

การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องบรรจุหลอดบีบสำหรับเครื่องสำอาง
โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ

นางสาวพุลพิศ นามปิ่น



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ.2562

Quality Process Improvement of Cosmetic Tube Filling Machine

by Applying QC Tool

Miss Pullpis Nampan



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for
the Degree of Master of Science in Industrial Technology

School of Science and Technology

Sukhothai Thammathirat Open University

2019

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องบรรจุหลอดบีบสำหรับเครื่องสำอาง
โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ

ชื่อและนามสกุล นางสาวพุลพิศ นามปิ่น

แขนงวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี ชีรธรรมากร
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ทิมทรัพย์

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรชัย ราชตะนะพันธ์)



..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี ชีรธรรมากร)



..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ทิมทรัพย์)



..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร พุทธาพิทักษ์ผล)

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องบรรจุหลอดบีบสำหรับเครื่องสำอาง

โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ

ผู้วิจัย นางสาวพูลพิศ นามปิ่น รหัสนักศึกษา 2609600560

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม)

อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร. สุภาวดี ชีรธรรมากร (2) รองศาสตราจารย์ ดร. สมบัติ

ทิฆมทรัพย์ ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาหาสาเหตุที่ทำให้เกิดหลอดเสียในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบโดยใช้เครื่องมือคุณภาพ และ (2) ลดปัญหาหลอดเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอาง เมื่อปรับกระบวนการบรรจุของเครื่องบรรจุหลอดบีบ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง หลอดบีบที่ใช้เป็นหลอดรี เนื่องจากพบจำนวนของเสียมากกว่ามาตรฐานที่กำหนด ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย การศึกษากระบวนการผลิตเครื่องสำอางโดยใช้หลัก 3 จริง เก็บรวบรวมข้อมูลของเสียโดยใช้แผนตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูลของเสียเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหาโดยใช้แผนภูมิพาเรโต วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภูมิแก๊งปลา ดำเนินการพิสูจน์สาเหตุโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัญหาโดยการตั้งคำถาม 6 ข้อ (5W1H) และเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ สำหรับ 3 ปัจจัย (8 การทดลอง) และทำการทดลองซ้ำอีกครั้งรวม 16 การทดลอง เพื่อหาปัจจัยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ทำให้เกิดของเสียน้อยที่สุด

ผลการวิจัยพบว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย คือ ลักษณะปลายหลอด ความเร็วเครื่องบรรจุ และรูปแบบการรองรับหลอด ก่อนการดำเนินการแก้ไขพบของเสียร้อยละ 2.14 ของจำนวนการผลิต หลังจากการปรับกระบวนการบรรจุของเครื่องบรรจุหลอดบีบ ของเสียลดลงเหลือร้อยละ 0.09 ของจำนวนการผลิต นอกจากนี้การวิเคราะห์ค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการผลิตพบว่า ค่าดัชนีวัดศักยภาพของกระบวนการในระยะยาว (P_p) และค่าดัชนีวัดสมรรถนะของกระบวนการในระยะยาว (P_{pk}) หลังการปรับปรุงมากกว่าก่อนการปรับปรุงแก้ไข และมีค่ามากกว่า 1 แสดงถึงความสามารถของกระบวนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตที่วัดได้หลังการปรับปรุง เพิ่มขึ้นอย่างมากถึงร้อยละ 71

คำสำคัญ การเพิ่มประสิทธิภาพ การลดของเสีย เครื่องมือคุณภาพ กระบวนการบรรจุเครื่องสำอาง หลอดบีบ

Thesis title: Quality Process Improvement of Cosmetic Tube Filling Machine
by Applying QC Tool

Researcher: Miss. Pullpis Nampan; **ID:** 2609600560

Degree: Master of Science (Industrial Technology);

Thesis advisor: (1) Dr. Supawadee Theerathamkorn, Associate Professor;

(2) Dr.Sombat Teekasab, Associate Professor; Academic year: 2019

Abstract

The purpose of this research is to (1) investigate the causes of waste tubes in cosmetic packaging using a tube filling machine by applying quality control tool and (2) reduce waste tubes occurring in cosmetic packaging processes when adjusting the filling process of the tube filling machine.

This research is an experimental research of an automatic tube filling machine for cosmetic product. Cosmetic tube type used is oval tube due to the amount of waste found more than a standard specification. The study process consists of studying the process of manufacturing a cosmetic using 3 principles. Collecting waste data using a check sheet. Analyze waste data to prioritize problems by using the pareto chart. Analyze the root cause of the problem using the fishbone chart. Proven cause analysis using problem analysis techniques using 6 questions (5W1H) and full factorial design techniques for 3 factors (8 experiments) and repeated the experiment again, total 16 the experiment to find the factor in setting up the machine that causes the least waste

The result of the research showed that the waste cause was the tube tip, filling machine speed, and tube support forms. Before the amendment process, the amount of production is found 2.14 percent. After adjusting the filling process of the tube filling machine, total waste was reduced to 0.09 percent. In addition, analyzing the capability index of the production process found that the index of long-term process potential (P_p) and the index of long-term process performance (P_{pk}) after the improvement were greater than one which showed the capability of the production process to increase. In addition, the production process efficiency after improvement increased approximately 71 percent.

Keywords: Productivity, Waste reduction, Quality tools, Cosmetic tube filling process

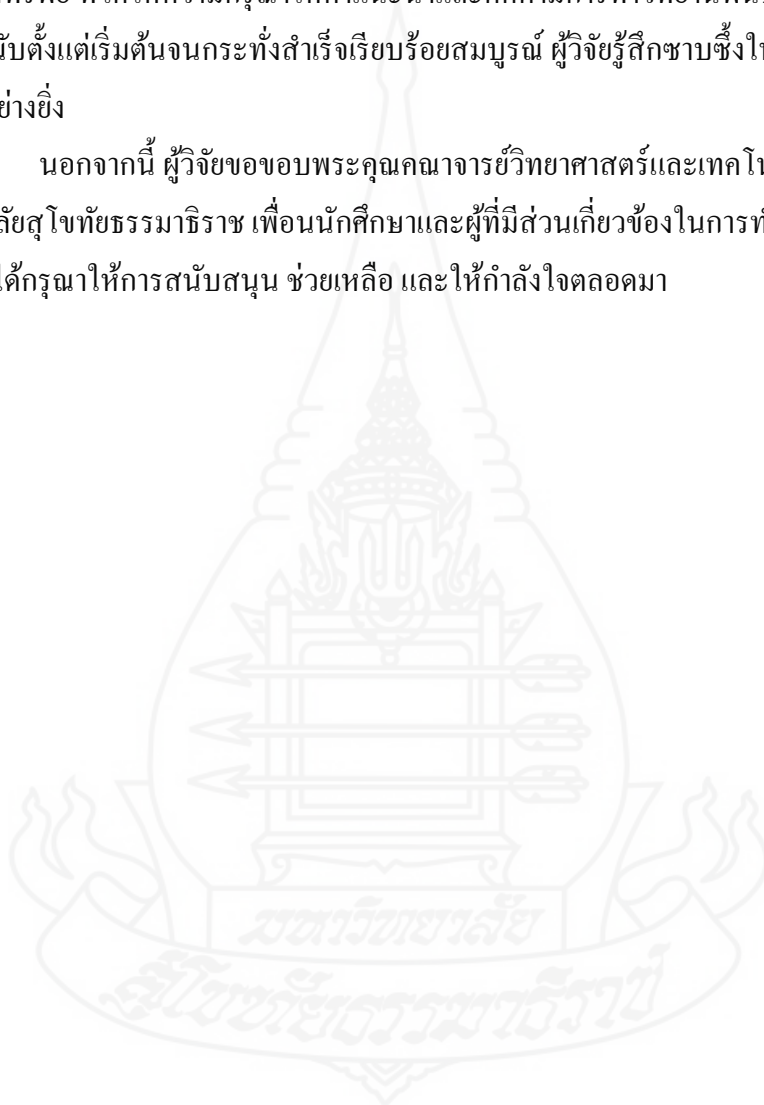
กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. สุภาวดี ชีรธรรมากร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และรองศาสตราจารย์ ดร. สมบัติ ทิมทรัพย์ ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อนักศึกษาและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

พุลพิศ นามปิ่น

ธันวาคม 2562

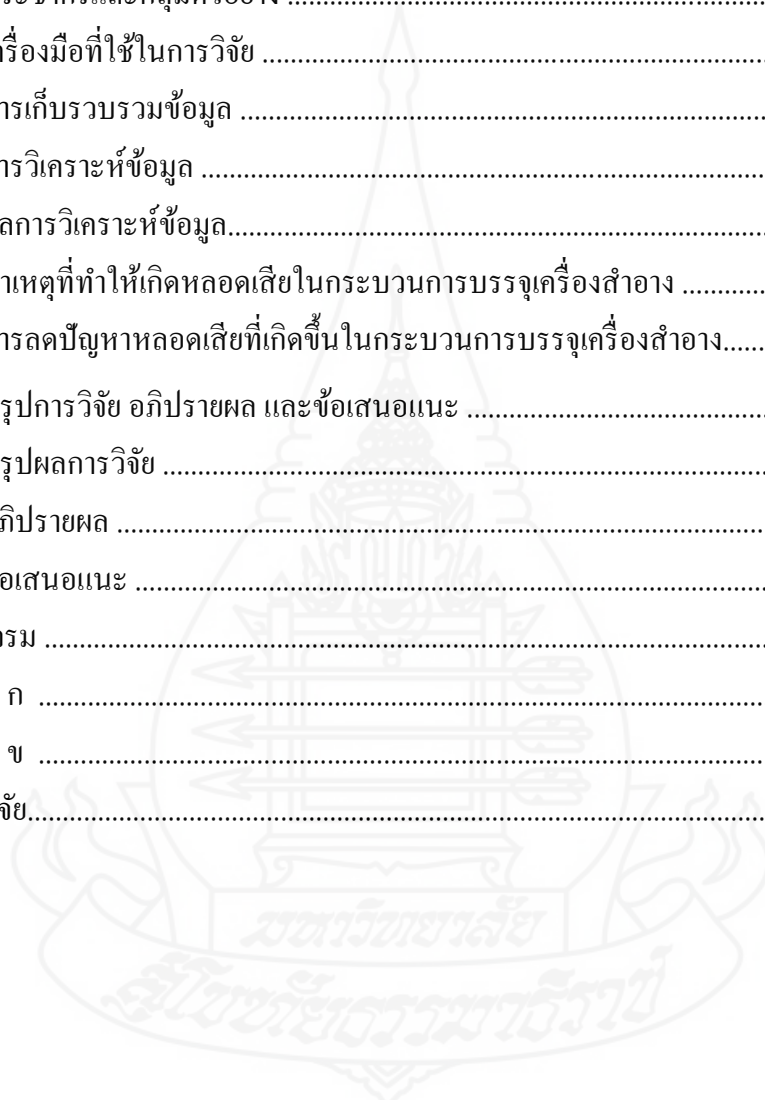


สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	6
กรอบแนวคิดการวิจัย	6
สมมติฐานของการวิจัย	7
ขอบเขตการวิจัย.....	8
ข้อจำกัดในการวิจัย.....	8
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	10
การแก้ปัญหาแบบทวิวิธี	10
เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tool)	21
วงจรเดมมิ่ง PDCA	33
การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE).....	35
การประเมินความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลแบบนับ.....	38
เครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัติ หมายเลข FL-35.....	39
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	55
ศึกษาสภาพปัจจุบันเพื่อกำหนดเป้าหมายและวางมาตรการแก้ไข	55
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	59
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	60
การเก็บรวบรวมข้อมูล	61
การวิเคราะห์ข้อมูล	61
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	63
สาเหตุที่ทำให้เกิดหอดเสียในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอาง	63
การลดปัญหาหอดเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอาง.....	73
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	79
สรุปผลการวิจัย	79
อภิปรายผล	80
ข้อเสนอแนะ	81
บรรณานุกรม	82
ภาคผนวก ก	84
ภาคผนวก ข	99
ประวัติผู้วิจัย.....	118



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	ข้อมูลรายละเอียดของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ (tube filling machine) แยกตามหมายเลขเครื่อง FL-44,FL-67 และ FL-75.....	5
ตารางที่ 1.2	ข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นแยกตามหมายเลขเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติในเดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561.....	5
ตารางที่ 1.3	ข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติหมายเลข FL-75 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 แยกตามประเภทลักษณะรูปทรงหลอด.....	6
ตารางที่ 2.1	การปรับปรุงตามหลักของวิศวกรรมอุตสาหกรรม.....	19
ตารางที่ 2.2	ตารางแสดงตัวอย่างกราฟรูปแบบต่างๆ.....	26
ตารางที่ 2.3	ลักษณะต่างๆ ของฮีส โทแกรม.....	32
ตารางที่ 2.4	การเปรียบเทียบรูปแบบของอุปกรณ์รองรับและจับหลอดรูปแบบที่ 1 : ลักษณะเขียวแบบถี่และเล็กกับรูปแบบที่ 2 : ลักษณะเขียวแบบห่างและใหญ่.....	50
ตารางที่ 3.1	สาเหตุหลักของปัญหาหลอดเอียงและหลอดยับที่ได้จากแผนผังก้างปลาและหลักการ 4M	59
ตารางที่ 4.1	ลำดับการทดลองของการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3 ปัจจัย โดยใช้เทคนิคการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง และผลตอบสนอง(ร้อยละของของเสีย).....	67
ตารางที่ 4.2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ.....	68
ตารางที่ 4.3	สรุปผลการพิสูจน์สาเหตุ.....	73
ตารางที่ 4.4	ผลการดำเนินการเปรียบเทียบก่อนแก้ไขปรับปรุงและหลังแก้ไขปรับปรุง.....	76
ตารางที่ 4.5	ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง.....	77
ตารางที่ 4.6	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตหลอดรีก่อนและหลังปรับปรุง.....	78

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1	มูลค่าตลาดเครื่องสำอางในประเทศไทย.....	1
ภาพที่ 1.2	มูลค่าการส่งออกเครื่องสำอางของไทย.....	2
ภาพที่ 1.3	สัดส่วนการผลิตตามสิ่งผลิตประจำเดือนแยกตามหน่วยงาน.....	3
ภาพที่ 1.4	สัดส่วนของเสียแยกตามประเภทเครื่องจักรที่ใช้ในการบรรจุ.....	4
ภาพที่ 1.5	กราฟแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียแยกตามหมายเลขเครื่องบรรจุหลอดบีบ อัตโนมัติในเดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561	6
ภาพที่ 1.6	กรอบแนวคิดการวิจัย.....	7
ภาพที่ 2.1	นิยามของปัญหาแบบคิวซี.....	10
ภาพที่ 2.2	แสดง 4 ประเภทของปัญหา.....	11
ภาพที่ 2.3	กระบวนการแก้ปัญหา.....	13
ภาพที่ 2.4	ข้อเปรียบเทียบการรับมือกับปัญหา 2 แบบ.....	14
ภาพที่ 2.5	ขั้นตอนมาตรฐานในการระบุตัวปัญหา.....	15
ภาพที่ 2.6	องค์ประกอบในการแก้ปัญหา.....	16
ภาพที่ 2.7	มาตรฐาน คือ ความพยายามมิให้ปัญหาเกิดซ้ำ.....	20
ภาพที่ 2.8	ตัวอย่างแผ่นตรวจสอบ (Check Sheet).....	22
ภาพที่ 2.9	การวิเคราะห์แบบพาเรโต	23
ภาพที่ 2.10	ตัวอย่างแผนผังพาเรโต.....	25
ภาพที่ 2.11	ลักษณะแผนภาพก้างปลา.....	28
ภาพที่ 2.12	ตัวอย่างผังการกระจายของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตัวแปร X,Y.....	29
ภาพที่ 2.13	ลักษณะจุดบ่งบอกกระบวนการผลิตที่เกิดปัญหา.....	30
ภาพที่ 2.14	เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL – 75.....	39
ภาพที่ 2.15	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL – 75.....	41
ภาพที่ 2.16	ภาพที่ 2.16 ลักษณะโครงสร้างของอุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 1.....	42-43
ภาพที่ 2.17	การสัมผัสหลอดกับอุปกรณ์ส่งหลอดของหลอดที่มีลักษณะปลายหลอดรี.....	43
ภาพที่ 2.18	ลักษณะของอุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 2 ความโค้งงอของอุปกรณ์ส่งหลอด มากกว่าความโค้งงอของรูปทรงหลอดด้านปลายหลอด	44
ภาพที่ 2.19	ลักษณะปลายหลอดสัมผัสกับอุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 2	45
ภาพที่ 2.20	ภาพที่ 2.20 อุปกรณ์ส่งหลอดที่ต่อเข้ากับระบบตัวสร้างสุญญากาศ	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 2.21 การตบหลอดของอุปกรณ์ตบหลอด.....	47
ภาพที่ 2.22 การทำงานของอุปกรณ์หมุนหลอด (centering cone).....	48
ภาพที่ 2.23 อุปกรณ์จับหลอด (tube holder) ที่รัดหลอดแน่นจนเกินไป.....	49
ภาพที่ 2.24 อุปกรณ์จับหลอด (tube holder) ที่รัดหลอดหลวมเกินไป.....	49
ภาพที่ 3.1 แผนภูมิพาเรโตแสดงจำนวนของเสียและร้อยละของของเสียแยกตามผลิตภัณฑ์ ประเภทหลอดรีที่ทำการผลิตที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัติ หมายเลข FL-75 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561	56
ภาพที่ 3.2 ลักษณะอาการของเสียที่เกิดที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัติ หมายเลข FL-75 ของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109.....	57
ภาพที่ 3.3 แผนภูมิพาเรโตแสดงจำนวนของเสียและร้อยละของเสียของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัติ หมายเลข FL-75 ตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561.....	58
ภาพที่ 4.1 ร้อยละของของเสียแยกตามลักษณะปลายหลอด.....	65
ภาพที่ 4.2 ร้อยละของของเสียแยกตามประเภทของอาการตามความเร็วของเครื่องจักร.....	66
ภาพที่ 4.3 การวิเคราะห์แผนภูมิพาเรโต (pareto chart of the standardized effect).....	69
ภาพที่ 4.4 การวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด (Residual).....	70
ภาพที่ 4.5 การวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยหลัก (main effect plot)	71
ภาพที่ 4.6 รูปภาพสรุปปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ของเสียอาการหลอดเอียงและ หลอดยับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ.....	72
ภาพที่ 4.7 การเพิ่มแรงดูดสุญญากาศที่ตัวส่งหลอดเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงแก้ไข และหลังการปรับปรุงแก้ไข.....	74
ภาพที่ 4.8 รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอดเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงแก้ไข และหลังการปรับปรุงแก้ไข.....	75
ภาพที่ 4.9 ร้อยละของของเสียแยกตามอาการของของเสียเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง.....	76

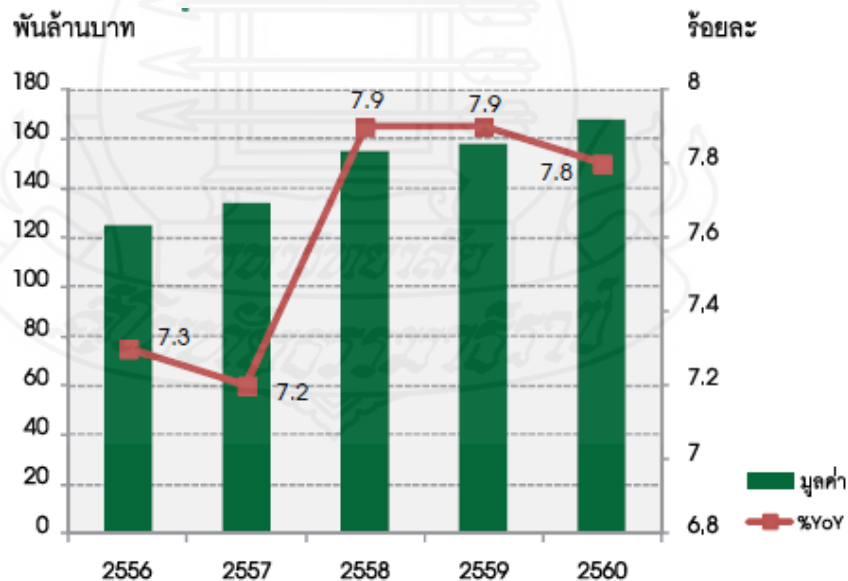
บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง (Cosmetics industry) เป็นอุตสาหกรรมที่กำลังมีอัตราการเติบโตและขยายตัวอย่างสูง แนวโน้มของผู้บริโภคที่มีความสนใจและใส่ใจในการดูแลตัวเอง ทั้งความงามและผิวพรรณส่งผลต่อตลาดเครื่องสำอางให้มีการแข่งขันที่สูงขึ้น จากข้อมูลของ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กระทรวงพาณิชย์ ประเมินว่า ตลาดเครื่องสำอางของประเทศไทยมีการขยายตัวและเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปี 2560 ที่ผ่านมามีมูลค่าการตลาดรวมของ อุตสาหกรรมเครื่องสำอางของไทยประมาณ 2.51 แสนล้านบาท (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กระทรวงพาณิชย์, 2561) โดยแบ่งเป็นตลาดในประเทศร้อยละ 66.9 และตลาดส่งออก ร้อยละ 33.1 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

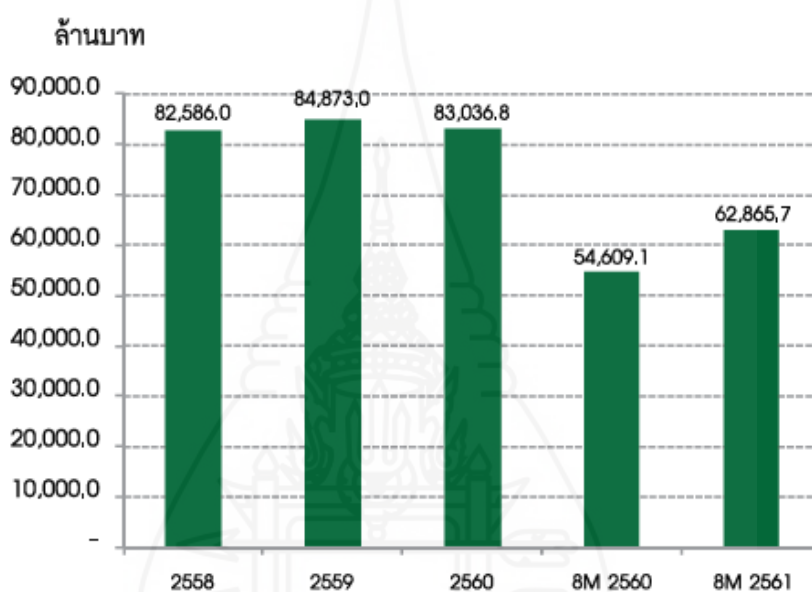
1.1 ตลาดเครื่องสำอางในประเทศไทย ในปี 2560 มีมูลค่าการตลาดประมาณ 1.68 แสนล้านบาท ซึ่งเป็นการเติบโตถึงร้อยละ 7.8 ตามผลประกอบการแบบรายปี จะเห็นได้ว่าตลาดเครื่องสำอางนั้นมีการขยายตัวและเติบโตเฉลี่ยต่อปีประมาณร้อยละ 7.6 ในระหว่างปี 2556-2560 (ภาพที่ 1.1)



ภาพที่ 1.1 มูลค่าตลาดเครื่องสำอางในประเทศไทย

ที่มา : ศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2561,น.3)

2. ตลาดส่งออก ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางของไทยได้รับความนิยมในต่างประเทศเนื่องจากความเชื่อมั่นในคุณภาพมาตรฐานการผลิตและความปลอดภัย รวมถึงวัตถุดิบธรรมชาติที่นำมาใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง ส่งผลให้ในปี 2560 ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกเครื่องสำอาง 83,036.8 ล้านบาท ขณะที่ในช่วง 8 เดือนแรกของปี 2561 การส่งออกเครื่องสำอางของไทยมีมูลค่า 62,865.7 ล้านบาท (ภาพที่ 1.2) ขยายตัวและเติบโตร้อยละ 15.1 ตลาดเครื่องสำอางของไทยที่สำคัญ เช่น จีน ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย และกลุ่มประเทศอาเซียน เป็นต้น



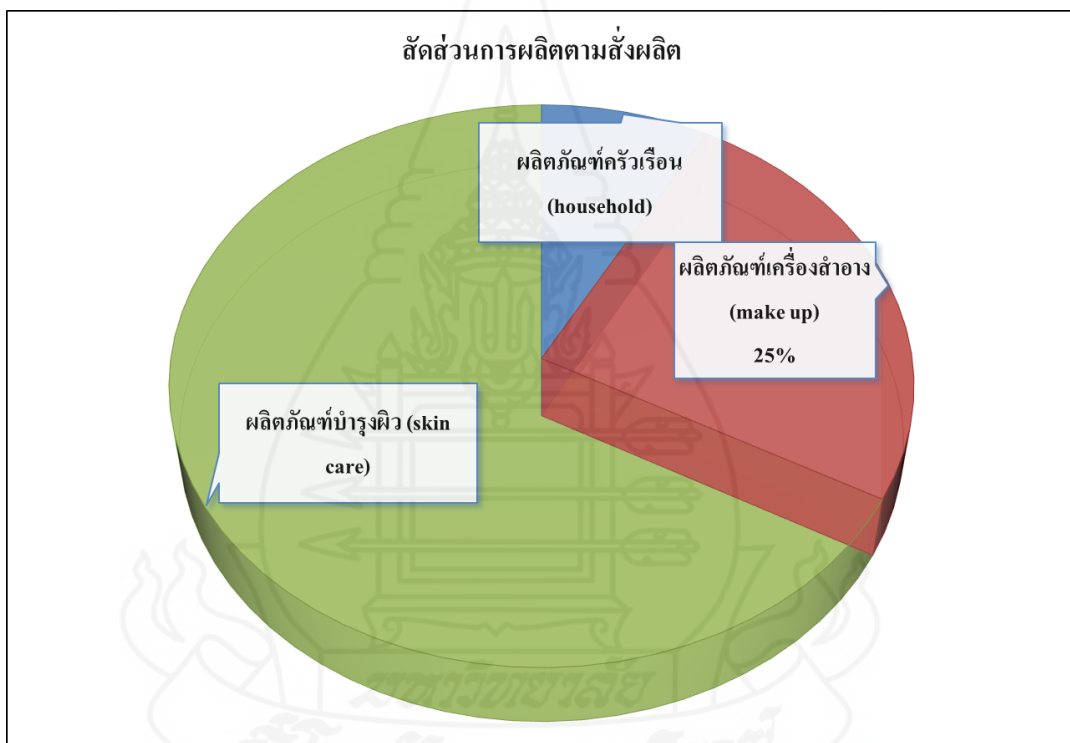
ภาพที่ 1.2 มูลค่าการส่งออกเครื่องสำอางของไทย

ที่มา : ศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2561,น.4)

จากมูลค่าการตลาดเครื่องสำอางทั้งในประเทศและตลาดส่งออกที่สูง ทำให้ผู้ผลิตหรือผู้ประกอบการสนใจที่จะเข้าร่วมลงทุนในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางของไทยเป็นจำนวนมาก โดยมีผู้ประกอบการเครื่องสำอางที่ดำเนินการอยู่แล้วในปี 2560 จำนวน 2,402 ราย ซึ่งแบ่งเป็นบริษัทจำกัด 2,100 ราย ห้างหุ้นส่วนจำกัด/ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคล 297 ราย และบริษัทมหาชนจำกัด 5 ราย เงินลงทุนของธุรกิจรวมจำนวน 14,062 ล้านบาท แบ่งเป็นบริษัทสัญชาติไทยร้อยละ 63.1 และต่างชาติร้อยละ 36.9 ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกเครื่องสำอางอันดับที่ 17 ของโลกและอันดับ 2 ของเอเชียรองจากญี่ปุ่น (กลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2560)

การผลิตเครื่องสำอางของประเทศไทยต้องใช้เงินทุนในการดำเนินการซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนวัตถุดิบ ต้นทุนบรรจุภัณฑ์ และต้นทุนอื่นๆ เช่น ค่าจ้างงาน ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและค่า โสหุ่ยต่างๆ เป็นต้น โดยค่าบรรจุภัณฑ์คิดเป็นสัดส่วนที่สูงถึงประมาณร้อยละ 50-70 ของต้นทุน ทั้งหมด จากการแข่งขันที่สูงและต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นของอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง ทำให้ผู้ผลิตต้องพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้ในแง่ของคุณภาพและ สามารถควบคุมหรือลดต้นทุนการผลิตเพื่อให้สามารถคงอยู่ได้ในทุกสภาวะเศรษฐกิจ

จากข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทในกลุ่มธุรกิจอุตสาหกรรมเครื่องสำอางแห่งหนึ่งพบว่า กลุ่ม สินค้าที่ผลิตในช่วงเดือนมกราคมถึงตุลาคม พ.ศ. 2561 สินค้ากลุ่มผลิตภัณฑ์บำรุงผิว (skin care) เป็นสินค้าที่มีการผลิตในสัดส่วนที่สูงถึงร้อยละ 67



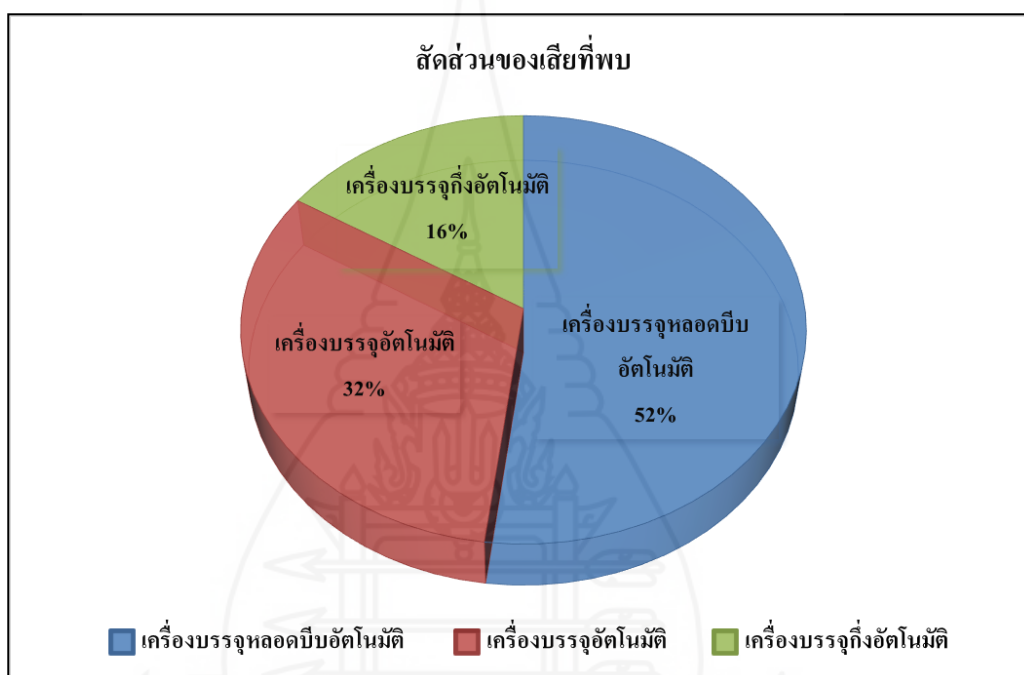
ภาพที่ 1.3 สัดส่วนการผลิตตามสิ่งผลิตประจำเดือนแยกตามกลุ่มสินค้า
ที่มา : รายงานสิ่งผลิตประจำเดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม (2561, หน้า 1-10)

ขั้นตอนที่พบของเสียมากที่สุดคือขั้นตอนการบรรจุ (Filling) ซึ่งเครื่องจักรหลักที่ใช้ในการบรรจุมี 3 ประเภท ดังนี้

1. เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ (tube filling machine) สำหรับสินค้าประเภทหลอดบีบ
2. เครื่องบรรจุอัตโนมัติ (automatic filling machine) สำหรับสินค้าประเภทขวด

3. เครื่องบรรจุกึ่งอัตโนมัติ (semi-automatic filling machine) สำหรับสินค้าประเภทขวด และกระปุก

โดยมีสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่แยกตามประเภทเครื่องบรรจุ ดังภาพที่ 1.4 กล่าวคือเครื่องบรรจุที่มีสัดส่วนของเสียมากที่สุดคือ เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ (tube filling machine) คิดเป็นร้อยละ 52 รองลงมาคือ เครื่องบรรจุอัตโนมัติ (automatic filling machine) คิดเป็นร้อยละ 32



ภาพที่ 1.4 สัดส่วนของเสียแยกตามประเภทเครื่องจักรที่ใช้ในการบรรจุ

จากภาพที่ 1.4 สัดส่วนของเสียแยกตามประเภทเครื่องจักรที่ใช้ในการบรรจุ พบว่า เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ (tube filling machine) สำหรับบรรจุสินค้าประเภทหลอดบีบ มีอยู่ด้วยกัน 3 เครื่อง ได้แก่ FL-44, FL-67 และ FL-75 ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องจักรดังนี้

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลรายละเอียดของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัดโนมตี (tube filling machine) แยกตามหมายเลขเครื่อง FL-44,FL-67 และ FL-75

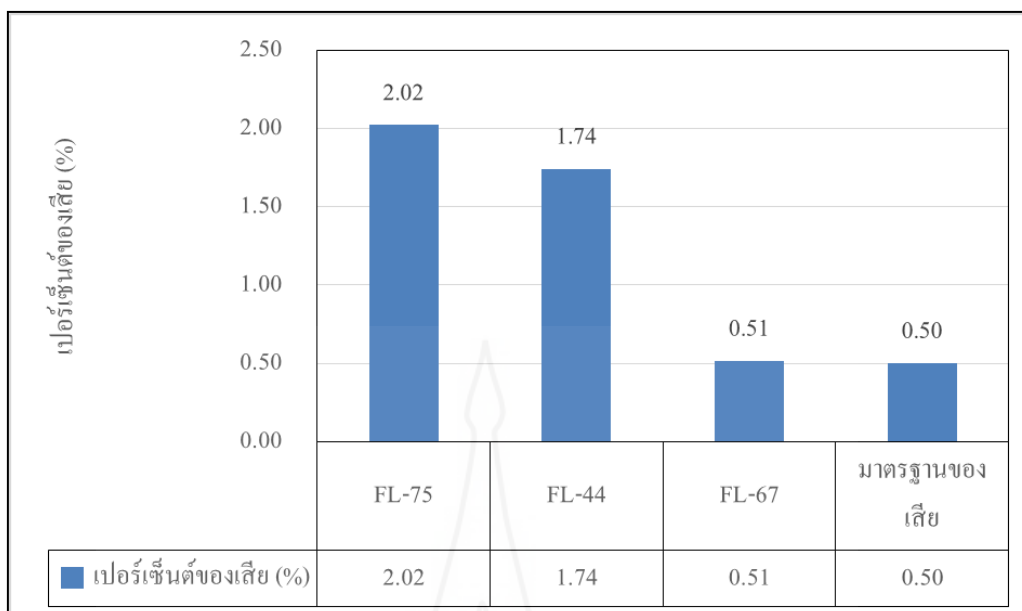
หมายเลขเครื่อง	ระบบการบรรจุ	ระบบการทำงาน	ระบบควบคุม	ชนิดหลอด	ขนาดของหลอด
FL-44	ลูกสูบตวงปริมาตร (Volumetric Piston Filling System)	กลไกลูกเบี้ยวอัตโนมัติ (Fully Automatic Cam Mechanism)	ใช้อินเวอร์เตอร์ (Inverters) ควบคุมความเร็วรอบและใช้ PLC ¹ ควบคุมกลไกต่างๆ	ทรงกลม	ได้ทุกขนาด
FL-67	ลูกสูบตวงปริมาตร (Volumetric Piston Filling System)	กลไกลูกเบี้ยวอัตโนมัติ (Fully Automatic Cam Mechanism)	ใช้เซอร์โว (Servo) ควบคุมความเร็วรอบและใช้ PLC ¹ ควบคุมกลไกต่างๆ	ทรงกลม	เฉพาะขนาด ≥ 20 กรัม
FL-75	ลูกสูบตวงปริมาตร (Volumetric Piston Filling System)	กลไกลูกเบี้ยวอัตโนมัติ (Fully Automatic Cam Mechanism)	ใช้เซอร์โว (Servo) ควบคุมความเร็วรอบและใช้ PLC ¹ ควบคุมกลไกต่างๆ	ทรงกลม/ ทรงรี	เฉพาะขนาด ≥ 20 กรัม

PLC¹ (Programmable Logic Control) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร โดยมี ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นสมองสั่งการ

จากการเก็บข้อมูลจำนวนสิ่งผลิตและจำนวนของเสียของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัดโนมตี ทั้ง 3 เครื่อง ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 เพื่อใช้จัดลำดับความสำคัญ และเลือกมาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์และใช้ในการศึกษาทำการวิจัย ดังตารางที่ 1.2 และภาพที่ 1.5 พบว่า ของเสียที่เกิดจากการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัดโนมตีหมายเลข FL-75 มีเปอร์เซ็นต์ของเสียมากที่สุด คือร้อยละ 2.02 มากกว่ามาตรฐานของเสียที่กำหนดไว้ คือร้อยละ 0.5 ทางผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องบรรจุหลอดบีบอัดโนมตีหมายเลข FL-75 มาทำการปรับปรุงแก้ไข สำหรับศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ตารางที่ 1.2 ข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นแยกตามหมายเลขเครื่องบรรจุหลอดบีบอัดโนมตีในเดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561

เครื่องบรรจุหลอดบีบอัดโนมตี	จำนวนการผลิต (ชิ้น)	จำนวนของดี (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
FL-44	579,639	569,547	10,092	1.74
FL-67	1,383,708	1,376,588	7,120	0.51
FL-75	663,000	650,605	13,395	2.02
รวม	2,626,347	2,596,740	29,607	1.13



ภาพที่ 1.5 กราฟแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียแยกตามหมายเลขเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัตินในเดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัตินหมายเลข FL-75 ที่ใช้ในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างจากเครื่องหมายเลข FL-44 และ FL-67 คือสามารถใส่บรรจุผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหลอดทรงกลมและทรงรี และจากการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดจากกระบวนการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัตินหมายเลข FL-75 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำการบรรจุด้วยเครื่องหมายเลข FL-75 ที่มีลักษณะหลอดทรงรีพบจำนวนของเสีย 7,671 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 2.52 ของจำนวนหลอดทรงรีที่ทำการบรรจุทั้งหมด 304,316 ชิ้น ซึ่งมากกว่าหลอดทรงกลมที่พบจำนวนของเสีย 4,724 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 1.32 ของจำนวนหลอดทรงกลมที่ทำการบรรจุทั้งหมด 358,684 ชิ้น

ตารางที่ 1.3 ข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัตินหมายเลข FL-75 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 แยกตามประเภทลักษณะรูปทรงหลอด

ประเภทหลอด	จำนวนการผลิต (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
ทรงกลม	358,684	4,724	1.32
ทรงรี	304,316	7,671	2.52
รวม	663,000	12,395	1.87

ดังนั้น ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาเพื่อลดของเสียของหลอดทรงรีที่ผลิตขณะ
บรรจุด้วยเครื่องหมายเลข FL-75

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาสาเหตุที่ทำให้เกิดหลอดเสียในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางด้วย
เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติโดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ
2. เพื่อลดปัญหาหลอดเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอาง เมื่อปรับ
กระบวนการบรรจุของเครื่องบรรจุหลอดบีบ

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อหาสาเหตุและแนวทางแก้ไขเพื่อลดของเสียที่
เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติหมายเลข FL-75 โดย
ใช้เครื่องมือคุณภาพ QC Tool โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพที่ 1.6

- 3.1 ตัวแปรต้น คือ ลักษณะปลายหลอด ความเร็วเครื่องบรรจุ รูปทรงตัวส่งหลอด
แรงดูดที่ตัวส่งหลอด และรูปแบบของตัวจับหลอด
- 3.2 ตัวแปรตาม คือ จำนวนหลอดเสีย



ภาพที่ 1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

การปรับกระบวนการปิดผนึกปลายหลอดบีบของเครื่องบรรจุเครื่องสำอาง ด้วย
วิธีการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ ทำให้หลอดเสียลดลงน้อยกว่าร้อยละ 0.5

5. ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตในการวิจัย ผู้วิจัยใช้โรงงานผลิตเครื่องสำอางแห่งหนึ่งโดยจำกัดการวิจัยไว้เพียงพื้นที่ฝ่ายผลิตและกำหนดตัวแปรควบคุม คือ เนื้อผลิตภัณฑ์รอบบรรจุ (Bulk), หลอด และสถานะการบรรจุตามมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติหมายเลข FL-75

6. ข้อจำกัดในการวิจัย

เนื่องจากในระหว่างการดำเนินการวิจัย พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษามีการปรับเปลี่ยนสูตรการผลิตทำให้ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยไม่เป็นไปตามแผนการที่ได้ระบุไว้

7. นิยามศัพท์เฉพาะ

7.1 เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติหมายเลข FL-75 คือ เครื่องบรรจุอัตโนมัติสำหรับบรรจุเครื่องสำอางประเภทหลอดบีบ หมายเลขเครื่อง FL-75

7.2 บัลค์ (Bulk) คือ เนื้อผลิตภัณฑ์รอบบรรจุ ที่เกิดจากการนำวัตถุดิบมาผ่านกระบวนการผสมจนเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

7.3 PK คือ Packaging หรือบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่ Bulk มีลักษณะเป็นหลอดบีบขนาดแตกต่างกันไป

7.4 FG คือ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนกระบวนการบรรจุหีบห่อจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเพื่อรอการจัดจำหน่าย

7.5 ไซส์ पार्ट (size part) คือ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงหลอดบีบและนำหลอดบีบไปยังสถานีต่างๆ ของเครื่องบรรจุหลอด

7.6 อุปกรณ์ส่งหลอด (Infeed Prism) คือ อุปกรณ์ส่งหลอดบีบ จากรางเรียงหลอดไปยังอุปกรณ์รองรับและจับหลอด (Tube Holder)

7.7 อุปกรณ์รองรับและจับหลอด (Tube Holder) คือ อุปกรณ์รองรับและจับหลอดบีบ เพื่อนำหลอดบีบไปยังสถานีต่างๆ ของเครื่อง

7.8 หลอดเสียหรือของเสีย คือ หลอดบีบที่มีลักษณะไม่เหมือนมาตรฐานกำหนด

7.9 หลอดรี คือ หลอดที่บีบมีลักษณะรูปทรงของฝาเป็นรูปทรงรี

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 สามารถนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้ในการหาสาเหตุที่ทำให้เกิดหอดเสียในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดอัตโนมัติแบบอื่นได้

8.2 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดอัตโนมัติ



บทที่ 2

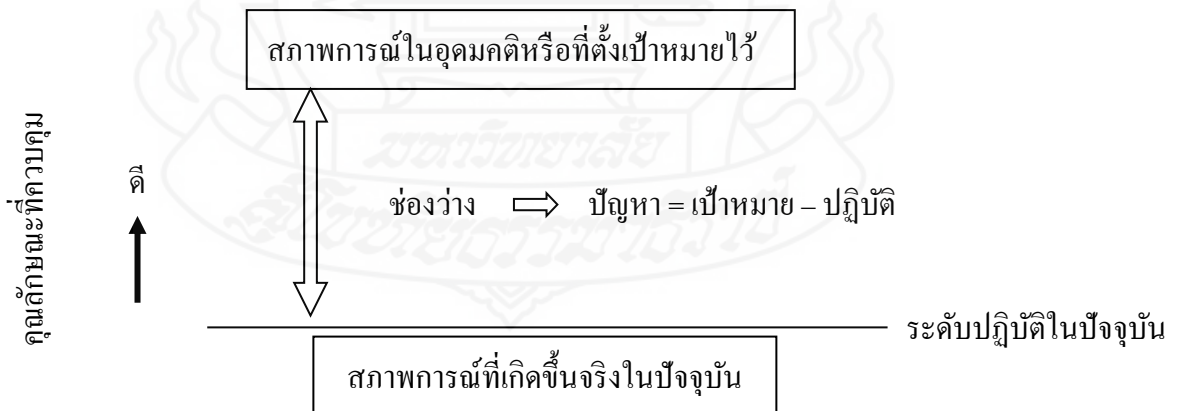
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้ได้กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และทฤษฎีต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาเพื่อลดข้อเสียดังกล่าวจากการบรรจุเครื่องสำอาง โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ารวบรวมทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากแหล่งความรู้ต่างๆ ได้แก่ อินเทอร์เน็ต หนังสือ บทความ และงานวิจัยอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

1. การแก้ปัญหาแบบคิวิซี
2. เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools)
3. วงจรเดมมิง PDCA
4. การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE)
5. การประเมินความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลแบบนับ
6. เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การแก้ปัญหาแบบคิวิซี

ปัญหาตามแนวคิดแบบคิวิซี คือ ช่องว่างระหว่างสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นจริงๆ ในปัจจุบัน เทียบกับสภาพการณ์ในอุดมคติหรือที่ตั้งเป้าหมายไว้



ภาพที่ 2.1 นิยามของปัญหาแบบคิวิซี

ที่มา : ปรับปรุงจาก วีรพงษ์ (2548,น.20)

1.1 การจัดประเภทของปัญหา การจัดแบ่งประเภทของปัญหาตามสาเหตุและวิธีแก้ไข ทำให้สามารถจัดแบ่งปัญหาออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.2

มาตรการแก้ไขปัญหา	ไม่ทราบ	ประเภท B	ประเภท A
		ปัญหาที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีที่สูงกว่าในปัจจุบัน	ประเภทปัญหาที่มีคุณค่าอย่างยิ่งในการแก้ไข
	ทราบ	ประเภท C	ประเภท D
		ปัญหาอื่นๆ	ปัญหาที่ต้องการความใส่ใจดูแล
	ทราบ	ไม่ทราบ	
สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา			

ภาพที่ 2.2 ประเภทของปัญหา 4 ประเภท

ที่มา : ปรับปรุงจาก วีรพงษ์ (2548,น.22)

1.2 ประเภทของปัญหา สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) ประเภท C (ปัญหาอื่นๆ) คือปัญหาที่ทราบสาเหตุของปัญหาและทราบวิธีแก้ไข เป็นปัญหาประจำวันที่ควบคู่กับการปฏิบัติงานทั่วไป เมื่อพบปัญหาที่สามารถทราบสาเหตุที่แท้จริงพร้อมหามาตรการแก้ไขได้เลย เช่น อุณหภูมิของของเหลวในกระบวนการผลิตผันแปรไป สาเหตุเพราะไม่ได้ติดตั้งเทอร์โมสตัทให้ชุดฮีตเตอร์ สามารถแก้ไขโดยการจัดการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ชนิดควบคุมอุณหภูมิลงในชุดฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่ให้ความร้อนแก่ของเหลว นั้น เป็นต้น

2) ประเภท B (ปัญหาที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีที่สูงกว่าในปัจจุบัน) คือ ปัญหาที่ทราบสาเหตุแต่ไม่ทราบวิธีแก้ไข เป็นปัญหาที่อาจพบได้ไม่บ่อยแต่มีความลำบากในการแก้ไขและอาจไม่สามารถแก้ไขได้โดยระดับปฏิบัติการ ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหรือการลงทุนจำนวนมาก เช่น ปัญหาการผลิตชิ้นส่วนที่มีเปอร์เซ็นต์ของเสียเพิ่มสูงขึ้นมาก สาเหตุคือห้องสะอาด (Clean Room) ที่มีอยู่มี ปัญหา ทำให้มีระดับของฝุ่นและสารปนเปื้อนสูงกว่ากำหนด การแก้ไขอาจต้องลงทุนเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ซึ่งเป็นการลงทุนที่สูงมาก

3) ประเภท D (ปัญหาที่ต้องการความใส่ใจดูแล) คือปัญหาที่ไม่ทราบสาเหตุแต่ทราบ

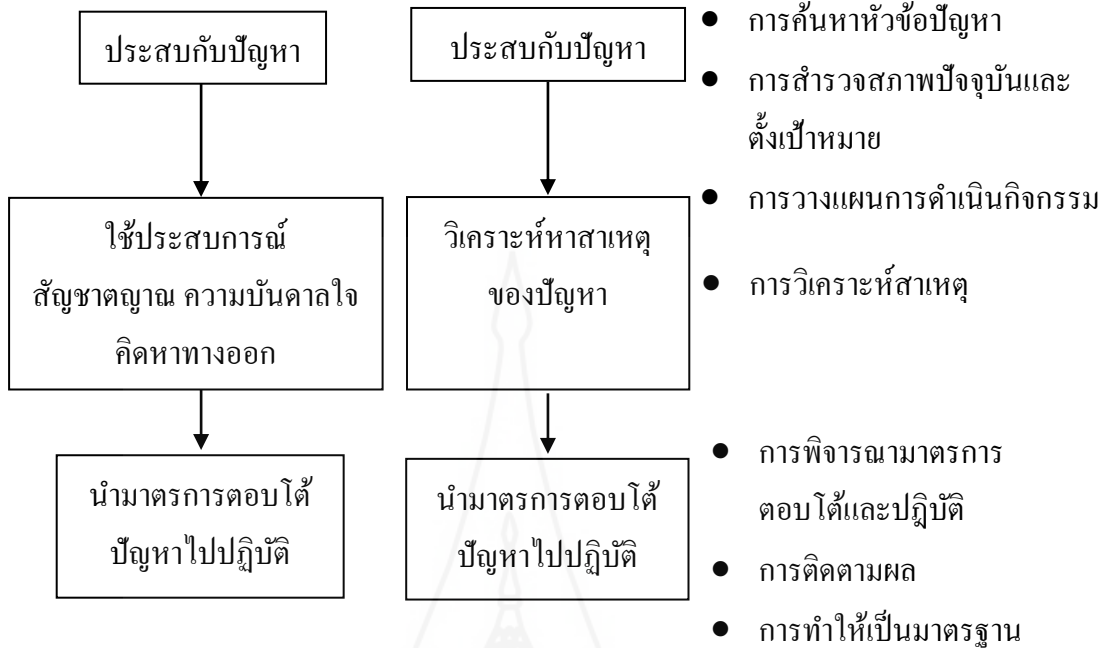
วิธีแก้ไข ปัญหาประเภทนี้มักพบได้ทั่วไป กล่าวคือ สามารถค้นหามาตรการแก้ไข โดยปัญหา นั้นๆ ไม่ได้ก่อผลเสียแก่กระบวนการผลิต โดยไม่ทราบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา อาจเป็นเพราะ ไม่มีเวลามากพอที่จะไปหาสาเหตุ เมื่อแก้ไขได้แล้วก็หยุด ขาดการติดตามผลอยู่เสมอ เช่น พบว่า ชิ้นส่วนอุปกรณ์บางชิ้นพบปัญหาจากวงจรที่ประกอบเสมอ แต่เมื่อจัดตั้งหน่วยทดสอบวงจรและ การอบร้อนชิ้นมาก่อนเพื่อทำการคัดเลือกชิ้นส่วนที่ไม่ได้มาตรฐานออกทิ้งไป ผลการทำงานก็ดีขึ้น ใหม่ๆที่ไม่ได้ทำการแก้ไขสาเหตุที่แท้จริงของชิ้นส่วนดังกล่าวเลย เป็นต้น

4) ประเภท A (ประเภทปัญหาที่มีคุณค่าอย่างยิ่งในการแก้ไข) คือปัญหาที่ไม่ทราบทั้ง สาเหตุและมาตรการการแก้ไข ปัญหาในกลุ่มนี้เป็นปัญหาที่ทำให้ความสามารถของผู้นำในงาน มากที่สุดเพราะ โดยลำพังแล้วตัวปัญหาไม่อาจนำไปสู่สาเหตุหรือมาตรการแก้ไขเลย จำเป็นต้อง อาศัยวิธีการแนวคิด และเครื่องมือควิซี เพื่อช่วยวิเคราะห์หาสาเหตุแห่งปัญหาและมุมมองที่สามารถ นำไปสู่มาตรการแก้ไขปัญหานั้นได้ เช่น ต้องลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการหุงตะกั่วโดยการลดเวลา ลดของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงาน ต้องทำการค้นหาสาเหตุที่ทำให้ต้นทุน ในการหุงตะกั่วของ โรงงานสูงเกินไป จึงจำเป็นต้องค้นหาว่า มีกี่สาเหตุที่มีส่วนเพิ่มค่าใช้จ่ายในการ ผลิตของกระบวนการหุงตะกั่วนี้แล้วจึงไปค้นหามาตรการแก้ไขต่อไปได้

สรุป : การแก้ปัญหาแบบควิซี เหมาะจะใช้ในการแก้ปัญหาประเภท A หรือประเภทที่ ทำเป็นอย่างยิ่ง

1.3 นิยามของการแก้ปัญหาแบบควิซี วิธีการแก้ปัญหาที่พบกันอยู่ทั่วไปนั้นอาศัย การ ลองผิดลองถูก ในภาพที่ 2.3 ได้แสดงกระบวนการแก้ปัญหา โดยเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาแบบ ธรรมดากับวิธีการแก้ปัญหาแบบควิซี ในการแก้ปัญหาแบบธรรมดานี้ เมื่อพบปัญหา (ซึ่งอาจเป็น เพียงอาการของปัญหา) จะอาศัยประสบการณ์ สัญชาตญาณ ความบังคาลใจหรือความรู้สึกของตน ในการคิดค้นหามาตรการแก้ไข แล้วนำมาตรการนั้นไปปฏิบัติ ประเด็นสำคัญคือ หากผู้แก้ปัญหามี ประสบการณ์น้อยหรือไม่ตรงกันกับลักษณะปัญหานั้นๆ หรือมีขีดจำกัดด้านสัญชาตญาณ หรือ ความบังคาลใจแล้วก็อาจไม่สามารถแก้ปัญหานั้นได้เลย

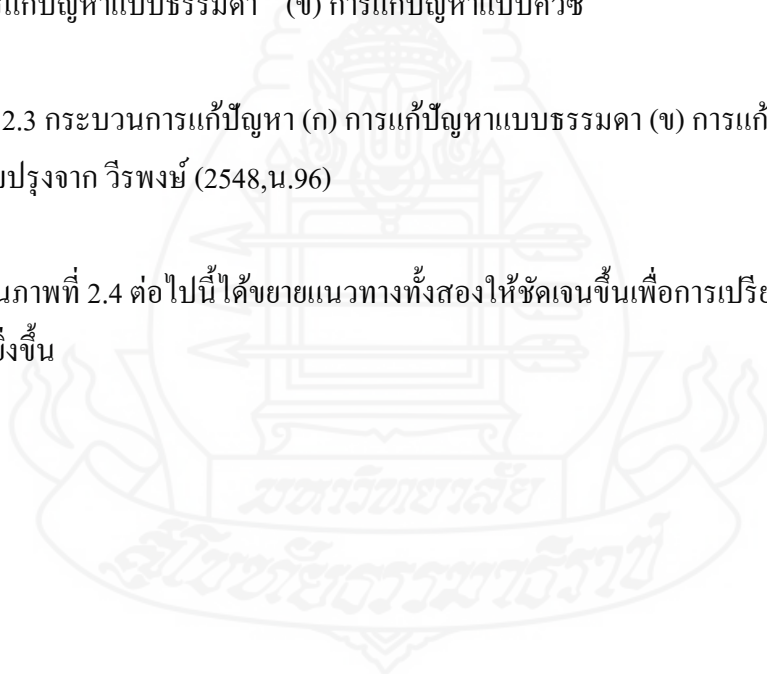
ส่วนในด้านขวามือของภาพที่ 2.3 นั้น เป็นกระบวนการแก้ปัญหาแบบควิซี ซึ่งมี 3 ขั้นตอน เช่นเดียวกัน แต่ต่างกันในเรื่องขั้นตอนที่ 2 และ 3 กล่าวคือ แทนที่จะอาศัยประสบการณ์และ สัญชาตญาณ ตามแบบธรรมดานั้น วิธีการของควิซีอาศัย การวิเคราะห์หาสาเหตุแห่งปัญหา และเมื่อ ค้นพบสาเหตุที่แท้จริงแล้ว จึงลงมือคิดค้นหา มาตรการตอบโต้ เพื่อขจัดหรือยุติ สาเหตุ นั้นๆ แล้ว จึงนำมาตรการที่คิดได้นั้นไปปฏิบัติการแก้ปัญหาต่อไป

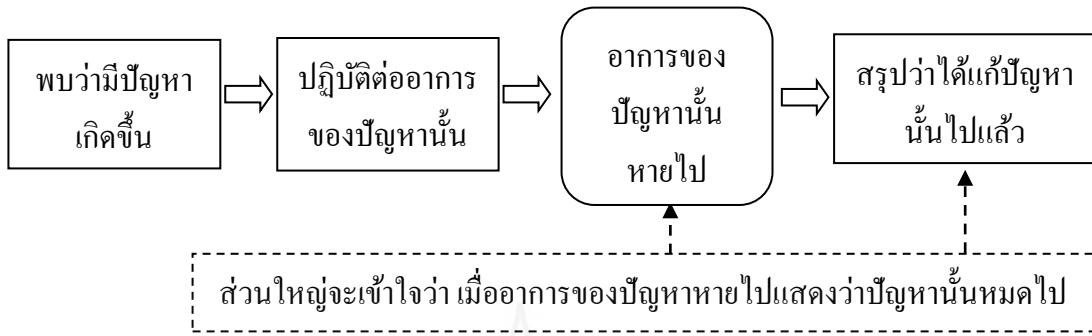


(ก) การแก้ปัญหาแบบธรรมดา (ข) การแก้ปัญหาแบบคิวซี

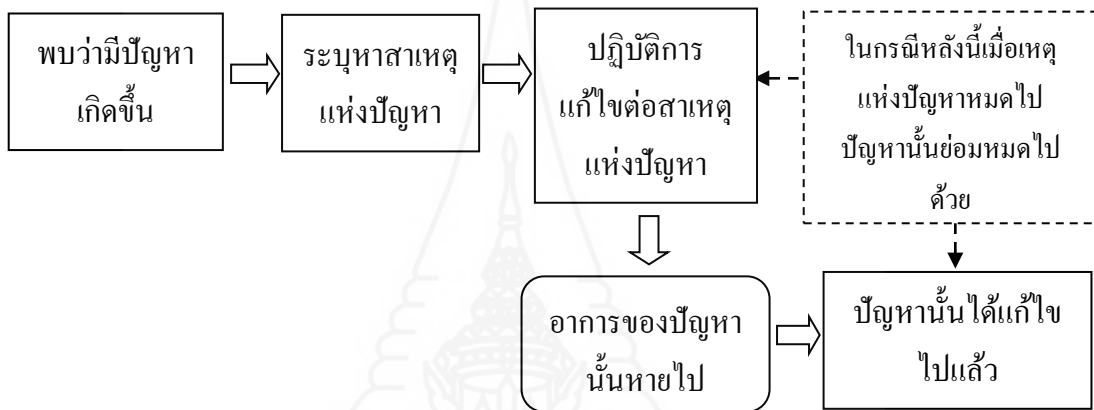
ภาพที่ 2.3 กระบวนการแก้ปัญหา (ก) การแก้ปัญหาแบบธรรมดา (ข) การแก้ปัญหาแบบคิวซี
ที่มา : ปรับปรุงจาก วีรพงษ์ (2548,น.96)

ในภาพที่ 2.4 ต่อไปนี้ได้ขยายแนวทางทั้งสองให้ชัดเจนขึ้นเพื่อการเปรียบเทียบข้อแตกต่างได้ชัดเจนยิ่งขึ้น





(ก) แนวทางหรือขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบธรรมดา



(ข) แนวทางหรือขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบคิวซี

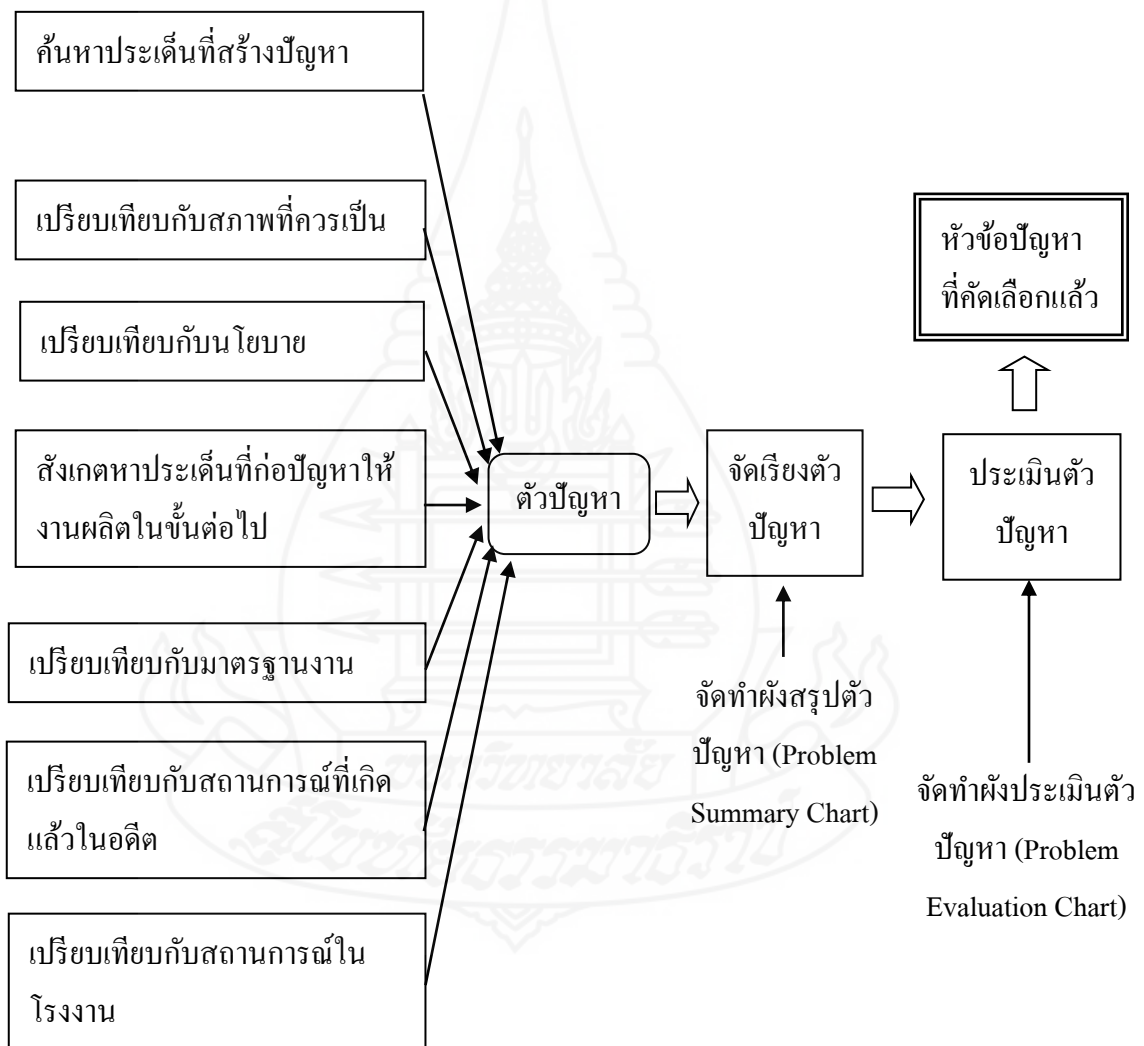
ภาพที่ 2.4 ข้อเปรียบเทียบการรับมือกับปัญหา 2 แบบ

ที่มา : ปรับปรุงจาก วีรพงษ์ (2548,น.97)

ประเด็นสำคัญในข้อแตกต่างของกระบวนการแก้ปัญหาทั้ง 2 แบบที่แสดงไว้ในภาพที่ 2.4 ข้างต้นคือ ความเข้าใจของคนทั่วไปที่อาจมองหรือรับรู้ปัญหาได้จากการรับรู้หรือสัมผัสที่ อาการ (symptom) ของปัญหามากกว่ารับรู้หรือยอมรับปัญหาที่ตัว สาเหตุ (cause) ของปัญหา ดังนั้น หากคิดว่าอาการของปัญหาคือตัวปัญหาและได้ลองผิคลองดูในการคิดค้นหาวิธีการและลองแก้ไขไปแล้ว หากบังเอิญอาการของปัญหานั้นหายไป ก็อาจสรุปทันทีว่า ปัญหานั้นได้รับการแก้ไขไปแล้ว ซึ่งอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ และนี่คือจุดบอดของกระบวนการแก้ปัญหาแบบธรรมดาที่กล่าวถึง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแบบคิวซีแล้ว วิธีคิวซีเหนือกว่าตรงที่มุ่งระบุหาตัวต้นเหตุหรือสาเหตุของปัญหาแล้วจึงทำการขจัดต้นเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบและมีเหตุมีผล ซึ่งภาพที่ 2.3 นั้น สังเกตว่า ช่องทางขวามือสุดได้แสดงขั้นตอนย่อยอีก 7 ขั้นตอนภายใต้ขั้นตอนใหญ่ 3 ขั้นตอน ซึ่ง 7 ขั้นตอนนี้คือสูตรการแก้ปัญหา 7 ขั้นตอนแบบคิวซี

ขั้นตอนการแก้ปัญหา 7 ขั้นตอนแบบควิซี (QC Story) คือ ขั้นตอนพื้นฐานของการแก้ปัญหาอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ อย่างเป็นเหตุและผล และอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเสมือนกลยุทธ์หรือยุทธวิธีในการปฏิบัติการที่เอื้ออำนวยต่อบุคคลหรือกลุ่มคนให้สามารถแก้ปัญหาที่ยุ้งยากได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งมีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) การค้นหาหัวข้อปัญหา ขั้นตอนแรกของการแก้ปัญหาในการทำงานคือ การค้นพบปัญหาที่ต้องการแก้ไข พร้อมกับการคัดเลือกหัวข้อประเด็นปัญหานั้นให้ชัดเจน



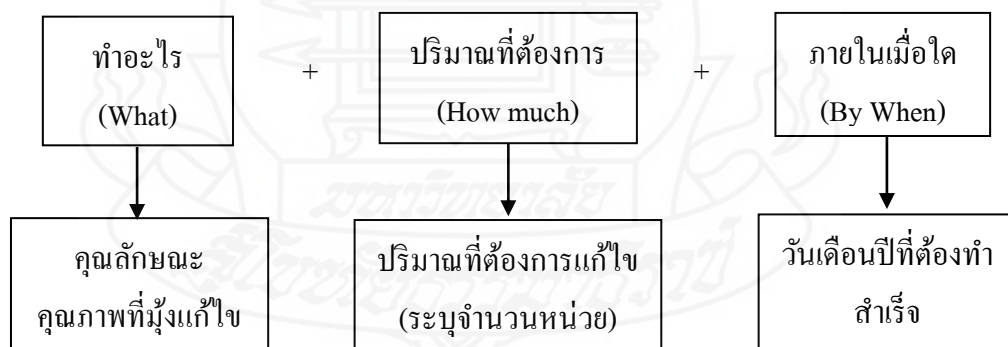
ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนมาตรฐานในการระบุตัวปัญหา

ที่มา : ปรับปรุงจาก วีรพงษ์ (2548,น.102)

2) การสำรวจสภาพปัจจุบันและตั้งเป้าหมาย หลังจากการกำหนดหัวข้อปัญหาได้เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การวิเคราะห์สาเหตุและแก้ไข แต่เนื่องจากปัญหาที่เลือกมาเป็นปัญหาประเภท A (คือไม่ทราบสาเหตุรากเหง้า และไม่ทราบมาตรการแก้ไข) จึงมีความจำเป็นต้องทำการสำรวจสภาพปัจจุบัน เพื่อทำความเข้าใจกับสถานการณ์ของปัญหาและนำมากำหนดเป้าหมายที่ต้องการแก้ไขปัญหาโดยอาศัยสถานการณ์ของปัญหาที่สังเกตได้

- ในการสำรวจสภาพปัจจุบัน ให้เริ่มต้นจากความผันแปรของผลที่เกิดขึ้นจริง (ตามลักษณะคุณภาพที่กำหนดในหัวข้อปัญหา) ก่อนเสมอ โดยการพิจารณากราฟนี้พิจารณาถึงความแตกต่าง ตลอดจนถึงจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ จากนั้นทำความเข้าใจถึงสาเหตุต่าง ๆ ที่เกิดปัญหา (What) ตำแหน่งของการเกิดปัญหา (Where) และเวลาที่เกิดปัญหา (When) ตลอดจนถึงความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาก่อนว่า จากความผันแปรที่อ่านได้จากกราฟที่แสดงปัญหานั้นควรมีความแตกต่างเนื่องจากอะไรแล้วทำการสังเกตผ่านข้อมูลด้วยใบตรวจสอบ

- การตั้งเป้าหมาย เมื่อทราบถึงประเด็นความแตกต่างที่แยกออกในแต่ละประเด็นแล้วต้องกำหนดเป้าหมายสำหรับการแก้ปัญหา โดยที่นิยามได้ว่า เป้าหมายคือ ตัวเลขที่แสดงระดับของการแก้ไข แสดงระดับของการแก้ไขและปรับปรุงงาน ซึ่งต้องวัดและประเมินเทียบกับอดีตได้ โดยการตั้งเป้าหมายที่ดีต้องอาศัยข้อมูลจากการสังเกตการณ์ข้างต้น ผนวกกับเงื่อนไขด้านสภาพแวดล้อม เวลา บุคลากร และความเร่งด่วนของปัญหา ลักษณะของเป้าหมายสำหรับการแก้ปัญหาต้องประกอบด้วย 3 ประเด็น ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 องค์ประกอบในการแก้ปัญหา

ที่มา : ปรับปรุงจาก จุไรรัตน์ (2559,น.18)

3) การวางแผนการดำเนินงานกิจกรรม ในขั้นตอนนี้เป็นการวางแผนการดำเนินการวิเคราะห์ และแก้ไขปัญหา ด้วยการสนใจว่า “ใคร” และ “ทำ อะไร” โดยอาศัยข้อมูลจากสถานการณ์ที่สังเกตได้ และพิจารณาถึงความสามารถและความเหมาะสม ในการวางแผนนี้ออกจากใช้วางแผนงานแล้ว ยังใช้ในการควบคุมความคืบหน้าของโครงการด้วย ในการวางแผนนี้อาศัยเครื่องมือวางแผนอย่างง่ายในรูปกราฟแท่ง(Bar chart) ที่พัฒนาโดยเฮนรี แกนต์ จึงเรียกเครื่องมือวางแผนนี้ว่า แผนภูมิแกนต์ (gantt chart) ซึ่งการดำเนินการสร้างทำได้ด้วยการกำหนดว่า มีประเด็นอะไรต้องทำก่อนทำหลังและใช้เวลาใด จากนั้นจึงเขียนเส้นตรงทึบในแนวนอน แสดงช่วงเวลาที่ต้องการวางแผน

4) การวิเคราะห์สาเหตุ การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเริ่มจากการกำหนดสมมติฐานของสาเหตุก่อน ด้วยการระดมสมองผ่านการสังเกตการณ์จากหลักการ 3 จริง คือสถานที่เกิดเหตุจริง สภาพแวดล้อมจริง และชิ้นงานจริง จากนั้นนำสาเหตุตามสมมติฐานมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล ผ่านเครื่องมือแผนผังแสดงสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram หรือ CE-Diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram) จากนั้นทำการพิจารณาเลือกสาเหตุในรูปก้างปลา โดยมีจำนวนสาเหตุที่เชื่อว่าน่าจะสามารรถแก้ปัญหาตามเป้าหมายที่กำหนดไว้มาทำการพิสูจน์ด้วยเครื่องมือที่เหมาะสมต่าง ๆ เช่น ฮิสโตแกรม กราฟ แผนภาพการกระจาย เป็นต้น ถ้าผลการพิสูจน์พบว่า สาเหตุ (ก้างปลา) ที่เลือกเป็นไปตามสมมติฐานก็ให้ดำเนินการกำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อ การแก้ไขต่อไป แต่ถ้าหากผลการพิสูจน์พบว่า สาเหตุ (ก้างปลา) ที่เลือกไม่ได้เป็นไปตามสมมติฐาน ก็ต้องระดมสมองเพื่อเลือกก้างปลาใหม่สำหรับมาทำการพิสูจน์

ในการระดมสมองหาสาเหตุและผลนี้ ถ้าหากพบว่าข้อมูลแสดงปัญหาไม่อยู่ในสถานะ เสถียรหรือข้อมูลที่ได้รับจากระบบการทำงานที่ไม่เป็นมาตรฐานแล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องมีการพิสูจน์ ก้างปลา เนื่องจากสาเหตุหลักส่วนใหญ่มาจากการขาดมาตรฐาน เช่น พนักงานไม่ได้รับการ ฝึกอบรม ไม่มีการตรวจสอบสภาพเครื่องจักร ไม่มีการตรวจ สอบวัตถุดิบ เป็นต้น จึงสามารถ ดำเนินการแก้ไขได้ด้วยการอาศัยหลักการของตรรกะคือ ทำระบบการทำงานให้เป็นมาตรฐานก่อน ในการพิสูจน์ก้างปลาที่กล่าวมาในตอนต้นทำได้ต่อเมื่อระบบการทำงานได้รับการทำให้เป็น มาตรฐานแล้วเท่านั้น นอกจากนี้ถ้าหากการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการพิสูจน์ก้างปลาที่มีผลกระทบ ต่ออัตราของการผลิตจำเป็นต้องมีการออกแบบการเก็บข้อมูลที่จะให้มีสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจ ด้วย รวมทั้งในขั้นตอนของการวิเคราะห์สาเหตุ จึงเป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์กระบวนการ (process analysis) เพื่อสะท้อนให้ทราบถึงแนวความคิดของการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าแห่งปัญญานั้นเอง

5) การพิจารณามาตรการตอบโต้และปฏิบัติ การกำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อการแก้ไข หรือปรับปรุงคุณภาพ ในขั้นตอนนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีเทคโนโลยีเฉพาะด้าน (intrinsic

technology) สำหรับกระบวนการนั้น ๆ ก่อน และอาจกำหนดมาตรการตอบโต้โดยผ่านวิธีคิดที่สร้างสรรค์ โดยผ่านชุดเครื่องมือสำหรับการวางแผน 7 ประการ (7 Management tools) ซึ่งโดยปกติรู้จักในชื่อของชุดเครื่องมือใหม่สำหรับการควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง (New 7 QC tools) ได้แก่ 1) แผนภูมิการจัดการกลุ่มความคิด (Affinity Diagram) 2) แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ (Relations Diagrams) 3) แผนภูมิต้นไม้ตัดสินใจ (Tree Diagrams) 4) แผนภูมิแมทริกซ์ (Matrix Diagram) 5) แผนภูมิลูกศร (Arrow Diagram) 6) แผนภาพการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงแมทริกซ์ (Matrix Data Analysis Chart) และ 7) แผนภาพทางเลือกตัดสินใจ เพื่อบริหารความเสี่ยง (Process Decision Program Chart) โดยตัวที่มีคุณภาพอย่างมากสำหรับการกำหนดวิธีคิดที่สร้างสรรค์ คือ แผนภูมิการจัดการกลุ่มความคิดและแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ และถ้ามีการใช้เครื่องมือสำหรับการวางแผนนี้ในการกำหนดมาตรการตอบโต้แล้วต้องใช้ชุดเครื่องมือที่เหลืออีก 5 ตัว สำหรับการกำหนดแผนปฏิบัติของมาตรการตอบโต้ดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงแมทริกซ์สำหรับการวางแผนในระยะกลาง และแผนภูมิลูกศร สำหรับการวางแผนในขั้นรายละเอียด ในบางกรณีสามารถหาวิธีการแก้ไขด้วยการวิเคราะห์จุดบกพร่องของวิธีการทำงานเดิม ด้วยหลักการของวิศวกรรมอุตสาหกรรม (Industrial Engineering techniques หรือ IE techniques) คือ การใช้การวิเคราะห์ 5W1H และปรับปรุงด้วยหลักการลดความสูญเปล่าหรือ ECRS ที่ประกอบด้วย การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) โดยมีการศึกษาสถานะปัจจุบันด้วยคำถาม 5W1H (What, Where, When, Why, Who, How) และ การใช้เทคนิคทำไม-ทำไม (Why-Why analysis) ในการหาเหตุผลและการใช้แนวทางอื่นตามหลักการ ECRS เพื่อหาบทสรุป ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การปรับปรุงตามหลักของวิศวกรรมอุตสาหกรรม

ประเด็น	สถานะปัจจุบัน	เหตุผล	แนวทางอื่น	บทสรุป
1. จุดประสงค์ (What)	หวังผลอะไรจากวิธีการทำในปัจจุบัน	ทำไม (Why) หวังผลอย่างนั้น	กำจัดทิ้งได้ไหม	จุดประสงค์คืออะไร
2. สถานที่ (Where)	ปัจจุบันทำงานนี้ที่สถานที่ใด	ทำไม (Why) ทำงานที่สถานที่นั้น	รวมทั้งสถานที่ทำงานเข้าด้วยกันได้ไหม	ทำที่สถานที่ใด
3. ลำดับขั้น (When)	ปัจจุบันมีลำดับขั้นตอนการทำงานอย่างไร	ทำไม (Why) มีลำดับขั้นตอนอย่างนั้น	สามารถสลับขั้นตอนการทำงานได้ไหม	การทำงานควรมีขั้นตอนอย่างไร
4. บุคลากร (Who)	ปัจจุบันมอบหมายให้ใครทำงานนี้	ทำไม (Why) ให้คนนั้น	คนอื่นทำได้ไหม	ควรให้ใครเป็นคนทำงานนี้
5. วิธีการ (How)	ปัจจุบันมีวิธีการทำงานอย่างไร	ทำไม (Why) มีวิธีการทำงานอย่างนั้น	มีวิธีการทำงานที่ง่ายกว่านี้หรือไม่ (Simplification)	ควรมีวิธีการทำงานอย่างไร

5W 1H
ECRS

ที่มา : จุไรรัตน์ (2559, น.21)

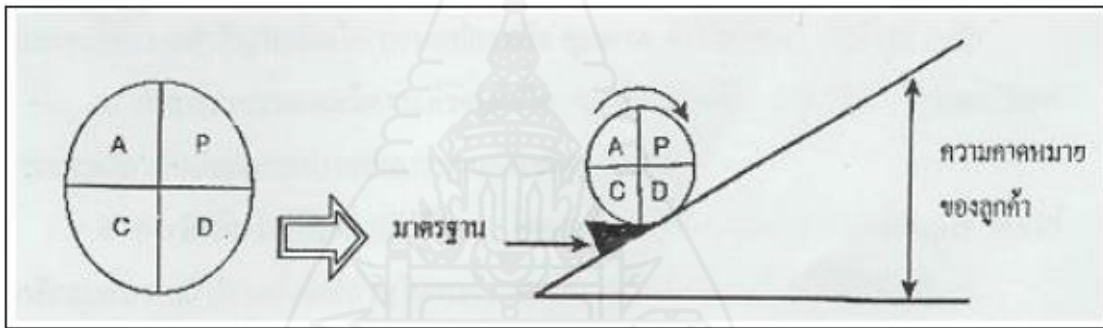
6) การติดตามผล เมื่อทำการเลือกมาตรการตอบโต้สำหรับการแก้ไขและปรับปรุงปัญหาคุณภาพได้แล้วในขั้นตอนที่ 5 จะต้องนำมาตรการตอบโต้ดังกล่าวไปปฏิบัติ และประเมินแรงต่อต้านสำหรับมาตรการตอบโต้ดังกล่าว เพราะสาเหตุที่ว่า ที่ใดมีการเปลี่ยนแปลงที่นั้นจะมีแรงต่อต้านเสมอ และแรงต่อต้านนี้จำแนกได้ 2 ประเภท คือ แรงต่อต้านด้านสังคม (social resistance) ซึ่งเป็นแรงต่อต้านจากความคุ้นเคยของพนักงาน และแรงต่อต้านด้านวิทยาการ (technological resistance) ที่นำมาใช้ซึ่งปกติพนักงานกลัวว่าจะไม่เข้าใจ เมื่อได้ประมาณการแรงต่อต้านสำหรับมาตรการตอบโต้ที่เลือกไว้แล้ว ให้ดำเนินการรองรับแรงต่อต้านด้วยการฝึกอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องให้เข้าใจในมาตรการตอบโต้ก่อนที่จะให้ปฏิบัติตามมาตรการตอบโต้ที่เลือกนั้น

มาตรการตอบโต้ที่เลือกได้รับการนำไปปฏิบัติแล้ว จะต้องทำการเก็บข้อมูลอีกครั้งเพื่อวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูล เพื่อยืนยันว่าพนักงานที่เกี่ยวข้องมีความเคยชินกับวิธีการ

ใหม่แล้วหรือยัง เพราะว่าเมื่อเริ่มปฏิบัติตามมาตรการตอบโต้ นั้นจะมีการปรับตัวของกระบวนการเสมอ ข้อมูลที่เก็บได้ในช่วงนี้จึงไม่สามารถอธิบายผลการแก้ไขได้

เมื่อกระบวนการมีเสถียรภาพแล้วให้ทำการเปรียบเทียบผลหลังการแก้ไขว่าดีกว่าผลก่อนการแก้ไขตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าหากกรณีการแก้ไขไม่ได้ผลตามเป้าหมายแล้วมีความจำเป็นต้องย้อนกลับไปวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาหรือกำหนดมาตรการตอบโต้ใหม่เสมอ

7) การทำให้เป็นมาตรฐาน เมื่อทำการแก้ไขสาเหตุของปัญหาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นขั้นตอนสุดท้าย คือ การพยายามรักษามาตรฐานดังกล่าว เพื่อมิให้ปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้นซ้ำอีก ทำให้เปรียบเทียบได้อย่างง่าย ๆ ว่ามาตรฐานเสมือนลิ้มที่มีเพื่อป้องกันไม่ให้ระบบการทำงานตามวงจรเดมมิ่ง Plan(P)-Do(D)-Check(C)-Action(A) ตกลงต่ำไปจากมาตรฐาน เมื่อความคาดหมายของลูกค้าสูงขึ้นดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 มาตรฐาน คือ ความพยายามมิให้ปัญหาเกิดซ้ำ

ที่มา : จุไรรัตน์ (2559, น.23)

โดยทั่วไปแล้วสามารถจัดแบ่งประเภทของมาตรฐานการทำงานซึ่งผู้ควบคุมงานเป็นผู้ใช้ และคู่มือการปฏิบัติงานซึ่งพนักงานเป็นผู้ใช้ โดยที่มาตรฐานทางเทคนิคเป็นเงื่อนไขที่กำหนดเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญทางเทคนิค ซึ่งมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ในการผลิตแต่ละขั้นตอนที่เห็นว่าจำเป็น ส่วนมาตรฐานการทำงานเป็นสิ่งที่กำหนดขึ้นเพื่อตอบสนองเงื่อนไขที่จำเป็นของมาตรฐานทางเทคนิค นอกจากนั้นยังประกอบด้วยรายการทางเทคนิคต่าง ๆ ซึ่งเป็นเงื่อนไขเกี่ยวกับความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงานด้วยและประการสุดท้าย คือ คู่มือปฏิบัติงานจะเป็นหลักเกณฑ์ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ตั้งแต่การรับรู้ ว่า มาตรฐานการทำงานมีอะไรบ้าง ให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการปฏิบัติต่าง ๆ ของคนทำงานแต่ละคน ข้อควรระวังในขณะที่ทำงานและการรายงานให้หัวหน้ารับทราบเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้น ฯลฯ

2. เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools)

เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด ได้รับการพัฒนามาจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด ประกอบด้วย แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet), แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram), กราฟต่างๆ (Graphs), แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) หรือฟังก้างปลา (Fishbone Diagram), แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram), แผนภูมิควบคุม (Control Chart) และฮิสโตแกรม (Histogram)

2.1 แผ่นตรวจสอบ คือ ตาราง แผนผัง หรือ รายการที่มีการออกแบบไว้ล่วงหน้าเพื่อความสะดวกในการบันทึกข้อมูลหรือตัวเลข โดยส่วนใหญ่ออกแบบเพื่อให้สามารถใช้งาน “ขีด” (/) ลงในแผ่นตรวจสอบ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตที่มีต่อปัญหาใดปัญหาหนึ่ง เป็นพื้นฐานสำคัญของการควบคุมกระบวนการและการแก้ไขปัญหา การออกแบบแผ่นตรวจสอบทุกครั้งต้องมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนคือ เพื่อควบคุมและติดตาม (Monitoring) ผลการดำเนินการผลิต เพื่อการตรวจสอบ และเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของความไม่สอดคล้อง แผ่นตรวจสอบสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แผ่นตรวจสอบการปฏิบัติงานประจำวัน และแผ่นตรวจสอบการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1). แผ่นตรวจสอบการปฏิบัติงานประจำวัน เช่น แผ่นตรวจสอบเพื่อใช้ดูข้อมูลที่มีการแจกแจงของข้อมูลอย่างง่าย แผ่นตรวจสอบเพื่อการตรวจสอบและยืนยันการปฏิบัติงาน เป็นต้น

2). แผ่นตรวจสอบการตรวจสอบคุณภาพ เช่น แผ่นตรวจสอบสำหรับบันทึกของเสียในกระบวนการผลิต แผ่นตรวจสอบแสดงสาเหตุของความบกพร่อง เป็นต้น

การออกแบบแผ่นตรวจสอบ มีขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

- ก. ทำการกำหนดวัตถุประสงค์ของการใช้งานและตั้งชื่อแผ่นตรวจสอบให้เหมาะสม
- ข. กำหนดปัจจัย (4M : Man Machine Material Method) ที่เกี่ยวข้อง
- ค. ออกแบบโดยการกำหนดสัญลักษณ์เพื่อให้ง่ายกับการลงบันทึก
- ง. ทดลองนำแผ่นตรวจสอบที่ออกแบบไปใช้เก็บข้อมูล
- จ. ทำการแก้ไขปรับปรุง และนำไปทดลองเก็บข้อมูล
- ฉ. กำหนดการใช้แผ่นตรวจสอบ (5W 1H) เพื่อลงบันทึกเก็บข้อมูล
- ช. นำข้อมูลที่ได้อามาทำการวิเคราะห์และสรุปผล
- ซ. จัดทำแบบฟอร์มข้อมูลดิบและแบบฟอร์มสรุป

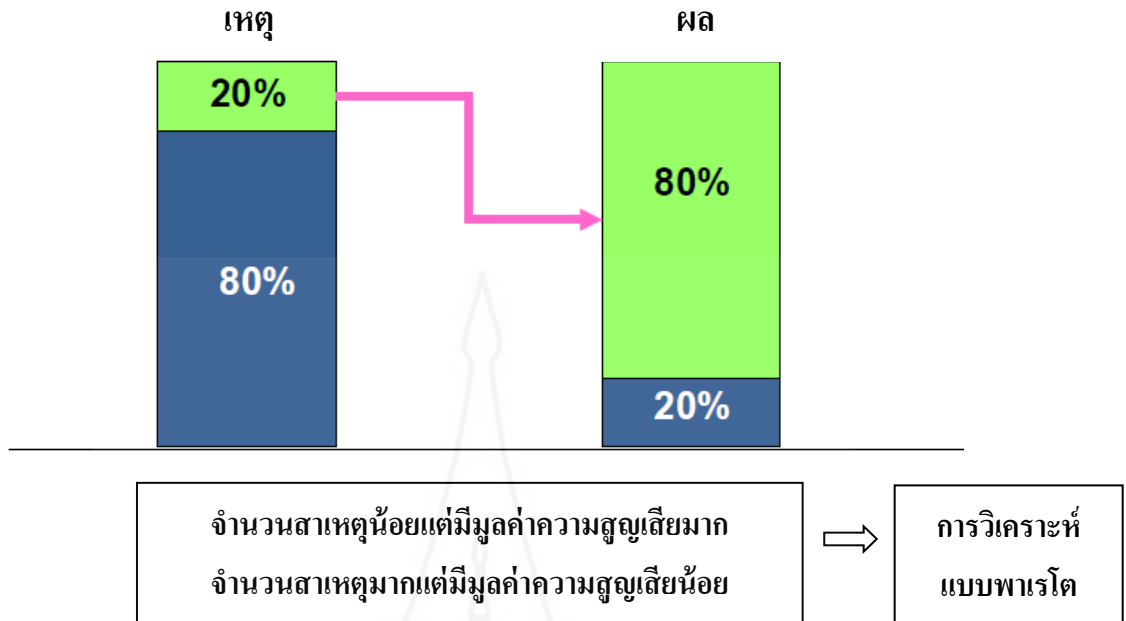
สินค้า.....	วันที่.....
ขั้นตอนการผลิต : ตรวจสอบขั้นสุดท้าย	แผนก.....
ชนิดของความบกพร่อง ตำแหน่งชิ้นงาน รอยแตก	ชื่อผู้ตรวจสอบ.....
ขีดไม้เต็มชิ้น รูปร่างบิดเบี้ยว	ล๊อตที่.....
จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ : 1526	ใบสั่งเลขที่.....
หมายเหตุ ตรวจทุกชิ้น	

ชนิดของความบกพร่อง		ผลรวมแต่ละชนิดของความบกพร่อง
ตำหนิที่ผิวชิ้นงาน	/// /// /// //	17
รอยแตก	/// /// /	11
ขีดไม้เต็มชิ้น	/// /// /// /// /// /	26
รูปร่างบิดเบี้ยว	///	3
อื่นๆ	///	5
	รวมจำนวนความบกพร่อง	62 จุดบกพร่อง
จำนวนชิ้นงานที่เป็นของเสีย	/// /// /// /// /// /// /// /// //	42 ชิ้น

ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างแผ่นตรวจสอบ (Check Sheet)

ที่มา : ประจวบ (2557,น.228)

2.2 แผนภูมิพาร์โต (Pareto Diagram) คือ ผังหรือแผนภูมิ หรือกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าหรือขนาด หรือความถี่ในการตรวจพบปัญหาหรือหน่วยวัด หรือลักษณะจำเพาะควบคุมใดๆ ที่มีการจำแนกประเภทออกจากกัน และเขียนต่อกัน โดยเรียงลำดับตามความสำคัญของข้อมูล เพื่อใช้เปรียบเทียบว่าหัวข้อของข้อมูลแต่ละชุดมีความสำคัญมากน้อยต่างกันอย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางพิจารณาเลือกหัวข้อที่สำคัญมาแก้ไขก่อนหลังตามลำดับ ตัวอย่าง เช่น การวิเคราะห์แบบพาร์โต ปี ค.ศ. 1897 จากงานวิจัยโดย นักเศรษฐศาสตร์ชื่อนายวิเฟรดโด พาร์โต ได้วิจัยเรื่อง การกระจายของรายได้ของประชากรที่ไม่เท่ากัน ซึ่งสรุปว่า 80% รายได้ของประเทศ มาจากคนรวยเพียง 20% เท่านั้น ต่อมา ดร.จูรานนำเอาหลักนี้มาใช้ในการควบคุมคุณภาพ จากภาพที่ 2.9 จะเห็นว่าจากจำนวนสาเหตุเพียง 20% สามารถก่อให้เกิดความเสียหายหรือเกิดผลเสียถึง 80% ส่วนจำนวนสาเหตุ 80% ที่มากกลับส่งผลให้เกิดความเสียหายเพียง 20% ดังนั้นในการเลือกสาเหตุที่นำมาแก้ไขจึงเลือกจากจำนวนสาเหตุ 20% เพื่อให้สามารถลดความเสียหายลงได้ 80%



ภาพที่ 2.9 การวิเคราะห์แบบพาเรโต

ที่มา : <https://www.share-apparel.org>

การสร้างแผนภูมิพาเรโต ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

- 1). กำหนดปัญหาที่จะทำการศึกษาและกำหนดชนิดของข้อมูลที่จะทำการเก็บ เพื่อกำหนดเป็นแกน X และ Y โดยกำหนดให้แกน X เป็นชนิดข้อมูล การจำแนกข้อมูล เช่น ลักษณะของเสีย ตำแหน่งของเสีย และ 4M เป็นต้น แกน Y เป็นปัญหาที่เลือก เช่น จำนวนงานเสีย (ชิ้น) จำนวนครั้งที่เกิดหรือความถี่ (ครั้ง) และมูลค่าความเสียหาย เป็นต้น
- 2). กำหนดวิธีในการเก็บข้อมูลและช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล
- 3). ทำการออกแบบแผ่นตรวจสอบ ตามข้อ 2.1 เพื่อใช้ในการบันทึกและเก็บข้อมูล
- 4). ทำการตรวจสอบและลงข้อมูลในแผ่นตรวจสอบ แล้วนำข้อมูลไปคำนวณหาจำนวนรวมของแต่ละรายการ

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการบันทึกและเก็บข้อมูลลงแผ่นตรวจสอบ

รายงานของเสียประจำวัน	
ลักษณะของเสีย	จำนวนชิ้น
รอยแตก	10
รอยข่วน	42
คราบสกปรก	6
รอยย่น	104
เป็นครีป	4
รูเข็ม	20
อื่น	14
รวม	200

ที่มา : <https://www.share-apparel.org>

5). นำข้อมูลที่ได้มาจัดเรียงลำดับ โดยเรียงจากรายการที่พบจำนวนของเสียมากที่สุดไปหาจำนวนของเสียน้อยที่สุด ยกเว้นรายการอื่นๆ ให้เอาไว้ท้ายสุด

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างการนำข้อมูลมาสรุปจัดเรียงลำดับเพื่อนำไปสร้างแผนภูมิพาร์โต

ลำดับจำนวนของเสีย		จำนวน(ชิ้น)	สะสม	% สะสม
1	รอยย่น	104	104	52%
2	รอยข่วน	42	146	73%
3	รูเข็ม	20	166	83%
4	รอยแตก	10	176	88%
5	คราบสกปรก	6	182	91%
6	เป็นครีป	4	186	93%
7	อื่น	14	200	100%
รวมของเสีย		200		

ที่มา : <https://www.share-apparel.org>

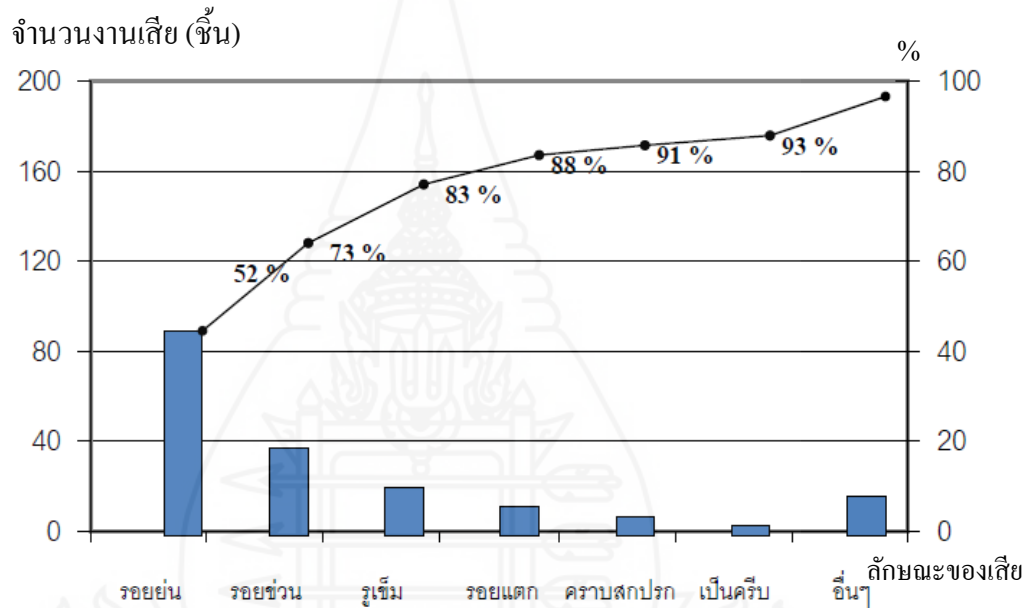
6). เขียนแกนของแผนกราฟโดยมีแกนตั้ง 2 แกนและแกนนอน 1 แกน

- แกนตั้งซ้ายมือ แบ่งสเกลเท่าๆ กัน โดยให้สเกลสูงสุดคือ เท่ากับจำนวนจุดบกพร่องที่ตรวจพบ

- แกนตั้งขวามือ แบ่งสเกล 0-100 เป็น % โดยเขียน 100% ตรงกับจำนวนจุดบกพร่องสูงสุดในแกนซ้ายมือ

- แกนนอน ให้แบ่งสเกลเท่าๆ กัน จำนวนช่องจะเท่ากับจำนวนชนิดของจุดบกพร่องที่ทำการแยกตรวจ และเพิ่มช่องสุดท้ายเป็นช่องอื่นๆ ด้วยอีก 1 ช่องเสมอ

7). เขียนเส้นกราฟพารेट



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างแผนผังพารेट

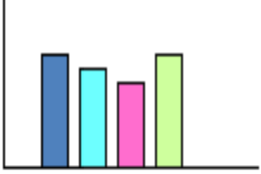
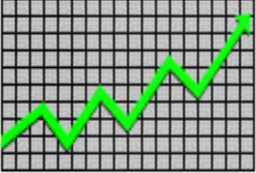

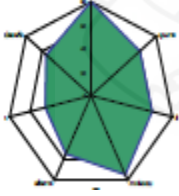
ที่มา : <https://www.share-apparel.org>

แผนภูมิพารेटมีประโยชน์ต่องานวิจัย กล่าวคือ สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าหัวข้อใดเป็นปัญหา มากที่สุด ช่วยให้เห็นลำดับความสำคัญมากน้อยของปัญหาได้ทันที สามารถเข้าใจว่าแต่ละหัวข้อ มีอัตราส่วนเป็นเท่าใดในส่วนทั้งหมด การใช้กราฟแท่งบ่งชี้ขนาดของปัญหาได้โดยไม่ต้องใช้การ คำนวณที่ยุ่งยาก และใช้ในการเปรียบเทียบผลได้ นอกจากนี้แล้วแผนภูมิพารेटได้ยังใช้สำหรับการ ตั้งเป้าหมายทั้งตัวเลขและปัญหา

2.3 กราฟต่างๆ (Graphs) เป็นแผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขหรือข้อมูลทางสถิติ ที่ใช้ เมื่อ ต้องการนำเสนอข้อมูล และวิเคราะห์ผลของข้อมูลดังกล่าว เพื่อทำให้ง่ายและรวดเร็วต่อการทำ

ความเข้าใจ ซึ่งกราฟมีหลายประเภทที่มีลักษณะเฉพาะของการใช้งานต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงตัวอย่างกราฟรูปแบบต่างๆและลักษณะเฉพาะ

ประเภทของกราฟ	ลักษณะเฉพาะ
 <p>กราฟแท่ง</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้เปรียบเทียบข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ข้อมูล โดยการเปรียบเทียบที่พื้นที่ของกราฟ - ไม่เหมาะสมในการใช้ดูแนวโน้มในระยะยาวแต่เหมาะสำหรับข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา
 <p>กราฟเส้น</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้สำหรับดูแนวโน้ม การพยากรณ์ในอนาคต หรือทำนายผลจากข้อมูลในอดีตได้ - ใช้ในการควบคุมแผนงานให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้
 <p>กราฟวงกลม</p>	<ul style="list-style-type: none"> - พื้นที่ของกราฟเท่ากับ 100% แต่ละส่วนที่แบ่งออกมาแสดงถึงอัตราส่วนในแต่ละส่วนประกอบของข้อมูลว่าเป็นกี่ส่วนขององค์ประกอบทั้งหมด
 <p>กราฟใยแมงมุม</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เป็นกราฟรูปหลายเหลี่ยม แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความมากน้อยของแต่ละส่วน โดยกำหนดตำแหน่งจุดลงในแต่ละเส้นแกนของกราฟ ใช้เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง หรือเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

ที่มา : ปรับปรุงจาก <https://www.share-apparel.org>

การใช้กราฟมีประโยชน์ในการอธิบาย การวิเคราะห์ การควบคุม การวางแผนและใช้ประกอบกับเครื่องมืออื่นๆ ดังนี้

- 1). การอธิบาย เช่น ผลการผลิต จำนวนของเสียในกระบวนการผลิต เป็นต้น
- 2). การวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตเทียบกับปัจจุบัน
- 3). การควบคุม เช่น น้ำหนัก อุณหภูมิ อัตราการเกิดของเสีย จำนวนหรือระดับการผลิต เป็นต้น
- 4). การวางแผน เช่น แผนการผลิตประจำวัน
- 5). ใช้ร่วมกับเครื่องมืออื่นๆ เช่น ผังควบคุม ฮิสโตแกรม

2.4 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram) คือ แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของปัญหา คือ ผล (Effect) กับปัจจัยต่างๆ คือ สาเหตุ (Causes) ที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยเส้นตรงหลายลักษณะประกอบกัน มีรูปร่างคล้ายก้างปลา ใช้เพื่อการค้นหาสาเหตุหรือต้นเหตุของปัญหาที่แสดงเป็นหัวปลาหรือหัวเรื่องหลักที่จะทำการแก้ไข และก้างปลาแยกเป็นสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยดังภาพที่ 2.11 ปัญหาเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากสาเหตุต่างๆอาจมีหลายสาเหตุ จึงต้องมีการแจกแจงสาเหตุต่างๆ ออกมาให้ชัดเจนทั้งนี้เพื่อการศึกษา วิเคราะห์ทำความเข้าใจและการหาแนวทางแก้ปัญหาให้ตรงประเด็น แผนผังแสดงเหตุและผลเรียกอีกชื่อว่า ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) หรือผังอิชิกาวา (Ishigawa Diagram) หากกล่าวถึงในส่วนของกระบวนการผลิต โดยส่วนมากนิยมใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก

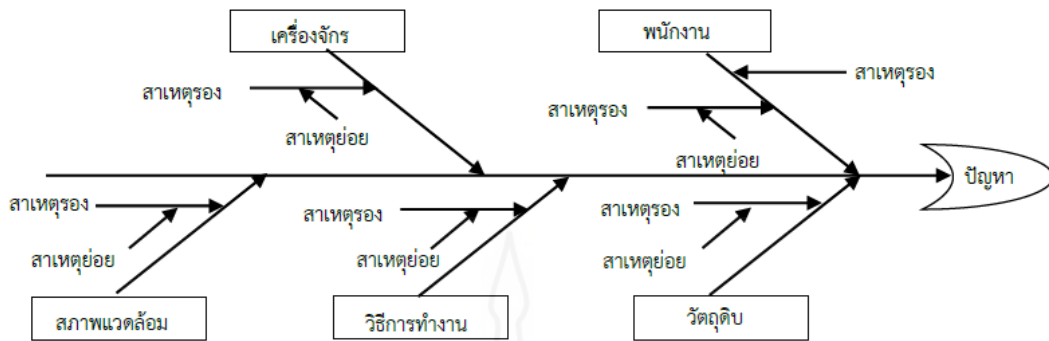
- พนักงาน (Man) หมายถึง การตรวจสอบผู้ปฏิบัติทำงานตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่มีความรับผิดชอบหรือไม่ ผู้ปฏิบัติมีทักษะความชำนาญหรือไม่ผู้ปฏิบัติได้รับมอบงานที่ตรงกับความสามารถหรือไม่

- เครื่องจักร (Machine) หมายถึง การตรวจสอบอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสอดคล้องกับความสามารถของกระบวนการผลิตหรือไม่ เครื่องจักรขัดข้องบ่อยหรือไม่ การจัดวางเหมาะสมหรือไม่ เครื่องจักรอยู่ในสภาพการใช้งานหรือไม่

- วัตถุดิบ (Material) หมายถึง การตรวจสอบข้อผิดพลาดในเรื่องคุณภาพการตรวจสอบระบบคลังเพียงพอหรือไม่

- วิธีการทำงาน (Method) หมายถึง การตรวจสอบว่า มาตรฐานในการทำงานมีเพียงพอหรือไม่ ปลอดภัยหรือไม่ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพหรือไม่ลำดับขั้นตอนการทำงานเหมาะสมหรือไม่

- สภาพแวดล้อม (Environment) อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน



ภาพที่ 2.11 ลักษณะแผนภาพก้างปลา

ที่มา : <https://www.share-apparel.org>




แผนผังแสดงสาเหตุและผลมีประโยชน์ในการใช้เป็นเครื่องมือในการระดมความคิดจากสมองของทุกคนที่เป็นสมาชิกกลุ่มคุณภาพอย่างเป็นหมวดหมู่ ซึ่งได้ผลมากที่สุด แสดงให้เห็นสาเหตุต่าง ๆ ของปัญหา ของผลที่เกิดขึ้นที่มีมาอย่างต่อเนื่อง จนถึงสาเหตุสำคัญที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไข

การสร้างผังแสดงเหตุและผล มีขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

- 1) กำหนดลักษณะคุณภาพที่พบว่าเป็นปัญหาออกมาให้ชัดเจน
- 2) หัวปลาด้านขวาสุดเขียนปัญหาหรือความผิดพลาด ลากเส้นจากซ้ายไปขวามาที่กรอบหรือตัวปัญหา
- 3) ระบุสาเหตุหลักของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้องค์ประกอบ 4M1E(4M : Man Machine Material Method Environment)
- 4) ระบุสาเหตุรองและสาเหตุย่อยๆ ลงไปที่ส่งผลต่อๆ กันไป
- 5) ตรวจสอบดูว่ามีสาเหตุอื่นใดอีกหรือไม่ที่เกี่ยวข้อง
- 6) นำสาเหตุที่ได้มาจัดลำดับความสำคัญ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไข
- 7) เขียนหัวข้อที่เกี่ยวข้องลงไป เช่น ผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการผลิต วัน เดือน ปี ชื่อผู้ที่ระดมสมอง

2.5 แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram) คือ ผังที่ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัว ว่ามีแนวโน้มไปในทางใด เพื่อใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริง โดยตัวแปร X คือ ตัวแปรอิสระ หรือค่าที่ปรับเปลี่ยนไป
ตัวแปร Y คือ ตัวแปรตาม หรือผลที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าที่เปลี่ยนแปลงของตัวแปร X

ลักษณะของแผนผังการกระจายของข้อมูลที่เกิดมี 3 ลักษณะ ได้แก่ แบบมีสหสัมพันธ์แบบบวก แบบมีสหสัมพันธ์แบบลบ และแบบไม่มีสหสัมพันธ์ ดังภาพที่ 2.12

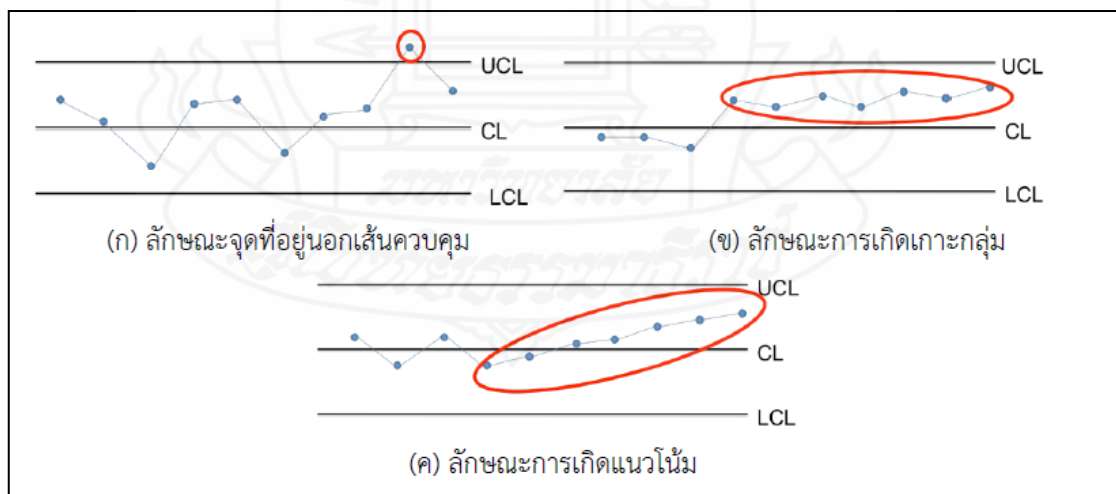
	<p>1. ผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบบวก (Positive Correlation)</p> <p>แสดงว่า * เมื่อค่า X เพิ่มขึ้น ค่า Y จะเพิ่มขึ้น เป็นสัดส่วนโดยตรง</p>
	<p>2. ผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบลบ (Negative Correlation)</p> <p>แสดงว่า * เมื่อค่า X เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า Y ลดลง</p>
	<p>3. ผังการกระจายไม่มีสหสัมพันธ์ (Non-Correlation)</p> <p>แสดงว่า การเพิ่มหรือลดของค่า X อาจทำให้ ค่า Y เป็นไปได้ทั้งเพิ่มและลด</p>

ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างผังการกระจายของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตัวแปร X,Y
ที่มา : ปรับปรุงจาก <https://www.share-apparel.org>

2.6 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) คือ แผนภูมิที่เขียนขึ้น โดยอาศัยข้อมูลจากข้อกำหนดทางด้านเทคนิคที่ระบุถึงคุณสมบัติหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต แผนภูมิควบคุมเป็นกราฟเส้น (Line Graph) ที่ใช้เพื่อติดตามแนวโน้มหรือผลการปฏิบัติงาน โดยใช้ข้อมูลจากการติดตามงานสร้างขอบเขตการควบคุม (Control Limits) ขอบเขตการควบคุมจะมีช่วง (Range) ที่ให้การปฏิบัติดำเนินการได้ ประกอบด้วยขอบเขตการควบคุมบน (Upper control limit : UCL) และขอบเขตการควบคุมล่าง (Lower control limit : LCL) การควบคุมจะคุมไม่ให้เกิดการปฏิบัติงานในแต่ ละระยะเวลาออกนอกขอบเขต

แผนภูมิควบคุม มีประโยชน์สำหรับใช้เฝ้าติดตามค่า ตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการทำงาน มีค่าอยู่ในพิสัยที่ต้องการหรือไม่ ใช้เฝ้าติดตาม การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่ต้องการควบคุมว่า มีแนวโน้มอย่างไร ทำให้ทราบได้ล่วงหน้าว่า มีแนวโน้มจะเกิดปัญหาหรือไม่ และสามารถคิดหา มาตรการและลงมือป้องกันแก้ไข ได้อย่างทันท่วงทีก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้นและใช้เปรียบเทียบ ผลก่อน และหลังการแก้ไขปัญหา ลักษณะที่สำคัญของแผนภูมิควบคุม มีลักษณะคล้าย "กราฟเส้น" แต่เนื่องจากมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเฝ้าติดตามความผันแปรของค่าของข้อมูล จึงมีองค์ประกอบ เพิ่มเติม ได้แก่ เส้นพิสัยด้านบน (Upper Control Limit: UCL) เส้นพิสัยด้านล่าง (Lower Control Limit: LCL) เส้นกลาง (Center Line: CL)

ในการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมว่า เกิดปัญหาในกระบวนการผลิตหรือไม่ พิจารณาจุด ที่ปรากฏบนแผนภูมิควบคุม โดยลักษณะจุดในแผนภูมิควบคุมมีลักษณะหลัก ๆ ได้แก่ มีจุดอยู่นอก เส้นควบคุม การเกิดเกาะกลุ่ม (Run) และเกิดแนวโน้ม (Trend) โดยจุดอยู่นอกเส้นควบคุม คือ มีจุด อย่างน้อย 1 จุดอยู่นอก UCL หรือ LCL (ดังภาพที่ 2.13 (ก)) ส่วนการเกิดเกาะกลุ่ม คือ มีจุดอย่าง น้อย 7 จุดเรียงติดกันอยู่ด้านบน CL หรือด้านล่าง CL (ดังภาพที่ 2.13 (ข)) และการเกิดแนวโน้ม คือ มีจุดอย่างน้อย 7 จุดเรียงตัวกันแนวเอียงขึ้นหรือแนวเอียงลงต่อเนื่องกันตลอดภายใต้ UCL และ LCL (ดังภาพที่ 2.14 (ค)) ตัวอย่างลักษณะการปรากฏจุดบนแผนภูมิควบคุม 3 ลักษณะดังกล่าวเป็น ลักษณะสำคัญที่บ่งบอกว่ากระบวนการผลิตเกิดปัญหา ต้องค้นหาสาเหตุและปรับปรุงกระบวนการ ผลิต



ภาพที่ 2.13 ลักษณะจุดบ่งบอกกระบวนการผลิตที่เกิดปัญหา

ที่มา : <https://www.share-apparel.org>


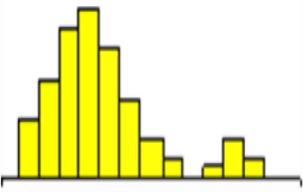
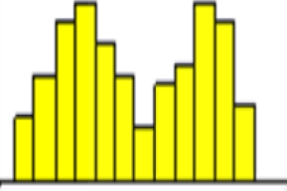
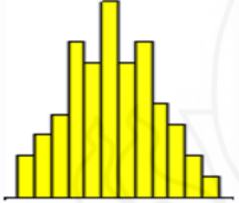
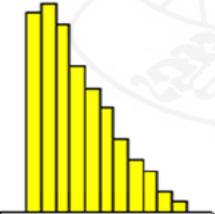
2.7 ฮิสโตแกรม (Histogram) คือ กราฟแท่งชนิดหนึ่ง ใช้แสดงความถี่ของข้อมูลที่ได้จากการวัดหรือข้อมูลที่มีค่าต่อเนื่อง เช่น ความยาว น้ำหนัก เวลา อุณหภูมิ และความแข็ง เป็นต้น ใช้ในการตรวจสอบการกระจายทั่วไปของข้อมูล สามารถหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของข้อมูลได้ กำหนดการกระจายของข้อมูลได้ แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการกระจายข้อมูลว่าสามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ในกระบวนการผลิตให้คงที่สม่ำเสมอได้หรือไม่ ข้อมูลจากการผลิตต่างๆ ก็จะมีค่าเท่ากันหรือเหมือนกันตลอด แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้ เนื่องจากปัจจัยในการผลิตมีความผันแปร (Variation) อยู่ตลอดเวลาทำให้ข้อมูลที่ได้มีความผันแปรไปด้วย ซึ่งความผันแปรเหล่านั้นได้เกิดขึ้นเป็นไปตามกฎเกณฑ์บางอย่างที่เรียกว่า การแจกแจง (Distribution) ซึ่งมีรูปแบบต่างๆ กัน ดังตารางที่ 2.3 เช่น การกระจายแบบปกติเป็นลักษณะการกระจายของการผลิตเป็นไปตามปกติ ค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่จะอยู่ตรงกลาง ขณะที่การกระจายแบบแยกเป็นเกาะเป็นลักษณะที่พบเมื่อกระบวนการผลิตขาดการปรับปรุง เป็นต้น

การสร้างฮิสโตแกรม มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- 1) เขียนแกน X (แกนนอน) แบ่งช่องให้เหมาะสมกับหน่วยวัดที่ใช้ ต้องมีจำนวนช่องเพื่อเขียนกราฟแท่งให้เท่าจำนวนที่ต้องเขียนแล้วบวก 2 ช่องหัวท้าย
- 2) เขียนเส้นแกน y (แกนตั้ง) ปลายด้านซ้ายและขวา โดยด้านซ้ายแทนด้วยแกนความถี่ และด้านขวาแทนด้วยแกนความถี่สัมพัทธ์
- 3) เขียนค่าขอบเขตทั้ง 2 ค่าของกราฟแท่งแต่ละแท่งลงในแกนนอน
- 4) ให้เขียนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขึ้นไปโดยให้ความสูงของสี่เหลี่ยมแต่ละ รูปเท่ากับค่าความถี่ของข้อมูลที่พบในชั้นนั้นๆ จากค่าขอบเขตค่าสูงและค่าต่ำของแต่ละชั้นข้อมูลที่ขีดบนแกนนอน
- 5) เขียนเส้นเป็นรอยประยาวเพื่อแสดงค่าเฉลี่ยของค่าในแกนนอน
- 6) เขียนข้อมูลประกอบที่สำคัญ เช่น จำนวนข้อมูล (n), ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(S)

ตารางที่ 2.5 ลักษณะต่างๆ ของฮิสโตแกรม

กราฟ	ชื่อเรียก	ความหมาย
	แบบปกติ (Normal Distribution)	การกระจายของการผลิตเป็นไปตามปกติ ค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่อยู่ตรงกลาง
	แบบแยกเป็นเกาะ (Detached Island Type)	พบเมื่อกระบวนการผลิตขาดการปรับปรุง/หรือการผลิตไม่ได้ผล
	แบบระฆังคู่ (Double Hump Type)	พบเมื่อนำผลิตภัณฑ์ของเครื่องจักร 2 เครื่อง / 2 แบบมารวมกัน
	แบบฟันปลา (Serrate Type)	พบเมื่อเครื่องมือวัดมีคุณภาพต่ำ หรือการอ่านค่ามีความแตกต่างกันไป เกิดจากการบันทึกข้อมูลอาจมี บั้ดเศษของแต่ละข้อมูล
	แบบหน้าผา (Cliff Type)	พบเมื่อมีการตรวจสอบแบบ Total Inspection เพื่อคัดของเสียออกไป

ที่มา : <https://www.share-apparel.org>

ฮิสโตแกรม มีประโยชน์ในการศึกษาว่าข้อมูลชุดหนึ่ง มีการกระจายตัวมากหรือน้อยเพียงไร อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ (ตาม specification) มากหรือน้อยเพียงไร ใช้ในการคำนวณค่าทางสถิติของข้อมูลชุดนั้น อาทิค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าพิสัย ค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากค่าขอบเขตที่ยอมรับได้ (ตาม specification) และ ค่าทางสถิติที่คำนวณได้ ทำให้สามารถระบุค่า "ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index: Cp)" ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการ "เปรียบเทียบสมรรถนะ (benchmarking)" และ การปรับปรุงกระบวนการต่อไป รวมทั้งใช้ตรวจสอบประสิทธิผลของการปรับปรุง

ดังนั้นการใช้ฮิสโตแกรมควรใช้ เมื่อต้องการตรวจสอบความผิดปกติ โดยดูการกระจายของกระบวนการทำงาน เมื่อต้องการเปรียบเทียบข้อมูลกับเกณฑ์ที่กำหนด หรือค่าสูงสุด-ต่ำสุด เมื่อต้องการตรวจสอบสมรรถนะของกระบวนการทำงาน (Process Capability) เมื่อต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา (Root Cause) เมื่อต้องการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระยะยาว และเมื่อข้อมูลมีจำนวนมากๆ

3. วงจรเดมมิง

วงจรเดมมิงหรือวงจร PDCA คือ วงจรที่พัฒนามาจากวงจรที่คิดค้นโดยวอลท์เตอร์ ชิวฮาร์ต(Walter Shewhart) ผู้บุกเบิกการใช้สถิติสำหรับวงการอุตสาหกรรมและต่อมาวงจรนี้เริ่มเป็นที่รู้จักกันมากขึ้นเมื่อ เอดเวิร์ด เดม-มิง (W.Edwards Deming) อาจารย์ด้านการบริหารคุณภาพ ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการทำงานของพนักงานภายในโรงงานให้ดียิ่งขึ้น และช่วยค้นหาปัญหาอุปสรรคในแต่ละขั้นตอนการผลิตโดยพนักงาน จนวงจรนี้เป็นที่รู้จักกันในอีกชื่อว่า “วงจรเดมมิง” ต่อมาพบว่า แนวคิดในการใช้วงจร PDCA นั้นสามารถนำมาใช้ได้กับทุกกิจกรรม จึงทำให้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น PDCA เป็นคำย่อจาก 4 คำ ดังนี้

P : Plan = วางแผน

D : DO = ปฏิบัติตามแผน

C : Check = ตรวจสอบ / ประเมินผลและนำผลประเมินมาวิเคราะห์

A : Action = ปรับปรุงดำเนินการให้เหมาะสมตามผลการประเมิน

3.1 การวางแผน (Plan: P) เป็นส่วนประกอบของวงจรที่มีความสำคัญ เนื่องจากการวางแผนเป็นจุดเริ่มต้นของงานและเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การทำงานในส่วนอื่น เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การวางแผนในวงจรเดมมิง เป็นการหาองค์ประกอบของปัญหา โดยวิธีการระดมความคิด การหาสาเหตุของปัญหา การหาวิธีการแก้ปัญหา การจัดทำตารางการปฏิบัติงาน การ

กำหนดวิธีดำเนินการ การกำหนดวิธีการตรวจสอบ และประเมินผล ในขั้นตอนนี้ มีการดำเนินการ ดังนี้

1) ตระหนักและกำหนดปัญหาที่ต้องการแก้ไขหรือปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยสมาชิกแต่ละคน ร่วมมือและประสานกันอย่างใกล้ชิดในการระบุปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะร่วมกันทำการศึกษาและ วิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขต่อไป

2) เก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับการวิเคราะห์และตรวจสอบการดำเนินงาน หรือหาสาเหตุ ของปัญหา เพื่อใช้สำหรับพัฒนาปรับปรุงหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ควรมีการวางแผนและ ดำเนินการเก็บข้อมูลให้เป็นระบบ เข้าใจง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน เช่น แบบสอบถาม ตาราง ตรวจสอบ แผนภาพ แผนภูมิ เป็นต้น

3) อธิบายปัญหาและกำหนดทางเลือก วิเคราะห์ปัญหา เพื่อใช้กำหนดสาเหตุ ของความ ผิดปกติ ตลอดจนแสดงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งนิยมใช้วิธีการเขียนและวิเคราะห์แผนภูมิหรือ แผนภาพ เช่น แผนภูมิพาเรโต แผนภูมิการควบคุม และแผนภูมิแกงปลา เป็นต้น เพื่อให้สมาชิกใน ทีมงานคุณภาพทุกคนเกิดความเข้าใจสาเหตุและปัญหาอย่างชัดเจน แล้วร่วมกันระดมความคิด (Brainstorm) เพื่อแก้ปัญหา โดยสร้างทางเลือกต่างๆ ที่เป็นไปได้ ในการตัดสินใจแก้ปัญหา แล้ว นำมาทำการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดมาดำเนินการ

4) เลือกวิธีการแก้ไขปัญหา หรือปรับปรุงการดำเนินงาน โดยร่วมกันระดมความคิดเพื่อ วิเคราะห์ และวิจารณ์แนวทางที่เลือกและทำการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างสมาชิก เพื่อ ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมที่สุดในการดำเนินงาน ให้สามารถบรรลุตามเป้าหมาย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจต้องทำวิจัยและหาข้อมูลเพิ่มเติม หรือกำหนดทางเลือกใหม่ที่มีความ น่าจะเป็นในการแก้ไขปัญหาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

3.2) การปฏิบัติตามแผน (Do: D) เป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ในตารางการ ปฏิบัติงาน โดยที่สมาชิกในกลุ่มต้องมีความเข้าใจถึงความสำคัญและความจำเป็นในแผนนั้นๆ ความสำเร็จของการนำแผนมาปฏิบัติต้องอาศัยการทำงานด้วยความร่วมมือเป็นอย่างดี จากสมาชิก ตลอดจนการจัดการทรัพยากรที่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงานตามแผนนั้นๆ ในขั้นตอนนี้ ขณะที่ ลงมือปฏิบัติต้องมีการตรวจสอบไปด้วย หากไม่เป็นไปตามแผนอาจต้องมีการ ปรับแผนใหม่และ เมื่อแผนนั้นใช้งานได้จึงนำไปใช้เป็นแผนและถือปฏิบัติต่อไป

3.3) การตรวจสอบ (Check: C) หมายถึง การตรวจสอบดูว่า เมื่อปฏิบัติงานตามแผนหรือ ลงมือแก้ปัญหางานตามแผนแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้เป็นอย่างไร สภาพปัญหาได้รับการแก้ไขตรงตาม เป้าหมายที่ตั้งใจหรือไม่ การแก้ไขปัญหาไม่ตรงตามเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ประสบผลสำเร็จอาจ

เกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น ความไม่เหมาะสมของแผน การไม่ปฏิบัติตามแผน การเลือกใช้เทคนิคที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น

3.4) การดำเนินการที่เหมาะสม (Action: A) เป็นการกระทำภายหลังที่กระบวนการ 3 ขั้นตอน ตามวงจรได้ดำเนินการเสร็จแล้ว ขั้นตอนนี้เป็นกรนำเอาผลจากขั้นการตรวจสอบ (C) มาดำเนินการที่เหมาะสมต่อไป

PDCA มีประโยชน์ 3 ด้าน ได้แก่ การป้องกัน การแก้ไขปัญหา และการปรับปรุง ดังนี้

1) การป้องกัน การนำวงจร PDCA ไปใช้ ทำให้ผู้ปฏิบัติมีการวางแผน การวางแผนที่ดีช่วยป้องกันไม่ให้เกิดปัญหา ช่วยลดความสับสนในการปฏิบัติงาน ช่วยควบคุมการใช้ทรัพยากรให้เหมาะสม ลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต การทำงานที่มีการตรวจสอบเป็นระยะ ทำให้การปฏิบัติงานมีความรอบคอบรัดกุมสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว และการตรวจสอบที่นำไปสู่การแก้ไขปรับปรุง ทำให้ปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วลดความรุนแรงของปัญหาลง ถือเป็นกรนำความผิดพลาดมาใช้ให้เกิดประโยชน์

2) การแก้ไขปัญหา การใช้ PDCA เพื่อการแก้ไขปัญหา โดยการตรวจสอบว่ามีปัญหาอะไรบ้าง เมื่อพบปัญหาแล้วนำมาวางแผนเพื่อดำเนินการตามวงจร PDCA ต่อไป

3) การปรับปรุง PDCA เพื่อการปรับปรุง คือ การค้นหาวิธีการที่ดีกว่าเดิมอยู่เสมอ โดยไม่ต้องรอให้เกิดปัญหา เพื่อเพิ่มระดับคุณภาพชีวิตและสังคม เมื่อเราคิดว่าจะปรับปรุง วงจร PDCA จะใช้เป็นขั้นตอนในการปรับปรุง และต้องเริ่มทำ PDCA ที่ตัวเองก่อนมุ่งไปที่คนอื่น

4. การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments : DOE) เป็นการตรวจสอบว่าปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปรใดที่มีผลต่อสิ่งที่สนใจ (Response) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) หรือความเชื่อหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต และเพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (exploration) หรือศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการ

เทคนิคการออกแบบการทดลองสามารถแบ่งออกได้ 4 แบบ(ปรัชญา,2560)

1) การทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ สำหรับศึกษาปัจจัยที่สองระดับ (2^k full factorial design)

2) การทดลองแบบแฟกทอเรียลบางส่วน สำหรับศึกษาปัจจัยที่สองระดับ (2^{k-q} fractional factorial design)

3) การทดลองแบบวิธีพื้นผิวผลตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM)

ก. การทดลองแบบ central composite (Central Composite Design, CCD)

ข. การทดลองแบบ box-behken (box behken designs)

4) การทดลองแบบแต่ละปัจจัยมีจำนวนระดับไม่เท่ากัน (general mixed level design)

สำหรับในที่นี้เน้นการทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ สำหรับศึกษาปัจจัยที่สองระดับ หรือเรียกว่า 2^k เนื่องจากเป็นเทคนิคการออกแบบการทดลองที่เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถศึกษาปัจจัยได้หลายปัจจัยพร้อมกัน ซึ่งสามารถสรุปผลของปัจจัยหลัก (Main Factor) และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย หรืออันตรกิริยา (interaction) ได้อีกด้วย โดยมีการศึกษา ทุกปัจจัยเป็นสองระดับ เช่น การออกแบบการทดลอง 2 ปัจจัย คือ A และ B จะสามารถสรุปผลของ ปัจจัย A และ B คือ AB (2-way interaction)

การทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ สำหรับศึกษาปัจจัยที่สองระดับ เป็นเทคนิคการ ออกแบบการทดลองที่มีการกำหนดระดับของปัจจัยหลักไว้ที่ระดับสูง (High หรือ +1) และระดับต่ำ (Low หรือ -1) เท่านั้น โดยจำนวนของการทดลองจะมีจำนวนเท่ากับ 2^k ซึ่ง k คือ จำนวนของปัจจัย ยกตัวอย่างเช่น การออกแบบการทดลองเพื่อยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาปัจจัยของ กระบวนการผลิต 2 ปัจจัย คือ ปัจจัย A และ B ซึ่งสามารถออกแบบการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 2.6 การกำหนดระดับของปัจจัยหลัก

ระดับของปัจจัย	A	B
ระดับต่ำ	120	1
ระดับสูง	180	3

สามารถเข้ารหัสของปัจจัยหลัก (Coding) ได้ด้วยวิธีดังนี้

$$\text{Code} = \frac{\text{Actual Value} - \text{Middle Value}}{(\text{Rang}/2)}$$

ตัวอย่างเช่น ปัจจัย A คำนวณได้ดังนี้

$$\text{Code}_{180} = \frac{180 - 150}{(180-120)/2} = +1$$

$$\text{Code}_{120} = \frac{120 - 150}{(180-120)/2} = -1$$

ตารางที่ 2.7 สรุปการเข้ารหัสของระดับปัจจัย

ระดับของปัจจัย	A	B
ระดับต่ำ	-1	-1
ระดับสูง	+1	+1

สำหรับการทดลองนี้มีสองปัจจัย ซึ่งสามารถคำนวณจำนวนการทดลองได้เท่ากับ $2^2 = 4$ การทดลอง และสามารถแสดงลำดับการทดลอง รวมทั้งการคำนวณอันตรกิริยา (Interaction) ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.8 ลำดับการทดลอง รวมทั้งการคำนวณอันตรกิริยา (Interaction)

ลำดับการทดลอง	ปัจจัยหลัก (Main Factor)		อันตรกิริยา (Interaction)	ผลการทดลอง
	A	B	AB	Response (Y)
1	-1	-1	+1	10
2	+1	-1	-1	30
3	-1	+1	-1	20
4	+1	+1	+1	80

จากผลการทดลองสามารถคำนวณค่าผลกระทบของปัจจัย (effect) ได้เท่ากับค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง (response) ระดับสูง-ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง (response) ระดับต่ำ โดยแสดงการคำนวณของแต่ละปัจจัยรวมทั้งอันตรกิริยาได้ดังนี้

$$\text{Effect}_A = \frac{30+80}{2} - \frac{10+20}{2} = 40$$

$$\text{Effect}_B = \frac{20+80}{2} - \frac{10+30}{2} = 30$$

$$\text{Effect}_{AB} = \frac{10+80}{2} - \frac{30+20}{2} = 20$$

จากการคำนวณค่าผลกระทบของปัจจัย (effect) แสดงให้เห็นว่าปัจจัย A ส่งผลกับผลตอบสนองมากที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัย B และอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย A และ B (AB) ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องของการทดลองได้อีกด้วยดังนี้

- 1) การทดลองที่ตำแหน่งค่ากลาง (center points) หรือที่ระดับ 0 เพื่อทดสอบว่าสมการ

ความสัมพันธ์ที่ได้จากการออกแบบการทดลองมีความเหมาะสมหรือไม่ หรือการวิเคราะห์ต้องการสมการเส้นโค้งที่มีเทอมกำลังสอง (second order)

2) การทดลองซ้ำ (replicate) คือ การเพิ่มจำนวนการทดลองซ้ำทุกๆ ตำแหน่งของการทดลอง เพื่อประมาณค่าความผิดพลาดของการทดลอง (random error) โดยทั่วไปผลที่ได้จากการทดลองที่ตำแหน่งเดียวกันควรมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ถ้าผลที่ได้มีค่าแตกต่างกันมากย่อมแสดงว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นสูง ซึ่งต้องพิจารณาองค์ประกอบของการทดลองใหม่ เพราะอาจมีผลกระทบจากสิ่งรบกวน (noise) ที่ไม่ได้พิจารณาส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง

3) บล็อกกิ้ง (blocking) คือ การแบ่งการทดลองออกเป็นส่วนๆ เพื่อป้องกันผลกระทบจากวัตถุดิบที่มีความแตกต่าง ซึ่งใช้ในกรณีที่มีข้อจำกัดของวัตถุดิบ เมื่อมีความจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบมากกว่าหนึ่งลอตสำหรับการออกแบบการทดลอง โดยสามารถประยุกต์ใช้กับกรณีอื่นๆ ก็ได้ เช่น เวลา, พนักงาน, เครื่องจักร เป็นต้น

4) การทำแบบสุ่ม (randomization) คือ การออกแบบการทดลองที่ทำให้ลำดับการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (random) หรือการกระจายตัวแบบเป็นอิสระ เพื่อลดความลำเอียง (bias) ของผู้ทดลอง

5. การประเมินความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลแบบนับ

การประเมินความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลแบบนับ เช่น นับจำนวนของเสียหรือนับจำนวนความบกพร่องนี้ มีแนวคิดเช่นเดียวกับการประเมินความสามารถของกระบวนการสำหรับข้อมูลแบบวัด กล่าวคือ ให้ทำการประเมินความผันแปรของกระบวนการเปรียบเทียบกับความคลาดเคลื่อนอนุโลมของข้อกำหนดเฉพาะเพื่อทำการกำหนดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องจากกระบวนการที่ศึกษา แต่เนื่องจากข้อมูลแบบนับเป็นข้อมูลที่ไม่มีคุณสมบัติอธิบายความผันแปร จึงมีความจำเป็นต้องกำหนดข้อมูลนับให้อยู่ในรูปของสัดส่วนของข้อบกพร่องหรือสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง เพื่อการเทียบเคียงให้อยู่ในรูปของสเกลของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Z) สำหรับการแปลงให้เป็นดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ

การหาค่าความสามารถกระบวนการประเภทข้อมูลเชิงคุณภาพ สามารถทำได้โดยการหาค่าสัดส่วนของเสียหรือสิ่งบกพร่องก่อน

$$\begin{aligned}\bar{p} &= \frac{\sum np}{\sum n} \\ &= \frac{\text{จำนวนของเสียโดยรวม}}{\text{จำนวนงานที่ตรวจสอบ}}\end{aligned}$$

นำค่า \bar{p} มาประมาณค่า Z ของกระบวนการโดยหาจากตารางแจกแจงค่าปกติมาตรฐาน และสามารถคำนวณหาค่า P_p และ P_{pk} ได้ดังนี้

ค่าดัชนี P_p ความสามารถกระบวนการด้านศักยภาพระยะยาว

$$P_p = Z_1/3 \quad (\text{สมการที่ 1})$$

โดยค่า Z_1 หาได้จาก นำค่า $\bar{p}/2$ ไปเปิดตารางพื้นที่ใต้เส้นโค้งแบบปกติมาตรฐาน (ภาคผนวก ก ภาพที่ 5) โดยกำหนดให้สัดส่วนของเสียมีค่าเท่ากันทั้งสองด้านของเส้นโค้งแบบปกติ

ค่าดัชนี P_{pk} ความสามารถกระบวนการด้านสมรรถนะระยะยาว

$$P_{pk} = Z_2/3 \quad (\text{สมการที่ 2})$$

โดยค่า Z_2 หาได้จาก นำค่า \bar{p} ไปเปิดตารางพื้นที่ใต้เส้นโค้งแบบปกติมาตรฐาน โดยกำหนดให้สัดส่วนของเสียอยู่ที่ด้านเดียวของเส้นโค้งแบบปกติ

หากค่า P_p และ P_{pk} มีค่าสูงๆ แสดงถึงโอกาสที่กระบวนการผลิตมีความสามารถในการผลิตสูง (Process Capable) หรือมีโอกาสที่เกิดของเสียในปริมาณที่ต่ำ แต่ถ้าค่า P_p และ P_{pk} มีค่าต่ำๆ (โดยเฉพาะต่ำกว่า 1) แสดงถึงโอกาสที่กระบวนการผลิตขาดความสามารถในการผลิต หรือมีโอกาสที่เกิดของเสียในปริมาณที่สูงเช่นกัน

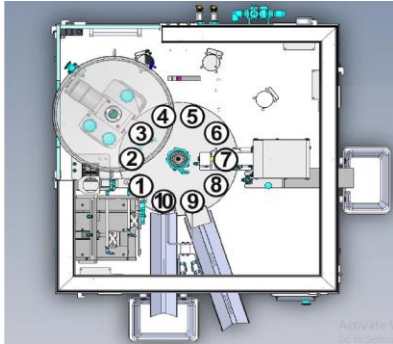


6. เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ



ภาพที่ 2.14 เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL - 75

เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL - 75 เป็นเครื่องบรรจุหลอดบีบแบบอัตโนมัติ ทำจากสแตนเลสตีล ชุดควบคุมและปรับตั้งการใช้งานเป็นแบบหน้าจอรระบบสัมผัสทำให้สามารถควบคุมโปรแกรมได้ง่าย ระบบมอเตอร์เป็นแบบเซอร์โว (Servo) สามารถปรับปริมาณการเติมได้อย่างแม่นยำ สามารถบรรจุครีมหรือวัสดุที่มีความหนืดสูงได้ สามารถปิดผนึกกันหลอดด้วยความร้อนจากลมร้อนพร้อมพิมพ์วันที่ผลิตได้ที่ปลายหลอด งานหมุนแบบอัตโนมัติ 10 สถานี สามารถปรับตั้งค่าความเร็วในการทำงานได้สูงสุด 70 ชิ้นต่อนาที ใช้ได้ทั้งหลอดบีบชนิดพลาสติก หลอดบีบลามิเนต และหลอดบีบอะลูมิเนียม ชุดรางลำเลียงหลอดบีบเป็นแบบสายพานจึงสามารถใช้งานได้ทั้งหลอดทรงกลมและหลอดทรงรี โดยมีขั้นตอนการทำงานของเครื่อง ดังนี้

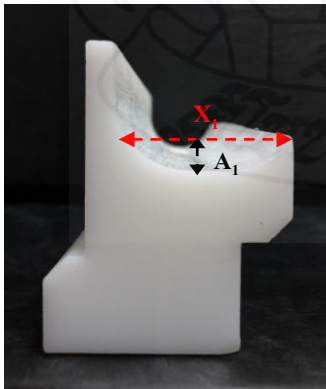


Station	รูปภาพ	หน้าที่
1		วางเรียงหลอดบีบ ลำเลียงหลอดลงสู่ อุปกรณ์ส่งหลอด (Infeed Prism) เพื่อส่ง หลอดบีบลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอด (Tube Holder)
2		อุปกรณ์รองรับและจับหลอด ถูกยกขึ้น เพื่อให้หลอดบีบสวมเข้ากับอุปกรณ์หมุน หลอด (Centering Cone) แล้วหมุนเพื่อให้ เซ็นเซอร์ตรวจจับตาไฟ (Eye Mask)
3		บรรจุเนื้อผลิตภัณฑ์ (Bulk) ผ่านท่อบรรจุ
4		ว่าง
5		ปลายหลอดบีบได้รับความร้อนโดยสวม เข้ากับอุปกรณ์ให้ลมร้อน
6		หนีบปลายหลอดบีบด้วยอุปกรณ์หนีบ พร้อมพิมพ์เลขที่ผลิต (lot.no.)
7		ตัดปลายหลอด
8		ว่าง
9		วางระบายหลอดบีบที่ดี
10		วางระบายหลอดบีบที่เสียหรือหลอดเสีย

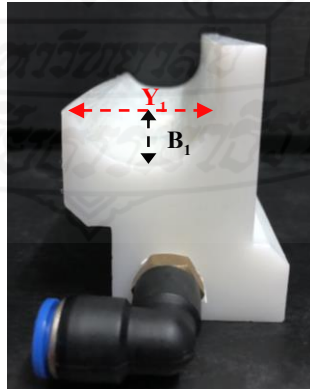
ภาพที่ 2.15 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมตี หมายเลข FL – 75

6.1 อุปกรณ์ส่งหลอด (Infed Prism) คือ อุปกรณ์รองรับหลอดจากรางเรียงหลอดเพื่อส่งหลอดบีบลงสู่อุปกรณ์รองรับและจับหลอด (Tube Holder) รูปร่างและขนาดขึ้นอยู่กับความยาวและขนาดของหลอด สำหรับหลอดทรงกลมไม่พบปัญหาในการจับหลอดและส่งหลอดเนื่องจากลักษณะของหลอดจากฝาหลอดไปจนถึงปลายหลอดมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกและปลายหลอดเป็นทรงกลมเหมือนกันทุกหลอด แต่สำหรับหลอดทรงรีด้านฝาหลอดจะเป็นรูปทรงรี ส่วนปลายหลอดจะเป็นรูปทรงกลม แต่จะเสียรูปกลายเป็นทรงรีได้ง่ายเนื่องจากบริเวณฝาหลอดเป็นทรงรี ดังนั้นการออกแบบอุปกรณ์ส่งหลอด เพื่อรับหลอดบีบและส่งหลอดบีบลงสู่อุปกรณ์รองรับและจับหลอด จึงทำได้ยากสำหรับหลอดทรงรี ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบอุปกรณ์ส่งหลอดขึ้นมา 2 รูปแบบ ดังนี้

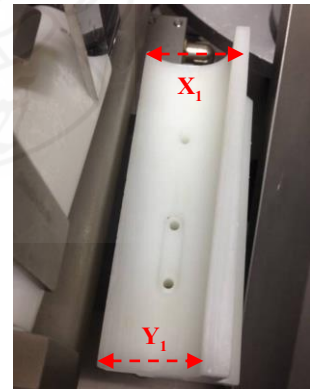
รูปแบบที่ 1. ความโค้งของอุปกรณ์ส่งหลอดเท่ากับความโค้งของรูปทรงหลอดทั้งฝาและปลายหลอด อุปกรณ์ส่งหลอดมีความโค้งและรูปทรงพอดีกับรูปทรงหลอด โดยด้านที่รองรับฝาหลอดกว้าง (X_1) = 3.5 cm ลึก (A_1) = 0.5 cm และด้านที่รองรับปลายหลอดกว้าง (Y_1) = 3.0 cm ลึก (B_1) = 1.2 cm ซึ่งแคบกว่าด้านที่รองรับฝาหลอดเพื่อให้สามารถรองรับหลอดได้พอดีดังภาพที่ 2.16 หากปลายหลอดมีลักษณะกลม แต่ถ้าหากปลายหลอดมีลักษณะทรงรีจะไม่สามารถรองรับหลอดได้ดี ขึ้นอยู่กับลักษณะของหลอดที่ตกลงบนอุปกรณ์ส่งหลอด หากปลายหลอดตกลงในแนวขวาง (ตามภาพที่ 2.17) จะทำให้ปลายหลอดไม่แนบสนิทกับผิวส่วนโค้งของอุปกรณ์ส่งหลอดเกิดเป็นช่องว่าง ทำให้การรองรับหลอดและส่งหลอดบีบลงสู่อุปกรณ์รองรับและส่งหลอดได้ไม่ดี



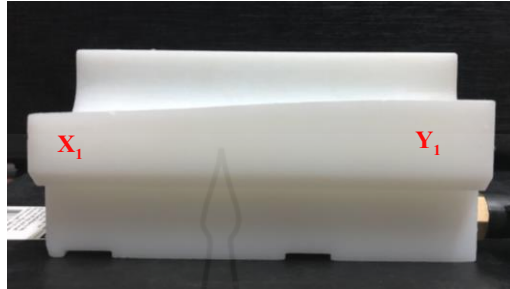
ก.



ข.

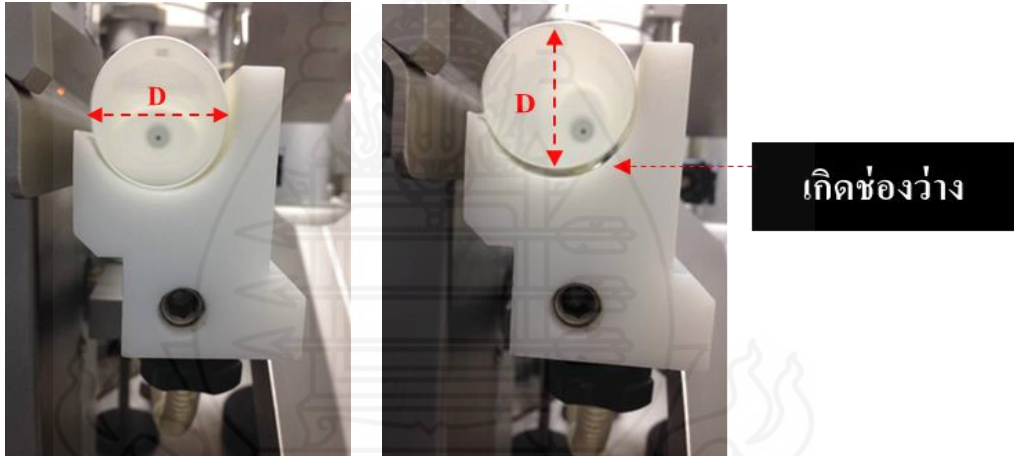


ค.



ง.

ภาพที่ 2.16 ลักษณะโครงสร้างของอุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 1
ก.ด้านที่รองรับฝาหลอด ข.ด้านที่รองรับปลายหลอด ค.ด้านบน ง.ด้านข้าง

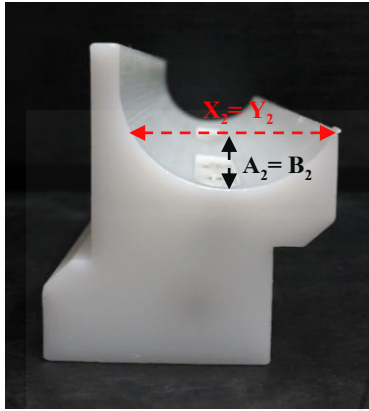


ก.

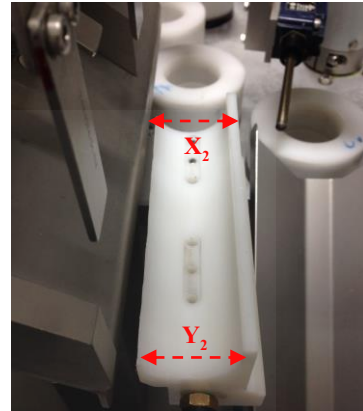
ข.

ภาพที่ 2.17 การสัมผัสหลอดกับอุปกรณ์ส่งหลอดของหลอดที่มีลักษณะปลายหลอดรี
ก. สัมผัสอุปกรณ์ส่งหลอดตามแนวยาว ข. สัมผัสอุปกรณ์ส่งหลอดตามแนวขวาง

รูปแบบที่ 2. ความโค้งของอุปกรณ์ส่งหลอดมากกว่าความโค้งของรูปทรงหลอดด้านปลายหลอด ความกว้างด้านที่รองรับฝาหลอด (X_2) เท่ากับความกว้างด้านที่รองรับปลายหลอด (Y_2) ($X_2 = Y_2$) = 3.5 cm ความลึกของด้านที่รองรับฝาหลอด (A_2) เท่ากับความลึกด้านที่รองรับปลายหลอด (B_2) ทั้งสองด้านเท่ากัน $A = B = 1.2$ cm ลักษณะเหมือนรูปทรงกระบอก ดังภาพที่ 2.18



ก.



ข.



ค.

ภาพที่ 2.18 ลักษณะของอุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 2 ความโค้งของอุปกรณ์ส่งหลอดมากกว่าความโค้งของรูปทรงหลอดด้านปลายหลอด

ก.ความกว้างและความลึกด้านที่รองรับฝาหลอดเท่ากับด้านที่รองรับปลายหลอด

ข.ด้านบน ค.ด้านข้าง

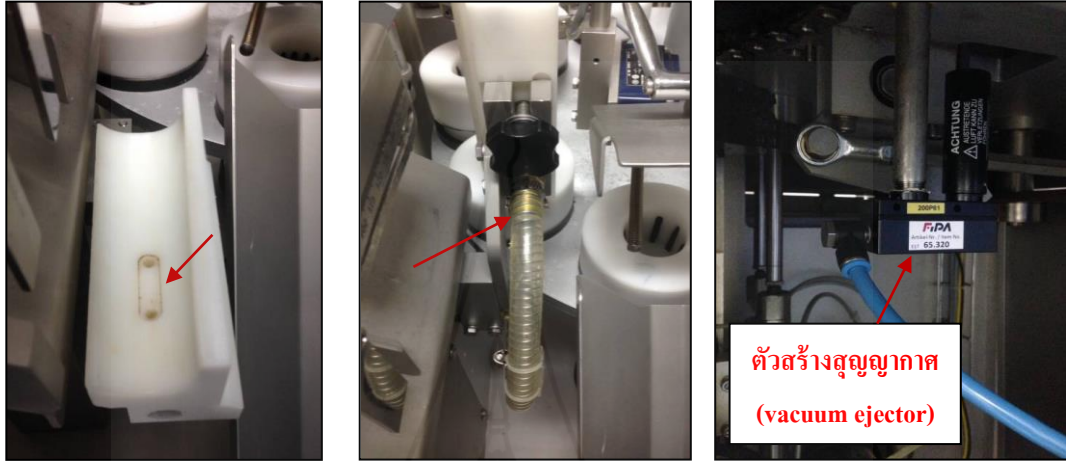
จากรูปแบบที่ 2 ของอุปกรณ์ส่งหลอดมีผลต่อการรองรับหลอดและส่งหลอดบีบลงอุปกรณ์รองรับและส่งหลอด โดยความโค้งของอุปกรณ์ส่งหลอดมากกว่าความโค้งของปลายหลอดที่มากที่สุด เพื่อให้ปลายหลอดสามารถสัมผัสกับอุปกรณ์ส่งหลอดได้ดี ดังภาพที่ 2.19 ไม่ทำให้เกิดช่องว่างไม่ว่าหลอดจะตกกระทบบนอุปกรณ์ส่งหลอดด้วยลักษณะใดก็ตาม ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับหลอดและส่งหลอดบีบลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอด



ปลายหลอดสัมผัสกับตัวส่ง
หลอดแบบแนบสนิท

ภาพที่ 2.19 ลักษณะปลายหลอดสัมผัสกับอุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 2

แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด เนื่องจากหลอดที่ไหลลงมาจากรางเรียงหลอดบีบตกกระทบลงบนอุปกรณ์ส่งหลอดด้วยแรงตกกระทบซึ่งอาจทำให้หลอดกระเด็นออกจากอุปกรณ์ส่งหลอดได้และด้วยแรงเหวี่ยงของอุปกรณ์ส่งหลอด ทำให้หลอดบีบสามารถหลุดออกจากอุปกรณ์ส่งหลอดก่อนถึงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดได้ ส่งผลให้ส่งหลอดบีบลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดได้ไม่ตรง เมื่อตัวตบหลอด (tube pusher) ตบลงทำให้หลอดยวบหรือตั้งไม่ตรง ส่งผลให้ตัวตรวจจับหรือเซ็นเซอร์จับเครื่องหมายตาไฟ (eye mark) ได้ไม่ตรงตำแหน่ง เมื่อหนีบหลอดออกมาทำให้หลอดเอียงได้ ดังนั้นอุปกรณ์ส่งหลอดจึงได้ถูกออกแบบมาให้มีระบบแรงดูดสุญญากาศ เพื่อช่วยในการดูดจับหลอด โดยอุปกรณ์ส่งหลอดถูกเจาะรูและมีท่อด้านล่างต่อเข้ากับตัวสร้างสุญญากาศ (vacuum ejector) 1 ตัว แต่เนื่องจากลักษณะปลายหลอดที่เป็นรูปทรงรี ซึ่งหากตกกระทบลงบนอุปกรณ์ส่งหลอดด้วยลักษณะที่ไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผิวสัมผัสของหลอดกับอุปกรณ์ส่งหลอด ทำให้แรงดูดสุญญากาศที่ใช้อยู่อาจไม่เพียงพอในการดูดจับหลอดได้ ที่อุปกรณ์ส่งหลอดจะมีรูอยู่ด้านบนเพื่อดูดจับหลอดและด้านล่างมีช่องเพื่อเชื่อมต่อกับตัวสร้างสุญญากาศที่อยู่ด้านล่าง 1 ตัว ดังภาพที่ 2.20



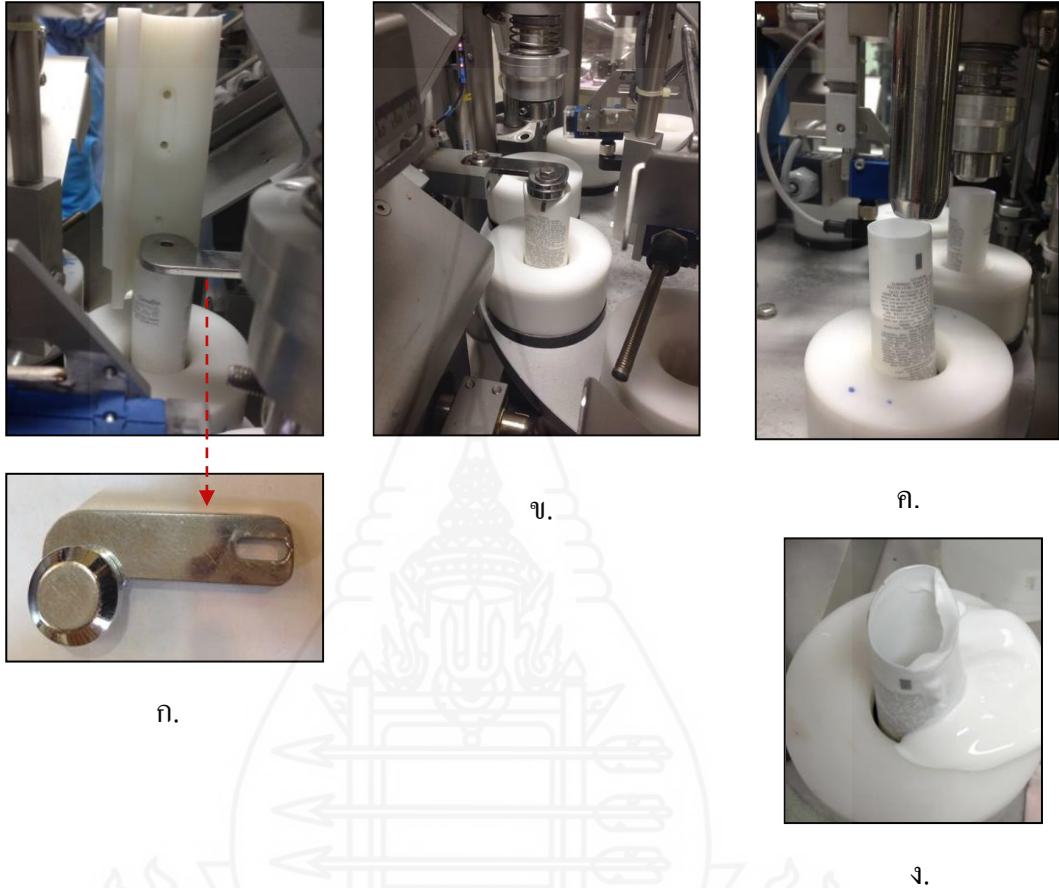
ก.

ข.

ค.

- ภาพที่ 2.20 อุปกรณ์ส่งหลอดที่ต่อเข้ากับระบบตัวสร้างสุญญากาศ
- ก. รูปนอุปกรณ์ส่งหลอดที่ต่อกับระบบดูดสุญญากาศ
- ข. ท่อที่เชื่อมระหว่างอุปกรณ์ส่งหลอดกับตัวสร้างสุญญากาศ (vacuum ejector)
- ค. ตัวสร้างสุญญากาศ (vacuum ejector)

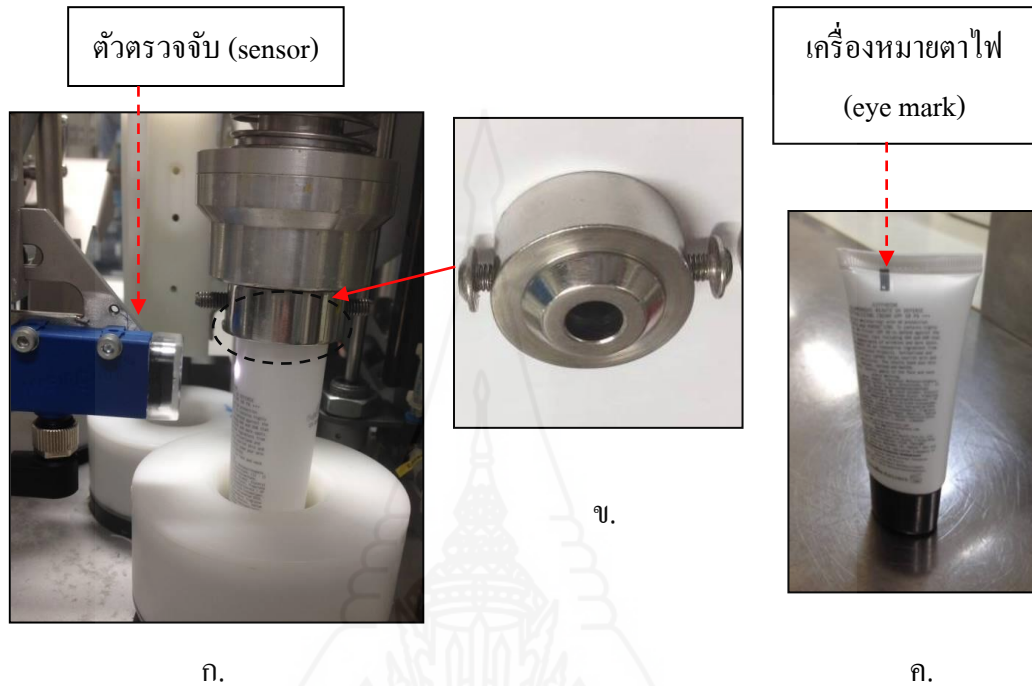
6.2 อุปกรณ์ตบหลอด (tube pusher) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตบหลอดบีบที่ส่งจากอุปกรณ์ส่งหลอดให้ลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอด บริเวณที่สัมผัสกับปลายหลอดจะถูกออกแบบมาตามขนาดของปลายหลอดเพื่อให้สามารถสวมเข้ากับปลายหลอดได้พอดีและช่วยขยายปลายหลอดให้กลม ดังนั้นหากอุปกรณ์ส่งหลอดส่งหลอดบีบไปยังอุปกรณ์รองรับและจับหลอดไม่ดี เมื่ออุปกรณ์ตบหลอดจะตบหลอดบีบลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดได้ไม่เต็มที่ ทำให้หลอดบีบตั้งบนอุปกรณ์รองรับและจับหลอดในลักษณะเอียง (ภาพที่ 2.21 ค.) ทำให้หัวบรรจุชนปลายหลอดขณะที่จุ่มลงเพื่อปล่อยเนื้อผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 2.21 ง.) หรือบางครั้งอุปกรณ์ตบหลอดตบโดนบริเวณปลายหลอดทำให้ปลายหลอดยับได้ (ภาพที่ 2.21 ข.)



ภาพที่ 2.21 การตบหลอดของอุปกรณ์ตบหลอด
 ก. ลักษณะของอุปกรณ์ตบหลอดและการตบหลอด ข. อุปกรณ์ตบหลอดตบปลายหลอดยับ
 ค. อุปกรณ์ตบหลอดตบหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดในลักษณะเอียง
 ง. หัวบรรจุชนปลายหลอดยับ

6.3 อุปกรณ์หมุนหลอด (Centering Cone) เป็นอุปกรณ์ที่สวมเข้ากับปลายหลอด เพื่อหมุนหลอดบีบให้ตัวตรงจับตรงจับเครื่องหมายตาไฟที่หลอด เพื่อกำหนดตำแหน่งการหนีบหลอดให้ตรง โดยบริเวณที่สวมเข้ากับปลายหลอดบีบถูกออกแบบมาเพื่อให้เหมาะสมกับปลายหลอดแต่ละขนาด และจะเป็นตัวช่วยขยายปลายหลอดที่มีลักษณะรีให้กลมได้ เพื่อให้ปลายหลอดสวมเข้ากับหัวบรรจุได้พอดี เนื่องจากหัวบรรจุมีลักษณะกลมตามขนาดของปลายหลอดแต่ละผลิตภัณฑ์ หากหลอดบีบตั้งบนอุปกรณ์รองรับและจับหลอดไม่ตรงจะทำให้อุปกรณ์หมุนหลอดสวมเข้ากับปลาย

หลอดได้ไม่ดี ทำให้การหมุนหาตัวตรวจจับของเครื่องหมายตาไฟไม่ตรงตำแหน่ง เมื่อหนีบหลอดแล้วจะทำให้หลอดบิดเบี้ยว (ภาพที่ 2.22 ค.)



ภาพที่ 2.22 การทำงานของอุปกรณ์หมุนหลอด (centering cone)

ก. ตำแหน่งของตัวหมุนหลอด ข. ลักษณะของตัวหมุนหลอด ค. ลักษณะหลอดเบี้ยว

6.4 อุปกรณ์รองรับและจับหลอด (Tube Holder) เป็นอุปกรณ์จับหลอดและประคองหลอดให้ตั้งตรง เพื่อนำหลอดไปยังสถานีต่างๆ ของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 อุปกรณ์รองรับและจับหลอดมีช่องกลมๆตามขนาดของหลอดและมีเขี้ยวยื่นออกมาเพื่อรัดและประคองหลอดให้ตั้งตรง เนื่องจากอุปกรณ์รองรับและจับหลอด เป็นรูปทรงกลมตามขนาดของหลอด แต่ด้วยหลอดที่เป็นรูปทรงรีการออกแบบเขี้ยวที่ยื่นออกมาต้องสามารถรองรับและรัดหลอดที่เป็นรูปทรงรีได้ดีหรือสัมผัสกับหลอดให้ได้มากแต่ไม่รัดแน่นหรือหลวมจนเกินไป ลักษณะของเขี้ยวมี 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบถี่และเล็กกับแบบห่างและใหญ่ ดังตารางที่ 2.4

อุปกรณ์รองรับและจับหลอดที่รัดหลอดแน่นเกินไป จะทำให้หลอดที่ถูกส่งจากอุปกรณ์ส่งหลอดสวมเข้ากับอุปกรณ์รองรับและจับหลอดไม่ได้และกระเด็นหลุดออกไป (ภาพที่ 2.23 ข.) หรือสวมได้ไม่ดีทำให้ตั้งไม่ตรง เมื่ออุปกรณ์คบหลอดคบบลงทำให้หลอดยับหรือตั้งไม่ตรง

(ภาพที่ 2.23 ก.) ส่งผลให้ตัวตรวจจับจับเครื่องหมายตาไฟได้ไม่ตรงตำแหน่ง เมื่อหนีบหลอดออกมาทำให้หลอดเอียงได้



ก.

อุปกรณ์รองรับ
และจับหลอด
(tube holder)

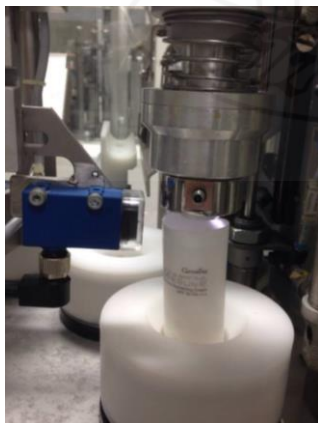


ข.

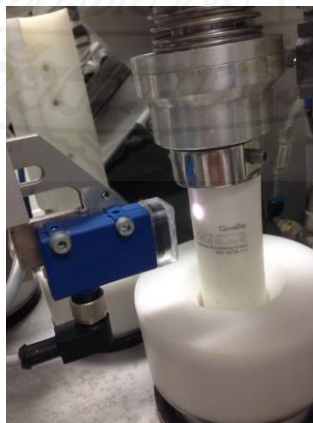
ภาพที่ 2.23 อุปกรณ์รองรับและจับหลอด (tube holder) ที่รัดหลอดแน่นจนเกินไป

- ก. หลอดสวมลงบนตัวจับหลอดได้ไม่ดีทำให้หลอดตั้งไม่ตรงเมื่อตัวจับหลอดกดลงทำให้หลอดขยับ
ข. หลอดขยับกระเด็นหลุดออกจากตัวจับหลอด

อุปกรณ์รองรับและจับหลอดที่รัดหลอดหลวมเกินไป ประคองหลอดได้ไม่ดี เมื่อหลอดถูกยกขึ้น เพื่อหมุนหาเครื่องหมายตาไฟเพื่อให้ตัวตรวจจับทำงาน อาจทำให้หลอดขยับจนทำให้ตำแหน่งเครื่องหมายตาไฟที่ตัวตรวจจับจับได้ ขยับหรือไม่ตรงตำแหน่ง (ภาพที่ 2.24 ข.) ส่งผลให้หลอดที่หนีบออกมามีลักษณะเอียง (ภาพที่ 2.24 ค.)



ก.



ข.



ค.



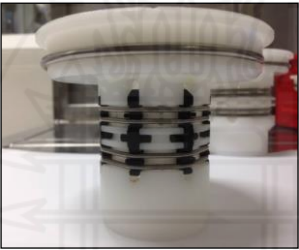
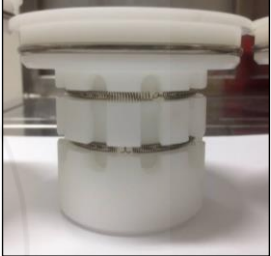
ภาพที่ 2.24 อุปกรณ์รองรับและจับหลอด (tube holder) ที่รัดหลอดหลวมเกินไป

ก. ตัวจับหลอดจับหลอดตั้งตรง

ข. หลอดขยับจนทำให้ตำแหน่งเครื่องหมายตาไฟที่ตัวตรวจจับจับได้ ขยับหรือไม่ตรงตำแหน่ง

ค. หลอดที่ผ่านการหนีบมีลักษณะเอียง

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบรูปแบบของอุปกรณ์รองรับและจับหลอดรูปแบบที่ 1 : ลักษณะซี่วแบบถี่และเล็ก
แบบถี่และเล็กกับรูปแบบที่ 2 : ลักษณะซี่วแบบห่างและใหญ่

	รูปแบบที่ 1 : ลักษณะซี่วแบบถี่และเล็ก	รูปแบบที่ 2 : ลักษณะซี่วแบบห่างและใหญ่
ด้านบน		
ด้านข้าง		
เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	35.50	35.50
จำนวนซี่ว (ซี่)	15	10
ระยะห่างระหว่างซี่ว (mm)	3.30	4.00
ความกว้างของซี่ว (mm)	3.00	5.80
ระยะที่ซี่วยื่นออกมา (mm)	3.50	3.00
ความสูงของซี่ว (mm)	65.00	70.00
พื้นที่สัมผัส (mm ²)	2925.00	4060.00

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดของเสียจากการผลิต มีงานวิจัยหลายงานที่มีการใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด เทคนิคการแก้ปัญหาแบบทิวซี เทคนิคการวิเคราะห์ทำไม-ทำไมในการช่วยลดของเสีย ดังนี้

ชวนิช โสระแสน และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาการลดของเสียจากการผลิตโดยใช้เครื่องมือคุณภาพและเทคนิค ไคเซ็น กรณีศึกษาโรงงานผลิตถุงมือยางแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี โดยใช้เครื่องมือคุณภาพ 3 อย่างของเครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด คือ 1) แผ่นตรวจสอบ 2) แผนภูมิพาเรโต 3) ผังแสดงเหตุและผล และใช้หลักของ 5W1H ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดของเสียจากปัจจัยหลัก 4M1E คือ คน เครื่องจักร วัตถุดิบ วิธีการ และสิ่งแวดล้อม มาเป็นหลักวิเคราะห์แก้ไขสาเหตุของปัญหา เริ่มจากการเก็บข้อมูลของเสียจากการผลิตถุงมือยาง โดยแยกประเภทของเสีย แล้วใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัญหาด้วยผังแสดงเหตุและผล เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขตามแนวทางเทคนิคไคเซ็น จากผลการวิเคราะห์ปัญหาและดำเนินการปรับปรุง มีขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนี้ ทำการฝึกอบรมพนักงาน โดยให้ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการทำงานให้ถูกต้องในกระบวนการผลิตที่มีความเสี่ยงก่อให้เกิดของเสีย รวมถึงการแก้ไขสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักร ผลการวิจัยพบว่า พนักงานที่ขาดความรู้ในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง มีวิธีการปฏิบัติงานแบบเก่า เครื่องจักรที่ไม่ได้รับการตรวจเช็คซ่อมบำรุง วัตถุดิบหรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและสิ่งแวดล้อมในการปฏิบัติงาน ล้วนส่งผลกระทบต่อให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตถุงมือยาง หลังการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขพบว่า ของเสียลดลง 273,151 ชิ้นหรือร้อยละ 53.73 คิดเป็นมูลค่าของเสียที่ลดลง 191,205.7 บาท

เกรียงไกร ศรีเลิศ (2558) ศึกษาเรื่อง การลดของเสียของการป้อนชิ้นงานในกระบวนการชุบแข็ง กรณีศึกษาบริษัทชุบแข็งตัวอย่าง โดยการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการชุบแข็งอินดักชั่น ซึ่งพบว่า ขั้นตอนการให้ความร้อนพบของเสียมากที่สุด และได้นำเครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7QC Tool) มาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ใช้แผนภูมิแท่งเพื่อวิเคราะห์หาความถี่สะสมของปัญหา ใช้แผนผังแสดงเหตุและผล เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นให้ได้ครบทุกด้าน คือ พนักงาน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการทำงาน ผลการวิจัยพบว่า เครื่องมืออุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงานในขั้นตอนการให้ความร้อนสามารถลดความสูญเสียจาก 1,171 ชิ้นต่อเดือน คิด

เป็นร้อยละ 0.51 ของจำนวนชิ้นงานที่ผลิต เหลือความสูญเสียจำนวน 108 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 0.07 และสามารถลดความสูญเสียเฉพาะกระบวนการหุบแข็งอินดักชันจาก 1,459 ชิ้นต่อเดือน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.17 ของจำนวนชิ้นงานที่ผลิตสามารถลดการสูญเสียในการผลิตชิ้นงานได้ถึงร้อยละ 73

จุไรรัตน์ ลาฐลิ (2559) ศึกษาเรื่อง การลดปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นงาน สวิตช์ชุดควบคุมกระจกไฟฟ้ามองข้างรถยนต์ โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาแบบคิวิซี 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) กำหนดหัวข้อปัญหา 2) สำรวจสภาพปัจจุบันและตั้งเป้าหมาย 3) การวางแผนการแก้ไข 4) การวิเคราะห์สาเหตุ 5) การกำหนดมาตรการตอบโต้และปฏิบัติตามมาตรการ 6) การติดตามผล และ 7) การทำให้เป็นมาตรฐาน และใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด ทำการสำรวจข้อมูลของเสียโดยเริ่มจากกลุ่มผลิตภัณฑ์ก่อน ซึ่งพบว่ากลุ่มสวิตช์มีปริมาณการผลิตสูงสุด คือ 39,958 ชิ้น และมีสัดส่วนของเสียสูงสุดร้อยละ 10.40 แล้วทำการสำรวจข้อมูลของเสียของชิ้นงานกลุ่มสวิตช์ อย่างละเอียด จากทั้งหมด 5 สายการผลิต พบว่าสายการผลิตที่ผลิตชุดสวิตช์ควบคุมกระจกไฟฟ้ามองข้างรถยนต์ มากที่สุด คือ มีจำนวนเท่ากับ 10,459 ชิ้น และมีจำนวนของเสียมากที่สุด 1,320 ชิ้นหรือร้อยละ 12.67 และในสายการผลิตชุดสวิตช์ควบคุมกระจกไฟฟ้ามองข้างรถยนต์ แบ่งออกเป็นรุ่นต่างๆ ทั้งหมด 5 รุ่น และเมื่อนำข้อมูลของเสียแต่ละรุ่นมาสรุปด้วยแผนภูมิพาเรโต พบว่า ชิ้นงานรุ่น AA00 มีปริมาณของเสียสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 59.6 ของของเสียทั้งหมด และผู้วิจัยได้กำหนดแผนการดำเนินกิจกรรมคิวิซีตามหลักการ P-D-C-A ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาของเสียรุ่น AA00 ด้วยแผนภูมิแกงปลาจากปัจจัย 4M ประกอบด้วย พนักงานผลิต เครื่องจักร/อุปกรณ์ วิธีการประกอบ และชิ้นส่วน และใช้ Why-Why analysis เพื่อหารากเหง้าที่แท้จริงของปัญหา พบว่ามี 3 สาเหตุหลัก ดังนี้ 1) แรงกดไม่สม่ำเสมอ 2) ใสงานเอียง และ 3) ใสชิ้นส่วนไม่ครบ แล้วใช้แผนภูมิเมตริกซ์ในการหามาตรการตอบโต้และปรับปรุงแก้ไข โดยเลือกหัวข้อปรับปรุงกระบวนการกด (Stacking) จากแบบทำด้วยมือ (Manual) เป็นแบบอัตโนมัติ (Auto) คือปรับปรุงเปลี่ยนเครื่องประกอบเป็นแบบลูกสูบลมนิวมติก และติดเกจวัดแรงดัน ซึ่งภายหลังจากการปรับปรุงทำให้ของเสียลดลงเป็นศูนย์ จากจำนวนของเสียก่อนปรับปรุงจำนวน 3,825 ตัว

ปิยมน โกศลชัย (2559) ศึกษาเรื่อง การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน กรณีศึกษาบริษัท ผู้ผลิตถุงบรรจุนม จำกัด จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตถุงบรรจุนมซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การเตรียมวัตถุดิบ 2) การเป่าถุง 3) การพิมพ์ลายถุง 4) การตัดและเย็บถุง และ 5) การบรรจุหีบห่อ พบว่าในขั้นตอนที่ 4 การตัดและเย็บถุงพบของเสียมากที่สุด ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภูมิแกงปลา ซึ่งพบว่ามีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ดังนี้ พนักงานขาดทักษะ วิธีการทำงานไม่เหมาะสม วัตถุดิบไม่มีคุณภาพ เครื่องมือวัด

ไม่ได้มาตรฐาน และ เครื่องจักรประสิทธิภาพต่ำ ส่งผลให้เกิดของเสีย (Defect) ในกระบวนการตัด และเย็บถุง ส่งผลให้เกิดปัญหาต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น ผู้วิจัยร่วมกับหน่วยงานด้านคุณภาพและฝ่ายผลิต ได้นำหลักการวิเคราะห์ห้ด้วยเทคนิค Why-Why Analysis ร่วมกับแผนภูมิแก๊งปลา มาใช้เพื่อหาสาเหตุของของเสีย (Defect) แล้วนำสาเหตุที่ได้มาทำการวิเคราะห์ห้โดยการให้น้ำหนักของปัญหา เพื่อคัดเลือกระดับความรุนแรงและความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา โดยพบว่า ปัญหาที่มีน้ำหนักมาก คือ ใบมีดไม่คม มีสิ่งกีดขวาง และอัตราส่วนผสมไม่ถูกต้อง และดำเนินการแก้ไขปัญหาดังนี้) ใบมีดไม่คม ดำเนินการแก้ไขโดยใช้กระบวนการลับมีด (process grinding) โดยใช้หินพิเศษ ที่มีไมโครขนาดเล็ก ความคมนานและปลายมีดสามารถวัดจาก เรียวลโทม์ โดยเครื่องบด (Grinding) ควบคุมหน่วยวัดเป็นไมโคร ซึ่งสามารถผลิตสินค้าได้ต่อเนื่องและได้มาตรฐาน 2) มีสิ่งกีดขวาง ในกระบวนการผลิต เช่น ก่องที่รอกการบรรจุสินค้า อุปกรณ์เครื่องมือช่าง ส่งผลให้ถุงพลาสติกที่กำลังลำเลียงเข้าเครื่องตัดถุงพับหรือเสียรูป ทำให้ใบมีดไม่สามารถตัดถุงได้ ดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยจัดทำป้ายชี้บ่งสถานะของสายพานว่ากำลังทำงาน และ3) อัตราส่วนผสมไม่ถูกต้อง ดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยการตรวจสอบสูตรการผลิตที่มีอยู่ให้เป็นฉบับล่าสุด แล้วเขียนขึ้นตอนการทำงานแต่ละขั้นตอนในการผสมเม็ดพลาสติก แล้วติดขึ้นตอนการทำงาน ไว้ที่บริเวณปฏิบัติงานให้ชัดเจนและก่อนปฏิบัติงาน ควรมีพนักงานประจำจุดนั้น 2 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องก่อนการผสมเม็ดทุกครั้ง ซึ่งสามารถลดเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากกระบวนการตัดให้เหลือเฉลี่ยร้อยละ 14-15 ต่อเดือน

ศุภวัชร เมฆบุรณ และคณะ(2560) ศึกษาเรื่อง การลดของเสียในกระบวนการผลิตโพลีเมอร์โซลิด คาปาซิเตอร์ ได้ทำการศึกษาสภาพปัญหาและวิเคราะห์สภาพปัญหาของกระบวนการผลิตที่เกิดของเสียมากที่สุด คือกระบวนการเย็บ (stitching) และพับเข้าม้วน (winding) และพบอาการปัญหา ไฟฟ้าลัดวงจร (short circuit) เป็นปัญหาอันดับแรกตามแผนภาพพารโต ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภูมิแก๊งปลา โดยแยกเป็นสาเหตุใหญ่จากคน วัสดุการผลิต วิธีการ เครื่องจักร อุปกรณ์ และสภาพแวดล้อม ดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยการปรับเปลี่ยนวัสดุการผลิต การปรับปรุงวิธีการผลิต การปรับปรุงเครื่องมือ อุปกรณ์สนับสนุนการผลิต และปรับปรุงสภาพแวดล้อมเพื่อให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจากการดำเนินการดังกล่าวทำให้สามารถลดเปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการเย็บและพับเข้าม้วนจากร้อยละ 1.53 เหลือร้อยละ 1.01 สามารถเพิ่มค่าดัชนีวัดศักยภาพของกระบวนการในระยะยาว (Pp_{bench}) จาก 0.81 เป็น 0.87 และเพิ่มค่าดัชนีวัดสมรรถนะของกระบวนการในระยะยาว (Ppk_{bench}) จาก 0.72 เป็น 0.78

7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องบรรจุหลอดอัด โนมัตติ

จิราพิสิฐ ไชยอารีกุล(2550) ศึกษาเรื่อง การลดเวลาสูญเสียเปล่าจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ของเครื่องบรรจุหลอดอัด โนมัตติ โดยได้ทำการศึกษาเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการปรับตั้ง

เครื่องจักร และการปรับแต่งเครื่องจักร ซึ่งได้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ กิจกรรมการล้างและฆ่าเชื้ออุปกรณ์ และกิจกรรมการติดตั้งเครื่อง โดยการวิเคราะห์ด้วยหลักการ 5W1H และการนำหลักการ Single Minute Exchange of Die (SMED) ซึ่งเป็นหลักการในการลดเวลาสูญเสียของการปรับตั้งชิ้นงานมาประยุกต์ใช้ จากการศึกษาพบว่า การปรับแต่งเกิดจากปัญหาหลอดแตกอ้า จึงได้ดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทำไม-ทำไม พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบกับปัญหาหลอดแตกอ้า คือ 1) การตั้งความสูงของลมร้อน(Hot Air) 2) ขนาดของซีลริง (seal ring) ของลมร้อน (hot air) และแคมป์(clamp) สลักหัวลมร้อนไม่แน่น ผู้วิจัยได้ทำการแก้ปัญหา ดังนี้ 1) ติดตั้งอุปกรณ์ระบุตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งที่ตัวเครื่อง 2) จัดเก็บ ซีลริง (seal ring) ของลมร้อน (hot air) แยกชุดตามขนาดพร้อมระบุขนาดและเลขรหัสชัดเจน และ 3) กำหนดมาตรฐานในการติดตั้งอุปกรณ์จับยึดและใบตรวจสอบก่อนการใช้งาน ซึ่งผลการวิจัยสามารถลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรลงได้ร้อยละ 63.05 ของเวลาก่อนปรับปรุง และลดเวลาการปรับแต่งเครื่องจักรเพื่อแก้ไขปัญหาหลอดแตกอ้าจากร้อยละ 20.49 เหลือร้อยละ 5.01 ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่ามีการนำเครื่องมือคุณภาพมาใช้ในการลดปัญหาของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต สำหรับในส่วนเครื่องบรรจุหลอดอัดโนมัตมีการศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียลักษณะแตกอ้า แต่ในส่วนปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียลักษณะหลอดเอียงและหลอดยับยังไม่มีการศึกษา จึงทำให้เป็นที่สนใจของผู้วิจัยที่นำมาใช้ในการศึกษานี้



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

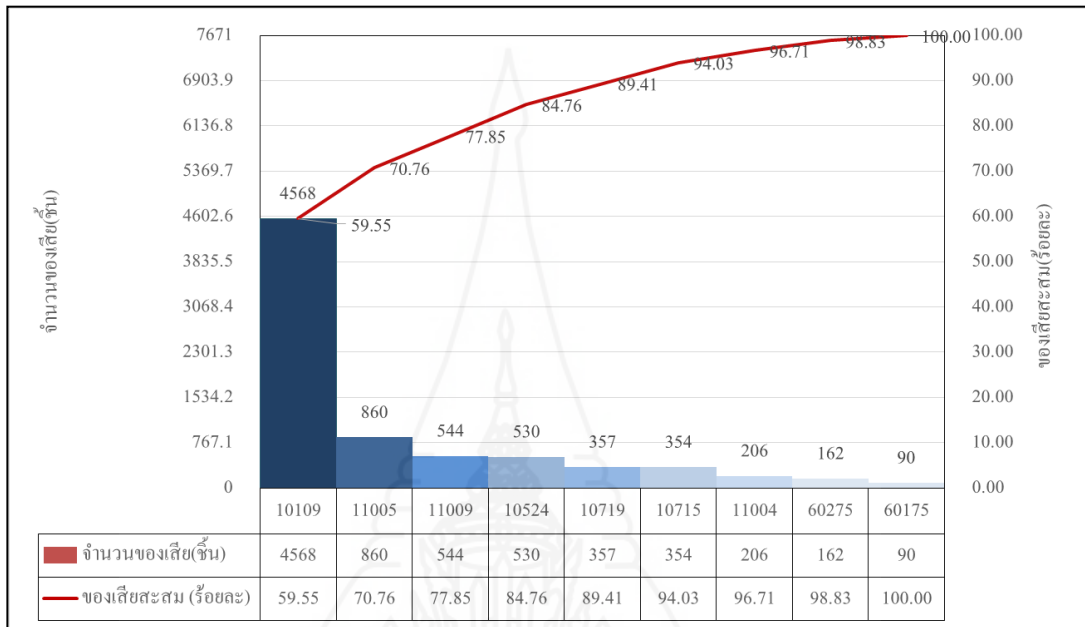
เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย รวมถึงแนวทางในการดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ เพื่อลดของเสียในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาสภาพปัจจุบันเพื่อกำหนดเป้าหมายและวางมาตรการแก้ไข

ในการศึกษาสภาพปัจจุบันเพื่อกำหนดเป้าหมายและวางมาตรการการแก้ไข (Plan) ได้ทำการกำหนดเป้าหมายสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ 1) ผลผลิตและมาตรฐานร้อยละของของเสีย 2) ลักษณะของเสียที่ทำการศึกษา และ 3) กำหนดตัวแปรที่ศึกษาสำหรับมาตรการแก้ไข

1.1 กำหนดเป้าหมายผลผลิตและมาตรฐานร้อยละของของเสีย จากข้อมูลเบื้องต้นพบว่า ผลผลิตที่ทำการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ที่มีลักษณะหลอดทรงรีหรือหลอดรีพบจำนวนของเสีย 7,671 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 2.52 ของจำนวนหลอดทรงรีที่ทำการบรรจุทั้งหมด 304,316 ชิ้น ซึ่งมากกว่าหลอดทรงกลมที่พบจำนวนของเสีย 4,724 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 1.32 ของจำนวนหลอดทรงกลมที่ทำการบรรจุทั้งหมด 358,684 ชิ้น ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ในการคัดเลือกหัวข้อปัญหาในการนำมาปรับปรุงแก้ไข ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ของผลิตภัณฑ์ประเภทหลอดทรงรีที่ทำการบรรจุที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 จากข้อมูลสามารถแยกตามประเภทของผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด 9 ผลิตภัณฑ์และพบร้อยละของของเสีย ดังแสดงในตารางที่ 3 ภาคผนวก ก เมื่อนำข้อมูลในตารางมาสร้างแผนภูมิพารโทพบว่า ผลิตภัณฑ์หมายเลข 1 มีร้อยละของของเสียมากที่สุดร้อยละ 59.55 ของจำนวนของเสียทั้งหมดของหลอดทรงรี คือ ผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ดังนั้น ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาทำการศึกษาเพื่อลดร้อยละของของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 เนื่องจากข้อมูลมาตรฐานของเสียที่กำหนดไว้ของบริษัทเคมีศึกษาอยู่ที่ร้อยละ 0.5 แต่ของเสียที่พบของผลิตภัณฑ์หมายเลข 1 มีจำนวนการผลิต 120,579 ชิ้น พบของเสียรวม 4,568 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 3.79 ดังแสดงในตารางที่ 2 ภาคผนวก ก ซึ่งมากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้และเมื่อนำ

ข้อมูลจำนวนของเสียและของเสียสะสมแยกตามผลิตภัณฑ์ประเภทหลอดรีเพื่อทำแผนภูมิพาร์โด ดังภาพที่ 3.1 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 พบจำนวนของเสียมากที่สุด คือ 4,568 ชิ้นและของเสียสะสมร้อยละ 59.55 ของของเสียทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ประเภทหลอดรี



ภาพที่ 3.1 แผนภูมิพาร์โดแสดงจำนวนของเสียและร้อยละของของเสียแยกตามผลิตภัณฑ์ประเภทหลอดรีที่ทำการผลิตที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561

1.2 กำหนดเป้าหมายลักษณะของเสียที่ทำการศึกษา การศึกษากระบวนการผลิตเครื่องสำอางที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 โดยใช้หลัก 3 GEN ประกอบกับการใช้แผนภูมิพาร์โด เพื่อกำหนดเป้าหมายลักษณะของเสียที่ต้องการศึกษา โดยหลัก 3 GEN ดังนี้

- 1) GENBA (เกินบะ): สถานที่จริง คือ Line SC2 (สายการบรรจุเครื่องสำอางกลุ่ม Skin Care 2)
- 2) GENBUTSU (เกิน บุสึ): ชิ้นงานจริง คือ ผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109

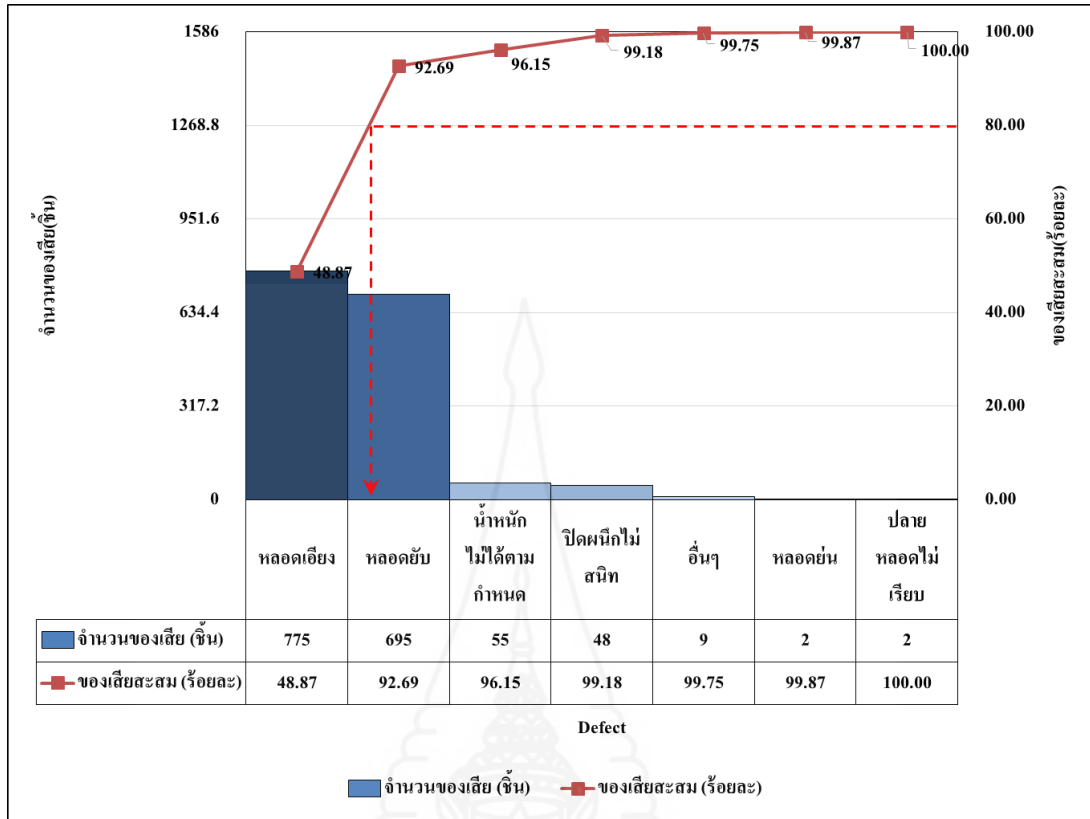
3) GENJITSU (เกินจริง): ข้อเท็จจริง คือ ข้อมูลจำนวนของเสียที่แยกตามประเภทของอาการของเสีย โดยบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มบันทึกจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตที่เครื่องบรรจุหลอดอัตโนมัติ

จากการเก็บข้อมูลการบรรจุผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ในเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 74,222 ชิ้น ทั้งหมด 7 ล็อตการผลิต ทำการบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มบันทึกจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตที่เครื่องบรรจุหลอดอัตโนมัติ แล้วนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาเรโตแยกตามอาการของเสีย ทั้งหมด 7 ประเภท ได้แก่ หลอดเอียง หลอดยวบ น้ำหนักไม่ได้ตามกำหนด ปิดผนึกไม่สนิทอื่น (เช่น การปรับตั้งเครื่อง) หลอดย่นและปลายหลอดไม่เรียบ โดยลักษณะอาการของเสียประเภทหลอดเอียง หลอดยวบ ปิดผนึกไม่สนิท หลอดย่น และปลายหลอดไม่เรียบ มีลักษณะดังภาพที่ 3.2

รูปภาพ					
ลักษณะอาการ	หลอดเอียง	หลอดยวบ	Seal ไม่สนิท	หลอดย่น	ปลายหลอดไม่เรียบ

ภาพที่ 3.2 ลักษณะอาการของเสียที่เกิดขึ้นที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109

จากหลักการของพาเรโตที่ว่าจำนวนสาเหตุน้อยกว่าร้อยละ 20 แต่สามารถลดของเสียได้มากกว่าร้อยละ 80 ทำให้สามารถเลือกและเรียงลำดับอาการของปัญหาที่จะนำมาดำเนินการแก้ไขเพื่อให้ของเสียลดลงได้คือ ปัญหาด้านหลอดเอียง และหลอดยวบ มีร้อยละของของเสียอยู่ที่ 1.04 และ 0.94 ตามลำดับ ดังภาพที่ 3.3 (ตารางที่ 4 และ 5 ภาคผนวก ก)



ภาพที่ 3.3 แผนภูมิพารโตแสดงจำนวนของเสียและร้อยละของเสียของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561

1.3 กำหนดเป้าหมายตัวแปรที่ศึกษา โดยการใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือแผนผังก้างปลา และหลักการ 4M พนักงาน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัสดุคิบ (Material) และวิธีการทำงาน (Method) วิเคราะห์ปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียพบว่า ปัญหาของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตเครื่องสำอางที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL – 75 ของผลิตภัณฑ์ 10109 G.Glamorous Beaute' UV Defense Revitalizing Cream SPF50 PA+++ 40 g มี 3 สาเหตุหลัก มีความเกี่ยวข้องที่เป็นสาเหตุให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดยับด้วยกัน ได้แก่ ลักษณะปลายหลอด ความเร็วของเครื่องจักร และรูปแบบการรองรับหลอด

ตารางที่ 3.1 สาเหตุหลักของปัญหาหลอดเอียงและหลอดดับที่ได้จากแผนผังก้างปลาและ
หลักการ 4M

หลักการ 4M	ปัจจัย	สาเหตุจากแผนผังก้างปลา	ผลต่อประเภทของเสีย	
			หลอดเอียง	หลอดดับ
Material	1. ลักษณะปลายหลอด	1. รูปทรงของปลายหลอดไม่กลม	✓	✓
Method	2. ความเร็วของเครื่องจักร	2. ความเร็วรอบของเครื่องจักรไม่เหมาะสม	✓	✓
Machine	3. รูปแบบการรองรับหลอด	3.1 รูปทรงของตัวส่งหลอดไม่เหมาะสม	✓	✓
		3.2 แรงดูดสูญญากาศที่ตัวส่งหลอดไม่เพียงพอ	✓	✓
		3.3 รูปแบบของตัวจับหลอดไม่เหมาะสม	✓	✓
Man	4. พนักงานขาดทักษะในการ ปรับตั้งเครื่องจักร	4. ไม่มีการอบรมให้ความรู้	X	X

จากตารางที่ 3.1 แสดงถึงสาเหตุหลักของปัญหาหลอดเอียงและหลอดดับที่ได้จากแผนผังก้างปลาและหลักการ 4M จากการระดมสมองของพนักงานทั้ง 3 ส่วนพบว่า 3 สาเหตุหลักมีผลเกี่ยวเนื่องทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดดับ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้นำทั้ง 3 สาเหตุหลักมาทำการศึกษาเพื่อลดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดดับพร้อมกัน

1.4 พิสูจน์สาเหตุของปัญหาโดยทำการทดลอง ตามภาคผนวก ข

1.5 กำหนดมาตรการแก้ไข

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 201,946 ชิ้น

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผลิตภัณฑ์ครีมนันแดครหัส 10109 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับบรรจุในหลอดบีบประเภทหลอดรี ที่ผ่านขั้นตอนการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบ หมายเลข FL-75 โดยการเก็บข้อมูลจำนวนของเสีย ซึ่งในการวิจัยใช้จำนวนตัวอย่าง ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ได้ก่อนการศึกษามาจากการเก็บข้อมูลการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพการผลิตจริง 7 ล็อตการผลิต ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวน 74,000 ตัวอย่าง เพื่อเป็นข้อมูลก่อนดำเนินการปรับปรุง

2. กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการทดลองตามปัจจัยแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อของเสียในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดอัตโนมัติ หมายเลข FL-75

- ปัจจัยที่ 1 ลักษณะปลายหลอด สมมติฐานที่ 1 คือกลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มตัวอย่างหลอดตามตารางการสุ่มตัวอย่างของยามานะ (Yamane, 1967) จากจำนวนหลอดปีบที่ทำการผลิตในล็อตการผลิต 01290119 จำนวน 1,000 ชิ้น ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 จำนวนกลุ่มตัวอย่างคือ 286 ชิ้น สมมติฐานที่ 2 คือกลุ่มตัวอย่างได้จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและแยกประเภทตามลักษณะปลายหลอด โดยจำนวนกลุ่มตัวอย่างประเภทละ 400 ชิ้น จากจำนวนหลอดที่ทำการผลิตในล็อตการผลิต 01290119 จำนวน 1,000 ชิ้น ซึ่งจำนวนกลุ่มตัวอย่างมีอำนาจการทดสอบมากกว่า 0.9

- ปัจจัยที่ 2 ความเร็วเครื่องจักร กำหนด 5 ระดับ ได้แก่ ความเร็วที่ 70, 65, 60, 55 และ 50 ชิ้นต่อนาที กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้จากล็อตการผลิต 01120219 ความเร็วละ 600 ชิ้น โดยจำนวนตัวอย่างที่จัดเก็บต้องมีอำนาจการทดสอบต้องมากกว่า 0.9

- ปัจจัยที่ 3 รูปแบบการรองรับหลอด 3 แบบ ได้แก่

1. รูปทรงของอุปกรณ์ส่งหลอดมี 2 แบบ
2. แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอดมี 2 ระดับ
3. รูปแบบของอุปกรณ์รองรับและจับหลอดมี 2 แบบ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้จากล็อตการผลิต 02210219 จำนวน 8 การทดลอง การทดลองละ 3,000 ชิ้น ทำการทดลองซ้ำจากกลุ่มตัวอย่างล็อตการผลิต 01010419 จำนวน 8 การทดลอง การทดลองละ 1,200 ชิ้น (เนื่องจากจำนวนการผลิตในล็อตการผลิต 01010419 มีจำนวนลดลงทำให้กลุ่มตัวอย่างในการทดลองซ้ำลดลงจาก 3,000 ชิ้น เป็น 1,200 ชิ้น) โดยใช้ความเร็วรอบที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองปัจจัยที่ 2

3. กลุ่มตัวอย่างหลังการปรับปรุงมาจากข้อมูลการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพการผลิตจำนวน 6 ล็อตการผลิต จำนวน 118,473 ตัวอย่าง ระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ.2562 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2562 เพื่อใช้เป็นข้อมูลหลังการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงและวิเคราะห์ค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการผลิต (P_p และ P_{pk})

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือคุณภาพ ได้แก่ เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) และเครื่องมือคุณภาพแบบใหม่ 7 ชนิด (7 New QC Tools)

3.2 เครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัตติ หมายเลข FL-75 ที่ใช้ในการทดลองตามเงื่อนไขของปัจจัยต่างๆ

3.3 เครื่องมือวัดเวอร์เนียร์แบบดิจิตอล ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

3.4 ชุดรูปแบบการรองรับหลอด (Size Part) ประกอบด้วย

1) อุปกรณ์ส่งหลอด (Infeed Prism) รูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2

2) ชุดลมดูดสุญญากาศที่ตัวส่งหลอด 2 ตัว

3) อุปกรณ์รองรับและจับหลอด (Tube Holder) รูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2

3.5 เครื่องชั่งดิจิตอลที่มีความละเอียด 0.01 กรัมเพื่อใช้ในการชั่งน้ำหนักของชิ้นผลิตภัณฑ์

3.6 เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ใช้ คือ Word, Excel และ Minitab

4. การรวบรวมข้อมูล

4.1 รวบรวมข้อมูลการผลิตและของเสียย้อนหลังตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ.2561 ที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัตติ หมายเลข FL-75

4.2 เก็บข้อมูลการผลิตและของเสียจากการปฏิบัติงานจริงที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัตติ หมายเลข FL-75 ในเดือนมกราคม พ.ศ.2562 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2562 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์สาเหตุและแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง โดยใช้หลัก 3 GEN : GENBA (เกินบะ) คือ สถานที่จริง GENBUTSU (เกินบุตสึ) คือ ชิ้นงานจริง และ GENJITSU (เกินจิสึ) คือ ข้อเท็จจริง โดยบันทึกข้อมูลลงในแผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) แบบฟอร์มบันทึกจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตที่เครื่องบรรจุหลอดอัด โนมัตติ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสาเหตุโดยใช้เครื่องมือคุณภาพ

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิสูจน์สาเหตุเป็นการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Minitab โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ (ปรัชญา พลະพันธ์, 2560)

- การวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงปลายหลอด โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ One-Sample Z

- การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับของ 3 ปัจจัย ของชุด

รูปแบบการรองรับตลอด โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (factorial regression) การวิเคราะห์แผนภูมิพาร์โต (pareto chart of the standardized effect) การวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด (residual) และการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยหลัก (main effect plot)

- การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis, PCA) โดยใช้การวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ (Capability Analysis)
- การทดสอบสมมติฐานการวิจัย โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ One-Sample Z หากค่า P-value มากกว่า 0.05 แสดงว่า การปรับกระบวนการปิดผนึกปลายหลอดของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมตี ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพไม่สามารถลดของเสียได้ ถ้าค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าการปรับกระบวนการปิดผนึกปลายหลอดของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมตี ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพสามารถลดของเสียลงได้

5.3 การวิเคราะห์ค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการผลิต (P_p และ P_{pk}) หากดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงมีค่าสูงกว่าก่อนการปรับปรุงแสดงว่าประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตดีขึ้นและจำนวนของเสียลดลง (ศุภวัชร เมฆบูรณ์, 2560)



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สาเหตุ โดยใช้หลัก 5W1H แล้วนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอาง ด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 และการลดปัญหาหลอดเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. สาเหตุที่ทำให้เกิดหลอดเสียในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอาง

การทดลองตามปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ ลักษณะปลายหลอด ความเร็วเครื่องจักร และรูปแบบการรองรับหลอด ที่มีผลต่อของเสียในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละปัจจัยมีดังนี้

1.1 ลักษณะปลายหลอด ลักษณะปลายหลอดไม่เหมาะสมทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดค้ำ จากการสุ่มตัวอย่างหลอดตามตารางการสุ่มตัวอย่างของยามานะ (Yamane, 1967) จากจำนวนหลอดล็อตการผลิต 01290119 จำนวน 1,000 ชิ้น ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน 5% จำนวนหลอดที่ทำการสุ่ม 286 ชิ้น (จากจำนวนหลอดที่ทำการผลิตในล็อตการผลิต 01290119 จำนวน 1 กล่อง 693 ตัวอย่าง) จะใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบที่ 286 ตัวอย่าง ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอด ด้วยเวอร์เนียแบบดิจิทัล แล้วนำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ด้วยวิธี One-Sample Z เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของปลายหลอดว่า มีค่าตรงกับค่ามาตรฐานที่ 30 mm หรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีการทดสอบสมมติฐานที่ 1 และ 2 และได้ข้อสรุปดังนี้

1) สมมติฐานการทดลองที่ 1 คือ ลักษณะปลายหลอดเป็นทรงกลมหรือไม่

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ก) การวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test)

จากภาพที่ 1 (ภาคผนวก ก) พบว่า ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานมีค่าใกล้เคียงกัน, ค่าที่ได้อยู่ในแนวเส้นตรง และค่า P-Value เท่ากับ 0.082 ซึ่งมากกว่า 0.05 สามารถสรุปได้ว่าการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบการแจกแจงแบบปกติ

ข) การทดสอบสมมติฐานด้วย One-Sample Z

จากภาพที่ 2 (ภาคผนวก ก) การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ด้วยวิธี One-Sample Z เพื่อทดสอบสมมติฐาน สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

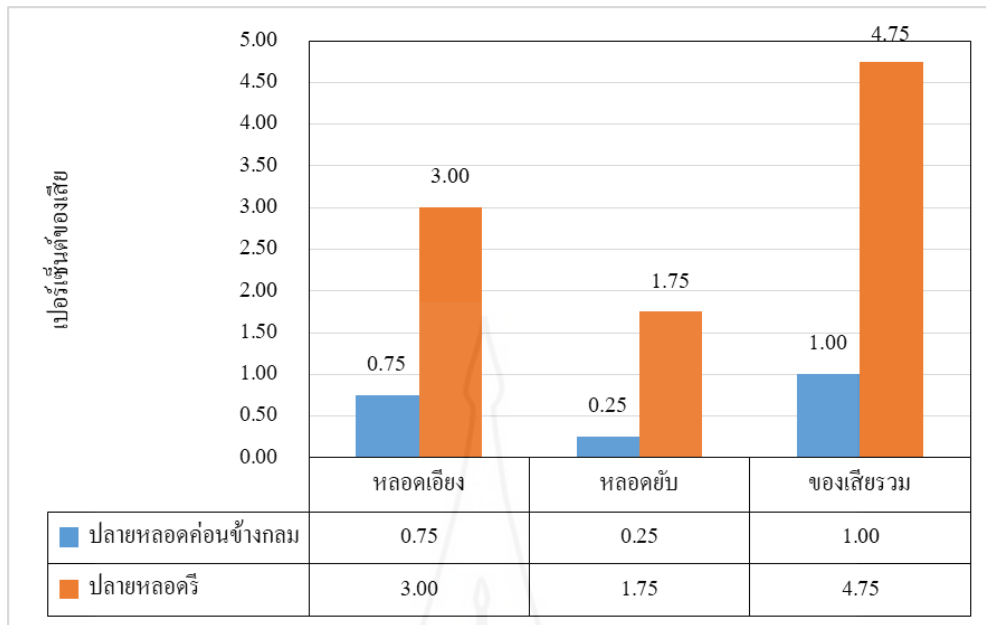
- ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 31.0743
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.4521
- ช่วงความเชื่อมั่นมีค่าอยู่ระหว่าง 31.0221 ถึง 31.1264
- ค่า Z มีค่าเท่ากับ 40.37
- P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (α) ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก ยอมรับสมมติฐานรองคือ เส้นผ่านศูนย์กลางของปลายหลอด ไม่เท่ากับ 30 mm ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุปได้ว่า : ลักษณะปลายหลอดไม่เป็นทรงกลม

2) สมมติฐานการทดลองที่ 2 คือ ลักษณะปลายหลอดมีผลทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดขยับต่างกันหรือไม่

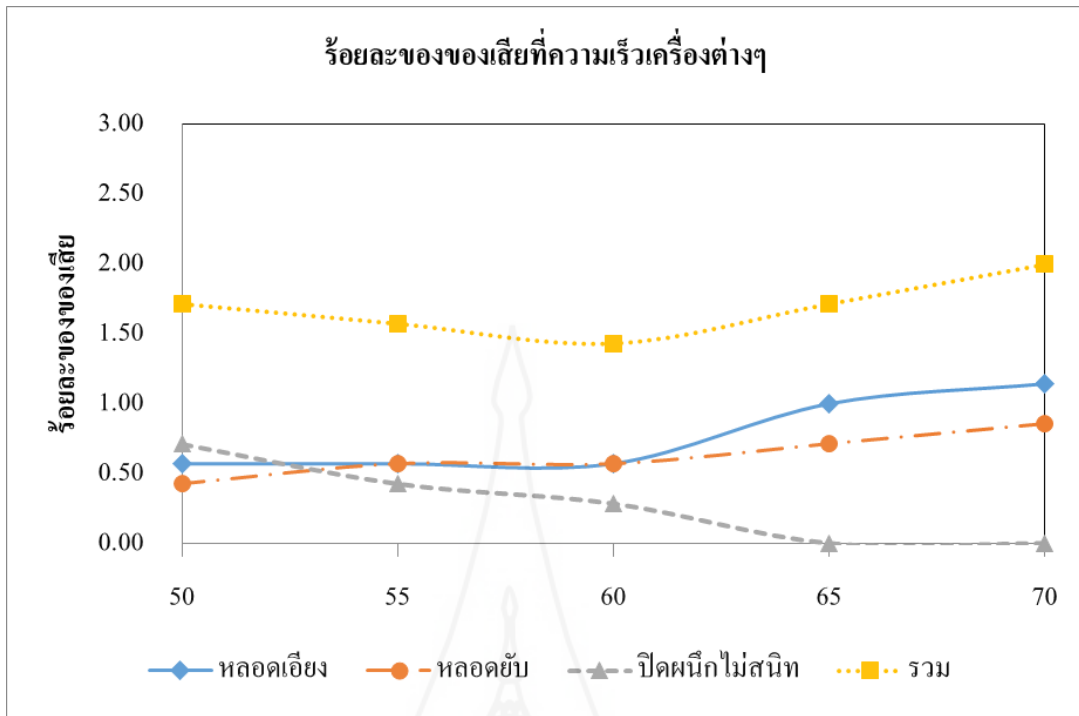
จากการคัดแยกประเภทลักษณะปลายหลอดออกมา 2 ประเภท คือประเภทปลายหลอดค่อนข้างกลม (เส้นผ่านศูนย์กลางปลายหลอด ≤ 31.30 มิลลิเมตร)และประเภทปลายหลอดรี (เส้นผ่านศูนย์กลางปลายหลอด > 31.30 มิลลิเมตร) แล้วนำหลอดแต่ละประเภทมาทำการบรรจุเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 พบร้อยละของของเสีย ดังแสดงในภาพที่ 4.1 กล่าวคือ ปลายหลอดค่อนข้างกลมทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงร้อยละ 0.75 ประเภทหลอดขยับร้อยละ 0.25 และของเสียรวมร้อยละ 1.00 ซึ่งน้อยกว่ากลุ่มลักษณะปลายหลอดรีที่ทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงร้อยละ 3.00 ประเภทหลอดขยับร้อยละ 1.75 และของเสียรวมร้อยละ 4.75

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าลักษณะปลายหลอดมีผลทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดขยับแตกต่างกัน ซึ่งพบว่า ลักษณะปลายหลอดรีทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดขยับมากกว่าลักษณะปลายหลอดค่อนข้างกลม



ภาพที่ 4.1 ร้อยละของของเสียแยกตามลักษณะปลายหลุด

1.2 ความเร็วเครื่อง ผลการทดลองปรับความเร็ว 5 ระดับ ได้แก่ 70, 65, 60, 55 และ 50 ชั้นต่อนาที ตามลำดับ ที่เครื่องจักรในการบรรจุครีมกันแดดรหัส 10109 ล็อตการผลิต 01120219 ด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 พบว่า เมื่อทำการลดความเร็วรอบของเครื่องจักรลงทำให้ร้อยละของของเสียประเภทหลุดเอียงและหลุดยับลดลงและเริ่มคงที่ที่ความเร็วรอบ 60 ชั้นต่อนาที แต่ร้อยละของของเสียประเภทปิดผนึกไม่สนิทจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบลดลง ซึ่งทำให้ร้อยละของของเสียรวมเพิ่มขึ้นด้วยและที่ความเร็วรอบ 60 ชั้นต่อนาที พบร้อยละของของเสียรวมต่ำสุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ความเร็วเครื่องจักรมีผลต่อร้อยละของของเสียประเภทหลุดเอียงและหลุดยับ โดยเมื่อทำการลดความเร็วลง ร้อยละของของเสียประเภทหลุดเอียงและหลุดยับก็ลดลงด้วย แต่เมื่อถึงความเร็วระดับหนึ่งจะคงที่ แต่ส่งผลให้ร้อยละของของเสียประเภทหนีบไม่สนิทเพิ่มขึ้นและทำให้ร้อยละของของเสียรวมเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 60 ชั้นต่อนาที เนื่องจากพบว่า มีร้อยละของของเสียประเภทหลุดเอียง หลุดยับและร้อยละของของเสียรวมน้อยที่สุด ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ร้อยละของของเสียแยกตามประเภทของอาการตามความเร็วของเครื่องจักร

1.3 รูปแบบการรองรับหลอด จากการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2^k ($2^3 = 8$ การทดลอง) โดยใช้เทคนิคการทดลองซ้ำ (replication) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้อง ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งทุกตำแหน่งการทดลอง รวมจำนวนทั้งสิ้น 16 การทดลอง สำหรับศึกษาปัจจัยสำคัญ 3 ประการ ที่ส่งผลกระทบต่อผลตอบสนอง (ร้อยละของของเสียประเภท หลอดเอียงและหลอดยัด) มากที่สุด ได้แก่

- 1) รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด (infeed prism : A) มี 2 ขนาด ได้แก่ ขนาดความกว้างด้านที่รองรับปลายหลอด 3.00 และ 3.50 เซนติเมตร
- 2) แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด (vacuum : B) มี 2 ระดับ ได้แก่ 319 และ 443 กิโลปาสคาล/มิลลิเมตรปรอท
- 3) รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด (tube holder : C) มี 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่มีพื้นที่สัมผัส 2,925 ตารางมิลลิเมตร ระยะที่เขี่ยยื่นออกมา 3.50 มิลลิเมตร และรูปแบบที่มีพื้นที่สัมผัส 4,060 ตารางมิลลิเมตร ระยะที่เขี่ยยื่นออกมา 3.00 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.1 ลำดับการทดลองของการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 3 ปัจจัย โดยใช้เทคนิคการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง และผลตอบสนอง (ร้อยละของของเสีย)

ลำดับการทดลอง (Run Order)	ล็อตการผลิต หมายเลข	จำนวน ตัวอย่าง (ชิ้น)	ปัจจัย			สภาวะ	ผลตอบสนอง (ร้อยละของของเสีย)
			A	B	C		
1	02210219	3000	-1	-1	-1	-1-1-1	2.04
2		3000	+1	-1	-1	+1-1-1	2.03
3		3000	-1	+1	-1	-1+1-1	1.27
4		3000	+1	+1	-1	+1+1-1	0.50
5		3000	-1	-1	+1	-1-1+1	1.47
6		3000	+1	-1	+1	+1-1+1	1.43
7		3000	-1	+1	+1	-1+1+1	0.10
8		3000	+1	+1	+1	+1+1+1	0.30
9	01010419	1,200	-1	-1	-1	-1-1-1	2.00
10		1,200	+1	-1	-1	+1-1-1	2.17
11		1,200	-1	+1	-1	-1+1-1	1.25
12		1,200	+1	+1	-1	+1+1-1	0.58
13		1,200	-1	-1	+1	-1-1+1	1.83
14		1,200	+1	-1	+1	+1-1+1	1.67
15		1,200	-1	+1	+1	-1+1+1	0.08
16		1,200	+1	+1	+1	+1+1+1	0.33

จากการทดลองทั้งหมด 16 การทดลอง ตามสภาวะที่ระดับของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย โดยกำหนดระดับของปัจจัยหลักระดับสูง คือ +1 และระดับต่ำ คือ -1 ผลการทดลองแสดงในรูปแบบผลตอบสนองหรือร้อยละของของเสีย ที่ได้ในแต่ละการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 9 ในภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ผลการทดลองปัจจัยด้านรูปแบบการรองรับหลอดที่มีการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน การวิเคราะห์แผนภูมิพาร์โต การวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด และการวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยหลัก

1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (factorial regression) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหาหลอดเอียงและหลอดขยับอย่างมีนัยสำคัญ ค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ($P < 0.05$) คือ รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอดและรูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด ซึ่งมีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 อย่างไรก็ตามการทำงานร่วมกันของทั้ง 3 ส่วน คือ รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด

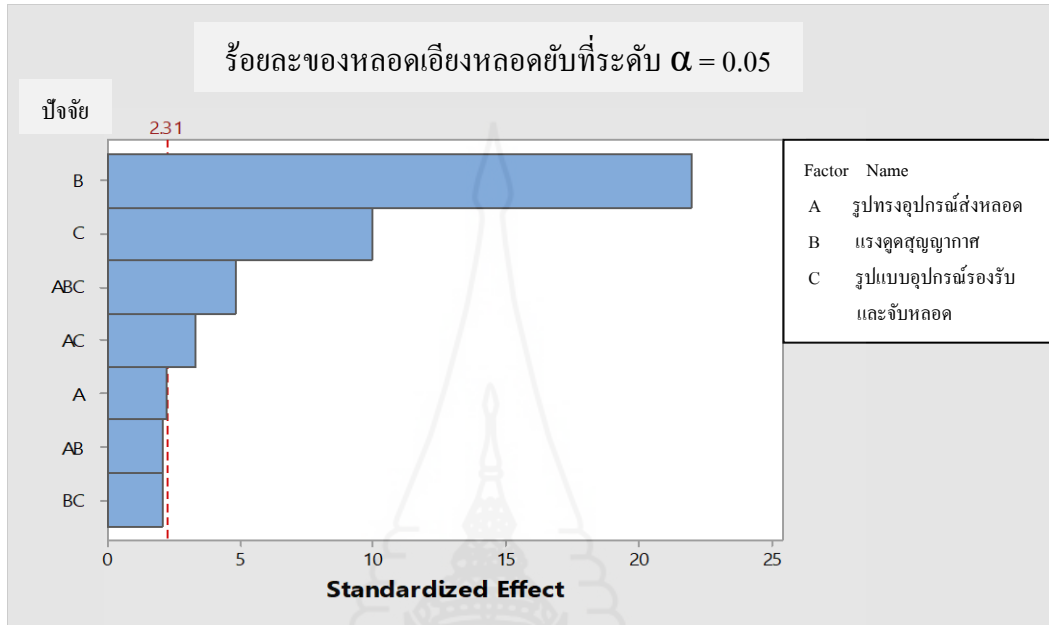
แรงดูดสุญญากาศและรูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด มีอิทธิพลต่อปัญหาหลอดเอียงและหลอดขยับอย่างมีนัยสำคัญ ที่ P-Value น้อยกว่า 0.05 ด้วย ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r^2) โดย R-Sq(adj) เท่ากับร้อยละ 97.65 มากกว่าร้อยละ 70 ถือว่ายอมรับได้ (ปรัชญา พลະพันธ์ุ, 2560)

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ

General Linear Model : หลอดเอียงและหลอดขยับ versus Infeed Prism, Vacuum, Tube Holder					
Factor	Type	Level	Values		
รูปแบบอุปกรณ์ส่งหลอด (เซนติเมตร)	fixed	2	3.00 , 3.50		
แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด (-kpa/mmHg)	fixed	2	319 , 443		
รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด (mm ² / mm)	fixed	2	2925 / 3.5 , 4060 / 3.0		
Analysis Of Variance for หลอดเอียงและหลอดขยับ , using Adjusted SS for Tests					
(Source) ข้อมูล	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด	1	0.06631	0.06631	4.90	0.000
แรงดูดสุญญากาศ	1	6.54081	6.54081	483.39	0.058
รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด	1	1.33981	1.33981	99.02	0.000
รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด*แรงดูดสุญญากาศ	1	0.05641	0.05641	4.17	0.075
รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด*รูปแบบตัวจับหลอด	1	0.14631	0.14631	10.81	0.011
แรงดูดสุญญากาศ*รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด	1	0.05641	0.05641	4.17	0.075
รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด*แรงดูดสุญญากาศ*รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด	1	0.31641	0.31641	23.38	0.001
Error			8	0.10825	0.01353
Total			15	8.63069	
S = 0.116324 R-Sq = 98.75% R-Sq (adj) = 97.65%					

2) การวิเคราะห์แผนภูมิพารेटโต (pareto chart of the standardized effect) ผลการวิเคราะห์แผนภูมิพารेटโตแสดงค่า ผลของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อผลตอบสนองในรูปแบบกราฟพารेटโต หากปัจจัยใดมีค่ามากกว่าเส้นวิกฤต แสดงว่าปัจจัยนั้นส่งผลกับผลตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ จากภาพที่ 4.3 พบว่า เส้นวิกฤตอยู่ที่ 2.31 และปัจจัยที่มีค่ามากกว่าเส้นวิกฤต ซึ่งแสดงว่าส่งผลต่อของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดขยับอย่างมีนัยสำคัญ คือ แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด ขณะเดียวกันถ้าทั้งสามส่วนคือ รูปทรงอุปกรณ์ส่ง

หลอด แรงดูดสูญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด ทำงานร่วมกันจะส่งผลต่อหลอดเอียงและหลอดยับอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในข้อ 1)



ภาพที่ 4.3 การวิเคราะห์แผนภูมิพาร์เรโต (pareto chart of the standardized effect)

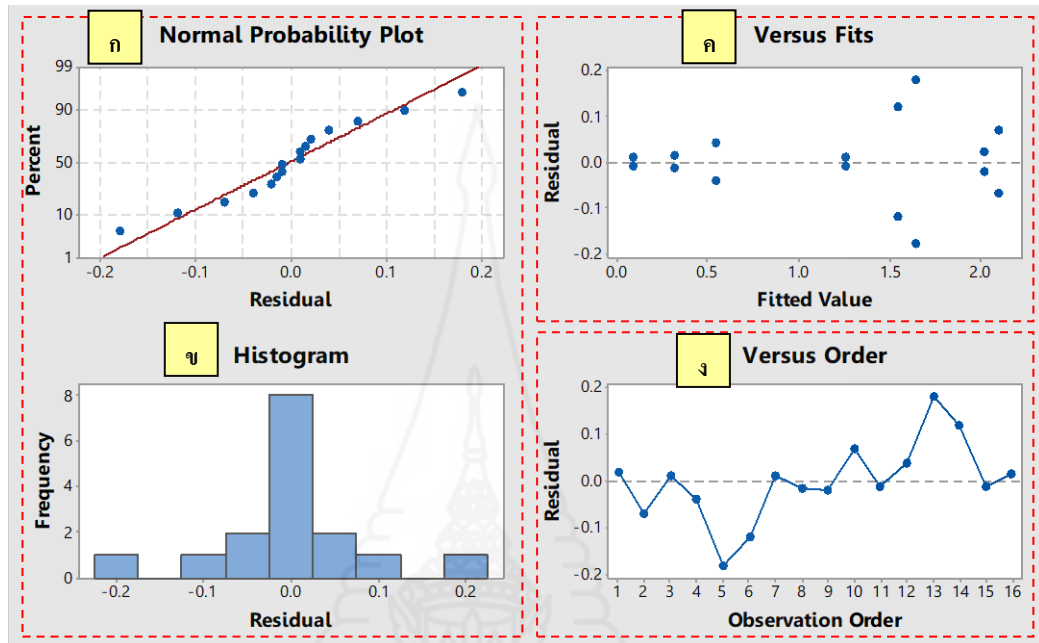
3) การวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนทำได้โดยการตรวจสอบจากส่วนที่เหลือ (Residual) จากภาพที่ 4.4 สามารถวิเคราะห์ค่าความผิดพลาดได้ดังนี้

ก. การตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของค่าความผิดพลาดตรวจสอบจากกราฟกระจายแบบปกติของส่วนเหลือ Normal Probability Plot (ภาพที่ 4.4 ก.) และฮิสโตแกรม (Histogram) (ภาพที่ 4.4 ข.) โดยข้อมูลที่ผิดปกติต้องมีการกระจายตัวของค่าความผิดพลาดเป็นการแจกแจงแบบปกติ พบว่าการกระจายตัวของส่วนเหลือ (Residual) เป็นแบบปกติลักษณะจุดตกค้างเรียงตัวกันบนเส้นแนวนอนเป็นเส้นตรง มีความเป็นอิสระต่อกัน

ข. การตรวจสอบความแปรปรวนคงที่ของค่าความผิดพลาด จากภาพที่ 4.4 ค. พบว่า ค่าการกระจายระหว่างส่วนเหลือ (Residual) กับค่าพยากรณ์ (Fitted Value) มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ แสดงว่า เป็นข้อมูลที่ตีความความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดสม่ำเสมอ

ค. การตรวจสอบความเป็นอิสระต่อกัน โดยข้อมูลที่ตีความลักษณะของแผนภูมิควบคุมที่ดีจากภาพที่ 4.4 ง. แสดงการกระจายระหว่างส่วนเหลือ (Residual) กับตัวแปรอิสระ (Observation

Order) ไม่มีลักษณะที่เป็นแนวโน้ม ดังนั้นสามารถที่จะสรุปได้ว่าเป็นอิสระต่อกันไม่ขึ้นอยู่กับการทดลอง จึงถือว่าการทดลองนี้ถูกต้อง



ภาพที่ 4.4 การวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด (Residual)

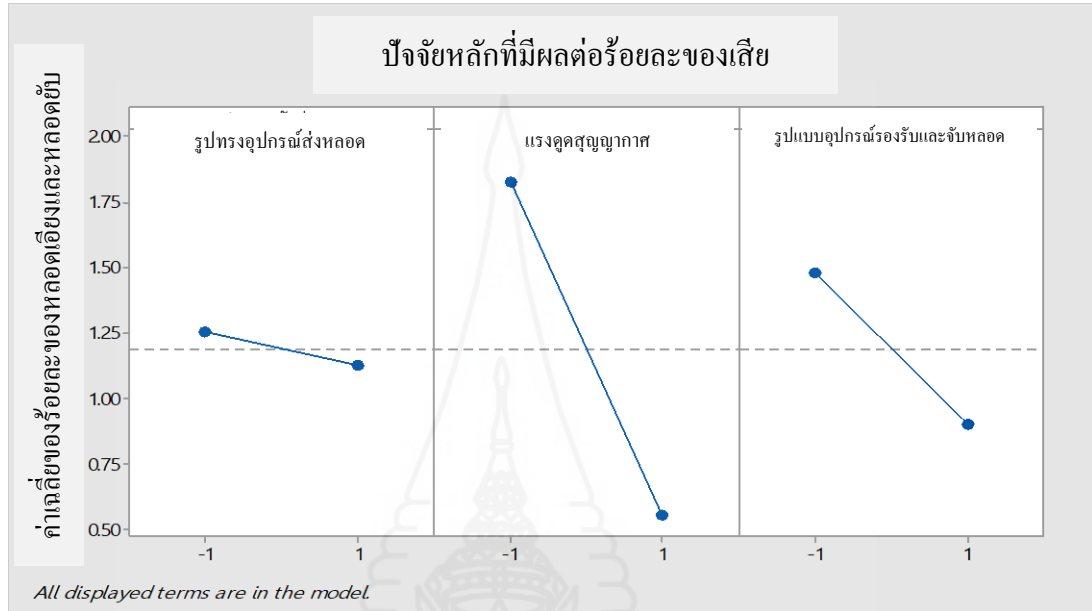
- ก. การกระจายแบบปกติของส่วนเหลือ ข. การกระจายแบบปกติของส่วนเหลือแบบฮิสโตแกรม
ค. การกระจายระหว่างส่วนเหลือกับค่าพยากรณ์ ง. การกระจายระหว่างส่วนเหลือกับตัวแปรอิสระ

4) การวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยหลัก (main effect plot) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ สามารถนำมาแสดงเป็นแผนภาพของอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบที่ทำให้เกิดหลอดเอียงและหลอดยับ ตามภาพที่ 4.5 เมื่อพิจารณาปัจจัยหลักได้แก่ รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอดและรูปแบบของอุปกรณ์รองรับและจับหลอด ที่ส่งผลกระทบต่ออาการหลอดเอียงและหลอดยับ ดังนี้

ก. รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด พบว่า กราฟแสดงผลกระทบเกือบเป็นเส้นตรง ซึ่งหมายความว่า ไม่ว่าจะเปลี่ยนรูปทรงของตัวส่งหลอดอย่างไร อาการหลอดเอียงและหลอดยับก็ไม่มีเปลี่ยนแปลงมากนัก

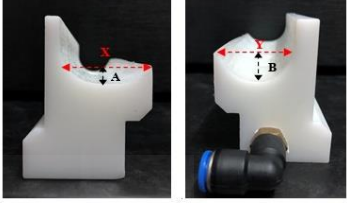
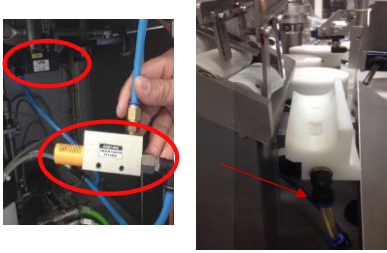

ข. แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด พบว่า กราฟแสดงผลกระทบมีลักษณะชันลงมาก หมายความว่า ปัจจัยแรงดูดสุญญากาศที่ตัวส่งหลอดรูปแบบที่ 2 นั้น ส่งผลกระทบต่ออาการหลอดเอียงและหลอดยับลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ

ค. รูปแบบอุปกรณ์รองรับหลอดและจับหลอด พบว่า กราฟแสดงผลกระทบบมีลักษณะชันลง ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยรูปแบบของตัวจับหลอดรูปแบบที่ 2 นั้น ส่งผลกระทบท่ออาการหลอดเอียง และหลอดยับลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4.5 การวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยหลัก (main effect plot)

ดังนั้นจากภาพที่ 4.6 สามารถสรุปปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อร้อยละของหลอดเอียงและหลอดยับลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ 1) รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 1 ที่ระดับปัจจัยต่ำ(-1) ค่าความกว้างด้านที่รองรับปลายหลอด 3.00 เซนติเมตร ความลึกด้านที่รองรับฝาหลอด 0.50 เซนติเมตร 2) แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 2 ที่ระดับปัจจัยสูง (+1) ค่า Max Vacuum เท่ากับ 443 กิโลปาสกาล/มิลลิเมตรปรอท และ 3) รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอดรูปแบบที่ 2 ที่ระดับปัจจัยสูง (+1) ค่าพื้นที่สัมผัสเท่ากับ 4,060 ตารางมิลลิเมตร ระยะที่เกี่ยวขึ้นออกมาเท่ากับ 3.00 มิลลิเมตร

ปัจจัย		
1. รูปทรงอุปกรณ์ส่ง หลอด	ระดับปัจจัย ต่ำ(-)	
	ความกว้างด้านที่รองรับปลายหลอด(Y)	Y = 3.00 เซนติเมตร
	ความลึกด้านที่รองรับฝาหลอด(A)	A = 0.50 เซนติเมตร
2. แรงดูด สูญญากาศที่ อุปกรณ์ส่งหลอด	ระดับปัจจัย สูง(+)	
	สูญญากาศสูงสุด	443 กิโลปาสกาล/มิลลิเมตรปรอท
3. รูปแบบอุปกรณ์ รองรับและจับหลอด	ระดับปัจจัย สูง(+)	
	พื้นที่สัมผัส	4,060 ตารางมิลลิเมตร
	ระยะที่เขี้ยวยื่นออกมา	3.00 มิลลิเมตร

ภาพที่ 4.6 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อร้อยละของหลอดเอียงและหลอดยับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผลการพิสูจน์สาเหตุ

จากสาเหตุหลักที่ได้จากการวิเคราะห์สาเหตุด้วยแผนภูมิแก๊งปลา นำมาดำเนินการพิสูจน์สาเหตุตามการทดลองที่ผ่านมา สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดยับ ได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการพิสูจน์สาเหตุ

	ปัจจัย	สาเหตุจากแผนผังก้างปลา	ผลต่อประเภทของเสีย	
			เกี่ยวข้อง	ไม่เกี่ยวข้อง
Material	1. ลักษณะปลายหลอดบีบ	1. รูปทรงของปลายหลอดไม่กลม	✓	
Method	2. ความเร็วของเครื่องจักร	2. ความเร็วรอบของเครื่องจักรไม่เหมาะสม	✓	
Machine	3. รูปแบบการรองรับหลอด	3.1 รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอดไม่เหมาะสม		✓
		3.2 แรงดูดสูญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอดไม่เพียงพอ	✓	
		3.3 รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอดไม่เหมาะสม	✓	

2. การลดปัญหาหลอดเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอาง

จากสาเหตุที่พบสามารถนำมากำหนดแนวทางในการดำเนินการแก้ไขเพื่อลดปัญหาของหลอดเสียและยับยั้งในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบดังนี้

2.1 ปฏิบัติการแก้ไข (Do)

1) รูปทรงของปลายหลอดไม่กลม เนื่องจากรูปทรงของหลอดเป็นทรงรีและรูปแบบการบรรจุทำให้ปลายหลอดไม่เป็นทรงกลม ซึ่งส่งผลทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเสียและหลอดยับ แต่เนื่องจากเป็นรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่ทางลูกค้ากำหนด ซึ่งในการเปลี่ยนแปลงแก้ไขต้องใช้เวลาและมีค่าใช้จ่าย ส่วนรูปแบบการบรรจุที่ไม่เหมาะสมนั้น ทางผู้ขายไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการบรรจุที่ไม่ให้มีผลต่อการเปลี่ยนรูปทรงของปลายหลอดได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงไม่ได้นำสาเหตุปลายหลอดไม่กลมมาดำเนินการแก้ไข

2) ความเร็วรอบของเครื่องจักรไม่เหมาะสม ดำเนินการแก้ไขความเร็วเครื่องจักรในมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 จากเดิม 70 ขึ้นต่อนาที เป็น 60 ขึ้นต่อนาที

3) รูปแบบการรองรับหลอดไม่เหมาะสม ดำเนินการแก้ไข ดังนี้

ก. รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอดเลือกใช้รูปแบบที่ 1 ที่มีความโค้งและรูปทรงพอดีกับหลอด โดยด้านหนึ่งกว้างกว่าอีกด้านหนึ่ง ด้านกว้าง กว้าง (X) = 3.50 เซนติเมตร ลึก (A) = 0.50 เซนติเมตร เป็นด้านที่รองรับฝาหลอดและอีกด้านจะแคบกว่า Y = 3.00 เซนติเมตร ลึก (B) = 1.2 เซนติเมตร เป็นด้านที่รองรับปลายหลอด

ข. แรงดูดสูญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด ได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง โดยเพิ่มแรง

ดูดสุญญากาศที่ตัวส่งหลอดดังนี้ (ตามภาพที่ 4.7)

- ทำการเจาะรูด้านบนบนอุปกรณ์ส่งหลอดเพิ่มอีก 1 รู เพื่อเพิ่มแรงดูดสุญญากาศตรงบริเวณที่ผิวสัมผัสของหลอดกับอุปกรณ์ส่งหลอดมากที่สุด เพื่อเพิ่มความสามารถในการจับหลอดของอุปกรณ์ส่งหลอด





- ต่อท่อเพิ่มบริเวณด้านที่รองรับปลายหลอด เพื่อเชื่อมต่อกับตัวสร้างสุญญากาศที่อยู่บริเวณด้านล่างของเครื่อง

- ติดตั้งตัวสร้างสุญญากาศเพิ่มอีก 1 ตัว เพื่อเพิ่มแรงดูดสุญญากาศให้อุปกรณ์ส่งหลอดสามารถจับหลอดและส่งหลอดได้ดีขึ้น

ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	การปรับปรุง
		<p>เจาะรูเพิ่มที่ตัวส่งหลอด</p>
		<p>ต่อท่อเพิ่มที่ตัวส่งหลอดเพื่อเชื่อมกับตัวสร้างสุญญากาศ (vacuum ejector)</p>
		<p>ตัวสร้างสุญญากาศ ตัวที่ 1</p> <p>ติดตั้งตัวสร้างสุญญากาศเพิ่มอีก 1 ตัว</p> <p>ตัวสร้างสุญญากาศ ตัวที่ 2</p>

ภาพที่ 4.7 การเพิ่มแรงดูดสูญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอดเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงแก้ไขและ
หลังการปรับปรุงแก้ไข

ค. รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอดเลือกใช้อุปกรณ์รองรับและจับหลอดรูปแบบที่ 2 ที่
ทำขึ้นมาใหม่ ที่มีลักษณะเขี้ยวแบบห่างและใหญ่ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับหลอดให้มากขึ้น และ
ไม่รัดหลอดแน่นจนเกินไป และกำหนดรูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอดที่เหมาะสม ใน
มาตรฐานการปรับตั้งเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัติ หมายเลข FL-75 ดังภาพที่ 4.8

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
	รูปแบบที่ 1 : ลักษณะเขี้ยวแบบถี่และเล็ก	รูปแบบที่ 2 : ลักษณะเขี้ยวแบบห่างและใหญ่
ด้านบน		
ด้านข้าง		

ภาพที่ 4.8 รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอดเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงแก้ไขและหลังการ
ปรับปรุงแก้ไข

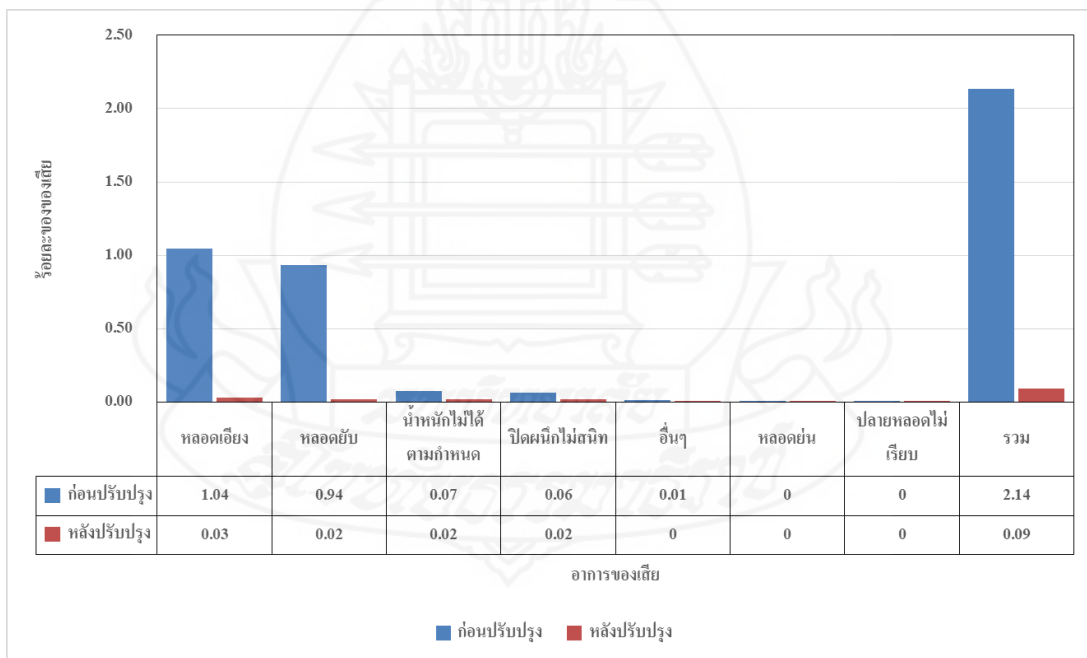
2.2 ตรวจสอบผลการปรับปรุงแก้ไข (Check) การติดตามผลหลังการแก้ไขหลังจากได้
ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามวิธีการที่กำหนดไว้แล้ว ได้มีการเก็บข้อมูลของเสียในกระบวนการ
ผลิตครีมกันแดด รหัส 10109 ด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัติ หมายเลข FL-75 ในเดือนเมษายน
พ.ศ.2562 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2562 จำนวน 6 ล็อตการผลิต จำนวนการผลิตทั้งหมด 118,473 ชิ้น

พบของดีจำนวน 118,365 ชิ้นและของเสียจำนวน 108 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 0.09 ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการดำเนินการเปรียบเทียบก่อนแก้ไขปรับปรุงและหลังแก้ไขปรับปรุง

เปรียบเทียบ	จำนวนผลิต (ชิ้น)	จำนวนของดี (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	ของเสีย (ร้อยละ)
ก่อนการปรับปรุง	74,222	72,636	1586	2.14
หลังการปรับปรุง	118,473	118,365	108	0.09

จากตารางที่ 4.4 พบของเสียก่อนการปรับปรุงจำนวน 1,586 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 2.14 หลังการปรับปรุงพบของเสียจำนวน 108 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 0.09 ซึ่งลดลง 1,478 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 93.19 ของของเสียที่สามารถลดลงได้ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบแยกตามลักษณะของเสียก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ร้อยละของของเสียแยกตามลักษณะของของเสียเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 4.9 พบว่า ร้อยละของของเสียประเภทหลุดเตียงและหลุดยับลดลง โดยก่อนการแก้ไขปรับปรุงพบร้อยละของของเสียประเภทหลุดเตียงร้อยละ 1.04 ประเภทหลุดยับร้อยละ

0.94 ของเสียรวมร้อยละ 2.14 ซึ่งมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ น้อยกว่าร้อยละ 0.5 หลังการแก้ไขปรับปรุงพบของเสียประเภทหลุดเตียง หลอดยับและของเสียรวมร้อยละ 0.03 0.02 และ 0.09 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่ามาตรฐานที่กำหนด และจากข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตคริมกันแคด รหัส 10109 ด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 หลังการแก้ไขปรับปรุง สามารถนำมาคำนวณดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการผลิต ได้ตามตารางที่ 4.5 พบว่าค่าดัชนีวัดศักยภาพของกระบวนการในระยะยาว (P_p) หลังการปรับปรุงเท่ากับ 1.11 ซึ่งมากกว่าก่อนการปรับปรุงที่มีค่าเท่ากับ 0.77 และค่าดัชนีวัดสมรรถนะของกระบวนการในระยะยาว (P_{pk}) หลังการปรับปรุงเท่ากับ 1.04 ซึ่งมากกว่าก่อนการปรับปรุงที่มีค่าเท่ากับ 0.68 และมีค่ามากกว่า 1 แสดงถึงโอกาสที่กระบวนการผลิตมีความสามารถในการผลิตสูง (Process Capable) หรือมีโอกาสที่เกิดของเสียในปริมาณที่ต่ำ

ตารางที่ 4.5 ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการผลิตคริมกันแคด รหัส 10109 ด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ร้อยละของเสีย	2.14	0.09
ค่า P_p	0.77	1.11
ค่า P_{pk}	0.68	1.04

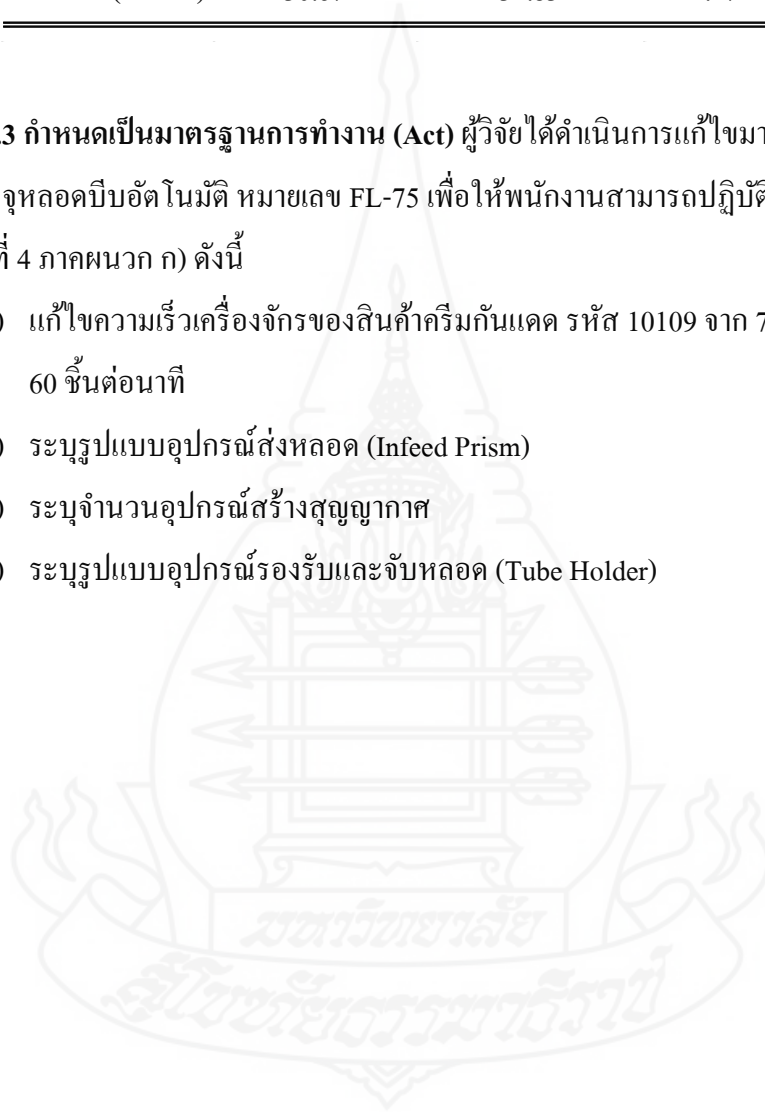
จากตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตหลอดรีก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า ก่อนปรับปรุงได้ผลผลิต 74,222 ชิ้น ใช้เวลาผลิต 30.67 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตหลังการปรับปรุงคือ 118,473 ชิ้น ใช้เวลาผลิต 34.83 ชั่วโมง เมื่อนำมาคิดเวลาผลิตหลังการปรับปรุง พบว่า เมื่อผลิตสินค้า 74,222 ชิ้น ใช้เวลาเท่ากับ $(74,222 \times 34.83) / (118,473) = 21.82$ ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพในการผลิตสามารถคำนวณได้จาก สัดส่วนของ จำนวนชั่วโมงหลังการปรับปรุงและก่อนการปรับปรุง สำหรับของเสียเดิม คูณด้วย 100 (มกคล และคณะ, 2561: 149) มีค่าเท่ากับ $(21.82 / 30.67) \times (100) = 71.16$

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตหลอดรีก่อนและหลังปรับปรุง

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง
ผลผลิต (ชิ้น)	74,222	118,473	44,251
เวลาผลิต (ชั่วโมง)	30.67	34.83	4.17

2.3 กำหนดเป็นมาตรฐานการทำงาน (Act) ผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมตี หมายเลข FL-75 เพื่อให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง (ตามภาพที่ 4 ภาคผนวก ก) ดังนี้

- 1) แก้ไขความเร็วเครื่องจักรของสินค้าคริมกันแคด รหัส 10109 จาก 70 ขึ้นต่อนาทีเป็น 60 ขึ้นต่อนาที
- 2) ระบุรูปแบบอุปกรณ์ส่งหลอด (Infeed Prism)
- 3) ระบุจำนวนอุปกรณ์สร้างสุญญากาศ
- 4) ระบุรูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด (Tube Holder)



บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการศึกษากระบวนการผลิตเครื่องสำอางด้วยเครื่องบรรจุหลอดของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อหาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหาหลอดเสียโดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 ปัญหาที่พบจากการสำรวจสภาพปัจจุบันของเสียในบริษัทกรณีศึกษาพบว่กระบวนการที่มีปัญหามากที่สุด คือของเสียจากกระบวนการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมัติ หมายเลข FL-75 ซึ่งพบร้อยละของเสีย 2.02 มากกว่ามาตรฐานที่กำหนด คือ ร้อยละ 0.5 และพบในกลุ่มสินค้าประเภทหลอดทรงรีมากกว่าหลอดทรงกลม คือร้อยละ 2.52 จากข้อมูลของเสียของผลิตภัณฑ์ประเภทหลอดทรงรีพบว่าผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 มีจำนวนของเสียมากที่สุดคือ 4,568 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 3.79 เมื่อทำการแยกตามประเภทลักษณะของของเสียพบว่าลักษณะที่พบร้อยละของเสียมากที่สุด คือ หลอดเอียงร้อยละ 1.04 และหลอดยับร้อยละ 0.94

1.2 สาเหตุของปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอาง จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของเสียอาการหลอดเอียงและหลอดยับ โดยใช้เทคนิคแผนผังก้างปลา พบว่า สาเหตุของปัญหามีอยู่ 3 สาเหตุ ได้แก่ 1) ลักษณะปลายหลอดไม่เหมาะสม 2) ความเร็วเครื่องจักรไม่เหมาะสม 3) รูปแบบการรองรับหลอดไม่เหมาะสม ผลการพิสูจน์สาเหตุ พบว่า ทั้ง 3 สาเหตุมีผลทำให้เกิดของเสียอาการหลอดเอียงและหลอดยับ ซึ่งสาเหตุที่ 3 รูปแบบการรองรับหลอดไม่เหมาะสมประกอบด้วย 1) รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอดมี 2 แบบ 2) แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอดมี 2 ระดับ และ 3) รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอดมี 2 แบบ ทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลตอบสนอง(ร้อยละของของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดยับ)มากที่สุด โดยทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 3 ปัจจัย 2 ระดับ และทำการทดลองซ้ำ ซึ่ง พบว่า ปัจจัยที่ 1 รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอดไม่มีผลต่อการเกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดยับ ส่วนปัจจัยที่ 2 แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอดและปัจจัยที่ 3 รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด ส่งผลทำให้หลอดเอียงและหลอดยับลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ

1.3 การลดปัญหาหลอดเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางสามารถทำได้โดยดำเนินการแก้ไขปรับปรุงดังนี้ 1) ปรับลดความเร็วเครื่องจักรในมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องบรรจุ

หลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 เป็น 60 ขึ้นต่อหน้าที่ 2) เจาะรูเพิ่มที่อุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 1 เพื่อต่อเข้ากับตัวสร้างสุญญากาศ 3) เพิ่มอุปกรณ์สร้างสุญญากาศอีก 1 ตัว และ 4) กำหนดให้ใช้ อุปกรณ์จับหลอดรูปแบบที่ 2 ที่มีลักษณะเขี้ยวแบบห่างและใหญ่ รวมทั้งกำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (ภาพที่ 4 ภาคผนวก ก) เมื่อนำไปปฏิบัติ พบว่า สามารถลดของเสียในกระบวนการบรรจุเครื่องสำอางลงได้ร้อยละ 93.19 ของของเสียที่สามารถลดลงได้ จากร้อยละ 2.14 เหลือร้อยละ 0.09 ของจำนวนการส่งผลิต โดยมีค่าดัชนีวัดศักยภาพของกระบวนการในระยะยาว (P_p) หลังการปรับปรุงเท่ากับ 1.13 ซึ่งมากกว่าก่อนการปรับปรุงที่มีค่าเท่ากับ 0.77 และค่าดัชนีวัดสมรรถนะของกระบวนการในระยะยาว (P_{pk}) หลังการปรับปรุงเท่ากับ 1.07 ซึ่งมากกว่าก่อนการปรับปรุงที่มีค่าเท่ากับ 0.68 ค่า P_p และ P_{pk} หลังการปรับปรุงมีค่ามากกว่า 1 แสดงถึง โอกาสที่กระบวนการผลิตมีความสามารถในการผลิตสูง (Process Capable) หรือมีโอกาสที่เกิดของเสียในปริมาณที่ต่ำ

2. อภิปรายผล

การศึกษานี้ผู้วิจัยได้นำส่วนหนึ่งของเครื่องมือคุณภาพทิวซี มาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาของเสียที่เกิดจากเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ ซึ่งผลการศึกษาวิจัยได้ทำการวิเคราะห์และนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขโดยสรุปดังนี้

- รูปทรงการรองรับหลอด ควรถูกออกแบบและเลือกใช้ให้เหมาะสมกับขนาดและลักษณะของหลอดแต่ละผลิตภัณฑ์ และควรกำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานให้ครบถ้วน เพื่อให้พนักงานปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิราพิสิฐ ไชยอารีกุล (2550: 96) ที่กล่าวว่า ในการเลือกชุดอุปกรณ์รองรับและจับหลอด (Tube Holder) ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และจัดทำเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงาน ช่วยลดระยะเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรและลดปัญหาด้านคุณภาพ

- การประเมินผลการดำเนินการแก้ไขปรับปรุง โดยการวัดดัชนีความสามารถของกระบวนการ พบว่า ค่าดัชนีวัดศักยภาพของกระบวนการในระยะยาว (P_p) หลังการปรับปรุงมากกว่าก่อนการปรับปรุงและค่าดัชนีวัดสมรรถนะของกระบวนการในระยะยาว (P_{pk}) หลังการปรับปรุงมากกว่าก่อนการปรับปรุง ซึ่งแสดงว่าประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตดีขึ้นและจำนวนของเสียลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภวัชร เมฆบุรณและจิรวัดน์ ปล้องใหม่ (2560: 115) ที่ได้กล่าวว่า หากดัชนีความสามารถของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงมีค่าสูงกว่าก่อนปรับปรุง แสดงว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตดีขึ้นและจำนวนของเสียลดลง จากผลการวิจัยพบว่า กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้นถึงร้อยละ 71 โดยประมาณ ซึ่งให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ มงคล เหล่าวราพันธุ์และคณะ (2561: 143-152) ที่มีการประยุกต์ใช้

เครื่องมือคุณภาพมาใช้ในการลดของเสียในกระบวนการผลิตและส่งผลให้ประสิทธิภาพ
กระบวนการผลิตดีขึ้น

3. ข้อเสนอแนะ

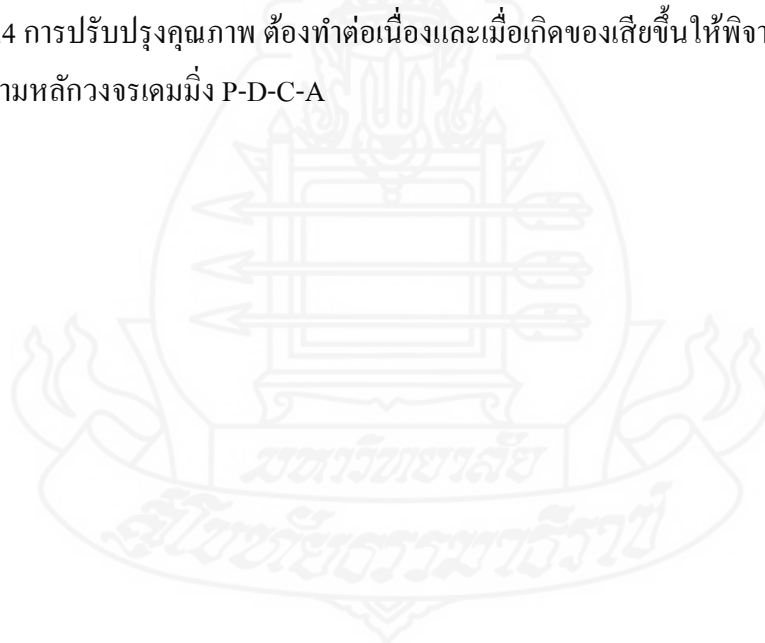
งานวิจัยนี้เป็นเพียงแนวคิดที่ผู้วิจัยพยายามประยุกต์ทฤษฎีการวิจัยการดำเนินงาน
เพื่อลดของเสียในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการผลิต ซึ่งภายหลังการดำเนินการ สามารถ
ลดของเสียได้จริง และผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

3.1 สามารถนำเอาวิธีการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทหลอดรีชนิดอื่นที่
ทำการผลิตที่เครื่องบรรจุหลอดนี้ได้

3.2 ในการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์รองรับหลอด (Size Part) นอกจากพิจารณาที่
ขนาดของหลอดแล้วต้องพิจารณารูปร่างของหลอดด้วย

3.3 ในการออกแบบอุปกรณ์รองรับหลอด (Size Part) ที่ใช้กับหลอดที่มีรูปร่างรีสามารถ
นำเอาหลักการที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบได้

3.4 การปรับปรุงคุณภาพ ต้องทำต่อเนื่องและเมื่อเกิดของเสียขึ้นให้พิจารณาอย่างเป็น
ขั้นตอน ตามหลักวงจรเดมมิ่ง P-D-C-A



บรรณานุกรม

- กฤษณ์ชัย สร้อยระย้า. (2552). การปรับปรุงกระบวนการบรรจุและปิดผนึกปลายหลอดสำหรับหลอดบรรจุเครื่องสำอาง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- จุไรรัตน์ ลาฑูลี. (2559). การลดของเสียในกระบวนการผลิตสวิตช์ควบคุมกระจกมองข้างไฟฟ้า ด้วยกิจกรรมกลุ่มคิวซีซี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จิราพิสิฐ ไชยอารีกุล. (2550). การลดเวลาสูญเสียเปล่าจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ของเครื่องบรรจุหลอดอัตโนมัติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- บุญชัย แซ่ลีว และณัฐยาน์ โสกุล. (2559). การลดของเสียในขั้นตอนกระบวนการบรรจุ โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา: บริษัทผลิตขนมขบเคี้ยว. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 9(2), 30-44.
- ปรัชญา พละพันธ์. (2560). คู่มือวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสถิติด้วย Minitab ฉบับมืออาชีพ (พิมพ์ครั้งที่ 1). นนทบุรี: ไอดีซี พรีเมียร์
- ปิยมน โกศลชัย. (2559). การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดต้นทุน กรณีศึกษา บริษัท ผู้ผลิตถุงบรรจุนม จำกัด. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา
- ประจวบ กล่อมจิตร. (2557). เทคนิคการเพิ่มผลผลิตในองค์: หลักการและตัวอย่างปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น
- มงคล เหล่าวราพันธุ์และคณะ(2561). การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตสินค้าสีสเปรย์. วารสารวิจัยและพัฒนาวิจัยและพัฒนาวลัยลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1(3), 143-152.
- ระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. (2548). การแก้ปัญหาแบบ QC วิธีการแก้ปัญหาในงานตามแบบฉบับญี่ปุ่น. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- วันรัตน์ จันทกิจ. (2547). 17 เครื่องมือนักคิด Problem Solving Devices. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ซีโน ดีไซน์

- อธิลักษณ์ เตียวติ, บุญชัย แซ่สั่วและศุภชัย วรรณัน. (2557). การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตโดยใช้หลักควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง (7QC Tool) กรณีศึกษาการผลิตขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสูญญากาศ. *การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 30-31 ตุลาคม 2557*. สมุทรปราการ
- ศุภวัชร เมฆบูรณ์และจิรวัดน์ ปล้องใหม่. (2560). การลดของเสียในกระบวนการผลิตโพลีเมอร์โซลิด คาปาซิเตอร์. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 7(1), 105-123.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2561). *ตลาดบิวตี้ยังแจ๋ว เกษะเทรนธุรกิจทำเงิน*. สืบค้น 2 ธันวาคม 2561 จาก https://kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEKnowledge/article/KSMEAnalysis/Pages/Beauty-Business_Trend.aspx
- ศุภชัย นาทะพันธ์. (2559). *การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง: Basic design and analysis of Experiments*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น
- สรารุช สุธรรมมาสา. (2560). การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. ใน *สถิติและระเบียบวิจัยทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม Statistics and Research Methods in Industrial Technology*. (น. 2-33). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก ก

แบบฟอร์มบันทึกผลการทดลอง และตารางผลการเก็บข้อมูลการทดลอง



ตารางที่ 2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ประเภทหลอดทงรี จำนวนสั่งผลิต จำนวนของเสีย และร้อยละของของเสีย ที่ทำการผลิตที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561

No.	Code	ชื่อผลิตภัณฑ์	สั่งผลิต (ชิ้น)	ของเสียรวม (ชิ้น)	ของเสีย (ร้อยละ)
1	10109	G.Glamorous Beaute' UV Defense Revitalizing Cream SPF50 PA+++ 40 g	120,579	4,568	3.79
2	10524	G.Stay-C 50 Facial Foam 75 g	18,990	530	2.79
3	10719	G.Astaxanthin Age-Defying Hand & Nail Cream 40 g	10,234	357	3.49
4	11004	G.Beaute' Facial Cream Cleanser 100 g	8,076	206	2.55
5	11005	G.Beaute' Purifying Facial Cleansing Foam 100 g	61,652	860	1.39
6	11009	G.Repairy Snail Oil Control Facial Foam 100 g	23,115	544	2.35
7	10715	G.Glamorous Beaute' Hand&Nail Cream - Frangipani 40 g	37,510	354	0.94
8	60175	PUNARA Skin - Radiance Perfect Moisturizing Serum 40 g	12,070	90	0.75
9	60275	PUNARA Brightening Plus Moisturizing Sleeping Mask 40 g	12,090	162	1.34
ค่าเฉลี่ย			33,813	852	2.16

ตารางที่ 3 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ประเภทหลอดทงรีเรียงตามลำดับจำนวนของเสีย และร้อยละของเสีย เทียบกับจำนวนของเสียทั้งหมดของหลอดทงรี ที่ทำการผลิตที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561

No.	Code	ชื่อผลิตภัณฑ์	จำนวนสั่งผลิต (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	ของเสีย (ร้อยละ)	ของเสียสะสม (ร้อยละ)
1	10109	G.Glamorous Beaute' UV Defense Revitalizing Cream SPF50 PA+++ 40 g	120,579	4568	59.55	59.55
2	11005	G.Beaute' Purifying Facial Cleansing Foam 100 g	61,652	860	11.21	70.76
3	11009	G.Repairy Snail Oil Control Facial Foam 100 g	23,115	544	7.09	77.85
4	10524	G.Stay-C 50 Facial Foam 75 g	18,990	530	6.91	84.76
5	10719	G.Astaxanthin Age-Defying Hand & Nail Cream 40 g	10,234	357	4.65	89.41
6	10715	G.Glamorous Beaute' Hand&Nail Cream - Frangipani 40 g	37,510	354	4.61	94.03
7	11004	G.Beaute' Facial Cream Cleanser 100 g	8,076	206	2.69	96.71
8	60275	PUNARA Brightening Plus Moisturizing Sleeping Mask 40 g	12,090	162	2.11	98.83
9	60175	PUNARA Skin - Radiance Perfect Moisturizing Serum 40 g	12,070	90	1.17	100.00
รวม			304,316	7671	100.00	

ตารางที่ 4 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนการผลิตและจำนวนของเสียของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ที่บรรจุด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ในเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 (ข้อมูลก่อนการปรับปรุง)

Lot no.	ยอดสั่งผลิต (ชิ้น)	จำนวนของเสียแยกตามอาการ (ชิ้น)							ของเสียรวม (ชิ้น)	ของเสีย (ร้อยละ)	
		ปิดผนึกไม่สนิท	หลอดเอียง	หลอดย่น	หลอดยับ	ปลายหลอดไม่เรียบ	น้ำหนักไม่ได้ตามกำหนด	อื่นๆ (เป็นรอย / ปรับตั้ง)			
		1	2	3	4	5	6	7			
01041018	8422		141		48			4	1	194	2.30
02171018	6625	31	35		30			4	1	101	1.52
03251018	10000		270		38			10	1	319	3.19
04301018	10175		50		100			9	1	160	1.57
01151118	10000	3	55	2	111			9	2	182	1.82
02161118	10000	5	109		268	2		8	2	394	3.94
01191218	19000	9	115		100			11	1	236	1.24
รวม	74222	48	775	2	695	2		55	9	1586	2.14
คิดเป็น(ร้อยละ)		0.06	1.04	0.00	0.94	0.00		0.07	0.01	2.14	

ตารางที่ 5 ปริมาณของเสียของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ที่บรรจุด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ FL-75 แยกตาม Defect ของของเสียในเดือนตุลาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 (ก่อนการปรับปรุง)

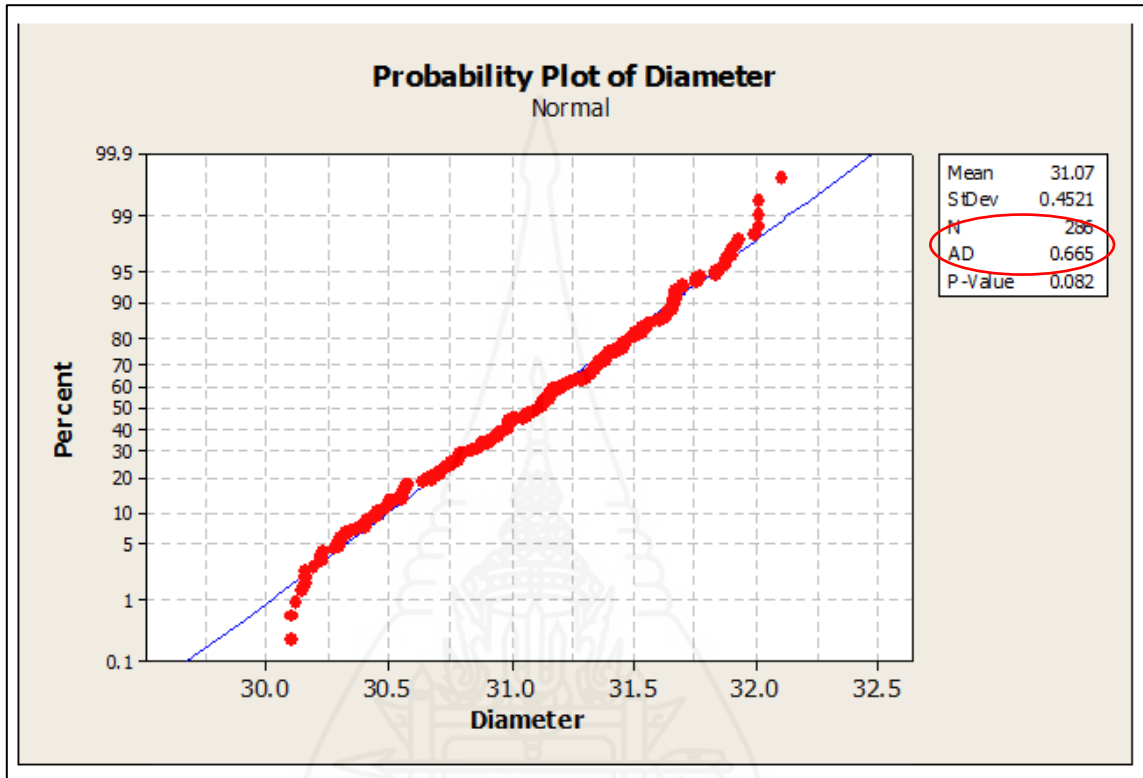
อาการของ Defect	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	ของเสีย (ร้อยละ)	ของเสียสะสม (ร้อยละ)
หลอดเอียง	775	48.87	48.87
หลอดยับ	695	43.82	92.69
น้ำหนักไม่ได้ตามกำหนด	55	3.47	96.15
ปิดผนึกไม่สนิท	48	3.03	99.18
อื่นๆ	9	0.57	99.75
หลอดย่น	2	0.13	99.87
ปลายหลอดไม่เรียบ	2	0.13	100.00
รวม	1586	100.00	

ตารางที่ 6 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลองที่ 1 (พิกัดศูนย์กลางที่ 1) รูปทรงปลายหลอดเป็นทรงกลมหรือไม่ โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายหลอด จำนวน 286 ตัวอย่าง จากจำนวนการผลิตในล็อตการผลิต 01290119 จำนวน 1,000 ชิ้น

หลอดที่	O (mm)	หลอดที่	O (mm)	หลอดที่	O (mm)	หลอดที่	O (mm)	หลอดที่	O (mm)	หลอดที่	O (mm)	หลอดที่	O (mm)
41	30.5	81	30.36	121	31.50	161	31.47	201	30.78	241	31.4	281	31.4
42	30.87	82	31.45	122	30.53	162	31.16	202	31.05	242	31.4	282	31.67
43	30.56	83	31.58	123	31.31	163	31.35	203	31.65	243	31.08	283	30.79
44	30.69	84	30.19	124	31.33	164	31.87	204	31.11	244	31.15	284	30.16
45	30.1	85	30.97	125	31.29	165	31.09	205	30.45	245	31.34	285	31.45
46	31.12	86	30.75	126	31.34	166	31.65	206	30.74	246	30.86	286	31.64
47	31.15	87	31.39	127	30.86	167	31.33	207	30.16	247	30.22		
48	31.15	88	31.38	128	30.22	168	31.49	208	30.99	248	31.34		
49	30.4	89	31.42	129	31.30	169	30.98	209	30.73	249	31.53		
50	30.9	90	31.24	130	31.53	170	30.55	210	30.16	250	30.9		
51	31.17	91	30.99	131	31.11	171	31.35	211	31.26	251	30.93		
52	32.10	92	31.83	132	31.12	172	31.28	212	31.67	252	31.75		
53	31.63	93	31.38	133	31.75	173	32.01	213	31.15	253	30.98		
54	30.50	94	31.33	134	30.91	174	31.21	214	31.32	254	31.43		
55	31.20	95	31.19	135	31.56	175	31.34	215	31.45	255	31.38		
56	30.93	96	30.75	136	30.44	176	30.86	216	30.71	256	30.95		
57	31.10	97	31.22	137	30.32	177	30.22	217	31.35	257	30.92		
58	30.29	98	30.56	138	31.14	178	31.34	218	31.66	258	30.73		
59	30.65	99	30.67	139	30.45	179	31.53	219	30.45	259	31.12		
60	31.90	100	30.55	140	30.88	180	31.11	220	30.78	260	30.99		
61	30.99	101	30.95	141	31.87	181	31.32	221	32.01	261	30.84		
62	31.19	102	31.04	142	31.93	182	30.95	222	31.36	262	31.45		
63	31.13	103	31.16	143	31.16	183	30.78	223	30.12	263	31.63		
64	31.67	104	30.55	144	31.15	184	31.19	224	31.29	264	31.66		
65	31.00	105	30.67	145	31.15	185	31.38	225	31.48	265	30.76		
66	31.50	106	30.29	146	31.23	186	30.67	226	30.57	266	30.88		
67	31.60	107	31.91	147	30.57	187	30.95	227	30.99	267	31.83		
68	31.13	108	30.99	148	30.45	188	30.77	228	30.49	268	31.07		
69	30.91	109	31.99	149	31.45	189	30.92	229	30.99	269	31.53		
70	31.70	110	31.61	150	31.32	190	30.99	230	30.75	270	31.23		
71	30.80	111	30.73	151	31.65	191	30.84	231	31.47	271	30.78		
72	31.90	112	31.23	152	31.09	192	31.45	232	30.56	272	31.55		
73	30.70	113	30.30	153	31.55	193	31.63	233	31.35	273	31.68		
74	31.16	114	30.96	154	31.14	194	31.66	234	31.87	274	30.68		
75	31.45	115	30.55	155	30.58	195	30.75	235	31.17	275	30.47		
76	30.5	116	30.94	156	30.57	196	30.88	236	31.65	276	31.07		
77	30.71	117	31.30	157	30.99	197	30.14	237	31.33	277	31.77		
78	31.67	118	31.07	158	31.16	198	30.64	238	31.4	278	31.42		
79	32.01	119	31.67	159	31.42	199	31.53	239	30.98	279	30.64		
80	30.82	120	31.11	160	30.71	200	30.79	240	30.55	280	31.35		

การทดสอบการแจกแจงข้อมูล

การทดสอบการแจกแจงของข้อมูล จะใช้โปรแกรม Minitab โดยใช้วิธี Normality test ผลการทดสอบดังนี้



ภาพที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูล(Normality test) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายหลอด จำนวน 286 ตัวอย่าง จากล็อตการผลิต 01290119 จำนวน 1,000 ชิ้น (การทดลองที่ 1)

การทดสอบสมมติฐานการทดลองที่ 1

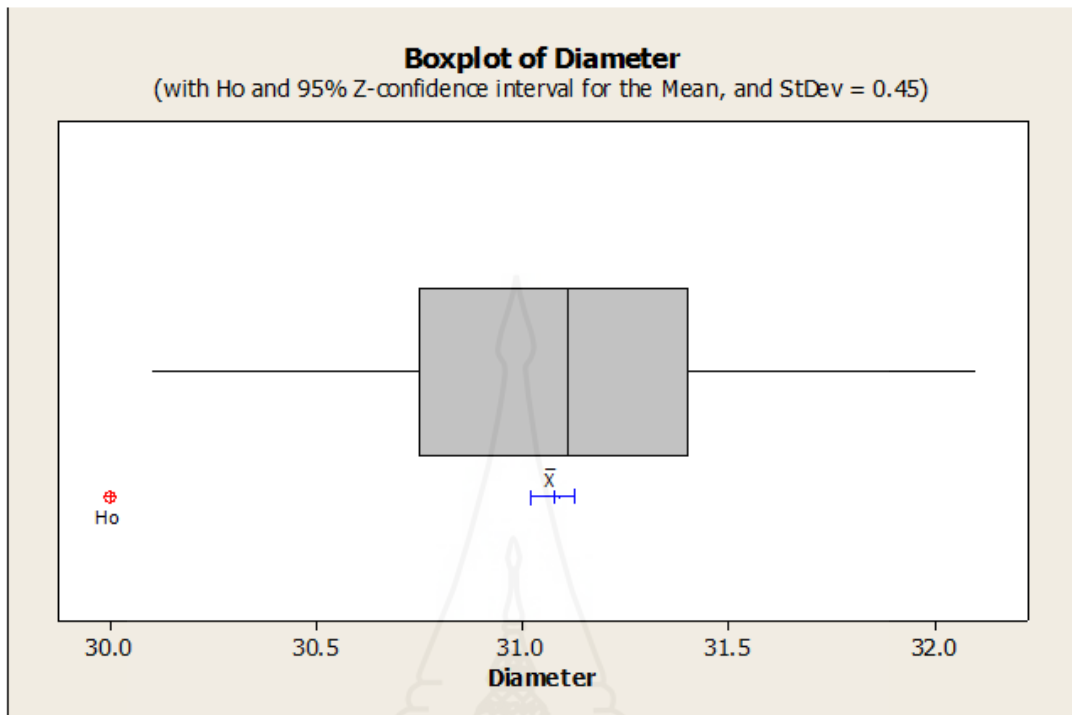
การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ด้วยวิธี One-Sample Z

One-Sample Z: Diameter

Test of $\mu = 30$ vs not = 30

The assumed standard deviation = 0.45

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95%CI	Z	P
Diameter	286	31.0743	0.4521	0.0266	(31.0221, 31.1264)	40.37	0.000



ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานลักษณะปลายหลอดเป็นทรงกลมหรือไม่ ด้วยโปรแกรม Minitab ด้วยวิธี One-Sample Z

ผลการทดสอบค่าสมมติฐานที่ต้องการทดสอบอยู่นอกช่วงความเชื่อมั่น แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายหลอดไม่เท่ากับ 30 mm ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 7 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลสมมติฐานการทดลองที่ 2 รูปทรงปลายหลอดมีผลทำให้เกิดของเสียประเภทหลอด ลีตการผลิต 01290119 ที่เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 เมื่อวันที่ 30 เดือนมกราคม พ.ศ.2562

ลักษณะปลายหลอด	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	จำนวน ตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียแยกตามอาการ (ชิ้น)																
			หลอดเอียง		หลอดคด		ปิดผนึกไม่สนิท		น้ำหนักไม่ได้ตามที่กำหนด		หลอดตัน		อื่นๆ		ปลายหลอดไม่เรียบ		รวม		
			จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์			
ปลายหลอดค่อนข้างกลม	≤ 31.30	400	3	0.75	1	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	4	1.00
ปลายหลอดรี	> 31.30	400	12	3.00	7	1.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	19	4.75
รวม		800	15	1.88	8	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	23	2.88

ตารางที่ 8 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลองเพื่อศึกษาความเร็วของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 มีผลทำให้เกิดของเสียต่างกันหรือไม่ ลีตการผลิต 01120219 เมื่อวันที่ 13 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2562

ความเร็วเครื่องจักร (รอบต่อนาที)	จำนวน ตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียแยกตามอาการ (ชิ้น)																	
		หลอดเอียง		หลอดคด		ปิดผนึกไม่สนิท		น้ำหนักไม่ได้ตามที่กำหนด		หลอดตัน		อื่นๆ		ปลายหลอดไม่เรียบ		รวม			
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์				
70	700	8	1.14	6	0.86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	2.00
65	700	7	1.00	5	0.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1.71
60	700	4	0.57	4	0.57	2	0.29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1.43
55	700	4	0.57	4	0.57	3	0.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1.57
50	700	4	0.57	3	0.43	5	0.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1.71

ตารางที่ 9 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Designs) 2 ระดับ 3 ปัจจัย รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด, 2. แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด และ 3. รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด และทำซ้ำ 2 ครั้ง รวม 16 การทดลอง ตามสภาวะที่กำหนด

การทดลอง	Lot.No.	สภาวะ	จำนวน ตัวอย่าง(ชิ้น)	จำนวนของเสียตามอาการ (ชิ้น)																
				หลอดเอียง		หลอดดับ		ปิดผนึกไม่สนิท		น้ำหนักไม่ได้ตามกำหนด		หลอดย่น		อื่นๆ		ปลายหลอดไม่เรียบ		รวม		
				จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
1	02210219	-1-1-1	3,000	32	1.07	29	0.97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	2.04
9	01010419		1,200	13	1.08	11	0.92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	2.00
รวม			4,200	45	1.07	40	0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	2.03
2	02210219	+1-1-1	3,000	29	0.97	32	1.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	2.03
10	01010419		1,200	11	0.92	15	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	2.17
รวม			4,200	40	0.95	47	1.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	2.07
3	02210219	-1+1-1	3,000	18	0.60	20	0.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	1.27
11	01010419		1,200	8	0.67	7	0.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	1.25
รวม				26	0.62	27	0.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	1.26
4	02210219	+1+1-1	3,000	8	0.27	7	0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0.50
12	01010419		1,200	4	0.33	3	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.58
รวม				12	0.29	10	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0.52
5	02210219	-1-1+1	3,000	29	0.97	15	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	1.47
13	01010419		1,200	13	1.08	9	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	1.83
รวม				42	1.00	24	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	1.57
6	02210219	+1-1+1	3,000	27	0.90	16	0.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	1.43
14	01010419		1,200	10	0.83	10	0.83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1.67
รวม				37	0.88	26	0.62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	1.50
7	02210219	-1+1+1	3,000	2	0.07	1	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.10
15	01010419		1,200	1	0.08	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.08
รวม				3	0.07	1	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.10
8	02210219	+1+1+1	3,000	5	0.17	4	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.30
16	01010419		1,200	2	0.17	2	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.33
รวม				7	0.17	6	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0.31

หมายเหตุ : การทดลองครั้งที่ 1 ใช้กลุ่มตัวอย่างการทดลองละ 3,000 ชิ้น จากจำนวนสั่งผลิต 25,624 ชิ้น ในล็อตการผลิต 02210219 (จำนวน 8 การทดลอง ละคร 3,000 ชิ้น รวม 24,000 ชิ้น) ทำการทดลองซ้ำอีก 1 ครั้ง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างการทดลองละ 1,200 ชิ้น จากจำนวนสั่งผลิต 10,527 ชิ้น ในล็อตการผลิต 01010419 (จำนวน 8 การทดลอง ละคร 1,200 ชิ้น รวม 9,600 ชิ้น) ที่ความเร็วรอบ 60 ชิ้นต่อชั่วโมง

ตารางที่ 10 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนการผลิตและจำนวนของเสียของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ที่บรรจุด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ภายหลังการดำเนินการแก้ไข ในเดือนเมษายน พ.ศ.2562 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2562 (ข้อมูลหลังการปรับปรุง)

ว/ด/ป	Lot no.	ยอดสั่งผลิต (ชิ้น)	จำนวนของเสียแยกตามอาการ (ชิ้น)							ของเสียรวม (ชิ้น)	ของเสีย (ร้อยละ)
			ปิดผนึกไม่สนิท	หลอดเอียง	หลอดย่น	หลอดยับ	ปลายหลอดไม่เรียบ	น้ำหนักไม่ได้ตามกำหนด	อื่นๆ (เป็นรอย / ปรับตั้ง)		
			1	2	3	4	5	6	7		
24/4/2019	02220419	14,737	5	5	2	4	0	3	0	19	0.13
3/5/2019	01020519	15,790	3	4	1	2	0	3	0	13	0.08
11/6/2019	01100619	40,000	6	9	0	6	3	2	0	26	0.07
13/6/2019	02100619	18,000	5	3	0	3	0	3	0	14	0.08
26/9/2019	01250919	8,893	1	5	0	4	0	3	3	16	0.18
18/10/2019	01161019	21,053	2	8	0	4	0	6	0	20	0.09
รวม		118473	22	34	3	23	3	20	3	108	0.09

ตารางที่ 11 ข้อมูลร้อยละของของเสียหลังการปรับปรุงเทียบกับมาตรฐานที่กำหนด

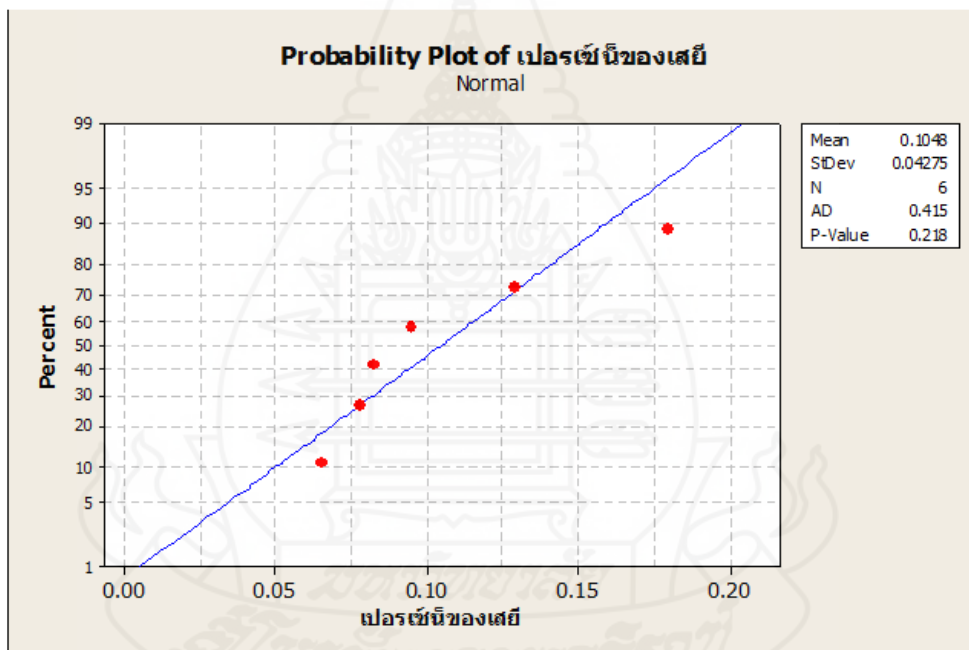
ครั้งที่	ล็อตการผลิต	ของเสีย (ร้อยละ)
	ค่ามาตรฐาน	
1	02220419	0.13
2	01020519	0.08
3	01100619	0.07
4	02100619	0.08
5	01250919	0.18
6	01161019	0.09

การทดสอบสมมติฐานการวิจัย

โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ One-Sample Z หากค่า P-value มากกว่า 0.05 แสดงว่าการปรับกระบวนการปิดผนึกปลายหลอดของเครื่องบรรจุเครื่องสำอาง ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ ทำให้เปอร์เซ็นต์หลุดเสียเท่ากับมาตรฐานเปอร์เซ็นต์ของเสียที่กำหนดไว้คือร้อยละ 0.5 หาก ค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าการปรับกระบวนการปิดผนึกปลายหลอดของเครื่องบรรจุเครื่องสำอาง ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ QC Tool ทำให้ร้อยละหลุดเสียน้อยกว่า 0.5 %

การทดสอบการแจกแจงของข้อมูล

การทดสอบการแจกแจงของข้อมูล จะใช้โปรแกรม Minitab โดยใช้วิธี Normality Test ผลการทดสอบดังนี้



ภาพที่ 3 ผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูล โดยใช้วิธี Normality Test

ผลการทดสอบ

พบว่าค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 สามารถสรุปได้ว่าการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบการแจกแจงแบบปกติ

การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบการแจกแจงของข้อมูล จะใช้โปรแกรม Minitab โดยใช้การทดสอบแบบ One-Sample Z เนื่องจากการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของเสียหลังทำการปรับปรุงเป็นแบบปกติ โดยต้องการทดสอบว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียหลังทำการปรับปรุงน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เป็นมาตรฐาน คือร้อยละ 0.5 หรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการทดสอบดังนี้

H_0 : เปอร์เซ็นต์ของเสียหลังการปรับปรุงเท่ากับมาตรฐานเปอร์เซ็นต์ของเสียที่กำหนดไว้

H_1 : เปอร์เซ็นต์ของเสียหลังการปรับปรุงไม่เท่ากับเปอร์เซ็นต์ของเสียก่อนการปรับปรุง

กำหนดตัวแปรและสมมติฐานสำหรับการทดสอบ คือ

$$H_0: \mu = 0.5 \%$$

$$H_1: \mu < 0.5 \%$$

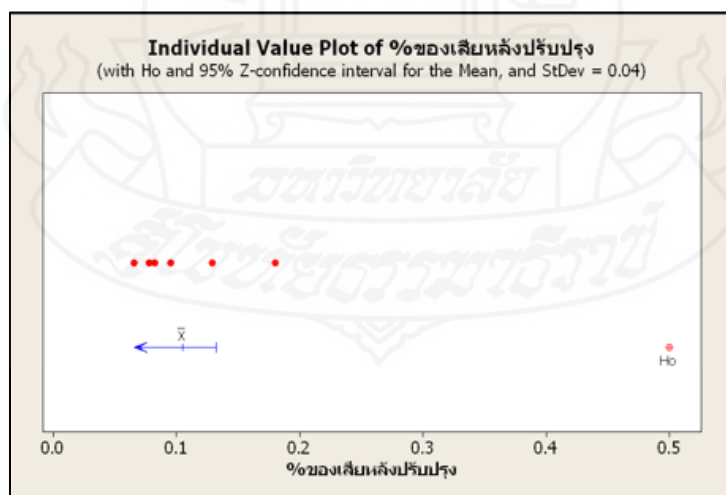
ผลการทดสอบ

One-Sample Z: เปอร์เซ็นต์ของเสียหลังปรับปรุง

Test of $\mu = 0.5$ vs < 0.5

The assumed standard deviation = 0.04

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	Z	P
%ของเสียหลังปรับปรุง	6	0.1048	0.0428	0.0163	0.1317	-24.20	0.000



ภาพที่ 4 ผลการทดสอบสมมติฐานของข้อมูลโดยใช้วิธี การทดสอบแบบ One-Sample Z

ผลการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่า ค่า P-Value ที่ได้นั้นมีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (α) ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก ยอมรับสมมติ







ฐานรอง คือ การปรับกระบวนการปิดผนึกปลายหลอดของเครื่องบรรจุเครื่องสำอาง ด้วยวิธีการ
ประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพ ทำให้เปอร์เซ็นต์หลอดเสียน้อยกว่ามาตรฐานเปอร์เซ็นต์ของเสียที่
กำหนด 0.5% ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 4 มาตรฐานการปรับตั้งเครื่องบรรจุครีมใส่หลอดอัตโนมัติ (FL-75)

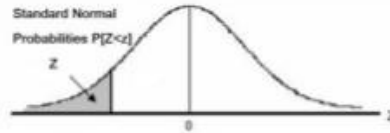
S032-02-002-00
Page 1 of 7

GLC
มาตรฐานการ SET UP เครื่องบรรจุครีมใส่หลอดอัตโนมัติ (FL-75)

ลำดับ	รูป	Code	ชื่อผลิตภัณฑ์	Tube Holder (mm)		Infeed Prism					Vacuum ที่ Infeed Prism (นิ้ว)	หัวบรรจุ Filling Pipe	กระบอกสูบ Dosing Cylinder	ระยะเวลาพักหลอด / ระดับจาน	การปรับตั้ง								
						30		35		38					50		Hot Air			Exhaust Pressure (bar)	Hot Air Flow (l/min)	Speed (ชิ้น / นาที)	
						ความสูง	ขนาด	ความสูง	ขนาด	ความสูง					ขนาด	ความสูง	ขนาด	อุณหภูมิ Hot Air (°C)					
/1 - ชั้น	/2 - หัว	130 mm	140 mm	175 mm	147 mm	180 mm	155 mm	mm	mm	(°C)	(bar)	(l/min)											
1		10109	Giffarine Glamorous Beauté [®] UV Defense Revitalizing Cream SPE50 PA+++ 40 g.	-	30/2	✓	-	-	-	-	-	2	30	50	978	0.2	30	410	0.5	1.5	60		
2		10531	Giffarine Edelweiss Whitening Facial Foam 100 g.	-	38/2	-	-	-	-	✓	-	2	38	50	-	0.2	38	410	0.5	1.5	70		
3		10535	Giffarine Edelweiss Whitening After Sun For Face 80 ml.	38/1	-	-	-	-	✓	-	-	1	38	50	815	0.2	38	410	0.5	1.5	70		
4		10715	Giffarine Glamorous Beauté [®] Hand&Nail Cream - Frangipani 40 g.	-	30/2	✓	-	-	-	-	-	2	30	50	978	0.2	30	410	0.5	1.5	60		
5		10718	Astaxanthin Body Lotion 250 ml.	50/2	-	-	-	-	-	✓	-	-	38	70	103	0.1	50	390	1.0	1.5	55		
6		10719	Giffarine Astaxanthin Age-Defying Hand & Nail Cream 40 g.	-	30/2	✓	-	-	-	-	-	2	30	50	978	0.2	30	410	0.5	1.5	60		

ภาพที่ 5 ตารางสถิติค่า Z

ตารางสถิติ



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.50	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
-3.40	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.30	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.20	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.10	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.00	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.90	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.80	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.70	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.60	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.50	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.40	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.30	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.20	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.10	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.00	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.90	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.80	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.70	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.60	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.50	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.40	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.30	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.20	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.10	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.00	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.90	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.80	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.70	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2297	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.60	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.50	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.40	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.30	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.20	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.10	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.00	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

ที่มา : <https://www.slideshare.net/neroos/4-26406385>

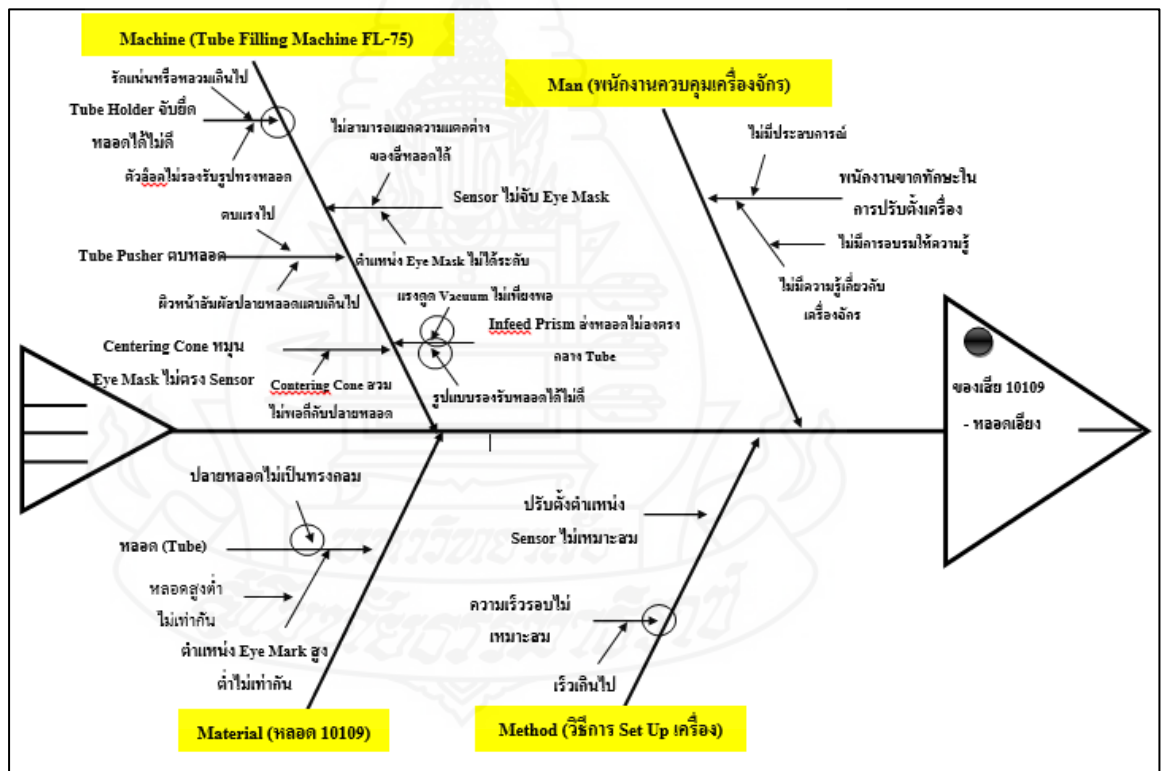
ภาคผนวก ข

การทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย

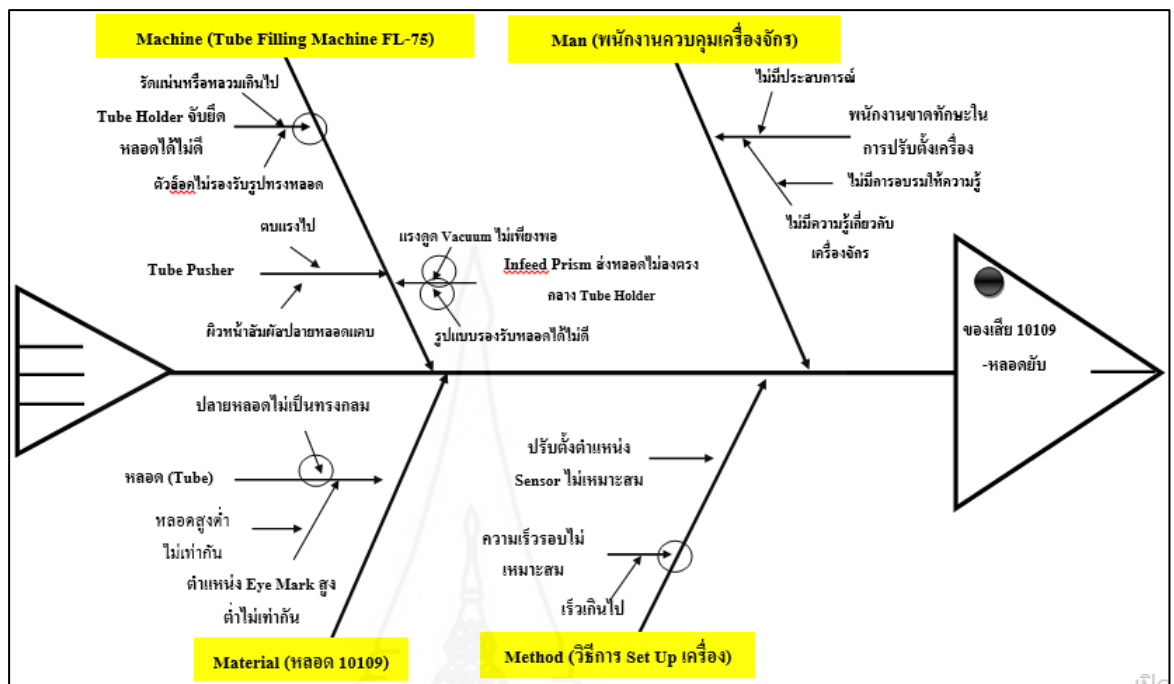


จากการศึกษากระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ด้วยเครื่องบรรจุหลอดอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 แล้วนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีผลทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดยับ ซึ่งได้จากการระดมสมอง ร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยทำการวิเคราะห์ตามหลัก 4M โดยสามารถนำมาเขียนหาสาเหตุตามแหล่งที่มาได้ดังนี้

- 1) Man คือพนักงานควบคุมเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ซึ่งมีพนักงานประจำเครื่อง 1 คนและผู้ช่วย 1 คน
 - 2) Machine คือเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75
 - 3) Material คือหลอดที่ใช้ในการบรรจุ Bulk
 - 4) Method คือวิธีการปรับตั้งเครื่องจักร
- ซึ่งในแต่ละสาเหตุหลักถูกแยกออกเป็นสาเหตุย่อยๆ โดยการวิเคราะห์ได้แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุของเสียประเภทหลอดเอียง



ภาพที่ 2 แผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุของเสียประเภทหลอดยัด

จากตารางสรุปสาเหตุหลักของปัญหาหลอดเอียงและหลอดยัดที่ได้จากแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) สามารถนำมาพิสูจน์สาเหตุได้ดังนี้

1.ลักษณะปลายหลอดไม่เหมาะสม

การพิสูจน์สาเหตุที่ 1 โดยใช้หลัก 5W1H (What Why Who Where When และ How) : ลักษณะปลายหลอดไม่เป็นทรงกลมทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดยัด

What : ทำการเปรียบเทียบลักษณะปลายหลอดว่ามีผลทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดยัดหรือไม่

Why : ลักษณะปลายหลอดไม่กลมมีผลทำให้

1.1 รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด (Infed Prism) ที่ไม่เหมาะสม ทำให้การจับหลอดได้ไม่ดี หลอดกระเด็นออกจากอุปกรณ์ส่งหลอดและการส่งหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดไม่มีประสิทธิภาพหลอดหลุดออกจากอุปกรณ์ส่งหลอดขณะส่งหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดหรือส่งหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดได้ไม่ตรง



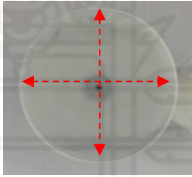
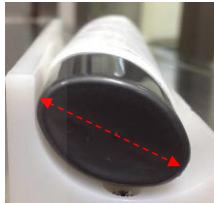
1.2 อุปกรณ์ตบหลอด (Tube Pusher) หากอุปกรณ์ส่งหลอดส่งหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดได้ไม่ดี เมื่ออุปกรณ์ตบหลอดตบหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดได้ไม่เต็มที่ จะทำให้หลอดตั้งบนอุปกรณ์รองรับและจับหลอดในลักษณะเอียง หรือบางครั้งอุปกรณ์ตบหลอดตบโดนบริเวณปลายหลอดทำให้ปลายหลอดยับ

1.3 อุปกรณ์หมุนหลอด (Centering Cone) ชนปลายหลอด Centering Cone หากหลอดตั้งบน อุปกรณ์รองรับและจับหลอด (Tube Holder) ไม่ตรงจะทำให้ตัวหมุนหลอดสวมเข้ากับปลายหลอดได้ไม่ดี ทำให้การหมุนหาตัวตรวจจับของเครื่องหมายตาไฟไม่ตรงตำแหน่ง เมื่อหนีบหลอดออกมาแล้วทำให้หลอดเอียง

How: ทางผู้วิจัยได้ทำการทดลอง ดังนี้

- 1.ทำการวิเคราะห์ลักษณะหลอดบรรจุครีมกันแดด รหัส 10109

ตารางที่ 1 แสดงรูปแบบลักษณะหลอดบรรจุครีมกันแดด รหัส 10901

ด้านหน้า	ด้านข้าง	ด้านบน	ด้านล่าง	
				
กว้าง	สูง	เส้นผ่าศูนย์กลางกลางปลายหลอด	เส้นผ่าศูนย์กลางฝาหลอด	
		หลอด	ด้านกว้าง	ด้านแคบ
35 mm	119 mm	30 mm	31 mm	21 mm



ภาพที่ 7 รูปแบบการบรรจุของหลอดผลิตภัณฑ์ครีมนันแดด รหัส 10109

หลอดที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ครีมนันแดด รหัส 10109 เป็นหลอดขนาดบรรจุ 40 g ตัวหลอดผลิตมาจาก LDPE และฝาผลิตมาจาก PP มีลักษณะเป็นรูปทรงรีเส้นผ่านศูนย์กลาง 31 มิลลิเมตร และ 21 มิลลิเมตร ตัวหลอดหน้ากว้าง 35 มิลลิเมตร สูง 120 มิลลิเมตร ปลายหลอดมีลักษณะกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร ± 0.25 มิลลิเมตร ทำการบรรจุใส่กล่องๆ ละ 693 ชิ้น โดยเรียงเป็นชั้นๆ ละ 231 ชิ้น ทั้งหมด 3 ชั้น จากลักษณะรูปทรงฝาหลอดที่เป็นทรงรีและปลายหลอดที่อ่อน ทำให้ปลายหลอดมีลักษณะที่เปลี่ยนไปจากเดิมคือไม่เป็นทรงกลม ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดของเสียได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาลักษณะปลายหลอดดังกล่าว ว่ามีลักษณะกลมอยู่หรือไม่ ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลางปลายหลอด คือ 30 ± 0.25 มิลลิเมตร โดยกำหนดให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเส้นผ่านศูนย์กลางปลายหลอดอยู่ที่ 0.25 มิลลิเมตร และกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 สามารถตั้งสมมติฐานได้ ดังนี้

สมมติฐานการทดลองที่ 1 คือ รูปทรงปลายหลอดเป็นทรงกลมหรือไม่

H_0 : ปลายหลอดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 30 มิลลิเมตร (เป็นทรงกลม)

H_1 : ปลายหลอดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เท่ากับ 30 มิลลิเมตร (ไม่เป็นทรงกลม)

หรือกำหนดตัวแปร

H_0 : $\mu_1 = 30$ มิลลิเมตร

H_1 : $\mu_1 \neq 30$ มิลลิเมตร

μ_1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายหลอด

ตัวแปรควบคุม

- หลอดที่ศึกษาถือการผลิตหมายเลขเดียวกัน

การออกแบบจำนวนตัวอย่าง

1) กำหนดตัวอย่างตามตารางสำเร็จรูปของยามานะสำหรับกำหนดตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 โดยกำหนดระดับนัยสำคัญให้ทดสอบที่ $\alpha = 0.05$

2) กำหนดความผิดพลาดชนิดที่ 2 (β) ให้เท่ากับ 0.1 (Power of test = 1 - β) อำนาจการทดสอบของจำนวนตัวอย่างที่ร้อยละ 90)

จากการตรวจสอบจำนวนตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของยามานะ (Yamane, 1967) ที่ขนาดจำนวนประชากร 1,000 ขึ้น (จากจำนวนหลอดที่ทำการผลิตในล็อตการผลิตหมายเลข 01290119 จำนวน 1 กล่อง 693 ตัวอย่าง) จะใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบที่ 286 ตัวอย่าง

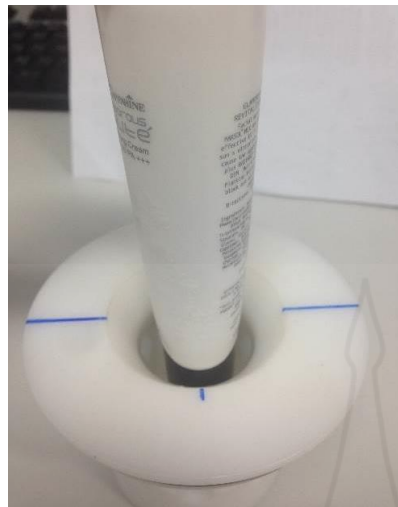
วิธีการทดลอง

1) ทำการสุ่มตัวอย่างหลอดจำนวน 286 ตัวอย่าง จากตัวอย่าง 1 กล่อง (693 ตัวอย่าง) ชั้นที่บนและชั้นกลางชั้นละ 95 ตัวอย่าง ชั้นล่าง 96 ตัวอย่าง

2) กำหนดแนวทางที่จะทำการวัดบนอุปกรณ์รองรับและจับหลอด (Tube Holder)

3) นำหลอดสวมเข้ากับอุปกรณ์รองรับและจับหลอด (Tube Holder) โดยให้แนวขวางของฝาหลอดตรงกับเส้นที่กำหนดไว้แล้วทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายหลอดตามแนวที่กำหนดไว้ เนื่องจากเป็นแนวที่ส่งผลให้เกิดช่องว่างบนตัวส่งหลอดด้วยเวอร์เนียแบบดิจิตอล ที่ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร บันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

4) นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติตามเงื่อนไข โดยทำการทดสอบ Z-Test ด้วยโปรแกรม Minitab



ก.



ข.

ภาพที่ 8 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายหลอด PGTB0086

ก. สวมหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอด ข. วัดด้วยเวอร์เนียแบบดิจิทัล

สมมติฐานการทดลองที่ 2 คือ รูปทรงปลายหลอดมีผลทำให้เกิดของเสียดประเภทหลอดเอียงและหลอดยวบในกระบวนการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75หรือไม่

จากการศึกษาลักษณะรูปทรงปลายหลอดบีบ พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางปลายหลอด ด้านที่ส่งผลต่อการจับหลอดของอุปกรณ์ส่งหลอดอยู่ในช่วง 30.10 มิลลิเมตร – 32.10 มิลลิเมตร โดยปลายหลอดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมาก จะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างหลอดกับตัวส่งหลอดมาก หากตกกระทบลงบนอุปกรณ์ส่งหลอดด้วยการสัมผัสที่ไม่เหมาะสม ส่งผลต่อการจับหลอดของอุปกรณ์ส่งหลอด ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางปลายหลอดที่มีค่าน้อยจะไม่ทำให้เกิดช่องว่างสามารถแนบกับผิวตัวส่งหลอดได้สนิท ดังนั้น ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการแบ่งหลอดออกเป็น 2 กลุ่ม ตามความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางปลายหลอดได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 : กลุ่มที่ผิวสัมผัสปลายหลอดแนบสนิทกับอุปกรณ์ส่งหลอดเรียกว่าปลายหลอดค่อนข้างกลม ซึ่งจากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปลายหลอดพบว่า มีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านที่กว้างที่สุดอยู่ที่ 31.30 มิลลิเมตร ดังนั้นหลอดที่อยู่ในกลุ่มนี้ คือหลอดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางปลายหลอด

□ 31.30 มิลลิเมตร

กลุ่มที่ 2 : กลุ่มที่ผิวสัมผัสปลายหลอดกับอุปกรณ์ส่งหลอดมีช่องว่าง (ผิวของหลอดสัมผัสกับตัวส่งหลอดไม่แนบสนิท) เรียกว่ากลุ่มปลายหลอดรี ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางปลายหลอด

>31.30 มิลลิเมตร

วิธีการทดลอง

- 1) ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายหลอด ด้วยเวอร์เนียแบบดิจิตอล
- 2) ทำการแบ่งหลอดออกเป็น 2 กลุ่ม
- 3) นำหลอดทั้ง 2 กลุ่ม จำนวนกลุ่มละ 400 ชิ้น มาทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ด้วยเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75
- 4) เก็บข้อมูลของเสียเพื่อนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบร้อยละของเสียที่เกิดขึ้นเพื่อพิสูจน์สมมติฐานต่อไป พร้อมระบุพนักงานควบคุมเครื่องจักร (**Who**) เครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 (**Where**) และวันที่ลงบันทึก 30 มกราคม 2562 (**When**)

2. ความเร็วเครื่องจักรไม่เหมาะสม

การพิสูจน์สาเหตุที่ 2 โดยใช้หลัก 5W1H : เป็นการศึกษาความเร็วของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ว่ามีผลทำให้เกิดของเสียต่างกันหรือไม่

What : สมมติฐาน คือความเร็วรอบของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ที่ลดลงมีผลต่อของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดยับหรือไม่

จากข้อมูลเครื่องบรรจุหลอดบีบอัตโนมัติ หมายเลข FL-75 ระบุความเร็วรอบสูงสุดที่เครื่องสามารถผลิตได้ คือ 70 ชิ้นต่อนาที และสามารถปรับลดลงได้ตามความเหมาะสม เพื่อให้การทำงานของเครื่องมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบของหลอด และเนื้อผลิตภัณฑ์ โดยความเร็วรอบของแต่ละผลิตภัณฑ์จะถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานการปรับตั้งเครื่อง สำหรับมาตรฐานความเร็วรอบของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ถูกกำหนดไว้ที่ 70 ชิ้นต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบสูงสุดที่สามารถเดินเครื่องได้ และความเร็วรอบต่ำสุดที่ถูกกำหนดให้สามารถเดินเครื่องได้สำหรับบริษัทกรณีศึกษาคือ 50 ชิ้นต่อนาที

Why : ความเร็วรอบของเครื่องจักรมีผลต่อ

- 1) ความสามารถในการรับหลอดของอุปกรณ์ส่งหลอด
- 2) ความแม่นยำในการส่งหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดของอุปกรณ์ส่งหลอด
- 3) ความสามารถของตัวตรวจจับ (Sensor) ในการจับเครื่องหมายตาไฟ (Eye Mask)

ตารางที่ 2 การตั้งปัจจัยที่ใช้ในการทดลองปรับความเร็วในการบรรจุ

การทดลองปรับ	ปัจจัยความเร็วในการบรรจุ 10109 (ชิ้นต่อนาที)
ครั้งที่ 1	70
ครั้งที่ 2	65
ครั้งที่ 3	60
ครั้งที่ 4	55
ครั้งที่ 5	50

เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกความเร็วในการบรรจุตามตารางเนื่องจากในปัจจุบันตามมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องของผลิตภัณฑ์มีการใช้ความเร็วในการบรรจุอยู่ที่ 70 ชิ้นต่อนาที และความเร็วต่ำสุดที่กำหนดในมาตรฐานการปรับตั้งเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมตี หมายเลข FL-75 คือ 50 ชิ้นต่อนาที เนื่องจากมีผลต่ออุณหภูมิของลมร้อนและเป็นความเร็วต่ำสุดที่ทางบริษัทกรณีศึกษากำหนดไว้เพื่อไม่ให้กระทบกับผลผลิตที่ได้

การออกแบบจำนวนตัวอย่าง

กำหนดตัวอย่างตามตารางสำเร็จรูปของยามาน่าสำหรับกำหนดตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 โดยกำหนดระดับนัยสำคัญให้ทดสอบที่ $\alpha = 0.05$ จากการตรวจสอบจำนวนตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของยามาน่า(1967, p398) ที่ขนาดจำนวนประชากร 4,000 ชิ้น (เนื่องจากการบรรจุถือการผลิตหมายเลข 01120219 จำนวนทั้ง 3,685 ชิ้น) จะใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบที่ 364 ตัวอย่าง เพื่อเพิ่มความแม่นยำมากขึ้นผู้วิจัยจึงใช้ตัวอย่างในการทดลองที่ 700 ตัวอย่าง

How: วิธีการทดลอง

1) ทำการปรับตั้งความเร็วรอบของเครื่องบรรจุหลอดบีบอัด โนมตี หมายเลข FL-75 ที่ระดับที่กำหนดดังนี้ 70, 65, 60, 55 และ 50 ชิ้นต่อนาที และปรับตั้งค่าต่างๆให้สามารถเดินเครื่องได้ตามความเร็วที่กำหนด แล้วทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด รหัส 10109 ถือการผลิตหมายเลข 01120219 ด้วยหลอดบีบที่ศึกษาจำนวนตัวอย่างความเร็วรอบละ 700 ชิ้น

2) ทำการตรวจสอบชิ้นผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นเพื่อคัดแยกประเภทของดีและของเสียแยกตามอาการ ของแต่ละความเร็วของเครื่อง

- 3) ทำการนับจำนวนของดีและของเสีย บันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
- 4) นำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง พร้อมระบุพนักงานควบคุมเครื่องจักร (**Who**) เครื่องบรรจุหลอดบีบอัดโนมัต หมายเลข FL-75 (**Where**) และวันที่ลงบันทึก 13 กุมภาพันธ์ 2562 (**When**)

3. รูปแบบการรองรับหลอดไม่เหมาะสม

การพิสูจน์สาเหตุที่ 3 โดยใช้หลัก 5WHY : รูปแบบของการรองรับหลอดมีผลทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดยับ

What: เป็นการศึกษารูปแบบของการรองรับหลอดซึ่งประกอบไปด้วย 1) รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด 2) แรงกดสูญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด และ 3) รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด ว่ามีผลต่อร้อยละของของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดยับหรือไม่ โดยการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ทั้งหมด 16 การทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อของเสียมากที่สุด

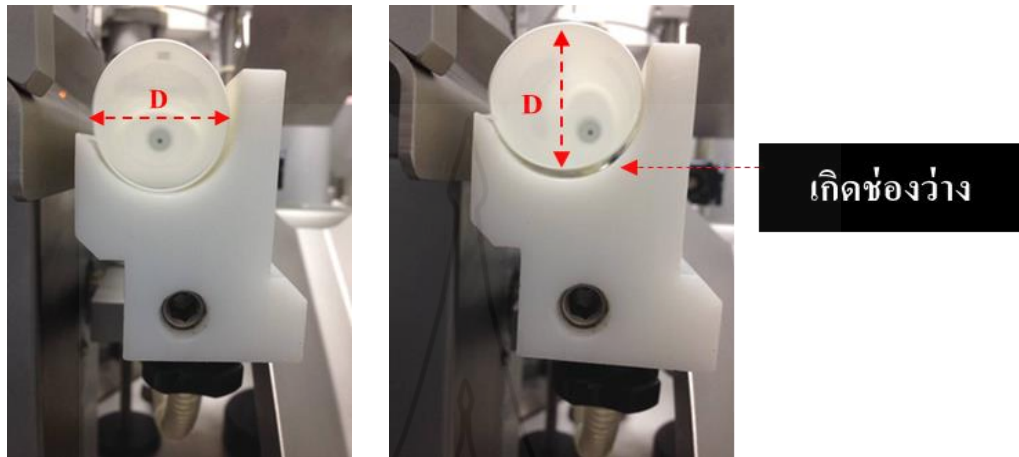
ปัจจัยที่ 1. รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด(Infeed Prism)

Why: อุปกรณ์ส่งหลอดคือ อุปกรณ์รองรับหลอดจากรางเรียงหลอดเพื่อส่งหลอดลงสู่ตัวจับหลอด รูปปร่างและขนาดจะขึ้นอยู่กับความยาวและขนาดของหลอด สำหรับหลอดทรงกลมไม่พบปัญหาในการจับหลอดและส่งหลอดเนื่องจากลักษณะของหลอดจากฝาหลอดไปจนถึงปลายหลอดมีรูปปร่างเป็นทรงกระบอกและปลายหลอดเป็นทรงกลมเหมือนกันทุกหลอด แต่สำหรับหลอดทรงรีด้านฝาหลอดจะเป็นรูปทรงรี ส่วนปลายหลอดจะเป็นรูปทรงกลม แต่จะเสียรูปกลายเป็นทรงรีได้ง่าย เนื่องจากบริเวณฝาหลอดเป็นทรงรี ดังนั้น การออกแบบอุปกรณ์ส่งหลอดเพื่อรองรับหลอดและส่งหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดจึงทำได้ยากสำหรับหลอดทรงรี ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบอุปกรณ์ส่งหลอดขึ้นมา 2 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1. ความโค้งของอุปกรณ์ส่งหลอดเท่ากับความโค้งของรูปทรงหลอด

อุปกรณ์ส่งหลอดมีความโค้งและรูปทรงพอดีกับรูปทรงหลอด โดยด้านที่รองรับฝาหลอดกว้าง(X_1) = 3.5 เซนติเมตร ลึก (A_1) = 0.5 เซนติเมตร และด้านที่รองรับปลายหลอดกว้าง (Y_1) = 3.0 เซนติเมตร ลึก (B_1) = 1.2 เซนติเมตร ซึ่งจะแคบกว่าด้านที่รองรับฝาหลอดเพื่อให้สามารถรองรับหลอดได้พอดีหากปลายหลอดมีลักษณะกลม แต่ถ้าหากปลายหลอดมีลักษณะทรงรีจะไม่สามารถรองรับหลอดได้ดี ขึ้นอยู่กับลักษณะท่าทางของหลอดที่ตกลงบนตัวส่งหลอด หากปลายหลอดตกลง

ในแนวขวาง (ตามภาพที่ 9) ก็จะทำให้ปลายหลอดไม่แนบสนิทกับผิวส่วนโค้งของอุปกรณ์ส่งหลอดเกิดเป็นช่องว่าง ทำให้การรองรับหลอดและส่งหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดได้ไม่ดี



ก.

ข.

ภาพที่ 9 การสัมผัสหลอดกับอุปกรณ์ส่งหลอดที่มีลักษณะปลายหลอดรี

(ก) สัมผัสอุปกรณ์ส่งหลอดตามแนวยาว (ข) สัมผัสอุปกรณ์ส่งหลอดตามแนวขวาง

รูปแบบที่ 2. ความโค้งของอุปกรณ์ส่งหลอดมากกว่าความโค้งของรูปทรงหลอด

โดยความกว้างด้านที่รองรับฝาหลอด(X_2)เท่ากับความกว้างด้านที่รองรับปลายหลอด(Y_2) ($X_2=Y_2$) = 3.5 เซนติเมตร ความลึกของด้านที่รองรับฝาหลอด(A_2)เท่ากับความลึกด้านที่รองรับปลายหลอด(B_2) ทั้งสองด้านเท่ากัน $A=B=1.2$ เซนติเมตร ลักษณะเหมือนรูปทรงกระบอก ซึ่งมีผลต่อการรองรับหลอดและส่งหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอด ดังนี้

1) ความโค้งของอุปกรณ์ส่งหลอด (35 มิลลิเมตร) มากกว่าความโค้งของปลายหลอดที่มากที่สุด เพื่อให้ปลายหลอดสามารถสัมผัสกับตัวส่งหลอดได้ดี ไม่ทำให้เกิดช่องว่างไม่ว่าหลอดจะตกกระทบลงบนตัวส่งหลอดด้วยท่าทางใดก็ตาม ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับหลอดและส่งหลอดลงอุปกรณ์รองรับและจับหลอด



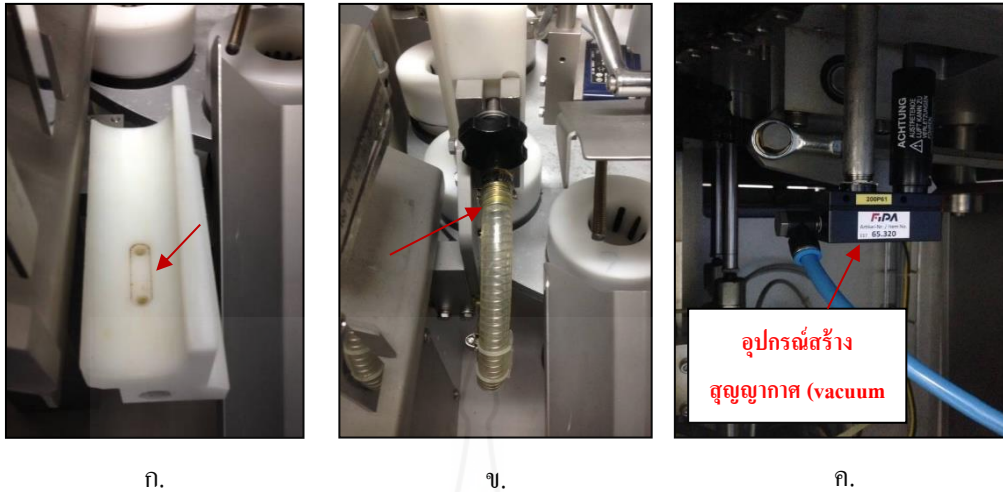
ปลายหลอดสัมผัสกับอุปกรณ์
ส่งหลอดแบบแนบสนิท

ภาพที่ 10 แสดงลักษณะปลายหลอดสัมผัสกับอุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 2

ปัจจัยที่ 2 แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด

Why : เนื่องจากหลอดที่ไหลลงมาจากรางเรียงหลอดจะตกกระทบลงบนอุปกรณ์ส่งหลอดด้วยแรงตกกระทบซึ่งอาจทำให้หลอดกระเด็นออกจากอุปกรณ์ส่งหลอดได้และด้วยแรงเหวี่ยงของอุปกรณ์ส่งหลอด ซึ่งอาจทำให้หลอดสามารถหลุดออกจากอุปกรณ์ส่งหลอดก่อนถึงอุปกรณ์รองรับและจับหลอดได้ ส่งผลให้ส่งหลอดลงอุปกรณ์จับหลอดได้ไม่ตรงเมื่ออุปกรณ์ดับหลอดดับหลอดลงไปทำให้หลอดยับหรือตั้งไม่ตรง อุปกรณ์ตรวจจับหรือเซ็นเซอร์จับเครื่องหมายตาไฟ (eye mark) ได้ไม่ตรงตำแหน่ง เมื่อหนีบหลอดออกมาทำให้หลอดเอียงได้ ดังนั้นที่อุปกรณ์ส่งหลอดจึงได้ถูกออกแบบมาให้มีระบบสุญญากาศเพื่อช่วยในการดูดจับหลอด โดยที่อุปกรณ์ส่งหลอดจะถูกเจาะรูและมีท่อด้านล่างต่อเข้ากับอุปกรณ์สร้างสุญญากาศ 1 ตัว แต่เนื่องจากลักษณะปลายหลอดที่เป็นรูปทรงรี จึงทำให้อุปกรณ์สร้างสุญญากาศเพียง 1 ตัวไม่เพียงพอในการดูดจับหลอดได้

รูปแบบที่ 1 (รูปแบบเดิม): อุปกรณ์สร้างสุญญากาศ (Vacuum Ejector) 1 ตัว ที่อุปกรณ์ส่งหลอดมีรูที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์สร้างสุญญากาศอยู่ด้านบน 2 รู เพื่อดูดจับหลอด ซึ่งมีค่าสุญญากาศสูงสุด แต่ละจุดเท่ากับ 319 กิโลปาสกาล/มิลลิเมตรของปรอท และด้านล่างมีช่องเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สร้างสุญญากาศ 1 ตัว ที่มีค่าสุญญากาศสูงสุดร้อยละ 85 หรือ 638 กิโลปาสกาล/มิลลิเมตรของปรอท



ก.

ข.

ค.

ภาพที่ 11 อุปกรณ์ส่งหลอดที่ต่อเข้ากับระบบอุปกรณ์สร้างสุญญากาศ

ก. รูปนอุปกรณ์ส่งหลอดที่ต่อกับระบบดูดสุญญากาศ

ข. ท่อที่เชื่อมระหว่างอุปกรณ์ส่งหลอดกับอุปกรณ์สร้างสุญญากาศ (vacuum ejector)

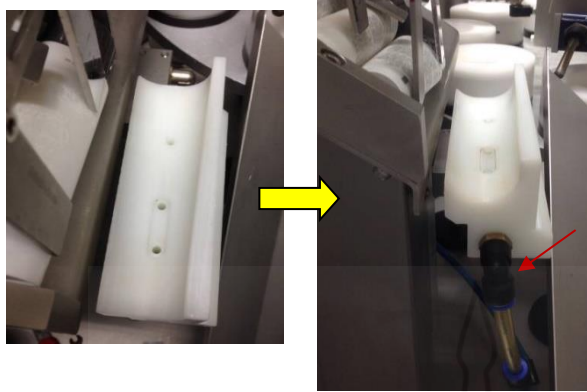
ค. อุปกรณ์สร้างสุญญากาศ (vacuum ejector)

รูปแบบที่ 2 : ติดตั้งอุปกรณ์สร้างสุญญากาศ (Vacuum Ejector) เพิ่มอีก 1 ตัว

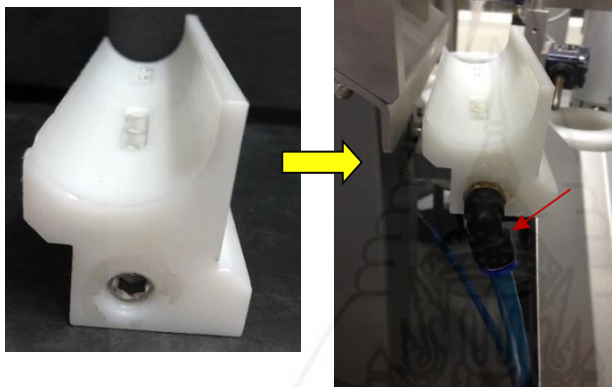
- ทำการเจาะรูเพิ่มที่อุปกรณ์ส่งหลอด (Infeed Prism) รูปแบบที่ 1 อีก 1 จุด

- ติดตั้งอุปกรณ์สร้างสุญญากาศเพิ่มอีก 1 ตัว โดยต่อเข้ากับด้านท้ายของอุปกรณ์ส่งหลอด

ซึ่งมีค่าสุญญากาศสูงสุดร้อยละ 91.8 หรือ 690 กิโลปาสกาล/มิลลิเมตรของปรอททำให้สามารถเพิ่มค่าสุญญากาศสูงสุดแต่ละจุดบนตัวสร้างเป็น 443 กิโลปาสกาล/มิลลิเมตรของปรอท

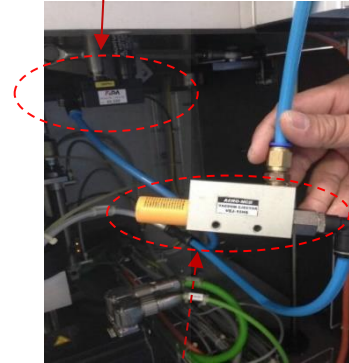


อุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 1



อุปกรณ์ส่งหลอดรูปแบบที่ 2

ตัวสร้างสัญญาณตัวที่ 1



ตัวสร้างสัญญาณตัวที่ 2

ภาพที่ 12 อุปกรณ์ส่งหลอดที่ต่อเข้ากับตัวสร้างสัญญาณเพิ่มอีก 1 ตัว

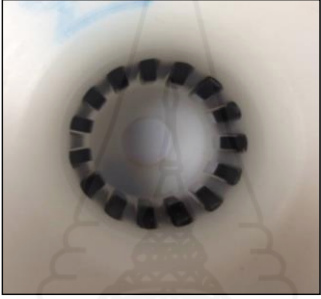

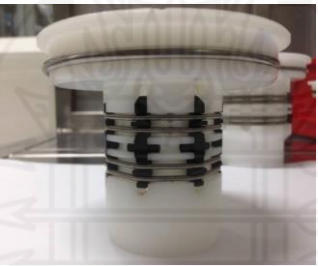
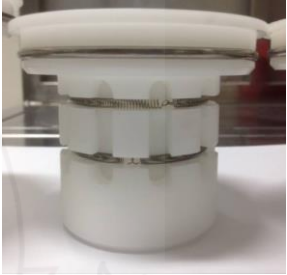
ปัจจัยที่ 3. รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด(Tube Holder)

Why : เนื่องจากอุปกรณ์รองรับและจับหลอดเป็นรูปทรงกลมตามขนาดของหลอด แต่ด้วยหลอดที่ใช้เป็นรูปทรงรีการออกแบบเชิงเวทียื่นออกมาต้องสามารถรองรับและรัดหลอดที่เป็นรูปทรงรีได้ดี หรือสัมผัสกับหลอดให้ได้มากแต่ไม่รัดแน่นจนเกินไป

- อุปกรณ์รองรับและจับหลอดที่รัดหลอดแน่นเกินไป จะทำให้หลอดที่ถูกส่งจากตัวส่งหลอดสวมเข้ากับตัวจับหลอดไม่ได้กระเด็นหลุดออกจากตัวจับหลอดหรือสวมได้ไม่ดีทำให้ตั้งไม่ตรง เมื่อตัวคบบหลอดตกลงทำให้หลอดยวบหรือตั้งไม่ตรง ส่งผลให้ตัวตรวจจับ (Sensor) จับเครื่องหมายตาไฟ (Eye Mark) ได้ไม่ตรงตำแหน่ง เมื่อนับหลอดออกมาทำให้หลอดเอียงได้
- อุปกรณ์รองรับและจับหลอดที่รัดหลอดหลวมเกินไป จะประกองหลอดได้ไม่ดี เมื่อ

หลอดถูกยกขึ้นเพื่อหมุนหาเครื่องหมายตาไฟ (Eye Mark) ให้ตัวตรวจจับ (Sensor) จับ อาจทำให้หลอดขยับจนทำให้ตำแหน่งเครื่องหมายตาไฟ (Eye Mark) ที่ตัวตรวจจับ (Sensor) จับได้ไม่ตรงตำแหน่ง ส่งผลให้หลอดที่หนีบออกมามีลักษณะเอียง

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบรูปแบบของอุปกรณ์รองรับและจับหลอดรูปแบบที่ 1 : ลักษณะซี่วแบบถี่และเล็ก กับรูปแบบที่ 2 : ลักษณะซี่วแบบห่างและใหญ่

	รูปแบบที่ 1 : ลักษณะซี่วแบบถี่และเล็ก	รูปแบบที่ 2 : ลักษณะซี่วแบบห่างและใหญ่
ด้านบน		
ด้านข้าง		
เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	35.50	35.50
จำนวนซี่ว (ซี่)	15	10
ระยะห่างระหว่างซี่ว (mm)	3.30	4.00
ความกว้างของซี่ว (mm)	3.00	5.80
ระยะที่ซี่วยื่นออกมา (mm)	3.50	3.00
ความสูงของซี่ว (mm)	65.00	70.00
พื้นที่สัมผัส (mm ²)	2925.00	4060.00

How : วิธีการทดลอง

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) มีขั้นตอนทั่วไปของการออกแบบการทดลอง (D.C. Montgomery, 2001) เป็นดังนี้

1. กำหนดปัญหา (Problem Identification)

รูปแบบการรองรับหลอดไม่เหมาะสมทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดขยับที่เครื่องบรรจุหลอดอัตโนมัติ (Tube Filling Machine)

2. กำหนดปัจจัย (Factors Identification)

จากการวิเคราะห์ฟังก์ชันพลาสติกได้ว่าปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดของเสียประเภทหลอดเอียงและหลอดขยับ มากที่สุดเกิดจากเครื่องจักร(รูปแบบการรองรับหลอดไม่เหมาะสม) ทางผู้วิจัยได้ทำการระดมสมองในการกำหนดปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสามารถสรุปออกมาได้ดังนี้ คือ 1) รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด 2) แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอดและ3) รูปแบบอุปกรณ์จับหลอด ซึ่งเป็นปัจจัยในการปรับตั้งเครื่องบรรจุหลอดบีบอัดอัตโนมัติ

3. ออกแบบการทดลอง (Design Experiment)

ทางผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคในการออกแบบการทดลอง Design of Experiments (DOE) เพื่อหาปัจจัยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่เหมาะสมที่สุด โดยการทดลองนี้ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 2^k ($2^3 = 8$ การทดลอง) และเทคนิคการทดลองซ้ำ (Replication) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้อง ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งทุกตำแหน่งการทดลอง รวมจำนวนทั้งสิ้น 16 การทดลอง ซึ่งปัจจัยในการทดลองจะเป็นดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปัจจัย และค่าที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	ระดับปัจจัย		หน่วย
		ต่ำ(-)	สูง(+)	
1. รูปแบบอุปกรณ์ส่งหลอด	ความกว้างด้านที่รองรับ	3.00	3.50	เซนติเมตร
	ปลายหลอด(Y)			
2. แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด	ค่าสุญญากาศสูงสุด	319	443	กิโลปาสกาล/ มิลลิเมตรของ
3. รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด	พื้นที่สัมผัส (mm^2)	2925 / 3.5	4060 / 3.0	mm^2 / mm
	/ระยะที่เขี้ยวยื่นออกมา			

ทำการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Designs) ได้มีรูปแบบ สำหรับศึกษา 3 ปัจจัย คือ 1) รูปทรงอุปกรณ์ส่งหลอด (A), 2) แรงดูดสุญญากาศที่อุปกรณ์ส่งหลอด (B) และ 3) รูปแบบอุปกรณ์รองรับและจับหลอด (C) ที่สองระดับ หรือ $2^3 = 8$ การทดลอง และการทดลองซ้ำ 2 ครั้งทั้งหมด 16 การทดลอง ดังนี้

ปัจจัย		ระดับปัจจัย		หน่วย
		ต่ำ(-)	สูง(+)	
1.รูปทรง อุปกรณ์ส่ง หลอด	ความกว้างด้านที่รองรับ ปลายหลอด(Y)/ความลึก ด้านที่รองรับฝาหลอด(A)			
A		3.00 / 0.50	3.50 / 1.20	cm
2.แรงดูด สุญญากาศที่ อุปกรณ์ส่ง หลอด	ค่าสุญญากาศสูงสุด			
B		319	443	กิโลปาสกาล/ มิลลิเมตรของปรอท
3.รูปแบบ อุปกรณ์ รองรับและ จับหลอด	พื้นที่สัมผัส (mm^2) / ระยะ ที่เขี่ยยื่นออกมา (mm)			
C		2,925 / 3.50	4,060 / 3.00	mm^2 / mm

ภาพที่ 13 รูปภาพแสดงปัจจัย(Size Part)และระดับที่ใช้ในการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Designs)

ตารางที่ 5 แผนการออกแบบการทดลองตามกรอบแผนภาพแฟกทอเรียล $2^3 = 8$ การทดลองและทดลองซ้ำ 2 ครั้งรวม 16 การทดลอง และผลตอบสนอง (ร้อยละของของเสีย)

ลำดับการทดลอง (Run Order)	ล็อตการผลิต หมายเลข	จำนวน ตัวอย่าง (ชิ้น)	ปัจจัย			สถานะ	ผลตอบสนอง (ร้อยละของของเสีย)
			A	B	C		
1	02210219	3000	-1	-1	-1	-1-1-1	2.04
2		3000	+1	-1	-1	+1-1-1	2.03
3		3000	-1	+1	-1	-1+1-1	1.27
4		3000	+1	+1	-1	+1+1-1	0.50
5		3000	-1	-1	+1	-1-1+1	1.47
6		3000	+1	-1	+1	+1-1+1	1.43
7		3000	-1	+1	+1	-1+1+1	0.10
8		3000	+1	+1	+1	+1+1+1	0.30
9	01010419	1,200	-1	-1	-1	-1-1-1	2.00
10		1,200	+1	-1	-1	+1-1-1	2.17
11		1,200	-1	+1	-1	-1+1-1	1.25
12		1,200	+1	+1	-1	+1+1-1	0.58
13		1,200	-1	-1	+1	-1-1+1	1.83
14		1,200	+1	-1	+1	+1-1+1	1.67
15		1,200	-1	+1	+1	-1+1+1	0.08
16		1,200	+1	+1	+1	+1+1+1	0.33

จากตารางที่ 5 การทดลองครั้งที่ 1 ใช้กลุ่มตัวอย่างการทดลองละ 3,000 ชิ้น จากจำนวนสั่งผลิต 25,624 ชิ้น ในล็อตการผลิตหมายเลข 02210219 (จำนวน 8 การทดลอง ละคร 3,000 ชิ้น รวม 24,000 ชิ้น) ซึ่งเป็นล็อตการผลิตหมายเลขเดียวกัน เพื่อควบคุมตัวแปรเนื้อผลิตภัณฑ์ หลดและสถานะในการบรรจุ โดยใช้ความเร็วรอบที่ 60 ชิ้นต่อชั่วโมง (ได้จากการทดลองที่ 2) ทำการทดลองซ้ำอีก 1 ครั้ง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างการทดลองละ 1,200 ชิ้น จากจำนวนสั่งผลิต 10,527 ชิ้น ในล็อตการผลิตหมายเลข 01010419 (จำนวน 8 การทดลอง ละคร 1,200 ชิ้น รวม 9,600 ชิ้น) ทำการเก็บข้อมูลร้อยละของของเสียที่เกิดขึ้น บันทึกค่าผลตอบสนองตามตารางที่ 5 แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติ เพื่อให้ได้ผลของปัจจัยหลัก (Main Factor) และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย หรืออันตรกิริยา (Interaction) ที่ส่งผลกระทบต่อจำนวนของเสียมากที่สุด ทำการแปรผลที่ได้จากการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง พร้อมระบุพนักงานควบคุมเครื่องจักร (**Who**) เครื่องบรรจุหอดบิบบัด โนมัตติ หมายเลข FL-75 (**Where**) และวันที่ลงบันทึก 22 กุมภาพันธ์ 2562 และ 2 เมษายน 2562 (**When**)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวพุลพิศ นามปั้น
วัน เดือน ปีเกิด 17 มีนาคม 2524
สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
ประวัติการศึกษา วท.บ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ.2547
สถานที่ทำงาน บริษัท สกายไลต์แล็บบอราทอรีแอนเฮลแคร์ จำกัด
ตำแหน่ง Senior Production Supervisor

