผิวมันเพื่อไม่ให้น้ำเกาะ

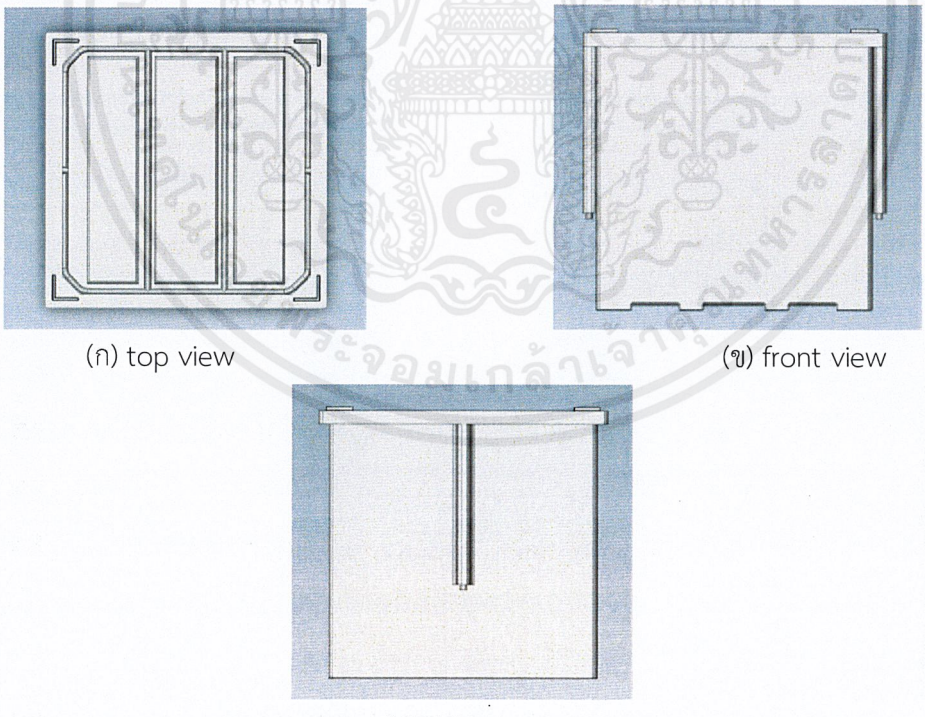
3. ชิ้นส่วนสแตนเลส มีหน้าที่รองรับถังละลายปลา และกระจายน้ำหนักของถังละลายปลาที่วางอยู่ด้านบนให้ลงบนลูกถ้วยที่รองรับอยู่ด้านล่างให้สมดุลกัน

5) ชุดควบคุมและตรวจจับการเข้ามายังพื้นที่ละลายปลา

ชุดควบคุมจะทำหน้าที่ตรวจจับการเข้ามายังพื้นที่ละลายปลา โดยจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์แสง ทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านแนวแสง เพื่อตัดการทำงานของไฟฟ้า

4. ถังละลายปลา

ถังละลายปลาที่ใช้ ณ ปัจจุบันจะใช้เป็นถังทำจากสแตนเลสลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งประกอบด้วยท่อลมที่บริเวณด้านข้างถัง 2 ด้าน แสดงดังภาพที่ 3.14 ซึ่งท่อลมจะต่อเข้ามาในถังจนถึงบริเวณก้นถังละลายปลา ลมจะถูกปล่อยจากทางด้านล่างถังเพื่อช่วยเพิ่มอัตราการไหลเวียนของน้ำในถังขณะทำการละลายปลา ลดการจับเป็นก้อนของปลา และทำให้อุณหภูมิของปลาในถังมีอุณหภูมิที่สม่ำเสมอกันทั่วทั้งถัง



(ก) top view (ข) front view

(ค) side view

ภาพที่ 3.14 ถังละลายปลาสแตนเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขั้นตอนการทดลอง

การเก็บข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลา (Backbone temperature) ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ โดยการทดลองเปรียบเทียบสภาวะการละลาย เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการละลายปลาทูน่าครีบยาว โดยจะทำการทดลองบริเวณอาคารละลายไฟฟ้า แสดงดังภาพที่ 3.15 โดยสภาวะที่ใช้สำหรับการทดลองทั้งหมด 3 สภาวะ ได้แก่

1. สภาวะที่ 1 เป็นสภาวะมาตรฐานเดิมที่ทางโรงงานใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน ดังตารางที่ 3.1
2. สภาวะที่ 2 เพิ่มเวลาละลายไฟฟ้า 1 ชม.จากสภาวะเดิม ดังตารางที่ 3.6
3. สภาวะที่ 3 เพิ่มเวลาเวียนน้ำ 2 ชม.จากสภาวะเดิม ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.6 สภาวะที่ 2 (เพิ่มเวลาละลายไฟฟ้า 1 ชม.)

ชนิดปลา	ขนาด	น้ำหนัก (กก.)	ละลายไฟฟ้าและเปิดลม (ชม. : นาที)	เวียนน้ำและเปิดลม (ชม. : นาที)
ปลาทูน่าครีบยาว	A	5.01 - 9.00	6:00	3:30
	B	9.01 -15.00	8:00	5:00
	C	15.01 - 23.00	11:00	6:00
	D	23.01 ขึ้นไป	11:00	6:30

ตารางที่ 3.7 สภาวะที่ 3 (เพิ่มเวลาเวียนน้ำ 2 ชม.)

ชนิดปลา	ขนาด	น้ำหนัก (กก.)	ละลายไฟฟ้าและเปิดลม (ชม. : นาที)	เวียนน้ำและเปิดลม (ชม. : นาที)
ปลาทูน่าครีบยาว	A	5.01 - 9.00	5:00	5:30
	B	9.01 -15.00	7:00	7:00
	C	15.01 - 23.00	10:00	8:00
	D	23.01 ขึ้นไป	10:00	8:30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.15 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลอุณหภูมิปลาหลังการละลาย

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและนำข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์มาระดมสมองกับที่ปรึกษาฝ่ายโรงงาน และอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อหาแนวทางแก้ไขโดยกำหนดขั้นตอนสำหรับการดำเนินงานเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ มีรายละเอียดดังนี้

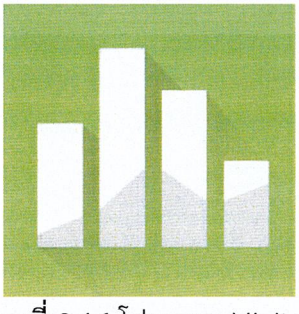
1. ควบคุมอุณหภูมิใจกลางตัวปลา (Backbone temperature) ปลาทูน่าครีบยาวหลังการละลายให้อยู่ในช่วง -2.6 °ซ ถึง -0.4 °ซ

1) วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยการพิสูจน์ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหา วิเคราะห์แต่ละสาเหตุและกำหนดหัวข้อหรือประเด็นที่จะเข้าแก้ไข

2) ทดลองสภาวะการละลายแบบเดิม (ดังตารางที่ 3.1) เปรียบเทียบกับการเพิ่มเวลาละลายไฟฟ้า 1 ชม. (ดังตารางที่ 3.6) และเพิ่มเวลาเวียนน้ำ 2 ชม. (ดังตารางที่ 3.7)

2. หาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการละลายปลาทูน่าครีบยาวแต่ละขนาด

นำอุณหภูมิใจกลางตัวปลา (Backbone temperature) ที่ได้จากการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ มาคำนวณค่า C_{pk} เพื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีสมรรถนะของกระบวนการด้วยโปรแกรม Minitab ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 โปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการหาสมรรถนะของกระบวนการ (Process Capability Analysis) จะเป็นการเปรียบเทียบความผันแปร (Variability) ในกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติกับข้อกำหนด (Specification) หรือความต้องการ (Requirements) ของผลิตภัณฑ์

การเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการละลายปลาจะเลือกจากสภาวะที่ให้ค่าดัชนีสมรรถนะของกระบวนการที่ใกล้เคียง 1 มากที่สุด เนื่องจากเป็นค่ามาตรฐานของกระบวนการ

3.6 มาตรฐานและการควบคุม

นำแนวทางการแก้ไขจัดทำเป็นมาตรฐานและกำหนดวิธีการควบคุม รวมถึงการสอนมาตรฐานใหม่ให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อปรับปรุงค่าดัชนีสมรรถนะของกระบวนการให้ดียิ่งขึ้น

3.7 สรุปผลการศึกษา เสนอแนะ และวิจารณ์การทำงาน

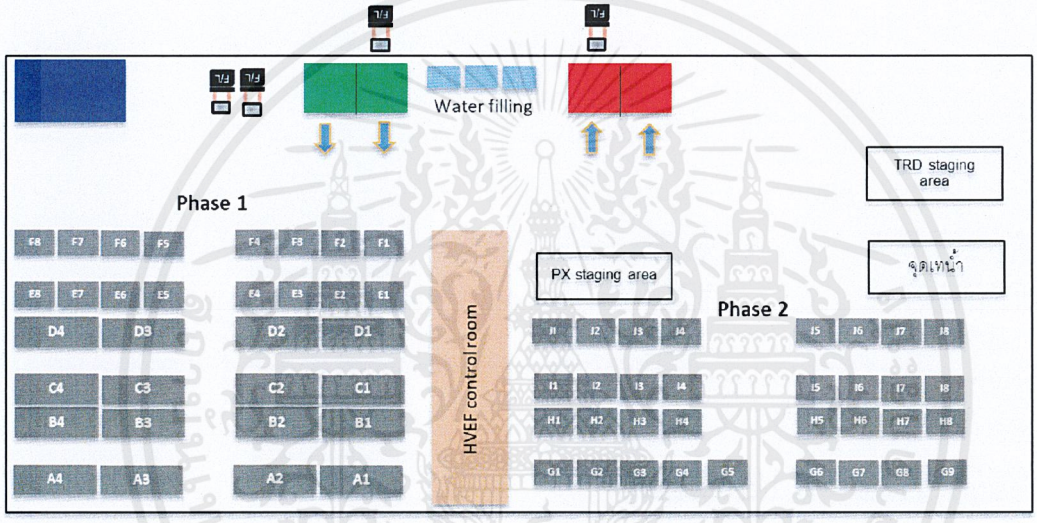
การสรุปผลการศึกษาเป็นการนำเสนอที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นรวมถึงการพิสูจน์สาเหตุของปัญหาที่ทำให้อุณหภูมิใจกลางตัวปลา (Backbone temperature) ไม่อยู่ในช่วงที่ทำการควบคุม และการวิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการที่สภาวะต่าง ๆ จะนำมาสรุปเพื่อแสดงผลการดำเนินงาน ได้แสดงไว้ในบทที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 พื้นที่อาคารละลายไฟฟ้า

ปัจจุบันพื้นที่อาคารละลายไฟฟ้ามีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบปิด ด้านบนมีหลังคา มีช่องสำหรับรถโฟล์คลิฟท์ 4 ช่อง เพื่อทำการตักถังละลายปลาเข้าและออกจากอาคารละลายไฟฟ้า โดยควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารและน้ำที่ใช้ละลายไม่เกิน 21 °ซ และมีล็อคละลายปลาทั้งหมด 81 ล็อค



ภาพที่ 4.1 พื้นที่อาคารละลายไฟฟ้า

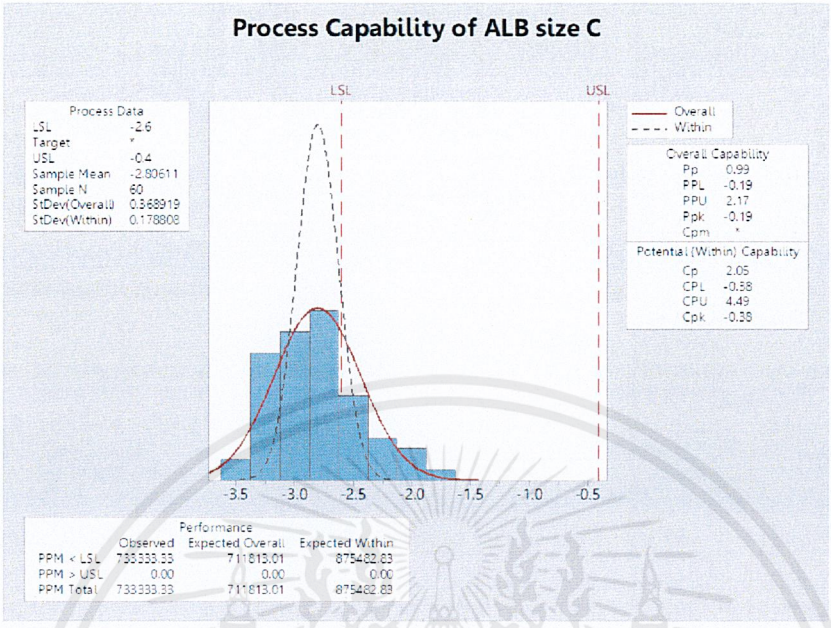
4.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่สภาวะต่าง ๆ

4.2.1 ผลการวิเคราะห์สภาวะที่ 1

สภาวะที่ใช้ในการละลาย ณ ปัจจุบัน ดังตารางที่ 3.1 ภายในช่วงเวลาการเก็บข้อมูลวันที่ 10 – 21 สิงหาคม พ.ศ. 2562 ตั้งแต่เวลา 9.00 – 17.00 น. ที่บริเวณอาคารละลายไฟฟ้า ซึ่งจากผลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาที่ทำการสุ่มวัดถังละ 3 ตัว สามารถนำมาวิเคราะห์ค่าสมรรถนะของกระบวนการได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.1 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด A (5.01-9.00 กก.)



ภาพที่ 4.2 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด A โดยใช้สภาวะที่ 1 ในการละลาย

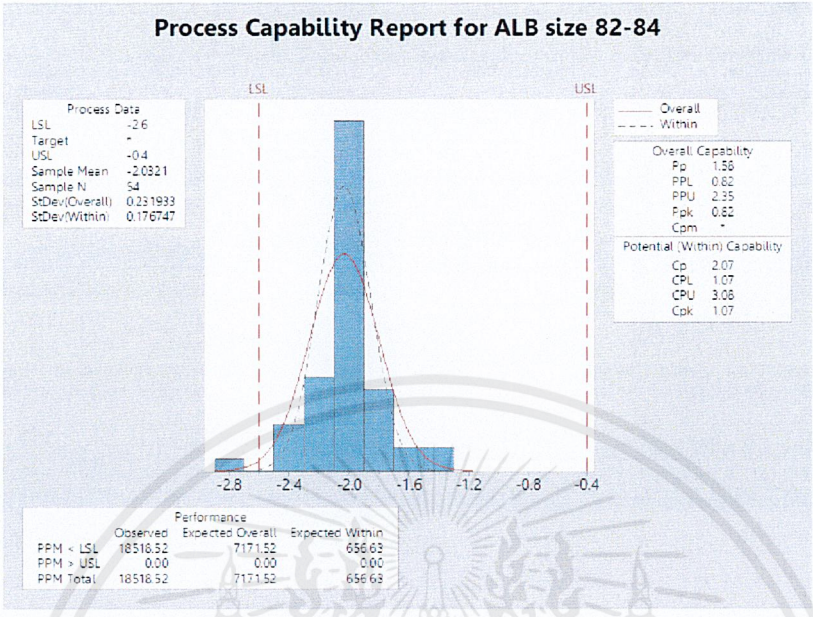
จากภาพที่ 4.2 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -2.81 ± 0.18 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ -0.38 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 875482.83 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 87.5482

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ -0.19 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 711813.01 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 71.1813

แสดงว่ากระบวนการจำเป็นต้องมีการปรับปรุงโดยอาจพิจารณาเพิ่มเวลาที่ใช้ในการเวียนน้ำหรือละลายไฟฟ้าเพื่อให้ข้อมูลเข้ามาอยู่ในช่วงที่กำหนดมากขึ้นจากเดิมที่ข้อมูลตกเส้นขีดจำกัดควบคุมล่างเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด B (9.01-15.00 กก.)



ภาพที่ 4.3 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด B โดยใช้สภาวะที่ 1 ในการละลาย

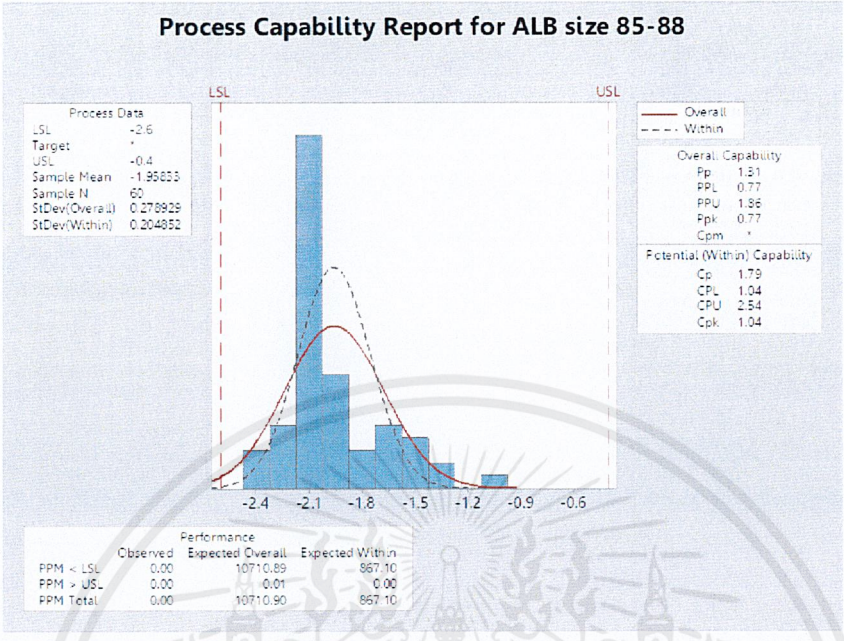
จากภาพที่ 4.3 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -2.03 ± 0.18 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.07 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 656.63 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.0656

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.82 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 7171.52 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.7171

แสดงว่ากระบวนการจำเป็นต้องมีการปรับปรุงโดยอาจพิจารณาในการแก้ปัญหาปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิใจกลางตัวปลาออกนอกช่วงที่กำหนดเพื่อให้ข้อมูลเข้าใกล้ค่าเป้าหมายหรือค่าเฉลี่ยมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด C (15.01 - 23.00 กก.)



ภาพที่ 4.4 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด C โดยใช้สภาวะที่ 1 ในการละลาย

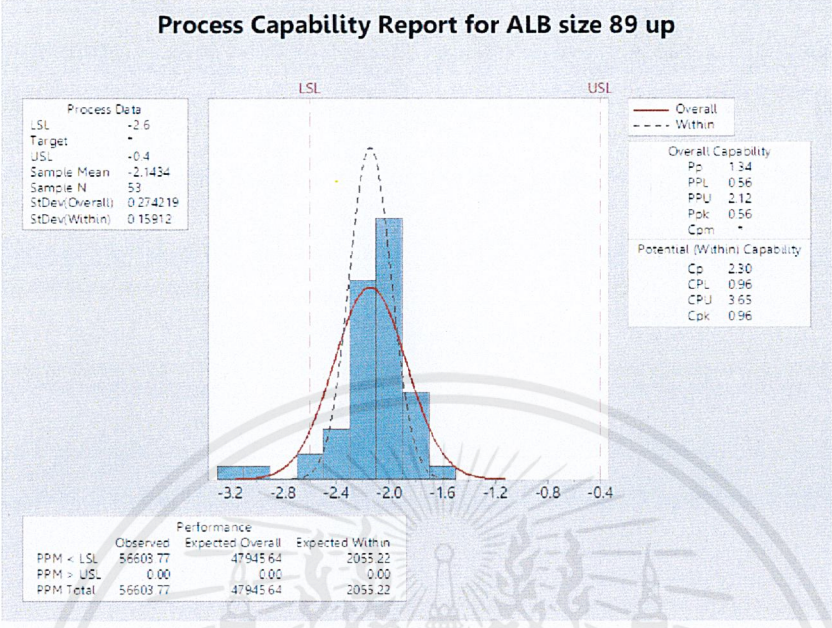
จากภาพที่ 4.4 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -1.96 ± 0.20 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.04 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 867.10 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.0867

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.77 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 10710.90 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 1.0710

แสดงว่ากระบวนการจำเป็นต้องมีการปรับปรุงโดยอาจพิจารณาลดความผันแปรในกระบวนการที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาในเรื่องการทำงานของพนักงานให้ปฏิบัติตามเวลาที่ใช้ในการละลายตามที่วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.4 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด D (23.00 กก. ขึ้นไป)



ภาพที่ 4.5 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด D โดยใช้สภาวะที่ 1 ในการละลาย

จากภาพที่ 4.5 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -2.14 ± 0.16 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.96 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 2055.22 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.2055

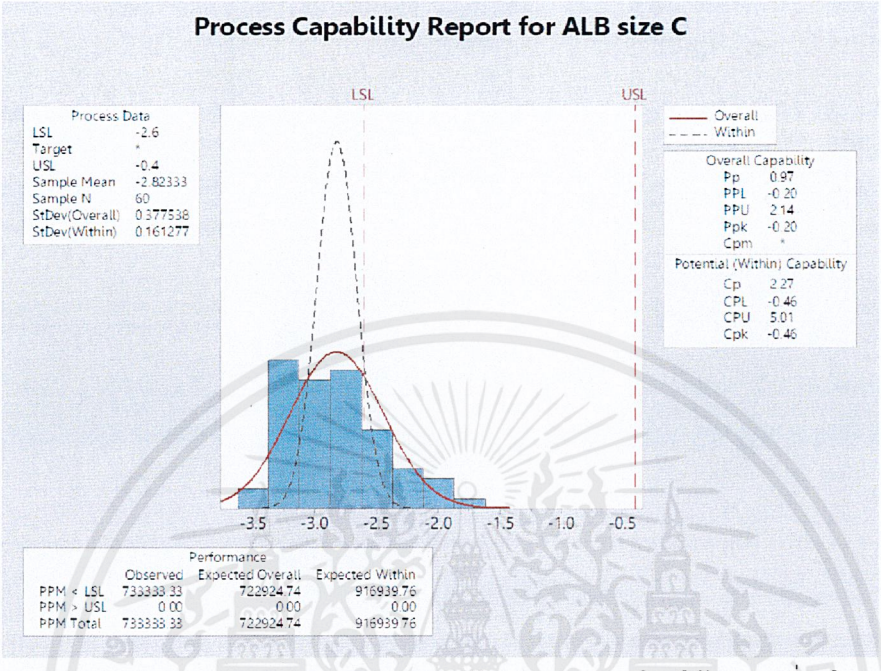
ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.56 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 47945.64 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 4.7945

แสดงว่ากระบวนการจำเป็นต้องมีการปรับปรุงโดยอาจพิจารณาลดความผันแปรในกระบวนการที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาในเรื่องการทำงานของพนักงานให้ปฏิบัติตามเวลาที่ใช้ในการละลายตามที่วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการวิเคราะห์สภาวะที่ 2

4.2.2.1 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด A (5.01-9.00 กก.)



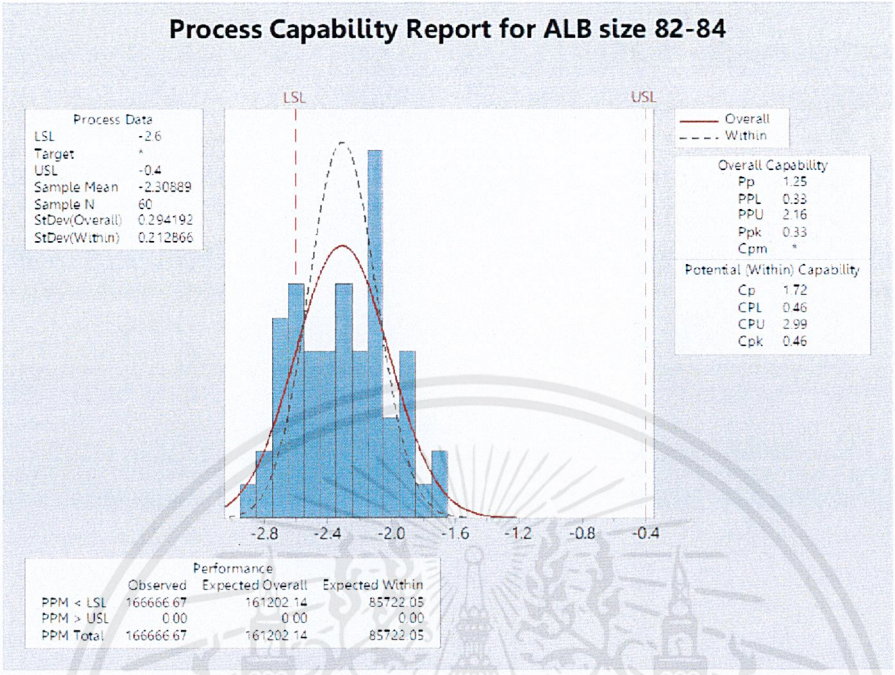
ภาพที่ 4.6 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด A โดยใช้สภาวะที่ 2 ในการละลาย

จากภาพที่ 4.6 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -2.82 ± 0.16 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ -0.46 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 916939.76 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 91.6939

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ -0.20 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 722924.74 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 72.2924

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด B (9.01-15.00 กก.)



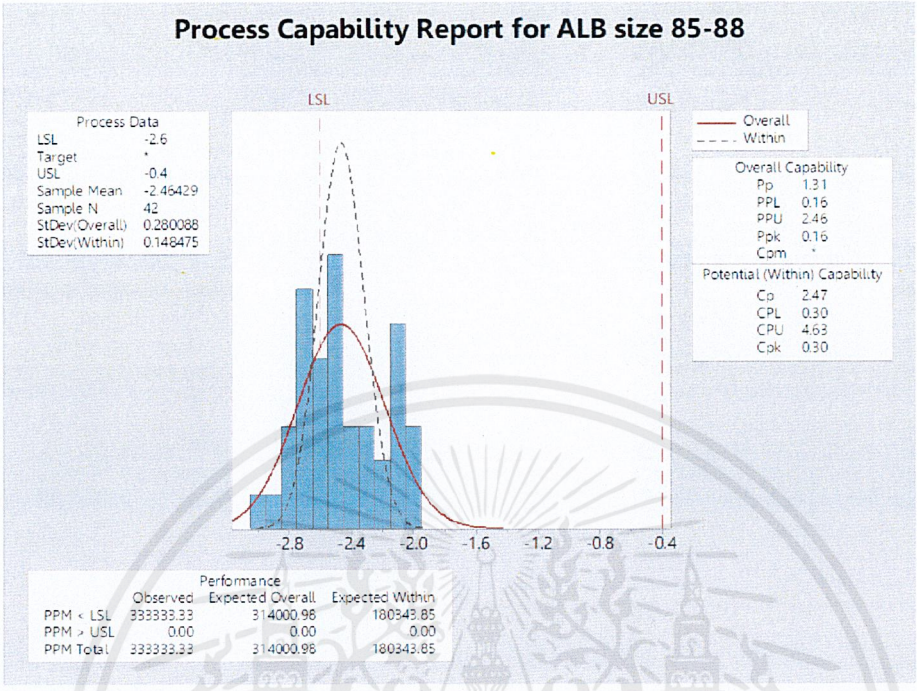
ภาพที่ 4.7 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด B โดยใช้สภาวะที่ 2 ในการละลาย

จากภาพที่ 4.7 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -2.31 ± 0.21 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.46 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 85722.05 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 8.5722

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.33 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 161202.14 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 16.1202

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด C (15.01 - 23.00 กก.)



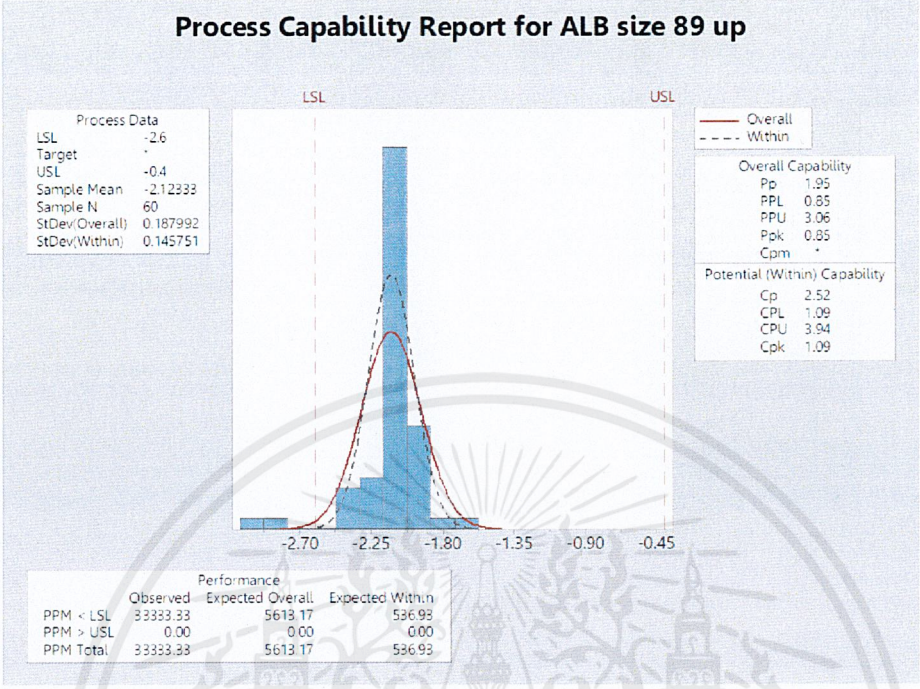
ภาพที่ 4.8 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด C โดยใช้สภาวะที่ 2 ในการละลาย

จากภาพที่ 4.8 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -2.46 ± 0.15 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.30 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 180343.85 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 18.0343

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.16 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 314000.98 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 31.4000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.4 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด D (23.00 กก. ขึ้นไป)



ภาพที่ 4.9 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด D โดยใช้สภาวะที่ 2 ในการละลาย

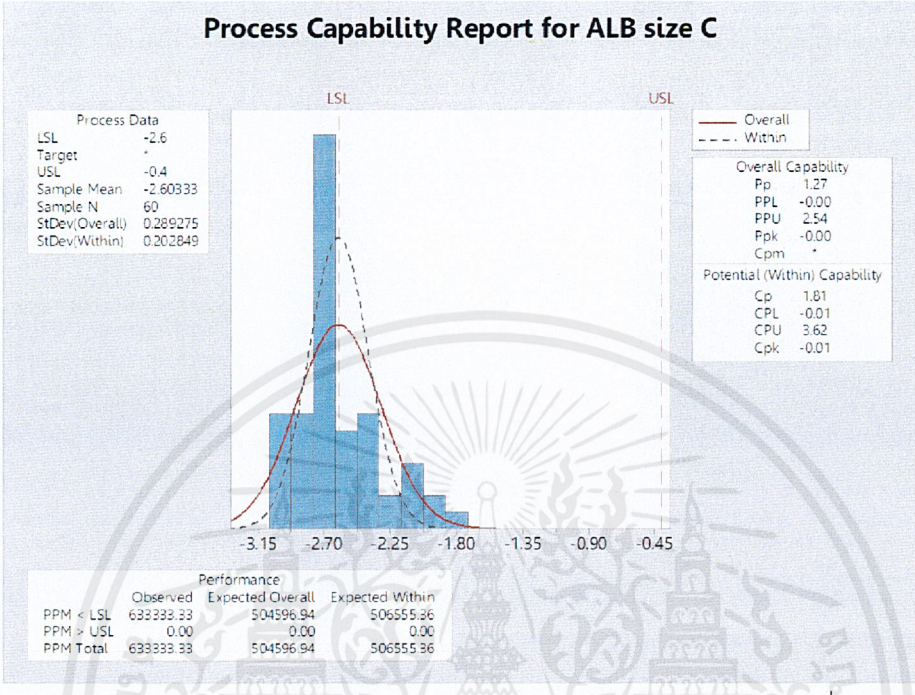
จากภาพที่ 4.9 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -2.12 ± 0.15 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.09 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 536.93 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.0536

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.85 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 5613.17 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.5613

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการวิเคราะห์สภาวะที่ 3

4.2.3.1 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด A (5.01-9.00 กก.)



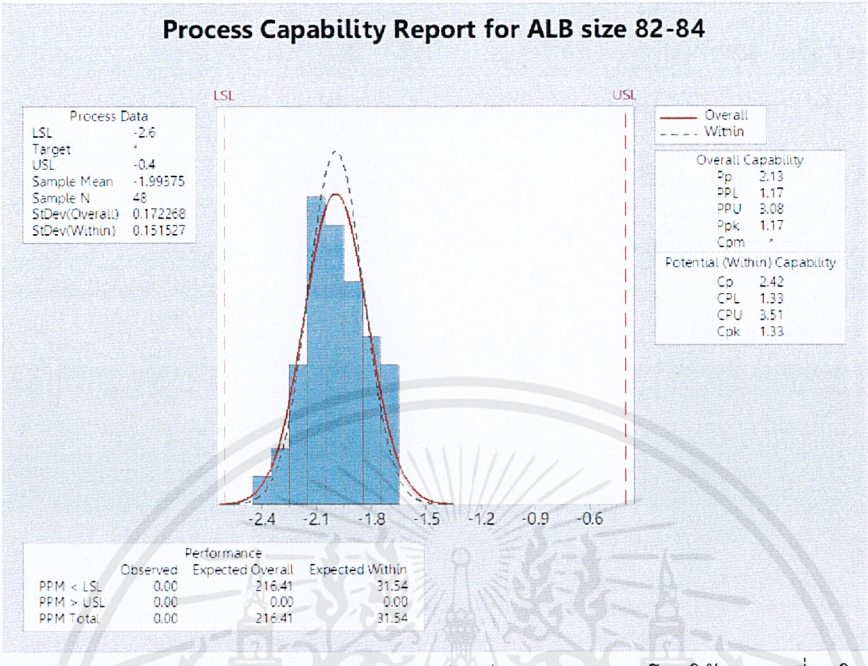
ภาพที่ 4.10 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด A โดยใช้สภาวะที่ 3 ในการละลาย

จากภาพที่ 4.10 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -2.60 ± 0.20 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ -0.01 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 506555.36 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 50.6555

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.00 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 504596.94 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 50.4596

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.2 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด B (9.01-15.00 กก.)



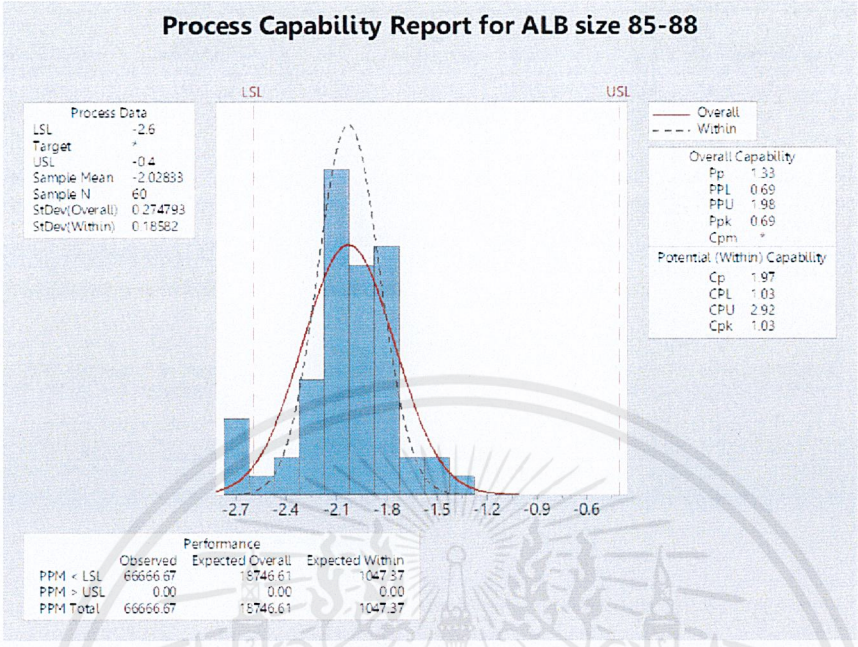
ภาพที่ 4.11 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด B โดยใช้สภาวะที่ 3 ในการละลาย

จากภาพที่ 4.11 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -1.99 ± 0.15 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.33 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 31.54 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.0031

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.17 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 216.41 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับที่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.0216

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.3 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด C (15.01 - 23.00 กก.)



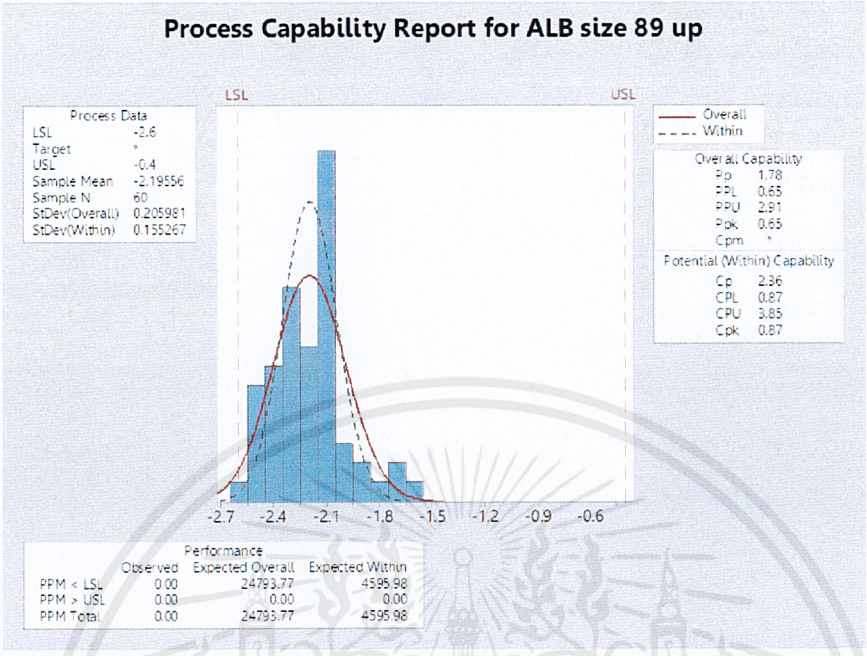
ภาพที่ 4.12 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด C โดยใช้สภาวะที่ 3 ในการละลาย

จากภาพที่ 4.12 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -2.03 ± 0.19 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.03 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 1047.37 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.1047

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.69 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 18746.61 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับไม่ที่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 1.8746

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.4 อุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวขนาด D (23.00 กก. ขึ้นไป)



ภาพที่ 4.13 สมรรถนะของกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด D โดยใช้สภาวะที่ 3 ในการละลาย

จากภาพที่ 4.13 กระบวนการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -2.20 ± 0.16 °ซ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการละลายระยะสั้น (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.87 และค่า PPM ในระยะสั้น มีค่าเท่ากับ 4595.98 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการละลายปลาในระยะสั้นยังอยู่ในระดับที่ไม่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 0.4595

ดัชนีความสามารถของกระบวนการละลายระยะยาว (P_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.65 และค่า PPM ในระยะยาว มีค่าเท่ากับ 24793.77 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตในระยะยาวยังอยู่ในระดับไม่ที่สามารถควบคุมได้ และมีร้อยละของข้อมูลตกนอกข้อกำหนดเท่ากับ 2.4793

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาวหลังละลายที่ 3 สภาวะแตกต่างกัน สามารถนำมาสรุปผลการวิเคราะห์สมรรถนะกระบวนการ ได้ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการวิเคราะห์สมรรถนะกระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวที่สภาวะต่าง ๆ

ขนาด	สภาวะ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	C_{pk}	P_{pk}	ร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกข้อกำหนดระยะสั้น	ร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกข้อกำหนดระยะยาว
A	สภาวะที่ 1	-2.81	0.18	-0.38	-0.19	87.54	71.18
	สภาวะที่ 2	-2.82	0.16	-0.46	-0.20	91.69	72.29
	สภาวะที่ 3	-2.60	0.20	-0.01	0.00	50.65	50.46
B	สภาวะที่ 1	-2.03	0.18	1.07	0.82	0.066	0.72
	สภาวะที่ 2	-2.31	0.21	0.46	0.33	8.57	16.12
	สภาวะที่ 3	-1.99	0.15	1.33	1.17	0.00	0.02
C	สภาวะที่ 1	-1.96	0.20	1.04	0.77	0.09	1.07
	สภาวะที่ 2	-2.46	0.15	0.30	0.16	18.03	31.40
	สภาวะที่ 3	-2.03	0.19	1.03	0.69	0.10	1.87
D	สภาวะที่ 1	-2.14	0.16	0.96	0.56	0.21	4.79
	สภาวะที่ 2	-2.12	0.15	1.09	0.85	0.05	0.56
	สภาวะที่ 3	-2.20	0.16	0.87	0.65	0.46	2.48

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการละลายปลาส่วนใหญ่มีดัชนีสมรรถนะของกระบวนการ (C_{pk}) มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าความสามารถของกระบวนการอยู่ในระดับที่ไม่ดี และมีร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกข้อกำหนดระยะสั้นมากที่สุดร้อยละ 91.6939 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบที่สภาวะต่าง ๆ เพื่อที่จะหาสภาวะการละลายที่เหมาะสมของปลาทูน่าครีบยาวแต่ละขนาด พบว่าที่สภาวะที่ 3 ของปลาทูน่าครีบยาวกลุ่ม A, B และ D ให้ค่าดัชนีสมรรถนะของกระบวนการที่ดีที่สุด และที่สภาวะที่ 1 ของปลาทูน่าครีบยาวกลุ่ม C ให้ค่าดัชนีสมรรถนะของกระบวนการดีที่สุดเช่นกัน โดยกลุ่ม B ให้ค่าที่มากที่สุดอยู่ที่ 1.33 และมีร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกข้อกำหนดระยะสั้นที่น้อยที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 0.0031

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สรุปผลการวิเคราะห์

4.3.1 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล

ในการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลในครั้งนี้ได้ใช้วิธี Anderson-Darling จากการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบยาว กลุ่ม A, B, C และ D รวมจำนวนทั้งหมด 4 ชุด พบว่าข้อมูลส่วนใหญ่ไม่มีการแจกแจงปกติ แต่เนื่องจากการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งได้ทำการเก็บครั้งละ 3 ตัวอย่าง ซึ่งทำให้สอดคล้องกับการทดลองของ Dr. Walter A. Shewhart และทฤษฎีขีดจำกัดลู่ส่วนกลาง ดังนั้น ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ทั้ง 4 ชุดจึงถือได้ว่า มีการแจกแจงเข้าใกล้แบบปกติ (Approximate normal)

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิใจกลางตัวปลา

4.3.2.1 ปลาทูน่าครีบยาวขนาด A (5.01-9.00 กก.)

ปลาทูน่าครีบยาวกลุ่ม A จะทำการตรวจสอบลักษณะคุณภาพของอุณหภูมิใจกลางตัวปลา โดยใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า กระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด อยู่ในลักษณะที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการผลิต (C_{pk}) มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า ความสามารถของกระบวนการละลายยังอยู่ในระดับที่ไม่ดี และยังมีข้อมูลตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนดในระดับที่มากพอสมควร

4.3.2.2 ปลาทูน่าครีบยาวขนาด B (9.01 -15.00 กก.)

ปลาทูน่าครีบยาวกลุ่ม B จะทำการตรวจสอบลักษณะคุณภาพของอุณหภูมิใจกลางตัวปลา โดยใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า กระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด อยู่ในลักษณะที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการผลิต (C_{pk}) มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่า ความสามารถของกระบวนการละลายยังอยู่ในระดับที่ดี และยังมีข้อมูลตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนดเพียงเล็กน้อย

4.3.2.3 ปลาทูน่าครีบยาวขนาด C (15.01 – 23.00 กก.)

ปลาทูน่าครีบยาวกลุ่ม C จะทำการตรวจสอบลักษณะคุณภาพของอุณหภูมิใจกลางตัวปลา โดยใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า กระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด อยู่ในลักษณะที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการผลิต (C_{pk}) มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่า ความสามารถของกระบวนการละลายยังอยู่ในระดับที่ดี และยังมีข้อมูลตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนดเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.4 ปลาทูน่าครีบยาวขนาด D (23.01 กก.ขึ้นไป)

ปลาทูน่าครีบยาวกลุ่ม D จะทำการตรวจสอบลักษณะคุณภาพของอุณหภูมิใจกลางตัวปลา โดยใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า กระบวนการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด อยู่ในลักษณะที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการผลิต (C_{pk}) มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่า ความสามารถของกระบวนการละลายยังอยู่ในระดับที่ดี และยังมีข้อมูลตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนดเพียงเล็กน้อย

4.3.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ทำให้กระบวนการไม่เป็นไปตามคุณภาพ

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา ซึ่งมาจากการระดมสมองของพนักงานในส่วนงานที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้เลือกสาเหตุของปัญหาเพื่อนำมาหาแนวทางการแก้ไขปัญหา ดังนี้

1) ปัญหาพนักงานเปิด-ปิดไฟฟ้าไม่ตรงเวลาตามแผน มีแนวทางการแก้ไข คือย้ายปลาที่มีการเข้าออกในช่วงพักกลางวันของพนักงานไปไว้อาคาร phase 2 เพื่อแก้ปัญหาพนักงานทำงานไม่ทัน และยังช่วยแก้ปัญหาในเรื่องการปรับแรงดัน เนื่องจาก phase 2 จะสามารถปรับระดับแรงดันได้ดีกว่า phase 1

2) ปัญหาพนักงานเวียนน้ำผิดวิธี มีแนวทางการแก้ไข คือจัดทำวิดีโอสอนการเวียนน้ำที่ถูกวิธีและผิดวิธีให้กับพนักงานหน้างานเพื่อให้เกิดความรู้และความเข้าใจในหน้างาน

3) ปัญหาถังละลายปลาชำรุดทำให้ไม่สามารถใส่เกลียวลมได้ มีแนวทางการแก้ไข คือทำการแจ้งหน้างานเพื่อคัดถังละลายที่มีสภาพชำรุดเพื่อนำไปซ่อมแซมและไม่ให้นำถังที่ชำรุดไปใช้งาน

4) ปัญหาลูกถ้วยไฟฟ้ามีผิวสกปรกและมีน้ำเกาะที่ผิวตลอดเวลา มีแนวทางการแก้ไข คือให้มีการรีดพื้นให้แห้งก่อนนำปลาเข้าล็อคเสมอเพื่อแก้ปัญหากระแสไฟสูงและไม่สามารถปรับระดับแรงดันได้

5) ปัญหาปั๊มเวียนน้ำให้สภาพปลาหลังละลายต่างกัน มีแนวทางการแก้ไข คือให้มีการใช้ถังเวียนน้ำด้วยปั๊มกับการละลายปลาทูน่าครีบยาวทั้งหมด เพื่อแก้ปัญหาปลาหลังละลายมีสภาพต่างกัน

4.3.4 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมของการละลายปลาทูน่าครีบยาว

จากการใช้เทคนิคการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติมาควบคุมกระบวนการละลายปลาด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด A B และ D คือ สภาวะที่ 3 ดังตารางที่ 3.7 โดยพบว่าที่สภาวะการเพิ่มเวลาเวียนน้ำ 2 ชม.จะให้ค่าดัชนีสมรรถนะกระบวนการที่ดีขึ้น ส่วนปลาทูน่าครีบยาวขนาด C สภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการละลายคือ สภาวะที่ 1 โดย ให้ค่าดัชนีสมรรถนะกระบวนการสูงสุดคือ 1.33 และร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกข้อกำหนดระยะสั้นต่ำสุดคือร้อยละ 0.0031

จากการประยุกต์ใช้แผนภาพก้างปลาเพื่อช่วยควบคุมสมรรถนะกระบวนการสามารถลดความผันแปรในกระบวนการได้ ทำให้พนักงานมีทักษะเพิ่มมากขึ้น มีความรับผิดชอบ รู้จักสังเกตพินิจ วิเคราะห์การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ไขปัญหาในการทำงาน มีการวางแผนการควบคุม ทำงานตามขั้นตอน ทำให้ของเสียในกระบวนการลดลง สามารถลดความผันแปรในกระบวนการที่เกิดขึ้นได้ จึงทำให้สมรรถนะของกระบวนการสูงขึ้น โดยสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการละลายปลาทูน่าครีบยาวสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1 และ สรุปผลการปรับปรุงค่าดัชนีสมรรถนะของกระบวนการได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 4.2 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการละลายปลาทูน่าครีบยาว

ขนาดปลา	น้ำหนัก (กก.)	ละลายไฟฟ้า (ชม.:นาที)	เวียนน้ำ (ชม. : นาที)
A	5.01 - 9.00	5:00	5:30
B	9.01 -15.00	7:00	7:00
C	15.01 - 23.00	10:00	6:00
D	23.01 ขึ้นไป	10:00	8:30

ตารางที่ 4.3 ผลการปรับปรุงกระบวนละลายปลาทูน่าครีบยาว

ขนาดปลาทูน่า	ค่าดัชนีสมรรถนะกระบวนการ (C_{pk})		การเพิ่มขึ้นของ
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ค่า C_{pk}
A	-0.38	-0.01	97.37%
B	1.07	1.33	24.30%
C	1.04	1.04	-
D	0.96	0.87	13.54%

4.4 การอภิปรายผลการดำเนินงาน

1. เนื่องจากบริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทที่รับผลิตอาหารทะเลแปรรูปตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ส่งผลให้แผนการผลิตปลาขึ้นอยู่กับการเดินสินค้าในแต่ละช่วง จึงมีการเดินปลาทูน่าในกระบวนการผลิตด้วยสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้เลือกปลาทูน่าสายพันธุ์ครีบยาวที่มีการเดินสินค้าอยู่ตลอดทั้งปี และเป็นสินค้าที่มีมูลค่าสูงเพื่อนำมาวิเคราะห์ควบคุมคุณภาพหลังการละลายก่อนที่จะส่งไปยังขั้นตอนการแปรรูปต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการละลายปลาทูน่าครีบยาวซึ่งมีการนำมาปรับใช้งานจริงในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ทั้งนี้สภาวะที่ใช้ในการละลายปลาสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล สภาพอากาศ และสภาพปลาในแต่ละพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การปรับปรุงกระบวนการละลายปลาทูน่าด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง ของฝ่ายผลิตปลา ในบริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อควบคุมอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่า 4 ขนาด ได้แก่ ขนาด A (5.01 - 9.00 กก.) ขนาด B (9.01 -15.00 กก.) ขนาด C (15.01 - 23.00 กก.) และ ขนาด D (23.01 กก.ขึ้นไป) ให้อยู่ในช่วงที่กำหนดคือ -2.6 °ซ ถึง -0.4 °ซ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการละลายโดยพิจารณาจากค่าดัชนีสมรรถนะกระบวนการ (C_{pk}) แนวทางสำหรับการปรับปรุงกระบวนการอันประกอบด้วย การเพิ่มระยะเวลาการจ่ายกระแสไฟฟ้าและการเพิ่มระยะเวลาการเวียนน้ำได้ถูกนำมาทดลองและปฏิบัติจริงในกระบวนการผลิตสินค้า สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

1) การเพิ่มระยะเวลาการจ่ายกระแสไฟฟ้าไม่มีผลต่อค่า C_{pk} ของกระบวนการสำหรับปลาทูน่าทุกขนาด

2) หลังการปรับปรุงกระบวนการโดยพบว่าปลาทูน่าครีบยาวขนาด A B C และ D มีอุณหภูมิใจกลางตัวปลา -2.60±0.20 °ซ, -1.99±0.15 °ซ, -1.96±0.20 °ซ และ -2.20±0.16 °ซ ตามลำดับ ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ทำการควบคุมทั้ง 4 ขนาด

3) สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการละลายปลาทูน่าครีบยาวขนาด A B และ D คือสภาวะที่ 3 (เพิ่มเวลาเวียนน้ำ 2 ชม.) สำหรับขนาด C สภาวะที่เหมาะสมคือ สภาวะการละลายเดิม ณ เดือนสิงหาคม

4) ค่า C_{pk} หลังการปรับปรุงสำหรับปลาทูน่าครีบยาวขนาด A B และ D เท่ากับ -0.01 (เพิ่มขึ้น 97.37%) 1.33 (เพิ่มขึ้น 24.30%) 1.09 (เพิ่มขึ้น 13.54%) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม สำหรับขนาด C นั้น ค่า C_{pk} หลังการปรับปรุงมีค่าเท่าเดิมคือ 1.04

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงงานสหกิจศึกษา การควบคุมกระบวนการละลายปลาทูน่าด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง ของฝ่ายผลิตปลา บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ผู้วิจัยได้พบข้อบกพร่องและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการทำโครงงานสหกิจศึกษา ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะเพื่อที่จะนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ดังนี้

1. จากการทวนสอบการทำงานของพนักงานหน้างานพบว่า พนักงานส่วนใหญ่เปิด-ปิดไฟฟ้าไม่ตรงตามแผนการผลิต ส่งผลให้อุณหภูมิปลาหลังละลายมีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งกระทบกับขั้นตอนต่อไป โดยพนักงานควรจะต้องทำงานตามแผนการผลิตเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิใจกลางตัวปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พนักงานยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการใช้อุปกรณ์เครื่องละลายปลาด้วยสนามไฟฟ้าแรงดันสูง และความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องควรจะจัดอบรมในเรื่องของความปลอดภัย และการทำงานอย่างถูกวิธีเพื่อให้พนักงานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ รัศมีประเสริฐ, ชุตินันท์ กาลพันธา, เทิดพงศ์ กัมพลานนท์, ธนาภรณ์ อัสถิ. "การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์เสื้อสูบของบริษัท กุลธรเคอร์บี้ จำกัด (มหาชน)" ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2558

จเร วงศ์ผึ่ง, ววรมน อนันต์, วสันต์ อินทร์ตา. "ความสำคัญของอุตสาหกรรมปลาทูน่าแปรรูป." [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles. 2555.

ธัชพงศ์ กรีวัชรินทร์, ไชยณรงค์ จักรธรานนท์, ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช. "ผลของการเรียงขั้วอิเล็กโตรดที่มีผลต่อการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้า." Journal of Research and Applications in Mechanical Engineering., vol.1,no, 1, 2017.

ฤทธิชัย อัศวราชันย์. "การแปรรูปอาหารด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่." Rajabhat J. Sci. Humanit. Soc. Sci., vol.18,no, 1, 2017. Pp 10-18.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. "ส่องทางรอดส่งออกอาหารทะเลแปรรูป." [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEKnowledge. 2560.

สมัคร รักแม่. "การศึกษาเพื่อลดระยะเวลาการละลายแบบจุ่มของปลาทูน่าแช่แข็ง." งานวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2558

Alireza Mousakhani-Ganjeh, Nasser Hamdami, Nafiseh Soltanizadeh. "Impact of high voltage electric field thawing on the quality of frozen tuna fish (Thunnus albacares)" Journal of Food Engineering. February, 2015. Pp. 39-44.

Mohsen Dalvi-Isfahan, Nasser Hamdami, Alain Le-Bail, Epameinondas Xanthakis. "The principles of high voltage electric field and its application in food processing." Food Research International. September, 2016. Pp. 48-62.

Umaporn Upra, Sunate Surbkar, Rittichai Assawarachan. "Novel Methods for Rapid Thawing Technology." Thai Society of Agricultural Engineering journal, vol.17, no.1, January – December 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางสถิติ

ภาคผนวก ข ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย

ภาคผนวก ค ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางสถิติ

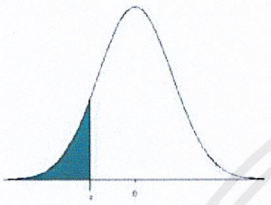
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

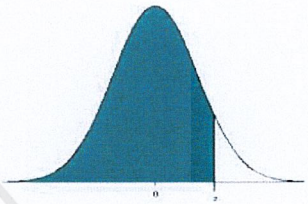
ตาราง ก ค่าตัวประกอบสำหรับการคำนวณเส้นขีดจำกัดควบคุม

Factors for Constructing Variables Control Charts

Observations in Sample, n	Chart for Averages: Factors for Control Limits			Chart for Averages: Factors for Center Line		Chart for Standard Deviations: Factors for Control Limits				Chart for Standard Deviations: Factors for Center Line		Chart for Ranges: Factors for Control Limits				
	A	A_2	A_3	c_4	$1/c_4$	B_3	B_4	B_5	B_6	d_2	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

ตาราง ข พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติมาตรฐาน





z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

ตาราง ค ตารางแสดงค่า Significance point ของ Anderson-Darling

- Case 1 : The mean μ and the variance σ^2 are both known.
- Case 2 : The variance σ^2 is known, but the mean μ is unknown.
- Case 3 : The mean μ is known, but the variance σ^2 is unknown.
- Case 4 : Both the mean μ and the variance σ^2 are unknown.

Significance	Case 1	Case 2*	Case 3	Case 4
15%	1.610	?	?	0.576
10%	1.933	0.908	1.760	0.656
5%	2.492	1.105	2.323	0.787
2.5%	3.070	1.304	2.904	0.918
1%	3.857	1.573	3.690	1.092

(*) For the case 2, the values are for the asymptotic distribution.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย

จากตัวอย่างการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิใจกลางตัวปลาทูน่าครีบ มีวิธีการคำนวณ ดังนี้

ลำดับ	วันที่	เวลา	ค่าที่วัดได้			$\bar{X}$	S
			X_1	X_2	X_3		
1	11/10/62	8:30	-2.300	-2.100	-2.100	-2.167	0.115
2		9:30	-2.500	-2.600	-2.500	-2.533	0.058
3		10:30	-2.000	-2.000	-2.100	-2.033	0.058
4		11:30	-2.000	-2.000	-2.300	-2.100	0.173
5		12:30	-2.100	-2.200	-2.000	-2.100	0.100
6		13:30	-2.000	-2.000	-2.300	-2.100	0.173
7		14:30	-2.100	-2.100	-2.000	-2.067	0.058
8		15:30	-2.600	-2.300	-2.400	-2.433	0.153
9		16:30	-2.400	-1.500	-2.300	-2.067	0.493
10		17:30	-1.500	-1.700	-1.600	-1.600	0.100
11	13/10/62	8:30	-2.100	-1.800	-1.800	-1.900	0.173
12		9:30	-1.500	-2.100	-1.800	-1.800	0.300
13		10:30	-2.100	-2.100	-2.100	-2.100	0.000
14		11:30	-2.800	-1.500	-1.700	-2.000	0.700
15		12:30	-2.100	-2.100	-2.100	-2.100	0.000
16		13:30	-2.300	-2.100	-2.000	-2.133	0.153
17		14:30	-2.200	-2.400	-2.300	-2.300	0.100
18		15:30	-2.600	-2.200	-2.000	-2.267	0.306
19		16:30	-2.100	-2.100	-2.100	-2.100	0.000
20		17:30	-2.100	-2.100	-2.000	-2.067	0.058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ

1. คำนวณค่า $\bar{\bar{X}}$ และ $\bar{S}$

$$\bar{\bar{X}} = \sum_{i=1}^{g} \bar{X}_i \frac{1}{g} = \frac{(-2.167)+(-2.533)+...+(-2.067)}{20} = -2.098$$

$$\bar{S} = \sum_{i=1}^{g} S_i \frac{1}{g} = \frac{0.115+0.058+...+0.058}{20} = 0.164$$

2. คำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย

ขีดจำกัดควบคุมบน $(UCL_{\bar{X}})$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S} \quad -2.098+(1.954)0.164 = -1.7775$$

(A_3 ได้จากการเปิดตาราง ก ในภาคผนวก)

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $(LCL_{\bar{X}})$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S} \quad -2.098-(1.954)0.164 = -2.4185$$

(A_3 ได้จากการเปิดตาราง ก ในภาคผนวก)

3. คำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ขีดจำกัดควบคุมบน (UCL_S)

$$UCL_S = B_4\bar{S} = 2.568(0.164) = 0.4212$$

(B_4 ได้จากการเปิดตาราง ก ในภาคผนวก)

ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL_S)

$$LCL_S = B_3\bar{S} = 0(0.164) = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(B_3 ได้จากการเปิดตาราง ก ในภาคผนวก)

เมื่อคำนวณค่าต่างๆ เรียบร้อยแล้วก็จะนำค่าไปพล็อตลงในแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ซึ่งจะเห็นว่ามีจุดตกนอกขีดจำกัดควบคุม จึงได้ทำการปรับปรุงแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยจะตัดจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมและสามารถระบุสาเหตุได้ออก แล้วจึงทำการคำนวณหาเส้นพิกัดควบคุมใหม่

4. คำนวณหาความสามารถของกระบวนการ

ในที่นี้ ค่า LSL = -2.6 และค่า USL = -0.4

จากค่า $\bar{S} = 0.164$

หาค่า $\hat{\sigma} = \dfrac{\bar{S}}{C_4}$

จะได้ $\hat{\sigma} = \dfrac{0.164}{0.8862} = 0.1851$

คำนวณค่า C_p จากสูตร

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{(-0.4) - (-2.6)}{6(0.1851)} = 1.98$$

คำนวณค่า C_{pk} จากสูตร

$$C_{pk} = Min\,(C_{PU}, C_{PL})$$

โดยที่ $C_{PU} = \dfrac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\sigma}$ และ $C_{PL} = \dfrac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\sigma}$

จากค่า $\bar{\bar{X}} = -2.098$

จะได้ $C_{PL} = \dfrac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\sigma} = \dfrac{(-2.098) - (-2.6)}{3(0.1851)} = 0.9040$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_{PU} = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\sigma} = \frac{(-0.4)-(-2.098)}{3(0.1851)} = 3.0578$$

$$C_{pk} = Min\,(C_{PU}, C_{PL})$$

$$= Min\,(3.0578, 0.9040) = 0.9040$$

5. คำนวณหาร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกขอบเขตของเกณฑ์ที่กำหนด

$$Z_U = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{\sigma} = \frac{(-0.4)-(-2.098)}{0.1851} = 9.1734$$

$$Z_L = \frac{LSL - \bar{\bar{X}}}{\sigma} = \frac{(-2.6)-(-2.098)}{0.1851} = -2.7120$$

จะได้ $P(Z_U) = 1-1 = 0$

$P(Z_L) = 0.0034$

(การหา $P(Z_U)$ และ $P(Z_L)$ เปิดตาราง ข ในภาคผนวก)

ดังนั้น ค่าร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกขอบเขตของเกณฑ์ที่กำหนด เท่ากับ 0.0034 แสดงว่า มีสินค้าตกนอกขีดจำกัดข้อกำหนดร้อยละ 0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

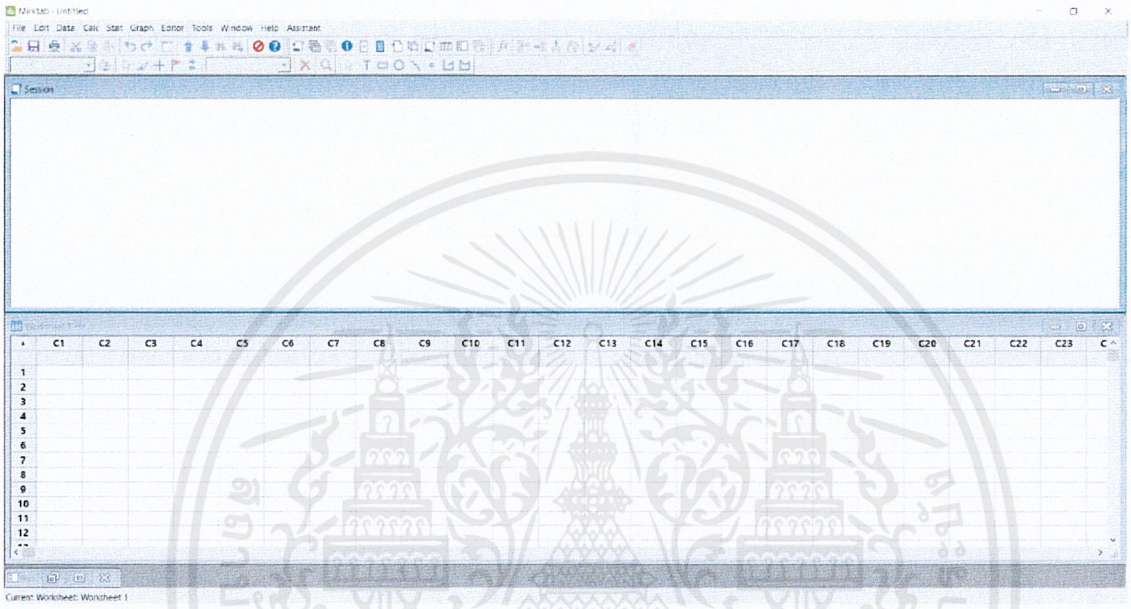
ภาคผนวก ค
ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

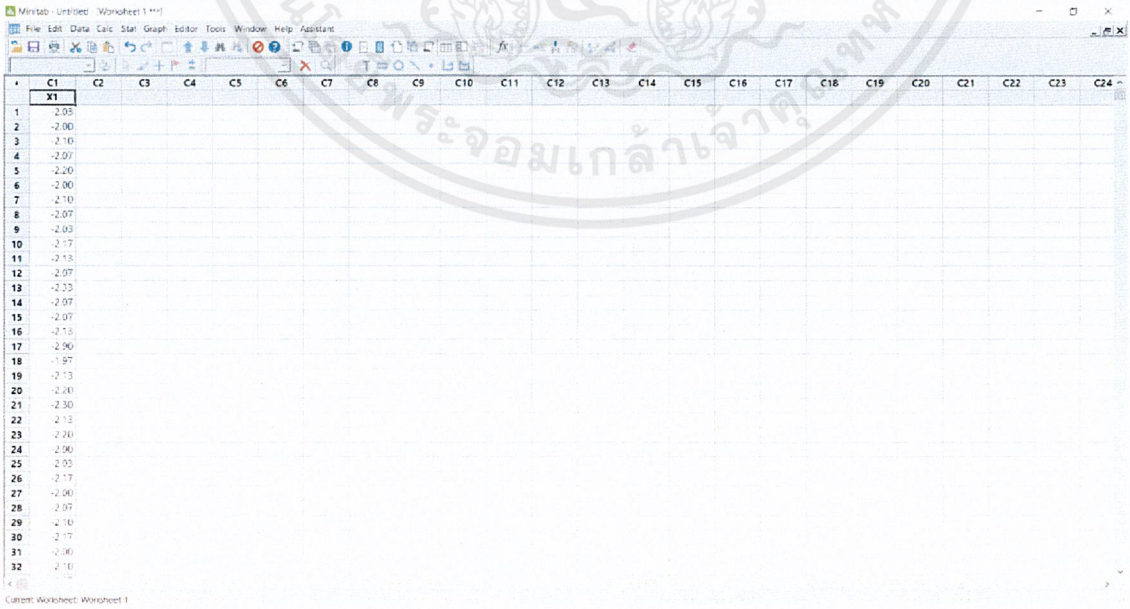
ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Minitab

การสร้างแผนภูมิทดสอบการแจกแจงปกติ (Normality Test)

1. ทำการเปิดโปรแกรม Minitab จะได้หน้าต่างดังต่อไปนี้



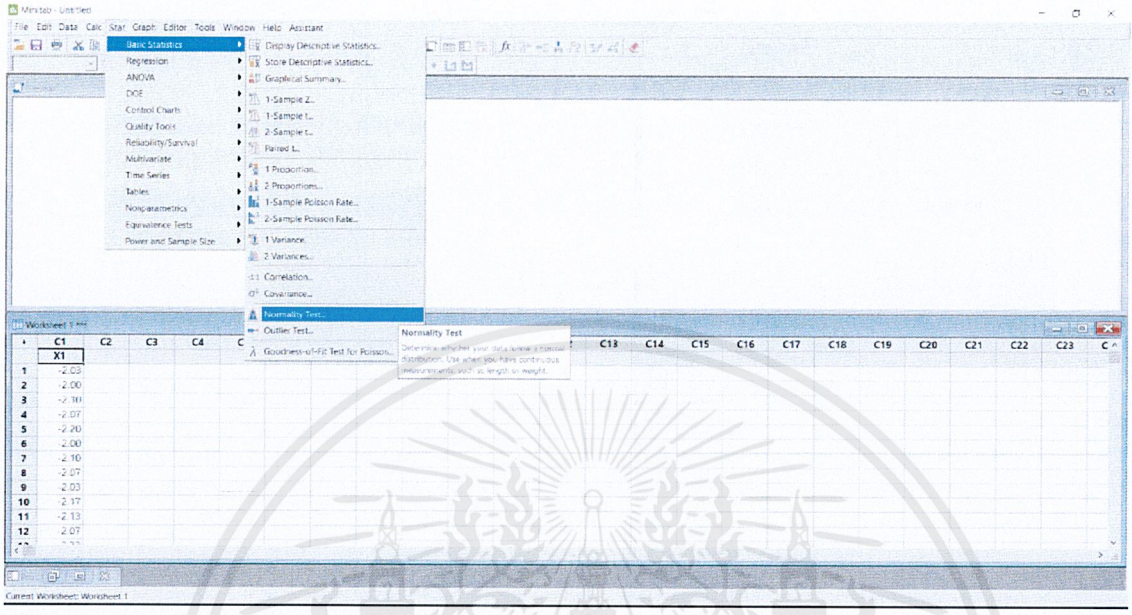
2. ทำการกรอกข้อมูลลงไปในหน้าต่าง Worksheet (ข้อมูลทั้งหมดใส่ใน X1)



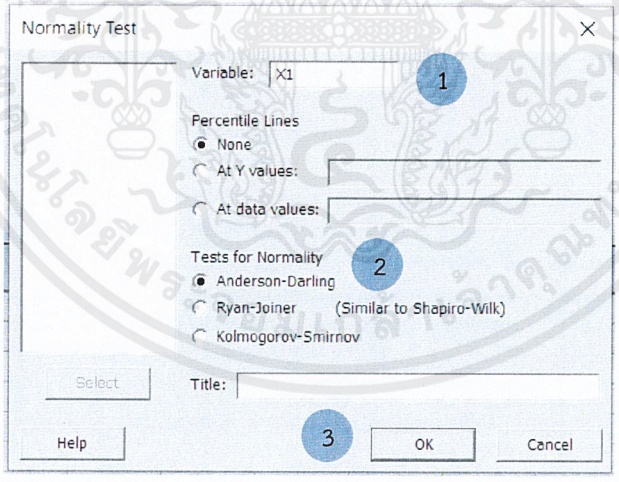
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการ Run โปรแกรมโดยใช้คำสั่ง

Stat > Basic Statistics > Normality Test



4. โปรแกรมจะแสดงคำสั่ง Normality Test ขึ้นมา

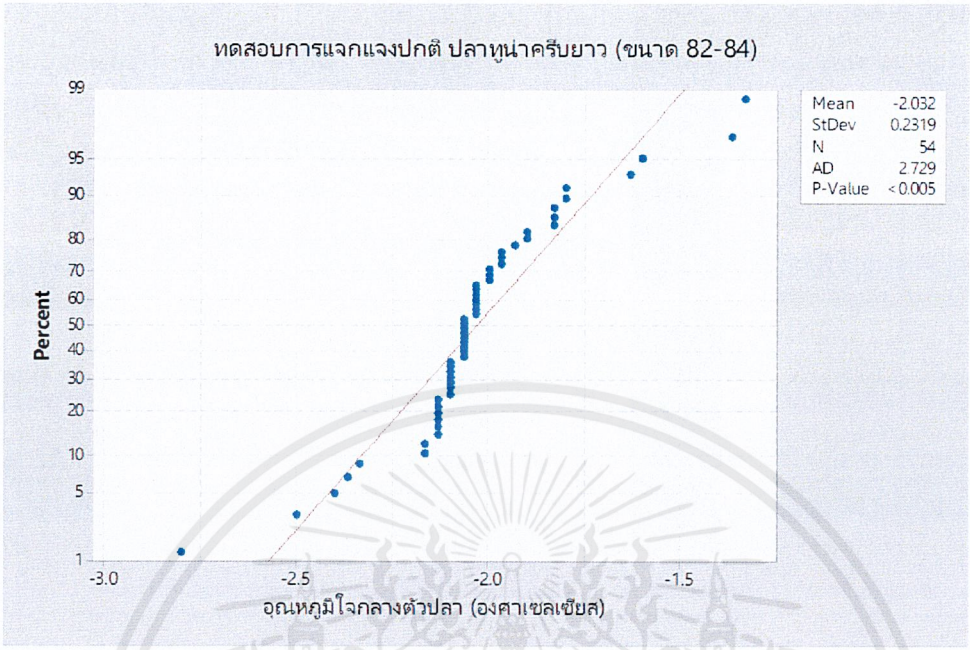


4.1) คลิกที่หมายเลข 1 (Variable) และทำการเลือกตัวแปรมาใส่

4.2) คลิกที่หมายเลข 2 (Anderson-Darling) จากนั้นคลิกที่หมายเลข 3 (OK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

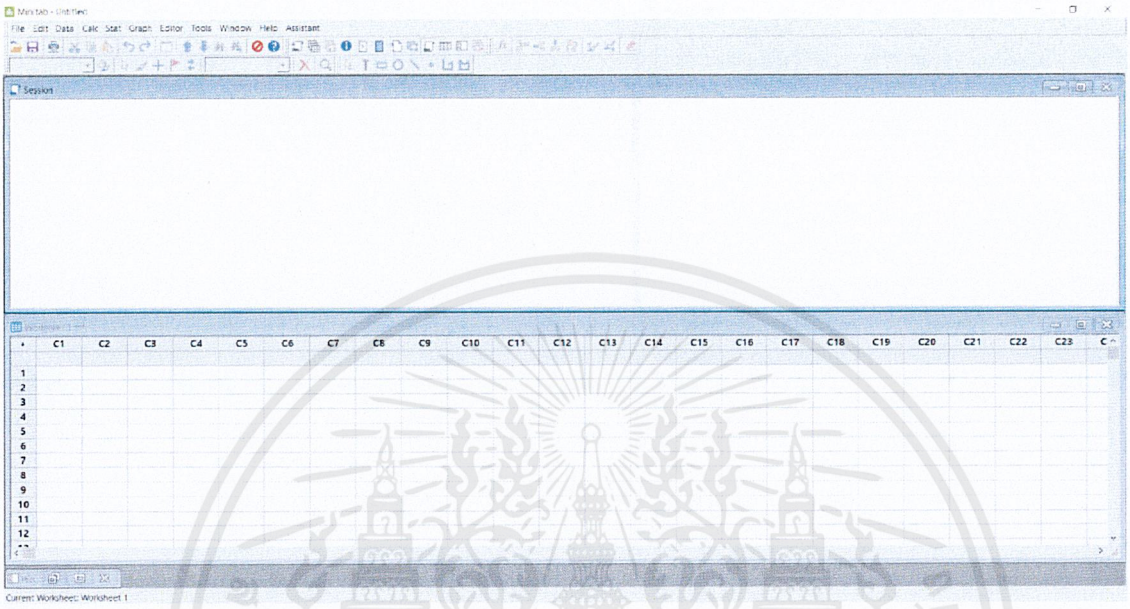
จะแสดงผลลัพธ์การ Run ของข้อมูลได้ดังรูปต่อไปนี้



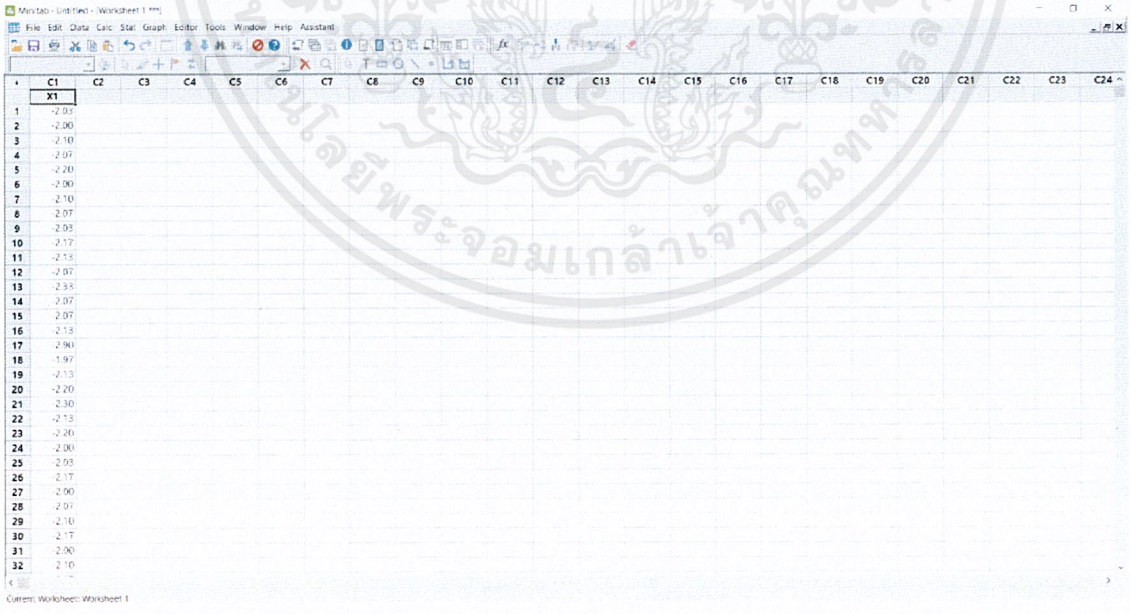
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าพิสัย ($\bar{X}$-S chart)

1. ทำการเปิดโปรแกรม Minitab จะได้หน้าต่างดังต่อไปนี้



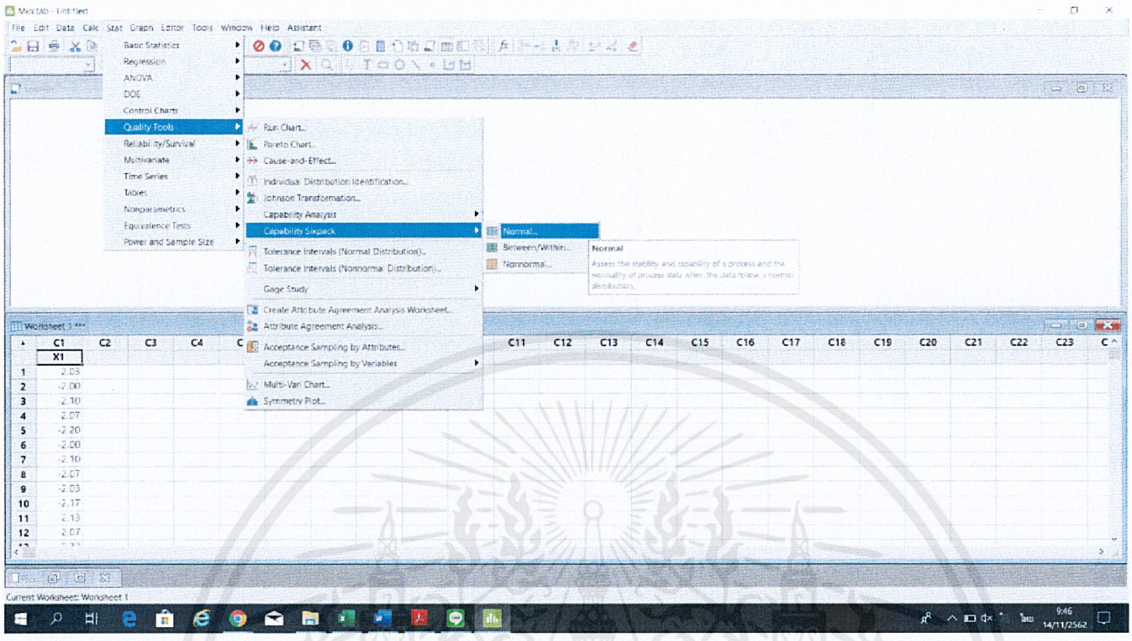
2. ทำการกรอกข้อมูลลงไปในหน้าต่าง Worksheet (ข้อมูลทั้งหมดใส่ใน X1)



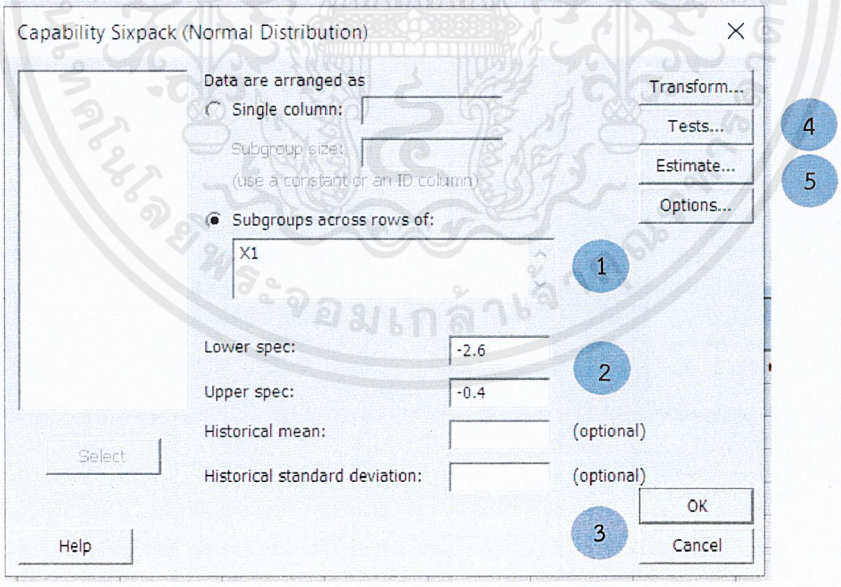
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการ Run โปรแกรมโดยใช้คำสั่ง

Stat > Quality tools > Capability Sixpack > Normal



4. โปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง Capability Sixpack (Normal Distribution) ขึ้นมา



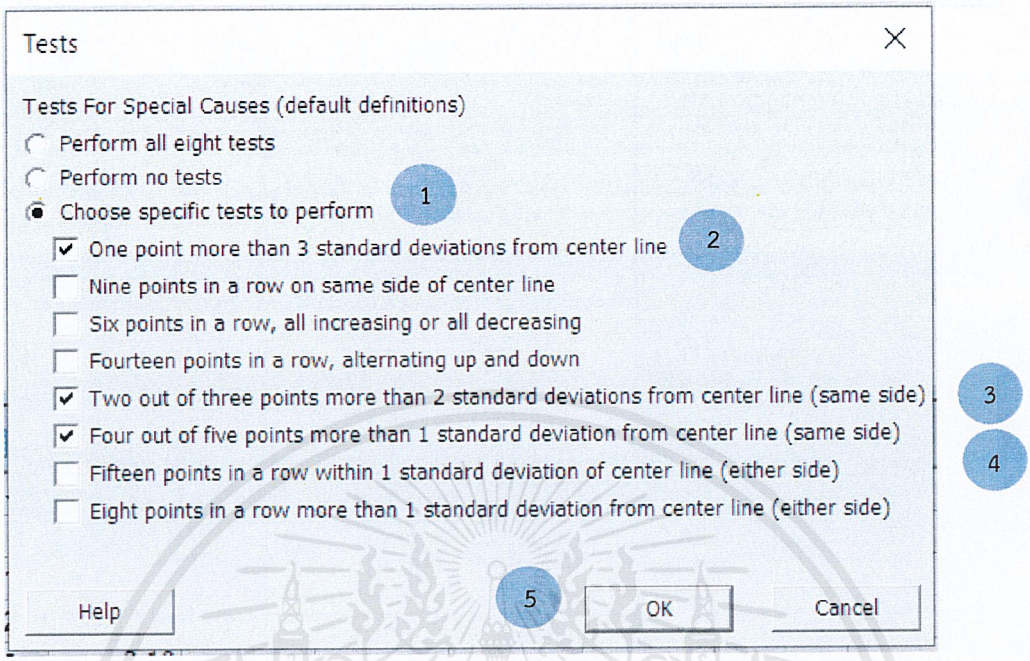
4.1) ให้เลือกตรงหมายเลข 1 (Subgroup across rows of)

4.2) ให้คลิกที่ช่องหมายเลข 2 และทำการเลือกตัวแปรมาใส่

4.3) ใส่ค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่ทางโรงงานได้กำหนดในช่องหมายเลข 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

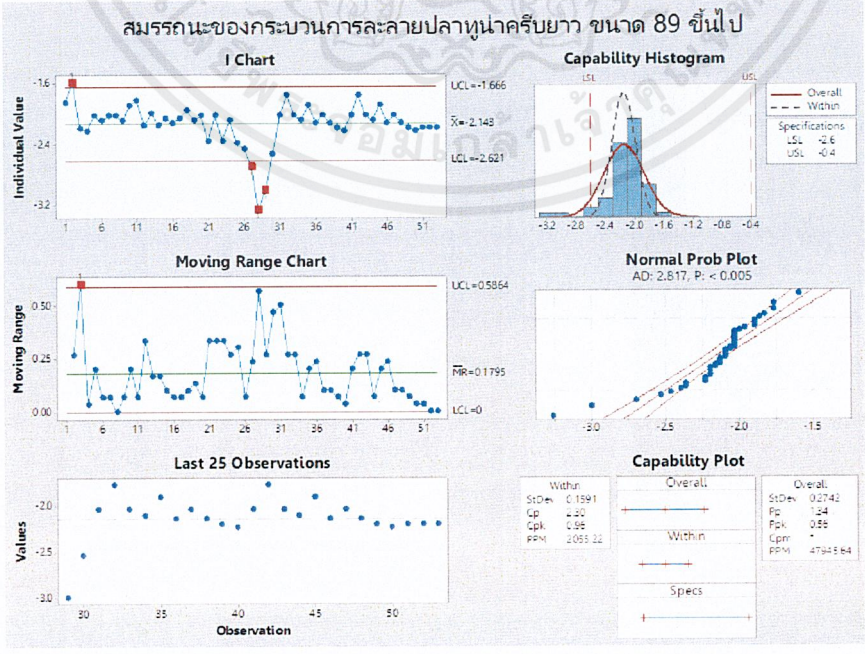
4.4) คลิกที่หมายเลข 4 (Tests..) จะได้หน้าต่างดังภาพ



4.4.1) ให้เลือกตรงหมายเลข 1 (Choose specific tests to perform)

4.4.2) ให้คลิกตรงช่องหมายเลข 2, 3 และ 4 (ลักษณะของแผนภูมิควบคุมไม่อยู่ภายใต้การควบคุมซึ่งแต่ละงานวิจัยไม่เหมือนกัน) จากนั้นคลิกหมายเลข 5 (OK)

จะแสดงผลลัพธ์การ Run ของข้อมูลได้ดังรูปต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้