รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การศึกษาอุณหภูมิขวดแก้วเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการบรรจุร้อน

Optimum warm up glass bottle temperature for hot fill process

นายวนัสนนทน์ เนตรบุตร

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจ การศึกษาอุณหภูมิขวดแก้วเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการบรรจุร้อน
ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายวนัสนนทน์ เนตรบุตร
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมอาหาร
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ. ดร.กันต์กนิษฐ์ ขวัญพฤกษ์ และผศ. ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายอรรณพ ถนอมวงศ์
สถานประกอบการ บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด (โรงงานรังสิต)

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมของขวดแก้วที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการบรรจุร้อนเพื่อลดการแตกของขวดขณะบรรจุ โดยได้เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณขวดแตกขณะบรรจุ และศึกกระบวนการทำงานของเครื่องจักร เพื่อนำมาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา จากการวิเคราะห์พบว่า สาเหตุหลักของปริมาณขวดแตกมาจากอุณหภูมิเริ่มต้นของขวดแก้วก่อนการบรรจุร้อน โดยปัญหาดังกล่าวนี้เกิดจากการทำงานของเครื่องจักร และการทำงานของพนักงาน ดังนั้นในการแก้ไขปัญหาเพื่อลดปริมาณขวดแตกในครั้งนี้ จึงได้นำเสนออุณหภูมิที่เริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการบรรจุร้อน จากการทดลองโดยการเก็บตัวอย่างขวดที่ใช้ในการผลิตจริงมาทดลองอุณภูมิเริ่มต้นที่ค่า 60 70 80 และ 90 องศาเซลเซียสพบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นทีเหมาะสมที่สุดอยู่ที 80 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ปริมาณขวดแตกอยู่ที่ร้อยละ 0 จึงเสนออุณหภูมินี้ เป็นอุณหภูมิเริ่มต้นที่ดีที่สุดเพื่อให้ทางโรงานได้นำไปปรับใช้ในกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Optimum warm up glass bottle temperature for hot fill process
Student intern name: Mister Wanatsanon Netbut
Faculty: Engineering
Department: Food Engineering
Advisor name: Asst.Prof.Dr. Kankanit Khwanpruk and Asst.Prof.Dr. Maradee Phongpipatpong
Mentor name: Mister Annop Thanomwong
Company: Thainamthip rangsit Company Limited

ABSTRACT

The purpose of this cooperative study is to study the optimum temperature of glass bottles suitable for hot filling process to reduce breakage during filling. By collecting the amount of broken bottles during filling and fighting the machine working process in order to analyze the cause of the problem From the analysis, it was found that The main cause of broken bottles is the initial temperature of the bottles before hot filling. The said problem is caused by the operation of the machine. And employee work Therefore, in solving this problem to reduce the amount of broken bottles Therefore presenting the suitable initial temperature for hot filling processes From the experiment by sampling the bottles used in the actual production to test the initial temperature at 60, 70, 80 and 90 degrees Celsius, it was found that The optimum initial temperature is 80 degrees Celsius, in which the volume of the bottle is broken at 0 percent, therefore offering this temperature Is the best initial temperature for the work to be adapted for use in the production process.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตร์จารย์ กันต์กนิษฐ์ ขวัญพฤกษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษาและเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนโครงงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณบริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด โรงงานรังสิต ที่ได้ให้โอกาสนักศึกษาในโครงการสหกิจศึกษาเข้าไปเรียนรู้งานภายในโรงงาน เพื่อเก็บเกี่ยวประสบการณ์ในการทำงาน และเพิ่มพูลทักษะในด้านต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้จัดการแผนกวิศวกรรมศาสตร์ ผู้นิเทศงาน และเพื่อนร่วมงานทุก ๆ ท่านในบริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด โรงงานรังสิต ที่ให้คำแนะนำดี ๆ เกี่ยวกับการเก็บข้อมูลในการทำโครงงานฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

วนัสนนทน์ เนตรบุตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา **หน้า**

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ 1
บทคัดย่อ I
ABSTRACT II
กิตติกรรมประกาศ III
บทที่ 1 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตการศึกษา 1
1.4 วิธีการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3
2.1.1 ความสูญเปล่า 7 ประการ 3
2.1.2 เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ 4
2.2 กระบวนการบรรจุ 6
2.2.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแตกของขวดขณะบรรจุ 6
2.3 ความหมายของแก้ว 7
2.4 ประเภทของแก้ว 7
2.5 ประเภทของแก้วที่แบ่งตามลักษณะการใช้งาน 10
บทที่ 3 12
3.1 การเลือกหัวข้อปัญหา 12
3.2 สำรวจสภาพปัจจุบันและตั้งเป้าหมาย 12
3.3. วางแผนการแก้ไขปัญหา 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 14
3.5 พิจารณามาตรการตอบโต้ 19
3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ 20
3.5.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล 21
3.5.3. ขั้นตอนการทดลอง 22
3.5.4. ขั้นตอนการบันทึกผล 22
3.6 ยืนยันผลลัพธ์ 23
3.7 จัดทำมาตรฐาน สรุปผลการศึกษา เสนอแนะ และวิจารณ์การทำงาน 23
บทที่ 4 24
4.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่สภาวะต่าง ๆ 24
4.1.1 ผลการทดลองทั้ง 4 สภาวะ ทั้ง 4 ครั้ง 24
4.2 ผลการคำนวนปริมาณไอน้ำขั้นสำหรับการเตรียมอุณหภูมิเริ่มต้นของขวดเมื่อเวลาในการเตรียมแตกต่างกัน 27
บทที่ 5 28
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 28
5.1.1 ผลการทดสอบค่าความแตกต่าง 28
5.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิเริ่มต้นของขวดแก้วกับปริมาณขวดแตกขณะบรรจุ 29
5.1.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ทำให้กระบวนการดำเนินไม่เต็มประสิทธิรูป 29
5.1.4 ผลการหาอุณหภูมิเริ่มต้นของขวดแก้วที่เหมาะสม 30
5.2 ปริมาณการสูญเสียเป็นจำนวนเงิน 30
5.3 การอภิปรายผลการดำเนินงาน 30
5.4 ปัญหาและอุปสรรค 30
5.5 ข้อเสนอแนะ 31
เอกสารอ้างอิง 32
ภาคผนวก 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก 34

ภาคผนวก ข 37

ภาคผนวก ค 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.2 ตัวอย่างกราฟแท่ง 5

2.3 ตัวอย่างกราฟวงกลม 5

2.4 ลักษณะของแผนภาพก้างปลา 6

3.1 ปริมาณของขวดแตกขณะบรรจุ ในวันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ.2562 13

3.2 เครื่องบรรจุอัตโนมัติแบบโรตารี่ยี่ห้อ Krones 14

3.3 สำรวจสภาพปัญหาปัจจุบัน 15

3.4 อุโมงค์ไอน้ำสำหรับการเตรียมอุณภูมิขวดก่อนเข้าการบรรจุ 16

3.5 การเปิดวาล์ววาล์วไอน้ำมากเกินไป 17

3.6 การเปิดวาล์ววาล์วไอน้ำน้อยเกินไป 17

3.7 เครื่องจักรเกิดการชำรุดขณะผลิต 18

3.8 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุของปัญหา 19

3.9 เทอร์โมสแกนที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิขวดแก้ว 20

3.10 วอเตอร์บาธที่ใช้ในการเตรียมอุณหภูมิของขวดแก้ว 20

3.11 เครื่องทดสอบบรรจุภัณฑ์ 21

3.12 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิผิวขวดแก้ว 21

3.13 ขั้นตอนการเตรียมอุณหภูมิขวดแก้ว 22

3.14 โปรแกรม Minitab 23

4.1 แผมภูมิแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 วันที่ 19 ส.ค. 2562 24

4.2 แผมภูมิแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 วันที่ 17 ก.ย. 2562 24

4.3 แผมภูมิแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 วันที่ 18 ต.ค. 2562 25

4.4 แผมภูมิแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4 วันที่ 15 พ.ย. 2562 25

4.5 แผมภูมิแสดงผลการทดสอบค่าความแตกต่างด้วยวิธี Anova One way 26

4.6 ปริมาณไอน้ำที่ต้องใช้ขั้นต่ำที่เวลาในการเตรียมขวดต่างๆ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 แผนการดำเนินงาน 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในอดีตบรรจุภัณฑ์ที่คนนำมาใช้ส่วนใหญ่จะได้มาจากวัสดุจากธรรมชาติ เช่น การนำใบไม้ นำเปลือกหอย เปลือกผลไม้ มาใส่อาหารหรือนำไม้ไผ่มาทำเป็นกระบอกเพื่อใส่น้ำดื่ม ต่อมามีการพัฒนานำวัสดุธรรมชาติมาประดิษฐ์เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยนำใบตองมาเย็บเป็นกรวยหรือรูปทรงอื่นๆให้เหมาะกับการใช้งาน

บรรจุภัณฑ์แก้วเริ่มมีการผลิตประมาณ 2000 ปีก่อนพุทธกาลในแถบเมโสโปเตเมียหรือประเทศอียิปต์ในปัจจุบัน ส่วนขวดแก้วใสนั้นสามารถผลิตได้ประมาณ 1000 ปีก่อนพุทธกาล และวิวัฒนาการทางด้านบรรจุภัณฑ์แก้วได้เปลี่ยนมาเป็นการเป่าแก้วซึ่งได้ตกทอดมรดกมาถึงปัจจุบันนี้ เมื่อความต้องการบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม มีปริมาณเพิ่มขึ้น กำลังการผลิตสินค้าอุปโภคและ บริโภคสูงขึ้น ความเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีส่งผลให้มนุษย์ต้องการความสะดวกสบายมากขึ้น และการตระหนักในเรื่องของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้เครื่องดื่มบรรจุขวดแก้ว ยังคงได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่อง

บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด ก้าวสู่ธุรกิจอุตสาหกรรมเครื่องดื่มระดับสากลที่เปี่ยมศักยรูปแห่ง ผู้นำด้วยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มยอดนิยมสู่ท้องตลาด อาทิ โคคา-โคลา, โค้ก ซีโร่, โค้ก ไลท์, แฟนต้า, สไปรท์, ชเวปส์, รูทเบียร์ เอ แอนด์ ดับบลิว, น้ำส้มมินิทเมด สแปลช,มินิทเมด พัลพิ และน้ำดื่มน้ำทิพย์ โรงงานไทยน้ำทิพย์ โรงงานรังสิต ได้ก่อตั้งขึ้นที่ถนนเลียบคลอง 13 จังหวัดปทุมธานี เมื่อปี พ.ศ. 2539 ซึ่งประกอบไปด้วย 8 สายการผลิต, ประกอบไปด้วยสายการผลิตน้ำผลไม้บรรจุขวด 3 สายการผลิต, สายการผลิตน้ำทิพย์ 2 สายการผลิต, สายการผลิตน้ำอัดลม 3 สายการผลิต

จากการศึกษากระบวนการผลิตของบริษัท พบว่า กระบวนการผลิตน้ำส้มบรรจุขวดแก้วมีปัญหาขวดแตกขณะบรรจุ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตอย่างมาก โดยนอกจากจะต้องสูญเสียปริมาณการผลิตจากขวดที่แตกแล้ว แต่ที่ส่งผลกระทบอย่างมากคือต้องหยุดการบรรจุชั่วขณะเพื่อทำความสะอาด ซึ่งส่งผลต่อยอดการผลิตเป็นอย่างมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อลดอัตราการเกิดขวดแตกของการผลิตเครื่องขวดแก้วดื่มบรรจุร้อน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 กระบวนการที่ศึกษา และเก็บข้อมูลเป็นกระบวนการบรรจุ นับตั้งแต่ขวดที่ออกจากอุโมงค์ไอน้ำแรก จนถึงก่อนเข้าห้องบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 ศึกษาผลิตภัณฑ์ที่มาจากสายการผลิต HF3 คือ Splash RGB 250 ml

1.3.3 ศึกษาจำนวนขวดแตกที่สัมพันธ์กับอุณภูมิของขวด

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 กำหนดหัวข้อและคัดเลือกปัญหา

1.4.2. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

1.4.3. กำหนดมาตรการการแก้ไข

1.4.4. ดำเนินการตามมาตรการที่กำหนดและจัดทำมาตรฐาน

1.4.5. สรุปผลและเขียนรายงานโครงการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถลดการเกิดขวดแตกจากสาเหตุอุณหภูมิของขวดก่อนบรรจุให้ลดลงร้อยละ 50 จากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความสูญเปล่า 7 ประการ

เป็นที่ทราบกันดีว่า ในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ นั้นมักจะเกิดความสูญเปล่าเป็นจำนวนมาก ซึ่งความสูญเปล่านี้ส่งผลต่อต้นทุนในการผลิต ทำให้ต้องใช้ต้นทุนที่สูงขึ้น โดยความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นสามารถแฝงมาในรูปแบบต่าง ๆ ได้ทั้งหมด 7 ประการ ได้แก่

1. ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction)
2. ความสูญเปล่าเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)
3. ความสูญเปล่าเนื่องจากการขนส่ง (Transporation)
4. ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion)
5. ความสูญเปล่าเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing)
6. ความสูญเปล่าเนื่องจากการรอคอย (Delay)
7. ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

โดยโครงงานฉบับนี้ให้ความสนใจศึกษาความสูญเปล่าเพียง 1 ประการคือ

2.1.1.1 ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay)

การรอคอยเกิดจากการที่เครื่องจักร หรือพนักงานหยุดการทำงานเพราะต้องรอคอยบางปัจจัยที่จำเป็นต่อการผลิตเช่น การรอวัตถุดิบ การรอคอยเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้อง การรอคอยเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สมดุล การรอคอยเนื่องจากการเปลี่ยนรุ่นการผลิต เป็นต้น

ปัญหาจากการรอคอย

1. ต้นทุนที่สูญเปล่าของแรงงาน เครื่องจักร และค่าโสหุ้ย ที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม
2. เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส
3. เกิดปัญหาเรื่องขวัญและกำลังใจ

การปรับปรุง

1. จัดวางแผนการผลิต วัตถุดิบและลำดับการผลิตให้ดี
2. บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา
3. จัดสรรงานให้มีความสมดุล
4. วางแผนขั้นตอนการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต และจัดสรรกำลังคนให้เหมาะสม
5. เตรียมเครื่องมือที่จะใช้ในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้พร้อมก่อนหยุดเครื่อง
6. ใช้อุปกรณ์เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต

(สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ 2561,2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ

เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (Quality Control Tools) เป็นเครื่องมือทางสถิติที่สำคัญ สามารถนำไปใช้ควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตได้ทั้งกรณีคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เป็นค่าวัดเชิงปริมาณและเชิงคุณลักษณะ โดยคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เชิงปริมาณได้จากการชั่ง ตวง วัด เช่น น้ำหนัก ความยาวปริมาณการบรรจุ เป็นต้น ส่วนคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เชิงคุณลักษณะได้จากการแบ่งคุณลักษณะของข้อมูลเป็นกลุ่ม ๆ เช่น มีหรือไม่มีรอยตำหนิ ดีหรือเสีย เป็นต้น โดยเครื่องมือควบคุมคุณภาพแบ่งออกเป็น 7 ชนิด ได้แก่ ใบ ตรวจสอบ, กราฟ, ฮิสโตแกรม, แผนภูมิพาเรโต, แผนภาพก้างปลา, แผนภาพการกระจาย และ แผนภูมิควบคุม เครื่องมือควบคุมคุณภาพแต่ละชนิดหากมีการนำไปใช้ตามความเหมาะสม จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ และมีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ (เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร และคณะ, 2560 : 1)

โดยโครงงานฉบับนี้ได้เลือกมาใช้เพียง 4 ชนิด ได้แก่

1. กราฟ
2. แผนผังก้างปลา

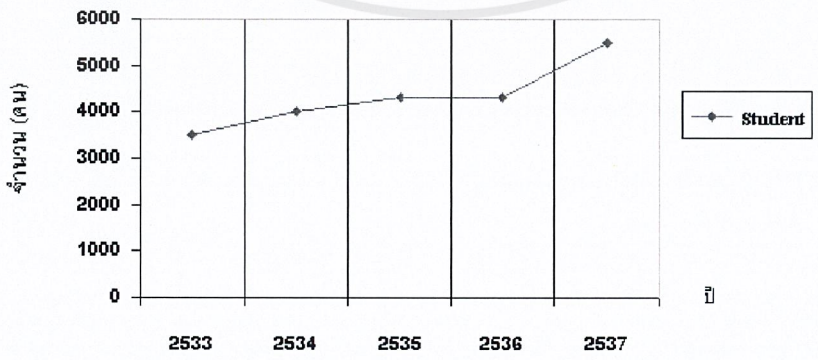
2.1.2.1 กราฟ (Graph)

เป็นแผนภาพที่อธิบายความแตกต่างของข้อมูลจากการเก็บบันทึก กราฟใช้สำหรับนำเสนอ ข้อมูลที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจโดยอาศัยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้ สามารถให้รายละเอียดของการเปรียบเทียบได้ดีกว่าการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีอื่น กราฟที่สำคัญ ได้แก่ กราฟเส้น กราฟแท่ง และกราฟวงกลม โดยรายละเอียดของกราฟแต่ละชนิดมีดังนี้

1.กราฟเส้น

เป็นเส้นกราฟที่ใช้แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ลักษณะของกราฟเส้นจะมีแกนตั้งเป็นค่าข้อมูล และแกนนอนเป็นช่วงเวลา กราฟเส้นใช้สำหรับการนำเสนอข้อมูลในกรณีที่ต้องการทราบแนวโน้มของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา หรือใช้สำหรับการดูการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป (เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร และคณะ, 2560 : 4)

ตัวอย่างกราฟเส้นแสดงดังรูปที่ 2.1



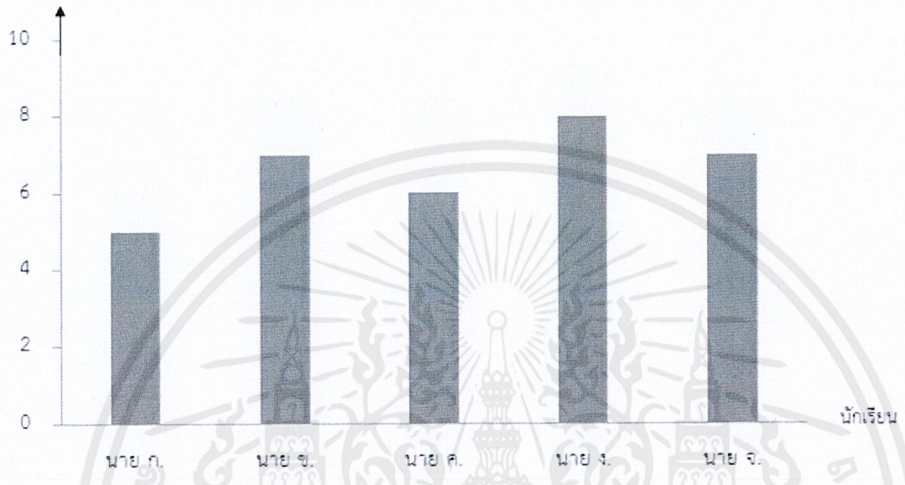
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างกราฟเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กราฟแท่ง

เป็นกราฟรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความกว้างเท่ากัน โดยจะใช้ขนาดความยาวหรือความสูงของแท่งกราฟเปรียบเทียบจำนวนข้อมูล การนำเสนอข้อมูลคล้ายกับกราฟเส้น โดยที่กราฟแท่งสามารถ นำเสนอได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน (เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร และคณะ, 2560 : 4)

ตัวอย่างกราฟแท่งแสดงดังรูปที่ 2.2

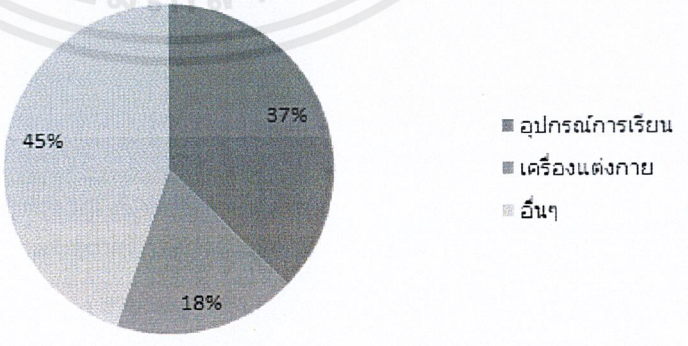


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างกราฟแท่ง

3. กราฟวงกลม

มีลักษณะเป็นวงกลมที่มีการแบ่งส่วนของข้อมูลจากจุดศูนย์กลางของวงกลมออกเป็นกลุ่ม ๆ ใช้สำหรับเปรียบเทียบสัดส่วนของข้อมูลชนิดเดียวกันในรูปแบบร้อยละ ซึ่งการนำเสนอข้อมูลคล้ายกับกราฟเส้นและกราฟแท่ง (เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร และคณะ, 2560 : 5)

ตัวอย่างกราฟวงกลมดังรูปที่ 2.3

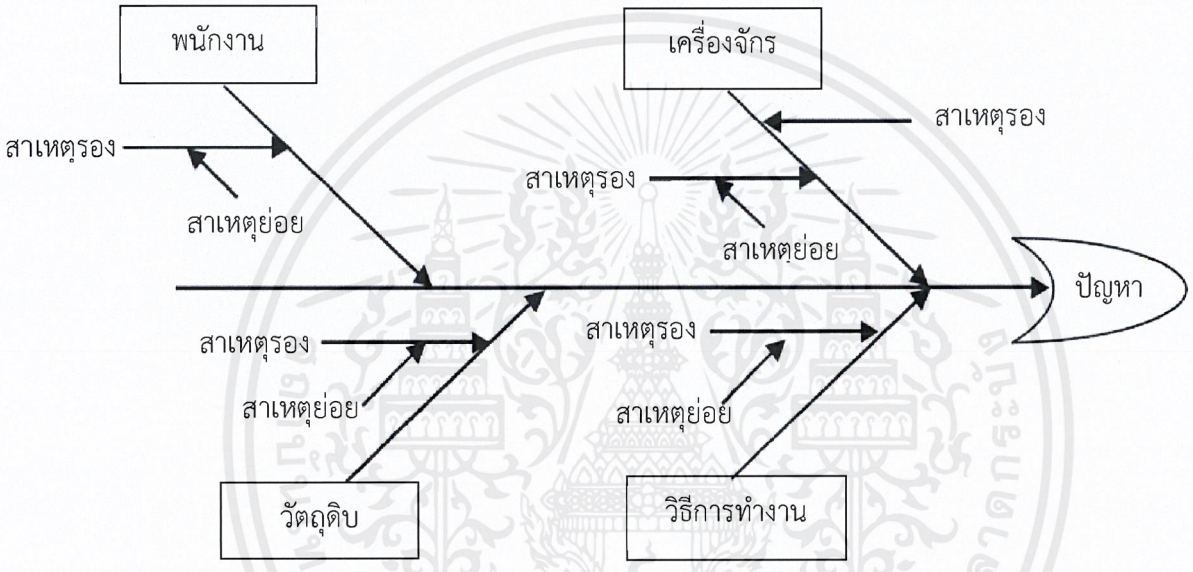


รูปที่ 2.3 ตัวอย่างกราฟวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 แผนผังก้างปลา (Fish-bone Diagram)

แผนผังก้างปลาเป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่ต้องการแก้ไขกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้วิเคราะห์สามารถมองรูปรวมของปัญหา และสาเหตุทั้งหมดได้ง่ายขึ้น แผนผังก้างปลามีลักษณะคล้ายก้างปลา โดยส่วนหัวของก้างปลาจะแสดงปัญหาที่เกิดขึ้น ส่วนก้างปลาหลักจะแสดงสาเหตุหลักและก้างปลาย่อยแสดงสาเหตุย่อยซึ่งการหาสาเหตุหลักของปัญหาจะใช้หลักการของ 4M ได้แก่ พนักงาน (Man), เครื่องจักรหรืออุปกรณ์(Machine), วัตถุดิบ(Material), วิธีการทำงาน(Method) (เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร และคณะ, 2560 : 6) แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 ลักษณะของแผนภาพก้างปลา

2.2 กระบวนการบรรจุ

2.2.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแตกของขวดขณะบรรจุ

การแตกของขวดเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกๆ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อยอดการผลิตเป็นอย่างมาก ซึ่งหากเกิดการแตกของขวด นอกจากจะทำให้สูญเสียยอดเนื่องจากขวดที่แตกแล้ว ยังสูญเสียยอดการผลิตมหาสารจากการหยุดการบรรจุชั่วขณะเพื่อทำความสะอาด และการแตกของขวดนั้นทำให้เกิดความเสี่ยงในการปนเปื้อนของเศษแก้วไปในอาหารมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงสรุปสาเหตุได้ว่า การกแตกของขวดขณะบรรจุนั้นเกิดจากการที่อุณหภูมิของขวดก่อนเข้าขั้นตอนการบรรจุ กับอุณหภูมิของน้ำส้ม มีความแตกต่างกันมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความหมายของแก้ว

แก้วคือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหลอมอนินทรียสารอันได้แก่ซิลิกา (silica) กับสารโลหะออกไซด์แล้วทำให้เย็นตัวจนกระทั่งแข็งโดยไม่มีการตกผลึก (crystallization) ส่วนประกอบทางเคมีของแก้วประกอบด้วยซิลิกอนไดออกไซด์ (silicon dioxide, SiO2) โบรอนออกไซด์ (boronoxide, B2O3) โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate, Na2CO3) แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate, CaCO3) และแมกนีเซียม คาร์บอเนต (magnesium carbonate,MgCO3) มีลักษณะโปร่งแสงและมีความเปราะหากพิจารณาจากลักษณะทางกายรูปแล้ว แก้วจะหมายถึงวัสดุที่มีความแข็ง (hard) โปร่งใส (transparent) เปราะ (brittle) มีความแววววาว (relative) มีจุดหลอมละลายสูง (high softening point) ไม่ละลายในน้ำและในสารละลายใด ๆ (insoluble in water and organicsolvents) อีกทั้งไม่ติดไฟ (non inflammable) ซึ่งแก้วมีสมบัติดังต่อไปนี้

1. แก้วมีโครงสร้างทางเคมีไม่แน่นอน แต่แก้วจะมีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายกัน คือ ประกอบด้วยซิลิกอนไดออกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนตเป็นหลัก
2. มีความแข็งแต่เปราะท าให้แตกหักง่าย
3. เป็นตัวน าไฟฟ้าที่อุณหภูมิห้องไม่ดี แต่ที่อุณหภูมิสูงจะเป็นตัวน าไฟฟ้าที่ดี
4. มีลักษณะโปร่งใส (transparency)
5. สามารถท าให้หลอมละลายได้ด้วยความร้อน
6. เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสมบัติของแก้วจะเปลี่ยนไปทั้งลักษณะทางกายรูป และสมบัติทางเคมี
7. มีช่วงการหลอมละลายกว้าง
8. สมบัติทางกายรูปต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงนั้นจะสามารถสังเกตเห็นได้

2.4 ประเภทของแก้ว

แก้วจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. แก้วที่เกิดโดยธรรมชาติ (god made glass)

แก้วที่เกิดโดยธรรมชาติเรียกว่าออบซิเดียนเกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วของสารหลอมเหลวที่พ่นออกมาจากปล่องภูเขาไฟ (magma) มีสีเทาหรือสีม่วงดำ

2. แก้วที่มนุษย์สร้างขึ้น (man made glass)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้วที่มนุษย์คิดประดิษฐ์ขึ้นแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามองค์ประกอบทางเคมีและตามลักษณะการใช้งานดังต่อไปนี้ (ดวงเพ็ญ ศรีบัวงาม และอนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล, ม.ป.ป.,หน้า 146 – 147)

2.1 ประเภทของแก้วที่แบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี แบ่งได้เป็น 7 ชนิด ดังนี้คือ

2.1.1 แก้วซิลิกาหลอมเหลว (silica glass หรือ fused silica หรือ vitreoussilica) หรือแก้วควอตซ์ (quartz) ได้จากการหลอมเศษแก้ว ทรายแก้วหรือพวกหินควอตซ์โดยไม่เติมสารประกอบอื่น จึงต้องทำการหลอมที่อุณหภูมิสูงถึง 1,710 องศาเซลเซียส ขณะหลอมจะได้แก้วเหลวที่มีความหนืดสูงจึงเกิดฟองอากาศมาก แข็งตัวเร็ว ทำให้ขึ้นรูปยาก จึงนิยมหลอมในสุญญากาศ สมบัติของซิลิกาหลอมคือมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนต่ำ ทนต่อสารเคมีและทนความร้อนได้ดี ยอมให้รังสีอัลตราไวโอเลตส่งผ่านได้ดี (โปร่งใส) จึงนิยมใช้ทำเครื่องใช้ในห้องปฏิบัติการ (laboratory) ใช้งานทางด้านไฟฟ้าและใช้งานเกี่ยวกับด้านแสง แต่แก้วชนิดนี้จะมีราคาแพง

2.1.2 แก้วซิลิกาหลอมเหลวร้อยละ 96 (96% silica glass) มีสมบัติเกือบจะเหมือนแก้วประเภทซิลิกาหลอม แต่มีจุดหลอมต่ำกว่า มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงกว่าเพราะมีสารช่วยหลอมละลาย (fluxing oxide) และสารอื่นอีกประมาณร้อยละ 4 เพื่อลดจุดหลอมละลายให้ต่ำลง และสะดวกในการขึ้นรูป แก้วชนิดนี้อาจเรียกว่าไวคอร์ (vycor) นิยมใช้ทำเครื่องใช้ในห้องทดลองพวกหลอดแก้ว (tubes) หรือถ้วยแก้ว (rod)

2.1.3 แก้วโซดาไลม์ (soda lime glass) เป็นแก้วชนิดที่ใช้มากที่สุด แก้วชนิดนี้ถูกให้ความหมายไว้ว่าเป็นแก้วที่ท ามาจากไลม์(lime) โซดา (soda) และทรายเป็นส่วนผสมหลักโดยใช้โซดาหรือโพแทส (potash) ผสมเป็นสารช่วยหลอมละลายเพื่อลดจุดหลอมให้ต่ำลงลดความหนืดให้สะดวกในการขึ้นรูป นอกจากนี้ยังมีไลม์ (calcium oxide, CaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (magnesium oxide, MgO) และอะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide, Al2O3) ปนอยู่เล็กน้อย เพื่อให้แก้วมีความคงทนต่อสารเคมี(กระทรวงอุตสาหกรรม, 2527, หน้า 1) แก้วชนิดโซดาไลม์นี้ถ้าขึ้นรูปให้บางจะไม่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยกะทันหันได้ (thermal shock) นิยมใช้ทำขวด กระจกหน้าต่าง กระจกแผ่น ถ้วยแก้ว แก้วกันกระสุน (bullet proof glass) แก้วกระจกรถยนต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 แก้วเลดซิลิเกต (lead alkali silicate glass)

แก้วชนิดนี้ได้จากการแทนแคลเซียมออกไซด์ด้วยตะกั่ว (lead oxide, PbO) ตามปกติแคลเซียมออกไซด์จะใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 15 แต่ถ้าใช้ตะกั่วแทน สามารถใช้ได้ถึงร้อยละ 80 บางครั้งใส่ตะกั่วถึงร้อยละ 92 แก้วจึงมีน้ำหนักมาก โดยตะกั่วทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมละลายทำให้มีจุดหลอมต่ำกว่าแก้วโซดาไลม์ และตะกั่วช่วยให้แก้วมีความแวววาวสุกใสสวยงาม แต่ความหนาแน่น การหักเหของแสงความมันเงาและราคาสูงกว่า จึงนิยมใช้ทำหลอดแก้วเพื่อการให้แสงสว่าง และยังนิยมนำไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทงานศิลปะ (art ware) และแก้วเจียระไน รวมทั้งนิยมนำไปใช้ผลิตอุปกรณ์วิทยุ เรดาร์ (radar) และเครื่องหลอดโทรทัศน์ หลอดวิทยุต่าง ๆ เป็นต้น เนื่องจากมีความต้านทานทางไฟฟ้าดี

2.1.5 แก้วโบโรซิลิเกต (borosilicate glass)

แก้วชนิดนี้มีความหมายที่กล่าวไว้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2527, หน้า 1) ว่าแก้วโบโรซิลิเกตเป็นแก้วที่มีโบรอนไตรออกไซด์ (borontrioxide, B2O3) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก หรือนิยมเรียกว่าแก้วไพเรก (pyrex) ได้แก่แก้วทนไฟ แก้วชนิดนี้ใช้โบรอนออกไซด์เป็นตัวช่วยหลอมละลาย โดยโบรอนจะลดความหนืดของแก้วลงแต่ทำได้น้อยกว่าโซดา การขึ้นรูปค่อนข้างลำบากแต่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหันได้ดี ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีและมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนต่ำ นิยมใช้ทำภาชนะหุงต้ม (cooking ware) ชนิดที่สัมผัสความร้อนโดยตรง ใช้ทำภาชนะที่ใช้ในห้องทดลอง และทำเลนส์ของกล้องดูดาว

2.1.6 แก้วอะลูมิโนซิลิเกต (aluminosilicate glass)

ได้แก่แก้วที่มีอะลูมิเนียมออกไซด์มากกว่าร้อยละ 20 มีแคลเซียมและแมกนีเซียมปริมาณน้อย ทำให้การหลอมยากและการขยายตัวต่ำเมื่อได้รับความร้อนจึงเหมาะที่จะใช้ทำผลิตภัณฑ์ประเภทที่ต้องสัมผัสกับอุณหภูมิสูง (high temperature ware) เช่นภาชนะหุงต้ม

2.1.7 แก้วสี (color glass)

ได้แก่แก้วที่มีสีในเนื้อแก้ว ทำได้โดยผสมสารให้สี ที่เป็นออกไซด์ของโลหะลงไปประมาณร้อยละ 1 – 4 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสีที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ประเภทของแก้วที่แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

2.5.1 แก้วที่ใช้ในวงการวิทยาศาสตร์ ได้แก่ หลอดแก้วทดลองต่าง ๆ (tubes) ปริซึม (prism) และบีกเกอร์ (beaker) เป็นต้น

2.5.2 แก้วที่ใช้ในการให้แสงสว่าง ใช้ท าหลอดไฟที่ให้แสงสว่าง เช่น หลอด ฟลูออเรสเซนท์ (fluorescent) แก้วประเภทนี้ยังใช้ทำเลนส์ของแว่นตา แว่นขยาย กล้องถ่ายรูป กล้องจุลทรรศน์ กล้องส่องทางไกล เป็นต้น

2.5.3 แก้วที่ใช้ในวงการก่อสร้าง เช่น แก้วบุเพดาน (เนื่องจากสมบัติด้านการเป็นฉนวนกันความร้อน) เส้นใยแก้ว (fiber glass) เสื้อกันความร้อนและเสื้อกันไฟ

2.5.4 แก้วสะเทิน (neutral glass) หมายถึงแก้วที่ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดหรือด่าง แก้วพวกนี้ได้แก่ ขวดใส่ยา ขวดใส่น้ำเกลือ เป็นต้น

2.5.5 แก้วกระจกรถยนต์(safety glass) หรือเรียกทั่วไปว่าแก้วนิรภัย มีสมบัติเด่นของแก้วชนิดนี้ คือเมื่อแตกจะไม่มีลักษณะแหลมคม (angular fragment) ทั้งนี้เพราะขณะขึ้นรูป ใช้ลมเป่าให้ผิวด้านนอกของแผ่นแก้วเย็นและหดตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อมีการกระทบที่ผิวจึงเกิดการแตกร้าวเป็นฝอย แก้วที่นำมาทำกระจกรถยนต์นี้เป็นแก้วชนิดโซดาไลม์

2.5.6 แก้วกันกระสุน (bullet proof glass)

เป็นแก้วชนิดโซดาไลม์ ที่ภายหลังการขึ้นรูปให้เป็นแผ่นบาง ๆ (sheet) หลาย ๆ แผ่น แล้วใช้แผ่นพลาสติก (laminate) แทรกใส่ระหว่างชั้นหรือแผ่นแก้วและประกบกันจนกระทั่งได้ความหนาตามความต้องการ แก้วชนิดนี้จะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจนสามารถกันกระสุนปืนทะลุผ่านได้ โดยกรณีที่ถูกยิง กระสุนปืนจะแฉลบไม่สามารถทะลุกระจกเข้าไปได้และหากส่วนที่เป็นแก้วหรือกระจกแตกจะมีลักษณะร้าวเป็นแผ่นไม่หลุดแตกกระจายเพราะมีแผ่นพลาสติกเชื่อมยึดเศษแก้วอยู่

2.5.7 ใยแก้ว ทำได้โดยการดึงแก้วเป็นเส้นใยแล้วนำมาอัดขึ้นรูปใยแก้วจะมีความแข็งแรงสูงกว่าเหล็กกล้าแต่มีความเบาและอ่อนนุ่มเหมือนขนสัตว์ อีกทั้งสามารถที่จะ โค้งงอได้ สามารถดึงให้เป็นเส้นเล็กได้ถึง 1/300 ของความหนาของเส้นผม ทนต่ออุณหภูมิสูงได้สมบัติของใยแก้วคือเก็บเสียงและกันความร้อนได้ดี นอกจากนั้นยังนิยมนำแผ่นใยแก้วไปต่อเป็นโครงเรือได้เพราะมีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรง

2.5.8 แก้วในวงการศิลปะ

ผลิตภัณฑ์แก้วประเภทนี้ได้แก่แก้วซึ่งมีความไวต่อแสงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) โดยสามารถจะอัดรูปถ่ายลงไปบนพื้นผิวของแก้ว ได้(photo sensitive glass) นอกจากนี้แก้วที่ใช้ในวงการศิลปะยังรวมถึงแก้วสีตลอดจนเครื่องประดับต่าง ๆ

2.5.9 แก้วที่เป็นเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ โคมไฟและภาชนะเครื่องแก้วต่าง ๆ เพราะสมบัติของแก้วที่แม้จะเป็นตัวนำความร้อนได้ไม่ดี แต่สามารถดูดความร้อนได้ดี ฉะนั้นหม้อแก้วจึงสามารถดูดและกักเก็บความร้อนไว้ได้นานกว่าหม้อโลหะ

2.5.10 แก้วในงานอิเลคทรอนิกส์และงานด้านการโทรคมนาคม

แก้วประเภทนี้ได้แก่หลอดโทรทัศน์ หลอดสุญญากาศ เป็นต้น

2.5.11 แก้วในวงการอวกาศ เช่นแก้วที่ใช้ท าหน้าต่างจรวด เครื่องบิน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานการลดของเสียในกระบวนการปิดผนึกถุงด้วยเครื่องซีลอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้อ้างอิงวิธีการดำเนินงานจาก ขั้นตอนการแก้ปัญหา QC Story ของ JUSE (Japanese Union of Scientists and Engineering) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การเลือกหัวข้อปัญหา
2. สำรวจสภาพปัจจุบันและตั้งเป้าหมาย
3. วางแผนการแก้ไขปัญหา
4. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา
5. พิจารณามาตรการตอบโต้
6. ยืนยันผลลัพธ์
7. จัดทำมาตรฐาน

3.1 การเลือกหัวข้อปัญหา

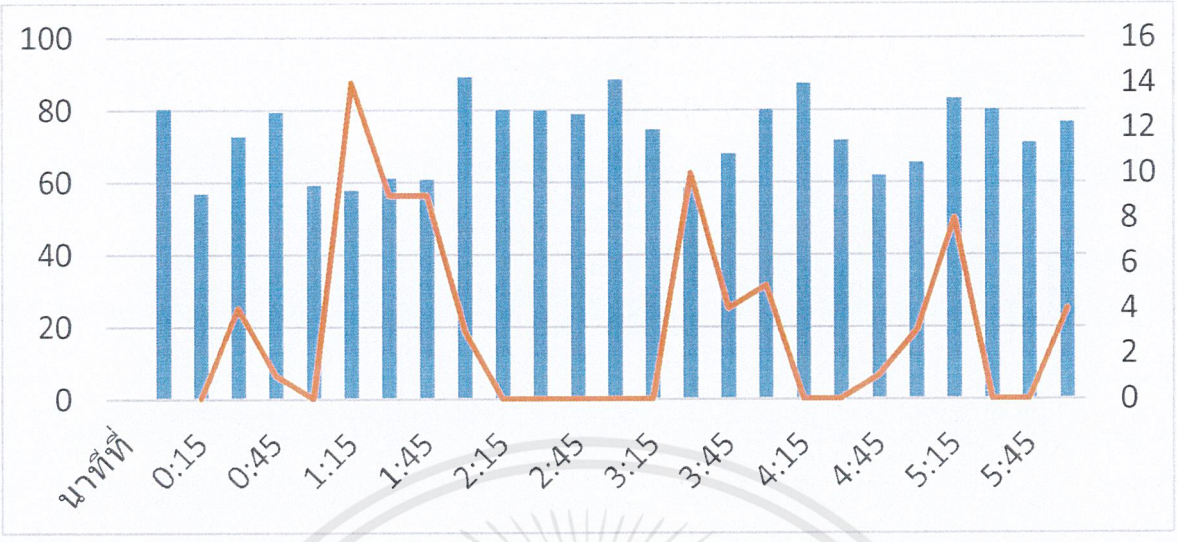
ผู้วิจัยและผู้เกี่ยวข้องได้ทำการกำหนดหัวข้อ โดยนำปัญหาต่าง ๆ ภายในโรงงานมาทำการประชุมคัดเลือกปัญหาเพื่อทำการแก้ไข โดยสามารถสรุปปัญหาที่ต้องการแก้ไข คือ ปัญหาการเกิดขวดแตกขณะบรรจุ

3.2 สำรวจสภาพปัจจุบันและตั้งเป้าหมาย

ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการทำงานปัจจุบัน ของกระบวนการบรรจุ โดยการศึกษากระบวนการผลิต และสำรวจปริมาณจำนวนขวดแตกในเดือกรกฎาคม 2562 พบว่า มีปริมาณจำนวนขวดแตกที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในความเป็นจริงไม่ควรจะเกิดขึ้น โดยแสดงดังแผนภูมิ 3.1 พบปริมาณขวดแตกทั้งหมด 75 ขวด จากยอดการผลิตทั้งหมดประมาณ 250,000 ขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิขวดแก้วเริ่มต้น ปริมาณขวดแตก



รูปที่ 3.1 ปริมาณของขวดแตกขณะบรรจุ ในวันที 22 กรกฎาคม พ.ศ.2562

3.3. วางแผนการแก้ไขปัญหา

วางแผนการดำเนินงานโดยมีระยะเวลาในการดำเนินงานตั้งแต่วันที่ 5 สิงหาคม-22 พฤศจิกายน พ.ศ.2562 เป็นไปดังตารางที่

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. การเลือกหัวข้อปัญหา																
2. สำรวจสภาพปัจจุบันและตั้งเป้าหมาย																
3. วางแผนการแก้ไขปัญหา																
4. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา																

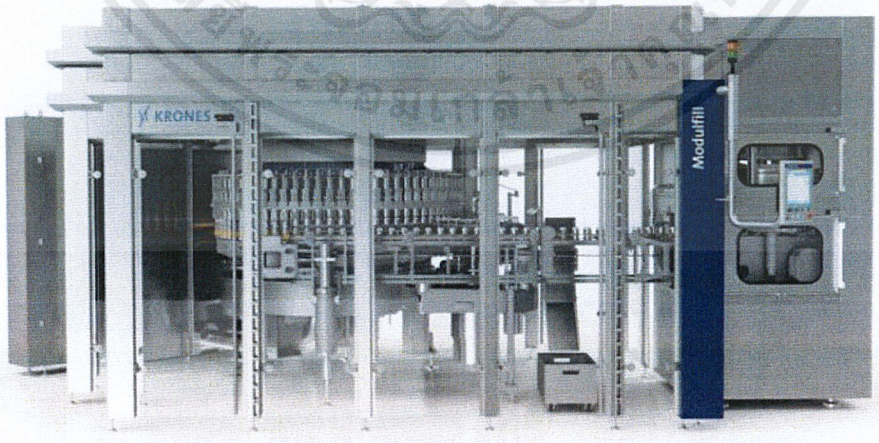
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการดำเนินงาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5. พิจารณามาตรการตอบโต้																
6. ยืนยันผลลัพธ์																
7. จัดทำมาตรฐาน																

3.4. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสียในการเกิดขวดแตกในกระบวนการบรรจุ โดยทำการศึกษาขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร และสำรวจสภาพปัญหาปัจจุบัน เป็นระยะเวลา 2 เดือน จึงได้ทราบปัญหาอย่างชัดเจน

การทำงานของเครื่องจักร



รูปที่ 3.2 เครื่องบรรจุอัตโนมัติแบบโรตารี่ยี่ห้อ Krones

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำรวจสภาพปัญหาปัจจุบัน

ผู้วิจัยได้สำรวจสภาพปัญหาของทางโรงงาน โดยสังเกตการทำงานในสภาพปัจจุบันเพื่อตั้งสมมติฐาน หาสาเหตุของปัญหาที่อาจทำให้เกิดขวดระแตกขณะบรรจุ

รูปที่ 3.3 สำรวจสภาพปัญหาปัจจุบัน

จากการสำรวจสภาพปัจจุบันพบปัญหาต่าง ๆ ดังนี้

1. พนักงาน

พบว่าพนักงานบางคนไม่เข้าใจการทำงานของการผลิต ทำให้ทำงานได้อย่างไม่มีประสทิธิรูป จึงส่งผลให้การผลิตไม่เป็นไปตามค่าที่กดหนด และส่งผลให้เกิดการแตกของขวด

2. เครื่องจักร

ในขั้นตอนการผลิต ประกอบไปด้วยเครื่องจักหลายชนิด จึงมีโอกาสให้เกิดการชำรุดของเครื่องจักรได้มาก และขั้นตอนการอุ่นขวด ต้องอาศัยความต่อเนื่อง จึงทำให้อุณหภูมิของการอุ่นขวดไม่คงที่

2.1 อุโมงค์ไอน้ำ

วาล์วควบคุมปริมาณไอน้ำ ไม่มีสเกล ต้องอาศัยการประมาณ และการสุ่มระดับเพื่อให้เจอปริมาณไอน้ำที่เหมาะสมต่อการอุ่นขวด ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

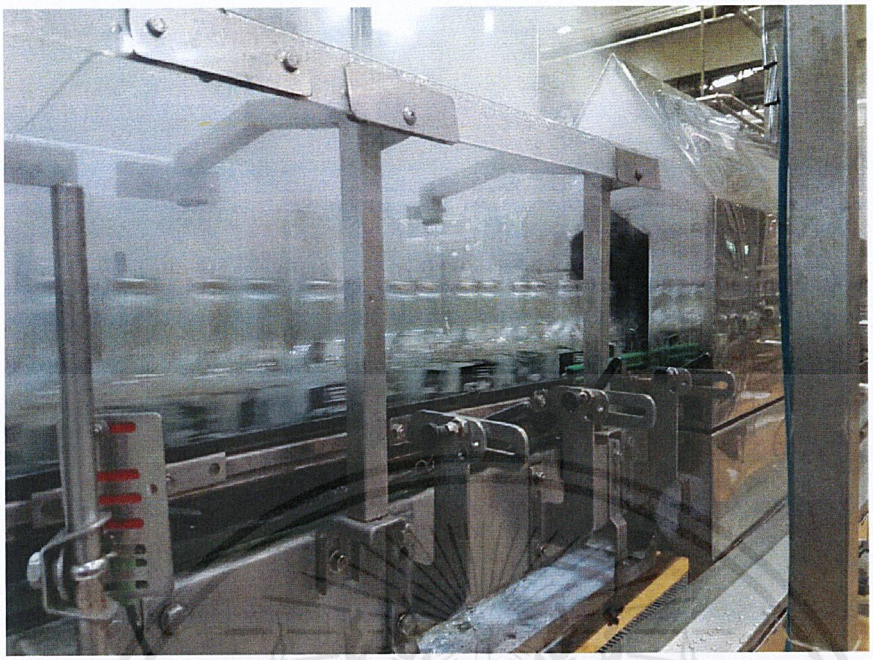
รูปที่ 3.4 อุโมงค์ไอน้ำสำหรับการเตรียมอุณภูมิขวดก่อนเข้าการบรรจุ

โดยทางผู้วิจัยได้นำปัญหาในส่วนของเครื่องจักรมาทำการศึกษา โดยมีการวิเคราพห์ดังนี้

3.4.1 สายพานลำเลียงขวดมีความเร็วที่ไม่คงที่ หรือมีการหยุดกลางคัน

จากการสำรวจสภาพปัญหาพบว่า ในกระบวนการผลิตเมื่อขวดเข้าสู่เครื่องจักรต่างๆ แล้วเกิดเหตุการเครื่องจักรเสีย สายพานจะมีการหยุด เพื่อให้เจ้าหน้าที่หน้างานเข้ามาแก้ไข ในขณะที่สายพานหยุด แต่อุโมงค์ไอน้ำยังคงปล่อยไอน้ำตลอด จึงทำให้ขวดในช่วงเวลานั้นมีความร้อนสูงกว่าปกติ และหากมีการซ่อมเสร็จแล้ว สายพานจะเร่งความเร็วมากขึ้น เพื่อให้การผลิตกลับสู่สมดุล ขณะที่ขวดผ่านอุโมงค์เร็ว ขวดจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การเปิดวาล์ววาล์วไอน้ำมากเกินไป

รูปที่ 3.6 การเปิดวาล์ววาล์วไอน้ำน้อยเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

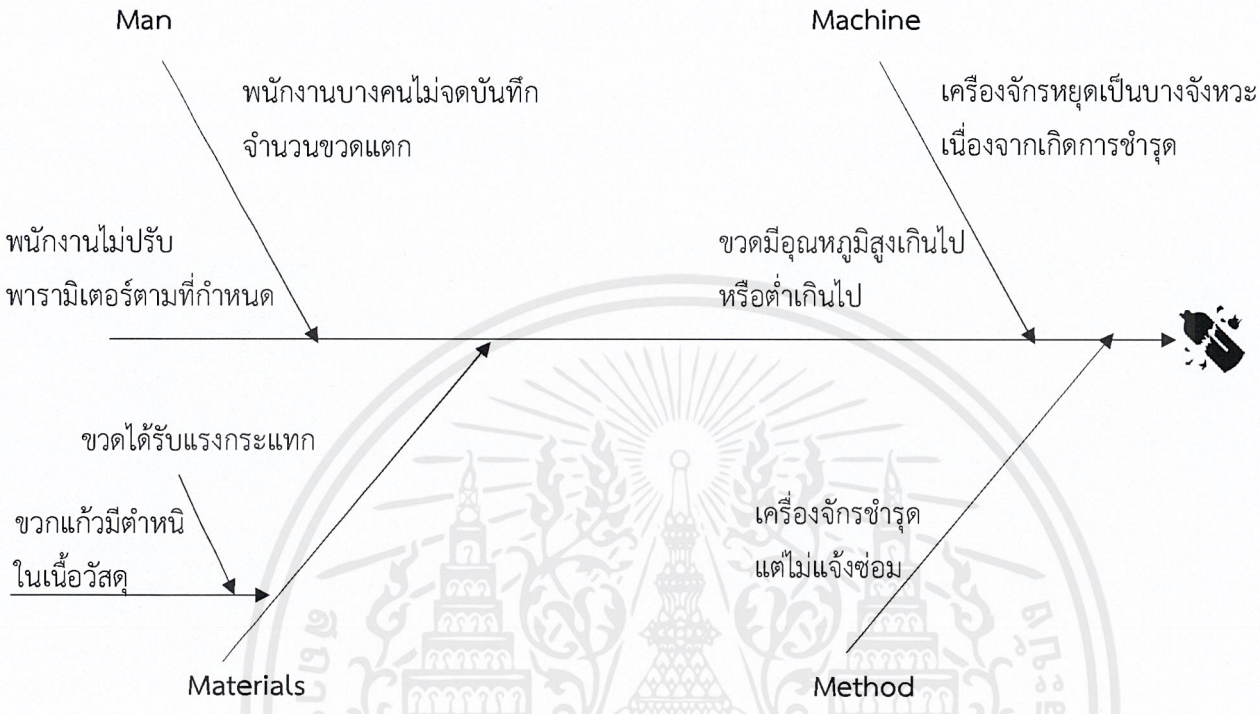
3.4.2 เครื่องจักรเกิดการชำรุดระหว่างการผลิต

จากการสำรวจสภาพปัญหาพบว่าในกระบวนการที่กำลัง มีเครื่องจักรบางเครื่องเสีย ซึ่งโดยกระบวนการผลิตของโรงงาน เป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งรวมถึงความเร็วสายพานด้วย หากเกิดการชำรุด จะทำให้เกิดการรอของขวด ระบบกระบวนการผลิตจะส่งสัญญาณทำให้ระบบปรับความเร็วสายพานช้าลง และหากช่างได้เข้ามาซ่อมแซมแล้ว ระบบจะทำการเร่งความเร็วสายพาน เพื่อให้กระบวนการผลิตกลับมาอยู่ในภาวะสมดุล แต่การเปิดไอน้ำที่คงที่ ส่งผลให้อุณภูมิของขวดแก้วก่อนการบรรจุไม่คงที่

รูปที่ 3.7 เครื่องจักรเกิดการชำรุดขณะผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสาเหตุของปัญหาทั้งหมดได้รวบรวมไว้ในแผนผังก้างปลา ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุของปัญหา

3.5 พิจารณามาตรการตอบโต้

ผู้วิจัยได้ทำการปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญของโรงงานเพื่อนำปัญหาทั้งหมดมาออกแบบการทดลองและกำหนดเป็นมาตรการในการแก้ไขปัญหา จากนั้นดำเนินการตามมาตรการในการแก้ไขร่วมกับฝ่ายผลิตและฝ่ายซ่อมบำรุงของทางโรงงาน ซึ่งนำมาสู่การวางแผนการทดลองและเก็บข้อมูลหาแนวทางการแก้ไขปัญหา

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้

รูปที่ 3.9 เทอร์โมสแกนที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิขวดแก้ว

รูปที่ 3.10 วอเตอร์บาธที่ใช้ในการเตรียมอุณหภูมิของขวดแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบบรรจุภัณฑ์

3.5.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

1. การเตรียมตัวอย่างขวดแก้วในการทดลอง

ในการเตรียมตัวอย่างขวดแก้วที่ใช้ในการทดลอง โดยใช้ขวดแข้วขนาด 525 มิลลิลิตร ทำการแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 240 ขวด โดยขวดแก้วทั้งหมดเป็นชนิดเดียวกัน

2. วัดอุณหภูมิขวดแก้วที่ผิวนอก และกลางขวดแก้ว

รูปที่ 3.12 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิผิวขวดแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3. ขั้นตอนการทดลอง

การเก็บข้อมูลอุณหภูมิขวดแก้วด้วยเทอร์โมสแกน โดยการทดลองเปรียบเทียบสภาวะการเตรียมอุณหภูมิขวดแก้วเริ่มต้น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการบรรจุร้อนที่อุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส โดยจะทำการทดลองในห้องทดลอง แสดงดังรูปที่ 3.15 โดยสภาวะที่ใช้สำหรับการทดลองทั้งหมด 4 สภาวะ ได้แก่

1. สภาวะที่ 1 สะภาวะอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 60 องศาเซลเซียส
2. สภาวะที่ 2 สะภาวะอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 70 องศาเซลเซียส
3. สภาวะที่ 3 สะภาวะอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 80 องศาเซลเซียส
4. สภาวะที่ 4 สะภาวะอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 90 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการเตรียมอุณหภูมิขวดแก้ว

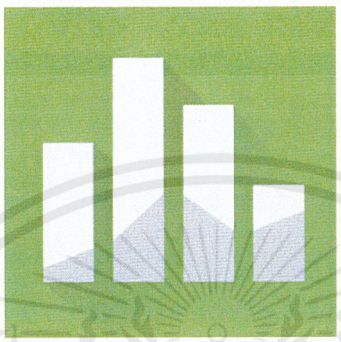
3.5.4. ขั้นตอนการบันทึกผล

บันทึกปริมาณขวดแตกทั้งสองขั้นตอน ได้แก่ ขณะเตรียมอุณหภูมิขวดแก้ว และขณะบรรจุร้อนที่ 92 องศาเซลเซียส

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและนำข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์ที่ปรึกษาฝ่ายโรงงาน และอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อหาแนวทางแก้ไขโดยกำหนดขั้นตอนสำหรับการดำเนินงานเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ มีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับการเตรียมอุณหภูมิขวดแก้วเริ่มต้น นำอุณหภูมิใจกลางขวด ที่ได้จากการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ มาคำนวณค่า P เพื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของกระบวนการด้วยโปรแกรม Minitab ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 โปรแกรม Minitab

3.6 ยืนยันผลลัพธ์

ทำการติดตามผลลัพธ์หลังจากได้นำมาตรการตอบโต้ไปใช้ เพื่อตรวจสอบว่ามาตรการดังกล่าวสามารถแก้ไขปัญหาได้จริง โดยผลการดำเนินงานจะแสดงในบทที่ 4

3.7 จัดทำมาตรฐาน สรุปผลการศึกษา เสนอแนะ และวิจารณ์การทำงาน

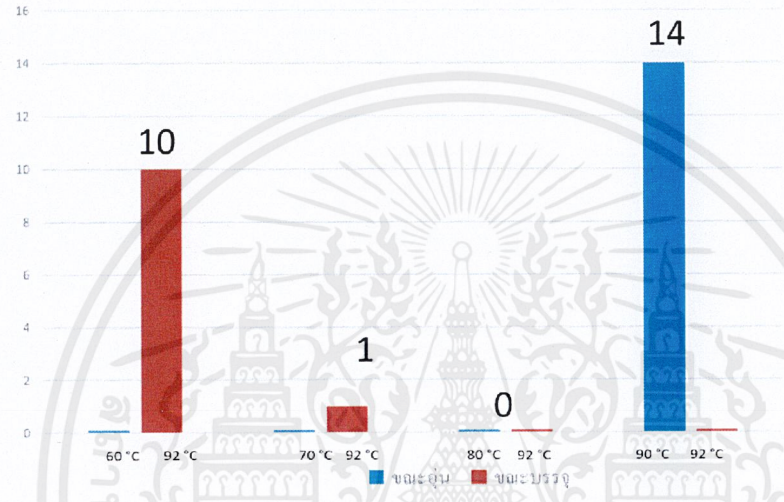
การสรุปผลการศึกษาเป็นการนำเสนอที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นรวมถึงการพิสูจน์สาเหตุของปัญหาที่ทำให้ขวดแก้วเปิดการแตกขณะบรรจุ ไม่อยู่ในช่วงที่ทำการควบคุม และการวิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการที่สภาวะต่าง ๆ จะนำมาสรุปเพื่อแสดงผลการดำเนินงาน ได้แสดงไว้ในบทที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

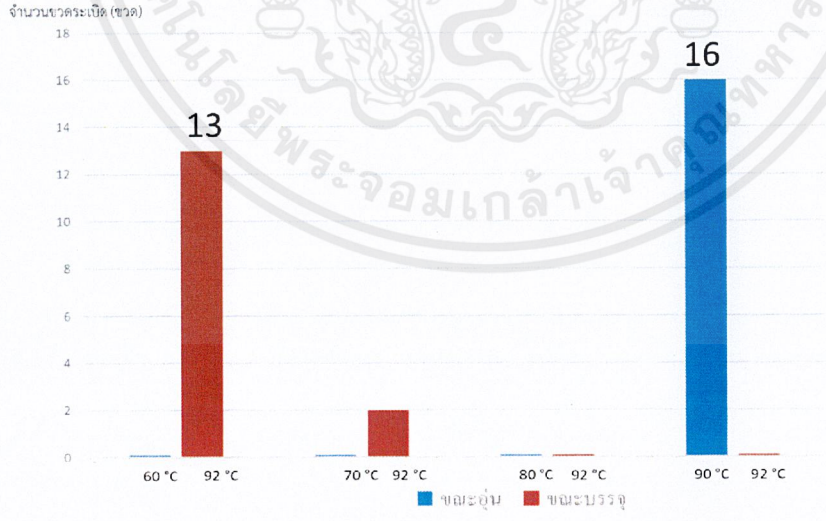
บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่สภาวะต่าง ๆ

4.1.1 ผลการทดลองทั้ง 4 สภาวะ ทั้ง 4 ครั้ง

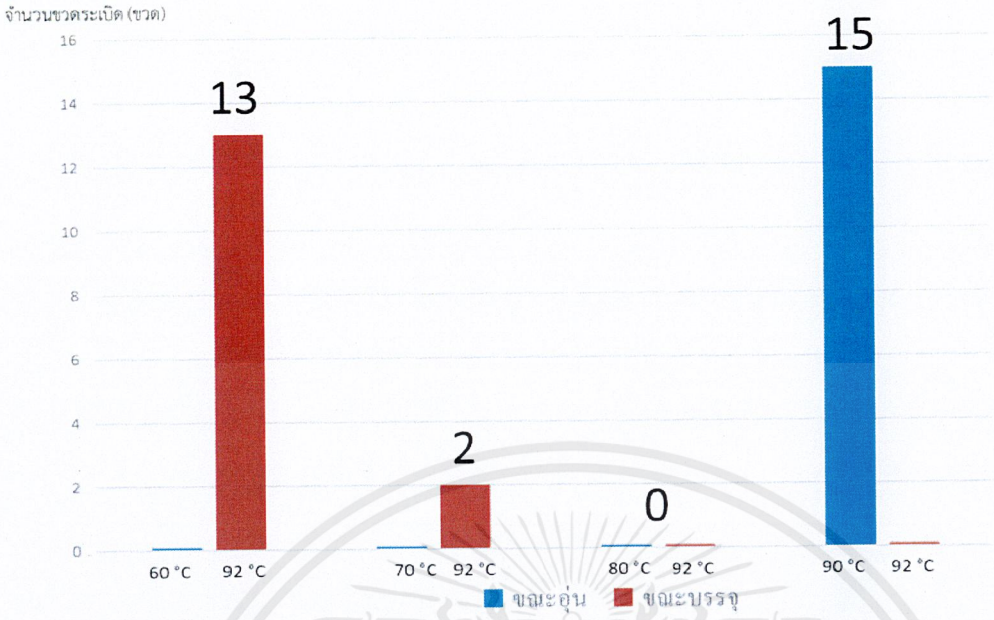


รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 วันที่ 19 ส.ค. 2562

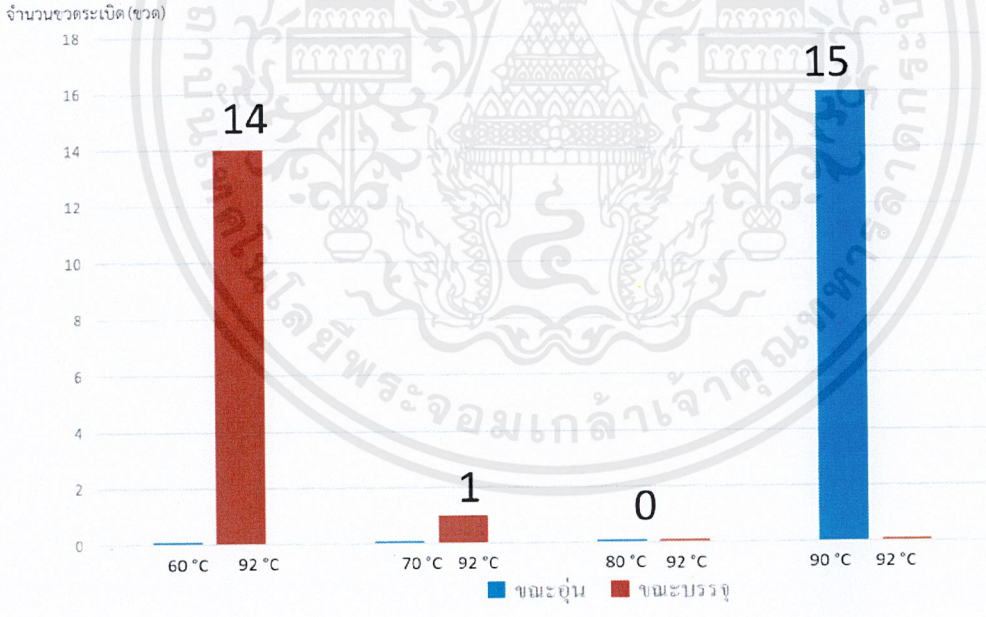


รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 วันที่ 17 ก.ย. 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 วันที่ 18 ต.ค. 2562

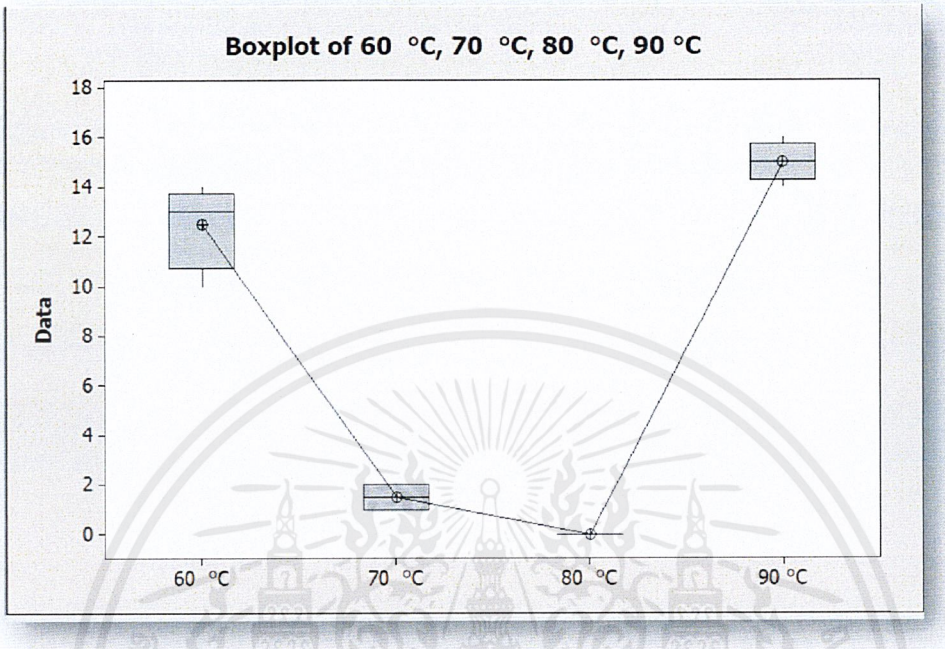


รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4 วันที่ 15 พ.ย. 2562

จากการทดลองทั้ง 4 สภาวะเป็นจำนวน 4 ครั้ง พบว่าอุณหภูมิการเตรียมขวดแก้วที่ทำให้เกิดการแตกมากที่สุด ขณะบรรจุร้อนที่อุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส อยู่ที่ 60 องศาเซลเซียส และ พบว่าการเตรียมอุณหภูมิขวดที่ 90 องศาเซลเซียสนั้น ทำให้ขวดแตกเสียหายตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมทันที และอุณหภูมิการเตรียมขวดที่ไม่พบปริมาณขวดแตกอยู่ที่ 80 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลผลการทดลองทั้งหมด ทั้ง 4 สภาวะ ไปทดสอบหาค่าความแตกต่างโดยใช้โปรแกรมมินิแท็บ โดยใช้การโดยการใช้ Anova One way แสดงได้แผนภูมิดังรูป



One-way ANOVA: 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	693.00	231.00	231.00	0.000
Error	12	12.00	1.00		
Total	15	705.00			

S = 1 R-Sq = 98.30% R-Sq(adj) = 97.87%

รูปที่ 4.5 แผมภูมิแสดงผลการทดสอบค่าความแตกต่างด้วยวิธี Anova One way ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ

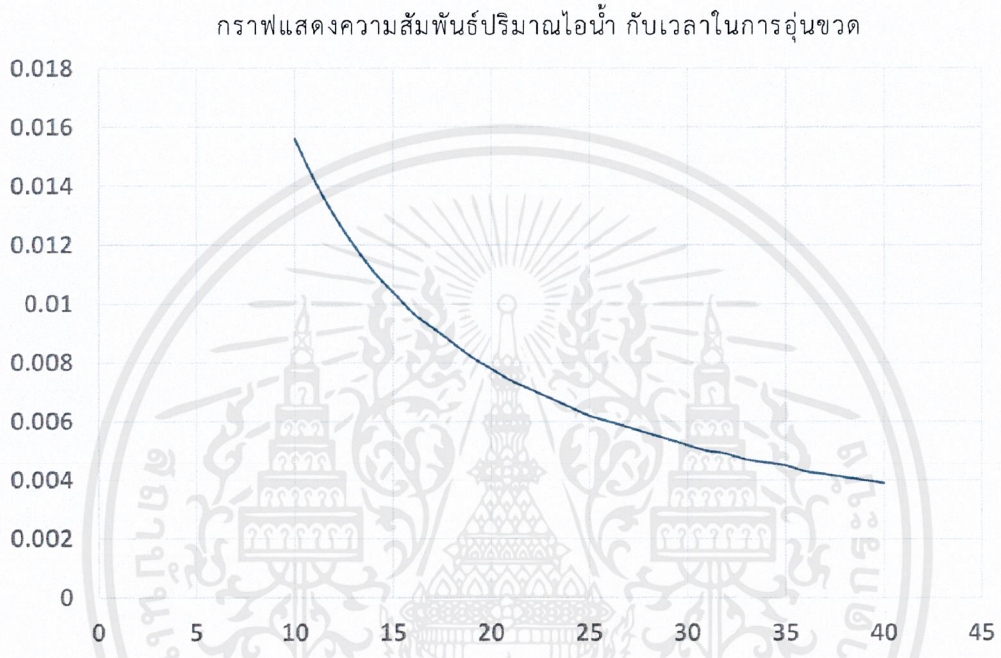
เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างแล้วพบว่า ค่า P มีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงแสดงได้ว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถเปรียบเทียบกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการคำนวนปริมาณไอน้ำขั้นสำหรับการเตรียมอุณหภูมิเริ่มต้นของขวดเมื่อเวลาในการเตรียมแตกต่างกัน

เพื่อให้อุณหภูมิเริ่มต้นของขวดคงที่ เมื่อความเร็วสายพานเปลี่ยนไป จึงต้องทำการปรับเปลี่ยนปริมาณไอน้ำที่ต้องใช้อยู่ตลอดเวลา

ปริมาณไอน้ำที่ต้องใช้ขั้นต่ำแสดงได้ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งการคำนวนแสดงอยู่ในภาคผนวก ก



รูปที่ 4.6 ปริมาณไอน้ำที่ต้องใช้ขั้นต่ำที่เวลาในการเตรียมขวดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

การสรุปผลและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน กล่าวถึงการกระบวนการเตรียมอุณหภูมิเริ่มต้นของขวดแก้วก่อนการบรรจุร้อน ในฝ่ายผลิต ในบริษัท ไทยยูน้ำทิพย์ จำกัด โรงงานรังสิต โดยทดลองควบคุมอุณหภูมิขวดแก้วก่อนการบรรจร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส โดยทำการสรุปเป็นหัวข้อที่สำคัญหลัก ๆ ได้แก่ ผลการทดสอบค่าความแตกต่าง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิเริ่มต้นของขวดแก้ว แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ทำให้กระบวนการไม่เป็นไปตามคุณภาพ และผลการหาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมอุณหภูมิเริ่มต้นของขวดแก้ว รวมถึงข้อเสนอแนะที่สามารถเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้สำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการเตรียมอุณหภุมิขวดแก้วเพื่อเพิ่มประสิทธิรูปในกระบวนการผลิต

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การสรุปผลการดำเนินงาน ประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. ผลการทดสอบค่าความแตกต่าง
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิขวดแก้วเริ่มต้นกับปริมาณขวดที่แตก
3. แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ทำให้กระบวนการดำเนินไม่เต็มประสิทธิรูป
4. ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมอุณหภูมิเริ่มต้นขวดแก้ว

5.1.1 ผลการทดสอบค่าความแตกต่าง

ในการทดสอบค่าความแตกต่างโดยใช้วิธีการ Anova One way โดยข้อมูลผลการทดลองมี 4 กลุ่ม 1 ปัจจัย ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยอุณหภูมิ โดยมีกลุ่มทดลอง 60, 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส ทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง เมื่อนำมาคำนวนค่าความแตกต่างด้วยวิธี Anova One way ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ พบว่ามีค่า P น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าผลการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถนำข้อมูลผลการทดลองมาเปรียบเทียบกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิเริ่มต้นของขวดแก้วกับปริมาณขวดแตกขณะบรรจุ

ขวดแก้วที่ได้รับการเตรียมอุณหภูมิที่ช่วง 50 – 60 จะเกิดการแตกขณะบรรจุร้อนที่ 92 องศาเซียสมากที่สุด นั่นเป็นผลมาจากเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วในเนื้อวัสดุ เมื่อผิวด้านในของขวดแก้วมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างฉับพลัน ทำให้ผิวด้านนนอกของขวดแก้วขยายตัวตามผิวด้านในไม่ทัน ซึ่งเป็นการขยายตัวเชิงปริมาตร จึงส่งผลให้เกิดการแตกในที่สุด แต่เมื่อในช่วงที่อุณหภูมิเริ่มต้นของขวดแก้วอยู่ที่ช่วง 60 – 70 องศาเซลเซียส ปริมาณขวดแตกเริ่มลดลง จนน้อยที่สุดเมื่ออยู่ที่ 80 องศาเซลเซียส แต่เมื่อช่วงที่อุณหภูมิขวดแก้วเริ่มต้นไปถึงที่ 90 องศา จะพบปริมาณขวดแตกตั้งแต่ในขั้นตอนการเตรียมอุณหภูมิ นั่นเป็นเพราะว่า การขยายตัวของผิวด้านในขวดแก้วขยายตัวตามผิวด้านนอกไม่ทัน จึงส่งผลให้ขวดแตกได้เช่นเดียวกัน

5.1.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ทำให้กระบวนการดำเนินไม่เต็มประสิทธิรูป

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา ซึ่งมาจากการระดมสมองของพนักงานในส่วนงานที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้เลือกสาเหตุของปัญหาเพื่อนำมาหาแนวทางการแก้ไขปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาพนักงานเปิด-ปิดวาล์วไอน้ำไม่เท่ากันในแต่ละครั้งของการผลิต ซึ่งจะเป็นการเปิดเพื่อให้รู้ว่ามีความร้อน และหากสายพานมีความเร็วที่เปลี่ยนไป พนักงานไม่มีการปรับวาล์วไอน้ำให้สัมพันธ์กับความเร็วสายพาน การแก้ไขสำหรับปัญหานี้คือมีการระบุตำแหน่งระดับของการเปิดวาล์วไอน้ำ และมีการให้ความรู้เกี่ยวกับความเสียหายที่มีผลกระทบมาจากอุณหภูมิเริ่มต้นของขวดไม่คงที่

2. ปัญหาพนักงานไม่แจ้งฝ่ายซ่อมบำรุงเมื่อเครื่องจักรชำรุด มีแนวทางการแก้ไข คือจัดการอบรมให้ความรู้ผลกระทบที่ตามมา เพื่อสร้างนิสัยที่ถูกต้อง

3. ปัญหาขวดมีตำหนิ สำหรับปัญหานี้มีต้นตอมาจากการขาดการซ่อมบำรุงเครื่องตรวจขวด เนื่องจากพนักงานไม่ได้แจ้งซ่อมเมื่อเครื่องชำรุด แนวทางแก้ไขปัญหาคือ คือจัดการอบรมให้ความรู้ผลกระทบที่ตามมา เพื่อสร้างนิสัยที่ถูกต้อง

4. ปัญหาจากตัวอุโมงค์เตรียมอุณหภูมิขวด แนวทางแก้ไขสำหรับปัญหานี้คือ ทำการติดตั้งระบบควบคุมไอน้ำอัตโนมัติที่สัมพันธ์กับความเร็วสายพาน โดยเสนอให้ความคุมให้อุณหภูมิผิวขวดแก้วอยู่ที่ 80 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 ผลการหาอุณหภูมิเริ่มต้นของขวดแก้วที่เหมาะสม

จากการทดลองโดยนำผลการทดลองมาเปรียบการแตกต่างเพื่อยืนยัน และผลการทดลองที่บ่งชี้แล้วว่าอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิเหมาะสมที่สุดในการเตรียมขวดแก้วก่อนเข้าสู้กระบวนกสรบรรจุร้อนที่ 92 องศาเซลเซียส

จากการใช้แผนภาพก้างปลามาช่วยในการควบคุมสมรรถนะกระบวนการสามารถลดความผันแปรในกระบวนการได้ ทำให้พนักงานมีทักษะเพิ่มมากขึ้น มีความรับผิดชอบ รู้จักสังเกตพินิจ วิเคราะห์การแก้ไขปัญหาในการทำงาน มีการวางแผนการควบคุม ทำงานตามขั้นตอน ทำให้ของเสียในกระบวนการลดลง สามารถลดความผันแปรในกระบวนการที่เกิดขึ้นได้ จึงทำให้ประสิทธรูปของกระบวนการสูงขึ้น

5.2 ปริมาณการสูญเสียเป็นจำนวนเงิน

จากการใช้เงื่อนไขการเตรียมขวดที่อุณหภูมิเริ่มต้น 80 องศาเซลเซียส สามารถทำให้ลดการเกิดขวดแตกได้มากถึงร้อยละ 100 หรือเท่ากับ 63,000 ขวด ซึ่งเมื่อคำนวนเป็นยอดขาย จะได้มากขึ้น 253,220 บาทต่อเดือน

5.3 การอภิปรายผลการดำเนินงาน

1. เนื่องจากบริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด โรงงานรังสิต เป็นสถานที่ผลิตเครื่องดื่มโดยใช้ระบบอัตโนมัติ และผลิตเครื่องดื่มหลากหลายชนิด โดยแต่ละชนิดจะถูกจำกัดชั่วโมงในการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกผลิตภัฑ์ที่เกิดปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อเวลาการผลิต และยอดการผลิตมากที่สุด

2. เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับขวดแก้วขนาด 525 มิลลิลิตร ทั้งนี้สภาวะที่เหมาะสมอาจเปลี่ยนแปลงตามขนาดของขวดแก้ว

5.4 ปัญหาและอุปสรรค

1. ในช่วงแรกยังไม่มีความกล้าหรือความมั่นใจที่จะคุยกับพนักงานหรือหัวหน้างาน ทำให้มีการทำงานที่ค่อนข้างลำบาก

2. ข้อมูลที่ใช้ในการทำวิจัยเป็นความลับของทางบริษัทจึงไม่สามารถนำรูปรูปหรือวิธีการโดยละเอียดมาเผยแพร่ในรูปเล่มรายงานโครงการสหกิจฉบับสมบูรณ์ได้

4. การผลิตเป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง จึงส่งผลต่อการเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงงานสหกิจศึกษา การศึกษาอุณหภูมิขวดแก้วเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการบรรจุร้อน บริษัท ไทยน้ำทิพย์ ผู้วิจัยได้พบข้อบกพร่องและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการทำโครงงานสหกิจศึกษา ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะเพื่อที่จะนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ดังนี้

1. จากการศึกษากระบวนการทั้งหมด พบว่า นอกจากปัญหาอุณหภูมิเริ่มต้นขวดแก้วแล้ว ยังมีสาเหตุอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดการสูญเสียจำนวนมากเช่นเดียวกัน ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนในการผลิต ดังนั้นจึงควรวางแผนในการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากปัจจัยในด้านอื่น ๆ ต่อไป เพื่อลดการสูญเสียต้นทุนในการผลิตโดยไม่จำเป็น

2. พนักงานยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการใช้อุโมงค์เตรียมอุณหภูมิขวดแก้ว ซึ่งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องควรจะจัดอบรมในเรื่องของความปลอดภัย และการทำงานอย่างถูกวิธีเพื่อให้พนักงานทำงานได้อย่างมีประสิทธิรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์เชี่ยวชาญด้านแก้ว กรมวิทยาศาสตร์บริการ. **“การบริการวิเคราะห์ทดสอบ.”** [Online]. เข้าถึงได้จาก :http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_other/glass.pdf

ณัฐพล เลาห์รอดพันธุ์. **“กระบวนการผลิตแก้ว.”** [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://www.researchgate.net/profile/Nattapol_Laorodphan/publication/286775244_xutsahkrrmkarphlitkaew_Glass_Production_Industry/links/566d7e0308ae1a797e4033fb/xutsahkrrmkarphlitkaew-Glass-Production-Industry.pdf

เรืองลักษณ์ บุตรเพ็ชร และคณะ, 2560. **เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รื่นฤดี โยธาคุณ และคณะ, 2560. **การลดความสูญเสีย 7 ลักษณะ ในโรงงานอุตสาหกรรม**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิบูลย์ พงศ์พรทรัพย์, 2557. “ขั้นตอนการแก้ไขปัญหา” **for Quality Tools,** ปีที่21, ฉบับที่204. ตุลาคม 2557. หน้า 25-26.

เอกรัฐ มีชูวาศ. “ความรู้เบื้องต้นด้าน Glass Science และการวิเคราะห์สมบัติของแก้ว.” เอกสารการฝึกอบรมของศูนย์เชี่ยวชาญด้านแก้ว/กลุ่มวัสดุอัจฉริยะและเทคโนโลยีเคลือบผิว , กรุงเทพฯ:กอวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2560.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ตารางค่าความร้อนไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE A–5

Saturated water—Pressure table

		Specific volume, m³/kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
Press., P kPa	Sat. temp., T_{sat} °C	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	121.39	2432.3	2553.7	0.4224	8.0510	8.4734
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	137.75	2423.0	2560.7	0.4762	7.9176	8.3938
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	168.75	2405.3	2574.0	0.5763	7.6738	8.2501
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	191.81	2392.1	2583.9	0.6492	7.4996	8.1488
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	225.94	2372.3	2598.3	0.7549	7.2522	8.0071
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	251.42	2357.5	2608.9	0.8320	7.0752	7.9073
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	271.96	2345.5	2617.5	0.8932	6.9370	7.8302
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	289.27	2335.3	2624.6	0.9441	6.8234	7.7675
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	317.62	2318.4	2636.1	1.0261	6.6430	7.6691
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	340.54	2304.7	2645.2	1.0912	6.5019	7.5931
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	467.13	2226.0	2693.1	1.4337	5.7894	7.2231
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	487.01	2213.1	2700.2	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	504.71	2201.6	2706.3	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	520.71	2191.0	2711.7	1.5706	5.5171	7.0877
250	127.41	0.001067	0.71873	535.08	2001.8	2536.8	535.35	2181.2	2716.5	1.6072	5.4453	7.0525
275	130.58	0.001070	0.65732	548.57	1991.6	2540.1	548.86	2172.0	2720.9	1.6408	5.3800	7.0207
300	133.52	0.001073	0.60582	561.11	1982.1	2543.2	561.43	2163.5	2724.9	1.6717	5.3200	6.9917
325	136.27	0.001076	0.56199	572.84	1973.1	2545.9	573.19	2155.4	2728.6	1.7005	5.2645	6.9650
350	138.86	0.001079	0.52422	583.89	1964.6	2548.5	584.26	2147.7	2732.0	1.7274	5.2128	6.9402
375	141.30	0.001081	0.49133	594.32	1956.6	2550.9	594.73	2140.4	2735.1	1.7526	5.1645	6.9171
400	143.61	0.001084	0.46242	604.22	1948.9	2553.1	604.66	2133.4	2738.1	1.7765	5.1191	6.8955
450	147.90	0.001088	0.41392	622.65	1934.5	2557.1	623.14	2120.3	2743.4	1.8205	5.0356	6.8561
500	151.83	0.001093	0.37483	639.54	1921.2	2560.7	640.09	2108.0	2748.1	1.8604	4.9603	6.8207
550	155.46	0.001097	0.34261	655.16	1908.8	2563.9	655.77	2096.6	2752.4	1.8970	4.8916	6.7886
600	158.83	0.001101	0.31560	669.72	1897.1	2566.8	670.38	2085.8	2756.2	1.9308	4.8285	6.7593
650	161.98	0.001104	0.29260	683.37	1886.1	2569.4	684.08	2075.5	2759.6	1.9623	4.7699	6.7322
700	164.95	0.001108	0.27278	696.23	1875.6	2571.8	697.00	2065.8	2762.8	1.9918	4.7153	6.7071
750	167.75	0.001111	0.25552	708.40	1865.6	2574.0	709.24	2056.4	2765.7	2.0195	4.6642	6.6837

ใช้ไอน้ำในการอุ่นขวดแก้วจำนวน 50 ขวด ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 40 °Cเป็น 80 °C ภายในเวลา 27 วินาที ขวดเปล่าน้ำหนัก 190 กรัม จำนวน 50 ขวด

$$Q = mC_p\Delta T$$

$$Q = 50 \times [\,0.19 \times 0.84 \times (80 - 40)]$$

$$Q = 319.2\ kj$$

$$\text{P} = \frac{319.20}{27}$$

$$\text{P} = 11.82\ kW$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ Steam ที่ต้องใช้

$$P = Q_{st}$$

$$P = m_{st} \dot{\times} h_{fg}$$

ใช้ Steam ที่ความดัน 8 bar $h_{fg} = 2047.5\ kJ/kg$

$$11.82 = m_{st} \times 2047.5$$

$$m_{st} = 0.0577\ kg/s$$

ต้องใช้ไอน้ำ 0.0057 kg/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

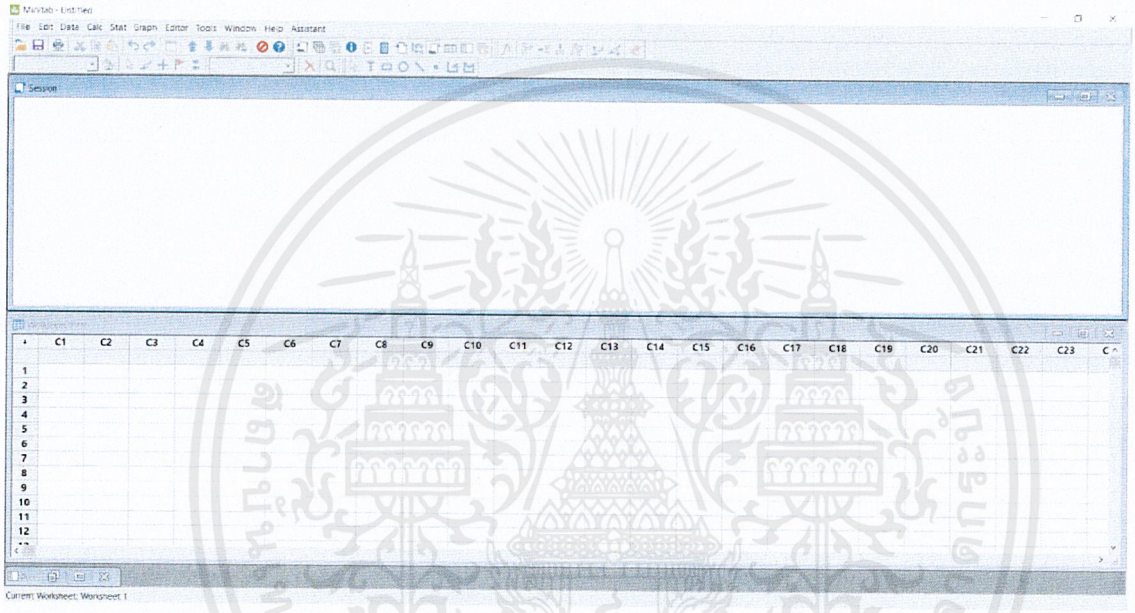
ภาคผนวก ข
ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Minitab

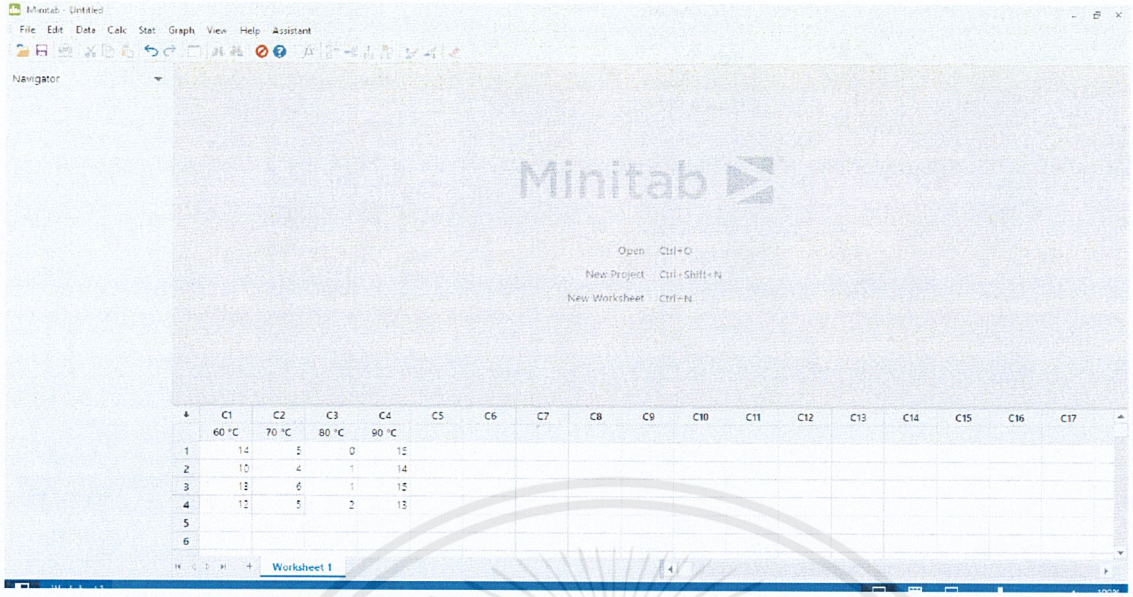
การสร้างแผนภูมิทดสอบการแจกแจงปกติ (Normality Test)

1. ทำการเปิดโปรแกรม Minitab จะได้หน้าต่างดังต่อไปนี้



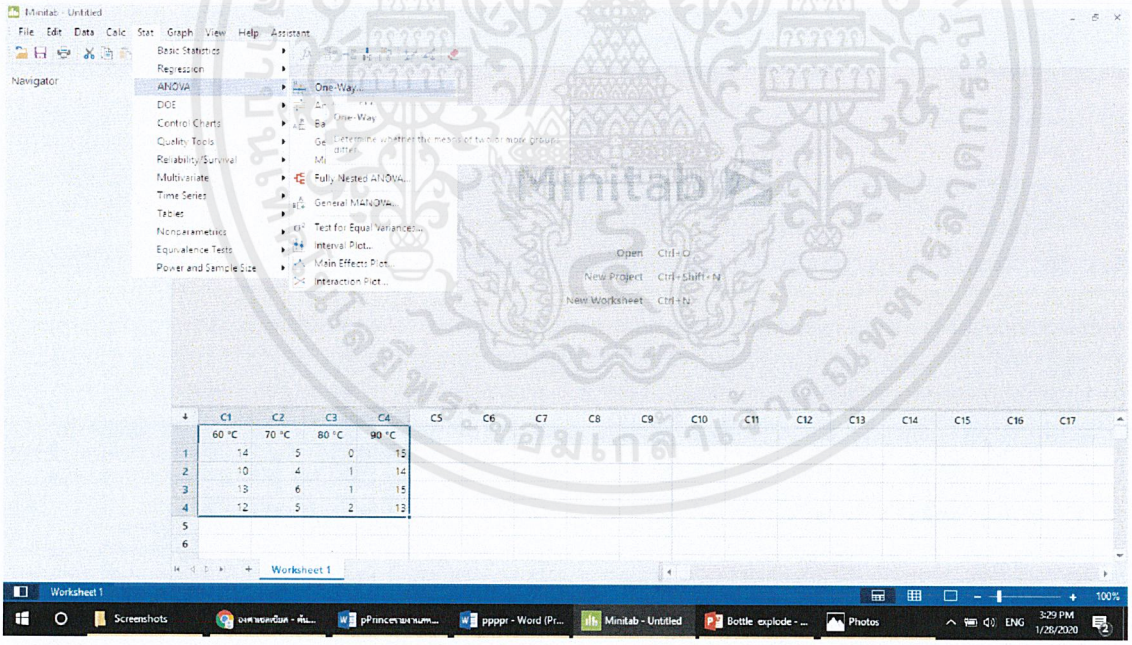
2. ทำการกรอกข้อมูลลงไปในหน้าต่าง Worksheet (ข้อมูลทั้งหมดใส่ใน X1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



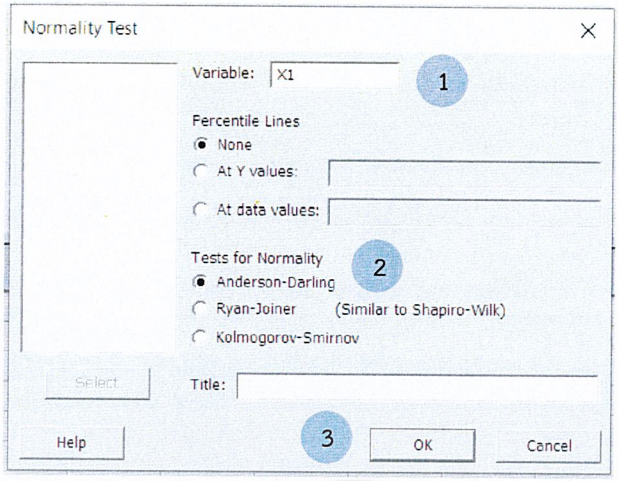
3. ทำการ Run โปรแกรมโดยใช้คำสั่ง

Stat > Basic Statistics > Normality Test



4. โปรแกรมจะแสดงคำสั่ง Normality Test ขึ้นมา

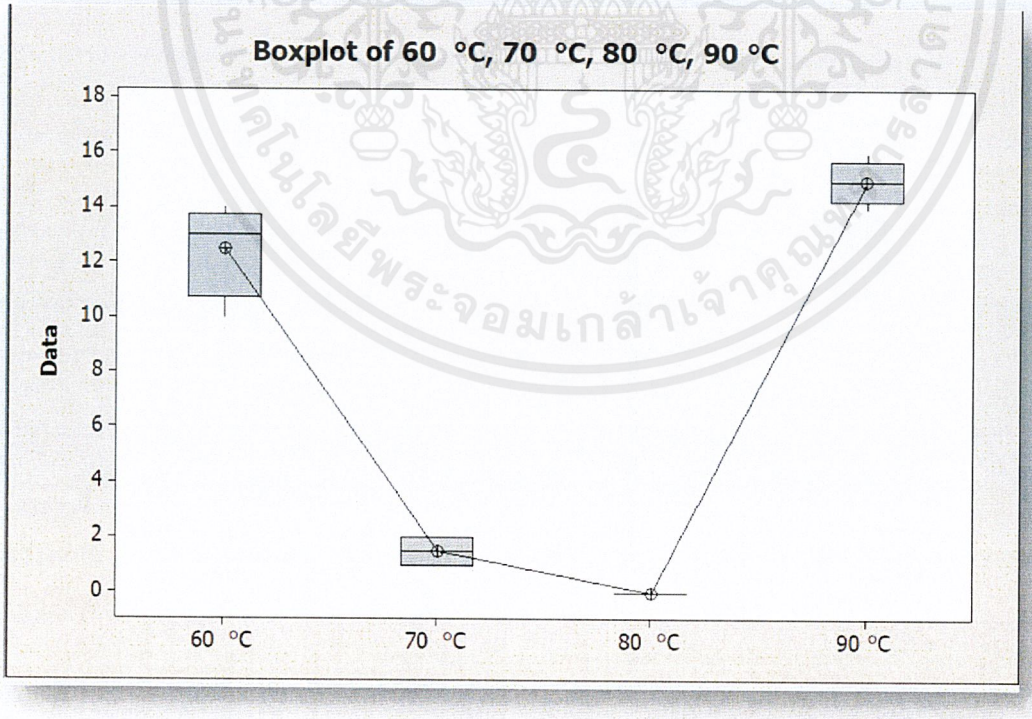
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.1) คลิกที่หมายเลข 1 (Variable) และทำการเลือกตัวแปรมาใส่

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

จะแสดงผลลัพธ์การ Run ของข้อมูลได้ดังรูปต่อไปนี้



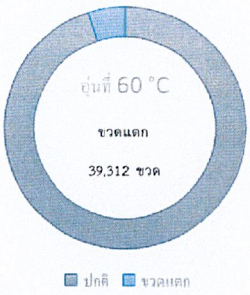
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การแสดงส่วนของจำนวนเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเทียบยอดการผลิตที่สูญเสียเมื่อเทียบเป็นจำนวนเงิน

5.20 %



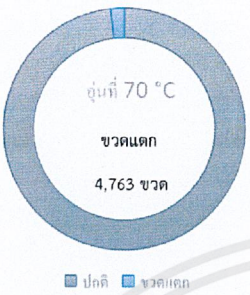
เสียยอดทั้งหมด

196,560 ขวด

คิดเป็นเงิน

786,240 บาท

0.63 %



เสียยอดทั้งหมด

23,815 ขวด

คิดเป็นเงิน

95,260 บาท

0.0 %

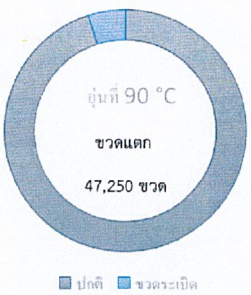
เสียยอดทั้งหมด

0 ขวด

คิดเป็นเงิน

0 บาท

6.25 %



เสียยอดทั้งหมด

236,250 ขวด

คิดเป็นเงิน

945,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้