Received: Feb 26, 2020 **Revised:** Apr 1, 2020 **Accepted:** Apr 11, 2020

การปรับปรุงการบรรจุแป้งทาหน้าด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ

FILLING IMPROVEMENT OF THE FACE POWDER WITH AUGER FILLER MACHINE TO REDUCE THE VARIABILITY OF THE FILLING WEIGHT

สุเมธ สิงห์ผู[1] สุภาวดี ธีรธรรมากร[2] สมบัติ ทีฆทรัพย์[3]
[1,2]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
[3]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธนบุรี
Sumeth Singphu[1], Supawadee Theerathammakorn[2], Sombat Teekasap[3]
[1,2]Master of Science Program in Industrial Technology Sukhothai Thummathirat Open University
[3]Faculty of Science and Technology Thonburi University
E-mail: sumeth@milott.co.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสาเหตุการผันแปรน้ำหนักบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุแบบเกลียว หาแนวทางในการปรับปรุงการบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุแบบเกลียว และประเมินผลการควบคุมหลังการปรับปรุง โดยเริ่มจากการระดมสมองเพื่อหาหาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังสาเหตุและผล นำมาวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง และแผนภูมิพาราโต เพื่อคัดเลือกปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุ พบสาเหตุสำคัญคือ ระยะห่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว ระยะพิตของเกลียวบรรจุ และความเร็วของการบรรจุ จึงทำการออกแบบการทดลองทีละปัจจัยเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงในการบรรจุ ผลการปรับปรุงพบว่า เกลียวบรรจุแป้งควรมีระยะห่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวอยู่ที่ 1.2 มิลลิเมตร ระยะพิตของเกลียวบรรจุ 27 มิลลิเมตร และความเร็วที่เหมาะในการบรรจุ 50 ชิ้นต่อนาที ทำให้ดัชนีความสามารถของกระบวนการเพิ่มจาก 1.32 เป็น 1.67 หรือเปลี่ยนจากระดับพอใช้เป็นดีเลิศ

คำสำคัญ: แป้งทาหน้า, เครื่องบรรจุแบบเกลียว, การปรับปรุงการบรรจุแป้ง

Abstract

Objectives of this research are to study causes of filling weight variation of Auger filling machine, to study ways to improve filling weight, and to evaluate the achievement after the improvement. The study was started by brainstorming engineers and technicians to analyze relevant factors with cause and effect diagram, failure mode and effect analysis, and pareto chart and found that factors affect the filling weight variation are filling screw casing clearance, screw pitch and speed of filling, then design the experiments to verify ways to improve filling. The improvement results showed that the filling screw casing clearance should be 1.2 mm., screw pitch should be 27 mm. and suitable speed of filling is 50 pieces per minute. The process capability index increased from 1.32 to 1.67, changed from adequate to excellent process level.

Keywords: face powder, Auger filling machine, filling improvement.

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอางของประเทศไทยมีพัฒนาการ การเติบโต ขยายการผลิตอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องโดยในปี 2559 ตัวเลขส่งออกสูงถึง 1.12 แสนล้านบาท ส่วนที่ขายภายในประเทศอยู่ที่ 1.68 แสนล้านบาท เฉลี่ยเป็นการส่งออกประมาณ 40% และใช้ในประเทศ 60% รวมถึงมีเครื่องสำอางนำเข้าอยู่ที่ 3 หมื่นล้านบาท จากตัวเลขจะเห็นว่า ประเทศไทยไม่เสียดุลเพราะเราสามารถส่งออกได้มากกว่า ได้ข้อสรุปว่าตลาดเครื่องสำอางในปัจจุบันมีมูลค่าสูงถึง 2.8 แสนล้านบาท (ความรู้เกี่ยวกับธุรกิจ, 2562) เช่น การผลิต การตลาด การจัดส่ง บริหารจัดการบุคคล ทรัพยากรต่าง ๆให้มีประสิทธิภาพ คุ้มค่ามากที่สุด ดังนั้นจำเป็นต้องมีการพัฒนา ปรับปรุงเปลี่ยน แปลงระบบการการผลิตให้สามารถทำการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ ทันสมัยตลอดเวลาเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าทั้งในด้านคุณภาพ ราคา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดต้นทุน เพิ่มผลกำไร และการพัฒนาเครื่องมือเครื่องจักรให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมาะสม มีความปลอดภัยในการทำงาน ทำให้ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า (สมาคมผู้ผลิตเครื่องสำอางไทย, 2562) ก็เป็นแนวทางอีกด้านหนึ่งที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลการดำเนินงานในส่วนการผลิตแป้งทาหน้าของโรงงานผลิตเครื่องสำอางแห่งหนึ่งในการบรรจุแป้งขนาดบรรจุแป้ง 50 กรัม โดยใช้เครื่องบรรจุแป้งแบบเกลียว เก็บตัวอย่าง 90 ชิ้น มาชั่งน้ำหนักพบว่า มีน้ำหนักบรรจุค่าต่ำอยู่ที่ 50.98 กรัม ค่าสูงสุดอยู่ที่ 55.00 กรัม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 53.21 กรัม ค่าความแตกต่างน้ำหนักต่ำสุดกับสูงสุดอยู่ที่ 4.02 กรัม มีค่าความแตกต่างสูง การกระจายน้ำหนักค่อนข้างกว้างมาก ทำให้เกิดการสูญเสียในการบรรจุสูง โดยจากข้อมูลการผลิตปี 2561 พบว่ามีจำนวน 24,404,360 ชิ้น ส่งผลให้ใช้ผงแป้งในการบรรจุประมาณ 1,298,312 กิโลกรัม หากสามารถลดค่าในการบรรจุให้แคบลงหรือลดน้ำหนักการบรรจุลงขวดละ 1 กรัมจะลดผงแป้งลง 24,404,360 กรัม หรือเท่ากับ 24,404 กิโลกรัม สามารถนำไปผลิตแป้งทาหน้าเพิ่มอีก 464,838 ชิ้นและลดปริมาณการสูญเสียที่เกิดจากการบรรจุน้ำหนักลงได้ทันทีซึ่งเป็นการลดการใช้วัตถุดิบ ลดการใช้ทรัพยากร ลดค่าใช้จ่าย ลดต้นทุนในการผลิต

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเพื่อการปรับปรุงการบรรจุแป้งทาหน้าด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุและนำผลการวิจัยมาใช้ในการวางแผน ควบคุมการดำเนินการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหาสาเหตุการบรรจุแป้งที่มีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุแบบเกลียว
2. เพื่อศึกษาแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาในการบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุแบบเกลียว
3. เพื่อประเมินการควบคุมความผันแปรของน้ำหนักแป้งที่บรรจุด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียว

ขอบเขตของงาน

ดำเนินการศึกษางานในผลิตภัณฑ์แป้งทาหน้าโดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความผันแปรต่อน้ำหนักบรรจุของสินค้าของแป้งสีชมพูที่มีขนาดน้ำหนักบรรจุ 50 กรัม ในโรงงานผลิตเครื่องสำอางแห่งหนึ่งที่ทำการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุแป้งแบบเกลียวบรรจุ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุแป้งด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียว
2 .ลดความสูญเสียแป้งจากการบรรจุแป้งที่มีค่าความผันแปรสูง
3. เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการใช้อุปกรณ์เครื่องบรรจุอย่างถูกต้องเหมาะสม
4. ลดต้นทุนในการผลิต เพิ่มกำไรให้กับองค์กร
5. สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องบรรจุอื่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

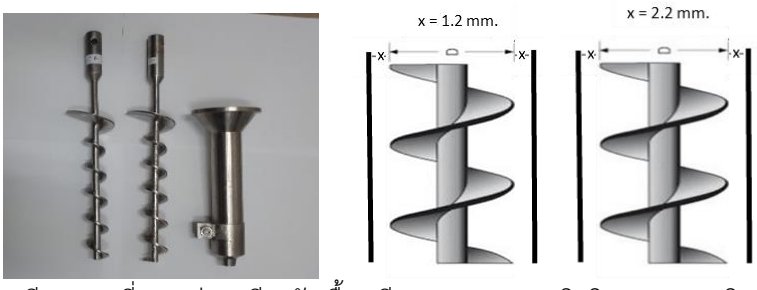
ระเบียบการวิจัย

1. คุณลักษณะผลิตภัณฑ์

ผงแป้งมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีชมพูมีกลิ่นหอม ผลิตจากผงทัลคัม (talcum) ที่ขนาดความละเอียด 325 เมช (mesh) หรือเท่ากับ 45 ไมครอน มีช่วงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ 8.3-8.9 และมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.50 - 0.6 g/cm^2, ค่าความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.25 %

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดเกลียวบรรจุแป้งที่ทำจากสแตนเลสมีระยะห่างระหว่างเกลียวกับเสื้อเกลียวของเครื่องบรรจุแบบเกลียวที่ระยะห่าง 1.2 มิลลิเมตรและที่ระยะห่าง 2.2 มิลลิเมตร



ภาพที่ 1 เกลียวบรรจุที่ระยะห่างเกลียวกับเสื้อเกลียว 1.2 และ 2.2 มิลลิเมตร (สุเมธ สิงห์ผู, 2562)

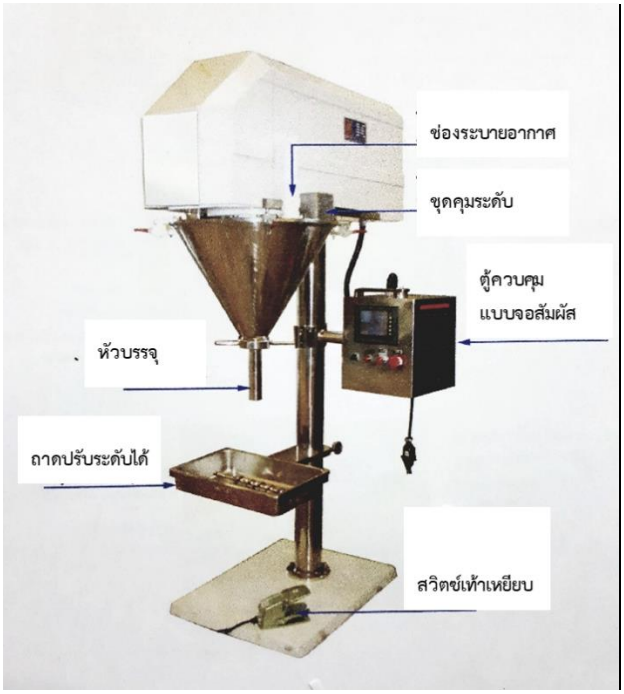
2. ชุดเกลียวบรรจุแป้งที่ทำจากสแตนเลสที่มีระยะพิตที่ 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตรของเครื่องบรรจุแบบเกลียว

ภาพที่ 2 เกลียวบรรจุระยะพิตที่ 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตร (ซ้ายไปขวา) (สุเมธ สิงห์ผู, 2562)

3. เครื่องชั่งดิจิตอลไฟฟ้าที่มีความละเอียด 0.01 กรัม เพื่อใช้ในการชั่งน้ำหนักแป้งหลังการบรรจุ

ภาพที่ 3 เครื่องชั่งดิจิตอลไฟฟ้าขนาด 2200 กรัม ค่าความละเอียด 0.01 กรัม (สุเมธ สิงห์ผู, 2562)

4. เครื่องบรรจุแป้งแบบเกลียวที่ใช้ในการทดลองบรรจุ



ภาพที่ 4 เครื่องบรรจุแป้งแบบเกลียว (คู่มือประกอบการใช้งานเครื่องบรรจุผง)

3. วิธีการและขั้นตอนดำเนินงาน

ก่อนดำเนินการผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลน้ำหนักบรรจุจากการผลิตจำนวน 5 ล็อต จำนวน 450 ตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการก่อนการปรับปรุงและทำการวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนในชั่งน้ำหนักเพื่อค่าความผันแปรของเครื่องชั่ง ค่าผันแปรของผลิตภัณฑ์ และความผันแปรจากพนักงานชั่ง เพื่อให้เกิดความแม่นยำและเที่ยงตรง เชื่อถือได้ในการชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นได้ค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้วิธีการวิเคราะห์แผนผังก้างปลา (Fish bone diagram หรือ cause and effect diagram) และวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure mode and effect analysis: FMEA) จากนั้นสร้างกราฟพาราโตแล้วคัดเลือกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุได้ 3 ปัจจัยสำคัญเรียงตามลำดับ คือ ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว ระยะพิตของเกลียวบรรจุ และความเร็วในการบรรจุแป้ง

วิธีการทดลอง

ในการทดลองหาผลกระทบต่อน้ำหนักบรรจุแป้งด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวก่อนการทดลองได้ทำการเตรียมส่วนประกอบของเครื่องบรรจุแบบเกลียวโดยการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ เช่น กรวยพักผงแป้ง แกนเพลาหัวบรรจุ ใบกวนรอบช้า แผ่นเช็คระดับผงแป้ง สกรูล็อคกรวยพักผงแป้ง ท่อรับผงแป้ง เกลียวบรรจุแป้ง เป็นต้น เช็ดด้วยผ้าสะอาดและทำการฆ่าเชื้ออุปกรณ์โดยใช้แอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 70% ส่วนผงแป้งที่ใช้ในการทดลองจะถูกลำเลียงลงกรวยพักผงแป้งด้วยระบบท่อเกลียวลำเลียง ซึ่งควบคุมสั่งงานด้วยแผ่นเช็คระดับผงแป้งในกรวยพักผงแป้งเพื่อให้รักษาระดับผงแป้งคงที่เสมอ

ภาพที่ 5 การบรรจุแป้งด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียว (สุเมธ สิงห์ผู, 2562)

หลังจากนั้นให้ทำการปรับตั้งน้ำหนักบรรจุโดยการเปิดระบบการทำงานเครื่องบรรจุแบบเกลียวทำการบรรจุแป้งลงขวดบรรจุแป้งจนกว่าน้ำหนักจะอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดแล้วจึงทำการทดลองตามปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ศึกษาผลกระทบระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว โดยมีสมมติฐาน คือ ระยะห่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุหรือไม่

ตารางที่ 1 การตั้งปัจจัยที่ใช้ในการทดลองปรับระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว

การทดลอง	**ปัจจัยระยะห่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว (มิลลิเมตร)**
ครั้งที่ 1	2.2
ครั้งที่ 2	1.2

โดยมีปัจจัยควบคุมเป็นผงแป้งล็อตเดียวกัน ความเร็วการบรรจุ 50 ชิ้นต่อนาที แล้วเก็บตัวอย่างนำมาชั่งน้ำหนักจำนวน 550 ชิ้นต่อเงื่อนไข แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผล

2. ศึกษาผลกระทบระยะพิตของเกลียวบรรจุโดยนำผลที่ได้จากปัจจัยที่ 1 คือระยะห่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวมากำหนดค่าเป็นค่าปัจจัยควบคุมในการศึกษา โดยมีสมมติฐานที่ว่าระยะพิตของเกลียวบรรจุมีผลต่อค่าความผันแปรน้ำหนักบรรจุหรือไม่

ตารางที่ 2 การตั้งปัจจัยที่ใช้ในการทดลองระยะพิตของแต่ละเกลียวบรรจุ

การทดลอง	**ปัจจัยระยะพิตของเกลียวบรรจุ (มิลลิเมตร)**
เกลียวบรรจุที่ 1	27
เกลียวบรรจุที่ 2	30
เกลียวบรรจุที่ 3	33
เกลียวบรรจุที่ 4	36
เกลียวบรรจุที่ 5	39

นำไปใช้ทดลองบรรจุน้ำหนักด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวโดยมีปัจจัย คือ ระยะห่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวเท่ากัน ผงแป้งล็อตเดียวกัน ความเร็วการบรรจุ 50 ชิ้นต่อนาที แล้วเก็บตัวอย่างนำมาชั่งน้ำหนักจำนวน 400 ชิ้นต่อเงื่อนไขแล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผล

3. ศึกษาผลกระทบความเร็วในการบรรจุโดยนำผลข้อมูลของการศึกษาที่ได้ของปัจจัยที่ 2 คือ ระยะพิตของเกลียวบรรจุมาดำเนินการทดลองโดยการตั้งสมมติฐาน คือ ความเร็วในการบรรจุน้ำหนักมีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุหรือไม่

ตารางที่ 3 การตั้งปัจจัยที่ใช้ในการทดลองปรับความเร็วในการบรรจุ

การทดลอง	ปัจจัยความเร็วในการบรรจุแป้ง (ชิ้นต่อนาที)
ครั้งที่ 1	50
ครั้งที่ 2	52
ครั้งที่ 3	54
ครั้งที่ 4	56
ครั้งที่ 5	58

แล้วนำไปใช้ทดลองบรรจุน้ำหนักด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวโดยมีปัจจัย คือ ผงแป้งล็อตเดียวกันแล้วเก็บตัวอย่างนำมาชั่งน้ำหนักจำนวน 400 ชิ้นต่อเงื่อนไขแล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผล

4. ดำเนินการเก็บข้อมูลหลังทำการดำเนินการปรับปรุงโดยเก็บข้อมูลน้ำหนักบรรจุที่มีการผลิต 5 ล็อต จำนวน 400 ตัวอย่าง และนำมาวัดวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ เพื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินการ

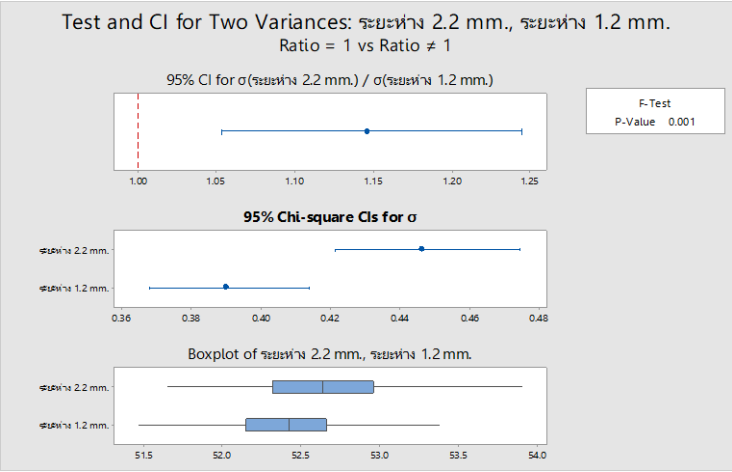
ผลการทดลอง

1. ผลการศึกษาหาสาเหตุที่มีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุแป้งแบบเกลียว พบว่า สาเหตุสำคัญมาจากเครื่องจักร คือ ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวและระยะพิตของเกลียวบรรจุมีคะแนนการประเมินมีค่าเท่ากันสูงสุด รองลงมา คือ ความเร็วที่ใช้ในการบรรจุ ทั้ง 3 ปัจจัย มีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุมากที่สุด

2. ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงพัฒนา ในการบรรจุแป้งด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวตามสาเหตุปัจจัย ดังนี้

2.1 ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว

จากภาพที่ 6 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลน้ำหนักทั้ง 2 ปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% หรือระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการตัดสินใจที่ 0.05 มีค่าความแตกต่างกันอย่างชัดเจน จนทำให้ผลการทดสอบทางสถิติมีค่าระดับการทดสอบเป็น (p-Value) เท่ากับ 0.001 ซึ่งแสดงว่าระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ และจากตารางที่ 4 พบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักบรรจุแตกต่างกัน โดยระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร มีช่วงค่าความแปรปรวนน้อยกว่าระยะห่างที่ 2.2 มิลลิเมตร



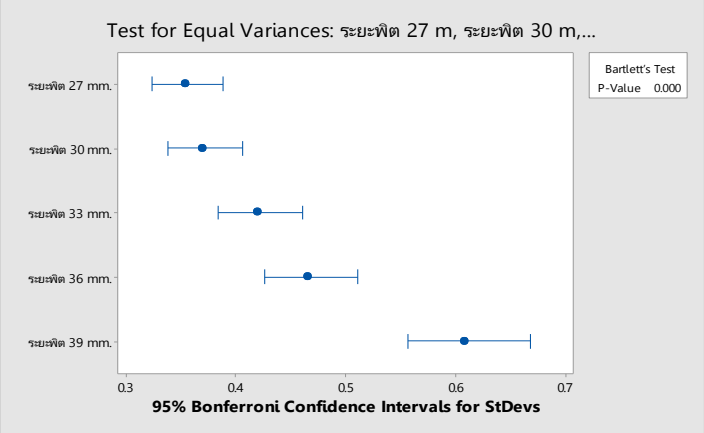
ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Minitab

ตารางที่ 4 ผลการทดลองระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว

ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุ (กรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1.2	52.417	0.390
2.2	52.649	0.446

2.2 ระยะห่างพิตของเกลียวบรรจุ

จากภาพที่ 7 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลน้ำหนักที่ระยะห่างพิตของเกลียวบรรจุทั้ง 5 ปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% หรือระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการตัดสินใจที่ 0.05 มีช่วงค่าความแปรปรวนแตกต่างกันชัดเจนมาก ทำให้ผลการทดสอบทางสถิติมีค่าระดับการทดสอบเป็น (p-Value) เท่ากับ 0.000 ซึ่งแสดงว่าระยะห่างพิตของเกลียวบรรจุมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ และจากตารางที่ 5 พบว่า ระยะพิตที่ 27 มิลลิเมตร มีช่วงความแปรปรวนของน้ำหนักบรรจุน้อยที่สุด ขณะที่ระยะพิตที่ 39 มิลลิเมตร มีช่วงความแปรปรวนมากที่สุด แสดงว่าระยะพิตของเกลียวบรรจุมากขึ้นจะทำให้ความผันแปรน้ำหนักบรรจุมากขึ้นด้วย



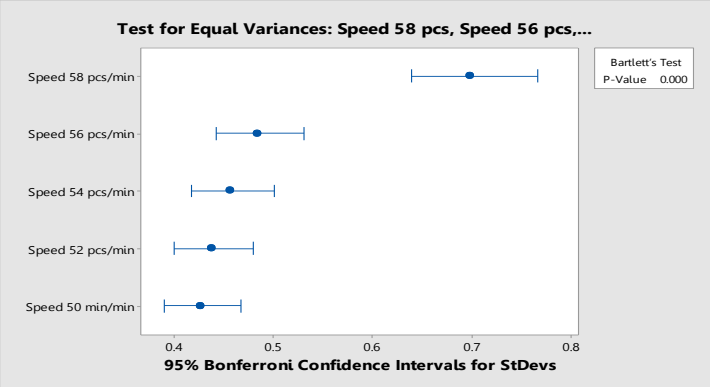
ภาพที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักบรรจุของระยะพิตต่างๆ

ตารางที่ 5 ผลการทดลองระยะพิตต่างๆโดยกำหนดระยะห่างเกลียวและเสื้อเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร

ระยะพิตของเกลียวบรรจุ (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ยการปรับน้ำหนักบรรจุ (กรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
27	52.8054	0.3534
30	52.3972	0.3691
33	52.2627	0.4189
36	51.7984	0.4654
39	51.6820	0.6076

2.3 ความเร็วในการบรรจุ

จากภาพที่ 8 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลน้ำหนักที่ความเร็วทั้ง 5 ปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% หรือระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการตัดสินใจที่ 0.05 มีช่วงค่าความแปรปรวนแตกต่างกันชัดเจนมาก ทำให้ผลการทดสอบทางสถิติมีค่าระดับการทดสอบเป็น (p-Value) เท่ากับ 0.000 ซึ่งแสดงว่าความเร็วในการบรรจุมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ และตารางที่ 6 พบว่า ความเร็วในการบรรจุที่ 50 ชิ้นต่อนาที มีช่วงความแปรปรวนของน้ำหนักบรรจุน้อยที่สุดและความเร็วในการบรรจุที่ 58 ชิ้นต่อนาที มีช่วงความแปรปรวนของน้ำหนักบรรจุมากที่สุด แสดงว่าความเร็วในการบรรจุสูงขึ้นจะส่งผลให้ความผันแปรของน้ำหนักบรรจุมากขึ้นด้วย



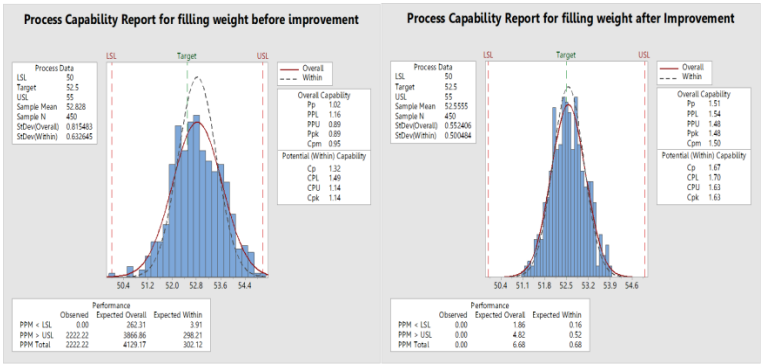
ภาพที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักบรรจุที่ความเร็วต่างๆ

ตารางที่ 6 ผลการทดลองความเร็วต่างๆที่ใช้บรรจุของเกลียวบรรจุของพิต 27 มิลลิเมตร

ระยะพิตของเกลียวบรรจุ (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ยการปรับน้ำหนักบรรจุ (กรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	52.3902	0.4259
52	52.0939	0.4372
54	52.6572	0.4562
56	52.9309	0.4834
58	52.0692	0.6980

3. การประเมินการควบคุมความผันแปร

จากภาพที่ 9 และตารางที่ 7 แสดงค่าการวัดความสามารถกระบวนการทั้ง 2 กระบวนการทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่า ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการด้านศักยภาพระยะสั้น (Cp) และค่าความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Cpk), ความสามารถของกระบวนการด้านศักยภาพระยะยาว (Pp), ค่าความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการระยะยาว (Ppk) ทั้งหมดมีค่าสูงขึ้น โดยความสามารถกระบวนการหลังการปรับปรุงมีค่ามากขึ้นและก่อนการปรับปรุงจะเห็นว่าน้ำหนักในการบรรจุมีค่าการกระจายกว้าง น้ำหนักเฉลี่ยมีค่ามากกว่าค่ากลางของน้ำหนักที่กำหนด ทำให้ความสามารถในกระบวนบรรจุต่ำ ส่วนหลังการปรับปรุงจะเห็นว่าน้ำหนักบรรจุมีค่าการกระจายแคบลง น้ำหนักเฉลี่ยในการบรรจุมีค่าใกล้เคียงกับค่ากลางของน้ำหนักที่กำหนด ทำให้ความสามารถของกระบวนการบรรจุสูงขึ้น แสดงว่ากระบวนการหลังการปรับปรุงมีความสามารถควบคุมความผันแปรในการบรรจุได้ดีขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความสามารถของกระบวนการเปลี่ยนจากระดับพอใช้เป็นระดับดีเลิศโดยพิจารณาความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการตามค่าดัชนี Cp ตามเกณฑ์ตารางที่ 8



ภาพที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 7 ผลการวัดความสามารถกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง

ค่าดัชนีชี้วัดความสามารถกระบวนการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
Cp	1.32	1.67
Cpk	1.14	1.63
Ppk	0.89	1.48
Pp	1.02	1.51

ตารางที่ 8 ลำดับของความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการตามค่าดัชนี Cp

ค่าดัชนี Cp	ลำดับความสามารถของกระบวนการ
$2.00 \geq$ Cp	ดีเหลือเชื่อ
$1.67 \leq$ Cp < 2.00	ดีเลิศ
$1.33 \leq$ Cp < 1.67	ดี
$1.00 \leq$ Cp < 1.33	พอใช้
$0.67 \leq$ Cp < 1.00	เลว
Cp < 0.67	เลวมาก

ที่มา: ค่าดัชนี Cp (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2544)

สรุปผลการวิจัย

การบรรจุแป้งทาหน้าด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ สรุปผลได้ดังนี้

1. สาเหตุที่มีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุแป้งแบบเกลียวมี 3 ปัจจัย คือ ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว ระยะพิตของเกลียวบรรจุ ความเร็วที่ใช้ในการบรรจุ

2. ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ โดยต้องกำหนดระยะห่างระหว่างเกลียวกับเสื้อเกลียวน้อยที่สุดที่ไม่เกิดการเสียดสีกันในระหว่างการบรรจุ เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายของอุปกรณ์และเครื่องจักร

3. ระยะพิตของเกลียวบรรจุมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุแป้งโดยพบว่า ระยะพิตของเกลียวบรรจุสั้นสามารถลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุได้ดีกว่าระยะพิตเกลียวบรรจุยาว

4. ความเร็วในการบรรจุมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุโดยพบว่า ความเร็วบรรจุต่ำสามารถลดความผันแปรน้ำหนักบรรจุแป้งได้ดีกว่าการใช้ความเร็วบรรจุสูง เนื่องจากผงแป้งมีอัตราการไหลสูงทำให้ไม่สามารถควบคุมปริมาณผงแป้งได้ในระหว่างการบรรจุได้

5. ความสามารถของกระบวนการบรรจุแป้งจะเพิ่มขึ้น ต้องควบคุมปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุโดยการควบคุมระยะห่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว ระยะพิตของเกลียวบรรจุและความเร็วในการบรรจุให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

[1] Alma Kurjak. (2005). The vertical screw conveyor-powder properties and Screw conveyor design (Master's thesis), Lund Institute of Technology, Sweden.

[2] Meiqiu Li, Jingbo Luo, Bangxiong Wu, and Jian Hua. (2018). Experimental research of the mechanism and particle flow in screw conveyer. *International Journal of Heat and Technology*, Vol. 36, No. 1, pp. 173-181.

[3] Aleksandra Vladimirovna Rud, Natalya Nikolayevna Evstratova, Vladimir Aleksandrovich Evstratov, Denis Vasilyeich Bogdanov, Svetlana Yurievna Lozovaya and Artem Sergeevich Lunev. (2014). Theory of vertical auger. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences,* Vol.9, No. 11, pp. 2378-2382.

[4] Hemad Zareiforoush, Mohammad Hasan Komarizadeh, and Mohammad Reza Alizadeh. (2010). A Review on Screw Conveyors Performance Evaluation During Handling Process, Journal of Scientific Review, Volume 2, Issue 1, pp. 55-63.

[5] อนุชา หิรัญวัตน์ และอัศวิน ยอดรักษ์. (2549). การวิเคราะห์หาอัตราการขนถ่ายในแนวราบของอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรู, *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 2 (1), หน้า 22-25.

[6] พันคำ ศรีอุทัย. (2552). การศึกษาพฤติกรรมสกรูลำเลียงแบบอคิเมดิส, *วารสารการประชุมด้านครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 2*, หน้า 87-92.

[7] ศุภชัย นาทะพันธ์. (2559). การออกแบบและวิเคราะห์การทดลองขั้นพื้นฐาน, กรุงเทพมหานคร: ซี เอ็ดยูเคชั่น.

[8] ปรัชญา พละพันธ์. (2560). คู่มือวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสถิติด้วย Minitab ฉบับมืออาชีพ (พิมพ์ครั้งที่ 1), นนทบุรี: ไอดีซี พรีเมียร์.

[9] กิติศักดิ์ พลอยพาณิชเจริญ. (2544). การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (พิมพ์ครั้งที่ 1), กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).