วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม – กุมภาพันธ์ 2567
Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University, Vol. 2 No. 1 January – February 2024

บทความวิจัย (Research Article)

การวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ในอุตสาหกรรมอาหารสุขภาพ

รัชชีกร ด่านศิริชัยสวัสดิ์[1], ทิวารัตน์ ศรีราตรี[1], อริยพงษ์ พลั่วพันธ์[1], มงคล กิตติญาณขจร[1], นราธิป ภาวะรี[1]*

[1] สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: narathip.pawaree@gmail.com โทรศัพท์: 086-8276985
(รับบทความ: 8 กุมภาพันธ์ 2567; แก้ไขบทความ: 26 กุมภาพันธ์ 2567; ตอบรับบทความ: 28 กุมภาพันธ์ 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินการพัฒนาศักยภาพและขีดความสามารถในการแข่งขันโดยทำการออกแบบพัฒนาระบบการผลิตใหม่และผลิตระบบสามารถทำการบรรจุน้ำสับปะรดสำหรับบรรจุภัณฑ์ ขนาด 180 มิลลิลิตร โดยมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 700 ขวดต่อชั่วโมง หรือคิดเป็น 4,000 ขวดต่อวัน และพบว่าค่าของสมรรถภาพกระบวนการของกระบวนการการบรรจุน้ำสับปะรด (Cp) เท่ากับ 0.67 ค่าสัดส่วนของการบรรจุที่ไม่ได้มาตรฐานมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.52

คำสำคัญ: กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ การเพิ่มมูลค่า อุตสาหกรรมอาหารสุขภาพ ความสามารถกระบวนการ

การอ้างอิงบทความ: รัชชีกร ด่านศิริชัยสวัสดิ์, ทิวารัตน์ ศรีราตรี, อริยพงษ์ พลั่วพันธ์, มงคล กิตติญาณขจร และ นราธิป ภาวะรี, "การวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ในอุตสาหกรรมอาหารสุขภาพ", *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์,* vol. 2, no. 1, pp. 31-38, 2567

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม – กุมภาพันธ์ 2567
Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University, Vol. 2 No. 1 January – February 2024

บทความวิจัย (Research Article)

Process Capability analysis in Fruit juice process for Healthy food industry

Rachaneekorn Dansirichaisawat[1], Tivarat Sriratee[1], Ariyapong Phuapant[1], Mongkol Kittiyankajon[1] and Narathip Pawaree[1]*

[1]Department of Industrial Management, Faculty of Technology, Udonthani Rajabhat University

* Corresponding Author: narathip.pawaree@gmail.com Tel: 086-8276985
(Received: February 8, 2024; Revised: February 26, 2024; Accepted: February 28, 2024)

Abstract

The aim of this research is to enhance and advance competitive capabilities to design & develop new production systems and manufacturing process capable of packaging 180 milliliters of pineapple juice. The production capacity is 700 bottles per hour, equating to approximately 4,000 bottles per day. The Process Capability (Cp) is measured at 0.67, with out of spec packaging was 4.52%.

Keywords: Fruit juice process, Value added, Healthy food industry, Process capability

Please cite this article as: R. Dansirichaisawat, T. Sriratee, A. Phuapant, M. Kittiyankajon, and N. Pawaree, Process Capability analysis in Fruit juice process for Healthy food industry, "*The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*", vol. 1, no. 2, pp. 31-38, 2024

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ปัจจุบันแนวโน้มพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพมากขึ้นอาหารสุขภาพจึงเป็นทางเลือกแรกที่ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากอาหารสุขภาพนั้นมีประโยชน์ต่อร่างกายมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการทำให้สุขภาพแข็งแรง ผิวพรรณเปล่งปลั่ง สดใส มีสุขภาพจิตที่ดี การรับประทานอาหารที่ดีจึงเป็นจุดเริ่มต้นของสุขภาพที่ดี ในอีกมุมนึงอาหารสุขภาพที่ต้องการรับประทานก็ไม่สามารถที่จะรับประทานได้ทันที เนื่องจากมีความไม่สะดวกต่อการเก็บรักษา และอายุผลิตภัณฑ์สั้น [1] ดังนั้นวิธีการแปรรูปอาหารสุขภาพเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากช่วยให้ได้รับสารอาหารที่เพียงพอ การเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น การพกพาที่ง่ายและสะดวก อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ

การพัฒนานวัตกรรมชุดเครื่องจักรกระบวนการแปรรูปน้ำผลไม้ [2] ร่วมกับผู้ประกอบการ มีผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ คือ น้ำผลไม้สกัด แยมสับปะรดกวน ผลไม้กวน น้ำเสาวรส อื่น ๆ จากกระบวนการผลิตในปัจจุบันพบว่ากำลังการผลิตนั้นไม่เพียงพอต่อการความต้องการของผู้บริโภค ประกอบกับลักษณะการทำงานของเดิม คือ เน้นการใช้แรงงานคน ซึ่งมีการสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ จึงเป็นเหตุให้ทางผู้ประกอบการมีความต้องการที่จะพัฒนาระบบการผลิตใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค และเป็นการยกระดับของเทคโนโลยีเพื่อเตรียมความพร้อมไปสู่การจัดทำมาตรฐานอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งจะช่วยเพิ่มมูลค่าและภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสูญเปล่า (Waste)

ความสูญเปล่า (Waste) คือ การกระทำใด ๆ ที่ใช้ทรัพยากรไป ไม่ว่าจะเป็นแรงงาน วัตถุดิบ เวลา และเงิน หรืออื่น ๆ แต่ไม่ทำให้สินค้าและบริการเกิดขึ้น [3] โดยทั่วไปในงานที่ทำกันอยู่ 100 งาน จะเป็นงานที่มีคุณค่าอยู่เพียง 5 งาน หรือร้อยละ 5 เท่านั้น ที่เหลืออีกร้อยละ 95 นั้นถือเป็นงานหรือการกระทำที่ไม่มีคุณค่า ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. กิจกรรมที่มีคุณค่า (Value added activity: VA) เช่น การตัด การพ่นสี การขึ้นรูป และการประกอบ เป็นต้น

2. กิจกรรมที่ไม่มีคุณค่า (Non value added activity: NVA) [4]

2.2 การวิเคราะห์สมรรถภาพของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้เพื่อกำหนดความสามารถของกระบวนการผลิตว่าสามารถผลิตตามข้อกำหนดได้หรือไม่ ซึ่งในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิต พบว่ามีลำดับขั้นในการดำเนินงานที่สำคัญ 3 ประการ คือ การออกแบบ การผลิต และการตรวจสอบข้อกำหนดของสินค้าจะกำหนดในขั้นตอนการออกแบบ ในขั้นตอนการผลิตผู้ควบคุมการผลิตจะต้องควบคุมให้สินค้าที่ผลิตตรงตามข้อกำหนด

2.3 การพัฒนาภายในองค์กรโดยใช้ระบบลีน

การใช้ระบบลีนในการพัฒนาองค์กร มีหัวข้อที่ต้องดำเนินการควบคู่ด้วย 4 หัวข้อ ได้แก่ ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just in time) การควบคุมคุณภาพทั้งองค์กร (Total quality management) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Total preventive maintenance) และการบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล (Human resource management) [5] พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการขัดขวางในการพัฒนาภายในองค์กรมากที่สุดคือ ขนาดโรงงาน ซึ่งมีผลต่อการขัดขวางการพัฒนาองค์กรอยู่ที่ร้อยละ 23 [6] ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน แผนกการผลิตทรานมิตเตอร์ หลังจากที่ได้ทำการลดและกำจัดความสูญเปล่าใน

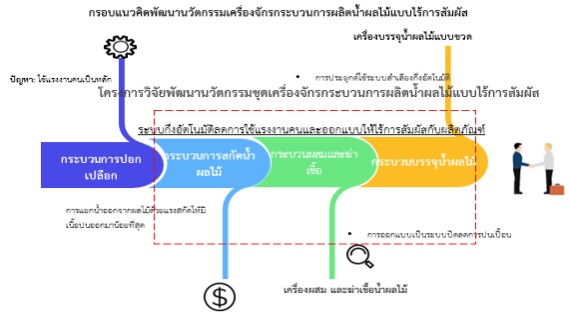
บทความวิจัย (Research Article)

กระบวนการผลิต ทำให้เวลานำการผลิตโดยรวม จาก 3.83 วันเหลือเพียง 3.32 วันสามารถลดเวลานำการผลิตในกลุ่มกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหลักทางด้านหน้าได้ถึง 0.51 วันเพิ่มอัตราผลผลิตจาก 0.62 ชิ้นงานต่อ 1 ชั่วโมง แรงงานทางตรง เป็น 0.69 ชิ้นงานต่อ 1 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 11.29 [7] ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีนในโรงงานผลิตเหล็กรูปพรรณได้ใช้เครื่องมือการผลิตแบบลีน คือ แผนภูมิสายธารคุณภาพ และแบบจำลองสถานการณ์ และออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^3 โดยวิเคราะห์ 3 ปัจจัย ได้แก่ ระบบการผลิต การบำรุงรักษาแบบทุกคนมีส่วนร่วม และการลดเวลาการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร จากผลการจำลองขจัดความสูญเปล่า สามารถระยะเวลาการผลิตรวมจาก 16.24 วัน มาเป็น 8.56 วันหรือคิดเป็นร้อยละ 47.30 และลดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการจาก 96.35 ตันต่อวัน

3. ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 การออกแบบชุดเครื่องจักร ประสิทธิภาพ

เป็นขั้นตอนของการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 1 เช่น โครงเครื่อง ชิ้นส่วนสำหรับยึดมอเตอร์ และชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ชิ้นส่วนมาตรฐาน สำหรับชิ้นส่วนมาตรฐานสามารถจัดซื้อได้เลย เช่น แบริ่ง สกรู นัตและลูกรีด ที่จะนำมาใช้ในการสร้างชุดเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้แบบไร้การสัมผัส เช่น ระบบท่อ ระบบทำความร้อน ระบบบรรจุ เป็นต้น



ภาพที่ 1 แนวคิดการออกแบบชุดเครื่องจักร

3.2 วิเคราะห์การวัด

เป็นการออกแบบการวัดเพื่อจะศึกษาประสิทธิภาพชุดเครื่องจักรกลแปรรูปในกระบวนการบรรจุน้ำผลไม้ โดยมีเวลาวงรอบของการบรรจุเท่ากับ 17.82 วินาที (15 วินาที x 110% (Rating factor) + 8% (Allowance time))

3.3 ประกอบชุดเครื่องจักรกล

เมื่อผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ และจัดซื้อชิ้นส่วนมาตรฐานครบหมดทุกชิ้นแล้ว จึงนำเอาชิ้นส่วนเหล่านั้นมาประกอบเข้าด้วยกัน [8] เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้สูงสุด

3.4 ดำเนินการทดสอบและปรับแก้ไข

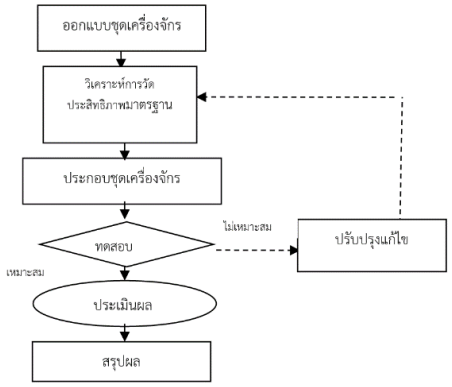
ดำเนินการทดสอบและปรับแก้ไขชุดเครื่องจักรตามความเหมาะสม เช่น ค่าปริมาตรบรรจุ ค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ หรือระยะเวลาการดำเนินการของชุดเครื่องจักรที่เหมาะสม เป็นต้น

3.5 ประเมินผล

เมื่อทำการทดลองเครื่องที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่แล้ว นำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยกับค่าเป้าหมายอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ ถ้าหากมีข้อบกพร่องก็นำไปปรับปรุงแก้ไขใหม่

3.6 สรุปผลการดำเนินงาน

โดยมีการดำเนินการ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบชุดเครื่องจักร

บทความวิจัย (Research Article)

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 การทดสอบและประสิทธิภาพในการใช้งาน

จากการศึกษาและสืบค้นข้อมูลเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเบื้องต้นนั้น พบว่าระบบบรรจุที่มีจำหน่ายในย่านกำลังการผลิตที่ต้องการนั้นมีอยู่ไม่มาก ส่วนมากมักจะเป็นระบบบรรจุที่มีขนาดใหญ่ ในภาพแบบการบรรจุแบบ Rotary machine ซึ่งมีกำลังการผลิตมากกว่าความต้องการของผู้ประกอบการและราคาสูง และสำหรับระบบบรรจุขนาดเล็กที่มีจำหน่ายกาลังการผลิตก็ไม่เพียงพอ ซึ่งมักพบเป็นระบบหัวฉีดเดี่ยว หรือหัวฉีดคู่ รวมไปถึงคุณสมบัติของระบบขนาดเล็กไม่ตรงกับความต้องการ อีกทั้งลักษณะของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดของทางผู้ประกอบการมีลักษณะคล้ายกับซอสข้น ทำให้ไม่สามารถใช้การบรรจุด้วยแรงโน้มถ่วงเพียงอย่างเดียว เพราะเศษเนื้อสับปะรดบางส่วนสะสม ที่บริเวณปลายของ nozzle และการไหลไม่สามารถเป็นไปได้ด้วยความรวดเร็ว ซึ่งระบบนี้จะใช้การตั้งเวลาการกดหัวจ่ายใส่ขวดผ่านชุด adapter ที่กันขวดยุบขณะกดลง

จากปัญหาดังกล่าวทางผู้เชี่ยวชาญจะทำการออกแบบระบบใหม่ ซึ่งจะไม่มีชุด adapter กั้นระหว่างหัวจ่ายกับขวด จะทำให้หัวจ่ายสามารถประกบเข้ากับปากขวดโดยตรง ทำให้แนบสนิท ลดการผิดพลาดในกระบวนการบรรจุ และการเลอะบริเวณชุดหัวจ่าย และชุดหัวจ่าย nozzle ทำการออกแบบใหม่ให้มีขนาดของรูหัวจ่ายกว้างขึ้นลดการติดค้างของเศษสับปะรด ดังแสดงในภาพที่ 3 และยังต้องมีการติดตั้งระบบปั๊มลมเข้ากับหัวจ่ายเพื่อช่วยในการผลักดันน้ำสับปะรดในขณะบรรจุอีกด้วย อีกทั้งผู้ประกอบการยังต้องการให้มีระบบการอุ่นผลิตภัณฑ์ตลอดเวลาขณะบรรจุ รวมถึงสามารถปรับเปลี่ยนขนาดการบรรจุได้ในอนาคต

ภาพที่ 3 การพัฒนาชิ้นโครงสร้างและระบบหัวจ่ายเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐาน GMP

จากนั้นได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพในกระบวนการบรรจุ ซึ่งจะใช้บรรจุภัณฑ์ในการทดสอบซึ่งเป็นลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่มียอดการผลิตสูงที่สุด คือ ขวดบรรจุน้ำสับปะรดขนาด 180 มิลลิลิตร (ข้อกำหนดของผู้ผลิตคือ 180 ± 2) โดยจะทำการทดสอบและค่าเฉลี่ยจำนวน 3 ซ้ำ จำนวน 30 ชุด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขวดบรรจุน้ำสับปะรด (มิลลิลิตร)

ชุดที่	ปริมาตรบรรจุ			ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	180	180	181	0	0	0.5
2	179	179	178	0.5	0.5	1.1
3	180	181	179	0	0.5	0.5
4	179	181	182	0.5	0.5	1.1
5	178	178	179	1.1	1.1	0.5
6	178	180	178	1.1	0	1.1
7	178	181	179	1.1	0.5	0.5
8	178	182	182	1.1	1.1	1.1
9	180	178	180	0	1.1	1.1
10	182	182	182	1.1	1.1	1.1
11	182	182	178	1.1	1.1	1.1
12	181	181	180	0.5	0.5	0
13	182	178	182	1.1	1.1	1.1
14	182	182	181	1.1	1.1	0.5
15	178	179	181	1.1	0.5	0.5
16	181	182	180	0.5	1.1	0
17	179	179	178	0.5	0.5	1.1
18	179	178	182	0.5	1.1	1.1

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 1 ขวดบรรจุน้ำสับปะรด (มิลลิลิตร) (ต่อ)

ชุดที่	ปริมาตรบรรจุ			ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
19	178	181	181	1.1	0.5	0.5
20	178	181	178	1.1	0.5	1.1
21	180	180	181	0	0	0.5
22	180	180	179	0	0	0.5
23	182	179	178	1.1	0.5	1.1
24	182	182	181	1.1	1.1	0.5
25	182	182	180	1.1	1.1	0
26	180	181	179	0	0.5	0.5
27	179	179	181	0.5	0.5	0.5
28	182	180	178	1.1	0	1.1
29	181	182	179	0.5	1.1	0.5
30	181	182	182	0.5	1.1	1.1

จากการทดสอบประสิทธิภาพในการบรรจุนั้น สามารถสรุปได้ว่าระบบสามารถทำการผลิตน้ำสับปะรดสำหรับบรรจุภัณฑ์ขนาด 180 มิลลิลิตร โดยมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 700 ขวดต่อชั่วโมง หรือคิดเป็น 4,200 ขวดต่อวัน พบว่าในแต่ละภาพแบบของบรรจุภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยบรรจุขวดเท่ากับ 180.13 มิลลิลิตร ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.7 และประสิทธิภาพของระบบบรรจุของเหลวจะแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลทดสอบประสิทธิภาพ

หัวข้อ	ผลการดำเนินการ
1.ตัวโครงสร้าง	ทำด้วยแสตนเลส 304 หนา 1.5 มิลลิเมตร ขึ้นภาพด้วยการตัดพับชิ้นส่วนและเชื่อมประกอบด้วยมือ มีน้ำหนัก 80 กิโลกรัม
2.กำลังในการผลิตสูงสุด	การบรรจุน้ำสับปะรดสำหรับบรรจุภัณฑ์ขนาด 180 มิลลิลิตร โดยมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 700 ขวดต่อชั่วโมง หรือคิดเฉลี่ย 4,000 ขวดต่อวัน

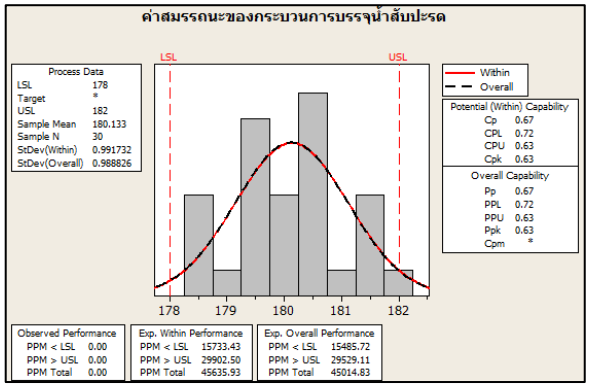
จากการประเมินการสมรรถภาพกระบวนการ [9, 10]] เริ่มจากการประมาณการค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการผลิตคือ

$$\mu = \bar{X}$$

$$= 180.13 \text{ มิลลิลิตร}$$

$$\sigma = 0.989 \text{ มิลลิลิตร}$$

พบว่าขีดจำกัดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของกระบวนการเท่ากับ 180.13 ± 2.967 มิลลิลิตร สำหรับขีดจำกัดข้อกำหนดของผู้ผลิตคือ 180 ± 2 สามารถหาค่าของสมรรถภาพกระบวนการของกระบวนการการบรรจุน้ำสับปะรดในปัจจุบันด้วยโปรแกรม Minitab พบว่าค่าสมรรถนะของกระบวนการ (C_p) เท่ากับ 0.67 ดังแสดงในภาพที่ 4 เนื่องจากกระบวนการผลิตเป็นกระบวนการใหม่ ความแปรปรวนยังสูง ส่งผลให้ค่า C_p มีค่าต่ำกว่าข้อกำหนด



ภาพที่ 4 ค่าสมรรถนะของกระบวนการ

ค่าสัดส่วนของการบรรจุที่ไม่ได้มาตรฐานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนี้คำนวณได้โดยที่ (X≤178) และ (X≥182) พบว่าค่าสัดส่วนของการบรรจุที่ไม่ได้มาตรฐานมีค่าเป็น 0.045 หรือร้อยละ 4.52

4.2 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

หลังจากดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้นทางผู้เชี่ยวชาญจึงได้ทำการประเมินอัตราการคืนทุน เพื่อที่จะให้ผู้ประกอบการเห็นถึงความคุ้มค่าในการพัฒนา อีกทั้งยังช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนการตลาด และการผลิตได้ในอนาคต โดยคำนวณจากขวดบรรจุภัณฑ์ 180 มิลลิลิตร กำลังการผลิตคิดจากปริมาณคำสั่งซื้อ

บทความวิจัย (Research Article)

และความสามารถในการผลิตโดยเฉลี่ยเท่ากับ 20,000 ขวดต่อเดือน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

รายการ		การดำเนินการในปัจจุบัน	วิธีการที่นำเสนอ
1. ต้นทุน (บาทต่อเดือน)	1.1 ค่าแรงงาน	18,000 (3 คน คนละ 300 บาท)	12,000 (2 คน คนละ 300 บาท)
	1.2 ค่าไฟฟ้า (จำนวนหน่วย = ((กำลังไฟฟ้า×จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า)/1000)×เวลาที่ใช้	N/A	800 = ((1000×1)/1000) × 8 x 20 จำนวนหน่วยเท่ากับ 80 หน่วย/เดือน)
	1.3 ค่าก๊าซหุงต้ม	1,800 (90 บาทต่อ 100 ลิตร)	3,600 (180 บาทต่อ 200 ลิตร)
	1.4 ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร	N/A	3,238 (300,000, n=10 ปี , i = 5 %)
	1.5 ต้นทุนค่าดำเนินการรวม	19,800	19,638
	1.6 ต้นทุนวัตถุดิบ (กก.ละ 15 บาท)	78,980 (5,262 กิโลกรัม)	157,860 (10,524 กิโลกรัม)
	1.7 ต้นทุนรวม	98,780	177,498
	1.8 ต้นทุนต่อหน่วย	9.87	8.87
	1.9 กำไร* (11 บาทต่อขวด)	11,300	42,600
2. กำลังการผลิต (ลิตรต่อเดือน)		**2,000 (10,000 ขวด)**	**4,000 (20,000 ขวด)**
3. ระยะเวลาคืนทุน*		**N/A**	**โดยเฉลี่ย 13 เดือน**

5. สรุปผล

ผลการดำเนินงานได้ทำการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนหลัก เพื่อใช้ในการประกอบสร้างเครื่องบรรจุน้ำผลไม้ โดยส่วนประกอบของโครงสร้าง (Components) ได้มีการทดสอบการใช้งานเบื้องต้น โดยระบบตัวระบบทำด้วย สแตนเลส และสอดคล้องกับมาตรฐาน GMP ระบบสามารถทำการบรรจุน้ำสับปะรดสำหรับบรรจุภัณฑ์ ขนาด 180 มิลลิลิตร โดยมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 700 ขวดต่อชั่วโมง หรือคิดเป็น 4,000 ขวดต่อวัน และพบว่าค่าของสมรรถภาพกระบวนการของกระบวนการการบรรจุน้ำสับปะรด (Cp) เท่ากับ 0.67 ค่าสัดส่วนของการบรรจุที่ไม่ได้มาตรฐานมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.52 ดังนั้นเพื่อลดสัดส่วนของการบรรจุที่ไม่ได้มาตรฐาน กระบวนการผลิตจะต้องปรับปรุงในด้านความแปรปรวนของกระบวนการผลิตลดลง อาจทำได้โดยการฝึกอบรมพนักงานให้มีความชำนาญมากขึ้น เลือกวัตถุดิบที่เหมาะสม และปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ ส่วนอัตราการคืนทุนอยู่ที่ 13 เดือน เพื่อให้ผู้ประกอบการ สามารถวางแผนการตลาด และสามารถขอมาตรฐานคุณภาพต่อไปในอนาคต

ในส่วนของผลกระทบต่อการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น ดังนี้

5.1 ด้านสังคม

สามารถสร้างความเข้มแข็งให้กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผลไม้ สร้างความร่วมมือระหว่างเอกชนผู้ประกอบการ หน่วยงานภาครัฐ ชุมชนท้องถิ่น ในรูปแบบอนาคตของการเป็นคลัสเตอร์เกษตรกรผู้ปลูกผลไม้ หรือทีมพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ และพัฒนาเป็นชุมชนต้นแบบต่อไปในอนาคต

5.2 ด้านวิชาการ

การออกแบบพัฒนานวัตกรรมชุดเครื่องจักรในกระบวนการผลิตเกิดแหล่งเรียนรู้ระบบ mini smart factory สำหรับผู้ประกอบที่ต้องการเริ่มต้นธุรกิจแปรรูปน้ำผลไม้

5.3 ด้านเศรษฐกิจ

สินค้าอาหารน้ำผลไม้ของประเทศเพิ่มโอกาสทางการค้าสามารถขยายตลาดและส่งสินค้าออกไปต่างประเทศ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีที่ให้ทุนในการศึกษาและพัฒนาการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] A. Hassoun *et al.*, "The fourth industrial revolution in the food industry—Part I: Industry 4.0 technologies," *Critical*

Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 63, no. 23, pp. 6547-6563, 2023.

[2] R. Rai, M. K. Tiwari, D. Ivanov, and A. Dolgui, "Machine learning in manufacturing and industry 4.0 applications," *International* Journal of Production Research, vol. 59, no. 16, pp. 4773-4778, 2021, doi: https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1956675.

[3] I. T. B. Widiwati, S. D. Liman, and F. Nurprihatin, "The Implementation of Lean Six Sigma Approach to Minimize Waste at a Food Manufacturing Industry," Journal of Engineering Research, 2024.

[4] R. shah and P. T. ward., "Lean Manufacturing: context, practice bundles and performance," Journal of Operation Management, vol. 21, pp. 129-149, 2003.

[5] B. Pattanayak, "Human resource management," PHI Learning Pvt. Ltd., 2020.

[6] ศิริวัตน์ พลอยทับทิม, "การปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิกส์การผลิตแบบลีน กรณีศึกษา: แผนกการผลิตทรานต์มิตเตอร์ บริษัท ฟาบริเนท จำกัด," คณะบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.

[7] พฤทธิพงศ์ โพธิวราพรรณ, "การประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีนในอุตสาหกรรมแบบผสม (แบบต่อเนื่อง-แบบช่วง) : กรณีศึกษา . โรงงานผลิตเหล็กรูปพรรณ," วิทยานิพนธ์, วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ., 2548.

[8] วีระวัฒน์ แสนนาวิน และ วีระพล แก้วก่า, "การออกแบบและพัฒนาเครื่องกวนผลหม่อน," คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 2551.

[9] J. Yang, F. Meng, S. Huang, and Y. Cui, "Process capability analysis for manufacturing processes based on the truncated data from supplier products," I*nternational Journal of Production Research,* vol. 58, no. 20, pp. 6235-6251, 2020, doi: https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1675916.

[10] H. U. Pawar, S. K. Bagga, and D. K. Dubey, "Investigation of production parameters for process capability analysis: A case study," *Materials Today: Proceedings,* vol. 43, pp. 196-202, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.627.