รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงกระบวนการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์เพื่อลดความเสียหาย ของขวดพลาสติกในกระบวนการบรรจุร้อน

Improvement of Recooling Process for Reducing Waste of PET Bottles in Hot Filling Process

นายศุภกานต์ ภูมิตระกูล

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา	การปรับปรุงกระบวนการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์เพื่อลดความเสียหายของขวดพลาสติกในกระบวนการบรรจุร้อน กรณีศึกษา ฝ่ายผลิต สายการผลิต Hot fill 1 และ 2
จัดทำโดย	นายศุภกานต์ ภูมิตระกูล
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชา	วิศวกรรมอาหาร
อาจารย์นิเทศ	ผศ. ดร.กันต์กนิษฐ์ ขวัญพฤกษ์ และ ผศ. ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์
ผู้นิเทศงาน	นายฉัตรชัย พรหมมารี นายวสันต์ นิลชิต นายวิทวัฒน์ สนนุกิจ และนายณัฐกิตต์ อาจอาษา
สถานประกอบการ	บริษัท ไทยน้ำทิพย์ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด (โรงงานรังสิต)

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาการบวมนูนของภาชนะบรรจุที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นบรรจุขวด โดยพบว่าในระหว่างการผลิต เมื่อปิดผนึกน้ำผลไม้ที่มีอุณหภูมิสูงลงในขวดพลาสติกที่มีการอัดแก๊สไนโตรเจน ลำเลียงเข้าอุโมงค์สเปรย์ Recooler เพื่อปรับลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ ขวดมักเกิดปัญหาการบวมนูน ส่งผลให้ขวดในสายการผลิตมีการเอียงผิดรูปเป็นปัญหาต่อการดำเนินการผลิตขั้นถัดไป ต้องหยุดเครื่องจักร คัดแยกขวดไม่สมบูรณ์ทิ้ง เกิดความสูญเสียและล่าช้า ดังนั้นเพื่อลดปัญหาการบวมนูนของขวดในระหว่างการผลิต จึงได้ศึกษาแนวทางแก้ไขโดยออกแบบให้มีการไหลเวียนน้ำหล่อเย็นบริเวณฐานขวด เพื่อลดความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกขวด จากการทดลองพบว่าการไหลเวียนน้ำอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสที่บริเวณฐานขวด สามารถช่วยลดการบวมนูนของขวดและช่วยลดช่วงระยะเวลาที่ขวดหยุดการบวมได้เร็วขึ้นประมาณ 12 นาที (เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีผลิตแบบเดิมที่ไม่มีการหล่อเย็นน้ำที่ฐานขวด) จึงได้เสนอแนวทางแก้ไขปัญหา โดยให้ลดระดับความสูงของสายพานในอุโมงค์สเปรย์ Recooler ทำให้น้ำหล่อเย็นสามารถไหลเวียนบริเวณฐานขวดเพิ่มขึ้นและควรให้มีการสุ่มวัดหรือติดตั้งอุปกรณ์วัดและควบคุมการทำงานโดยเฉพาะค่าความดันภายในขวด เพื่อป้องกันไม่ให้ค่าพารามิเตอร์สำคัญเกินเกณฑ์มาตรฐาน จะสามารถช่วยลดการสูญเสียและทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตสูงขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title:	Improvement of Recooling Process for Reducing Waste of PET Bottles in Hot Filling Process A Case Study of Processing line HF 1&2, Production Department
Student Intern Name:	Mr. Supakarn Phoomtrakul
Faculty:	Engineering
Department:	Food Engineering
Advisor name:	Asst. Prof. Dr. Kankanit Khwanpruk and Asst. Prof. Dr. Maradee Phongpipatpong
Mentor name:	Mr. Chatchai Prommaree, Mr. Wasunt Nilchit, Mr. Wittarwat Sonnukij and Mr. Nattakit Art-a-sa
Company:	Thainamthip Manufacturing Co., Ltd. (Rangsit Plant)

ABSTRACT

The purpose of this cooperative study is to reduce the swelling of PET plastic bottles in the process of producing concentrated fruit juice. During production when sealing high temperature concentrated fruit juices into PET plastic bottles filled with nitrogen gas then convey into the spray tunnel also known as "Recooler" to adjust the product temperature, the bottles often have swelling problems. Resulting in bottles in the production line being skewed, deformed, a problem caused to stop the machine then separate the deformed bottles. In order to reduce the problem of swelling of the bottle during production, therefore studied the solution by designing with coolant circulation at the base of the bottle, to reduce the temperature difference inside and outside the bottle. From the experiment, it was found that water circulating at 30 degrees Celsius at the base of the bottle can help reduce swelling of the bottle and reduce the duration of the bottle to stop swelling faster about 12 minutes (compared to the conventional production methods that do not cool the water at the base of the bottle), therefore propose solutions by demoting the height of the conveyor in the Recooler spray tunnel, the coolant can circulate around the base of the bottle and should be randomly measured parameters, especially the pressure inside the bottle. To prevent the important parameter values from exceeding the standard. Therefore, all of these solutions can help reduce losses and increase production efficiency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานสหกิจศึกษา “การปรับปรุงกระบวนการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์เพื่อลดความเสียหายของขวดพลาสติกในกระบวนการบรรจุร้อน” สามารถสำเร็จไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ จากการแนะนำจากอาจารย์ และบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึง ขอขอบพระคุณอาจารย์ และบุคลากรที่เกี่ยวข้องดังนี้

ผศ. ดร.กันต์กนิษฐ์ ขวัญพฤกษ์ และ ผศ. ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งคอยให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางให้คำปรึกษา และแนวทาง การแก้ปัญหาระหว่างการดำเนินงานโครงการสหกิจศึกษาจนสามารถสาเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายฉัตรชัย พรหมมารี ผู้จัดการฝ่ายผลิต บริษัท ไทยน้ำทิพย์ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด (โรงงานรังสิต) ผู้ให้ความกรุณามาเป็นพีเลี้ยง นายวสันต์ นิลชิต นายวิทวัฒน์ สนนุกิจ และนายณัฐกิตต์ อาจอาษา หัวหน้าสายการผลิต Hot fill 1 และ 2 บริษัท ไทยน้ำทิพย์ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด (โรงงานรังสิต) ผู้คอยดูแล ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษา ตลอดระยะเวลาในการทำโครงงาน

บริษัท ไทยน้ำทิพย์ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด (โรงงานรังสิต) ที่ให้โอกาสนักศึกษาได้เข้ามาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ให้ความรู้ และมอบประสบการณ์การการทำงานเสมือนเป็นพนักงานของบริษัท ทำให้ได้ความรู้ทางเทคนิค และด้านการดำเนินชีวิตได้อย่างมาก มีการดูแลอำนวยความสะดวกตลอดระยะการปฏิบัติงาน และท้ายที่สุด ขอขอบพระคุณ บุคคลอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ซึ่งได้มีส่วนช่วยให้โครงงานนี้สาเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศุภกานต์ ภูมิตระกูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา **หน้า**

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

บทที่ 1 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของของการวิจัย 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 ประวัติของบริษัท 2

บทที่ 2 5

2.1 แนวคิด วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน 5

2.1.1 การไหลของวัสดุ 5

หลักการ ECRS 5

2.1.2 เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ (7 QC Tools) 6

2.2 กระบวนการในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น 8

2.2.1 วัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น 8

2.2.2 วัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น 9

2.2.3 ประเภทของน้ำผลไม้ (type of fruit juice) 10

2.2.4 การผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นน้ำผลไม้เข้มข้น (concentrated fruit juice) 11

2.2.5 การบรรจุน้ำผลไม้เข้มข้น (filling) 12

2.2.6 กระบวนการขึ้นรูปขวดพลาสติก (PET) 13

บทที่ 3 16

3.1. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล 16

3.1.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์ในสายการผลิต 16

3.1.2 ปัญหาขวดก้นบวมที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิต 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ข้อมูลทางทางสถิติของปัญหาขวดก้นบวมในแต่ละผลิตภัณฑ์....18
3.2 การกำหนดและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา....19
3.2.1 อุณหภูมิของน้ำที่บรรจุ....19
3.2.2 ความดันของไนโตรเจนหลังจากการบรรจุ....20
3.3 การวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไข....21
3.3.1 อุณหภูมิภายในขวดหลังการบรรจุส่งผลให้ขวดเกิดการบวมได้มาก....21
3.4 วางแผนและการดำเนินงาน....22
3.4.1 การลดผลต่างของอุณหภูมิใต้ขวดภายในห้องโถง Recooler....22
3.5 วิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล และเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหา....24
บทที่ 4....25
4.1 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของเวลาที่มีผลต่อการบวมของขวดในกรณีที่ไม่มีการหล่อน้ำ (Non-Cooling Base)....25
4.2 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของเวลาที่มีผลต่อการบวมของขวดในกรณีที่มีการหล่อน้ำ....26
บทที่ 5....29
5.1 สรุปผลการทดลอง....29
5.1.1 สรุปผลการทดลองหล่อเย็นผลิตภัณฑ์....29
5.1.2 ผลทดสอบค่าความแตกต่าง....29
5.2 ข้อเสนอแนะแนวทางแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาเพิ่มเติม....29
5.2.1 ลดระดับสายพานในอุโมงค์ Recooler....29
5.2.2 จัดให้มีการตรวจวัดค่าความดันภายในขวดทุกๆชั่วโมงที่มีการผลิต....30
5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน....30
เอกสารอ้างอิง....31
ภาคผนวก....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผนผังพาเรโต....7
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างแผนภูมิก้างปลา....7
รูปที่ 2.3 เกล็ดส้ม....8
รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตน้ำส้มเข้มข้น....9
รูปที่ 2.5 ผลิตภัณฑ์หลังจากการบรรจุ....9
รูปที 2.6 เครื่องสวมฉลาก (Labeller) แบบสวมสลับกัน 2 หัว....10
รูปที 2.7 เครื่องบรรจุแบบโรตารี....13
รูปที่ 2.8 อุณหภูมิการเปลียนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ของพอลิเมอร์บางชนิด....15
รูปที่ 3.1 ลักษณะของปัญหาขวดก้นบวม.... 17
รูปที 3.2 ขวดที่เกิดการล้มหลังจากบรรจุ.... 17
รูปที่ 3.3 ขวดที่เครื่องคัดออกหลังจากการสวมฉลาก.... 17
รูปที่ 3.4 แผนภูมิพาเรโตของผลิตภัณฑ์ที่เกิดการบวม....18
รูปที่ 3.5 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุของปัญหาขวดก้นบวม....19
รูปที่ 3.6 เครื่อง Bottle Pressure Tester....20
รูปที 3.7 ภาพจำลองของเครื่องอุโมงค์ Recooler....21
รูปที่ 3.8 แนวคิดการนำน้ำหล่อที่บริเวณใต้ขวดภายในอุโมงค์ Recooler.... 22
รูปที่ 3.9 การเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง.... 23
รูปที่ 3.10 การทดลองในกรณีที่มีการหล่อน้ำ.... 23
รูปที 4.1 กราฟผลการทดลองสภาวะที่ไม่หล่อน้ำครั้งที่ 1 และ 2.... 25
รูปที่ 4.2 กราฟผลการทดลองสภาวะที่หล่อน้ำครั้งที่ 1 2 และ 3.... 26
รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนขวดทดลองและระยะเวลาที่ขวดยุติการบวม....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 3.1 จำนวนเปอร์เซ็นต์ที่เกิดการบวมของขวดในแต่ละผลิตภัณฑ์ในเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2562.....18
ตารางที่ 3.2 ความดันภายในขวดที่เกิดปัญหาขวดก้นบวมหลังจากการบรรจุ.....20
ตารางที่ 3.3 แผนการดำเนินงาน (มิถุนายน 2562 – ธันวาคม 2562).....24
ตารางที 4.1 ผลของระยะเวลาที่มีผลต่อการหยุดบวมของขวดในกรณีที่ไม่มีการหล่อน้ำ.....25
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความนูนของขวดในเวลาทีขวดยุติการบวม (ไม่หล่อน้ำ).....26
ตารางที 4.3 ผลของระยะเวลาที่ทีผลต่อการหยุดบวมของขวดในกรณีการหล่อน้ำ.....27
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลียความนูนของขวดในเวลาที่ขวดยุติการบวม (หล่อน้ำ).....27
ตารางที่ 4.5 ค่าการตรวจสอบความแตกต่างจากโปรแกรม One-Way ANOVA 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพฤติกรรมการเอาใจใส่สุขภาพยังคงเป็นกระแสในสังคมไทย ผู้บริโภคต่างมีความต้องการสิ่งที่ดีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงทำให้เครื่องดื่มสุขภาพจึงได้รับความนิยมไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำผลไม้พร้อมดื่มอาทิเช่น น้ำส้ม น้ำมะเขือเทศ น้ำเสาวรสพร้อมดื่มเป็นต้น โดยความนิยมน้ำผลไม้พร้อมดื่มในหมู่ผู้บริโภคชาวไทยสามารถสังเกตได้จากจำนวนผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ที่วางจำหน่ายตามชั้นวางหรือตู้แช่ในร้านค้าต่างๆ

บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด (โรงงานรังสิต) มีการผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่มภายใต้ยี่ห้อ “Minute Maid” ซึ่งเป็นน้ำผลไม้ที่มีชื่อเสียงทั้งในและต่างประเทศ โรงงานมีสายการผลิต (Hot fill 1 และ 2) ซึ่งมีอัตราการผลิตสูงสุด 600 ขวดต่อนาที โดยเป็นการบรรจุร้อนเพื่อให้ความร้อนจากน้ำผลไม้และมีการลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ลงจนถึงระดับปลอดภัย สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง (Shelf stable) ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยไม่จำเป็นต้องเติมสารเจือปนอาหาร

แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในการผลิตเมื่อบรรจุน้ำผลไม้ลงในขวดพลาสติกนั้น หลังจากทำการปิดฝาแล้วน้ำผลไม้บรรจุขวดจะถูกลำเลียงไปยังสายพาน อุณหภูมิและมวลของน้ำผลไม้บรรจุที่อุณหภูมิสูงนั้น ทำให้ขวดพลาสติกเกิดการอ่อนตัวและขยายตัว ประกอบกับแรงดันจากแก๊สไนโตรเจนที่เติมเข้าภายในขวด ทำให้หลังจากปิดฝาขวด พลาสติกบริเวณกลางขวดและบริเวณด้านล่าง เกิดการบวมนูน (Swollen) สูงขึ้นกว่าพลาสติกบริเวณฐานขวด ทำให้ขวดไม่สามารถตั้งวางได้อย่างสมบูรณ์บนสายพานลำเลียงเกิดการเอียง ส่งผลให้เกิดการล้มของขวดตามกันหลังจากบรรจุและยังส่งผลถึงต่อขั้นตอนต่อไปคือการสวมฉลากลงบนขวดขัดข้องต้องหยุดเครื่องเพื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานออกไปเป็นของเสียส่วนหนึ่ง ในขณะเดียวกันต้องทำการคัดแยกขวดที่ได้มาตรฐานกลับเข้ามาขั้นตอนการสวมฉลากใหม่ ทำให้เกิดการสูญเสียทั้งเวลาและผลิตภัณฑ์บางส่วนในระหว่างการผลิต

ดังนั้นโครงงานฉบับนี้จึงได้เลือกกรณีศึกษาดังกล่าวมาศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นโดยผู้วิจัยได้จัดหาแนวทางการปรับปรุงและทำการทดลอง เพื่อลดการเกิดปัญหาขวดก้นบวมในสายการผลิต Hot fill 1 และ 2

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเกิดปัญหาการบวมนูนของขวดพลาสติกหลังการบรรจุน้ำผลไม้
2. เพื่อเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาในการลดปริมาณการบวมนูนของขวดพลาสติก

1.3 ขอบเขตของของการวิจัย

1. ศึกษารูปแบบวิธีการผลิตและการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแต่ละผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยของปัญหาขวดก้นบวมในกระบวนการการผลิต
3. ศึกษาหาวิธีการสร้างรูปแบบการแก้ปัญหาขวดก้นบวม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงวิธีการปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ลดปริมาณของขวดพลาสติกที่เสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อควบคุมและกำหนดแผนการผลิตที่แน่นอนได้มากยิ่งขึ้น

1.5 ประวัติของบริษัท

โคคา-โคลา เข้าสู่ประเทศไทยครั้งแรกโดยมีสถานที่ผลิตตั้งอยู่ที่ถนนหลานหลวง ด้วยเครื่องจักรบรรจุขวดขนาดเล็กเพียง 2 เครื่องที่ชื่อว่า “ดิกซี่” ผลิตโคคา-โคลาขนาด 6.5 ออนซ์ มีกำลังการผลิต 160 ขวดต่อนาที ขายในราคา 1 บาท และใช้รถขนส่งเพียง 7 คัน

ในปี พ.ศ. 2502 กลุ่มนักธุรกิจไทยจากตระกูล สารสิน เคียงศิริ และบุญสูงได้ร่วมกับบริษัท โคคา-โคลา เอ็กซ์ปอร์ตคอร์ปอเรชั่น เปิดบริษัทผู้บรรจุขวดรายแรกของประเทศไทยในนาม บริษัท ไทยน้ำทิพย์ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด เพื่อรองรับความต้องการของตลาดที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายใต้การกำกับดูแลกิจการในระยะเริ่มต้นโดย ฯพณฯ พจน์ สารสิน ปูชนียบุคคลผู้ก่อตั้งธุรกิจการบริหารธุรกิจในรูปแบบครอบครัวอันแสนอบอุ่นทุกพลังได้หล่อหลอมเพื่อสร้างความสุขให้คนไทยได้สัมผัสมาแสนยาวนาน

จนกระทั่งก้าวสู่รุ่นแห่งการพัฒนากับบทบาทของผู้สืบสานธุรกิจด้วยสายเลือดนักพัฒนา “คุณพงส์ สารสิน” ได้ก้าวเข้ามามีบทบาทในการร่วมวางรากฐานธุรกิจกับการเป็นผู้นำคนสำคัญที่ผลักดันให้ไทยน้ำทิพย์เจริญรุดหน้าจวบจนปัจจุบันไทยน้ำทิพย์ ก้าวสู่ธุรกิจอุตสาหกรรมเครื่องดื่มระดับสากลที่เปี่ยมศักยภาพแห่งผู้นำ ด้วยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มยอดนิยมสู่ท้องตลาด อาทิ โคคา-โคลา โค้ก ซีโร่ โค้ก ไลท์ แฟนต้า สไปรท์ ซเวปส์ รูทเบียร์เอแอนด์ดับบลิว น้ำส้มมินิทเมด สแปลช มินิทเมด พัลพิ และน้ำดื่มน้ำทิพย์

วันนี้ ไทยน้ำทิพย์ แข็งแกร่งด้วยโรงงานบรรจุรวม 5 แห่งและสาขากว่า 60 สาขาด้วยพนักงานกว่า 9,000 คน ทั่วประเทศและด้วยการดำเนินธุรกิจ ในฐานะองค์กรที่มีความสำนึกในความรับผิดชอบต่อสังคมควบคู่กับการสร้างประโยชน์ให้กับชุมชนมาโดยตลอด ส่งผลให้ปี พ.ศ. 2547 ไทยน้ำทิพย์ ได้รับพระราชทานตราครุฑพ่าห์ซึ่งเป็นเกียรติประวัติอันสูงสุดและด้วยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณอย่างหาที่สุดมิได้

วิสัยทัศน์

เราต้องเป็นผู้นำในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ทีได้รับการยกย่องในสังคมไทย

พันธกิจ

บุคลากร: เป็นส่วนหนึ่งของครอบครัวไทยน้ำทิพย์ที่มีความมั่นคงและก้าวหน้าในการงาน

ผลิตภัณฑ์: มีสินค้าคุณภาพที่ผู้บริโภคต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ถือหุ้น: สร้างกำไรสูงสุดด้วยการเพิ่มยอดขายและส่วนแบ่งการตลาดอย่างมีประสิทธิภาพ
การผลิตและจัดจำหน่าย: ผลิตและจัดจำหน่ายสินค้าที่มีคุณภาพสูงสุดด้วยต้นทุนที่ต่ำสุดโดยใช้แนวคิดสร้างสรรค์ใหม่ๆ
สังคม: รับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสร้างคุณค่าให้สังคม

ค่านิยมองค์กร

1. เป็นครอบครัวที่มีวินัย
2. ไว้ใจให้เกียรติซึ่งกันและกัน
3. กระจายอำนาจและมีความรับผิดชอบ
4. ให้บริการด้วยใจ
5. พัฒนาอย่างต่อเนื่อง

กลุ่มธุรกิจโคคา-โคลา ในประเทศไทย ประกอบด้วย บริษัท โคคา-โคลา (ประเทศไทย) จำกัด ในฐานะเจ้าของแบรนด์ รับผิดชอบในกิจกรรมการตลาดและอีกสองบริษัทพันธมิตร ผู้ผลิตและจัดจำหน่าย ได้แก่บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด รับผิดชอบพื้นที่ 62 จังหวัดทั่วประเทศ และ บริษัท หาดทิพย์ จำกัด (มหาชน) รับผิดชอบพื้นที่ใน 14 จังหวัดภาคใต้

ผลิตภัณฑ์ของกลุ่มธุรกิจโคคา-โคลา ในประเทศไทย ได้แก่ โคคา โคลา, โค้ก ซีโร่, โค้ก ไลท์, แฟนต้า, สไปร์ท ชเวปส์, รูทเบียร์ เอ แอนด์ ดับบลิว, น้ำส้มมินิทเมด,สแปลช, มินิทเมด พัลพิ และน้ำดื่มน้ำทิพย์ ในปัจจุบัน “ไทยน้ำทิพย์” มีโรงงานผลิตทั่วประเทศรวม 5 แห่ง ได้แก่

1. โรงงานขอนแก่น ผลิตและจัดจำหน่ายในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีกำลังการผลิต 60-63 ล้านลิตรต่อปี
2. โรงงานลำปาง ผลิตและจัดจำหน่ายในพื้นที่ภาคเหนือ โดยมีกำลังการผลิต 38-40 ล้านลิตรต่อปี
3. โรงงานปทุมธานี ผลิตและจัดจำหน่ายครอบคลุมพื้นที่ภาคกลางทั้งหมด โดยมีกำลังการผลิต 300-350 ล้านลิตรต่อปี
4. โรงงานรังสิต ผลิตและจัดจำหน่ายทั่วประเทศ โดยมีกำลังการผลิต 420-460 ล้านลิตรต่อปี
5. โรงงานโคราช ผลิตและจัดจำหน่ายครอบคลุมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีกำลังการผลิต 135-142 ล้านลิตรต่อปี

โรงงานไทยน้ำทิพย์ โรงงานรังสิต ตั้งอยู่ที่ เลขที่ 9 หมู่ 7 ถนนเลียบคลอง 13 ตำบลพืชอุดม อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150 มีสายการผลิตทั้งหมด 8 สายการผลิต

1. Hot Fill 1 ผลิตน้ำผลไม้ Minute Maid ขนาด 280 290 335 และ 800 มิลลิลิตร
2. Hot Fill 2 ผลิตน้ำผลไม้ Minute Maid ขนาด 280 290 และ 335 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Hot Fill 3 ผลิตน้ำอัดลมและน้ำผลไม้ Minute Maid Splash ขนาด 10 ออนซ์

4. NT 4 ผลิตน้ำดื่มน้ำทิพย์ ขนาด 550 มิลลิลิตร

5. NT 5 ผลิตน้ำดื่มน้ำทิพย์ ขนาด 1.5 ลิตร

6. B-1250 ผลิตน้ำอัดลมขวดแก้ว ขนาด 15 ออนซ์

7. PET5 ผลิตน้ำอัดลมขวดพลาสติก ขนาด 1.25 1.50 และ 1.6 ลิตร

8. PET8 ผลิตน้ำอัดลมขวดพลาสติก 330 และ 420 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงงานฉบับนี้เป็นการศึกษาปัญหาและสาเหตุในการเกิดขวดบวม นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อการปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งในบทนี้จะประกอบด้วยทฤษฎี แนวคิดและวิธีการที่ใช้ในการดำเนินงาน รวมถึงขั้นตอนกระบวนการในการผลิต ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

แนวคิด วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน

1. การไหลของวัสดุ
2. เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ (7 QC Tools)

กระบวนการในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น

1. วัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น
2. กระบวนการในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น
3. ประเภทของน้ำผลไม้
4. การผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น
5. การบรรจุน้ำผลไม้เข้มข้น (filling)
6. กระบวนการขึ้นรูปขวดพลาสติก (ขวด PET)

2.1 แนวคิด วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน

2.1.1 การไหลของวัสดุ

หลักการ ECRS

ความสูญเสียเป็นสิ่งที่ไม่มีความจำเป็นและไม่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่องค์กร ดังนั้นจึงควรลดความสูญเสียให้เหลือน้อยที่สุด และนอกจากจะเป็นการปรับปรุงการผลิตและเพิ่มผลผลิตได้แล้วยังช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย หลักการ ECRS ประกอบไปด้วย

1. E = Eliminate การกำจัด หมายถึงการพิจารณาขั้นตอนการผลิตที่ไม่จำเป็นและไม่เกิด มูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์แล้ว กำจัดขั้นตอนการผลิตที่ไม่จำเป็นออกไป
2. C = Combine การรวมกัน หมายถึงการรวมขั้นตอนการผลิตให้เหลือน้อยลงโดย พิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการผลิตให้เหลือน้อยยลงได้หรือไม่ ถ้าหากลดขั้นตอนการผลิตให้เหลือน้อยลงได้ก็จะสามารถลดระยะทางการเคลื่อนที่ทำให้ใช้เวลาในการผลิตน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. R = Rearrange การจัดใหม่ หมายถึง การจัดลำดับการผลิตใหม่โดยการโยกย้าย สับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตให้เหมาะสมเพื่อลดการเคลื่อนที่เกินจำเป็นหรือลดการรอคอยและอาจจะสามารถรวมขั้นตอนการผลิตบางส่วนเข้าด้วยกันได้
4. S = Simplify การทำให้ง่าย หมายถึง การปรับปรุงวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้นเพื่อใหการทำงานสะดวกและแม่นยำซึ่งจะสามารถลดของเสียลงได้ เพราะเป็นการลดการเคลื่อนที่และลดการทำงานที่ไม่จำเป็น

2.1.2 เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ (7 QC Tools)

ในการผลิตสินค้าให้ได้มีคุณภาพตามความต้องการของลูกค้านั้น เริ่มต้นจากการวางแผนและพัฒนาผลิตภัณฑ์ การผลิต การตรวจสอบคุณภาพ จนถึงการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า ทำให้บางครั้งอาจคิดและสงสัยว่า เรื่องของคุณภาพนั้นเป็นเรื่องของแผนกตรวจสอบคุณภาพ (แผนก QC) แต่ในความจริงแล้วเรื่องของการควบคุมคุณภาพนั้นต้องทำไปพร้อมกับทุกกระบวนการดำเนินงานในสถานประกอบการ ซึ่งจะรวมถึงงานในสำนักงานด้วย และในปัจจุบันได้มีเครื่องมือหลายตัวช่วยในการควบคุมคุณภาพ ในที่นี้ขอกล่าวถึงเครื่องมือพื้นฐาน ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทุกสถานประกอบการนั่นคือเครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ (7 QC Tools)

7 QC tools ได้มีการพัฒนาจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งถือว่าเป็นประเทศที่รู้กันดีว่ามีการเข้มงวดมากเรื่องของคุณภาพของสินค้า แต่ในความจริงแล้วแหล่งกำเนิดความคิดเรื่องคุณภาพนั้นมาจากนักวิชาการ ทางสหรัฐอเมริกา ไม่ว่าจะเป็น Dr. W.E.Deming รวมถึง Dr.J.M. Juran ได้นำความรู้ทางตะวันตกมาเผยแพร่ที่ญี่ปุ่นและได้นำมาพัฒนาจริงจังและสามารถนำมาใช้ในสถานประกอบการได้จริง ซึ่ง 7 QC Tools เน้นไปทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพมากกว่า โดยเฉพาะการนำ 7 QC Tools สามารถนำไปร่วมใช้ในการระดมสมองทำให้ได้ความคิดในการปรับปรุงงานได้ดีกว่าการคิดเพียงลำพัง (ศุภพัฒน์ ปิงตา, 2557) ซึ่งเครื่องมือคุณภาพทั้ง 7 มีดังนี้

1. แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet)
2. แผนผังพาเรโต (Pareto Diagram)
3. กราฟ (Graph)
4. แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause & Effect Diagram)
5. แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram)
6. แผนภูมิควบคุม (Control Chart)
7. ฮิสโตแกรม (Histogram)

โดยโครงงานฉบับนี้ได้เลือกมาใช้เพียง 3 ชนิด ดังต่อไปนี้

2.1.2.1 กราฟ (Graph)

กราฟ (Graphs หรือ Charts) เป็นเครื่องมือทางสถิติที่ช่วยในการแสดงผลข้อมูลเพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายและช่วยให้ตีความหมายของข้อมูลได้รวดเร็วและสามารถเปรียบเทียบข้อมูลหลายๆ แหล่งให้เห็นความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างได้ชัดเจนขึ้น นอกจากนี้ กราฟยังเป็นเครื่องมือในการแสดงผลหรือแสดงรูปแบบของข้อมูลและเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์รูปข้อมูล กราฟที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและเป็นที่คุ้นเคยกันดี ได้แก่ กราฟเส้น กราฟแท่ง กราฟวงกลม และกราฟรูปภาพ (วิฑูรย์ สิมะโชคดี, 2550)

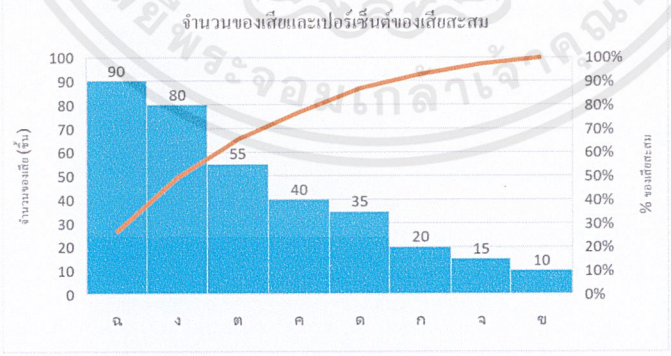
กราฟสามารถแบ่งออกกได้อย่างน้อย 2 ชนิด ดังนี้

1. กราฟเส้น (Line Graphs) คือ การนำเสนอโดยกราฟเส้นจะเป็นที่นอยมใช้กันมากใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงลำดับก่อนหลังของเวลาที่ข้อมูลนั้นเกิดขึ้นและมีจำนวนมาก เป็นการสร้างที่ง่าย อาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ ใช้เปรียบเทียบระหว่างหลายรายการในระยะยาว

2. กราฟแท่ง (Bar Graphs) คือ แผนภูมิที่ประกอบด้วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความยาวของแต่ละรูปเป็นขนาดของข้อมูล มีช่องไฟแต่ละช่องความกว้างของช่องจะคงที่ จะใช้กับการเปรียบเทียบรายการข้อมูลที่แตกต่างกันหลายรายการ หรือข้อมูลที่จำแนกตามลักษณะคุณภาพ เวลาหรือความถี่ ซึ่งทำให้ผู้คนเข้าใจง่ายด้วยตนเอง

2.1.2.2 แผนผังพาเรโต (Pareto Diagram)

พาเรโต้ หรือ เพรโต้ (Pareto) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้แสดงรายละเอียดของสิ่งที่เราสนใจในรูปแบบของกราฟผสมระหว่างกราฟแท่ง กับกราฟเส้น โดยเรียงลำดับของรายละเอียดในแต่ละหัวข้อตามลำดับความถี่มากไปหาถี่ที่น้อยกว่า ตามหลักของกฎ 80:20 หรือ กฎของเพลโต ที่ว่า สาเหตุหลัก 20% ส่งผลทำให้เกิดผลลัพธ์ 80% ดังนั้นเราต้องหาสาเหตุ หรือต้นตอของปัญหาหลักให้เจอ และแก้ไขโดยเร็วที่สุด สำหรับรายละเอียดส่วนใหญ่ที่นำเสนอมีหลายประเภท เช่น ปริมาณของเสีย คุณภาพสินค้า ค่าใช้จ่าย ซึ่งหัวข้อเหล่านี้จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหา หรือวางแผนการดำเนินงานต่อไป



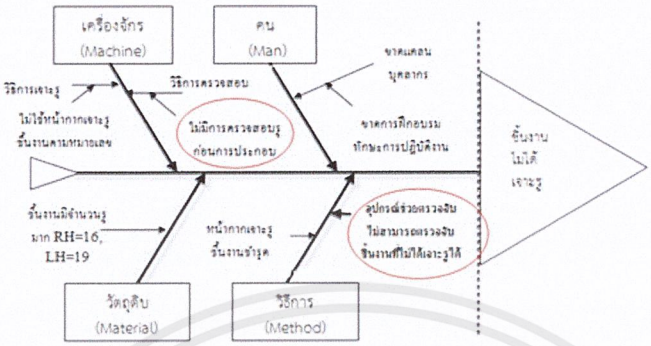
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผนผังพาเรโต

2.1.2.3 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause & Effect Diagram)

เป็นแผนผังแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างคุณลักษณะของปัญหา (ผล) กับปัจจัยต่างๆ (สาเหตุ) ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งบางครั้งอาจจะเรียกว่า แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) หรือแผนผัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก้างปลา ซึ่งผู้คิดค้นคือ Dr.Kaoru Ishikawa ซึ่งสามารถช่วยค้นหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างมีระบบ สามารถแบ่งกลุ่มสาเหตุ ทำให้สามารถทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นก็ต้องระดมสมองหาสาเหตุเพื่อหาแนวทางการแก้ไข (วิฑูรย์ สิมะโชคดี, 2550)



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างแผนภูมิก้างปลา

กระบวนการในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น

2.2.1 วัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น

2.2.1.1 น้ำผลไม้เข้มข้น (Concentrated fruit juice)

หมายถึง ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผลไม้ ซึ่งได้มาจากการนำน้ำผลไม้โดยการระเหย (evaporation) เพื่อเอาน้ำซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของน้ำผลไม้ออกไปบางส่วน เช่น การผลิตน้ำส้มเข้มข้นจากน้ำส้มสดที่มีปริมาณของแข็งเริ่มต้น 11-12% ให้เพิ่มขึ้นเป็น 65% (น้ำหนักต่อปริมาตร)

2.1.1.2 เนื้อส้ม (Orange Pulp)

เนื้อส้มคือเยื่อที่หุ้มภายในส้มที่มีน้ำของผลส้มอยู่ด้านใน เมื่อบีบหรือใช้แรงคั้นส่งผลให้เนื้อของผลไม้แตกและมีน้ำส้มไหลออก

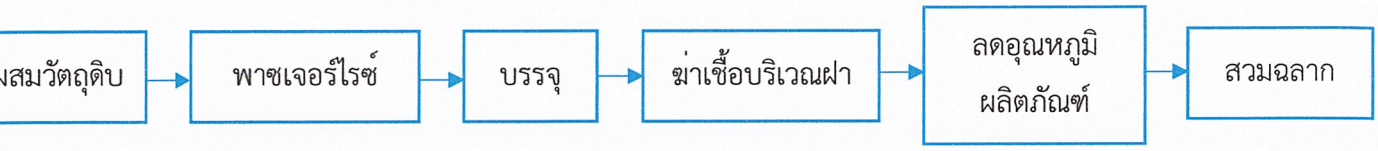
2.1.1.3 เกล็ดส้ม (Orange Sacs)

เกล็ดน้ำส้ม ผลิตจากส้มซึ่งเป็นมีลักษณะถุงส้มเล็กๆ ที่ยังไม่ได้ถูกคั้นให้แตกตัวออกมาเป็นน้ำส้ม

รูปที่ 2.3 เกล็ดส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 วัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น



รูปที่ 2.4 กระบวนการผลิตน้ำส้มเข้มข้น

2.2.2.1 การผสมวัตถุดิบ (Mixing)

น้ำส้มเข้มข้นจะถูกเทและผสมกับน้ำในถังผสมจากนั้น เนื้อส้มและเกล็ดส้มที่ถูกผสมในอีกถังผสมจะเข้ามาผสมกับน้ำส้มและจะถูกลำเลียงไปพักที่ถังผสมใหญ่

2.2.2.2 การพาซเจอร์ไรซ์ (Pasteurization)

การพาซเจอร์ไรซ์เป็นการให้ความร้อนแบบท่อสองชั้น (Double Pipe Heat Exchanger) โดยใช้ไอน้ำ (Steam) เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยการให้ความร้อนแยกเป็นสองส่วนคือให้ความร้อนแก่น้ำส้มและเนื้อส้ม (Pulp) ที่ผสมกับเกล็ดส้ม (Sacs) แล้ว หลังจากนั้นทั้งสองส่วนจะถูกลำเลียงมาผสมกันและพักในถังผสมใหญ่

2.2.2.3 การบรรจุ (Filling)

หลังจากการพาซเจอร์ไรซ์ ผลิตภัณฑ์จะถูกลำเลียงเข้าเครื่องบรรจุ (Filler) เพื่อบรรจุน้ำส้มร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียสลงในขวดพลาสติก (PET) และปิดฝาเพื่อให้ความร้อนฆ่าเชื้อบริเวณขวดพลาสติก

รูปที่ 2.5 ผลิตภัณฑ์หลังจากการบรรจุ

2.2.2.4 การฆ่าเชื้อบริเวณฝา (Cap Sterilization)

หลักจากการบรรจุน้ำผลไม้ลงในขวดพลาสติกสายพานลำเลียงจะทำการเอียงสายพานเพื่อให้ขวดเกิดการนอนบนสายพานเพื่อให้ความร้อนภายในขวดฆ่าเชื้อบริเวณใต้ฝาขวดด้วยความร้อนประมาณ 82 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 30 วินาที

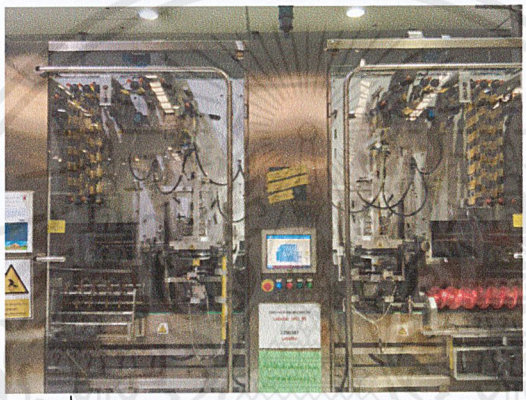
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.5 ลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ด้วยการสเปรย์น้ำเย็น (Recooling)

หลังจากขั้นตอน Cap Sterilization แล้วสายพานจะทำให้ขวดกลับมาในสภาพตั้งอีกครั้งเพื่อลำเลียงผลิตภัณฑ์เข้าสู่โถง Recooler ที่ภายในมีการสเปรย์น้ำเย็นจากด้านบนเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ค่อยมีอุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิห้องที่ประมาณ 30 องศาเซลเซียส เพื่อหยุดการเจริญเติบโตของเชื้อบางชนิดที่อาจยังทนความร้อนได้อยู่

2.2.2.6 การสวมฉลาก (Labelling)

ขวดที่ผ่าน Recooler แล้วจะมีการเป่าเพื่อให้ขวดแห้งและเพื่อสะดวกต่อการสวมฉลาก โดยฉลากเป็นแบบสวมโดยใช้เครื่องสวมและตัดฉลากจากนั้นใช้ไอน้ำ (Steam) เพื่อให้ฉลากเกิดการหดตัว (Shrink) และติดไปกับขวด



รูปที่ 2.6 เครื่องสวมฉลาก (Labeller) แบบสวมสลับกัน 2 หัว

2.2.3 ประเภทของน้ำผลไม้ (type of fruit juice)

น้ำผลไม้ (fruit Juice) หมายถึง น้ำซึ่งมาจากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้ชนิดต่างๆ เช่น น้ำองุ่น น้ำส้ม น้ำแอปเปิล น้ำสับปะรด น้ำมะม่วงเป็นต้น ในปัจจุบันอาจมีกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันไปเพื่อรสชาติและตอบสนองต่อพฤติกรรมผู้บริโภคหลายแบบซึ่งอาจแบ่งออกได้หล่ยประเภทเช่น

1. น้ำผลไม้พร้อมดื่ม เป็นชนิดที่สามารถดื่มได้ทันที ซึ่งมีส่วนผสมของน้ำผลไม้แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ที่นำมาเป็นวัตถุดิบและวิธีการผลิตของโรงงาน โดยสามารถแบ่งออกได้เป็นอีก 2 ประเภทย่อย คือ

- น้ำผลไม้ 100% (single strenght juice) เช่น น้ำส้ม และน้ำสับปะรด เป็นต้น
- น้ำผลไม้ 25-50% เช่น น้ำฝรั่ง และน้ำมะม่วง ซึ่งไม่สามารถผลิตเป็นน้ำผลไม้พร้อมดื่ม 100 % ได้ต้องนำมาเจือจางและปรุงแต่งรสชาติก่อน

2. น้ำผลไม้เข้มข้น (concentrated fruit juice) ผลิตจากการนำน้ำผลไม้แท้จากธรรมชาติไประเหยน้ำบางส่วนออกไปเพื่อเพิ่มความเข้มข้น เมื่อจะนำมาบริโภคต้องนำมาผสมน้ำเพื่อเจือจางเสียก่อน น้ำผลไม้เข้มข้นส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำผลไม้ปรุงแต่งกลิ่น ผลิตโดยการนำผลไม้ หรือเนื้อผลไม้ประมาณ 25% ขึ้นไป เจือสีสังเคราะห์ แล้วทำให้เข้มข้นด้วยน้ำตาล โดยก่อนจะดื่มต้องนำไปผสมน้ำตามอัตราส่วนที่ระบุเพื่อลดความเข้มข้น ทั้งนี้น้ำผลไม้ประเภทปรุงแต่งกลิ่นของผู้ผลิตแต่ละรายจะมีอัตราส่วนของการทำให้เจือจางแตกต่างกัน

4. น้ำผลไม้สำเร็จรูปชนิดผง เป็นการผลิตโดยการนำน้ำผลไม้มาคั้น ระเหยเอาน้ำออกแล้วปั่นแห้งให้เป็นผง แล้วนำมาบรรจุในถุงชงเพื่อความสะดวกในการบริโภค น้ำผลไม้สำเร็จรูปชนิดผงที่เห็นกันมากที่สุด ได้แก่ ส้ม มะตูม ขิง เป็นต้น

โดยในสายการผลิต Hot fill 1 และ 2 เป็นการผลิตน้ำผลไม้โดยใช้วัตถุดิบจากน้ำผลไม้เข้มข้น 20-30% ในการแปรรูป

2.2.4 การผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นน้ำผลไม้เข้มข้น (concentrated fruit juice)

น้ำผลไม้เข้มข้น (concentrated fruit juice) หมายถึง ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผลไม้ ซึ่งได้มาจากการนำน้ำผลไม้โดยการระเหย (evaporation) เพื่อเอาน้ำซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของน้ำผลไม้ออกไปบางส่วน เช่น การผลิตน้ำส้มเข้มข้นจากน้ำส้มสดที่มีปริมาณของแข็งเริ่มต้น 11-12% ให้เพิ่มขึ้นเป็น 65% (น้ำหนักต่อปริมาตร) น้ำผลไม้เข้มข้น เป็นการถนอมอาหาร (food preservation) วิธีหนึ่งซึ่งมีวัตถุประสงค์

- ลดน้ำหนักของน้ำผลไม้ เพื่อสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง
- การถนอมอาหาร ยืดอายุการเก็บรักษาน้ำผลไม้ เพราะการทำให้เข้มข้นช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้น้ำผลไม้เสื่อมเสีย รวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรค
- เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ

การทำให้เข้มข้น (concentration) ใช้กระบวนการระเหยน้ำโดยใช้เครื่องระเหย (evaporator) ประเภทต่างๆ หรือวิธีแยกน้ำออกแบบด้วยวิธีการต่างๆ เช่น

- falling film evaporator
- multiple effect evaporator
- vacuum evaporator

หรืออาจใช้วิธีแยกน้ำโดยไม่ใช้ความร้อน เช่น

- freeze concentration
- membrane filtration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 การบรรจุน้ำผลไม้เข้มข้น (filling)

น้ำผลไม้หลังการทำน้ำผลไม้ให้เข้มข้นแล้ว ยังไม่สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน เนื่องจากยังมีจุลินทรีย์บางชนิดหลงเหลืออยู่ โดยเฉพาะยีสต์ที่ชอบน้ำตาล จึงต้องใช้เทคนิคการถนอมอาหารวิธีอื่นร่วมด้วย ได้แก่

1.) การพาสเจอไรซ์ (pasteurization) มักใช้วิธี in-line pasteurization แล้วนำไปบรรจุ ซึ่งมักใช้การบรรจุแบบปลอดเชื้อ (aseptic packaging system) เช่น บรรจุภัณฑ์แบบ bag in box ใช้กับการบรรจุน้ำผลไม้เข้มข้นปริมาณมาก
2.) การแช่เยือกแข็ง (freezing) โดยบรรจุในกระป๋อง นิยมใช้เป็นกระป๋องกระดาษ ปิดฝา แล้วจึงนำไปแช่เยือกแข็งทั้งกระป๋อง
3.) การบรรจุร้อน (hot fill หรือ hot pack) หมายถึง การบรรจุอาหารเหลว ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว ในบรรจุภัณฑ์ ที่สะอาด แต่ยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยจะใช้ความร้อนจากตัวผลิตภัณฑ์ เพื่อฆ่าเชื้อบรรจุภัณฑ์และฝาอย่างทั่วถึง จากนั้นอาจคงอุณหภูมิไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ให้ลดลงถึงระดับการฆ่าเชื้ออย่างเป็นการค้า (commercial sterilization) และสร้างสภาพสุญญากาศภายในบรรจุภัณฑ์ หลังจากนั้นจึงทำให้เย็นลงภายในบรรจุภัณฑ์

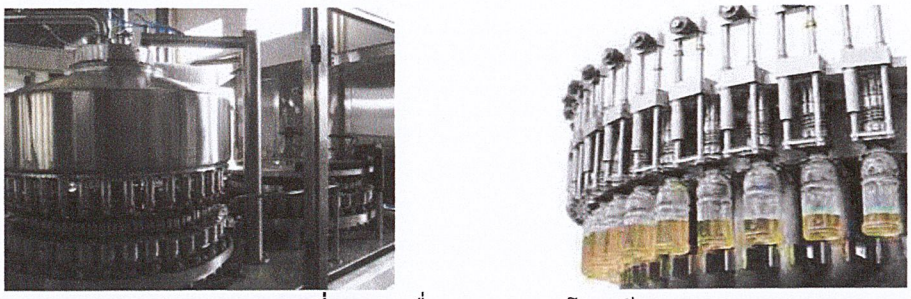
ในสายการผลิต Hot fill 1 และ 2 ใช้วิธีการบรรจุแบบร้อน (hot filling) เนื่องจากการบรรจุร้อนใช้เพื่อผลิตอาหารเหลวประเภทที่เป็นกรด (acid food) หรือ อาหารปรับกรด (acidified food) ที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.6 เช่น เครื่องดื่ม ซอส น้ำผลไม้ อาหารประเภทที่เป็นกรดซึ่งผ่านการบรรจุร้อน สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องแช่เย็น การบรรจุร้อนอาจบรรจุโดยแรงงานคน หรือใช้เครื่องบรรจุ (filling machine) บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ต้องทนร้อนที่อุณหภูมิขณะบรรจุได้บรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้ได้แก่ ขวดแก้ว ขวด PET กระป๋อง เป็นต้น

เครื่องบรรจุ (filling machine) เป็นเครื่องจักรและอุปกรณ์แปรรูปอาหาร ที่ใช้เพื่อบรรจุอาหารลงในบรรจุภัณฑ์แบ่งได้หลายประเภทดังนี้

- แบบไม่ต่อเนื่องและแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi-automatic filling machine)
- แบบต่อเนื่อง (automatic filling machine) แบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ in-line filling machine และ rotary filling machine

เครื่องบรรจุแบบโรตารี (rotary filling machine) หมายถึงเครื่องบรรจุ (filling machine) ที่ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง มีหัวบรรจุมากกว่า 1 หัว เรียงกันเป็นแนววงกลม ขณะบรรจุของเหลวหัวบรรจุจะหมุนตามอัตราเร็วของเครื่อง บรรจุภัณฑ์ลำเลียงเข้าสู่เครื่องบรรจุโดยจานป้อนเข้าหรือเรียกว่า star wheel ซึ่งมีลักษณะเป็นจานหมุนที่มีส่วนเว้าระยะห่างพอดีที่จะสามารถจัดบรรจุภัณฑ์ให้ตรงกันกับหัวบรรจุเมื่อบรรจุเรียบร้อยแล้วจะถูกลำเลียงออกโดยมี star wheel ที่ทำงานได้อย่างสัมพันธ์กัน และเคลื่อนที่ต่อเพื่อเข้าสู่เครื่องปิดฝาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 เครื่องบรรจุแบบโรตารี

เครื่องบรรจุแบบโรตารี (rotary filling machine) เป็นเครื่องที่ใช้อุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดใหญ่ กำลังการผลิตของเครื่องสูงกว่าเครื่องบรรจุแบบแถวตรง (in-line filling machine) เหมาะสำหรับผู้ผลิตที่ผลิตสินค้าจำนวนมาก มีการบรรจุโดยใช้บรรจุภัณฑ์ขนาดเดียวกันตลอด โดยไม่ค่อยเปลี่ยนขนาด เนื่องจากต้องเสียเวลาในการเปลี่ยนจานป้อนเข้าและออก พร้อมทั้งเปลี่ยนหัวบรรจุ

2.2.6 กระบวนการขึ้นรูปขวดพลาสติก (PET)

ขวด PET หรือพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terepthalate) เรียกย่อว่า PET หรือ PETP หรือ PET-P เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอโนเมอร์ (monomer) หลายๆ ตัวซึ่งได้จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (Esterification) ระหว่าง Terephthalic acid (TPA) กับ ethylene glycol (EG หรือ Ethanediol) โดยมีน้ำเกิดขึ้นในปฏิกิริยา หรือเกิดจากมอโนเมอร์ซึ่งได้จากปฏิกิริยาระหว่าง Dimethyl terephthalate กับ Ethylene glycol โดยมีเมทานอลเกิดขึ้นในปฏิกิริยา ซึ่งสารตั้งต้นที่ใช้ในการผลิต PET นั้นได้จากอุตสาหกรรมน้ำมัน ทั้งนี้ความบริสุทธิ์ของสารตั้งต้นเป็นสิ่งสำคัญมาก และมีผลต่อคุณภาพของ PET ที่ได้โดยเฉพาะเมื่อใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุอาหาร

PET ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีความเหนียว ทนทาน และมีความยืดหยุ่นต่อแรงกระทบกระแทก จึงไม่แตกเมื่อถูกแรงกดดัน การนำ PET มาผลิตวัสดุต่างๆ เทคนิคการให้ความร้อน การทำให้เย็นที่อุณหภูมิ และระยะเวลาต่างๆ ที่เรียกว่า "Heat setting" จะทำให้ได้ PET ที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานต่างๆ กัน เช่น เป็นแผ่นฟิล์ม หรือขวดพลาสติกใส เป็นพลาสติกขุ่น สำหรับบรรจุภัณฑ์ หรือถาด ซึ่งสามารถทนต่อแรงกระแทก และอุณหภูมิแตกต่างกัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันเหล่านี้ล้วนมาจาก PET ที่มีสมบัติทางเคมีเหมือนกันทั้งสิ้นนอกจากนี้การเติมสารอื่นๆ เพื่อเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของ PET เช่น การเติม Isophthalic acid (IPA หรือ 1,4-cyclohexanedimethanol) จะทำให้ได้แผ่นฟิล์ม หรือขวดที่มีความหนาขึ้น

PET เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติกที่ได้รับการคิดค้นขึ้นมาเพื่อการบรรจุน้ำอัดลม โดยเฉพาะสมบัติเด่นทางด้านความใสแววับเป็นประกาย ทำให้ได้รับความนิยมในการบรรจุน้ำมันพืชและน้ำดื่ม นอกจากขวดแล้ว PET ในรูปฟิล์มซึ่งมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้เป็นอย่างดี จึงมีการนำไปเคลือบหลายชั้นทำเป็นซองสำหรับบรรจุอาหารที่มีความไวต่อก๊าซ เช่น อาหารขบเคี้ยว ถาดบรรจุอาหาร ที่เป็น Modified Atmosphere Packaging (MAP) เป็นต้น นอกจากนี้ ฟิล์ม PET ยังมีสมบัติเด่นอีกหลายประการ เช่น ทนแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยืดและแรงกระแทกเสียดสีได้ดี จุดหลอมเหลว แต่ข้อด้อย คือ ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนและเปิดฉีกยาก ทำให้โอกาสใช้ฟิล์ม PET อย่างเดียวน้อยมาก แต่มักใช้เคลือบกับพลาสติกอื่น

ขวด PET เริ่มเข้ามามีบทบาทในวงการน้ำอัดลมของประเทศไทย เมื่อประมาณ 10 ปีที่แล้วและมีปริมาณการใช้เพิ่มสูงขึ้นทุกปี สาเหตุที่ทำให้ขวด PET ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายนั้นเนื่องจากเป็นขวดที่มีน้ำหนักเบา (Light Weight) มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซต่ำ (Low Gas Permeability) และมีความต้านทานแรงกระแทกดี (Good Impact Strength)

การที่ขวด PET มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซ CO_2 และ O_2 ต่ำนั้นเนื่องมาจากการจัดเรียงโมเลกุลแบบ Biaxial Orientation ซึ่งเป็นการจัดเรียงโมเลกุลทั้งแนวตั้งและแนวนอน คล้ายร่างแห และยังส่งผลให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

2.2.6.1 กระบวนการขึ้นรูปขวดพลาสติก PET

กระบวนการขึ้นรูปขวด PET ประกอบด้วย 2 กระบวนการหลักๆ คือ

1. กระบวนการฉีดพลาสติก (Injection Molding) คือ กระบวนการการผลิตชิ้นงานโดยอาศัยกรรมวิธีการเติมเม็ดพลาสติกหรือเรซิ่นเข้าไปในเครื่องฉีด โดยเม็ดพลาสติกจะผ่านความร้อนจนหลอมละลายเป็นของเหลว แล้วเครื่องจะทำการฉีดพลาสติกเหลวเข้าแม่พิมพ์ หลังจากที่ชิ้นงานปลดออกจากแม่พิมพ์ก็จะได้ชิ้นงานตามแบบแม่พิมพ์

2. กระบวนการเป่าขึ้นรูปแบบยืด (Stretch Blow Molding) เป็นกระบวนการผลิตขวดบรรจุภัณฑ์ ซึ่งการขึ้นรูปจะเป็นการเพิ่มความแข็งแรง ให้แก่ภาชนะพลาสติก เนื่องจากมีความหนาเฉลี่ยที่แน่นอน ลดค่าใช้จ่ายในการผลิต เนื่องจากเกิดของเสียน้อย และยังได้ภาชนะที่ไม่มีตะเข็บรอยต่อตรงคอและก้นของภาชนะจึงทำให้มีคุณภาพสูง ซึ่งการขึ้นรูปแบบ Stretch Blow Molding จะแบ่งขั้นตอนการผลิตออกเป็น 2 ส่วน คือ การฉีด (Injection Molding) เพื่อให้เป็นหลอดพรีฟอร์ม (Preform) แล้วจึงนำหลอดพรีฟอร์ม (Preform) ที่ได้นำเขาสู่ขั้นตอนการ Stretch Blow Molding เพื่อขึ้นรูปตามแม่พิมพ์ต่อไป

กระบวนการผลิตขวด PET นั้นเริ่มจากการนำเม็ดเรซิ่นมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 160 ถึง 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเม็ดเรซิ่นและความชื้นที่มีอยู่ในเม็ดเรซิ่นหลังการอบแล้ว เม็ดเรซิ่นจะต้องมีความชื้นต่ำกว่า 0.0005% โดยน้ำหนัก จากนั้นเม็ดเรซิ่นจะถูกส่งไปยังเครื่องฉีด (Injection Machine) เพื่อผลิตหลอดพรีฟอร์ม (Preform) ซึ่งพรีฟอร์มจะถูกส่งเข้าเครื่องเป่า (Blowing Machine) เพื่อทำให้ร้อนและส่งเข้าสู่แม่พิมพ์ (Mold) เพื่อผ่านขบวนการเป่าแล้วยืด (Stretch Blow) ด้วยลมที่ความดันประมาณ 40 บาร์ ขวดที่อยู่ในแม่พิมพ์ (Mold) จะถูกทำให้เย็นลงด้วยน้ำหล่อเย็นซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 8 องศาเซลเซียส จากนั้นขวด PET จะถูกส่งต่อมายังสายพานลำเลียงเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6.2 อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass Transition Temperature)

อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass Transition Temperature, T_g) คือ อุณหภูมิสูงสุดที่พอลิเมอร์จะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งคล้ายแก้ว (Glass State) เป็นของยืดหยุ่นคล้ายยาง (Rubbery State) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสถานะนี้สายโซ่โมเลกุลบริเวณอสัณฐานเกิดการขยับเขยื้อน

กรณี T < Tg โครงสร้างมีการสั่นและหมุนในช่วงสั้น พอลิเมอร์จะมีโครงสร้างคล้ายแก้ว แข็ง เปราะ
กรณี T > Tg มีการเคลื่อนที่ในช่วงกว้างๆ มีช่องว่างระหว่างอะตอมเพิ่มขึ้น พอลิเมอร์จะมีโครงสร้างแบบยาง แข็งเหนียว (Rubber-like)

Polymer	T_g	
	°C	*K*
Poly(methyl vinyl ether)	-31	242
Poly(vinyl chloride)	81	354
Polystyrene (isotactic)	100	373
Poly(ethylene adipate)	-63	210
Poly(hexamethylene adipamide)	57	330
Poly(ethylene terephthalate)	69	342

รูปที่ 2.8 อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ของพอลิเมอร์บางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานเพื่อลดปริมาณขวดก้นพลาสติกบวม กรณีศึกษา บริษัท ไทยน้ำทิพย์ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด โรงงานรังสิต มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล
2. การกำหนดและวิเคราะห์สาเหตุปัญหา
3. การวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไข
4. วางแผนและการดำเนินงาน
5. วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้
6. การสรุปผลการศึกษา เสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาและจัดทำโครงงาน

3.1. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตภายในสายการผลิต Hot fill 1 และ 2 ฝ่ายผลิต โดยศึกษาประเภทของผลิตภัณฑ์ กระบวนการรับวัตถุดิบ ผสม ผลิต ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น สถิติของปัญหา สาเหตุของปัญหา พบว่าเกิดปัญหาขวดก้นบวมของผลิตภัณฑ์หลังจากบรรจุเยอะที่สุด เนื่องจาก

3.1.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์ในสายการผลิต

ภายในสายการผลิต Hot fill 1 และ 2 (HF 1 และ 2) มีการผลิตน้ำผลไม้ Minute Maid ภายใต้สัญญาและการกำกับดูแลของบริษัท โคคา โคล่า จำกัด โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตและจัดจำหน่ายในปัจจุบันมีทั้งสิ้น 6 รสชาติ และ 4 ขนาดบรรจุ ได้แก่

1. Minute Maid Pulpy Orange (MPO) ขนาด 290 335 และ 800 มิลลิลิตร
2. Minute Maid Pulpy Orange Mandarin (MPD) ขนาด 290 มิลลิลิตร
3. Minute Maid Pulpy White Grape with Aloe Vera (MPAW) ขนาด 290 มิลลิลิตร
4. Minute Maid Pulpy Red Grape with Aloe Vera (MPAR) ขนาด 290 มิลลิลิตร
5. Minute Maid Doi kham Tomato Juice (MDT) ขนาด 280 มิลลิลิตร
6. Minute Maid Doi kham Passion fruit (MDP) ขนาด 280 มิลลิลิตร

โดยในภายในสายการผลิต Hot fill 1 และ 2 สามารถผลิตได้สูงสุดที่อัตรา 600 ขวดต่อนาที โดยส่วนใหญ่ของแผนการผลิตจะมีการผลิตน้ำผลไม้ Minute Maid Pulpy Orange ขนาด 335 มิลลิลิตร

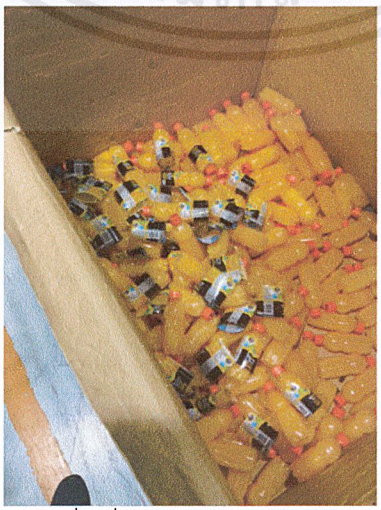
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ปัญหาขวดก้นบวมที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิต

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2562 พบว่าเมื่อน้ำผลไม้ร้อนถูกบรรจุลงในขวดพลาสติกหลังจากทำการปิดฝาแล้วถูกลำเลียงไปยังสายพาน เกิดปัญหาบริเวณกลางขวดด้านใต้หรือเกต (Gate) เกิดการบวมนูน (Swollen) ออกมามากกว่าบริเวณฐานขวด (Base) โดยรอบทำให้ขวดตั้งได้ไม่สมบูรณ์และเกิดการเอียง ส่งผลกระทบให้ขวดล้มตามกันหลังจากบรรจุและส่งผลทำให้กระบวนการสวมฉลากเกิดการขัดข้องจึงทำให้เครื่องต้องนำผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานออก หยุดเครื่อง และคัดขวดที่ผ่านมาตรฐานนำกลับเข้ามาในกระบวนการสวมฉลากอีกครั้ง

รูปที่ 3.1 ลักษณะของปัญหาขวดก้นบวม

รูปที่ 3.2 ขวดที่เกิดการล้มหลังจากบรรจุ



รูปที่ 3.3 ขวดที่เครื่องคัดออกหลังจากการสวมฉลาก

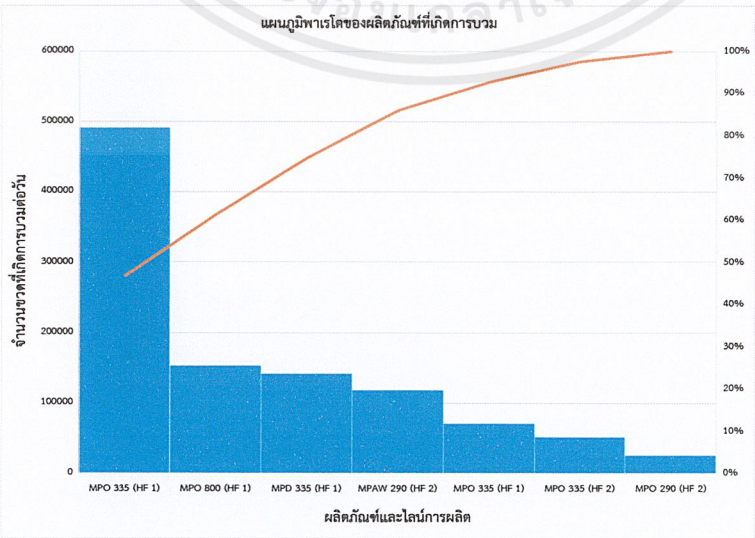
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ข้อมูลทางทางสถิติของปัญหาขวดก้นบวมในแต่ละผลิตภัณฑ์

จากการเก็บข้อมูลสถิติของปัญหาตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลโดยการเก็บข้อมูลขวดที่เกิดการบวมเป็นจำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 2 ชั่วโมงและเว้นช่วงอีก 1 ชั่วโมง รวมเวลาเก็บข้อมูลทั้งหมด 4 ชั่วโมงต่อวัน โดยเก็บข้อมูลจำนวนและลักษณะที่เกิดการบวม จากนั้นนำมาเทียบกับข้อมูลกำลังการผลิตต่อวัน

ตารางที่ 3.1 จำนวนเปอร์เซ็นต์ที่เกิดการบวมของขวดในแต่ละผลิตภัณฑ์ในเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2562

ผลิตภัณฑ์ / ขนาด (ml)	วันที่เก็บข้อมูล	สายการผลิต	บริเวณที่พบมากที่สุด	เปอร์เซ็นต์ที่เกิดการบวม (เทียบกับกำลังการผลิตที่ผลิตได้ต่อหนึ่งชั่วโมง)
MPO 290	5/7/19	HF 2	Cap Sterilizer	1.08
MPD 335	15/7/19	HF 1	Recooler	5.25
MPO 335	17/7/19	HF 1	Recooler	0.82
MPO 335	18/7/19	HF 1	Recooler	2.34
MPO 335	22/7/19	HF 2	Recooler	3.00
MPO 335	23/7/19	HF 1	Recooler	21.54
MPAW 290	26/7/19	HF 2	Cap Sterilizer	5.42
MPAR 290	22/8/19	HF 2	ไม่พบ	0.00
MPO 800	3/9/19	HF 1	Cap Sterilizer	21.52



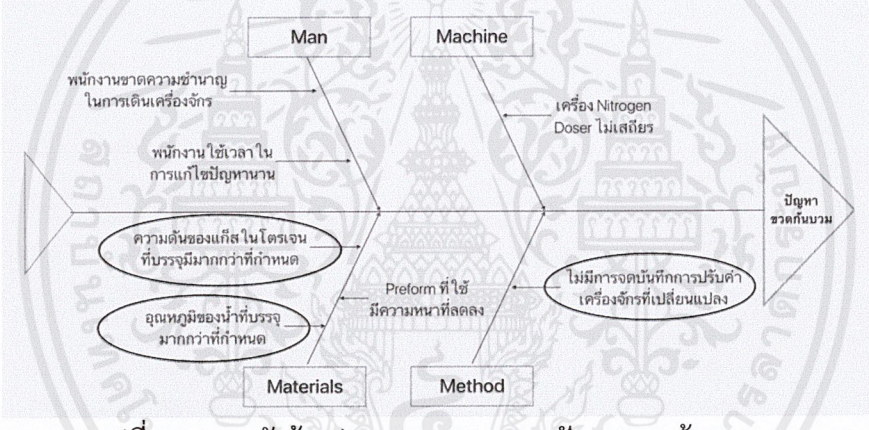
รูปที่ 3.4 แผนภูมิพาเรโตของผลิตภัณฑ์ที่เกิดการบวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ MPO 335 มีจำนวนการเกิดการบวมมากที่สุดและพบมากที่บริเวณ Recooler โดยคิดเป็น 21.54% ของกำลังการผลิตทั้งหมดในเวลา 1 ชั่วโมง และเมื่อนำมาคำนวณเป็นยอดผลิตภัณฑ์ของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละวันพบว่าผลิตภัณฑ์ MPO 335 มีจำนวนผลิตภัณฑ์ของเสียมากกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจำนวนของขวดบวมที่มากนี้ส่งผลให้มีโอกาสเกิดการหยุดของเครื่องจักรมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์ MPO ขนาด 335 มิลลิลิตร เนื่องจากมีจำนวนในการเกิดขวดบวมมากที่สุด อีกทั้งผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ยังผลิตมากที่สุดในแผนการผลิต

3.2 การกำหนดและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาขวดก้นบวมแล้ว พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาขวดก้นบวมเกิดได้จากหลายสาเหตุจึงได้นำสาเหตุต่างๆมาวิเคราะห์แล้วจึงนำมาเขียนในรูปของแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) โดยสามารถสรุปสาเหตุทั้งหมดได้ดังนี้



รูปที่ 3.5 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุของปัญหาขวดก้นบวม

3.2.1 อุณหภูมิของน้ำที่บรรจุ

ภายหลังการผสมและพาสเจอร์ไรซ์ ผลิตภัณฑ์จะถูกลำเลียงเข้ามาในเครื่องบรรจุ (Filler) โดยบรรจุลงขวดพลาสติกชนิด PET ตามข้อกำหนดที่ xx องศาเซลเซียส จากการวัดอุณหภูมิจากตัวอย่างหลังจากการบรรจุทุกๆ 30 นาที เพื่อทำการหาอุณหภูมิขณะบรรจุ โดยทำสุ่มตัวอย่างหลังจากการบรรจุและวัดโดยใช้เครื่อง Thermocouple ได้ค่าอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆ ดังตาราง

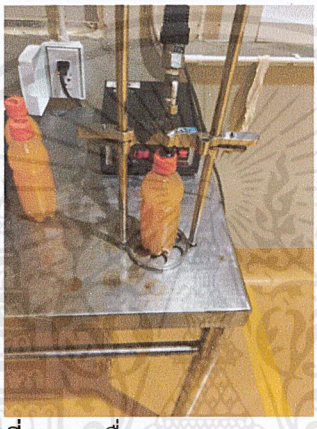
จากการตรวจวัดอุณหภูมิหลังจากการบรรจุอยู่เฉลี่ยที่ xx.x องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมินี้มีค่ามากกว่าอุณหภูมิที่ขวดพลาสติดที่นำมาใช้สามารถทน ได้ซึ่งมีค่าอยู่ที่ xx องศาเซลเซียส ซึ่งมีความต่างของอุณหภูมิประมาณ x.x องศาเซลเซียส จึงตั้งสมมติฐานว่าอุณหภูมิที่บรรจุมาค่ามากกว่าอุณหภูมิที่ขวดพลาสติกรับได้หรืออุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass Transition Temperature, T_g) ของขวดพลาสติกที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาใช้ ส่งผลให้สายโซ่โมเลกุลบริเวณอสัณฐานเกิดการขยับเขยื้อน เคลื่อนที่ได้มากขึ้นในช่วงกว้างๆ ทำให้มีช่องว่างระหว่างอะตอมเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พอลิเมอร์จะมีโครงสร้างแบบยาง แข็งเหนียว (Rubber-like)

3.2.2 ความดันของไนโตรเจนหลังจากการบรรจุ

เมื่อน้ำผลไม้ถูกบรรจุลงในขวดจะมีการบรรจุแก๊สไนโตรเจนก่อนการปิดฝาเพื่อให้ขวดมีการคงสภาพและมีลักษณะขวดที่ไม่นิ่มเกินไป โดยทั่วไปความดันของไนโตรเจนภายในขวดหลังจากการบรรจุที่วัดด้วยเครื่อง Bottle Pressure Tester จะมีค่าความดันอยู่ที่ประมาณ 15-17 psi หรือประมาณ 1.03-1.17 bar จากการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ความดันภายในขวดที่เกิดปัญหาขวดก้นบวมได้ค่าดังตาราง



รูปที่ 3.6 เครื่อง Bottle Pressure Tester

ตารางที่ 3.2 ความดันภายในขวดที่เกิดปัญหาขวดก้นบวมหลังจากการบรรจุ

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เกิดปัญหาขวดก้นบวม	ความดันภายในขวด (psi)
MPO 335	17.6
MPO 335	18.2
MPO 335	17.2
MPO 335	18.9
MPO 335	19.4

จากตารางแสดงค่าความดันภายในของขวดหลังจากการบรรจุของขวดที่เกิดปัญหา จึงตั้งสมมติฐานว่าความดันไนโตรเจนที่มากเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดส่งผลให้ขวดมีการบวมได้มากกว่าปกติ เนื่องจากแรงดันไนโตรเจนภายในขวดที่มากเกินกว่าปกติ

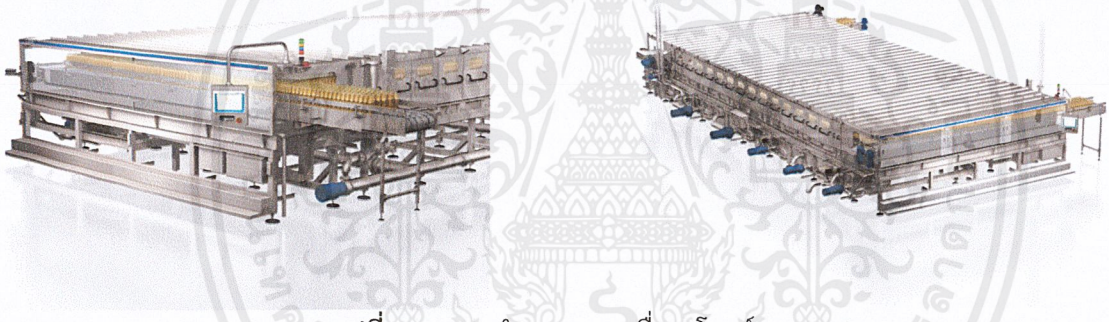
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไข

เมื่อทราบถึงสาเหตุแล้วจึงนำสมมติฐานที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยสมมติฐานที่ได้ดังนี้

3.3.1 อุณหภูมิภายในขวดหลังการบรรจุส่งผลให้ขวดเกิดการบวมได้มาก

จากการสังเกตและทำการทดลองผลิตภัณฑ์หลังจากการบรรจุพบว่า ก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะเข้าอุโมงค์ Recooler เพื่อทำการสเปรย์น้ำเย็นที่ 30 องศาเซลเซียส เพื่อปรับสภาพผลิตภัณฑ์ให้มีอุณหภูมิที่ต่ำลง อุณหภูมิของน้ำที่บรรจุบริเวณใต้ขวดมีอุณหภูมิประมาณ 82 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลต่างของอุณหภูมิของน้ำที่สเปรย์มากถึง 52 องศาเซลเซียส ซึ่งบริเวณใต้ขวดที่เกิดการบวมเป็นบริเวณที่มีการถ่ายเทความร้อนกับน้ำน้อยที่สุดหรือแทบจะไม่มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวเลย ดังนั้นเมื่อเข้าไปในอุโมงค์ Recooler อุณหภูมิที่มากรวมถึงน้ำหนักของน้ำผลไม้จึงทำให้โครงสร้างบริเวณผิวใต้ขวดพลาสติกเกิดการขยับและคลายตัวจึงทำให้ค่อยๆเกิดการนูนออกมา



รูปที่ 3.7 ภาพจำลองของเครื่องอุโมงค์ Recooler

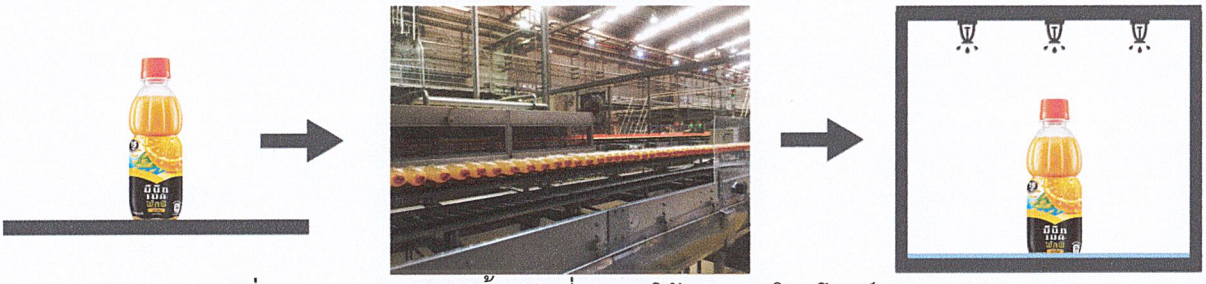
3.3.1.1 แนวคิดในการลดผลต่างของอุณหภูมิใต้ขวดภายในห้องโถง Recooler

ภายในห้องโถง Recooler มีลักษณะเป็นโถงสี่เหลี่ยมโดยมีการติดตั้งหัวสเปรย์ด้านบน โดยตัวโถงมีการติดตั้งต่อจากเครื่อง Cap Sterilizer ภายในมีลักษณะเป็นสายพานทอดยาว โดยเมื่อขวดถูกลำเลียงเข้าไปเซ็นเซอร์จะทำการตรวจจับขวดที่เข้ามา ส่งสัญญาณให้สายพานหยุดเพื่อรอขวดใหม่เข้ามาให้เต็มโถง Recooler และหลังจากการสเปรย์น้ำเย็นแล้ว เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณให้ขวดที่ผ่านการสเปรย์มาแล้ว 40 นาทีให้เคลื่อนที่ออกจากห้องโถง เพื่อให้ขวดที่ยังไม่มีการสเปรย์เข้ามาเติมในโถงให้เต็ม โดยน้ำที่ใช้ในการสเปรย์แล้วจะไหลลงจากสายพาน โดยด้านใต้สายพานจะมีลักษณะเป็นแอ่งขนาดเล็กเพื่อทำการกักเก็บและระบายน้ำที่ใช้แล้วจากการสเปรย์น้ำเย็นเพื่อหมุนเวียนต่อไปยัง Cooling Tower

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวคิดละแนวทางแก้ไขโดยนำประโยชน์จากแอ่งน้ำใต้สายพาน โดยเสนอแนวทางให้มีการลดระดับสายพานเพื่อให้น้ำที่ใช้จากการสเปรย์ถ่วมบริเวณใต้ขวดเล็กน้อย เพื่อให้เกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่ายเทความร้อนออกจากบริเวณใต้ขวด เพื่อลดผลต่างของอุณหภูมิบริเวณใต้ขวดกับน้ำที่สเปรย์ เพื่อทำให้ช่วงระยะเวลาที่เกิดการบวมลดลงเพื่อทำให้ขวดหยุดการบวมเร็วขึ้น



รูปที่ 3.8 แนวคิดการนำน้ำหล่อที่บริเวณใต้ขวดภายในอุโมงค์ Recooler

จากรูปที่ x.x เป็นภาพแนวคิดจำลองการหล่อน้ำที่ก้นขวด โดยให้สายพานภายใน Recooler มีการลดระดับลงมาเพื่อให้มีน้ำหล่อที่ผิวใต้ขวดเป็นระยะ 1 เซนติเมตร ดังนั้นสิ่งที่ต้องการทราบคือ เวลาในการหล่อน้ำมีผลต่อการบวมของขวดอย่างไรเมื่อเทียบกับวิธีการปกติที่ไม่มีการหล่อน้ำ ดังนั้น

3.4 วางแผนและการดำเนินงาน

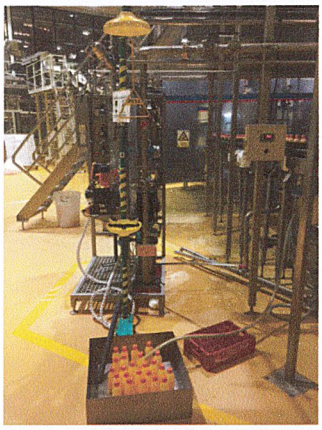
เมื่อทราบถึงแนวทางการแก้ปัญหาแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลองเพื่อเป็นข้อมูลในการทำการแก้ไขปัญหา โดยได้ออกแบบการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ประการ ได้ดังนี้

3.4.1 การลดผลต่างของอุณหภูมิใต้ขวดภายในห้องโถง Recooler

เพื่อให้การทดลองมีลักษณะเหมือนจริงมากที่สุด จึงจำลองสถาณการณ์ของขวดที่อยู่ภายใต้ห้องโถง Recooler โดยใช้ Shower ที่มีติดตั้งอยู่ในโรงงานเป็นตัวแทนในการสเปรย์น้ำเย็น โดยในการออกแบบการทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1. นำถาดที่มีอยู่ในสายการผลิต เติมน้ำให้ได้ระดับสูงประมาณ 1 เซนติเมตร เพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับวางขวดทดลอง มาวางใต้ Shower
2. นำสายยางสำหรับดูดน้ำออกต่อกับปั้ม เพื่อทำการดูดน้ำออก และนำสายยางสำหรับเติมน้ำเข้ามาใส่อีกด้าน เพื่อให้เกิดการไหลวนของน้ำ เพื่อให้น้ำมีอุณหภูมิคงที่ 30 องศาเซลเซียส ตลอดเวลา
3. นำขวดทดลองมาวางในถาด เพื่อจำลองสภานที่อยู่ภายใน Recooler
4. เปิด Shower จำลองการสเปรย์น้ำใน Recooler
5. สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 การเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

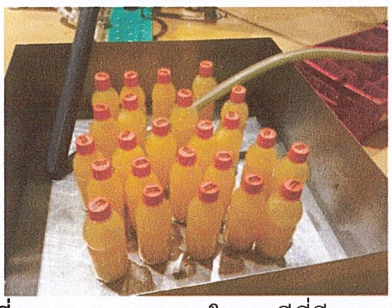
ในการทดลองสิ่งที่ต้องการทราบคือ เวลาในการหล่อน้ำมีผลต่อการบวมของขวดอย่างไรเมื่อเทียบกับวิธีการปกติที่ไม่มีการหล่อน้ำ ดังนั้นสิ่งที่ต้องการทราบจึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.4.1.1 ความสัมพันธ์ของเวลาที่มีผลต่อการบวมของขวดในกรณีที่ไม่มีการหล่อน้ำ

ในกรณีการทดลองที่ไม่มีการหล่อน้ำเป็นการทดลองหาเวลาที่ทำให้เกิดขวดบวม โดยเป็นการหาระยะเวลาที่ขวดหยุดการบวมหรือมีระยะการบวมที่คงที่ ไม่มีการบวมต่อแล้ว โดยการทดลองมีทำทำนองเดียวกันกับหัวข้อ 3.4.1 แต่ไม่มีการเติมน้ำในถาดและไม่มีการเติมน้ำจากสายยางเข้ามาเพิ่ม โดยภายหลังจากการเปิด Shower ทำการบันทึกระยะที่นูนออกมาจากใต้ขวดเป็นระยะทุกๆ 4 นาที จนระยะการนูนของขวดมีค่าคงที่ และทำการบันทึกเป็นค่ามาตรฐาน

3.4.1.2 ความสัมพันธ์ของเวลาที่มีผลต่อการบวมของขวดในกรณีที่มีการหล่อน้ำ

ในกรณีการทดลองที่มีการหล่อน้ำเป็นการทดลองเพื่อจุดประสงค์เดียวกันกับหัวข้อ 3.4.1.1 แต่มีการเติมน้ำในถาดและเติมน้ำจากสายยางเข้ามาเพิ่ม เพื่อให้เกิดการไหลวนของน้ำที่หล่อใต้ขวด โดยภายหลังจากการเปิด Shower ทำการบันทึกระยะที่นูนออกมาจากใต้ขวดเป็นระยะทุกๆ 4 นาที จนระยะการนูนของขวดมีค่าคงที่ เช่นเดียวกัน หากเวลาที่ระยะนูนของขวดมีค่าคงที่ โดยใช้เวลาที่สั้นกว่าการไม่หล่อน้ำ จะสามารถสรุปว่าการหล่อน้ำสามารถลดดอกาศในการเกิดขวดบวมได้เร็วขึ้น



รูปที่ 3.10 การทดลองในกรณีที่มีการหล่อน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แผนการดำเนินงาน (มิถุนายน 2562 – ธันวาคม 2562)

กิจกรรม	เดือน / ปี							
	2562							2563
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องศึกษาและปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต								
2. เก็บข้อมูลสถิติและรูปแบบของการเกิดขวดก้นบวมในแต่ละผลิตภัณฑ์								
3. ศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยที่ทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการ								
4. วางแผนและทำการทดลอง								
5. วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง								
6. สรุปผล เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาและจัดเตรียมรายงาน								

3.5 วิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล และเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหา

เมื่อได้ทราบถึงผลการทดลองแล้ว นำผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์และสรุปการทดลอง เพื่อวิเคราะห์และเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

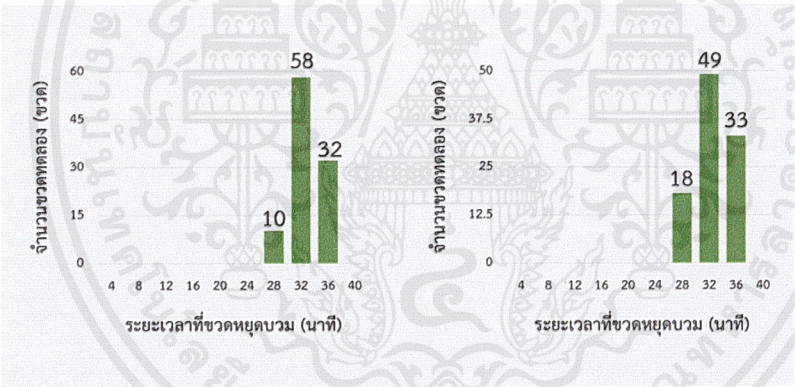
บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ในบทที่ 4 ผลการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้กล่าวถึงผลจากการทดลองการลดผลต่างของอุณหภูมิใต้ขวดภายในห้องโถง Recooler และการบันทึกค่าตัวแปรของเครื่องจักร ซึ่งแบ่งออกเป็นหัวข้อดังนี้

1. ผลการทดลองความสัมพันธ์ของเวลาที่มีผลต่อการบวมของขวดในกรณีที่ไม่มีการหล่อน้ำ
2. ผลการทดลองความสัมพันธ์ของเวลาที่มีผลต่อการบวมของขวดในกรณีที่มีการหล่อน้ำ

4.1 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของเวลาที่มีผลต่อการบวมของขวดในกรณีที่ไม่มีการหล่อน้ำ (Non-Cooling Base)

การทดลองโดยการทำใช้น้ำสเปรย์จาก Shower ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเพื่อจำลองการสเปรย์ใน Recooler และทำการระบายน้ำออก โดยการใช้ตัวอย่าง 100 ขวด วัดระยะที่นูนออกมาของขวด ทุกๆ 4 นาที เพื่อหาเวลาที่การบวมของขวดยุติลง โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ได้ผลดังตาราง



รูปที่ 4.1 กราฟผลการทดลองสภาวะที่ไม่หล่อน้ำครั้งที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4.1 ผลของระยะเวลาที่มีผลต่อการหยุดบวมของขวดในกรณีที่ไม่มีการหล่อน้ำ

เวลาที่ขวดยุติการบวม (นาที)	จำนวนขวดที่ยุติการบวม (ทดลองครั้งที่ 1)	จำนวนขวดยุติการบวม (ทดลองครั้งที่ 2)
0	0	0
4	0	0
8	0	0
12	0	0
16	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20	0	0
24	0	0
28	10	18
32	58	49
36	32	33
40	0	0

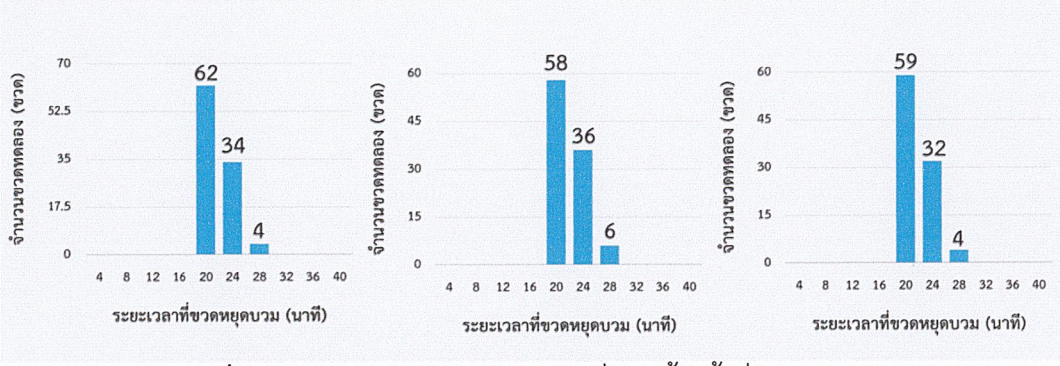
จากการทดลองพบว่าขวดเริ่มมีการยุติการบวมที่ 28 นาที และมีการยุติการบวมมากที่สุดในนาทีที่ 32 โดยมากที่สุดถึง 58 ขวด และน้อยที่สุดที่นาทีที่ 36 โดยภายหลังจากการตรวจวัดระยะความนูนจากตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการทดลองพบว่าส่วนมาก มีลักษณะการนูนออกมาสูงกว่าบริเวณฐานขวดมาก จึงทำให้ขวดเกิดการเอียง มีการเริ่มบวมนูนตั้งแต่นาทีที่ 28 จากการวัดค่าเฉลี่ยความนูนของการบวมพบว่าความนูนเฉลี่ยที่ทำให้ขวดเกิดการเอียงและมีค่าตั้งแต่ประมาณ 2.71 มิลลิเมตรขึ้นไป ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความนูนของขวดในเวลาที่ขวดยุติการบวม (ไม่หล่อน้ำ)

ระยะเวลาที่ขวดหยุดบวม (นาที)	ค่าเฉลี่ยความนูนของก้นขวด (mm)
28	2.71
32	2.82
36	2.75

4.2 ผลการทดลองความสัมพันธ์ของเวลาที่มีผลต่อการบวมของขวดในกรณีที่มีการหล่อน้ำ

การทดลองโดยการทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำบริเวณใต้ขวด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยการใช้ตัวอย่าง 100 ขวด วัดระยะที่นูนออกมาของขวด ทุกๆ 4 นาที เพื่อหาเวลาที่การบวมของขวดยุติลง โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ได้ผลดังตาราง



รูปที่ 4.2 กราฟผลการทดลองสภาวะที่หล่อน้ำครั้งที่ 1 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของระยะเวลาที่มีผลต่อการหยุดบวมของขวดในกรณีการหล่อน้ำ

เวลาที่ขวดยุติการบวม (นาที)	จำนวนขวดที่ยุติการบวม (ทดลองครั้งที่ 1)	จำนวนขวดยุติการบวม (ทดลองครั้งที่ 2)	จำนวนขวดยุติการบวม (ทดลองครั้งที่ 3)
0	0	0	0
4	0	0	0
8	0	0	0
12	0	0	0
16	0	0	0
20	62	58	59
24	34	36	32
28	4	6	4
32	0	0	0
36	0	0	0
40	0	0	0

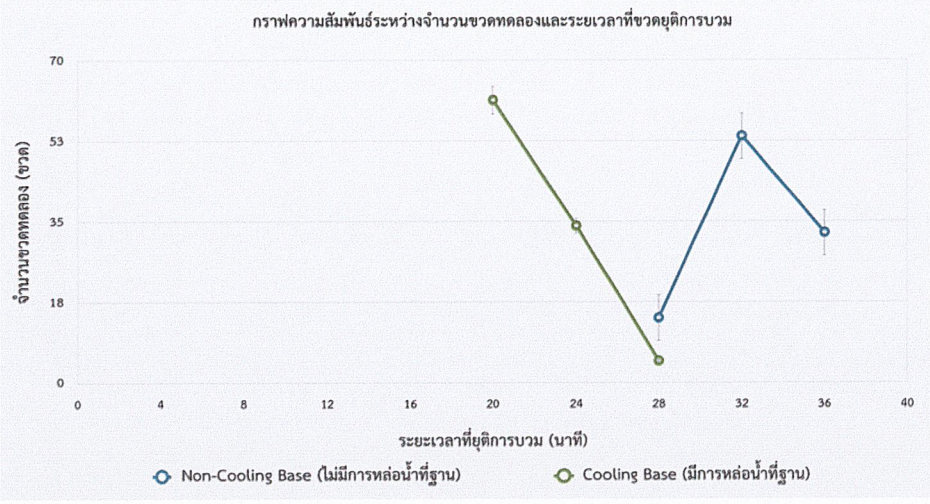
จากการทดลองพบว่าขวดเริ่มมีการยุติการบวมที่ 28 24 และ 32 นาที ตามลำดับ โดยภายหลังจากการตรวจวัดระยะความนูนจากตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการทดลองพบว่าส่วนมากมีลักษณะการบวมนูนออกมาแต่ไม่มีการนูนเกินบริเวณฐานขวด จึงไม่เกิดการเอียง โดยค่าเฉลี่ยความนูนของขวดในแต่ละช่วงเวลาเป็นดังตาราง

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยความนูนของขวดในเวลาที่ขวดยุติการบวม (หล่อน้ำ)

ระยะเวลาที่ขวดหยุดบวม (นาที)	**ค่าเฉลี่ยความนูนของก้นขวด (mm)**
20	2.32
24	2.41
28	2.64

เมื่อนำผลการทั้งลองทั้งกรณีที่ไม่มีการหล่อน้ำและมีการหล่อน้ำ นำมาวิเคราะห์หาค่ากลาง แล้วนำมาเขียนกราฟเส้นแสดงเปรียบเทียบผลเป็นดังกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนขวดทดลองและระยะเวลาที่ขวดยุติการบวม

จากกราฟแสดงให้เห็นถึงหากมีการหล่อน้ำที่ฐานขวดในระหว่างกระบวนการการเข้าอุโมงค์ Recooler ขวดจะมีการยุติการบวมที่เร็วขึ้นกล่าวคือ การหยุดบวมที่ของขวดที่เวลา 20 และ 24 นาที ขวดจะมีการบวมนูนที่ไม่เกิดฐานขวด (จุดวิกฤต) ส่งผลให้ขวดไม่มีการเอียงและไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการถัดไป

ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลทั้งการทดลองทั้ง 2 สภาวะการทดลองมาทดสอบหาค่าความแตกต่างโดยวิธีการตรวจสอบ One-Way ANOVA ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 4.5 ค่าการตรวจสอบความแตกต่างจากโปรแกรม One-Way ANOVA

Source	*SS*	*df*	*MS*	
Between-treatments	6006.08	1	6006.08	*F* = 1002.76902
Within-treatments	1185.92	198	5.9895	
Total	7192	199		

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างแล้วพบว่า ที่ระดับค่า P มีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงแสดงได้ว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถเปรียบเทียบกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะการปรับปรุงแก้ไข

การสรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการในบทนี้ กล่าวถึงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลและแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อหลักได้แก่

1. สรุปผลการทดลองการหล่อน้ำเย็นของผลิตภัณฑ์
2. ข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาเพิ่มเติม
3. ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สรุปผลการทดลองหล่อเย็นผลิตภัณฑ์

ขวดที่มีการบวมนูนภายในอุโมงค์ Recooler นั่นเป็นผลมาจากเกิดการขยายตัวอย่างรวดเนื่อวัสดุบริเวณฐานของขวด เมื่อมีการบรรจุร้อนทำให้ผิวบริเวณฐานของขวดเกิดการขยายตัวโดยการนูนออกมา เนื่องจากความร้อนและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ จึงส่งผลให้เกิดการบวมนูนในที่สุดในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 28 นาทีหลังจากที่ขวดถูกลำเลียงเข้าไปในอุโมงค์ Recooler แต่หากออกแบบให้มีการหล่อน้ำที่ฐานของขวดทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิที่บริเวณฐานขวด ส่งผลให้ที่ฐานขวดเริ่มมีอุณหภูมิที่ลดลงกว่าเดิมและมีการยุติการบวมที่เร็วขึ้นกว่าเดิม 12 นาที ส่งผลให้ปริมาณบวมเริ่มลดลง จนน้อยที่สุดและการลักษณะของการบวมไม่เกินบริเวณฐานส่งผลให้ขวดไม่เกิดการเอียงหรือล้ม

5.1.2 ผลทดสอบค่าความแตกต่าง

จากการทดสอบค่าความแตกต่างโดยใช้วิธีการ One-Way ANOVA โดยข้อมูลผลการทดลอง 2 ปัจจัย คือการหล่อน้ำและไม่หล่อน้ำที่ฐาน เมื่อนำมาคำนวณค่าความแตกต่าง พบว่ามีค่า P น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าผลการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสาคัญ จึงสามารถนำข้อมูลผลการทดลองมาเปรียบเทียบกันได้

5.2 ข้อเสนอแนะแนวทางแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาเพิ่มเติม

5.2.1 ลดระดับสายพานในอุโมงค์ Recooler

จากผลการทดลองการหล่อน้ำเย็นแสดงให้เห็นว่าการหล่อไหลวนน้ำมีผลช่วยให้การบวมนูนของขวดลดลงได้ จากลักษณะภายในอุโมงค์ Recooler ที่มีแอ่งการระบายน้ำสเปรย์อยู่ตลอดเวลา จึงสามรถนำประโยชน์จากแอ่งนี้มาใช้เป็นน้ำหล่อเย็นบริเวณฐานของขวดได้ โดยมีการเสนอแนวทางให้ลดระดับสายพานภายในอุโมงค์ Recooler เพื่อนำน้ำที่มาจากการระบายสเปรย์มาหล่อที่ฐานเพื่อลดความแตกต่างของอุณหภูมิได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 จัดให้มีการตรวจวัดค่าความดันภายในขวดทุกๆชั่วโมงที่มีการผลิต

จากการตรวจวัดความดันภายในขวดพลาสติกหลังจากการบรรจุร้อนพบว่า ขวดที่มีการบวมมีค่าความดันภายในมากกว่าที่กำหนดซึ่งอยู่ที่ประมาณ 15-17 psi จากการสังเกตขั้นตอนในการวัดค่าความดันภายในขวดพบว่า จะมีการสุ่มตรวจวัดความดันภายในเฉพาะตอนเริ่มผลิต (Start-up time) เท่านั้น ซึ่งเป็นช่วงเวลาหลังจากฝ่ายผสมวัตถุดิบส่งผลิตภัณฑ์มาที่เครื่องบรรจุ ดังนั้นจึงทำให้ไม่ทราบค่าความดันภายในขวดระหว่างการผลิต ส่งผลให้มีขวดที่บวมเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางให้มีการตรวจวัดค่าความดันภายในขวดทุกๆ ชั่วโมงหรือตรวจวัดเมื่อตรวจเจอขวดที่มีสภาพบวม โดยในการตรวจให้มีการตรวจหากตรวจพบขวดที่มีการบวมให้ปรับค่าความดันของไนโตรเจนในเครื่อง Nitrogen Doser ลง แล้วตรวจวัดค่าความดันภายในหลังจากการบรรจุอีกครั้ง และคอยปรับค่าความดันให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

5.2.3 จัดทำมาตรฐานการปรับค่าต่างๆของเครื่องจักร

จากการสังเกตการณ์ปรับค่าเครื่องจักรต่างๆในช่วงเวลาเริ่มต้นการผลิต (Start-up time) พบว่าหากเป็นการเปลี่ยนกะทำงานของพนักงาน การปรับค่าตัวแปรต่างๆจะเปลี่ยนตามความถนัดของพนักงานหรือมีการเลือกการตั้งค่าต่างๆที่ถูกบันทึกในเครื่องจักรมาใช้ จึงต้องมีการปรับให้ค่ามีความสอดคล้องกับกระบวนการทำให้ใช้เวลาเริ่มต้นการผลิต (Start-up time) นานกว่าปกติ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ในช่วงการทดลองปรับค่ามีมากกว่าจำนวนที่อุโมงค์ Recooler รับได้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับให้สอดคล้องกับกระบวนการแล้วต้องหยุดรอเพื่อให้ขวดในช่วงทดลองระบายออกจากอุโมงค์ Recooler ทำให้ขวดที่มีการหยุดรอยิ่งมีอุณหภูมิที่สะสมภายในขวดมากกกว่าปกติ ทำให้เกิดของเสียและขวดที่บวมมากกว่าปกติ

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

1. เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการผลิตต่อเนื่องจึงส่งผลให้บางครั้งมีการผลิตข้ามกะการทำงาน ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลตลอดการผลิตได้ จึงส่งผลให้ข้อมูลมีความไม่ต่อเนื่อง

2. เนื่องจากข้อมูลในการผลิตบางส่วนจัดเป็นความลับของทางบริษัท จึงไม่สามารถนำเสนอในรูปแบบรูปภาพประกอบหรือรายละเอียดเชิงลึกในรูปเล่มรายงานสหกิจศึกษาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. **Concentrated Fruit Juice / น้ำผลไม้เข้มข้น**. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2562. จากเว็บไซต์ http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1711/concentrated-fruit-juice-น้ำผลไม้เข้มข้น
2. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. **Filling Machine / เครื่องบรรจุ**. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2562. จากเว็บไซต์ http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3670/filling-machine-เครื่องบรรจุ
3. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. **Hot Filling / การบรรจุร้อน** สืบค้นเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2562. จากเว็บไซต์ http://www.foodnetworksolution.com /wiki/ word/3873/hot-filling-การบรรจุร้อน
4. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. **Rotary Filling Machine / เครื่องบรรจุแบบโรตารี**. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2562. จากเว็บไซต์ http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4042/rotary-filling-machine-เครื่องบรรจุแบบโรตารี
5. รุจน์ ตัณฑเศรษฐี. **ขวด PET**. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม 2562. จากเว็บไซต์ https:// www.mwa.co.th/ewt_dl_link.php?nid=480
6. ศุภพัฒน์ ปิงตา. **การนำเครื่องมือคุณภาพ ทั้ง 7 (7 QC Tools) มาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม.** สืบค้นเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2563. จากเว็บไซต์ http://www.mut.ac.th/research-detail-25
7. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์. 2541. **สมบัติของพอลิเมอร์**. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 98-102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ค่าเฉลี่ยความนูนของก้นขวด

ผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ยความสูงของขวดที่เกิดการบวม (วัดจากส่วนที่นูนที่สุดของฝาถึง Gate); mm					ความนูนของก้นขวด ;mm
	ค่าเฉลี่ยการวัดครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ยการวัดครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ยการวัดครั้งที่ 3	Mean	SD	
MPO	172.15	172.05	172.05	172.08	0.05	2.82
MPAW	170.9	170.95	170.85	170.9	0.05	2.76
MPD	186.85	186.95	186.9	186.9	0.05	2.94

ตารางบันทึกอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์หลังการบรรจุ

ผลิตภัณฑ์ ตัวอย่าง	**เวลา (นาที) / อุณหภูมิ**					
	0	**30**	**60**	**90**	**120**	**160**
ตัวอย่างที่ 1	84.1	84	84.3	84.5	84.2	83.5
ตัวอย่างที่ 2	84.1	84.3	84.2	83.9	84.1	83.9
ตัวอย่างที่ 3	84	84.5	84	83.9	84.6	83.4
ตัวอย่างที่ 4	84.2	84.1	84.2	84.5	84.1	84.4
ตัวอย่างที่ 5	83.6	84.6	83.9	84.2	84	84.2
ตัวอย่างที่ 6	84.2	84.2	84.4	84.8	84.8	84.3
ตัวอย่างที่ 7	84.6	83.8	84.1	83.9	84.4	83.8
ตัวอย่างที่ 8	84.4	84.2	84.4	84.1	84.4	84.1
ตัวอย่างที่ 9	84.1	83.8	84.1	84.1	84.7	83.8
ตัวอย่างที่ 10	83.5	84	83.9	83.8	84.8	84.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์หลังการบรรจุ

ผลิตภัณฑ์ ตัวอย่าง	เวลา (นาที) / อุณหภูมิ					
	0	30	60	90	120	160
ตัวอย่างที่ 1	84.1	84	84.3	84.5	84.2	83.5
ตัวอย่างที่ 2	84.1	84.3	84.2	83.9	84.1	83.9
ตัวอย่างที่ 3	84	84.5	84	83.9	84.6	83.4
ตัวอย่างที่ 4	84.2	84.1	84.2	84.5	84.1	84.4
ตัวอย่างที่ 5	83.6	84.6	83.9	84.2	84	84.2
ตัวอย่างที่ 6	84.2	84.2	84.4	84.8	84.8	84.3
ตัวอย่างที่ 7	84.6	83.8	84.1	83.9	84.4	83.8
ตัวอย่างที่ 8	84.4	84.2	84.4	84.1	84.4	84.1
ตัวอย่างที่ 9	84.1	83.8	84.1	84.1	84.7	83.8
ตัวอย่างที่ 10	83.5	84	83.9	83.8	84.8	84.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายศุภกานต์ ภูมิตระกูล
วัน เดือน ปีเกิด	19 มิถุนายน พ.ศ. 2541 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	185 (2104/143) หมู่บ้านเดซา ซอยรามคำแหง 26/2 แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240 โทร 082-9583335
ประวัติการศึกษา	2559 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้