

การปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเป่าขวดพลาสติกของกระบวนการผลิต บรรจุภัณฑ์น้ำปลา: กรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์

Improving the Efficiency of Plastic Bottle-Blowing Machines in the Fish Sauce Packaging Production Process: A Case Study of a Packaging Company

ธนากร พรสุทวารภักดิ์¹, ณัฐพล เกิดไทย², สุทธิรักษ์ นาคปาน³, ธีระพงษ์ ทับพร⁴,
เอกพล ทับพร⁵, พิชชานันท์ วงศ์ศิริธร⁶

^{1,2,3,4,5} คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยธนบุรี

Email: T.Bhornsuthaworaphat@thonburi-u.ac.th

⁶ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Email: Pitchanun.won@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเป่าขวดพลาสติกสำหรับบรรจุภัณฑ์น้ำปลาที่ส่งผลกระทบต่อเกิดการเกิดของเสียและการหยุดของเครื่องจักร จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตขวดพลาสติก 2 ชนิด คือ ชนิดที่หนึ่งแบบกลมที่มีปริมาตร 700 และ 750 มิลลิลิตร และชนิดที่สองแบบสี่เหลี่ยมที่มีปริมาตร 700 มิลลิลิตร จากข้อมูลในช่วง 3 เดือนก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณการผลิตรวม 1,105,515 ชิ้น จำนวนของเสีย 23,365 ชิ้น (หรือ 2.11%) และเครื่องจักรหยุดทำงาน 4 ครั้ง เป็นเวลารวมทั้งหมด 5,760 นาที เพื่อค้นหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตขวดพลาสติกโดยการใช้แผนผังก้างปลาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา พบว่า สาเหตุหลักที่ส่งผลกระทบต่อเกิดการเกิดของเสียมาจากการทำงานชุดแท่งยึดของเครื่องจักรเกิดการเสียรูป โดยแท่งยึดจะทำหน้าที่ยึดหลอดพรีฟอร์มจากการทำให้ร้อนจนอ่อนตัวพร้อมกับการใช้แรงดันอากาศเป่าเข้าไปในหลอดพรีฟอร์มที่ถูกยึด ซึ่งทำให้พลาสติกขยายตัวออกไปติดกับผนังของแม่พิมพ์ไม่สม่ำเสมอตามรูปร่างของขวดที่ต้องการ ผลการดำเนินงานในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันชุดแท่งยึด จากข้อมูลในช่วง 3 เดือนหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยมีปริมาณการผลิตรวม 1,002,655 ชิ้น พบว่า มีจำนวนของเสีย 8,902 ชิ้น (หรือ 0.89%) โดยลดลงจากของเสียก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต จำนวน 14,463 ชิ้น (หรือ 61.89%) ของจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด ดังนั้น การวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันชุดแท่งยึดสามารถลดของเสียจากกระบวนการผลิตขวดพลาสติกลงได้อย่างมีนัยสำคัญ และอัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจากเดิม 90% เป็น 99.92% ซึ่งการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรที่เหมาะสมจะช่วยลดความถี่และเครื่องจักรหยุดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำหลัก: หลอดพรีฟอร์ม ของเสีย เครื่องเป่าขวดพลาสติก การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

Abstract

This research aims to improve the performance of the bottle-blowing machine for packaging fish sauce products by reducing defects and machine downtime. From the data collection on the plastic bottle-blowing manufacturing process, two types of bottles were identified: the first type is a round bottle with capacities of 700 and 750 milliliters, and the second type is a square bottle with a capacity of 700 milliliters. According to the data in the three months before the production process improvement. There were 1,105,515 pieces of production, 23,365 pieces of defect (or 2.11% of production), and the machine downtime had four stoppages with a total of 5,760 minutes. To identify the factors affecting the plastic bottle production process, the studies used the fishbone diagram as a tool to analyze the causes of the problems. It was found that the main cause of defects came from the deformation of the machine's stretch rod unit. The stretch rod stretches the preform after it has been heated and softened, while air pressure is used to blow into the stretched preform tube. When the rod becomes deformed, the expansion becomes uneven, leading to bottle shapes that do not match the intended design. The result of the production process improvement and preventive maintenance planning of the stretching rod unit in the three months after the production process improvement. There were 1,002,655 pieces of production and 8,902 pieces of defect (or 0.89% of production). This represents a reduction of 14,463 pieces of defect (or 61.89% of defect) from the total number of defects. Therefore, the preventive maintenance planning for the stretching rod unit could significantly reduce the defects from the plastic bottle production process, and the machine availability rate increased from 90% to 99.92%, indicating that a planned preventive maintenance schedule can effectively reduce the frequency and duration of machine downtime.

Keywords: Preform, Defect, Bottle-Blowing Machine, Preventive Maintenance

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตขวดพลาสติกมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น ทั้งในด้านคุณภาพ มาตรฐานสินค้า การขนส่ง และเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัยมาใช้ในการผลิต เพื่อเพิ่มปริมาณและความแม่นยำของกระบวนการ อย่างไรก็ตาม การใช้งานเครื่องจักรอย่างต่อเนื่องและหนักหน่วงเป็นเวลานานส่งผลให้ชิ้นส่วนของเครื่องจักรเกิดการสึกหรอ ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาการชำรุดเสียหายและเครื่องจักรหยุดทำงาน (Mobley, 2014) แม้ว่าจะมีการซ่อมบำรุงเครื่องจักรตามระยะที่กำหนดไว้ แต่ปัญหาการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปัจจัยหลายด้าน เช่น อายุการใช้งานเครื่องจักร สภาพแวดล้อมในการทำงาน รวมถึงรูปแบบการใช้งานเครื่องจักรในสายการผลิต เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร (Shuaichong Wei, 2023)

บริษัทผลิตบรรจุภัณฑ์ขวดพลาสติกแห่งนี้เป็นผู้ผลิตขวดพลาสติกประเภทต่างๆ รวมถึงขวดพลาสติกบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำปลา ซึ่งกระบวนการผลิตขวดพลาสติกดังกล่าว พบว่า เกิดของเสียในกระบวนการผลิตในปริมาณสูง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และต้นทุนการผลิต (Muttagin, 2024) จากการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นมีลักษณะ ได้แก่ ก้นขวดเป็นรอยย่น มีฟองอากาศ และรอยตำหนิบนพื้นผิว ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น การตั้งค่าการผลิตที่ไม่เหมาะสม การเสื่อมสภาพของแม่พิมพ์ หรือความผิดพลาดจากการทำงานของเครื่องจักรที่ขาดการบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม (Kumar, 2016) เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวจะใช้แผนภูมิแกงปลาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกและเครื่องจักรหยุดทำงาน (อรรพรรณ ไชยสีหา, 2566)

ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงมุ่งเน้นการศึกษาปัญหาการเกิดของเสียขึ้นในกระบวนการผลิตขวดพลาสติก วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยตั้งสมมติฐานการทดสอบว่า การบำรุงรักษาเครื่องจักรส่งผลให้ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อันเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่สามารถเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ลดต้นทุนการผลิต และเครื่องจักรทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำปลา
2. เพื่อปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพด้านอัตราความพร้อมใช้งาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำปลาลดลง
2. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรได้

กรอบแนวคิด

กระบวนการผลิตขวดพลาสติกเกิดของเสียที่มีลักษณะ ก้นขวดเป็นรอยย่น มีฟองอากาศ และรอยตำหนิบนพื้นผิวที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และต้นทุนการผลิต รวมถึงเครื่องจักรหยุดทำงาน ซึ่งสาเหตุของปัญหาอาจเกิดได้หลายปัจจัย สำหรับการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภูมิแกงปลาเป็นเครื่องมือช่วยระบุสาเหตุของปัญหา และการวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักร เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

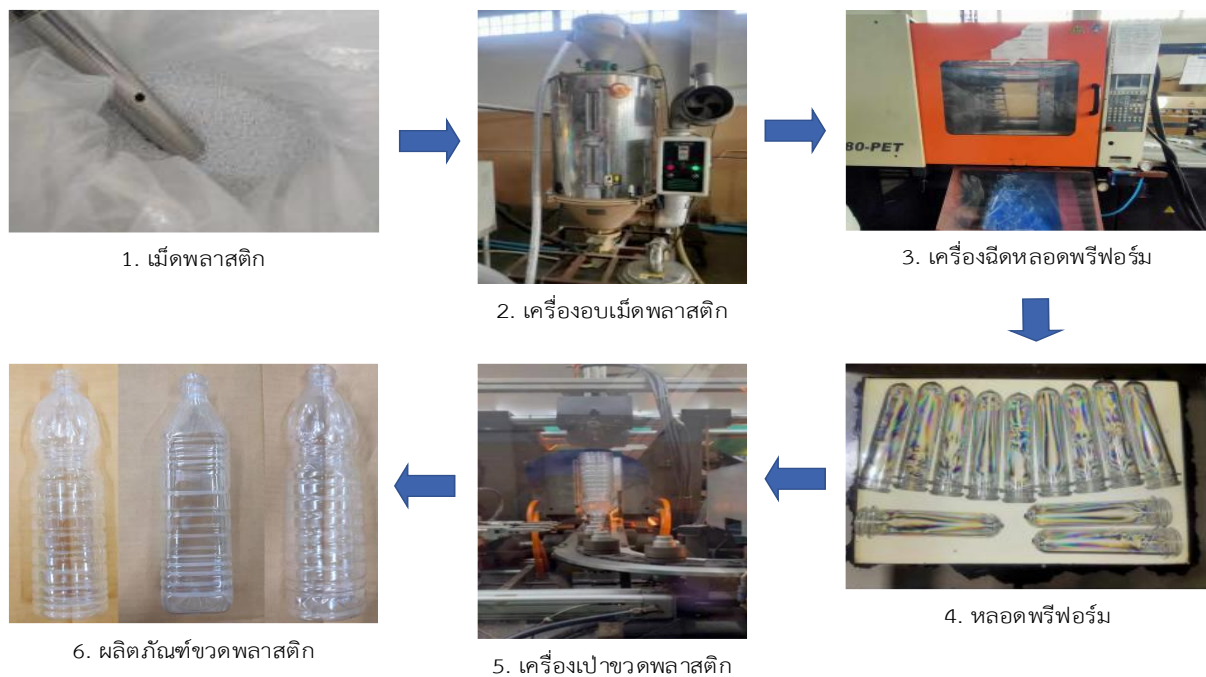
- สมมติฐานการทดสอบหลัก: การบำรุงรักษาเครื่องจักรไม่ส่งผลให้ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

- สมมติฐานการทดสอบรอง: การบำรุงรักษาเครื่องจักรส่งผลให้ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

วิธีดำเนินการวิจัย

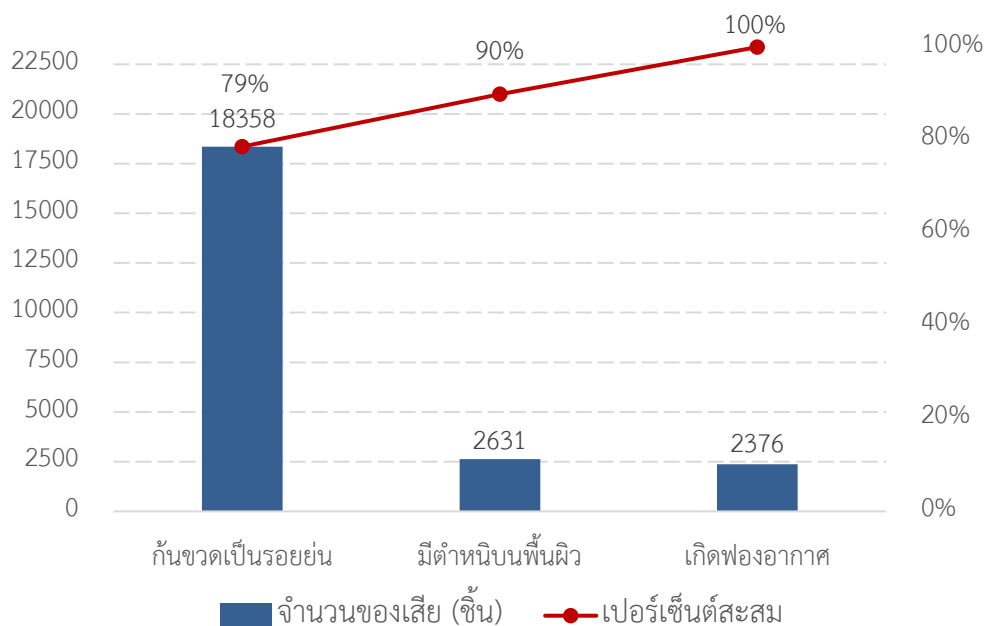
การศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจะต้องเข้าใจขั้นตอนการทำงานของกระบวนการผลิตขวดพลาสติก แสดงดังภาพ 1 ซึ่งมีขั้นตอนของกระบวนการผลิต ดังนี้

1. เม็ดพลาสติก พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate หรือ PET) เป็นวัตถุดิบที่นิยมนำมาผลิตเป็นขวดพลาสติก
2. เครื่องอบเม็ดพลาสติก (Hopper Dryer) เม็ดพลาสติกจะถูกนำมาอบเพื่อกำจัดความชื้นและป้องกันการเกิดปัญหาในกระบวนการขึ้นรูปด้วยเครื่องอบเม็ดพลาสติก
3. เครื่องฉีดหลอดพรีฟอร์ม เม็ดพลาสติกที่ผ่านกระบวนการอบไล่ความชื้นแล้วจะถูกนำไปหลอมในเครื่องฉีดขึ้นรูปในแม่พิมพ์ เพื่อขึ้นรูปเป็นหลอดพรีฟอร์ม ที่มีลักษณะคล้ายหลอดทดลองขนาดเล็ก
4. หลอดพรีฟอร์ม (Preform) หลอดที่ได้จากกระบวนการฉีดขึ้นรูปจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการเป่าขึ้นรูปขวดพลาสติก
5. เครื่องเป่าขวดพลาสติก (Blow Molding Machine) หลอดพรีฟอร์มที่ได้จะถูกนำเข้าสู่วัสดุกระบวนการเป่าขึ้นรูป โดยการจัดเรียงเข้าสู่กระบวนการให้ความร้อนเพื่อให้หลอดพรีฟอร์มอ่อนตัวและนำเข้าแม่พิมพ์ เพื่อเป่าแรงดันอากาศให้พลาสติกขยายตัวออกไปติดกับผนังของแม่พิมพ์ที่มีรูปร่างเป็นขวด
6. ผลิตภัณฑ์ขวดพลาสติก ขวดพลาสติกที่ผ่านกระบวนการเป่าขึ้นรูปจะถูกนำออกจากแม่พิมพ์และพร้อมใช้งาน



ภาพ 1 กระบวนการผลิตขวดพลาสติก

จากการเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตขวดพลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดแรกเป็นแบบกลมที่มีปริมาตร 700 และ 750 มิลลิลิตร และชนิดที่สองแบบสี่เหลี่ยมที่มีปริมาตร 700 มิลลิลิตร จากข้อมูลในช่วง 3 เดือนก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตจำนวน 60 ข้อมูล (ตารางที่ 1) พบว่า มีปริมาณการผลิตรวม 1,105,515 ชิ้น จำนวนของเสีย 23,365 ชิ้น หรือ 2.11% ซึ่งลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นสามารถแยกออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ ก้นขวดเป็นรอยย่น มีฟองอากาศ และรอยตำหนิบนพื้นผิว แสดงดังภาพ 2 และภาพ 3



ภาพ 2 ข้อบกพร่องของขวดพลาสติกจากกระบวนการผลิต



(ก) เกิดฟองอากาศ

(ข) ก้นขวดเป็นรอยย่น

(ค) มีตำหนิบนพื้นผิว

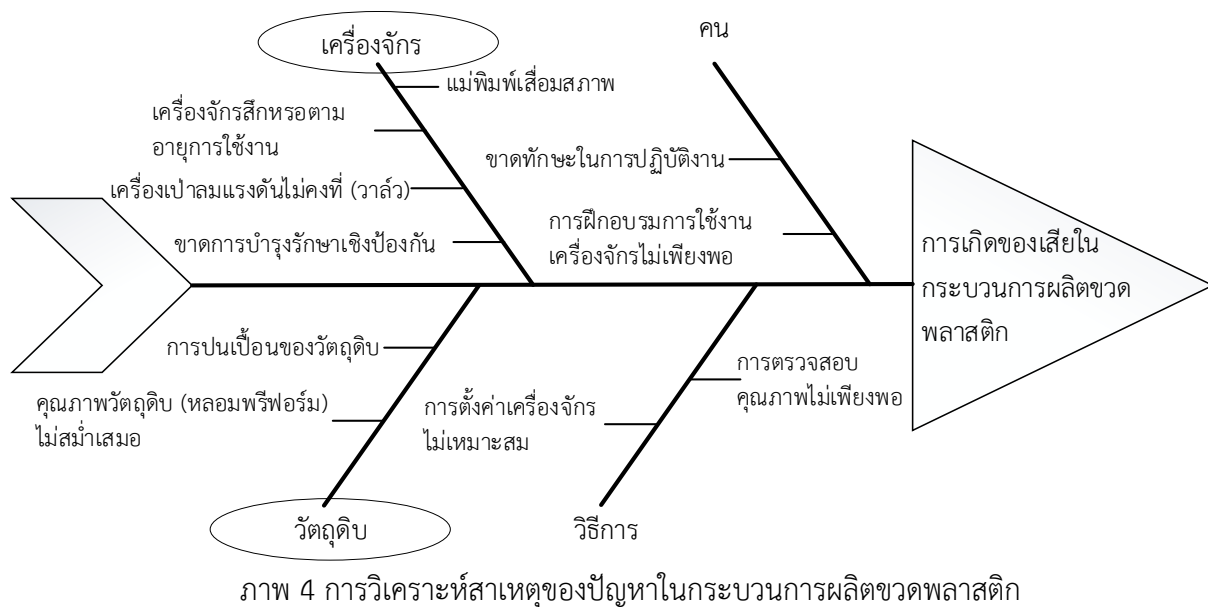
ภาพ 3 ลักษณะข้อบกพร่องของขวดพลาสติก

ตาราง 1 แสดงข้อมูลปริมาณการผลิตขวดพลาสติกและของเสีย (ก่อนปรับปรุง)

ข้อมูลปริมาณการผลิตขวดพลาสติก (ก่อนปรับปรุง)											
ลำดับที่	ปริมาณการผลิต	ของดี	ของเสีย	ลำดับที่	ปริมาณการผลิต	ของดี	ของเสีย	ลำดับที่	ปริมาณการผลิต	ของดี	ของเสีย
1	12350	12013	337	21	19625	19281	344	41	18729	18409	320
2	15616	15282	334	22	8887	8665	222	42	16172	15841	331
3	18485	18157	328	23	13685	13242	443	43	14698	14411	287
4	19315	18977	338	24	18056	17526	530	44	17034	16704	330
5	16332	15972	360	25	13699	13374	325	45	15491	15135	356
6	14441	14119	322	26	1344	1265	79	46	5187	4959	228
7	17113	16786	327	27	16147	15719	428	47	15535	15179	356
8	12877	12643	234	28	2839	2710	129	48	17060	16737	323
9	18029	17691	338	29	15032	14707	325	49	18259	17823	436
10	19628	19291	337	30	5142	4915	227	50	16984	16461	523
11	16107	15792	315	31	25166	24623	543	51	24412	23776	636
12	18280	17943	337	32	29804	29156	648	52	29612	29068	544
13	19575	19348	227	33	31083	30316	767	53	19609	19177	432
14	24769	24418	351	34	33549	32761	788	54	22897	22167	730
15	19020	18735	285	35	32292	31538	754	55	8765	8647	118
16	23241	22681	560	36	32618	31827	791	56	20200	19878	322
17	10867	10629	238	37	33133	32267	866	57	21962	21538	424
18	18254	17925	329	38	19038	18715	323	58	26931	26490	441
19	15556	15423	133	39	17395	17075	320	59	19190	18876	314
20	25106	24716	390	40	14192	13971	221	60	19101	18680	421
รวม									1105515	1082150	23365

ในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมายังพบว่า เครื่องจักรหยุดทำงาน 4 ครั้ง เป็นเวลารวมทั้งหมด 5,760 นาที ซึ่งสาเหตุเกิดจากแรงดันอากาศไม่คงที่ของเครื่องอัดอากาศจากวาล์วปรับแรงดันลมที่เป็นหนึ่งในสาเหตุการหยุดเครื่องจักรจากนั้น วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นโดยใช้แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) มาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา พบว่า สาเหตุหลักที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียมาจากการทำงาน

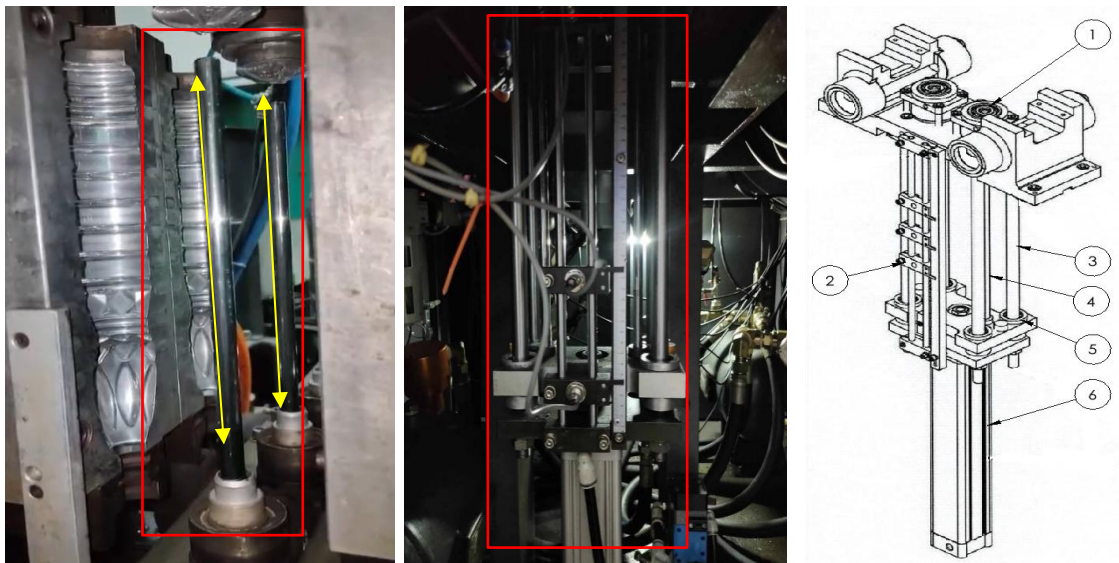
ของเครื่องจักรที่สึกหรอตามอายุการใช้งานและชิ้นส่วนของเครื่องจักรเกิดการชำรุดเสียหาย เนื่องจากการวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรไม่เป็นไปตามแผนที่กำหนด นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านวัตถุดิบที่อาจส่งผลกระทบต่อเกิดการเกิดของเสียแสดงดังรูปที่ 4 ดังนั้น ได้กำหนดสมมติฐานการทดสอบหลัก คือ การบำรุงรักษาเครื่องจักรส่งผลให้ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และสมมติฐานการทดสอบรอง คือ การบำรุงรักษาเครื่องจักรไม่ส่งผลให้ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ



อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการตรวจสอบอุปกรณ์และชิ้นส่วนของเครื่องจักร พบว่า หลังจากที่ได้ให้ความร้อนเพื่อให้หลอดพรีฟอร์มอ่อนตัวก่อนเข้าสู่แม่พิมพ์ ระหว่างที่หลอดพรีฟอร์มถูกปิดด้วยแม่พิมพ์จะมีการใช้แท่งยึดเพื่อดันหลอดพรีฟอร์มให้ยืดตัวออกและใช้แรงดันอากาศเป่าให้พลาสติกขยายตัวติดกับผนังของแม่พิมพ์ที่มีรูปร่างเป็นขวดตามที่ต้องการ สำหรับการทำงานของชุดแท่งยึดจะทำหน้าที่ดันแกนเพลลาให้เคลื่อนที่ขึ้น - ลงด้วยระบบนิวเมติกส์ ทำให้แกนเพลลาเกิดการชำรุดเสียหายและแรงดันอากาศไม่สม่ำเสมอรวมถึงการชำรุดของอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบ แสดงดังภาพ 5 ที่อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติก แสดงดังภาพ 6



ภาพ 5 ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ชำรุดของเครื่องเป่าขวดพลาสติก



ภาพ 6 ชุดแท่งยืด (Stretch rod) เครื่องเป่าขวดพลาสติก

ดังนั้น เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้มีการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรให้มีความพร้อมใช้งาน โดยขึ้นส่วนเครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่ในชุดแท่งยืดที่สำคัญและส่งผลทำให้เครื่องจักรหยุดการทำงาน ซึ่งได้ทำการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจากเดิม 6 เดือนต่อครั้ง ให้มีความถี่เพิ่มขึ้นในส่วนของชุดแท่งยืด แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักร

ตารางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องเป่าขวดพลาสติก				
เครื่องจักร : เครื่องเป่า CHUM POWR 25T 2 หัวเป่า				
แผนก :				
หมายเลข	รายละเอียดชิ้นส่วนเครื่องจักร	ความถี่ในการตรวจสอบ	กิจกรรมการบำรุงรักษา	หมายเหตุ
1	Seal unit	3 เดือน/ครั้ง	C/ I/Rp หรือ Re	
2	Sensor assembly	1 เดือน/ครั้ง	C/I	
3	Guide rod	2 เดือน/ครั้ง	C/Lt	
4	Stretch rod	2 เดือน/ครั้ง	C/Lt	
5	linear bearing	2 เดือน/ครั้ง	C/Lt	
6	Cylinder assembly	3 เดือน/ครั้ง	C/I	
ความหมายของสัญลักษณ์ในช่องกิจกรรมการบำรุงรักษา				
C = Clean (การทำความสะอาด)		Re = Replacement	Lt = Lubrication top up	
I = Inspection (การตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนเครื่องจักร)		(การเปลี่ยนชิ้นส่วนเครื่องจักร)	(การเติมสารหล่อลื่น)	
		Rp = Repair (การซ่อมแซมชิ้นส่วน)	F = Function check	
			(การตรวจสอบการทำงานเครื่องจักร)	

ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรและเก็บข้อมูลกระบวนการผลิต พบว่า กระบวนการผลิตขวดพลาสติก ในช่วง 3 เดือนหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตจำนวน 60 ข้อมูล (ตาราง 3) โดยมีปริมาณการผลิต 1,002,655 ชิ้น มีจำนวนของเสีย 8,902 ชิ้น หรือ 0.89% ดังนั้น เพื่อทดสอบสมมติฐานหลักว่า การบำรุงรักษาเครื่องจักรส่งผลให้ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ด้วยการทดสอบ t (t-test) ซึ่งเป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบค่า p (p-Value) กับระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ถ้าค่า p น้อยกว่าระดับนัยสำคัญจะปฏิเสธสมมติฐานหลักและสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับกระบวนการผลิตขวดพลาสติกก่อนปรับปรุงมีปริมาณเฉลี่ย 18,425 ชิ้น และหลังปรับปรุงมีปริมาณเฉลี่ย 16,711 ชิ้น (ตาราง 4) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการผลิตขวดพลาสติกและสมมติฐานการทดสอบ ดังนี้

ตาราง 3 แสดงข้อมูลปริมาณการผลิตขวดพลาสติกและของเสีย (หลังปรับปรุง)

ข้อมูลปริมาณการผลิตขวดพลาสติก (หลังปรับปรุง)											
ลำดับที่	ปริมาณการผลิต	ของดี	ของเสีย	ลำดับที่	ปริมาณการผลิต	ของดี	ของเสีย	ลำดับที่	ปริมาณการผลิต	ของดี	ของเสีย
1	16326	16212	114	21	17543	17419	124	41	14637	14525	112
2	11295	11184	111	22	14736	14624	112	42	5304	5258	46
3	18326	18110	216	23	16091	15973	118	43	12034	11910	124
4	15363	15245	118	24	15465	15338	127	44	15125	14987	138
5	14443	14325	118	25	16444	16324	120	45	15831	15718	113
6	13100	12945	155	26	12428	12282	146	46	13555	13434	121
7	14026	13911	115	27	6856	6742	114	47	11895	11770	125
8	14026	13905	121	28	14300	14173	127	48	8671	8601	70
9	11586	11473	113	29	15890	15741	149	49	14211	14086	125
10	1994	1910	84	30	13185	13065	120	50	16520	16307	213
11	18978	18858	120	31	24802	24584	218	51	12541	12428	113
12	21377	21154	223	32	24560	24334	226	52	17707	17592	115
13	25308	25088	220	33	16344	16234	110	53	20922	20606	316
14	15520	15409	111	34	15757	15645	112	54	21704	21485	219
15	18375	18256	119	35	16745	16621	124	55	6839	6725	114
16	35047	34832	215	36	22045	21820	225	56	21049	20824	225
17	27228	27006	222	37	24787	24572	215	57	25013	24801	212
18	22813	22594	219	38	21493	21372	121	58	18766	18646	120
19	8867	8761	106	39	22422	22275	147	59	26751	26537	214
20	30161	29850	311	40	9022	8949	73	60	8506	8398	108
รวม									1002655	993753	8902

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการผลิตก่อนและหลังปรับปรุง

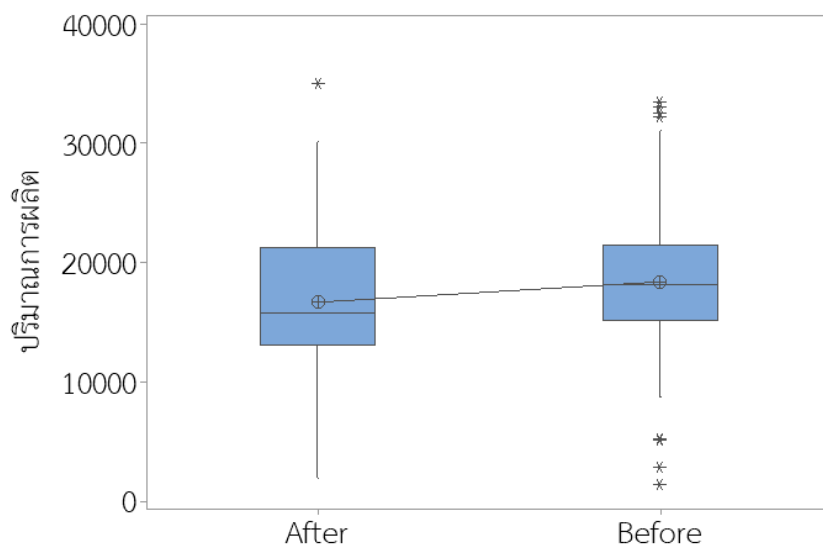
Process Change	N	Mean	StDev	SE Mean
After	60	16711	6244	806
Before	60	18425	7036	908

สมมติฐานหลัก $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

สมมติฐานรอง $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value DF P-Value
-1.41 118 0.161

ดังนั้น ไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เนื่องจากไม่มีหลักฐานเพียงพอว่าปริมาณการผลิตขวดพลาสติกก่อนและหลังปรับปรุงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลปริมาณการผลิต แสดงดังรูปที่ 7



ภาพ 7 บล็อกพอรท (Boxplot) ของปริมาณการผลิตขวดพลาสติก

และปริมาณของเสียก่อนปรับปรุงมีปริมาณเฉลี่ย 389 ชิ้น และหลังปรับปรุงมีปริมาณเฉลี่ย 148.4 ชิ้น (ตาราง 5) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณของเสียและสมมติฐานการทดสอบ ดังนี้

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณของเสียก่อนและหลังปรับปรุง

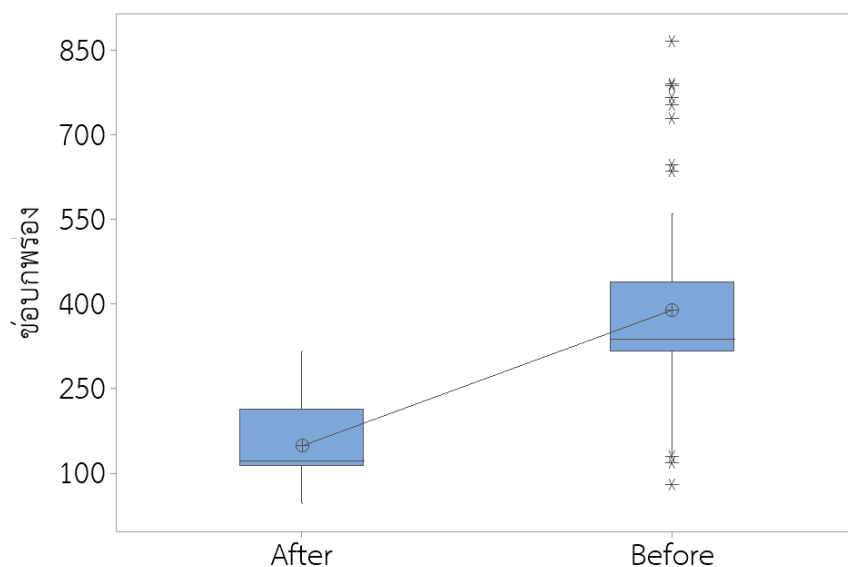
Process Change	N	Mean	StDev	SE Mean
After	60	148.4	56.7	7.3
Before	60	389	174	22

สมมติฐานหลัก $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

สมมติฐานรอง $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
-10.19	118	0.000

ดังนั้น ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เนื่องจากมีหลักฐานที่เชื่อได้ว่าการบำรุงรักษาเครื่องจักรส่งผลให้ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ $P\text{-Value} \leq \alpha$ ($0.000 \leq 0.05$) และลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลปริมาณของเสีย แสดงดังภาพ 8



ภาพ 8 บล็อกพอท (Boxplot) ปริมาณของเสีย

และเครื่องจักรหยุดทำงาน 1 ครั้ง เป็นเวลา 45 นาที สาเหตุเกิดจากวาล์วลมรั่ว Petr Semotam. (2024) ดังนั้น การวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรมีผลต่อประสิทธิภาพด้านความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร ซึ่งการประเมินความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรจะพิจารณาจากระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างความล้มเหลว (Mean Time Between Failures: MTBF) ที่จะเกิดครั้งถัดไป โดยค่า MTBF ที่สูง แสดงว่าเครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือสูงได้ ดังนี้

$$MTBF = \text{เวลาทำงานทั้งหมด} / \text{จำนวนครั้งที่เกิดความล้มเหลว}$$

โดยที่เวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซมเครื่องจักร (Mean Time To Repair: MTTR) ให้กลับมาใช้งานได้อีกครั้ง ซึ่งค่า MTTR ที่ต่ำ แสดงว่าการซ่อมแซมมีประสิทธิภาพสูงได้ ดังนี้

$$MTTR = \text{เวลารวมที่ใช้ในการซ่อมแซม} / \text{จำนวนครั้งที่เกิดความล้มเหลว}$$

$$\text{และอัตราความพร้อมใช้งาน (Availability)} = (\text{เวลาทำงานจริง} / \text{เวลาที่ควรทำงาน}) \times 100\%$$

ดังนั้น เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพด้านความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร พบว่า การบำรุงรักษาเครื่องจักรให้พร้อมใช้งานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร โดยสามารถเพิ่มอัตราความพร้อมใช้งานเพิ่มขึ้นจาก 90% เป็น 99.92% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรมีเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือมากขึ้น แสดงดังตาราง 6

ตาราง 6 การประเมินความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพของเครื่องจักร

ตัวชี้วัด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด (นาทีก) (8 ชม. x 60 นาที x 2 กะ x 60 วัน)	57,600	57,600
เครื่องจักรหยุดทำงาน (ครั้ง)	4	1
เวลาเครื่องจักรหยุดทำงาน (นาทีก)	5,760	45
MTBF (นาทีก)	14,400	57,600
MTTR (นาทีก)	1,440	45
อัตราความพร้อมใช้งาน (Availability) %	90	99.92

สรุปผลการวิจัย

ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงและวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรของชุดแท่งยึดในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำปลา ส่งผลให้ปริมาณของเสียลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจำนวนของเสียลดลงจาก 23,365 ชิ้น เหลือเพียง 8,902 ชิ้น โดยของเสียลดลงเป็นจำนวน 14,463 ชิ้น (หรือ 61.89%) ของจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด ซึ่งการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรที่เพิ่มความถี่ในการบำรุงรักษาเครื่องจักรดังกล่าว (ตาราง 2) ยังส่งผลให้เครื่องจักรมีเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น สะท้อนให้เห็นจากอัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจากเดิม 90% เป็น 99.92% แสดงให้เห็นว่าการวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรที่เหมาะสมจะช่วยลดความถี่และเครื่องจักรหยุดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผล

การบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกส่งผลต่อปริมาณของเสียที่ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุดแท่งยึดของเครื่องจักรที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดของเสีย การบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างเหมาะสมจะช่วยลดการสึกหรอ การชำรุดของอุปกรณ์และเครื่องจักรหยุดทำงาน ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากการใช้งานเครื่องจักรอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ดังนั้น การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรจะช่วยทำให้เครื่องจักรมีเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น พร้อมทั้งยังส่งผลทำให้ปริมาณการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรที่ช่วยลดปริมาณของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร ดังนั้น สถานประกอบการควรให้ความสำคัญกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักร เพื่อรักษาประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้ ควรศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติก เช่น วัตถุดิบ การตั้งค่าเครื่องจักร การปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเพิ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- อรรธรณ ไชยสีหา. (2566). การลดของเสียในกระบวนการผลิตขวดพลาสติก กรณีศึกษา บริษัท เอ็มเอ็ม ไทยแพค จำกัด [วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี].
- Kumar, R., & Singh, H. (2016). Implementation of Statistical Process Control in Blow Molding Process: A case study. *Procedia CIRP*, 57, 205-210.
- Mobley, R. Keith, ed. (2014). *Maintenance Engineering Handbook*. 8th ed. New York: McGraw-Hill Education. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071826617>
- Muttaqin, N., & Aryanny, E. (2024). Defect Analysis of Packaging Bottle Products Using Six Sigma and Kaizen Methods at PT. XYZ. *IJIEM – Indonesia Journal of Industrial Engineering and Management*, 5(1), 265-273.
- Petr, S. (2024). A Data-Driven Approach to Reliability and Fault Analysis in Industrial Maintenance. *IFAC-PapersOnLine*, 58(9), 97-102.
- Shuaichong, W., Mustapha N., Nabil N. (2023). Analysis of a production line subject to degradation and preventive maintenance, *Reliability Engineering & System Safety*, 230.