

การลดของเสียในกระบวนการบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้าโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดของซิกซ์ ซิกม่า REDUCING WASTE IN THE LIQUID DETERGENT PACKAGING PROCESS BY APPLYING THE SIX SIGMA CONCEPT

ณัฐวดี มหานิล^{1*}, พงศธร จูมสวัสดิ์², กิตติกานต์ มากพิน³ และ กันตณพ วีระวงษ์⁴

Nattavadee Mahanil¹, Pongsatorn Joomsawat², Kittikan makpin³ and Kantanop weerawong⁴

สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์ Bangkok^{1,2,3,4}

Industrial Engineering Technology Department,

Faculty of Science and Technology, Southeast Bangkok University^{1,2,3,4}

Corresponding author: email: nattavadee.m@gmail.com^{1*}

Received: June 7, 2023

Revised: June 20, 2023

Accepted: June 23, 2023

บทคัดย่อ

จากการศึกษากระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาซักผ้าแบรนด์หนึ่งที่มีโรงงานผลิตอยู่ในจังหวัดชลบุรี พบว่ากระบวนการผลิตประสบกับปัญหาปริมาณการสั่งซื้อเพิ่มมากขึ้น แต่ประสิทธิภาพการทำงานลดลง เนื่องจากพบความสูญเสียเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งความสูญเสียที่เกิดขึ้นจัดเป็นความสูญเสียประเภทของเสีย งานวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของเสีย และลดของเสียประเภทรอยยับที่ท็อปซีลของขั้นตอนการปิดท็อปซีลบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า และศึกษาเปรียบเทียบจำนวนของเสียก่อนและหลังปรับปรุง เพื่อกำหนดหาระดับความผันแปรของกระบวนการผลิตด้วยระดับซิกซ์ ซิกม่า จากการเก็บข้อมูลของเสียในขั้นตอนการปิดท็อปซีลบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า จำนวน 5 ประเภท พบของเสียที่มีความถี่มากที่สุด คือ ของเสียประเภทรอยยับที่ท็อปซีลมีจำนวน 42,310 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 40.97 ของจำนวนของเสียทั้งหมด ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์หลักการ DMAIC ในการแก้ไขปัญหา ใช้แผนผังแสดงเหตุและผลในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทำการวิเคราะห์เชิงลึกด้วยการประเมินความเสี่ยงของปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อสาเหตุที่เป็นรากเหง้าของปัญหา พบว่าสาเหตุที่มีคะแนนสูงที่สุด คือ ไม่มีมาตรฐานการตั้งค่าอุณหภูมิ จึงทำการทดลองปรับค่าอุณหภูมิ โดยกำหนดค่าอุณหภูมิไว้ 3 ระดับ ได้แก่ 198, 195, 190 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าค่าอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต ส่งผลให้ระดับค่าความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงเท่ากับร้อยละ 96.39 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 99.98 และระดับซิกม่าก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 3.25 เพิ่มขึ้นเป็น 5.25 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า หากระดับซิกม่ามี ค่าสูงขึ้น ก็เปรียบเสมือนมีการทำข้อผิดพลาดน้อยลง

คำสำคัญ: ซิกซ์ ซิกม่า, หลักการ DMAIC, ลดของเสีย, ทดลองปรับค่าอุณหภูมิ

Abstract

The study of the production process of a brand of the Liquid Detergent industry with a production plant in Chonburi province. It was found that the production process increased purchase orders, But the performance has decreased, because it found that the waste exceeds the standard set the loss that occurs is classified as a type of waste. This research aims to analyze the causes and reduce wrinkled waste at the top-seal of the process of closing the top-seal of the liquid detergent packaging bag and a comparative study of the number of defects before and after improved to calculate the level of variation in the production process with a Six Sigma level. There was collected waste data during the top-sealing process of washing detergent packaging for 5 types There are 42,310 pieces of top-seal ribs, representing 40.97 percent of the total waste. Therefore, applied DMAIC principles to solve the problem by using Cause-and-Effect Diagrams to analyze the causes of problems and perform an in-depth analysis by a risk assessment of production factors affecting the root cause of the problem. It was found that the highest score was no temperature-setting standard. Therefore, an experiment was performed to adjust the temperature value three temperature levels were set namely 198, 195, and 190 Degrees Celsius, respectively. The experimental results showed that the temperature value of 190 degrees Celsius was the most suitable for production. As a result, the process reliability level before improvement was 96.39 percent increased to 99.98 percent and the sigma level before improvement was 3.25 increased to 5.25, Which can be explained that, If the sigma level is higher, it's like making fewer mistakes.

Keyword: Six Sigma, DMAIC Principle, Reducing Wastes, Adjust the Temperature

บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตน้ำยาซักผ้า หรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ซักผ้าในปัจจุบันนี้ มีการแข่งขันรุนแรงมากขึ้น เนื่องจากมีคู่แข่งในตลาดจำนวนมาก และแข่งขันกันทั้งด้านราคา และด้านคุณภาพของสินค้า ตลอดจนการแข่งขันกันตอบสนองความต้องการของลูกค้า ทำให้อุตสาหกรรมผลิตน้ำยาซักผ้า หรือผลิตภัณฑ์ซักผ้าต่างๆ มีความจำเป็นจะต้องปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานอยู่ตลอดเวลา และเรียนรู้ที่จะปรับปรุงต้นทุนการผลิตอยู่เสมอ เพื่อสามารถอยู่ในตลาดที่สามารถแข่งขันได้ ทั้งนี้หากกล่าวถึงน้ำยาซักผ้า หรือผลิตภัณฑ์ซักผ้าต่างๆ นั้น ถือได้ว่าเป็นสินค้าอุปโภคที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของทุกคนรอบครัว จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่ต้องการของลูกค้าอย่างต่อเนื่อง ทางอุตสาหกรรมผู้ผลิตจึงได้รับโอกาสในการผลิต และขายสินค้าได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน

จากการศึกษากระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาซักผ้าแบรนด์หนึ่งที่มีโรงงานผลิตอยู่ในจังหวัดชลบุรี พบว่ากระบวนการผลิตประสบกับปัญหาปริมาณการสั่งซื้อเพิ่มมากขึ้น แต่ประสิทธิภาพการทำงานลดลง เนื่องจากพบความสูญเสียเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งความสูญเสียที่เกิดขึ้นจัดเป็นความสูญเสียเปล่าประเภทของเสีย (Wastes) ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการปิดท็อปปิลบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า ซึ่งจำนวนของเสียมีจำนวนมาก และของเสียนั้นมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เช่น รอยยับที่ท็อปปิล รอยรั่วที่ท็อปปิล ท็อปปิลเป็นกริบ รอยไหม้ที่ท็อปปิล เป็นต้น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลประเภทของเสียในขั้นตอนการปิดท็อปปี้ลึงบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า ในเดือน เมษายนถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2565

ประเภทของเสีย	จำนวนของเสีย	จำนวนของเสียสะสม	%ของเสีย	%ของเสียสะสม
รอยยับที่ท็อปปี้ลึง	42,310	42,310	40.97	40.97
รอยรั่วที่ท็อปปี้ลึง	24,567	66,877	23.79	64.76
ท็อปปี้ลึงเป็นกริบ	20,582	87,459	19.93	84.69
รอยไหม้ที่ท็อปปี้ลึง	9,462	96,921	9.16	93.85
อื่นๆ	6,352	103,273	6.15	100
รวมทั้งสิ้น	103,273	-	100	

จากตารางที่ 1 ข้อมูลของเสียในขั้นตอนการปิดท็อปปี้ลึงบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า จำนวน 6 เดือนที่ผ่านมา พบว่าของเสียประเภทรอยยับที่ท็อปปี้ลึง มีจำนวน 42,310 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 40.97 ของจำนวนของเสียรวม จึงเป็นที่มาของการมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาของเสียในขั้นตอนการปิดท็อปปี้ลึง บรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตให้ดีขึ้นกว่าเดิม และสามารถผลิตสินค้าได้ตามปริมาณที่ลูกค้าต้องการ อีกทั้งยังสามารถแข่งขันในตลาดของผลิตภัณฑ์ซักผ้า และรองรับการแข่งขันทางการตลาดในอนาคต

1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1 เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของเสีย และลดของเสียประเภทรอยยับที่ท็อปปี้ลึงของขั้นตอนการปิดท็อปปี้ลึงบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า (สูตรโอเลเวร์-สี่เหลี่ยม-ขนาด 700 มิลลิเมตร)

1.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบจำนวนของเสียก่อน และหลังปรับปรุง เพื่อกำหนดหาระดับความผันแปรของกระบวนการผลิต ด้วยระดับซิกม่า ซิกม่า (Six Sigma: 6 σ)

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ของเสีย (Wastes)

ของเสีย เป็นส่วนหนึ่งของความสูญเสียตามหลักการของความสูญเสียเปล่า 7 ประการ หรือ 7 Wastes [1] ซึ่งหมายถึง ความสูญเสียที่เกิดจากการผลิตงานแล้วเกิดความผิดพลาดในการผลิต ส่งผลให้งานนั้นไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด สาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย ได้แก่ วัตถุดิบที่นำเข้าสู่กระบวนการผลิตมีความเสียหาย ความไม่เข้าใจในวิธีการทำงานของพนักงาน การประกอบงานที่ผิดวิธี หรืออาจเกิดความผิดพลาดของเครื่องจักร หรือสิ่งที่สนับสนุนการผลิต [2] เมื่อสินค้าผลิตออกมาผิดจนทำให้กลายเป็นของเสีย สินค้าเหล่านั้นก็จะโดนนำไปแก้ไขใหม่ หรือถูกนำไปกำจัดทิ้ง นั่นทำให้เกิดการสูญเสีย จึงเกิดการสูญเสียต้นทุนวัตถุดิบ เครื่องจักร แรงงาน ไปโดยเปล่าประโยชน์ แถมยังเสียพื้นที่ในการจัดเก็บ เสียเวลาจากการทำงานซ้ำเพื่อแก้ไขงานอีกด้วย [3]

2.2 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ประการ (7 QC Tools)

เครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพในกระบวนการทำงาน ซึ่งช่วยศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา การเลือกปัญหา การสำรวจสภาพปัจจุบันของปัญหา การค้นหาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่แท้จริงเพื่อการแก้ไขได้ถูกต้อง ตลอดจนช่วยในการจัดทำมาตรฐานและควบคุมติดตามผลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมี 7 อย่าง ดังนี้ 1) ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

2) ฮิสโตแกรม (Histogram) 3) แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) 4) แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) 5) แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram) 6) กราฟ (Graph) และ 7) แผนภูมิควบคุม (Control Chart) [4]

2.3 ระดับซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma: 6 σ)

ระดับซิกซ์ ซิกม่า เป็นระดับความผันแปรของกระบวนการที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีการนำความรู้ทางสถิติมาใช้ ซึ่งความหมายเชิงทฤษฎี ซิกซ์ ซิกม่า คือ ความพยายามลดความผันแปรของกระบวนการ โดยบีบให้ความผันแปรทั้งหมดอยู่ภายใต้ขีดจำกัดของข้อกำหนดด้านคุณภาพ โดยสมมติให้ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบนั้นมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) หรือการกระจายเป็นรูปประฆังคว่ำทั้งหมด โดยค่าเฉลี่ยที่จุดกึ่งกลางของการกระจายตัวนั้น คือค่าที่ต้องการ และในส่วนของซิกม่า คือ หนึ่งช่วงของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่วัดจากจุดกึ่งกลาง ซึ่งถ้าตัว ซิกมามีค่าสูง หรือมีความผันแปรมากขึ้น ก็เปรียบเสมือนมีการทำข้อผิดพลาดน้อยลง ซึ่งโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาด เรียกว่า DPMO (Defects Per Million Opportunities) [5] ซึ่งในแต่ละระดับจะให้ค่าซิกม่า ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงระดับซิกม่าของความผันแปรในกระบวนการ [5]

ระดับซิกม่า	ค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability)	DPMO
1 σ	30.23278734%	697,672.1265997890
2 σ	69.12298322%	308,770.1678050220
3 σ	93.31894011%	66,810.5989420398
4 σ	99.37903157%	6,209.6843153386
5 σ	99.97673709%	232.6291191951
6 σ	99.99966023%	3.3976731335

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธัญลักษณ์ ศรีราม และคณะ (2564) ศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลอง DMAIC เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตฝาปิดขวดยาหยอดตา มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตฝาปิดขวดยาหยอดตาของบริษัทที่ประกอบกิจการในภาคอุตสาหกรรมพลาสติกแห่งหนึ่ง ในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งประยุกต์ใช้ตามแนวคิดของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) โดยใช้หลักการแก้ไขปัญหาจากแบบจำลอง DMAIC จากการศึกษาข้อมูลของเสียจากการผลิตย้อนหลัง 3 เดือน พบว่าลักษณะของเสียอันดับหนึ่งได้แก่ การรั่วซึม จากการวิเคราะห์แผนผังเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) และประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) พบว่าสาเหตุหลักในการเกิดปัญหาการรั่วซึม คือ การปรับตั้งค่าความดันของเครื่องฉีดพลาสติกไม่เหมาะสม จึงทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยทำการทดสอบปรับตั้งค่าความดัน เพื่อหาค่าความดันที่เหมาะสม และจัดทำแบบฟอร์มการตรวจเช็คเครื่องจักร (Machine check sheet) จัดทำมาตรฐานการตรวจสอบแบบเป็นลำดับขั้นตอน ผลจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการควบคุมปัจจัยหลักในระยะเวลา 3 เดือน ทำให้สัดส่วนของเสียจากกระบวนการผลิตฝาปิดขวดยาหยอดตา จากเดิม 91,319 ชิ้น ลดเหลือ 19,943 คิดเป็นร้อยละ 78.16 ของสัดส่วนของเสียที่ลดลง [6]

ธนัชญา มีชำนาญ (2563) ศึกษาการลดของเสียประเภทมีจุดดำในกระบวนการผลิตไม้แขวนพลาสติก มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียประเภทมีจุดดำ (Black Dot) ในกระบวนการผลิตไม้แขวนพลาสติกโดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (QC Tools) ในการค้นหาสาเหตุและเพื่อการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิต ประยุกต์ใช้ใบตรวจสอบ

(Check Sheet) ทำการสำรวจสภาพของเสีย และเก็บข้อมูลจำนวนของเสียจากกระบวนการผลิตจากแผนกตรวจสอบ จากนั้นแจกแจงปัญหาด้วยแผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) เพื่อแยกความสำคัญตามลำดับด้วยกฎ 80:20 ในการเลือกแก้ไขส่วนที่มีในการเลือกแก้ไขส่วนที่มีของเสียมากที่สุด แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ปัญหานั้นด้วยแผนภูมิกระดูกปลา (Fish-Bone Diagram) เพื่อวางแผนการแก้ไขปัญหาจากการระดมความคิด (Brainstorms) แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาเปรียบเทียบก่อนและหลังจากการปรับปรุงผลการดำเนินการปรับปรุงสามารถลดการเกิดปัญหาของเสียประเภทมีจุดดำจากเดิมร้อยละ 2.52 ลดลงเหลือร้อยละ 0.85หรือคิดเป็นมูลค่าของร้อยละของเสียที่ลดลง เท่ากับ 83,771.00 บาทต่อปี [7]

อภิญา หนูพริ้ม (2563) ศึกษาการลดของเสียในกระบวนการผลิตของโรงงานถุงมือยาง โดยประยุกต์ใช้หลักการของซิก ซิกม่า (Six Sigma) จากการศึกษาสภาพปัญหาและกำหนดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสูงสุด 3 อันดับแรก จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการศึกษากระบวนการ และระดมสมองร่วมกับทีมงานเพื่อวิเคราะห์รากเหง้าของปัญหา จากนั้นประเมินหาความรุนแรงและโอกาสในการเกิดขึ้นของแต่ละสาเหตุ และได้มีการปรับปรุงแก้ไข และผลการปรับปรุงพบว่าสัดส่วนของเสียจากกระบวนการผลิตถุงมือมีค่าลดลงจากร้อยละ 1.698 เหลือร้อยละ 1.463 หรือจากระดับ 3.626 σ ไปที่ระดับ 3.682 σ [8]

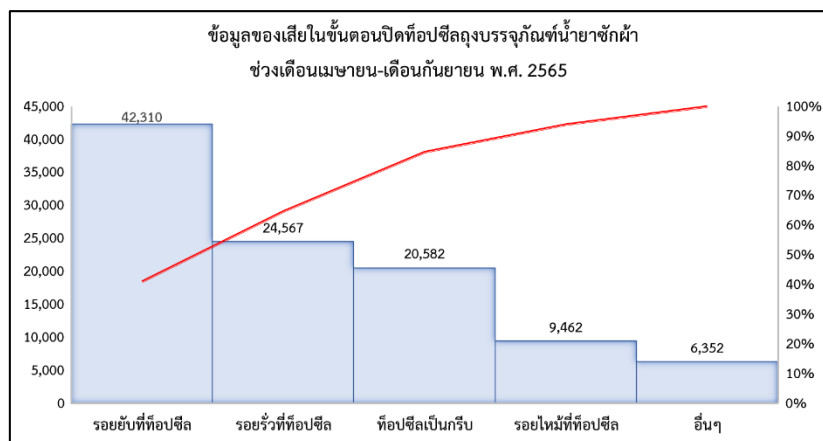
วันชาติ แก้วยีนดี และคณะ (2561) ศึกษาการลดสัดส่วนปริมาณงานซ่อมเกี่ยวกับกระบวนการทางด้านเคมีในกระบวนการย้อมผ้าและการตกแต่งสำเร็จในโรงงานตัวอย่าง โดยการประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC ตามแนวทางของ Six Sigma มาปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยเริ่มจากการหาปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของฝ่ายประกันคุณภาพ และวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง แล้วจึงประยุกต์ใช้การวิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหายและผลกระทบ ในการช่วยเลือกสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาด้วยเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหกรรม (IE-Technique) ผลจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่าสามารถลดปริมาณงานซ่อมจากเดิม 75,919.35 หลา เหลือ 31,071.71 หลา หรือคิดเป็นร้อยละ 59.07 ของจำนวนงานซ่อมที่ลดลง [9]

4. ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของเสีย และลดของเสียประเภทรอยยับที่ท็อปซิลของขั้นตอนการปิดที่ท็อปซิลบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า (สูตรโอเวอร์-ซีเขียว-ขนาด 700 มิลลิลิตร) ได้ประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ในการแก้ไขปัญหา ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 กำหนดปัญหา (Define Phase)

จากการศึกษากระบวนการผลิตน้ำยาซักผ้าของโรงงานแห่งหนึ่ง ในจังหวัดชลบุรี ที่พบปัญหาความสูญเสียเปล่าประเภทของเสียจำนวนมาก และมีของเสียหลายประเภท ดังข้อมูลในรูปที่ 1 ที่แสดงข้อมูลของเสียในขั้นตอนการปิดที่ท็อปซิลบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า จำนวน 5 ประเภท และผู้วิจัยได้ใช้แผนภูมิพาเรโตในการแจกแจงความถี่ของปัญหา และจัดลำดับความสำคัญ เพื่อเป็นการเลือกประเภทของเสียที่มีความถี่มากที่สุด คือ ประเภทรอยยับที่ท็อปซิลมีจำนวน 42,310 ชิ้น เป็นจำนวนที่มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.97 ของจำนวนของเสียทั้งหมด มากำหนดเป็นปัญหา เพื่อนำไปวิเคราะห์และแก้ไขในขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 1 แสดงข้อมูลประเภทของเสียในขั้นตอนปิดท็อปปี้ล้งบรรจุภัณฑ์น้ำยาชักผ้า
ในเดือนเมษายนถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2565

4.2 กำหนดวิธีการวัดผล (Measure Phase)

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าของเสียประเภทรอยยับที่ท็อปปี้ล้ง มีจำนวนมากที่สุด และเป็นของเสียที่มุ่งเน้นการแก้ไขเป็นลำดับแรก ผู้วิจัยจึงได้กำหนดวิธีการวัดผลจากจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น โดยวัดจากการเก็บข้อมูลจำนวนของเสียประเภทรอยยับที่ท็อปปี้ล้งก่อนและหลังปรับปรุง จำนวน 6 เดือน เมื่อเทียบกับยอดการผลิต ซึ่งก่อนการปรับปรุงมีจำนวนของเสียประเภทรอยยับที่ท็อปปี้ล้ง แสดงดังตารางที่ 3

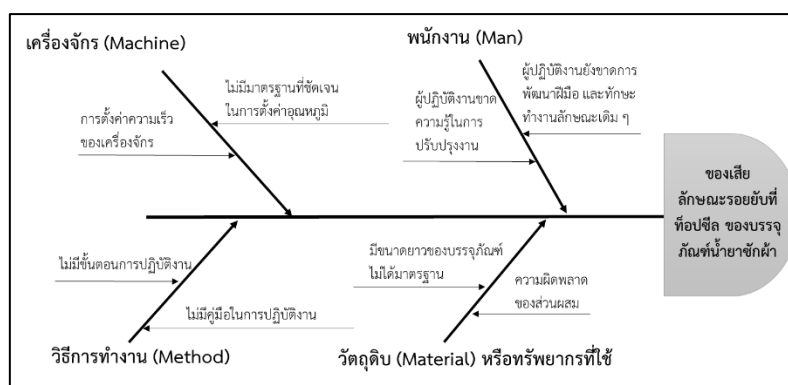
ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลจำนวนของเสียประเภทรอยยับที่ท็อปปี้ล้งก่อนการปรับปรุง

เดือน	ยอดที่ผลิต	ของดี	ของเสีย	ร้อยละของเสีย
เมษายน	468,000	452,305	15,695	3.35
พฤษภาคม	486,000	471,334	14,666	3.02
มิถุนายน	468,000	447,654	20,346	4.35
กรกฎาคม	486,000	467,678	18,322	3.77
สิงหาคม	486,000	466,436	19,564	4.03
กันยายน	468,000	453,320	14,680	3.14
รวม	2,862,000	2,758,727	103,273	21.66
ค่าเฉลี่ยของร้อยละ				3.61

จากตารางที่ 3 แสดงข้อมูลของเสียประเภทรอยยับที่ท็อปปี้ล้งก่อนการปรับปรุง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของเสียเท่ากับร้อยละ 3.61 ต่อเดือน ดังนั้นผู้วิจัยได้กำหนดเป้าหมายหลังการปรับปรุงให้มีค่าเฉลี่ยของเสียไม่เกินร้อยละ 2 ต่อเดือน เนื่องจากว่าเป็นสัดส่วนที่แสดงถึงความสามารถของกระบวนการผลิตที่บ่งชี้ได้ถึงประสิทธิภาพการทำงานของปัจจัยการผลิตทั้งหมด

5.3 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyses Phase)

หลังจากกำหนดปัญหา และวิธีการวัดผลแล้ว จึงเข้าสู่การนำปัญหามาวเคราะห์สาเหตุ ซึ่งปัญหาคือ ของเสียประเภทรอยยับที่ท็อปปี้ล้ง ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แผนผังแสดงเหตุและผล ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยการระดมสมองผู้ที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้และร่วมกันวิเคราะห์โดยเน้นการวิเคราะห์สาเหตุหลักตามปัจจัยการผลิต 4M1E ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภูมิแสดงเหตุและผล

จากรูปที่ 2 ที่แสดงสาเหตุของปัญหาของเสียประเภทรอยยับที่ท้อปซิล จึงทำการพิจารณาต่อถึงสาเหตุที่เป็นไปได้มากที่สุดของการเกิดของเสีย เพื่อมุ่งเน้นการหาสาเหตุที่เป็นรากเหง้า (Root Causes) ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์เชิงลึกด้วยการประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) ของปัจจัยการผลิตที่มีความเสี่ยงส่งผลไปยังสาเหตุที่เป็นรากเหง้าของปัญหาดังนั้นจึงให้ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ฝ่ายคุณภาพ ฝ่ายการผลิต และฝ่ายวิศวกรรม ทำการนำสาเหตุที่ได้ไปวิเคราะห์ความรุนแรงของสาเหตุ (Severity : S) และโอกาสที่จะเกิดขึ้น (Occurrence : O) เพื่อช่วยในการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุการเกิดปัญหาของเสีย โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ [10] ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4 แสดงเกณฑ์การประเมินความรุนแรงของผลกระทบจากสาเหตุของปัญหารอยยับที่ท้อปซิล [10]

คะแนน	ความรุนแรง
5	ส่งผลกระทบกับปัญหานั้นมากที่สุด
4	ส่งผลกระทบกับปัญหานั้นมาก
3	ส่งผลกระทบกับปัญหานั้นปานกลาง
2	ส่งผลกระทบกับปัญหานั้นน้อย
1	ไม่ส่งผลกระทบกับปัญหานั้น

ตารางที่ 5 แสดงเกณฑ์การประเมินโอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุจากปัญหารอยยับที่ท้อปซิล [10]

ความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุความล้มเหลว	อัตราความล้มเหลวที่เป็นไปได้	ระดับคะแนน
เกิดความเสี่ยงบ่อยมาก	มากกว่า 100 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นงาน	5
เกิดความเสี่ยงบ่อย	มากกว่า 20-100 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นงาน	4
เกิดความเสี่ยงครั้งคราว	มากกว่า 5-20 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นงาน	3
เกิดความเสี่ยงบางครั้ง	มากกว่า 0.1-5 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นงาน	2
แทบไม่เกิดขึ้นเลย	น้อยกว่า 0.1 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นงาน	1

หลังจากนั้นผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องทำการวิเคราะห์ความรุนแรง และโอกาสในการเกิดปัญหาแล้วรวบรวมผลคะแนนการประเมิน จากนั้นนำผลคะแนนมาจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุอันส่งผลให้เกิดปัญหาของเสียรอยยับที่ท้อปซิล

ดังตารางที่ 6 และพบว่าสาเหตุที่มีคะแนนสูงสุดอันดับที่ 1 ได้แก่ ไม่มีมาตรฐานการตั้งค่าอุณหภูมิ (A2) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกสาเหตุดังกล่าว มาหาแนวทางแก้ไขปรับปรุง

ตารางที่ 6 แสดงตารางผลการประเมินสาเหตุจากปัญหารอยยับที่ท้อปซิล

สาเหตุ	ผลคะแนนจากการประเมิน									คะแนนรวม
	ฝ่ายผลิต			ฝ่ายวิศวกรรม			ฝ่ายควบคุมคุณภาพ			
	S	O	S x O	S	O	S x O	S	O	S x O	
A1: การตั้งค่าความเร็วของเครื่องจักร	5	3	15	5	4	20	3	2	6	41
A2: ไม่มีมาตรฐานการตั้งค่าอุณหภูมิ	5	4	20	5	4	20	4	4	16	56
B1: ทำงานแบบเดิมตามความเคยชิน	3	3	9	4	2	8	3	3	9	26
B2: ขาดความรู้ที่จะปรับปรุงงาน	4	3	12	4	3	12	3	2	6	30
C1: ส่วนผสม	2	2	4	3	2	6	3	2	6	16
C2: ขนาดความยาวถุงไม่ได้มาตรฐาน	3	3	9	4	3	12	3	3	9	30
D1: ไม่มีขั้นตอนมาตรฐาน	3	3	9	4	4	16	4	2	8	33
D2: ไม่มีคู่มือการทำงาน	3	3	9	4	3	12	4	2	8	29

5.4 การแก้ไขปรับปรุง (Improve Phase)

จากสาเหตุที่มีคะแนนสูงสุดอันดับที่ 1 และเลือกมาทำการแก้ไข คือ ไม่มีมาตรฐานการตั้งค่าอุณหภูมิของชุดปิดซีลที่ท้อปซิล (Sealing Temperature) ของเครื่อง Lina Pack หมายเลขเครื่อง 4LDPPF03 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดวิธีการแก้ไขปรับปรุง ดังนี้

5.4.1 กำหนดค่าอุณหภูมิที่จะทำการปรับจำนวน 3 ระดับ คือ 190, 195 และ 198 องศาเซลเซียส กับเครื่อง Lina Pack หมายเลขเครื่อง 4LDPPF03 จำนวน 6 ครั้ง ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงการกำหนดค่าอุณหภูมิชุดปิดซีลที่ท้อปซิลเครื่อง Lina Pack หมายเลขเครื่อง 4LDPPF03 จำนวน 6 ครั้ง

จำนวนครั้งการทดสอบ		อุณหภูมิมาตรฐาน	อุณหภูมิที่ปรับครั้งที่ 1	อุณหภูมิที่ปรับครั้งที่ 2	อุณหภูมิที่ปรับครั้งที่ 3
Sealing Temperature (องศาเซลเซียส)	Seal 1	200	198	195	190
	Seal 2	200	198	195	190
	Seal 3	200	198	195	190
	Seal 4	200	198	195	190
	Seal 5	200	198	195	190
	Seal 6	200	198	195	190

5.4.2 ทดลองปรับค่าอุณหภูมิในการผลิต โดยทดสอบการปิดที่ออปซีลถุงบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า โดยการปรับค่าอุณหภูมิ ตามแผนที่กำหนดไว้ เพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต เพื่อลดจำนวนของเสียประเภทรอยยับที่ออปซีล โดยปรับค่าอุณหภูมิทั้งหมด 3 ระดับ ต่อการทดสอบจำนวน 6 ครั้ง แต่แต่ละครั้งทำการผลิตจำนวน 18,000 ชิ้นต่อวัน

5.4.3 ทำการเฝ้าติดตามระหว่างการทดลอง และบันทึกผลจำนวนของเสีย และของดี เพื่อทำการสรุปผลให้ขั้นตอนถัดไป

5.5 การควบคุม (Control Phase)

หลังการแก้ไขปรับปรุง ก็ได้ผลการทดลองที่เป็นไปในทิศทางที่ดี จำนวนของเสียลดลงอย่างชัดเจน และมีการควบคุมผลลัพธ์ที่ได้ด้วยการปรับปรุงมาตรฐานการทำงานในส่วนของคุณค่าอุณหภูมิของเครื่อง Lina Pack หมายเลข 4LDPPF03 และจัดทำแบบฟอร์มการตรวจสอบสภาพการทำงานของเครื่องจักร อีกทั้งยังมีการนำเสนอให้อบรมผู้ปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ตระหนักถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

6. ผลการวิจัย

จากการแก้ไขปรับปรุง โดยปรับค่าอุณหภูมิทั้งหมด 3 ระดับ ต่อจำนวนการทดสอบค่าละ 6 ครั้ง แต่แต่ละครั้งทำการผลิตจำนวน 18,000 ชิ้นต่อวัน พบว่าผลการปรับค่าอุณหภูมิดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลการปรับตั้งค่าปรับค่าอุณหภูมิของเครื่องชุดปิดที่ออปซีล เครื่อง Lina Pack หมายเลข 4LDPPF03 หลังปรับปรุง

อุณหภูมิ (° องศาเซลเซียส)	จำนวนชิ้นต่อวัน			
	ยอดผลิต	ของดี	ของเสีย รอยยับ	ของเสีย อื่นๆ
Sealing Temperature 200°	18,000	17,944	23	33
Sealing Temperature 198°	18,000	17,955	20	25
Sealing Temperature 195°	18,000	17,960	10	10
Sealing Temperature 190°	18,000	17,982	6	3

จากตารางที่ 8 แสดงข้อมูลการทดลองปรับค่าอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ สามารถอธิบายได้ว่า

อุณหภูมิมาตรฐานในการผลิตตลอดทั้งวัน จำนวน 18,000 ชิ้น ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จากการผลิตพบว่ามีของดีจำนวน 17,944 ชิ้น ของเสียที่เกิดจากรอยยับที่ออปซีลจำนวน 23 ชิ้น ของเสียอื่นๆ จำนวน 33 ชิ้น

อุณหภูมิมาตรฐานในการผลิตตลอดทั้งวัน จำนวน 18,000 ชิ้น ที่อุณหภูมิ 198 องศาเซลเซียส จากการผลิตพบว่ามีของดีจำนวน 17,955 ชิ้น ของเสียที่เกิดจากรอยยับที่ออปซีลจำนวน 20 ชิ้น ของเสียอื่นๆ จำนวน 25 ชิ้น

อุณหภูมิมาตรฐานในการผลิตตลอดทั้งวัน จำนวน 18,000 ชิ้น ที่อุณหภูมิ 195 องศาเซลเซียส จากการผลิตพบว่ามีของดีจำนวน 17,960 ชิ้น ของเสียที่เกิดจากรอยยับที่ออปซีลจำนวน 10 ชิ้น ของเสียอื่นๆ จำนวน 10 ชิ้น

อุณหภูมิมาตรฐานในการผลิตตลอดทั้งวัน จำนวน 18,000 ชิ้น ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส จากการผลิตพบว่ามีของดีจำนวน 17,982 ชิ้น ของเสียที่เกิดจากรอยยับที่ออปซีลจำนวน 6 ชิ้น ของเสียอื่นๆ จำนวน 3 ชิ้น

จากผลการทดลองดังกล่าว สามารถอธิบายได้ว่า ค่าอุณหภูมิของเครื่องชุดปิดที่ออปซีล เครื่อง Lina Pack หมายเลข 4LDPPF03 ที่ 190 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดของเสียจำนวนน้อยที่สุด ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต หลังจากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการปรับปรุง จำนวน 6 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลจำนวนของเสียประเภทรอยยับที่ทอปสีหลังการปรับปรุง

เดือน	ยอดที่ผลิต	ของดี	ของเสีย	ร้อยละของเสีย
ตุลาคม	468,000	462,733	5,267	1.13
พฤศจิกายน	468,000	461,676	6,324	1.35
ธันวาคม	468,000	463,044	4,956	1.06
มกราคม	486,000	479,966	6,034	1.24
กุมภาพันธ์	432,000	428,436	3,564	0.83
มีนาคม	468,000	462,376	5,624	1.20
รวม	2,790,000	2,758,231	31,769	6.80
ค่าเฉลี่ยของร้อยละ				1.13

7. สรุปผล และอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาซักผ้าแบรนด์หนึ่งที่มีโรงงานผลิตอยู่ในจังหวัดชลบุรี พบว่ากระบวนการเกิดความสูญเสียเปล่าประเภทของเสีย (Wastes) ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการปิดทอปสีลงบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า ซึ่งจำนวนของเสียมีจำนวนมาก จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อลดของเสียประเภทรอยยับที่ทอปสีของขั้นตอนการปิดทอปสีลงบรรจุภัณฑ์น้ำยาซักผ้า และศึกษาเปรียบเทียบจำนวนของเสียก่อนและหลังปรับปรุง เพื่อกำหนดหาระดับความผันแปรของกระบวนการผลิตด้วยระดับซิกม่า ซิกม่า (Six Sigma: 6 σ) ด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องมือการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ได้แก่ แผนภูมิแสดงเหตุและผล แผนภูมิพาเรโต ไบโตรวจสอบ รวมถึงขั้นตอนการแก้ไขปัญหาด้วยหลักการ DMAIC ผลการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุที่เป็นรากเหง้าของการเกิดของเสีย คือ ไม่มีมาตรฐานการตั้งค่าอุณหภูมิ จึงทำการทดลองปรับค่าอุณหภูมิ โดยกำหนดค่าอุณหภูมิไว้ 3 ระดับ ได้แก่ 198, 195, 190 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าค่าอุณหภูมิที่ 190 องศาเซลเซียส เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต และได้แสดงผลการเปรียบเทียบความผันแปรของกระบวนการผลิต ด้วยระดับซิกม่า ซิกม่า ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

ผลการปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ระดับค่าความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิต (Final Yield)	96.39	99.98
ระดับซิกม่า (Six Sigma Level)	3.25	5.25
Mean of Wastes (%)	3.61%	1.13%

จากตารางที่ 10 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง แสดงระดับค่าความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงเท่ากับร้อยละ 96.39 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 99.98 และระดับซิกม่าก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 3.25 เพิ่มขึ้นเป็น 5.25 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าหากระดับซิกม่ามีค่าสูงขึ้น หรือมีความผันแปรมากขึ้น ก็เปรียบเสมือนมีการทำข้อผิดพลาดน้อยลง และส่งผลให้ร้อยละของเสียจากเดิม ร้อยละ 3.61 หลังปรับปรุงลดเหลือร้อยละ 1.13 ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการวัดผลที่ได้กำหนดไว้

จากผลการวิจัยดังกล่าวที่ได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของมนูญรัฐคนกร และศุภรัชชัย วรรัตน์ (2561) ที่ศึกษาการลดการสูญเสียในกระบวนการผลิตผ้าปิดผนึกขวดผลิตภัณฑ์ผ้าแม็กซีของเสีย

ประเภทผ้าไม่ตรงศูนย์ โดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (QC Tools) ในการวิเคราะห์และปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิต ได้มีการเก็บข้อมูลด้วยใบตรวจ และวิเคราะห์จำนวนของเสียด้วยการแจกแจงความถี่ของสาเหตุด้วยแผนภูมิพาเรโต และเลือก แก้ไขในส่วนที่มีความถี่ของการสูญเสียมากที่สุด รวมถึงการใช้แผนภูมิแสดงเหตุและผลในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ผล การศึกษา พบว่าสามารถลดของเสียลงได้จำนวน 841,684 ผา หรือลดจำนวนของเสียได้ร้อยละ 38.16 [11] อีกทั้งการแก้ไข ปัญหาด้วยหลักการ DMAIC ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของมลิษา มะกำหิน (2565) ที่ศึกษาการลด ของเสียในกระบวนการบรรจุ กรณีศึกษาโรงงานผลิตยาแผนปัจจุบันสำหรับมนุษย์ โดยใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่า ด้วย 5 ขั้นตอน (DMAIC) และประเมินค่าความรุนแรงของผลกระทบด้วย FMEA และใช้ค่า RPN เป็นตัวบ่งชี้ถึงการแก้ไขปรับปรุง พบว่าสามารถลดปริมาณของเสียจากเดิม 73 กล่องต่อเดือน เหลือ 1 กล่องต่อ 4 เดือน หรือคิดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นเหลือ เพียงร้อยละ 0.002 ซึ่งส่งผลให้กระบวนการบรรจุมีความสามารถในการผลิตที่ดีกว่าเดิม [12] และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยอดนภา เกษเมือง (2560) ที่ศึกษาการลดของเสียในกระบวนการผลิตบิมน้ำขนาด 1 แร่งมา โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า เริ่มจากการเลือกปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิตที่เกิดของเสียมากที่สุดคือ กระบวนการผลิตชิ้นส่วนหอยโข่ง (Pump Casing) ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ผลกระทบและข้อบกพร่อง (FMEA) พร้อมทั้งการแก้ไขปัญหาด้วยการออกแบบ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยปฏิบัติงานให้มีความแข็งแรงและมั่นคง และการตรวจสอบเครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือวัดทุกครั้ง ก่อนการปฏิบัติงาน และจัดทำมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (VI) พบว่าค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนลดลงจากเดิม 76,685 DPPM เหลือ 12,711 DPPM คิดเป็นร้อยละ 83.42 และลดมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยจากเดิม 30,597 บาทต่อเดือน เหลือ 3,905 บาท ต่อเดือน หรือคิดเป็น ร้อยละ 87.23 ของมูลค่าที่ลดลง [13]

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ในการทำวิจัยครั้งถัดไป ควรนำสาเหตุของการเกิดของเสียอื่นๆ ที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข มาหาวิธีการแก้ไขพร้อมทั้ง ประยุกต์ใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ และวิธีการแก้ไขที่เหมาะสม และผู้วิจัยขอเสนอแนะการใช้หลักสถิติการวิจัยเข้ามา วิเคราะห์ผล เพื่อให้เกิดความแม่นยำ และทำให้ผลการวิจัยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

8.2 นำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตที่ใกล้เคียง หรืออุตสาหกรรมเดียวกัน เพื่อศึกษาถึงประโยชน์ของ การนำวิธีการปรับปรุงไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Marry Poppendieck. (2002). “7 Wastes” [Online]. Available: <http://www.moro.co.th/the-7-wastes>. [Accessed: April 4, 2022].
- [2] K. Pari, (2018). “7 Wastes” [Online]. Available: <https://greedisgoods.com/7-waste>. [Accessed: April 4, 2022].
- [3] FDI. (2019). “7 Wastes” [Online]. Available: <https://fdirecruit.co.th/7-waste>. [Accessed: April 4, 2022].
- [4] Thanayutsite. (2016). “7 QC Tools” [Online]. Available: <https://thanayutsite.wordpress.com/>. [Accessed: April 6, 2022].
- [5] Forrest, W. Breyfogle III, *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*, USA, John Wiley & sons, 1999.

-
- [6] T. Sriram et al., “*Application of DMAIC Model to Reduce Waste in Eye Drop Bottle Cap Production Process*,” 6th IAMBEST National Conference and 2nd International Conference, Institute of King Mongkut's Technology Ladkrabang Chumphon Khet Udomsak Campus Chumphon Province, 27-28 May 2021.
- [7] T. Meechamnan, “*Reduction of waste with black spots in the production of plastic hangers*,” Master of Science thesis. (Environmental Management), Faculty of Environmental Development Administration, National Institute of Development Administration, 2020.
- [8] A. Nuprim, “*Waste reduction in the production process. A Case Study in a Sample Rubber Glove Factory*,” (Master of Engineering), Prince of Songkhla University, Songkhla, 2020.
- [9] W. Kaewyindee et al., “Reducing the amount of repair work related to the chemical process in the fabric dyeing and finishing process by the Six Sigma Principle,” *Journal of the Graduate Research Research Conference 13th*, Department of Industrial Engineering and Management, Graduate School Silpakorn University, Thursday, August 16, 2018.
- [10] K. Ploypanichcharoen, *FMEA crashes and effects analysis*. Bangkok : Technology Promotion Association (Thai-Japan), 2007.
- [11] M. Khonkan and S. Vorarat, “*Reducing waste in the production process of cap sealing bottles, maxi-cap products, misaligned caps*,” Industrial Engineering Management Branch. Dhurakij Pundit University, 2018.
- [12] M. Makamhin, “*Reducing waste in the packaging process A Case Study of a Modern Pharmaceutical Factory for Humans*,” thesis (Master of Engineering), Engineering Management, Graduate School, Siam University, 2022.
- [13] Y. Ketmuang, “The Reduction of Wasted Materials 1 HP Water Pump Production Process by Six-Sigma,” *Thonburi University Academic Journal. (Science and Technology)*, vol. 1, no. 1, pp.1-13, January – June 2017.