

การปรับปรุงการบรรจุภัณฑ์หน้าด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผัน
แปรของน้ำหนักบรรจุ

นายสุเมธ สิงห์ผู

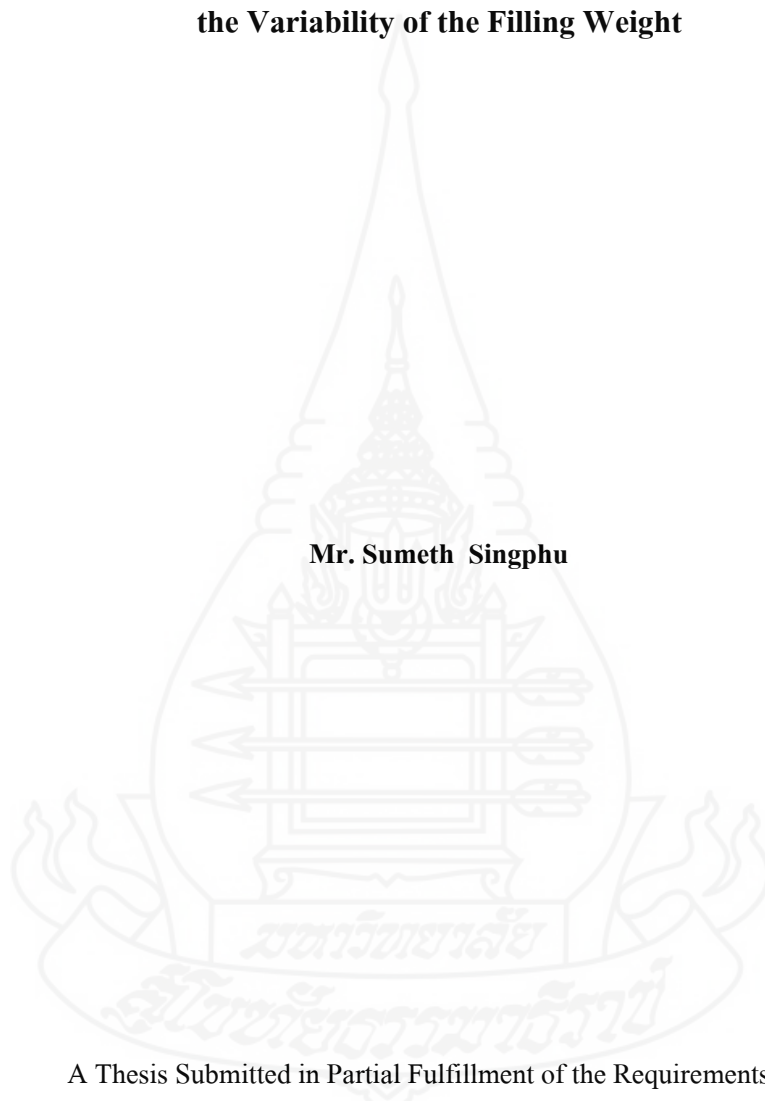


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

พ.ศ. 2562

**Filling Improvement of the Face Powder with Auger Filler Machine to Reduce
the Variability of the Filling Weight**

Mr. Sumeth Singphu



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

School of Science and Technology
Sukhothai Thammathirat Open University

2019

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงการบรรจุแป้งทาน้ำด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ
ชื่อและนามสกุล นายสุเมธ สิงห์ผู้
แขนงวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี ชีรธรรมากร
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ทิมทรัพย์

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



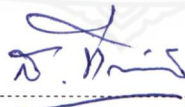
ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พรชัย ราชตะนะพันธุ์)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุภาวดี ชีรธรรมากร)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมบัติ ทิมทรัพย์)



ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรางคณา จันทร์คง)

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงการบรรจุแป้งทาน้ำด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปร
ของน้ำหนักบรรจุ

ผู้วิจัย นายสุเมธ สิงห์สุวรรณ รหัสนักศึกษา 2609600917

ปริญญา วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม)

อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี ชีรธรรมากร

(2) รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ทิฆมทรัพย์ ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาหาสาเหตุที่มีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุแป้งทาน้ำของเครื่องบรรจุแบบเกลียว (2) ศึกษาแนวทางในการปรับปรุงการบรรจุแป้งทาน้ำของเครื่องบรรจุแบบเกลียว และ (3) ประเมินผลการควบคุมความผันแปรของน้ำหนักบรรจุแป้งทาน้ำของเครื่องบรรจุแบบเกลียวหลังการปรับปรุง

การศึกษาเริ่มจากการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังสาเหตุ นำมาวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง และแผนภูมิพาเรโต เพื่อคัดเลือกปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุแป้งทาน้ำ จากนั้นจึงทำการออกแบบการทดลองที่ละเอียดถี่ถ้วนเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงในการบรรจุทาน้ำ

ผลการวิจัย พบว่า (1) สาเหตุสำคัญที่มีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุแป้งทาน้ำ คือ ระยะห่างเกลียวบรรจุกับเปลือกเกลียว ระยะพิทของเกลียวบรรจุ และความเร็วของการบรรจุ (2) แนวทางการปรับปรุง คือ เกลียวบรรจุแป้งทาน้ำควรมีระยะห่างเกลียวบรรจุกับเปลือกเกลียวอยู่ที่ 1.2 มิลลิเมตร ระยะพิทของเกลียวบรรจุ 27 มิลลิเมตร และความเร็วที่เหมาะสมในการบรรจุ 50 ชั้นต่อนาที และ (3) ประเมินผลการควบคุมหลังการปรับปรุง ทำให้ดัชนีความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้นจาก 1.32 เป็น 1.71 เปลี่ยนจากระดับพอใช้เป็นดีเลิศและสามารถลดความเบี่ยงเบนของน้ำหนักบรรจุจาก 0.82 กรัม เป็น 0.55 กรัม

คำสำคัญ แป้งทาน้ำ เครื่องบรรจุแป้งแบบเกลียว การปรับปรุงการบรรจุแป้ง

Thesis title: Filling Improving of the Face Powder with Auger Filler Machine to Reduce the Variability of the Filling Weight

Researcher: Mr.Sumeth Singphu; **ID:** 2609600917;

Degree: Master of Science (Industrial Technology);

Thesis advisors: (1) Dr.Supawadee Theerathummakorn, Associate Professor;

(2) Dr.Sombut Threekhachap, Associate Professor; **Academic year:** 2019

Abstract

The objective of this research is (1) to study the causes that effect the filling weight variation of the face powder with the Auger filling machine; (2) to study the ways to improve the filling of the face powder with Auger filling machine; and (3) the evaluation of controlling the filling weight variation of the face powder with the Auger filling machine after improvement.

The study was done by brainstorming to analyze relevant factors with the cause and effect diagram, the failure mode and effect analysis, the Pareto Chart for selecting factors affect to filling weight variation of the face powder. Then the experiment was designed one by one to find ways to improve filling.

The result showed that (1) the factors affect the filling weight variation of face powder were filling screw casing clearance, the size of filling screw pitch and the filling speed; (2) the filling improvement was filling screw should have 1.2 millimeter of screw casing clearance, 27 millimeter of the filling screw pitch, and the suitable speed of filling was 50 pieces per minute; and (3) the evaluation of control process capability index increased from 1.32 to 1.71, changed from adequate to excellent process level and decreased weight deviation from 0.82 gram to 0.55 gram.

Keywords: Face powder, Auger filling machine, Filling improvement

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยฉบับนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร. สุภาวดี ชีรธรรมากร อาจารย์ที่ปรึกษาและรองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ทิฆมทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในการวิจัย ซึ่งได้ให้คำปรึกษา ความรู้ คำแนะนำ ตลอดถึงแนวคิด หลักการดำเนินงานวิจัยและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนทำให้การค้นคว้าวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. พรชัย ราชตะนะพันธ์ ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการสอบการค้นคว้าวิจัย รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะ และหลักการคิดเป็นอย่างดีตั้งแต่การเสนอโครงร่างและการปรับปรุงในการทำการค้นคว้าวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และเพื่อนนักศึกษานักศึกษานิติศาสตร์และเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและกำลังใจด้วยดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ ส่งเสริมและสนับสนุนความสำเร็จทุกด้านในชีวิตของผู้วิจัย

ท้ายสุดนี้ หากมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการค้นคว้าวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ไม่มากนักน้อยกับนักวิจัยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจที่จะนำข้อมูลหรือแนวคิดต่าง ๆ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

สุเมธ สิงห์ผู้

ตุลาคม 2562

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
2. วัตถุประสงค์การศึกษา.....	3
3. กรอบแนวคิดการวิจัย.....	3
4. ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
5. นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	5
1. การทบทวนวรรณกรรม เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	10
3. การวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการ.....	41
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	45
1. กำหนดขอบเขตและกลุ่มตัวอย่างของผลิตภัณฑ์.....	45
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	46
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	46
4. การวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผล.....	52
5. สรุปผลการวิจัย.....	54
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	55
1. ผลการศึกษากระบวนการผลิต.....	55
2. ผลการค้นหาคำปัญหา.....	58
3. ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด.....	60
4. ผลการวัดความสามารถของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง.....	63

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. ผลการศึกษาระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับลื้อเกลียว.....	64
6. ผลการศึกษาระยะพิตของเกลียวบรรจุ.....	65
7. ผลการศึกษาความเร็วในการบรรจุ.....	67
8. ผลการวัดความสามารถของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง.....	69
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	72
1. สรุปการวิจัย.....	72
2. อภิปรายผล.....	75
3. ข้อเสนอแนะ.....	77
บรรณานุกรม.....	79
ภาคผนวก.....	83
ก. เกณฑ์ต่าง ๆ ในการพิจารณาของการวิจัย.....	84
ข. ผลข้อมูลการชั่งน้ำหนักของการวิเคราะห์ระบบการวัด.....	91
ค. ผลข้อมูลน้ำหนักก่อนการปรับปรุง.....	95
ง. ผลข้อมูลน้ำหนักและการวิเคราะห์ของแต่ละปัจจัย.....	98
จ. ผลข้อมูลน้ำหนักและการวิเคราะห์หลังการปรับปรุง.....	132
ฉ. ขนาดชุดเกลียวบรรจุแป้ง.....	137
ประวัติผู้วิจัย.....	138

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	ขนาดเกลียวออร์เกอร์ต่างๆเทียบกับแป้งมัน.....16
ตารางที่ 2.2	สัญลักษณ์ ความหมายของกระบวนการ.....28
ตารางที่ 2.3	ค่าวิกฤติของ Z ของแบบการทดสอบแบบทางเดียวและสองทาง.....40
ตารางที่ 3.1	ค่าดัชนี CP กับความสามารถของกระบวนการ..... 52
ตารางที่ 3.2	เกณฑ์การยอมรับระบบการวัด..... 52
ตารางที่ 4.1	แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตแป้ง..... 57
ตารางที่ 4.2	สรุปค่าคะแนนความเสี่ยงที่ส่งผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุ..... 59
ตารางที่ 4.3	ผลการทดสอบวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินผลระบบการวัด..... 61
ตารางที่ 4.4	ผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลระยะห่างเกลียวบรรจุกับสื่อเกลียว..... 64
ตารางที่ 4.5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลระยะห่างเกลียวบรรจุกับสื่อเกลียว..... 64
ตารางที่ 4.6	ผลการวิเคราะห์การทดสอบความแตกต่างทางสถิติของระยะห่างเกลียว บรรจุกับสื่อเกลียว..... 65
ตารางที่ 4.7	ผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลระยะพิตเกลียวบรรจุต่าง ๆ.....66
ตารางที่ 4.8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลระยะพิตเกลียวบรรจุต่าง ๆ.....66
ตารางที่ 4.9	ผลการวิเคราะห์การทดสอบความแตกต่างทางสถิติของระยะพิตเกลียวบรรจุ..... 67
ตารางที่ 4.10	ผลการวิเคราะห์การแจกแจงความเป็นปกติของข้อมูลความเร็วบรรจุต่าง ๆ.....68
ตารางที่ 4.11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความเร็วบรรจุ.....68
ตารางที่ 4.12	ผลการวิเคราะห์การทดสอบความแตกต่างทางสถิติของระยะพิตเกลียวบรรจุ..... 69
ตารางที่ 4.13	ผลการเปรียบเทียบความสามารถกระบวนการบรรจุก่อนและหลังการปรับปรุง.... 71

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1	สินค้าแป้งฝุ่นที่ขายในท้องตลาดทั่วไป..... 11
ภาพที่ 2.2	ฉลากระบุส่วนประกอบของสินค้า.....13
ภาพที่ 2.3	เครื่องบรรจุแบบเกลียว..... 14
ภาพที่ 2.4	ส่วนประกอบกรวยบรรจุผง..... 15
ภาพที่ 2.5	เกลียวลำเลียง..... 17
ภาพที่ 2.6	ลักษณะขนาดต่าง ๆ เกลียวลำเลียง..... 19
ภาพที่ 2.7	ปัจจัยหลักที่นำมาวิเคราะห์แผนผังสาเหตุและผล หรือแผนผังก้างปลา..... 23
ภาพที่ 2.8	หลักการวิเคราะห์โดยใช้แผนผังสาเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลา..... 23
ภาพที่ 2.9	ตัวอย่างการวิเคราะห์โดยใช้ FMEA..... 22
ภาพที่ 2.10	ตัวอย่างใบตรวจสอบคุณภาพ.....25
ภาพที่ 2.11	ตัวอย่างกราฟเส้น..... 26
ภาพที่ 2.12	ตัวอย่างกราฟวงกลม..... 26
ภาพที่ 2.13	กราฟพารโด..... 27
ภาพที่ 2.14	แผนภูมิควบคุม..... 29
ภาพที่ 2.15	แผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน..... 30
ภาพที่ 2.16	แผนภูมิควบคุม X bar -R Chart..... 31
ภาพที่ 2.17	การออกแบบจำลองการทดลอง..... 32
ภาพที่ 2.18	กราฟความน่าจะเป็นและค่าการกระจายตัวของตัวอย่าง..... 35
ภาพที่ 2.19	กราฟลักษณะการเรียงตัวของจุดตัดเมื่อข้อมูลไม่เป็น Normal distribution..... 36
ภาพที่ 2.20	กราฟเมื่อข้อมูลเป็น Normal distribution โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Minitab..... 36
ภาพที่ 2.21	กราฟเมื่อข้อมูลไม่เป็น Normal distribution โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Minitab..... 37
ภาพที่ 2.22	ขอบเขตวิกฤติ ใช้ z-test เป็นสถิติทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ(α) เป็น .05..... 40
ภาพที่ 2.23	ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการ..... 43
ภาพที่ 3.1	เกลียวบรรจุที่ระยะห่างเกลียวบรรจุกับเส้นเกลียวที่ 1.2, 2.2 มิลลิเมตร..... 48
ภาพที่ 3.2	เกลียวบรรจุที่ระยะพิต 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตร..... 50
ภาพที่ 4.1	ขั้นตอนการผลิตสินค้าแป้งฝุ่นทาหน้า..... 55
ภาพที่ 4.2	ผลการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา..... 58

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4.3 แผนภูมิพาเรโตแสดงลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตสินค้าแป้ง.....	60
ภาพที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด.....	62
ภาพที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการบรรจุแป้งก่อนการปรับปรุง.....	63
ภาพที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการบรรจุแป้งหลังการปรับปรุง.....	70



บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันตลาดเครื่องสำอางมีการแข่งขันค่อนข้างสูง จากข้อมูลศูนย์วิจัยกสิกรไทย พบว่าตลาดเครื่องสำอางในประเทศไทยยังมีแนวโน้มขยายตัวได้อย่างต่อเนื่องจากแรงหนุนทั้งอุปสงค์และอุปทาน โดยการส่งออกเครื่องสำอางไทยไปยังตลาดโลกมีมูลค่าประมาณ 8.3 หมื่นล้านบาท และขณะที่ในช่วง 8 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2561 มีการส่งออกเครื่องสำอางของไทยมีมูลค่ากว่า 6.2 หมื่นล้านบาท ขยายตัวร้อยละ 15.1 โดยมีตลาดที่สำคัญ ได้แก่ อาเซียน ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย และ จีน เป็นต้น (อ้างอิง: <https://www.smeone.info/event-detail/5034>) แสดงให้เห็นว่าในการผลิตเครื่องสำอางของประเทศไทยมีพัฒนาการ การเติบโต ขยายกำลังการผลิตอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทั้งอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ โดยเฉพาะการดำเนินกิจการอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือที่เรียกว่า SME ได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากหน่วยงานของรัฐบาลไม่ว่าจะเป็นเรื่อง การเงิน การลงทุน การบริหารจัดการเพื่อให้สามารถดำเนินการแข่งขันและอยู่รอดได้ ซึ่งในการดำเนินการธุรกิจทุกขนาดต้องอาศัยความรู้ความสามารถหลายอย่างเช่น การผลิต การตลาด การจัดส่ง การจัดการบุคคลากร ทรัพยากรต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ คู่แข่งและสร้างประโยชน์ให้องค์กรมากที่สุด

ในการดำเนินธุรกิจผลิตเครื่องสำอางทั้งแบบ ODM (Original Design Manufacture) ซึ่งเป็นการผลิตเพื่อดำเนินการด้านการตลาดด้วยองค์กรเองและแบบ OEM (Original Equipment Manufacturer) เป็นการรับจ้างการผลิตให้กับองค์กรอื่นจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนา ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง ระบบการดำเนินการด้านการผลิตให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายตามความต้องการตลาดและให้ระบบการผลิตทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อความพึงพอใจของลูกค้าทั้งในด้านคุณภาพ ด้านราคา ด้านบริการบริการ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มกำไร ลดต้นทุน และสามารถทำให้องค์กรเติบโต มั่นคง ยั่งยืน อยู่รอดตามแนวทางธุรกิจขององค์กรนั้น ๆ ดังนั้นการเพิ่มผลกำไร ในมุมมองการผลิตสามารถทำได้โดยการลดต้นทุนในการผลิต เช่น การปรับปรุงการผลิต การพัฒนาเครื่องจักร อุปกรณ์ให้สามารถทำการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ การปรับปรุงมาตรฐานการ

ทำงานให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพ การลดของเสียในการผลิต การลดจำนวนทรัพยากรต่างๆที่ใช้ ในระหว่างการผลิต การพัฒนาและอบรมบุคลากรในองค์กรให้มีทักษะ ความรู้ ความชำนาญ ความสามารถมากขึ้น เพื่อนำไปปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องเต็มกำลังความสามารถในองค์กร และมีความปลอดภัย ซึ่งเป็นการสร้างผลกำไรให้กับองค์กรทั้งสิ้น

สำหรับการศึกษานี้เป็นการศึกษาขบวนการบรรจุแป้งทาน้ำของโรงงานผลิตเครื่องสำอางแห่งหนึ่งที่รับจ้างผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (make to order) เนื่องจากมียอดการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากปี 2558 ยอดการผลิตจำนวน 14,108,946 ชิ้น ในปี 2559 ยอดการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 16,324,098 ชิ้นในปี 2560 ยอดการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 18,661,877 ชิ้นและในปี 2561 ยอดการผลิตเพิ่มขึ้นอีกเป็นจำนวน 29,406,387 ชิ้นต่อปี จึงได้นำข้อมูลการผลิตปี 2561 มาวิเคราะห์จำนวนการผลิตในด้านปริมาณบรรจุและหาสัดส่วนจำนวนของแต่ละขนาดบรรจุพบว่า มีการผลิตแป้งทาน้ำขนาดบรรจุ 50 กรัม มีอัตราส่วนร้อยละ 82.99 หรือ 24,404,360 ชิ้น ของยอดการผลิตทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่า ในการผลิตแป้งทาน้ำขนาด 50 กรัมมีการผลิตแป้งทาน้ำสีชมพูมากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 45.23 หรือจำนวน 11,038,092 ชิ้น รองลงมาคือแป้งสีฟ้าร้อยละ 35.48 หรือ 8,658,666 ชิ้นและแป้งสีเนื้อน้ำตาลร้อยละ 19.29 หรือ 4,707,601 ชิ้น

ในการบรรจุแป้งทาน้ำจะใช้เครื่องบรรจุผงแบบเกลียวบรรจุแบบกึ่งอัตโนมัติบรรจุผงแป้งลงขวดและควบคุมน้ำหนักโดยการควบคุมจำนวนรอบการหมุนของเกลียว และปริมาณผงแป้งในภาชนะบรรจุแป้ง ส่วนการปรับตั้งน้ำหนักสามารถปรับจำนวนรอบความเร็วการหมุนของเกลียวบรรจุเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ ก่อนนำไปชั่งหาน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่เหมาะสมเพื่อหาน้ำหนักที่ต้องการบรรจุตามชนิดของสินค้า ในการควบคุมน้ำหนักบรรจุแป้งทาน้ำเพื่อให้ได้คุณภาพอย่างถูกต้องในแต่ละขนาดบรรจุมีการกำหนดค่าชั่งน้ำหนักบรรจุที่ยอมรับได้ไว้ให้สูงกว่าปริมาณระบุข้างขวดโดยขนาดปริมาณ 50 กรัม มีการกำหนดน้ำหนักบรรจุอยู่ที่ 50 – 55 กรัม มีช่วงค่าน้ำหนักอยู่ที่ 5 กรัม จากการศึกษาข้อมูลในปัจจุบันในการบรรจุแป้งขนาดบรรจุแป้ง 50 กรัมโดยใช้เครื่องบรรจุแป้งแบบเกลียวเก็บตัวอย่าง 90 ชิ้น นำไปชั่งน้ำหนักพบว่า 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 ชิ้นส่งผลให้ใช้ผงแป้งในการบรรจุประมาณ 1,298,312 กิโลกรัม หากสามารถลดค่าในการบรรจุให้แคบลงหรือลดน้ำหนักการบรรจุลงขวดละ 1 กรัมจะลดผงแป้งลง 24,404,360 กรัมหรือเท่ากับ 24,404 กิโลกรัม

สามารถนำไปผลิตแป้งทาลาน้ำเพิ่มอีก 464,838 ชี้นและลดปริมาณการสูญเสียที่เกิดจากการบรรจุ
น้ำหนักลงได้ซึ่งเป็นการลดการใช้วัตถุดิบ ลดการใช้ทรัพยากร ลดค่าใช้จ่าย ลดต้นทุนในการผลิต

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเพื่อการปรับปรุงการบรรจุแป้งทาลาน้ำ
ด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความความผันแปรของน้ำหนักบรรจุและนำผลการวิจัยมาใช้ในการ
ปรับปรุง ควบคุมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาหาสาเหตุที่มีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุแป้งทาลาน้ำของเครื่อง
บรรจุแบบเกลียว
- 2.2 เพื่อศึกษาแนวทางในการปรับปรุงการบรรจุแป้งทาลาน้ำของเครื่องบรรจุแบบ
เกลียว
- 2.3 เพื่อประเมินผลการควบคุมความผันแปรของน้ำหนักบรรจุแป้งทาลาน้ำของเครื่อง
บรรจุแบบเกลียวหลังการปรับปรุง

3. กรอบแนวคิดการวิจัย



4. ขอบเขตของงานวิจัย

ดำเนินการศึกษาในงานในขบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แป้งทาลาน้ำ โดยการหาปัจจัยที่มีผลต่อ
ความผันแปรต่อน้ำหนักบรรจุของสินค้าของแป้งสาลีที่มีขนาดน้ำหนักบรรจุ 50 กรัม

4.1 ตัวอย่างและการลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ตัวอย่างคือผลิตภัณฑ์แปรงทาหน้าสีชมพูที่ผ่านการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวตามปัจจัยหรือเงื่อนไขของการศึกษา เก็บจำนวนตัวอย่าง ชั่งน้ำหนัก บันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล

4.2 ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ทำการศึกษาขบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แปรงทาหน้า โดยทำการศึกษาเฉพาะแปรงทาหน้าชนิด A สีชมพู กำหนดปริมาณบรรจุที่ 50 กรัมและทำการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวบรรจุ โดยใช้เครื่องบรรจุที่โรงงานรับจ้างผลิตเครื่องสำอางแห่งหนึ่ง

4.3 ตัวแปรที่ศึกษา ประกอบด้วย

ตัวแปรอิสระ คือ ปัจจัยที่ทำการศึกษาที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุของแปรงทาหน้าสีชมพู สามารถหาได้จากทฤษฎีการวิเคราะห์หาผลกระทบที่สำคัญ ได้แก่ ระยะห่างเกลียวบรรจุกับเกลียว ระยะพิตเกลียวบรรจุ และความเร็วในการบรรจุ

ตัวแปรตาม คือ น้ำหนักบรรจุแปรงที่ได้หลังการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียว

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 เกลียวบรรจุ คือ สกรูเกลียวที่ใช้ในการลำเลียงแป้งเข้าสู่ขวดบรรจุแป้ง

5.2 เกลียว คือ ท่อลำเลียงแป้งทำจากโลหะเป็นสแตนเลสใช้สวมสกรูเกลียวส่งแป้ง

5.3 ระยะพิต คือ ระยะความยาวของเกลียวสกรูของเกลียวบรรจุ

5.4 แปรงทาหน้า คือ แปรงฟันสีต่าง ๆ ที่บรรจุลงขวดด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียว

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 ลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุแป้งด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียว

6.2 ลดความสูญเสียแป้งจากการบรรจุแป้งที่มีค่าความผันแปรสูง

6.3 เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยการใช้อุปกรณ์เครื่องบรรจุอย่างถูกต้องเหมาะสม

6.4 ลดต้นทุนในการผลิต เพิ่มกำไรให้กับองค์กร

6.5 สามารถนำแนวทางไปประยุกต์ใช้กับเครื่องบรรจุอื่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้น

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยการปรับปรุงการบรรจุภัณฑ์หน้าด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมทั้งเอกสารวิชาการ หนังสือ คู่มือ บทความอื่นที่มีความเกี่ยวข้อง เช่น ความรู้เกี่ยวกับแป้งฝุ่นหน้า เครื่องบรรจุแบบเกลียว รวมทั้งศึกษานำเครื่องมือต่าง ๆ เช่น แผนภาพสาเหตุและผล(Cause and Effect Diagram) หรือเรียกอีกอย่างว่า แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure mode and effect analysis: FMEA) เพื่อประเมินความเสี่ยง แผนผังพาเรโต(Pareto Diagram) การวิเคราะห์ระบบการวัด (Gauge R&R) การวัดความสามารถของกระบวนการ (Process capability) และการออกแบบการทดลอง(Design of Experiment) การทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อให้เหมาะสมกับการปรับปรุงพัฒนาของงานวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การทบทวนวรรณกรรม เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงการบรรจุภัณฑ์หน้าด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเนื้อหาครอบคลุมดังนี้

1.1 การวัดความสามารถของกระบวนการ

ความสามารถกระบวนการแสดงเป็นค่าบ่งบอกกระบวนการผลิตมีความสามารถที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ได้ตามข้อกำหนดหรือไม่เพียงใดต้องมีการศึกษากระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุงตัวอย่าง เช่น งานวิจัยของ ไพโรจน์ ส่งสุข (2550) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดความผันแปรน้ำหนักบรรจุของเครื่องบรรจุแป้งโดยใช้วิธีทางสถิติได้ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักบรรจุก่อนและหลังการปรับปรุงชั่วโมงละ 5 ชิ้นเป็นเวลา 3 วันรวม 120 ข้อมูล แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการด้วยโปรแกรม Minitab ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินการและงานวิจัยของวสิน พันธุ์เมฆากุล (2552) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดความผันแปร

น้ำหนักรบรรจุผลิตภัณฑ์ของเครื่องบรรจุ Filpac โดยใช้หลักการออกแบบการทดลองได้ทำการเก็บ น้ำหนักที่ได้จากหัวบรรจุจำนวน 50 ตัวอย่างแล้วนำมาวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการก่อน การปรับปรุง เช่นเดียวกับอภิรดี ไชยชมภู (2558) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดน้ำหนักบรรจุ ผลิตภัณฑ์หมูสามชั้นสไลด์ให้อยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะ โดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกมา แล้วนำข้อมูล น้ำหนักรบรรจุที่เก็บได้ช่วงเดือนมกราคมในปี 2558 จำนวน 430 ข้อมูลมาทำการวิเคราะห์วัด ความสามารถของกระบวนการด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อประเมินผล

ดังนั้น ในการวัดความสามารถของกระบวนการจะใช้ในการศึกษาก่อนและหลังการปรับ ประปรุงเป็นการหาค่าหรือดัชนีชี้วัดว่า กระบวนการที่ดำเนินการผลิตมีค่าความสามารถอยู่ที่ระดับใด เพื่อใช้เป็นข้อมูลการศึกษาเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการดำเนินการปรับปรุงพัฒนาแล้วทำ ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรต่อกระบวนการผลิตนั้น ๆ

1.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบการวัดเป็นการสร้างความมั่นใจในการเปลี่ยนแปลงของ กระบวนการว่า จะไม่เกิดจากความผิดพลาดของเครื่องวัดและพนักงานที่ทำกรวัด โดยงานวิจัยของ ไพโรจน์ ส่งสุข (2550) เกี่ยวกับการลดความผันแปรน้ำหนักบรรจุของเครื่องบรรจุแป้งโดยใช้วิธี ทางสถิติ พบว่า มีการวิเคราะห์ระบบการวัดโดยการสุ่มนำตัวอย่างระหว่างการผลิตจำนวน 8 ชิ้นให้ พนักงานจำนวน 2 คนทำการชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล โดยพนักงานหนึ่งคนวัดซ้ำ 2 ครั้งแล้วนำมา วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab และงานวิจัยของอภิรดี ไชยชมภู (2558) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการ ลดน้ำหนักบรรจุผลิตภัณฑ์หมูสามชั้นสไลด์ให้อยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะ โดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิก มา ได้เลือกชิ้นงานในการวัด คือสินค้าสามชั้นสไลด์ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัมที่บรรจุลงถุง 20 ถุงโดย การสุ่มพนักงานที่ทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักมา 4 คนทำการชั่งน้ำหนักคนละ 3 ซ้ำ แล้วนำไปวิเคราะห์ ระบบการวัดผลด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อประเมินผล และงานวิจัยของปาริชาติ บุญเกลี้ยง (2552) ได้ศึกษาการลดความผันแปรของขนาดหน้ากว้างของเทปโพลีเอคริลิกในกระบวนการตัดโดยใช้ แนวคิดซิกซ์ ซิกมา ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดโดยการให้พนักงานที่ผ่านการอบรมแล้วจำนวน 2 คนใช้เวอร์เนีย คาลิเปอร์วัดชิ้นงานจำนวน 20 ชิ้น คนละ 3 ซ้ำแล้วนำข้อมูลที่วัดได้ไปวิเคราะห์ ผลด้วยโปรแกรม Minitab เช่นกัน

ดังนั้น การวิเคราะห์ระบบการวัดทำโดยนำจำนวนสิ่งตัวอย่างคูณจำนวนพนักงานวัด ต้องมากกว่า 16 และต้องให้ครอบคลุมย่านการวัดตลอดช่วงการวัดของระบบวัดเพื่อสร้างความ เชื่อถือในเครื่องมือวัดที่ใช้งาน

1.3 การศึกษากระบวนการผลิต

เป็นการศึกษาขั้นตอนและแผนภูมิในกระบวนการผลิตเพื่อให้เข้าใจการทำงานได้ดีและสามารถใช้เป็นแนวทางในการระบุปัจจัยที่ทำการป้อนเข้ากระบวนการผลิตที่ศึกษา นอกจากนี้ยังช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุ ปัจจัยที่นำไปสู่ปัญหาเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุง โดยงานวิจัยของไพโรจน์ ส่งสุข (2550) การลดความผันแปรน้ำหนักรรจุของเครื่องบรรจุแป้งโดยใช้วิธีทางสถิติ ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตแป้งและอธิบายในแผนภูมิกระบวนการไว้ในขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเริ่มตั้งแต่รับวัตถุดิบจากคลังสินค้าจนถึงส่งสินค้าเข้าคลังสำเร็จรูปจำหน่าย เช่นเดียวกับ อภิรดี ไชยชมภู (2558) ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตและอธิบายไว้ในผลการวิจัยในขั้นตอนกระบวนการผลิตสามชั้นสไลด์ใน โดยเริ่มตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบ นำเข้าเครื่องสไลด์ ตัดแต่ง บรรจุลง ปิดถุงด้วยระบบสุญญากาศ จัดสินค้าตามคำสั่งซื้อจนถึงการจัดเก็บเข้าห้องเย็นเพื่อรอการจัดส่งให้ลูกค้า

สำหรับกระบวนการผลิตแป้งทาน้ำมีขั้นตอนสำคัญได้แก่ การรับวัตถุดิบ การผสมวัตถุดิบตามสูตรการผลิต การบรรจุแป้งและแพคเกจจิ้งส่วนประกอบ นำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเข้าจัดเก็บคลังสินค้ารอจัดจำหน่าย

1.4 การหาสาเหตุของปัญหา

เป็นการระบุสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษา แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่ส่งผลกระทบตามลำดับความสำคัญ ส่วนใหญ่งานที่พบเป็นการใช้แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect diagram) ตัวอย่างเช่น ไพโรจน์ ส่งสุข (2550) ได้ใช้แผนผังสาเหตุและผลในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีความสัมพันธ์กับปัญหาความผันแปรต่อน้ำหนักรรจุแป้งโดยระดมมันสมองผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องเพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อน้ำหนักรรจุแป้ง ต่อจากนั้นได้ใช้หลักการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) โดยการประเมินความเสี่ยงด้านความรุนแรง โอกาสการเกิด การตรวจจับ หากค่าเป็นตัวเลขเพื่อนำไปจัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความผันแปรน้ำหนักรรจุแล้วนำค่าตัวเลขที่ได้ไปพล็อตกราฟพารโดเพื่อแสดงปัญหาหรือปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักรรจุแป้งที่มีความสำคัญเรียงตามลำดับเพื่อคัดเลือกที่ส่งผลกระทบหลักคือ ระยะระหว่างเกลียวสกรู ความเร็วของใบกวนเครื่องบรรจุ ความเร็วของเกลียวบรรจุแล้วปัจจัยนำไปศึกษาวิจัย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ อภิรดี ไชยชมภู (2558) และ สุภกร เบ็ญจวิไลกุล (2556) ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ด้วยแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

อาศัยผู้เชี่ยวชาญ เช่น ผู้จัดการผลิต หัวหน้าส่วนผลิต พนักงานผลิต หัวหน้าส่วนในงานวิศวกรรม โดยทำการวิเคราะห์ตามหลัก 4M 1E อันได้แก่ คน (Man), วิธีการ (Method), เครื่องจักร (Machine), วัสดุดิบ (Material) และสิ่งแวดล้อม (Environment) ทำการระบุสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหามากที่สุด และประเมินตัวเลขความเสี่ยงคือ ความรุนแรงของความผิดพลาด โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด และโอกาสที่พบ หลังจากนั้นจัดลำดับค่าคะแนนได้ปัจจัยที่เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา ที่ศึกษาหรือวิเคราะห์หาสาเหตุในกระบวนการแล้วใช้วิธีวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจาก ลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) ในการเข้าถึงปัญหาอย่างเป็นระบบ ทำการประเมินค่าคะแนนความเสี่ยงเพื่อเรียงลำดับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ นำไปพล็อตกราฟ พาราโตหาปัจจัยหลักสำคัญเพื่อนำไปออกแบบการปรับปรุงต่อไป

1.5 การปรับปรุงและการออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ผล

เป็นการคัดเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหานำไปออกแบบการทดลอง ตั้งสมมติฐานแล้วหาจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองจึงดำเนินการทดลองและควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเก็บข้อมูลนำไปวิเคราะห์ผล ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ ไพโรจน์ ส่งสุข (2550) ได้ศึกษา การลดความผันแปรน้ำหนักบรรจุของเครื่องบรรจุแป้งโดยใช้วิธีทางสถิติ ได้นำปัจจัยที่คัดเลือกมา ทั้ง 3 ปัจจัยคือ ระยะระหว่างเกลียว ความเร็วของใบกวนเครื่องบรรจุ ความเร็วของเกลียวบรรจุมา ทำการศึกษาโดยการตั้งสมมติฐานสำหรับการทดลองเพื่อนำไปทำการพิสูจน์สมมติฐานว่าถูกต้องหรือไม่ จากนั้นออกแบบจำนวนตัวอย่างโดยกำหนดความผิดพลาดชนิดที่ 1 (α) ที่ 5% หรือใช้ค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และกำหนดความผิดพลาดชนิดที่ 2 (β) เท่ากับ 0.1 เพื่อคำนวณหาจำนวน ตัวอย่างเพื่อให้ได้กำลังการทดสอบที่ 0.9 แล้วจึงดำเนินการทดลองในแต่ละปัจจัย บันทึกเก็บ ตัวอย่างน้ำหนักแล้วนำข้อมูลที่ได้อันไปวิเคราะห์ผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์โดยทำตามเงื่อนไขการ ทดสอบทางสถิติที่นำมาใช้ในการทดสอบ (กำหนดความเชื่อมั่นที่ 95%) สรุปผลโดยพบว่า ปัจจัยที่ ส่งผลต่อความผันแปรของน้ำหนักรูปร่างของเครื่องบรรจุคือ พบว่า ระยะห่างของเกลียวบรรจุแต่ละ เกลียวในสกรูเกลียวเดียวกันเท่านั้นที่มีผลต่อน้ำหนักรูปร่าง จึงทำการควบคุมให้ได้ระยะห่างทุก เกลียวเท่ากับ 26 มิลลิเมตร(จากการทดลองระยะเกลียวที่ 25.53,26.25,26.05,26.3,26.0,27.25 มิลลิเมตร) แล้วสามารถลดความเบี่ยงเบนของน้ำหนักรูปร่างจาก 1.052 กรัมเป็น 0.93 กรัมสามารถ ลดความผันแปรของน้ำหนักรูปร่างได้โดยพบว่า ดัชนีความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้นจาก 0.79 เป็น 0.93 และงานวิจัยของวสิน พันธุ์เมฆากุล (2552) การลดความผันแปรน้ำหนักรูปร่าง ผลิตภัณฑ์ของเครื่องบรรจุ Filpac โดยใช้หลักการออกแบบการทดลองได้ทำการหาตัวอย่างด้วย

โปรแกรมมินิแทบ โดยการใช้ปัจจัยในการศึกษาพร้อมกันทั้ง 2 ปัจจัยแบบแฟกต์เรียลดีไซส์ (2level factorial design) เป็นการศึกษาผลอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยที่มีผลต่อน้ำหนักบรรจุแล้วทำการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Minitab กำหนดลำดับและรูปแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง เก็บบันทึกตัวอย่างน้ำหนักและนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Minitab โดยทำการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขการทดสอบทางสถิติที่นำมาใช้ในการทดสอบ แล้วทำการสรุปผลการทดลอง โดยพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุของเครื่องบรรจุ คือความเร็วในการดูดด้วย และความเร็วในการบรรจุด้วยาลงขวด ผลที่ได้จากการทำการทดลองค่าความเร็วในการดูดที่ 810 รอบต่อนาทีและได้ค่าความเร็วในการบรรจุที่ 600 รอบต่อนาที จะสามารถลดความผันแปรของน้ำหนักลงได้และมีค่าความสามารถของกระบวนการ(Cpk) เพิ่มขึ้น จากเดิมเท่ากับ 0.55 เป็น 0.93

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของระบบสกรูลำเลียง

Meiqiu Li Jingbo Luo, Bangxiong Wu, Jian Hua (2018) ได้ทำการวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับกลไกและการไหลของอนุภาคในสกรูลำเลียง โดยทดสอบสกรูลำเลียงกับทรายพบว่า มุมวิถีของการเคลื่อนที่ของอนุภาคนั้นสัมพันธ์กับมุมเอียง ความเร็วในการหมุนและพิตของสกรูลำเลียง คือมุมวิถีมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเร็วการหมุนและพิตและสัมพันธ์เชิงลบกับมุมเอียง คือความเร็วในการหมุนของสกรูมากขึ้นอัตราการบรรจุจะลดลง ระยะพิตของสกรูเพิ่มมากขึ้นอัตราการบรรจุจะลดลง อัตราการบรรจุมีความสัมพันธ์เชิงเส้นเชิงลบกับความเร็วการหมุนและความสัมพันธ์เชิงลบกับอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางพิต อัตราการไหลของมวลทางออกลดลงตามการเพิ่มขึ้นของมุมเอียงของสกรูและเพิ่มขึ้นตามความเร็วการหมุนของสกรู อย่างไรก็ตามเมื่อความเร็วการหมุนถึงระดับหนึ่ง อัตราการไหลจะไม่เพิ่มขึ้น อัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางแกนของพิตมีผลกระทบอย่างมากต่ออัตราการไหลของมวลทางออก ภายใต้มุมเอียงที่แตกต่างกัน ซึ่งต้องมีอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางแกนพิตที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มอัตราการไหลของมวลทางออกให้สูงสุด

Alma Kurjak (2005) ศึกษาเกี่ยวกับสกรูลำเลียงแนวตั้ง สมบัติของผงและการออกแบบสกรูลำเลียง โดยศึกษาจากผงเหล็กชนิดต่างๆกันกับสกรูแนวตั้ง พบว่า คุณสมบัติของผงที่แตกต่างกันเช่น ขนาดอนุภาคความหนาแน่นและรูปร่างของอนุภาคมีอิทธิพลอย่างมากต่อความสามารถของสกรูลำเลียง ผงหยาบจะไหลเข้าสู่สกรูลำเลียงได้ง่ายกว่าผงละเอียด ผงที่มีความหนาแน่นสูงทำให้ความจุของสกรูจะสูงและอนุภาคที่มีรูปทรงกลมมีแรงเสียดทานน้อยส่งผลให้

ความจุสกรูมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วน Hausner ซึ่งประเมินจากความหนาแน่นและมุมการนอนของผงมีผลต่อคุณสมบัติการไหลแบบอิสระของผง โดยมุมการกองพบน้อยจะมีความจุสกรูลำเลียงมากกว่ามุมการกองพมมาก การศึกษาายังแสดงให้เห็นว่าการกวาดล้างใบสกรูและระยะเวลาความยาวในการรับผงมีอิทธิพลอย่างมากต่อความสามารถของสกรู ส่วนความยาวของการลำเลียงไม่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการลำเลียง

พันคำ ศรีอุทัย (2552) ได้ศึกษาพฤติกรรมของสกรูลำเลียงแบบอะคิเมติส โดยใช้วัสดุทดลองคือทรายแม่น้ำที่มีความหนาแน่น 2250 kg/m^3 และซีลี้อยู่ที่ความหนาแน่น 340 kg/m^3 พบว่า สกรูลำเลียงวัสดุทรายที่มุมเอียง 0 องศา ความเร็วรอบที่ 15, 20, 25 และ 30 ต่อนาที ได้อัตราการขนถ่ายสูงเพิ่มขึ้นตามความเร็วจาก 123.32 -281.8 kg/min และใช้กำลังไฟฟ้าสูงขึ้นด้วยจาก 0.92-1.04 Kw ตามลำดับ แสดงว่าความเร็วมีผลอัตราการขนถ่ายสูงขึ้นและใช้กำลังไฟฟ้าสูงขึ้นด้วย ส่วนซีลี้อยู่ที่มุมเอียง 0 องศา ความเร็วรอบที่ 15 20 25 และ 30 รอบต่อนาที ได้อัตราการขนถ่ายสูงเพิ่มขึ้นตามความเร็วจาก 12.31 -24.36 kg/min และใช้กำลังไฟฟ้าสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

Zareiforoush et al., (2010) ได้ทำการศึกษาทบทวนการประเมินสมรรถนะของสกรูลำเลียงระหว่างกระบวนการในการขนถ่ายของวัสดุพืชทางการเกษตรและวัสดุจำนวนมาก เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต เป็นต้น เพื่อกำหนดพารามิเตอร์ เช่น ขนาดเกลียว ความเร็วในการหมุนของเกลียว ระยะห่างระหว่างเกลียวกับเปลือกเกลียว ความยาวการป้อนลำเลียงและมุมมองสาขาของท่อเกลียวลำเลียง ได้กล่าวถึงทฤษฎีและทบทวนความสัมพันธ์เกี่ยวกับปริมาตรบรรจุของเกลียวลำเลียงว่า ความสูงของใบเกลียว ขนาดแกนเพลลา ระยะพิตของเกลียว ความเร็วการหมุนของเกลียว มีผลโดยตรงกับปริมาตรบรรจุของเกลียวลำเลียง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินงานวิจัยเรื่องการปรับปรุงการบรรจุแป้งทาน้ำด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุได้นำหลักการและทฤษฎี ความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการศึกษาวิจัยเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการดำเนินงานทุกขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความรู้เกี่ยวกับแป้งฝุ่นทาน้ำ

แป้งฝุ่นทาน้ำ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวหรือสีอื่น ๆ มีความอ่อนนุ่มต่อการสัมผัส ใช้สำหรับตกแต่งทาบนผิวหนังและลำคอให้ดูสวยงามมากขึ้น

ไม่เป็นอันตรายต่อผิว สามารถทำได้ง่าย กระจายตัวได้ดี ปกคลุมเร็วรอบบนใบหน้าได้ ให้ความใสสว่างและขจัดความมันบนใบหน้า อาจมีกลิ่นหอมเล็กน้อยหรือไม่มีก็ได้ มีผลิตภัณฑ์วางขายสินค้าและเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั่วไป ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างตามภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 สินค้าแป้งฝุ่นที่ขายในท้องตลาดทั่วไป

ที่มา: <https://www.rakluke.com/lifestyle/7/21/1884/>

2.1.1 สมบัติของส่วนประกอบแป้งฝุ่นทาหน้า

เนื่องจากแป้งฝุ่นทาหน้าต้องมีสมบัติหลายอย่างตามความต้องการของผู้บริโภคจึงประกอบด้วยสารหลายๆประเภทที่มีสมบัติต่าง ๆ ตามต้องการมารวมกันเป็นผลิตภัณฑ์เดียวกัน ดังนี้

1) สารที่มีสมบัติเคลือบคลุมผิว (Covering Powder) เป็นสารที่ทำแล้วจะปิดบังรูมขนและคลุมความมันบนผิวหน้า เช่น ไททาเนียม ไดออกไซด์ (Titanium dioxide, TiO_2), ซิงค์ ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO), คาโอลิน (Kaolin), แมกนีเซียม ออกไซด์ (Magnesium oxide) และ แคลเซียม คาร์บอเนต (Calcium carbonate) เป็นต้น

2) สารที่มีสมบัติทำให้ผิวลื่น (Slip property) เป็นที่ทำหน้าที่ให้แป้งสามารถกระจายตัวทั่วใบหน้าในระหว่างการทาทำให้ใบหน้าเรียบสม่ำเสมอ เช่น ทัลคัม (Talcum), เมทาลิก โซบ (Metallic soap) ต่าง ๆ เช่น ซิงค์ สเตริยเลต (Zinc stearate), แป้ง (Starch) เป็นต้น

3) สารที่มีสมบัติในการดูดซับ (Absorbency) เป็นสารดูดซับความมันที่เกิดจากต่อมไขมันและต่อมเหงื่อ สารประเภทนี้ได้แก่ แมกนีเซียม คาร์บอเนต (Magnesium carbonate), แป้ง (Starch), คอลลอยคอลล คาโอลิน (Colloidal kaolin) เป็นต้น

4) สารที่มีสมบัติทำให้ติดผิวดี (Adherence) และมีความเรียบ (Smoothness) เป็นสารที่ทำให้แป้งติดบนใบหน้าได้ดี เช่น คาโอลิน (Kaolin), แมกนีเซียม สเตริยเลต (Magnesium stearate), ซิงค์ สเตริยเลต (Zinc stearate) เป็นต้น

5) สารที่มีสมบัติทำให้ใบหน้าเปล่งปลั่ง (Bloom) สารนี้จะทำให้ใบหน้าเรียบ นวล เช่น ชอล์ค (Chalk), แป้ง (Starch) และ ผงแป้งละเอียดนุ่ม (Powder silk) เป็นต้น

6) สารที่มีสมบัติทำให้มีสี (Color) ทำหน้าที่ให้สีแป้งมีสีกลมกลืนกับสีผิวของ ใบหน้าผู้ใช้งาน โดยมากสีที่ใช้จะเป็นประเภท ออร์แกนิก แลค (Organic lakes)

7) สารที่มีสมบัติทำให้ลื่น (slip) ทำหน้าที่ในการทาบนผิวหน้าง่ายขึ้น การ กระจายตัวบนผิวดียิ่งขึ้น เช่น ทัลคัม (Talcum), ซิงค์ สเตริยเลต (Zinc stearate) และ แป้ง (Starch) เป็นต้น

8) สารที่ทำให้เกิดความเบาเป็นฟู (Fluffiness) ได้แก่ ผงแป้งซิลิเกต (Powdered silicates) และซิลิเกต (silicates) เช่น นีโอซิล (Neosyl) และ แอโรซิล (Aerosil) เป็นต้น โดยเติมในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนของเนื้อแป้ง

เนื่องจากสารบางตัวสามารถมีสมบัติได้หลายอย่างในการใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ จึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมโดยคำนึงถึงปริมาณการนำไปใช้ในการผลิตและควรผ่านการทดสอบ เพื่อไม่ให้เกิดภูมิแพ้แก่ผู้ใช้งานได้

โดยทั่วไปแป้งฝุ่นทาหน้าจะมีส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญดังต่อไปนี้

- ทัลคัม (Talcum) หรือ ทัล (Talc) มีชื่อทางเคมีว่า ไฮเดรตแมกนีเซียมซิลิเกต (Hydrated magnesium silicate) ลักษณะผงสีขาว มีขนาดความละเอียดแตกต่างกันแต่โดยส่วนมากนิยมขนาด 325 mesh หรือมีอนุภาคน้อยกว่า 45 ไมครอนจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดในแป้งทาหน้าโดย ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยให้เกิดความลื่น โปร่งแสง ติดผิวได้ดีและช่วยปกปิดริ้วรอยบนใบหน้า

- ซิงค์ ออกไซด์ (Zinc Oxide) มีลักษณะเป็นผงสีขาว เบาละเอียด ไม่มีกลิ่นและปราศ จากสิ่งเจือปนที่เป็นเม็ดหยาบ ทำหน้าที่คุมผิว ช่วยให้แลดูทึบแสง ช่วยให้ติดผิวทนและต้านน้ำ

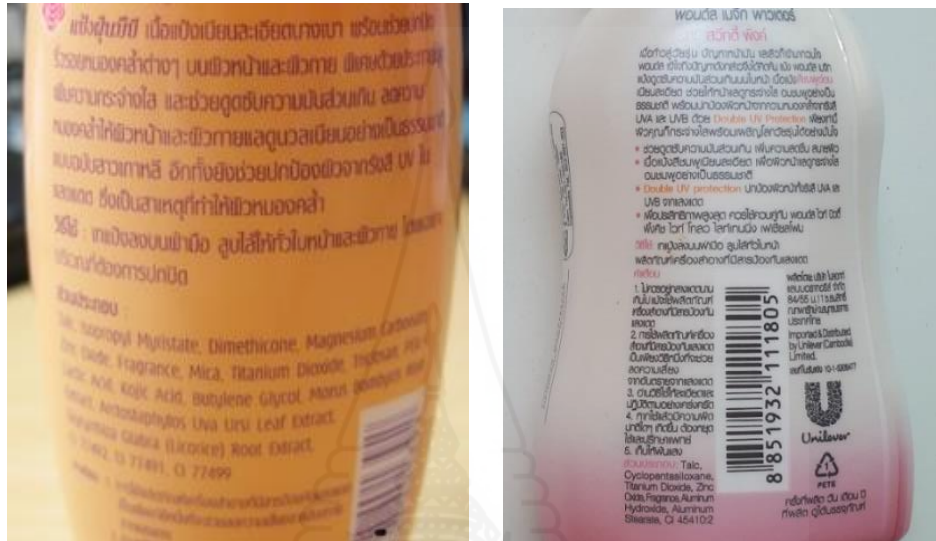
- ไททาเนียม ไดออกไซด์ (Titanium Dioxide) มีลักษณะเป็นผงสีขาว มีคุณสมบัติ เคลือบผิวได้ดีกว่า ซิงค์ ออกไซด์ (Zinc oxide) แต่เกาะผิวได้น้อยกว่า

- ผงสี (Pigments color) คือ ผงสีที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำหรือน้ำมัน

- น้ำหอม (Perfume) คือ สารแต่งกลิ่นผลิตภัณฑ์แป้งฝุ่นทาหน้าเพื่อให้มีกลิ่นหอม

- แอโรซิล (Aerosil) คือ สารประกอบที่ใช้เพื่อป้องกันการเกาะกันเป็นก้อนของเนื้อแป้ง

ทั้งนี้ในการผลิตแป้งฝุ่นทาหน้าแต่ละชนิดจะมีการคิดค้น ทดลอง การใช้ปริมาณ ส่วนประกอบที่แตกต่างกันสามารถดูการระบุส่วนประกอบลักษณะด้านหลังขวดตามภาพที่ 2.2 ซึ่ง การเลือกวัตถุดิบมาทำการผลิตที่มีคุณภาพแตกต่างกันก็จะส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันด้วย



ภาพที่ 2.2 ฉลากระบุส่วนประกอบของสินค้า

ที่มา: ภาพถ่ายด้านหลังขวดของผลิตภัณฑ์

2.2 ความรู้เกี่ยวกับเครื่องบรรจุแบบเกลียว

เครื่องบรรจุแบบเกลียวทำการบรรจุกึ่งอัตโนมัติมีลักษณะดังภาพที่ 2.3 สำหรับใช้บรรจุสินค้าที่เป็น ผงทั่วไป เช่น แป้งมัน แป้งข้าว แป้งเค้ก เคมีเกษตรบางชนิด นมผง ผงปรุงรสบางชนิด เป็นต้น ทำงานด้วยระบบเกลียวหมุนแบบออร์เกอร์เป็นการบรรจุด้วยปริมาตร ควบคุมรอบของการหมุน ของเกลียวเท่ากันทุกครั้งที่ทำงาน ทำให้ได้ปริมาตรที่บรรจุเท่ากันทุกครั้ง โดยในการปรับตั้งต้อง นำไปชั่งเทียบเพื่อหาน้ำหนักที่ต้องการทุกครั้ง ทำการปรับ โดยการปรับจำนวนรอบของการหมุน เพิ่มหรือลดเพื่อให้ได้น้ำหนักบรรจุที่ต้องการ



ภาพที่ 2.3 เครื่องบรรจุแบบเกลียว

ที่มา: คู่มือประกอบการใช้งาน หัวบรรจุสินค้ากึ่งของอัตโนมัติ SAV PAK

2.2.1 ส่วนประกอบของเครื่องบรรจุ เครื่องบรรจุแบบเกลียวมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังภาพที่ 2.4 มีรายละเอียดดังนี้

1) **ตู้ควบคุมแบบจอสัมผัส** ใช้ในการปรับตั้งค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงานของเครื่องบรรจุเพื่อให้ได้น้ำหนักตามที่ต้องการ ไฟแสดงการทำงานของหัวบรรจุ ไฟแสดงการทำงานของเกลียวลำเลียงกรณีมีการเชื่อมต่อกับเครื่องลำเลียงแป้ง สวิตช์ฉุกเฉิน

2) **ชุดเซอร์โวมอเตอร์** ที่ใช้ในการขับเคลื่อนบรรจุ โดยจะรับคำสั่งการทำงานจากการปรับตั้งค่าที่ตู้ควบคุม

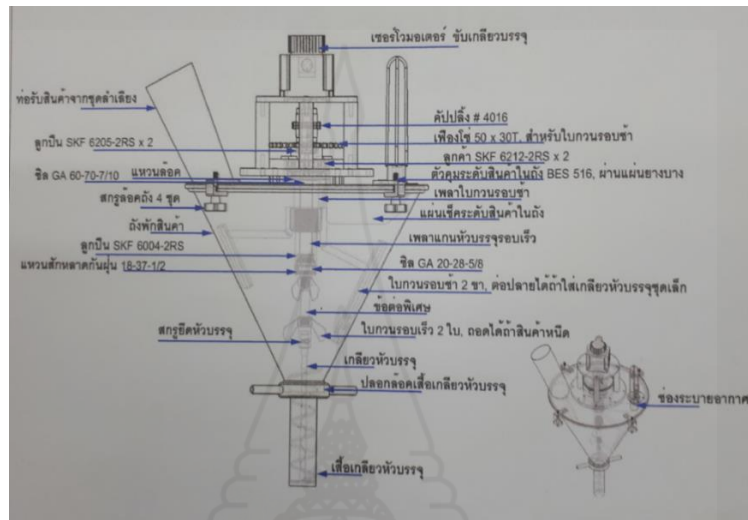
3) **กรวยพักผงแป้งหรือ HOPPER** ที่ใช้ในการใส่แป้งรอการบรรจุ

4) **ใบกวนรอบช้า** ทำหน้าที่กวนแป้งมี 2 ขา หมุนด้วยความเร็วคงที่

5) **ใบกวนรอบเร็ว** มีขนาดเล็กทำหน้าที่กวนส่งแป้งลงสู่ใบเกลียวบรรจุแป้ง สามารถตั้งปรับความเร็วได้ตามต้องการเพื่อให้ปริมาณหรือน้ำหนักในการบรรจุ

6) **ชุดบรรจุแป้ง** ทำหน้าที่ในการบรรจุแป้งลงขวดพลาสติก ประกอบด้วย เกลียวหัวบรรจุ เกลียวบรรจุและปลอกถือคเคื่อเกลียวหัวบรรจุ

7) **ชุดควบคุมระดับผงแป้ง** ในกรวยพักทำหน้าที่ควบคุมปริมาณผงแป้งให้มีระดับคงที่อยู่เสมอ ถ้าระดับผงแป้งพร่องจะสั่งการให้ชุดลำเลียงทำงานส่งผงแป้งเข้าสู่กรวยพักทันที เพื่อให้ชุดบรรจุแป้งสามารถทำการบรรจุน้ำหนักได้อย่างถูกต้อง



ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบกรวยบรรจุผง

ที่มา: คู่มือประกอบการใช้งานหัวบรรจุสินค้ากึ่งซองอัตโนมัติ SAV PAK

2.2.2 การทำงานของเกลียวบรรจุ เกลียวบรรจุจะถูกหมุนเพลานก้นที่ใช้ เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) เป็นตัวควบคุมตำแหน่งทำงาน โดยอาศัยสัญญาณจากตัวไดรฟ์เวอร์ (Driver) ของชุดเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งตัวไดรฟ์เวอร์จะรับคำสั่งจากชุดคำสั่งพีแอลซี (PLC, Programmable Logic Controller) สามารถปรับจำนวนรอบของการหมุนเพื่อให้ได้น้ำหนักบรรจุตามที่ต้องการ โดยการปรับตั้งค่าตัวเลขบนหน้าจอแบบสัมผัส (Touch screen Monitor)

2.2.3 การทำงานของเกลียวลำเลียง (SCREW FEEDER) เกลียวลำเลียงทำหน้าที่ลำเลียงผงแป้งขึ้นสู่ถังกรวยบรรจุซึ่งมีชุดควบคุมระดับเป็นตัวสั่งงานให้ชุดเกลียวลำเลียงทำงาน การทำงานจะใช้ควบคุมระดับบนเป็นตัวตัดการทำงานของเกลียวลำเลียงและเริ่มอีกครั้งเมื่อระดับลดลงตามเวลาที่ปรับตั้งไว้

2.2.4 ข้อมูลทางเทคนิค หัวบรรจุกึ่งอัตโนมัติสำหรับสินค้าที่เป็นผง ทำงานด้วยเกลียวหมุนสามารถติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมคือ เกลียวลำเลียงสินค้าให้หัวบรรจุแบบต่าง ๆ และขนาดบรรจุไม่เกิน 2000 กรัมด้วยขนาดของหัวบรรจุที่เหมาะสมตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดเกลียวออร์เกอร์ต่าง ๆ เทียบกับเป็งมัน

ขนาดเกลียว เบอร์	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก(mm.)		ขนาดบรรจุที่เหมาะสมกับหัวบรรจุ กรัมต่อครั้งที่บรรจุ
	เกลียวออร์เกอร์	เสื้อเกลียว	
1	54.50	OD59.5/ID55.8	800-1200
2	42.50	OD47.5/ID43.5	400-800
3	36.50	OD42.5/ID37.5	250-450
4	28.40	OD33.0/ID29.3	150-300
5	20.50	OD26.5/ID21.5	75-150
6	18.00	OD22.0/ID19.0	40-100
7	14.00	OD18.6/ID14.8	20-50
8	12.00	OD16.0/ID12.5	8-15

วิธีการบรรจุ : เป็นการบรรจุแบบเกลียวหมุนออร์เกอร์

ที่มา: คู่มือประกอบการใช้งานหัวบรรจุสินค้ากึ่งซองอัตโนมัติ SAV PAK รุ่น 512

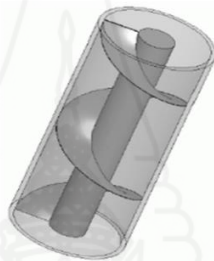
กำลังไฟฟ้า : 380 โวลท์, 3 เฟส, 4สาย 2.2 กิโลวัตต์

2.3 ความรู้เกี่ยวกับเกลียวลำเลียง

การลำเลียงวัสดุแบบใบเกลียวได้ถูกนำมาใช้ในการขนส่งลำเลียงวัสดุที่บรรจุอยู่ในไซโลหรือภาชนะบรรจุเพื่อจ่ายออกมาใช้งาน ซึ่งข้อดีที่สำคัญของอุปกรณ์ลำเลียงหรือป้อนจ่ายวัสดุแบบใบเกลียวก็คือ สามารถนำไปใช้ในการลำเลียงวัสดุได้หลายประเภท มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการป้อน หรือปล่อยวัสดุได้หลายช่องทางโดยเพียงแต่ทำการติดตั้งช่องสำหรับควบคุมการปล่อยจ่ายวัสดุออกจากตัวรางขนถ่ายตามตำแหน่งที่ต้องการเท่านั้น นอกจากนี้ก็ยังมี ความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ลำเลียงวัสดุที่มีลักษณะเป็นฝุ่นผงได้ดี เนื่องจากมีลักษณะของโครงสร้างที่สามารถกันการฟุ้งกระจายของวัสดุที่จะทำการลำเลียงได้ ในการจัดสร้างอุปกรณ์ลำเลียงป้อนจ่ายวัสดุแบบเกลียวนั้นจะต้องทราบข้อมูลพื้นฐาน เช่น สมบัติของวัสดุที่ลำเลียง อัตราการขนถ่ายที่ต้องการ ซึ่งในการคำนวณหาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุของอุปกรณ์ลำเลียงป้อนจ่ายแบบใบเกลียวที่มีความถูกต้องช่วยทำให้สามารถทราบค่าอัตราการขนถ่ายและขนาดของกำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนใบเกลียวได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งในปัจจุบันการหาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุของ

อุปกรณ์ลำเลียงป้อนจ่ายแบบใบเกลียวมีปัจจัยหลายตัวที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการขนถ่ายวัสดุ อย่างเช่น ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของวัสดุที่ทำการขนถ่าย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้ง และรูปทรงของชุดป้อนจ่ายวัสดุแบบใบเกลียว

เกลียวลำเลียงเป็นกระบวนการขนถ่ายวัสดุจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง โดยเกลียวเมื่อได้รับวัสดุแล้วจะหมุนใบเกลียวบีบอัดให้วัสดุเคลื่อนที่ผ่านไปตามท่อภายในตามแล้วปล่อยลงตาม ตำแหน่งที่ต้องการ ปริมาณของวัสดุที่เคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว, เส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา, ระยะห่างของใบเกลียว, ความเร็ว และอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งเกลียวลำเลียงมีลักษณะ ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 เกลียวลำเลียง

ที่มา: <https://engineerm637.blogspot.com/2015/08/screw-conveyor.html>

ระบบเกลียวลำเลียงมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

ส่วนที่ 1 คือ เพลลาเป็นส่วนที่อยู่ตรงแกนกลางและมีใบคีดแกนอยู่ผิวด้านนอก มีระยะที่แตกต่างกันหรือเกลียวขนถ่ายทำตามความต้องการของผู้ออกแบบ

ส่วนที่ 2 คือ ท่อหรือราง ล้อมรอบเกลียวในขณะที่เกลียวเคลื่อนที่ ใบเกลียวจะทำการเคลื่อนย้ายวัสดุไปตามท่อหรือรางตามความเร็วของเกลียว

ส่วนที่ 3 คือ มอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนความเร็วในการขนถ่าย

การป้อนจ่ายวัสดุแบบใบเกลียวมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ลำเลียงวัสดุที่มีลักษณะเป็นฝุ่นผงได้ดีเนื่องจากมีลักษณะของโครงสร้างที่สามารถกั้นการฟุ้งกระจายของวัสดุที่ลำเลียงได้ เพราะวัสดุถูกลำเลียงด้วยใบเกลียวภายในท่อลำเลียงซึ่งในการสร้างอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบ

เกลียวนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบข้อมูลพื้นฐานสำคัญของวัสดุและอัตราการขนถ่ายที่ต้องการ

2.3.1 สมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการลำเลียง

1) *ขนาดของวัสดุ (Particle size)* จากการศึกษพบว่าวัสดุที่มีลักษณะที่เป็นผงละเอียดมีความสามารถในการไหลน้อยกว่าวัสดุผงหยาบหรือขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากผงที่ละเอียดมีพื้นที่ผิวจำเพาะมากกว่า เกาะกันเหนียวแน่นทำให้ไม่ลื่น การไหลไม่ดี ดังนั้นผงหยาบจะไหลได้ดีกว่าผงละเอียดกว่าและไหลเข้าสู่เกลียวง่ายกว่าทำให้ค่าความจุของเกลียวของผงหยาบมีค่าสูงมากกว่าผงละเอียดเนื่องจากมีแตกต่างในความสามารถในการไหลวัสดุ โดยทั่วไปอนุภาคที่มีความละเอียด พื้นที่ผิวมากจะมีความเหนียวมากกว่าวัสดุที่มีอนุภาคใหญ่ อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 250 ไมโครเมตรมีลักษณะการไหลอิสระ แต่ผงขนาดเล็กกว่า 100 ไมโครเมตรมีความเหนียวซึ่งทำให้เกิดปัญหาการไหลได้ ส่วนผงที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรมีความเหนียวมาก เป็นผลให้อัตราการไหลของวัสดุไม่ดี ดังนั้น ความละเอียดของผงจึงมีผลต่ออัตราการไหลหรือขนถ่ายของเกลียวต่ำ

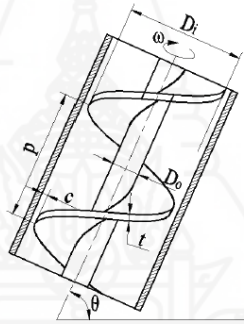
2) *ความหนาแน่นของวัสดุ (Bulk density)* ความหนาแน่นของวัสดุเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับความจุของเกลียวเนื่องจากเกลียวมีปริมาตรคงที่ ยิ่งความหนาแน่นของวัสดุสูงขึ้นเท่าใดก็ยิ่งสามารถเข้าไปในเกลียวได้มาก ทำให้เกลียวสามารถลำเลียงได้มากขึ้น ซึ่งวัสดุหรือผงที่มีความหนาแน่นมากทำให้ความจุเกลียวได้มากกว่าผงที่มีความหนาแน่นต่ำ ดังนั้นหากวัสดุหรือผงที่มีความหนาแน่นน้อย การยึดเกาะก็น้อย ความสามารถในการลำเลียงทำได้น้อย ส่วนความหนาแน่นมากมีความสามารถการลำเลียงของเกลียวมากกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อย

3) *รูปร่างของวัสดุ (Particle shape)* รูปร่างของวัสดุมีผลต่อสมบัติอัตราการไหลของวัสดุที่มีลักษณะที่เป็นทรงกลมซึ่งมีพื้นที่การสัมผัสน้อย แรงเสียดทานน้อยจึงทำให้มีสมบัติการไหลที่ดี ขณะที่วัสดุที่มีลักษณะเป็นเกล็ดหรือเป็นแผ่นมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสมากทำให้เกิดแรงเสียดทานกันมากทำให้มีสมบัติการไหลต่ำความสามารถในการลำเลียงของเกลียวต่ำ

4) *ระยะห่างใบเกลียวและท่อลำเลียง (Clearance)* เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่ออัตราการขนถ่ายวัสดุ จากการวิจัยพบว่า ระยะห่างของใบเกลียวกับท่อลำเลียงน้อยจะทำให้อัตราการขนถ่ายมาก ตรงกันข้ามหากค่าระยะห่างใบเกลียวกับท่อลำเลียงมากจะมีผลต่ออัตราการขนถ่ายต่ำกว่า

2.3.2 อัตราการขนถ่ายวัสดุ (*Mass flow rate*) สิ่งที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับอัตราการขนถ่ายวัสดุสำหรับตัวป้อนจ่ายแบบใบเกลียวจะประกอบไปด้วยลักษณะของวัสดุที่ทำการขนถ่ายและรูปแบบการติดตั้งและรูปทรงของชุดป้อนจ่ายวัสดุแบบใบเกลียว ได้แก่

- 1) ความหนาแน่นของวัสดุ
- 2) ความเร็วรอบของใบเกลียว
- 3) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยอดใบเกลียว
- 4) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลากลางของชุดใบเกลียว
- 5) ระยะพิตของใบเกลียว
- 6) ระยะห่างระหว่างใบเกลียวกับท่อลำเลียง



ภาพที่ 2.6 ลักษณะขนาดต่าง ๆ ของเกลียวลำเลียง

ที่มา: International Journal of Heat and Technology Vol. 36, No. 1, March, 2018, pp. 173-181

โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

D_i คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบเกลียว

D_o คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนเพลากลางเกลียว

p คือ ระยะพิตของใบเกลียว

t คือ ความหนาของใบเกลียว

c คือ ระยะห่างระหว่างใบเกลียวกับท่อลำเลียง

θ คือ องศาความลาดเอียงของเกลียวลำเลียง

n คือ ความเร็วรอบในการหมุนของใบเกลียว(รอบต่อนาที)

ρ คือ ความหนาแน่นของวัสดุ

ε คือ อัตราการบรรจุ fill rate

ψ คือ ประสิทธิภาพการไหลของวัสดุ

สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$Q_m = \frac{\pi}{4} \varepsilon \psi n [(D_i + 2c)^2 - D_o^2] (p - t)$$

อัตราการขนถ่ายของวัสดุสามารถทำให้มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อวินาที ดังนี้

$$Q_m = \frac{\pi}{240} \varepsilon \psi \rho [(D_i + 2c)^2 - D_o^2] (p - t)$$

จากภาพที่ 2.6 จะเห็นว่าในการคำนวณค่าอัตราการขนถ่ายของวัสดุจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ขนาด ระยะ อุณหภูมิที่ใช้ในการสร้างระบบสกรูลำเลียง และสมบัติของวัสดุที่นำมาลำเลียงขนถ่าย ดังนั้นในการคำนวณอัตราการขนถ่ายต้องทราบค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จึงสามารถทราบอัตราการขนถ่ายของวัสดุที่ทำการลำเลียงขนถ่ายได้อย่างถูกต้อง

2.4 เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการและวิเคราะห์ทางสถิติ

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการและวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อจัดการข้อมูลที่ได้จากการทดลองให้เกิดความชัดเจนถึงปัจจัยที่ส่งผลกระทบหรือเพื่อนำไปสู่การสรุปผลการทดลอง มีหลายรูปแบบดังนี้

2.4.1 การวิเคราะห์ระบบการวัด (measurement system analysis) เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของการวัดเพื่อแยกแหล่งของความแปรผัน เช่น จากคน เครื่องมือ วิธีการ สภาพแวดล้อม เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลปรับปรุงลดความแปรผันทำให้การวัดมีความน่าเชื่อถือทำให้กระบวนการหรือการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวัดส่งผลโดยตรงต่อค่าที่อ่านได้จากการวัดของวัตถุ ทำให้ค่าที่อ่านได้จากระบบการวัดมีค่าที่คลาดเคลื่อนจากค่าจริงของวัตถุ ซึ่งอาจทำให้ได้ค่าที่วัดได้มีค่าที่มากกว่าหรือน้อยกว่าค่าจริงของวัตถุและหากพิจารณาความผันแปรที่ได้จากการวัดค่าทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับความผันแปรของกระบวนการรวมกับความผันแปรของระบบการวัด ตามสมการดังนี้

ค่าความผันแปรทั้งหมด = ความผันแปรจากกระบวนการ + ความผันแปรจากการระบบวัด

$$\sigma_{\text{Total}}^2 = \sigma_{\text{Process}}^2 + \sigma_{\text{Measurement}}^2$$

1) ผลกระทบของระบบการวัดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์และกระบวนการ สามารถประเมินได้ 2 แบบ คือ

(1) ความเสี่ยงของผู้ผลิตหรือความเสี่ยงแบบที่ 1 (Type I Error) คือ การที่ค่าจริงหรือค่าของผลิตภัณฑ์อยู่ในข้อกำหนด แต่มีการตัดสินใจจากระบบการวัดว่า เป็นผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือค่าของผลิตภัณฑ์อยู่นอกข้อกำหนดทำให้ส่งผลเสียของผู้ผลิตที่ต้องทิ้งผลิตภัณฑ์ทั้งที่อยู่ในข้อกำหนด (Over kill)

(2) ความเสี่ยงของผู้บริโภคหรือความเสี่ยงแบบที่ 2 (Type II Error) คือ การที่ค่าจริงหรือค่าของผลิตภัณฑ์อยู่นอกข้อกำหนดแต่มีการตัดสินใจจากระบบการวัดว่า เป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีหรือ ค่าผลิตภัณฑ์อยู่ในข้อกำหนดทำให้ส่งผลเสียต่อผู้บริโภคที่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ทั้งที่อยู่นอกข้อกำหนด

2) ประเภทของความผันแปร ในระบบการวัดสามารถแยกประเภทความผันแปรได้ดังนี้

(1) ความผันแปรของตำแหน่ง (Accuracy) หรือความถูกต้องของค่าการวัดเมื่อเทียบกับค่าจริงโดยประกอบด้วย

ก. ไบแอส (Bias) คือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงหรือค่าอ้างอิงกับค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้ เป็นค่าที่ใช้แสดงว่าระบบการวัดมีความถูกต้องหรือไม่

ข. สมบัติเชิงเส้นตรง (Linearity) คือการเปลี่ยนแปลงค่าไบแอสของระบบการวัดเมื่อเปลี่ยนค่ามาตรฐานของงานตามย่านการวัดที่กำหนดหรือค่าไบแอสที่เปลี่ยนไปตามขนาดของชิ้นงานมาตรฐานหรือไม่

ค. ความเสถียร (Stability) คือ การเปลี่ยนแปลงค่าไบแอสของระบบการวัดที่วัดชิ้นงานเดิมเมื่อเวลาเปลี่ยนไปหรือค่าไบแอสมีค่าเปลี่ยนไปตามเวลาหรือไม่

(2) ความผันแปรของค่ากว้าง (Precision) หรือความแม่นยำของระบบการวัดเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการวัดแต่ละครั้งโดยประกอบด้วย

ก. ความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) คือ ความผันแปรของค่าวัดรอบค่าจริงของระบบการวัดที่สามารถวิเคราะห์จากการวัดชิ้นงานซ้ำ ๆ กัน โดยใช้ชิ้นงานเดียวกัน วัดด้วยคนวัดคนเดียวและใช้อุปกรณ์เดียวกัน

ข. ความสามารถในการประเมินซ้ำ (Reproducibility) คือ ความผันแปรที่แสดงค่าเฉลี่ยของการวัดจากการใช้อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดชิ้นงานเดียวกันด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกันที่สามารถวิเคราะห์จากการวัดซ้ำ ๆ กัน โดยการใช้ชิ้นงานชิ้นเดียวกันและใช้อุปกรณ์การวัดเดียวกัน แต่ใช้คนวัดคนละคนกัน

การทดสอบความสามารถในการวัดซ้ำและความสามารถในการประเมินซ้ำว่า จะเรียกว่า GR&R (Gage Repeatability and Reproducibility) ซึ่งสามารถใช้โปรแกรม Minitab ทดสอบได้ โดยสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

ก. GR&R สำหรับข้อมูลแบบแปรผัน (Variable Data) ตัวอย่างที่สามารถวัดซ้ำได้ (Crossed) และตัวอย่างที่ไม่สามารถวัดซ้ำได้ (Nested)

ข. GR&R สำหรับข้อมูลแบบนับ (Attribute Data)

2.4.2 แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) คือแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (problem) หรือลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง (ผล) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (possible cause) หรือองค์ประกอบที่มีผล (สาเหตุ) ทำให้เกิดลักษณะนั้นอย่างเป็นระบบ โดยรวบรวมในแผนภาพที่มีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้างจึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) โดยหัวปลาระบุเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข ส่วนก้างปลาเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่เป็นสาเหตุของปัญหาโดยส่วนมากมักใช้หลักการ 4M 1E ดังภาพที่ 2.7 เป็นกลุ่มปัจจัย (factors) ในการแยกแยะสาเหตุต่าง ๆ คือ

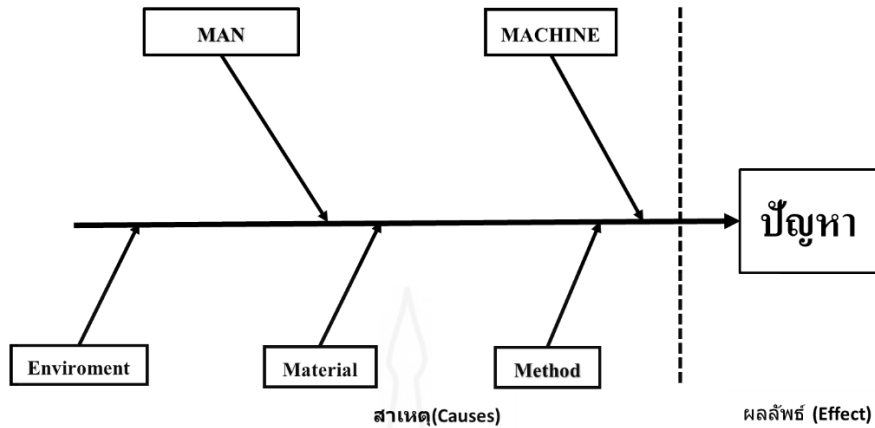
M – Man คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร

M – Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก

M – Material วัสดุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในกระบวนการ

M – Method กระบวนการทำงาน

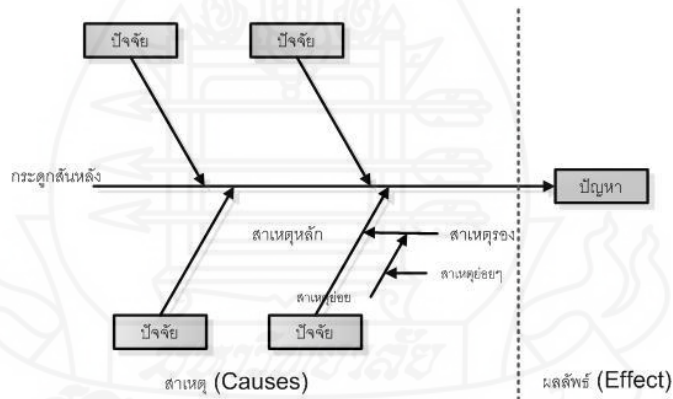
E – Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน



ภาพที่ 2.7 ปัจจัยหลักที่นำมาวิเคราะห์แผนผังสาเหตุและผล หรือแผนผังก้างปลา

ที่มา: <http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/fishbonemm.htm>

ในการดำเนินการวิเคราะห์สามารถแยกออกเป็นสาเหตุหลัก สาเหตุย่อยเพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาอย่างถูกต้อง ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 หลักการวิเคราะห์โดยใช้แผนผังสาเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลา

ที่มา: <http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/fishbonemm.htm>

โดยการระดมสมองบุคคลที่เกี่ยวข้องของหลายๆคนที่มีประสบการณ์ความชำนาญหาสาเหตุ อาจใช้เทคนิคคำถาม คือ ทำไม ทำไม (why why) ในแต่ละปัจจัยหรือสาเหตุได้ หลังจากนั้นให้จัดลำดับสำคัญปัญหาเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงต่อไป

2.4.3 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Modes and Effect Analysis, FMEA) เป็นการนำปัจจัยหรือปัญหามาทำการประเมินเข้าถึงอย่างเป็นระบบเพื่อใช้ในการศึกษาหาปัจจัยที่จะนำมาดำเนินการทดลองแก้ไขตามลำดับก่อนหลังของการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องโดยพิจารณาความเป็นไปได้โอกาสในการเกิดขึ้น ความรุนแรง ผลกระทบ พร้อมระบุถึงวิธีการป้องกัน กระบวนการ FMEA ดังภาพ 2.9 ซึ่งประกอบด้วยดังนี้

1. การชี้บ่งสาเหตุและความเสียหายที่เกิดขึ้น Potential failure mode
2. วิเคราะห์ผลกระทบความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Effects analysis)
3. หาวิธีการป้องกัน (Problem prevention)

FMEA Worksheet								
Component/ Function	Potential Failure Mode	Potential Effect (s) of Failure	S	Potential Cause of Failure	Existing Safeguard/ Control Prevention	O	D	RPN
Compressor unit	External rupture of compressor	Loss of air supply to the system leading to control valve fails to operate. Shutdown the process plant.	9	Rupture on machinery body	Shop inspection	2	2	36
	Compressor Fails to start		9	Internal mechanical detriment	Mechanical test run	2	7	252
Driver (Motor)	Fails off while running		9	Electrical ground	Mechanical test run	2	9	162
	Motor failure, low resistance		9	Bearing failure, vibration	Mechanical test run	3	2	54
	Motor mechanical failure		9	Electrical overload	Electrical No- load test	3	3	81
	Motor over-current		9	Loss of circuit continuity, Faulty wire	Insulation resistance and continuity test	2	5	90
Lubrication System	Compressor overheating and breakdown		9	Cooling water system upset by tripping of cooling water pump	Redundancy cooling water pump	6	5	270

ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างการวิเคราะห์โดยใช้ FMEA

ที่มา: <https://protask.com/fmea/>

ขั้นตอนการทำ FMEA โดยทั่วไปมีดังต่อไปนี้

- 1) กำหนดแผนผังการดำเนินงาน
- 2) กำหนดหน้าที่ของผลิตภัณฑ์
- 3) วิเคราะห์หาข้อบกพร่องหรือ Failure mode

- 4) หาสาเหตุของข้อบกพร่อง (Cause of Failure mode)
- 5) พิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้น (Effect analysis)
- 6) กำหนดระดับความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้น (Severity, S)
- 7) พิจารณาของความถี่ของสาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence of cause of Failure mode)
- 8) พิจารณาวิธีการปัจจุบันที่ทำการตรวจสอบข้อบกพร่อง (Detectability of cause of Failure mode)

9) ประเมินผลคำนวณค่าความเสี่ยง (Risk priority number, RPN) แล้วจึงนำค่ามาเรียงลำดับความสำคัญในการนำไปพิจารณาแก้ปัญหาในการออกแบบทดลองเพื่ออธิบายแนวทางที่จะใช้ขจัดหรือควบคุมสาเหตุของ Failure Modeทำการปรับปรุงพัฒนากระบวนการต่อไป

2.4.4 ใบตรวจสอบคุณภาพ (Check sheets) คือ แบบฟอร์มที่ออกแบบมาใช้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องการทราบหรือติดตามซึ่งอาจเป็นข้อมูลทางด้านปริมาณหรือคุณภาพก็ได้ แบบฟอร์มมีลักษณะที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบว่า ต้องการข้อมูลอย่างไรเพื่อให้สามารถมองเห็นภาพของข้อมูลได้ชัดเจนและนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ค้นหาข้อเท็จจริงได้ เช่น น้ำหนักในการบรรจุ จำนวนของเสียในระหว่างการผลิต จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เป็นต้น ดังภาพที่ 2.10

ชนิดของความบกพร่อง		ผลรวมและชนิดของความบกพร่อง
ลำโพงที่มีขั้วงาน	THL THL THL //	17
รอดแตก	THL THL /	11
ยึดไม่เต็มชิ้น	THL THL THL THL THL /	26
รูปร่างบิดเบี้ยว	///	3
อื่นๆ	THL	5
	รวมจำนวนความบกพร่อง	62 จุดบกพร่อง
จำนวนชิ้นงานที่เก็บของเสีย	THL THL THL THL THL THL THL THL THL //	42 ชิ้น

ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างใบตรวจสอบคุณภาพ

ที่มา: http://www.tpmconsulting.org/dic_des.php?id=34

2.4.5 กราฟต่าง ๆ (Graphs) เป็นแผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขหรือข้อมูลทางสถิติที่ต้องการใช้ในการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ผลของข้อมูลเพื่อทำให้ง่ายและรวดเร็วในการทำความเข้าใจ ซึ่งกราฟที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมีอยู่ 3 ประเภทหลักๆ ดังนี้

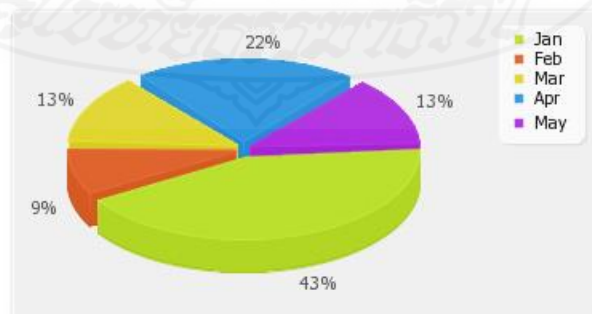
1) **กราฟเส้น** เป็นกราฟที่แสดงข้อมูลออกมาเป็นเส้นใช้สังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าข้อมูลตามแต่ละช่วงเวลา ดูแนวโน้ม การพยากรณ์ในอนาคตหรือทำนายผลจากข้อมูลในอดีตรวม ทั้งใช้ในการควบคุมงานให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างกราฟเส้น

ที่มา: <https://www.d4biz.com/data-and-analytics/how-to-analyze-when-sales-are-down/>

2) **กราฟวงกลม** เป็นกราฟที่แสดงข้อมูลในวงกลมโดยมีการแบ่งวงกลมออกเป็นส่วนๆตามข้อมูลนั้นต่อข้อมูลรวมทั้งหมดซึ่งจะมีการคิดพื้นที่กราฟเท่ากับ 100 % แต่ละส่วนที่แบ่งออกมาจะแสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนในแต่ละส่วนประกอบของข้อมูลว่าเป็นกี่ส่วนขององค์ประกอบของข้อมูลทั้งหมด ดังภาพที่ 2.12



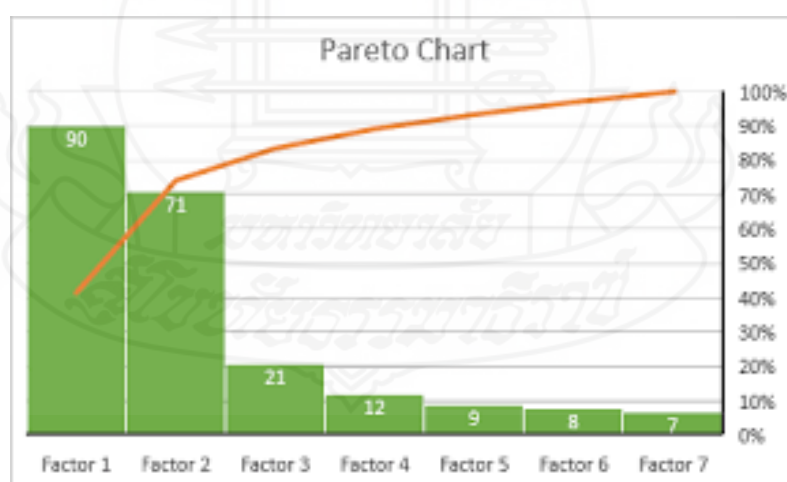
ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างกราฟวงกลม

ที่มา: <https://select2web.com/php/create-pie-graph-with-pchart.html>

2.4.6 แผนภูมิพารโต (Pareto diagram) คือเครื่องมือในการตรวจสอบปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นโดยการนำเอาสาเหตุมาจัดเรียงหมวดหมู่ของข้อมูลโดยทำการเรียงจากจำนวนมากไปจำนวนน้อยหรือจากซ้ายไปขวา ข้อมูลที่แสดงบนแผนภูมิพารโตเป็นการนำสาเหตุของปัญหาหรืออื่น ๆ มาพล็อตเป็นกราฟทั้งนี้ก็เพื่อหาปัญหาหรือสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหามากที่สุดแล้วทำการพิจารณาเลือกทำการแก้ปัญหาเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยหรือส่งผลกระทบต่อมากไปหาส่งผลกระทบต่อน้อยเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังภาพที่ 2.13

ขั้นตอนในการสร้างแผนภูมิพารโต

- 1) แบ่งหมวดหมู่ของข้อมูลโดยอาจแบ่งตามปัญหา สาเหตุของปัญหาหรือชนิดของความไม่สอดคล้อง เป็นต้น
- 2) เลือกว่าจะแสดงความถี่หรือมูลค่าบนแกน Y
- 3) จัดแจงข้อมูลให้เหมาะสมแล้วคำนวณปริมาณสะสม
- 4) รวบรวมข้อมูลและเรียงตามหมวดหมู่จากมากไปน้อย
- 5) คำนวณร้อยละสะสมในกรณีที่ต้องการแสดงเส้นร้อยละสะสมด้วย
- 6) สร้างแผนภูมิเพื่อหาสาเหตุปัญหาที่ได้



ภาพที่ 2.13 กราฟพารโต

ที่มา: <https://www.ablebits.com/office-addins-blog/2018/06/27/make-pareto-chart-excel/>

2.4.7 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้วิเคราะห์ขั้นตอนการไหล (Flow) ของวัตถุดิบ ชิ้นส่วน พนักงานและอุปกรณ์ที่เคลื่อนไปในกระบวนการต่าง ๆ จนกระทั่งกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน 5 รูปแบบ แทนขั้นตอนการทำงานพร้อมอธิบายรายละเอียดการทำงาน ดังตารางที่ 2.2 ได้ดังนี้คือ ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ ความหมายของกระบวนการ

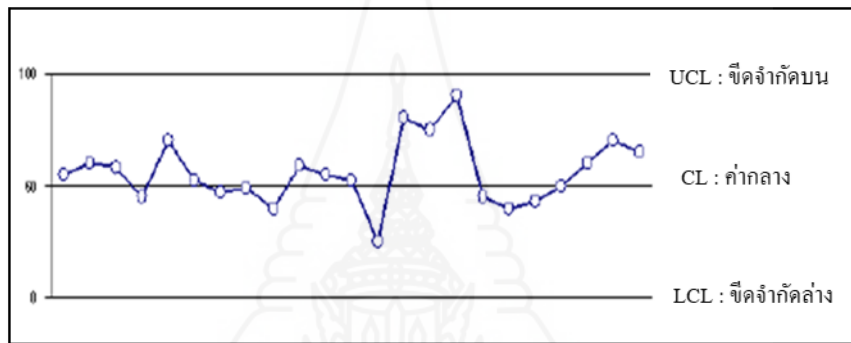
สัญลักษณ์	ชื่อ	ความหมาย
○	ปฏิบัติการ	ผลิต เตรียม การบรรจุ แพ็ค ให้ผลสำเร็จ
➔	การขนส่ง	การเคลื่อนที่ การย้ายที่
□	การตรวจสอบ	การตรวจผล
D	การล่าช้า	การรอ การแทรกแซง
▽	การเก็บ	การเก็บรักษา

ประโยชน์ที่ได้รับจากการเขียนแผนภูมิการไหลมีดังนี้

1. นำขั้นตอนการทำงานไปปฏิบัติงานได้ตามลำดับถูกต้อง ลดความผิดพลาดหรือความเสี่ยงในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการทำงาน
2. ตรวจสอบหรือ แก้ไขการทำงานได้ เมื่อเกิดปัญหาหรือข้อผิดพลาดในผลิตภัณฑ์ดำเนินการแก้ไขได้อย่างถูกต้อง
3. การเปลี่ยนแปลง สามารถดำเนินการแก้ไข เปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงานได้อย่างรวดเร็ว
4. กระบวนการชัดเจนเข้าใจง่าย ช่วยให้ปฏิบัติงานสามารถศึกษาทำความเข้าใจในขั้นตอนการทำงานได้ง่าย สะดวกและอย่างรวดเร็วในการดำเนินการต่างๆ ทำให้เกิดประสิทธิภาพในศึกษาการทำงานดีขึ้น

2.4.8 แผนภูมิควบคุม (control chart) คือ กราฟเส้นที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตที่แสดงให้เห็นถึงขอบเขตหรือขีดจำกัดที่ใช้ในการควบคุมทั้งด้านบน (Upper Control

Limit, UCL)หรือค่าสูงสุดและด้านล่างหรือค่าต่ำสุด (Lower Control Limit, LCL) จากการกำหนดไว้ในกระบวนการผลิตนั้น ๆ แล้วนำข้อมูลด้านคุณภาพที่วัดได้มาเขียนเทียบกับขอบเขตที่กำหนดไว้ เพื่อให้ทราบการทำงานที่เป็นมาตรฐานว่ายังคงที่อยู่หรือไม่ ลักษณะดังภาพที่ 2.14 หากกระบวนการผลิตเป็นไปตามที่วางแผนไว้จุดต่างบนแผนภูมิจะอยู่ภายใต้พิกัดควบคุม ถ้ามีจุดอยู่นอกการควบคุมแสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือมีปัญหาด้านคุณภาพจะต้องรีบหาสาเหตุและแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตให้กลับสู่สภาพเดิมโดยเร็ว ข้อมูลในด้านคุณภาพเช่น ขนาด น้ำหนัก ปริมาตร และอุณหภูมิ เป็นต้น



ภาพที่ 2.14 แผนภูมิควบคุม

ที่มา: <https://jordy22.wordpress.com/2008/08/20/7-qc-tools/>

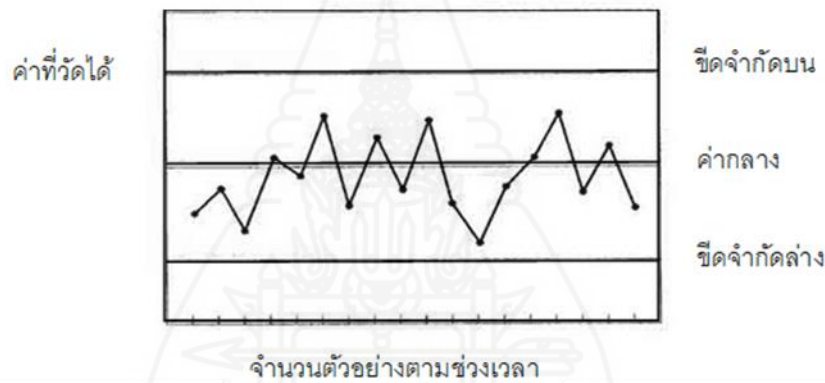
ข้อดีของแผนภูมิควบคุมคือ ทำให้ผู้ผลิตปรับปรุงคุณภาพของสินค้าให้ดีขึ้นหรืออยู่ในค่ามาตรฐานตลอดเวลา ช่วยลดความแปรปรวนของกระบวนการผลิต ทำให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพอย่างสม่ำเสมอภายใต้มาตรฐานของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้น

1) วิธีการสร้างแผนภูมิควบคุม มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดประเภทของข้อมูลเพื่อเลือกแผนภูมิควบคุม
2. ทำการรวบรวมข้อมูล
3. หาค่าตัวสถิติของข้อมูล
4. คำนวณค่าเฉลี่ยของตัวสถิติ
5. คำนวณพิกัดควบคุม
6. ทำการพล็อตกราฟและลากเส้นพิกัดควบคุมเพื่อสร้างแผนภูมิควบคุม
7. ตีความหมายของแผนภูมิควบคุม

2) ประเภทของแผนภูมิควบคุม สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆคือ

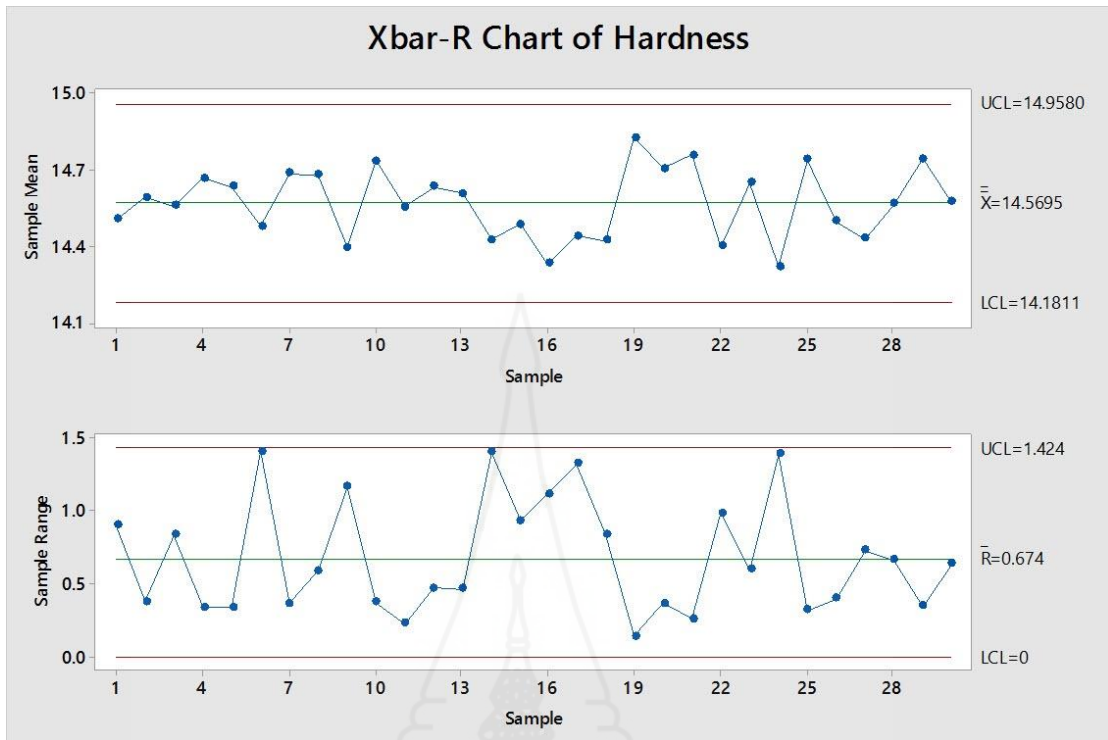
(1) แผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน (Control Chart for Variable) เป็นแผนภูมิที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตสำหรับคุณสมบัติหรือคุณลักษณะที่วัดได้ เช่น ขนาด น้ำหนัก ปริมาตรและอุณหภูมิ เป็นต้น โดยมีหลักการใช้งานแผนภูมิควบคุมเพื่อ 1) การกำหนดค่าควบคุมให้ลักษณะคุณภาพมีค่าเฉลี่ยและการกระจายตัวตามค่าที่กำหนด 2) ค่าที่กำหนดหรือขอบเขต (ขีดจำกัดบน (Upper control limit; UCL) และขีดจำกัดล่าง (Lower control limit; LCL)) และ 3) ค่ากำหนดลักษณะบางชนิดอาจกำหนดเฉพาะขีดจำกัดบนหรือล่างเพียงอย่างเดียวก็ได้ เช่น ความทนความร้อนอุณหภูมิของภาชนะที่เป็นพลาสติก หรือค่าการทนแรงกระแทกหรือแรงดึงของพลาสติก เป็นต้น ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 แผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน

ที่มา: <http://oknation.nationtv.tv/blog/change2558/2016/01/05/entry-1>

(2) แผนภูมิ \bar{X} และแผนภูมิ R เป็นแผนภูมิที่ใช้ในการควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าการกระจายของกระบวนการผลิต สามารถนำไปประเมินสมรรถภาพกระบวนการเพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการผลิตภายใต้ข้อกำหนดและประเมินคุณภาพสินค้าได้ การควบคุมค่าเฉลี่ยผลิตภัณฑ์ตามตัวอย่างภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 แผนภูมิควบคุม X bar –R Chart

ที่มา: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=3648&pageid=1&read=true&count=true

(3) แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวอย่างเดียว ใช้ในกรณีทีกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนตัวอย่างเดียว เช่น การวัดผลที่ได้จากกระบวนการผลิตที่ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติและวัดผลทุกชิ้นที่ผลิตได้ ส่วนมากใช้กับการผลิตที่มีอัตราการผลิตช้าหรือได้น้อยซึ่งจะรอเพื่อเก็บตัวอย่างหลายตัวอย่างจะเสียเวลามาก ในการควบคุมกระบวนการให้ได้ตามข้อกำหนดหากพบสิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นต้องดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งกับกระบวนการเพื่อให้ค่ากลับเข้าสู่กระบวนการปกติโดยเร็ว ดังนี้

1. มีหนึ่งจุดอยู่นอกค่าขีดจำกัดด้านบนที่กำหนด (UCL) หรือ ค่าขีดจำกัดด้านล่างที่กำหนด (LCL)

2. มีสองจุดติดต่อกันอยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมบนหรือควบคุมล่าง

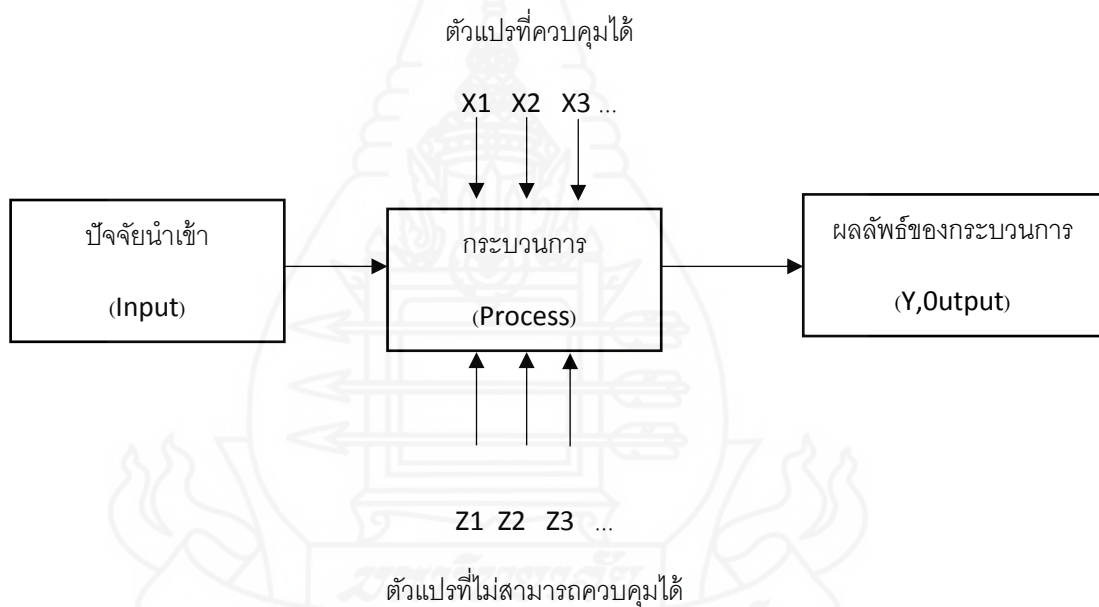
3. มีห้าจุดติดต่อกันที่อยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง

4. มีห้าจุดติดต่อกันที่แสดงแนวโน้มขึ้นหรือลงตลอด

5. มีจุดที่เปลี่ยนระดับอย่างรวดเร็ว

2.4.9 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) เป็นการวางแผนการทดลองอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาการปฏิบัติงานของกระบวนการ

ผลิต ลดความแปรปรวน ลดของกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ เป็นขั้นตอนสำคัญในการรวบรวมข้อมูลที่น่าไปสู่การวิเคราะห์ค้นหาคำตอบของปัญหาที่ต้องเพื่อนำไปการแก้ไขอย่างถูกต้อง วิธีการออกแบบต้องให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่ต้องการนำมาวิเคราะห์และสามารถสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนโดยผู้ออกแบบต้องทราบถึงองค์ประกอบ คือ ส่วนนำเข้าหรือปัจจัยนำเข้า (Input), ตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ (Control factors), ตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Un control factors) และผลลัพธ์ของกระบวนการ (Output) โดยในการออกแบบต้องทำความเข้าใจต้องการศึกษาตัวแปรอิสระ (independent variables) หรือปัจจัย (factors) ที่สามารถควบคุมได้นั้นสามารถส่งผลกระทบหรือไม่ต่อตัวแปรตาม (dependent variable) ที่ใช้ในการวัดผลการทดลอง ซึ่งอธิบายได้ดังรูปที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 การออกแบบจำลองการทดลอง

ที่มา: ศุภชัย นาทะพันธ์ (2559, น.12)

นอกจากนี้ในการออกแบบการทดลองต้องพิจารณาการกำหนดตัวแปร กล่าวคือ การกำหนดตัวแปร x ที่มีผลต่อผลลัพธ์หรือตัวแปร y , การกำหนดการตั้งค่าตัวแปร x อย่างไรเพื่อให้

ได้ผลลัพธ์หรือให้ได้ค่า y ตามที่ต้องการ และการกำหนดการตั้งค่า x ใดๆ โดยตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ z ส่งผลน้อยที่สุดหรือไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเลย

หลักพื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบการทดลองให้ได้ข้อมูลอย่างถูกต้องมีดังนี้

1) การทดลองซ้ำ (Replication) คือ การทดลองในเงื่อนไขของการทดลองเดิมเพื่อยืนยันข้อมูลหรือสามารถประมาณค่าความผิดพลาดของข้อมูลจากการทดลองได้โดยพิจารณาถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และประมาณค่าผลกระทบในปัจจุบันที่ทำการศึกษากับค่าเฉลี่ยทั้งหมดของการทดลองให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งต้องออกแบบการทดลองให้สามารถบันทึกค่าผลการทดลองให้เหมาะสมในแต่ละกลุ่มการทดลอง

2) การสุ่ม (Randomization) เป็นการกำหนดลำดับการทดลองให้เกิดขึ้นอย่างสุ่มเพื่อป้องกันผลของปัจจัยที่ไม่ได้คาดคิด และเป็นการกระจายผลกระทบจากปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องซึ่งอาจเกิดขึ้นให้กระจายในทุกระดับปัจจัย ไม่ให้มีผลกระทบอยู่ที่ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งและลดผลกระทบจากปัจจัยภายนอกที่อาจเกิดขึ้นในการทดลอง ดังนั้นขั้นตอนนี้จะมีความสำคัญเพราะผลการทดลองที่บันทึกต้องถูกต้อง มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระต่อกันด้วยค่าความแปรปรวนที่เท่ากัน การสุ่มจะทำให้ค่าสังเกตที่ได้จากการทดลองเป็นอิสระต่อกัน

3) การบล็อก (Blocking) เป็นการจัดการต่อปัจจัยที่ผู้ทดลองไม่ได้สนใจที่ต้องการศึกษา การบล็อกจะเป็นการจัดกลุ่มวัสดุหรือเครื่องจักรที่มีคุณลักษณะเหมือนกันเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง

ในการออกแบบการทดลองในกระบวนการเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต้องเข้าใจถึงวิธีการวางแผนการทดลองหรือขั้นตอนการออกแบบดังต่อไปนี้

(1) การกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ของการทดลอง ต้องมีความชัดเจนและสามารถนำไปใช้ในการทำการทดลองได้จริง ปัญหาหรือเรื่องที่ต้องการศึกษาต้องไม่ซับซ้อนและยากต่อการนำไปทดลองหรือวัดผลได้ ต้องมีการกำหนดขอบเขตในการทดลองอย่างชัดเจน

(2) การกำหนดปัจจัย (factors) และระดับปัจจัย (treatment หรือ levels) ผู้ทดลองต้องกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ จากนั้นจึงศึกษากำหนดปัจจัยที่จะทำการทดลองในกระบวนการผลิต โดยตระหนักถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นนั้นจะสามารถควบคุมให้ได้ค่าตามที่ต้องการได้อย่างไรและวัดค่าได้

อย่างไรเพื่อนำไปวิเคราะห์ผล อาจใช้เทคนิคการระดมสมอง การใช้แผนผังก้างปลา แหล่งข้อมูลอื่นที่น่าเชื่อถือได้

(3) การกำหนดตัวแปรที่ใช้วัดผลการทดลอง ซึ่งอาจมีหนึ่งตัวแปรหรือหลายตัวแปรก็ได้ที่ส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ต้องการและต้องสามารถควบคุมได้ตลอดการทดลอง รวมถึงวิธีที่ต้องใช้ในการตรวจวัดต้องมีความถูกต้อง เครื่องมือวัดมีความแม่นยำ เพียงตรง

(4) การเลือกแบบวิธีที่ใช้ในการทดลอง มีผลต่อการกำหนดจำนวนการทดลอง (Sampling size) และกลุ่มที่ทดลองภายใต้สภาวะเดียวกันซึ่งต้องพิจารณาจากวัตถุประสงค์การทดลองและต้นทุนที่ใช้ในการทดลองด้วย

(5) การดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหาที่ได้ กำหนดขึ้นต้องติดตามกระบวนการทำงานเพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินการทุกอย่างเป็นตามแผน หากมีอะไรผิดพลาดจะทำให้การทดลองนั้นได้ผลการทดลองที่ใช้ไม่ได้

(6) การวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยหลักทางสถิติ ใช้เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยและระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดต่อกระบวนการที่มีผลต่อการแก้ปัญหาที่ถูกกำหนดขึ้น ใช้หาช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของระดับปัจจัยต่าง ๆ ตรวจสอบแบบจำลองทางสถิติ ส่งผลให้ผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์การทดลอง

(7) การสรุปผลการทดลอง ใช้กราฟหรือตารางในการสรุปผลก็ได้

2.4.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เป็นการนำข้อมูลมาดำเนินการตรวจสอบตามเงื่อนไข เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ข้อมูลอย่างถูกต้อง

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) เป็นการนำข้อมูลมาวิเคราะห์การจัดเรียงตัวของข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำไปเป็นเงื่อนไขในการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งการแจกแจงแบบปกติสามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เป็นการแจกแจงแบบเกาส์หรือการแจกแจงแบบเกาส์เซียน (Gaussian Distribution) ซึ่งคิดค้น โดย Karl Pearson เป็นคนแรกที่วิเคราะห์การแจกแจงแบบนี้ และลักษณะการแจกแจงปกติมีดังนี้

(1) เป็นกราฟรูประฆังคว่ำและมีลักษณะสมมาตร โดยส่วนโค้งด้านซ้ายและขวามีลักษณะเหมือนกันและเท่ากัน แสดงว่าสัมประสิทธิ์ความเบ้จะมีค่าเป็นศูนย์ ความสูงของความโค้งขึ้นอยู่กับความแปรปรวน ถ้าความสูงน้อยและฐานกว้างแสดงว่ามีความแปรปรวนสูง แต่ถ้าความสูงน้อย ฐานแคบแสดงว่ามีความแปรปรวนต่ำ

(2) ค่าเฉลี่ย (Mean) มัชยฐาน (Median) และฐานนิยม (Mode) อยู่ที่จุดเดียวกันและมีค่าเท่ากัน

(3) ยอดของส่วนโค้งอยู่ที่กลางจากจุดยอดสุด เส้นโค้งจะค่อยๆลาดลงต่ำทีละน้อยและจะตัดแกนนอนที่จุดอนันต์ (∞)

2) การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล เป็นการทดสอบให้ทราบว่าข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมีความเป็นปกติหรือไม่ปกติ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อกำหนดพื้นฐานในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์อย่างถูกต้อง การทดสอบการกระจายตัวเป็นปกติของข้อมูลโดยการหาความน่าจะเป็น (Probability Plot) มีขั้นตอนการทำดังนี้

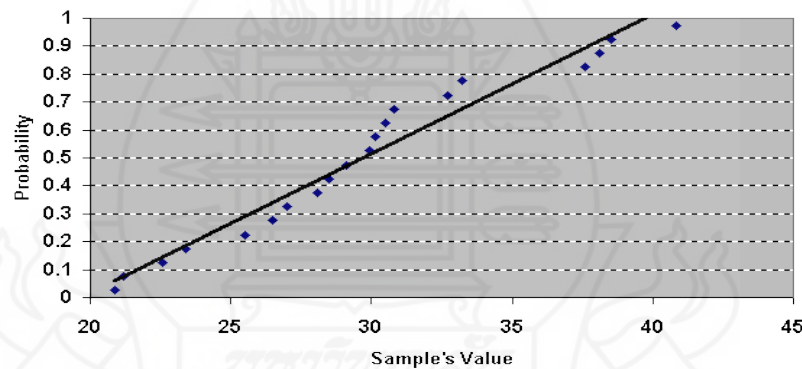
(1) นำข้อมูลมาทำการเรียงลำดับของค่าข้อมูลจากน้อยไปหามาก

(2) ใส่หมายเลขกำกับ (Rank : i) ตั้งแต่ 1,2,3..... n

(3) คำนวณหาค่า Probability ตามสูตร $p = (i-0.5)/n$

(4) ใช้ Scatter Plot เพื่อทำการ Plot จุดตัดระหว่าง Probability และ

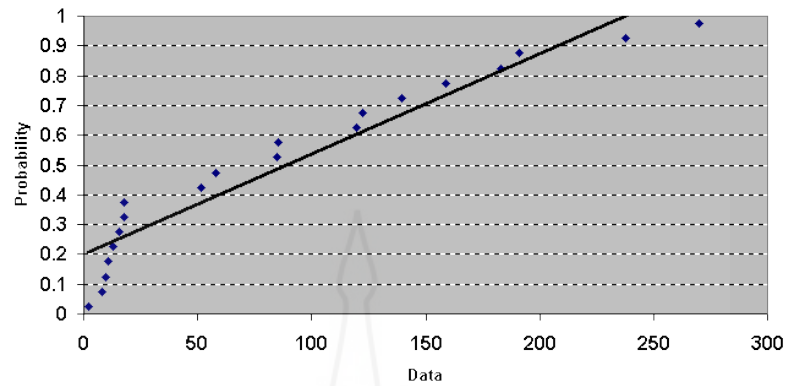
Data ที่ได้เรียงอันดับเรียบร้อยแล้ว โดยให้แสดงเส้นตรงด้วย ดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 กราฟความน่าจะเป็นและค่าการกระจายตัวของตัวอย่าง

ที่มา: <https://sites.google.com/site/mystatistics01/chapter2/2-4-kar-thdsxb-khwam-penkar-kracay-baeb-pkti-normality-test>

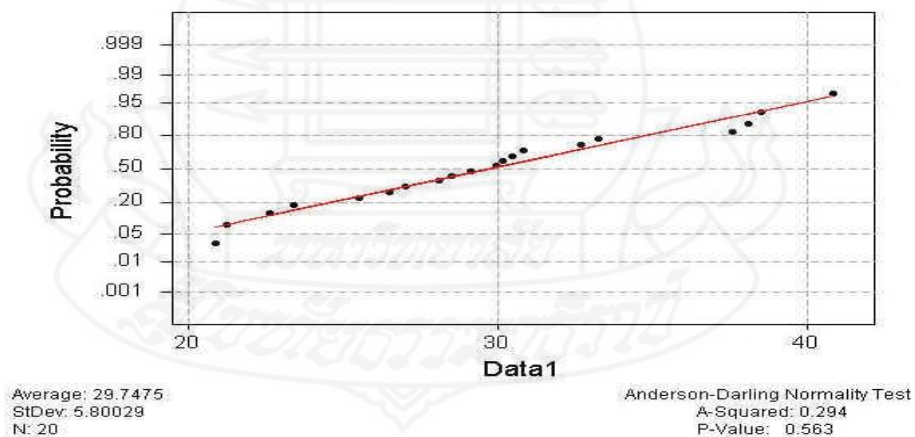
(5) แปลความหมาย โดยมีหลักว่า ถ้า Data มีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) แล้วจุดตัดจะเรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรง และลักษณะการเกิดจุดตัดจะไม่กระจุกเป็นกลุ่มๆ และความห่างระหว่างจุดแต่ละจุดต้องใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ อยู่ห่างจากเส้นมากน้อย แตกต่างกันไปตามแนวเส้นตรง แสดงว่า เป็นการกระจายแบบ Normal distribution สำหรับข้อมูลตัวอย่างไม่เป็นการกระจายแบบปกติจะมีลักษณะระหว่างจุดแตกต่างกัน ดังนี้



ภาพที่ 2.19 กราฟลักษณะการเรียงตัวของจุดตัดเมื่อข้อมูลไม่เป็น Normal distribution

ที่มา: <https://sites.google.com/site/mystatistics01/chapter2/2-4-kar-thdsxb-khwam-penkar-kracay-baeb-pkti-normality-test>

จากภาพที่ 2.19 จะเห็นได้ว่า วิธีการทดสอบ Normality แบบ การหาความน่าจะเป็น สามารถช่วยให้ตัดสินใจได้ว่า ข้อมูลที่เก็บตัวอย่างมีการกระจายแบบปกติหรือไม่ แต่อย่างไรก็ตามสามารถใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติโดยตรง เช่น Minitab จะให้ผลที่แม่นยำได้ ดังภาพที่ 2.20 ดังนี้



ภาพที่ 2.20 กราฟเมื่อข้อมูลเป็น Normal distribution โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Minitab

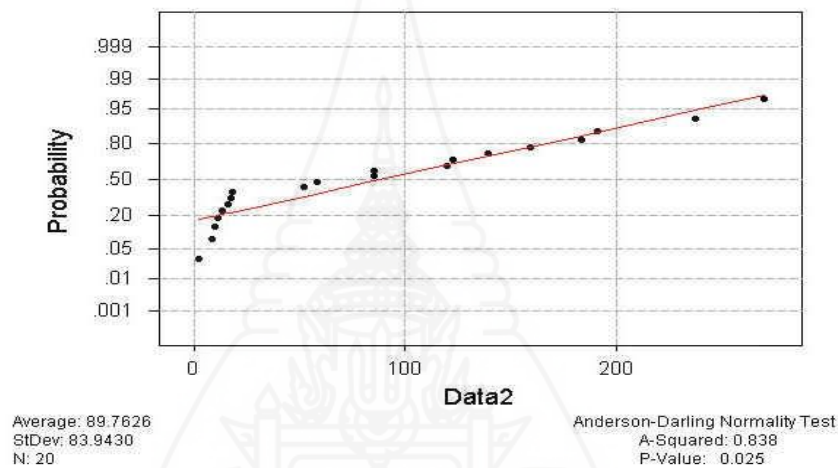
ที่มา: <https://sites.google.com/site/mystatistics01/chapter2/2-4-kar-thdsxb-khwam-penkar-kracay-baeb-pkti-normality-test>

โปรแกรมมินิแทบจะให้ค่า P-Value โดยโปรแกรม Minitab เพิ่มส่วนที่เป็นการวิเคราะห์หรือพิสูจน์ในเชิงปริมาณหรือตัวเลข เพิ่มขึ้นมา เพื่อให้ง่ายในการตัดสินใจ ซึ่งเป็นการสรุปผลการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

ถ้ายอมรับความผิดพลาดที่ 5 % ($\alpha=0.05$) เมื่อ P-Value $> \alpha$ หมายถึงยอมรับสมมติฐาน H_0 ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติและหากใช้โปรแกรม Minitab กับ ข้อมูลตัวอย่างที่ไม่เป็นปกติ ได้ตามภาพที่ 2.21 ดังนี้



ภาพที่ 2.21 กราฟเมื่อข้อมูลไม่เป็น Normal distribution โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Minitab ที่มา: <https://sites.google.com/site/mystatistics01/chapter2/2-4-kar-thdsxb-khwam-penkar-kracay-baeb-pkti-normality-test>

ถ้ายอมรับความผิดพลาดที่ 5 % ($\alpha=0.05$) เมื่อ P-Value $< \alpha$ หมายถึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับ H_1 ข้อมูลไม่มีการแจกแจงปกติ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร เมื่อผู้วิจัยได้ทำการทดลองและเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้แนวทางในการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร สามารถแบ่งเป็น

1. การทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม
2. การทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม
3. การทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม

ในการทดสอบ วิเคราะห์ผลทางสถิติสามารถดำเนินการตามลำดับขั้นตอนเพื่อใช้สถิติในการทดสอบได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ตั้งสมมุติฐาน เป็นการตั้งสมมุติฐานทางสถิติ เพื่อใช้ในการค้นหาคำตอบตามที่ต้องการ ซึ่งประกอบด้วยสมมุติฐานหลัก (Null hypothesis, H_0) และสมมุติฐานรอง (Alternative hypothesis, H_1) สมมุติฐานรองตั้งได้ 2 แบบ คือสมมุติฐานรองแบบมีทิศทางเป็นการทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) และ สมมุติฐานรองแบบไม่มีทิศทาง ซึ่งจะทำการทดสอบแบบสองทาง (Two-tailed test)

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ ซึ่งเป็นการกำหนดความน่าจะเป็นที่ผู้วิจัยจะยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α) จากการปฏิเสธสมมุติฐานหลักที่เป็นจริง ในการวิจัยทางการศึกษากำหนดที่

ขั้นที่ 3 เลือกสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน การทดสอบค่าเฉลี่ยสถิติที่ใช้ในการทดสอบมี Z - test t - test และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ซึ่ง Z - test และ t - test ใช้ทดสอบกรณีมีกลุ่มตัวอย่างหนึ่งหรือสองกลุ่ม สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ใช้ทดสอบกรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไป โดยสถิติแต่ละประเภทมีข้อตกลงเบื้องต้นที่กำหนดรายละเอียด คือ

การทดสอบ Z - test มีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่ม
- 2) การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ (Normal distribution)
- 3) ข้อมูลอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) ขึ้นไป
- 4) ทราบความแปรปรวนของประชากร (σ^2)

การทดสอบ t - test มีข้อตกลงเบื้องต้นของดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่ม
- 2) การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ
- 3) ข้อมูลอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) ขึ้นไป
- 4) ไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร

สำหรับข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) มีดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่ม
- 2) การแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติ
- 3) ข้อมูลอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) ขึ้นไป
- 4) กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน
- 5) มีความเป็นอิสระภายในตัวอย่าง
- 6) ไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร

เนื่องจากการเลือกใช้สถิติทดสอบ ต้องพิจารณาเลือกใช้ให้สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบนั้น ๆ ดังนั้น ในการทดสอบค่าเฉลี่ยกรณีหนึ่งหรือสองกลุ่ม ในทางปฏิบัติจะมีการใช้ t -test เป็นส่วนมาก ทั้งนี้เพราะเหตุผลดังนี้

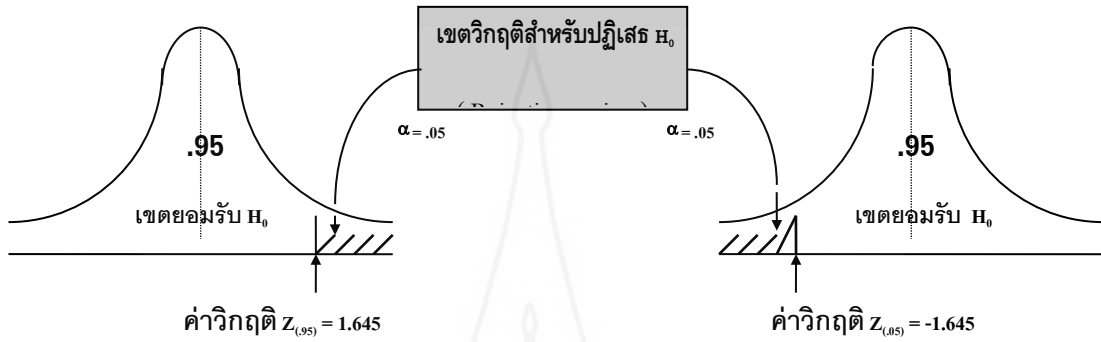
1. ข้อตกลงเบื้องต้นของ Z -test มีการระบุว่า จะใช้ Z -test ได้เมื่อทราบค่าความแปรปรวนของประชากร แต่ในทางปฏิบัติ ผู้วิจัยมักจะไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร แต่ใช้ t -test ได้กรณีที่ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร

2. เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่มาก จะทำให้ค่าองศาแห่งความเป็นอิสระ (Degree of Freedom : df) มีค่ามากขึ้นตามลำดับ ค่าวิกฤตของ t กับค่าวิกฤตของ Z ก็จะมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้นตามลำดับเช่นกัน จนในที่สุดองศาแห่งความเป็นอิสระที่ ∞ ค่าวิกฤตของ t กับค่าวิกฤตของ Z ที่ระดับนัยสำคัญเดียวกัน จะมีค่าเท่ากันพอดี เช่น $Z_{(0.05)} = t_{(0.05)(df=\infty)} = 1.645$ เป็นต้น

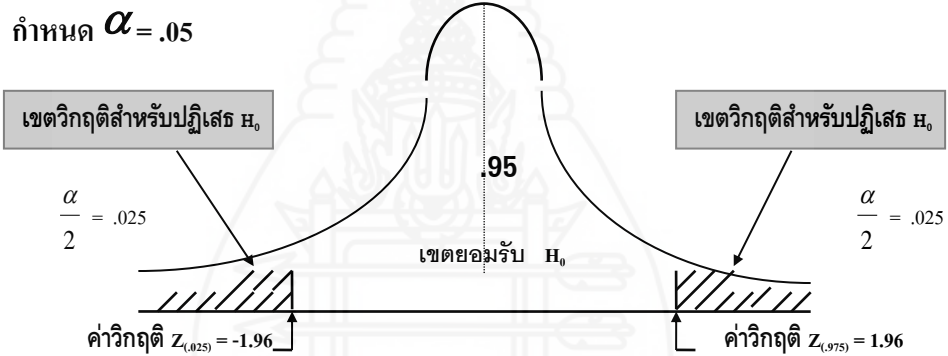
ขั้นที่ 4 กำหนดขอบเขตวิกฤต เป็นการกำหนดพื้นที่หรือบริเวณในการแจกแจงตัวอย่างของสถิติทดสอบที่ใช้สำหรับปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ซึ่งในการกำหนดขอบเขตวิกฤตจะพิจารณาสมมติฐานรอง (H_1) ที่ตั้งขึ้นว่า เป็นแบบทางเดียว (One-tailed test) หรือแบบสองทาง (two-tailed test) เพื่อนำค่าระดับนัยสำคัญ (α) ไปหาค่าวิกฤต (Critical value) มาใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่าง สำหรับการตัดสินใจว่า จะยอมรับหรือปฏิเสธ สมมติฐานหลัก (H_0) ซึ่งในกรณีการทดสอบแบบสองทาง (Two-tailed test) การหาค่าวิกฤตจะต้องหารค่า α ด้วย 2 ($\alpha/2$) ก่อน แล้วใช้ผลหารที่ได้ไปเปิดตารางการแจกแจงของตัวอย่างสถิติทดสอบ แต่กรณีทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) สามารถใช้ค่า α ไปเปิดตารางได้เลย

ในการกำหนดขอบเขตวิกฤตเพื่อสรุปผลการทดสอบนั้นจะสามารถพิจารณาได้ 2 แนวทางด้วยกัน คือ แนวทางที่ 1 พิจารณาจากค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางเทียบกับค่าสถิติที่คำนวณได้จากการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเป็นหลักโดยพิจารณาค่าที่อยู่ในแนวแกนนอนของการแจกแจงของค่าสถิติ นั้น ๆ หรือ กรณีที่ 2 พิจารณาจากพื้นที่ใต้โค้งการแจกแจง ซึ่งเป็นกรณีที่ใช้กับการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ โดยพิจารณา ค่า Sig. (ค่า P-value) ในตารางแสดงผลการคำนวณ (Print out) เทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α) ดังตามตัวอย่าง ภาพที่ 2.22 และตารางที่ 2.3 ได้ดังนี้

กรณีการทดสอบแบบทางเดียว



กรณีการทดสอบแบบสอง



ภาพที่ 2.22 ขอบเขตวิกฤติใช้ z-test ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ (α) เป็น .05
ที่มา: ประชญา พลະพันธ์ (2560, น.39-40)

ค่าวิกฤตของ Z จากตารางพื้นที่ภายใต้โค้งปกติ (Area under the normal curve) มีค่าดังนี้

ตารางที่ 2.3 ค่าวิกฤตของ Z ของแบบการทดสอบแบบทางเดียวและสองทาง

การทดสอบ	ค่าวิกฤตของ Z ระดับนัยสำคัญ (α)		
	.05	.01	.005
แบบทางเดียว (One-tailed test)	- 1.645 หรือ 1.645	- 2.33 หรือ 2.33	- 2.58 หรือ 2.58
การทดสอบ	ค่าวิกฤตของ z ระดับนัยสำคัญ ($\alpha/2$)		

	.025	.05	.0025
แบบสองทาง (Two-tailed test)	- 1.96 และ 1.96	- 2.58 และ 2.58	- 2.81 และ 2.81

ขั้นที่ 5 คำนวณค่าสถิติทดสอบตามสูตร เป็นการคำนวณค่าสถิติโดยนำข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างที่ศึกษาไปแทนค่าต่าง ๆ ตามสูตรของสถิติทดสอบหรือสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ตามวิธีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความถูกต้องแน่นอน เช่น โปรแกรม Minitab (ปรัชญา พลพันธ์, 2560) เป็นต้น

ขั้นที่ 6 สรุปตัดสินใจ เป็นการนำค่าสถิติจากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากตาราง(ค่าวิกฤติ)แล้วจึงจะตัดสินใจเกี่ยวกับผลทดสอบโดยมีหลักพิจารณา ดังนี้

ถ้าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในขอบเขตค่าวิกฤติ (ค่าคำนวณมากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤติ โดยไม่คิดเครื่องหมาย) จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติรอง (H_1) นั่นคือจะยอมรับสมมติฐานการวิจัยตามที่ผู้วิจัยกำหนด

ถ้าค่าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่นอกขอบเขตค่าวิกฤติ (ค่าคำนวณน้อยกว่าค่าวิกฤติโดยไม่คิดเครื่องหมาย) จะยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0)

ในปัจจุบันมีการนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่างไปวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปต่าง ๆ ในคอมพิวเตอร์ เช่น โปรแกรม Minitab, โปรแกรม SPSS for Window ซึ่งในการแสดงผลการวิเคราะห์จะมีการคำนวณค่า P-value มาให้ซึ่งค่า P-value เป็นค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดค่าสถิติทดสอบที่คำนวณได้ภายใต้ H_0 โดยค่า P-value สามารถนำมาพิจารณาเพื่อปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ได้เช่นกัน

3. การวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการ (Process Capability Analysis)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการเป็นการประเมินความผันแปรของกระบวนการผลิตกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งความสามารถกระบวนการเป็นค่าบ่งบอกกระบวนการผลิตมีความสามารถที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ได้ตามข้อกำหนดหรือไม่เพียงใด ทั้งนี้กระบวนการผลิตที่มีความสามารถจะมีค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่กึ่งกลางพอดีกับเป้าหมายของค่ากำหนดผลิตภัณฑ์หรือช่วงความกว้างของค่ากำหนด ในการคำนวณจะแสดงผลลัพธ์เป็นดัชนีตัวเลขที่ไม่มีหน่วยดังนั้นจึงใช้เป็นตัวเลขเปรียบเทียบเพื่อบอกว่ากระบวนการผลิตไหนดีกว่ากันจาก

ข้อมูลที่มาจากระบวนการผลิตต่างกัน การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

3.1 การวิเคราะห์ความสามารถทางด้านศักยภาพของกระบวนการ (Potential capability)

คือ ดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านศักยภาพระยะสั้น (C_p) เป็นตัวเลขที่ได้จากการเปรียบเทียบความกว้างของความผันแปรของกระบวนการระยะสั้นกับความกว้างของข้อกำหนดผลิตภัณฑ์โดยมีค่าการคำนวณคือ

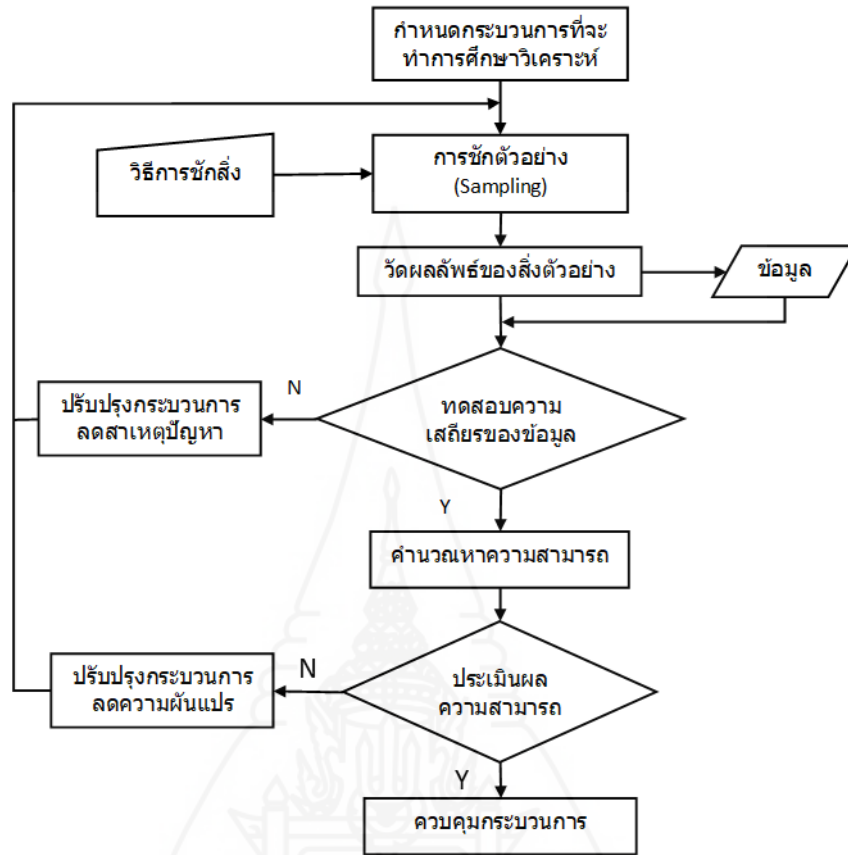
$$C_p = (USL - LSL) / 6 * \sigma_{st}$$

หากค่า C_p มีค่าสูงแสดงว่า กระบวนการผลิตมีความสามารถสูงหรือเกิดของเสียจำนวนที่น้อยตรงกันข้ามหากค่า C_p มีค่าต่ำ ๆ แสดงว่ากระบวนการผลิตขาดความสามารถในการผลิตหรือเกิดของเสียมากในการผลิต ดังนั้นยังมีค่าสูงก็ยิ่งดีและหากกระบวนการผลิตสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ตรงกลางหรือตรงค่าเป้าหมายของข้อกำหนดผลิตภัณฑ์แล้วจะทำให้ค่า C_p มีค่าเท่ากับค่า C_{pk} และดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านศักยภาพระยะยาว (P_p) เป็นการเปรียบเทียบความกว้างของความผันแปรของกระบวนการระยะยาวกับความกว้างของข้อกำหนดผลิตภัณฑ์

3.2 การวิเคราะห์สมรรถนะด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Performance Capability)

คือ ดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านสมรรถนะระยะสั้น (C_{pk}) เป็นการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างตำแหน่งค่าเฉลี่ยของกระบวนการกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ทั้งค่าต่ำ (Lower control limit) และค่าสูง (Upper control limit) ใช้ความผันแปรระยะสั้น โดยเมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการเปลี่ยนไป ค่า C_{pk} เปลี่ยนไป แสดงถึงความสามารถในการผลิตจริง โดยหากค่า C_{pk} สูงแสดงถึงกระบวนการผลิตมีความสามารถในการผลิตสูงหรือมีของเสียน้อย และดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านสมรรถนะระยะยาว (P_{pk}) เป็นการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างตำแหน่งค่าเฉลี่ยของกระบวนการกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ทั้งค่าต่ำ (Lower specification limit, LSL) และค่าสูง (Upper specification limit, USL) ใช้ความผันแปรระยะยาว ในส่วน ดัชนี (C_{pm}) เป็นดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านสมรรถนะของกระบวนการด้วยค่ากลางจากข้อกำหนดเฉพาะ ใช้วิเคราะห์ด้านสมรรถนะเช่นเดียวกับ P_{pk} หรือ C_{pk} โดยมีการเพิ่มการเปรียบเทียบส่วนค่าเฉลี่ยของกระบวนการกับค่าเป้าหมายของข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์

ซึ่งการวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาประเมินและหาสาเหตุของปัญหาหรือสิ่งที่ไม่ต้องการในการผลิตและนำไปปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องได้และสามารถเขียนเป็นภาพแผนภูมิในการดำเนินการ ดังภาพที่ 2.23 ได้ดังนี้



ภาพที่ 2.23 ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการ

ที่มา: ประจวบ กลุ่มจิตร (2557, น. 254)

จากรูปสามารถอธิบายสรุปได้ดังนี้

1. กำหนดกระบวนการที่ทำการศึกษาแล้วทบทวนข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์
2. ทำการกำหนดวิธีการชักตัวอย่างและดำเนินการชักตัวอย่างจากกระบวนการ
3. วัดผลลัพธ์และเก็บข้อมูล
4. นำข้อมูลมาทดสอบความเสถียรของกระบวนการโดยใช้หลักการของแผนควบคุม เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลของกระบวนการนั้นอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมหรือไม่ ถ้าไม่ ให้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของความผันแปรและปรับปรุงกระบวนการถ้าให้ทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการต่อไป

5. ประเมินค่ามาตรฐานของข้อกำหนดเฉพาะหรือ Z-Score

6. ประเมินค่าดัชนีความสามารถกระบวนการ พิจารณาและวิเคราะห์เหตุของความผันแปรและปรับปรุงกระบวนการต่อไปหรือควบคุมกระบวนการให้เป็นไปตามกำหนด

ประโยชน์ของการวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการมีดังนี้

1. ตรวจสอบกระบวนการผลิตว่า มีความสามารถในการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามข้อกำหนดได้ดีเพียงใด

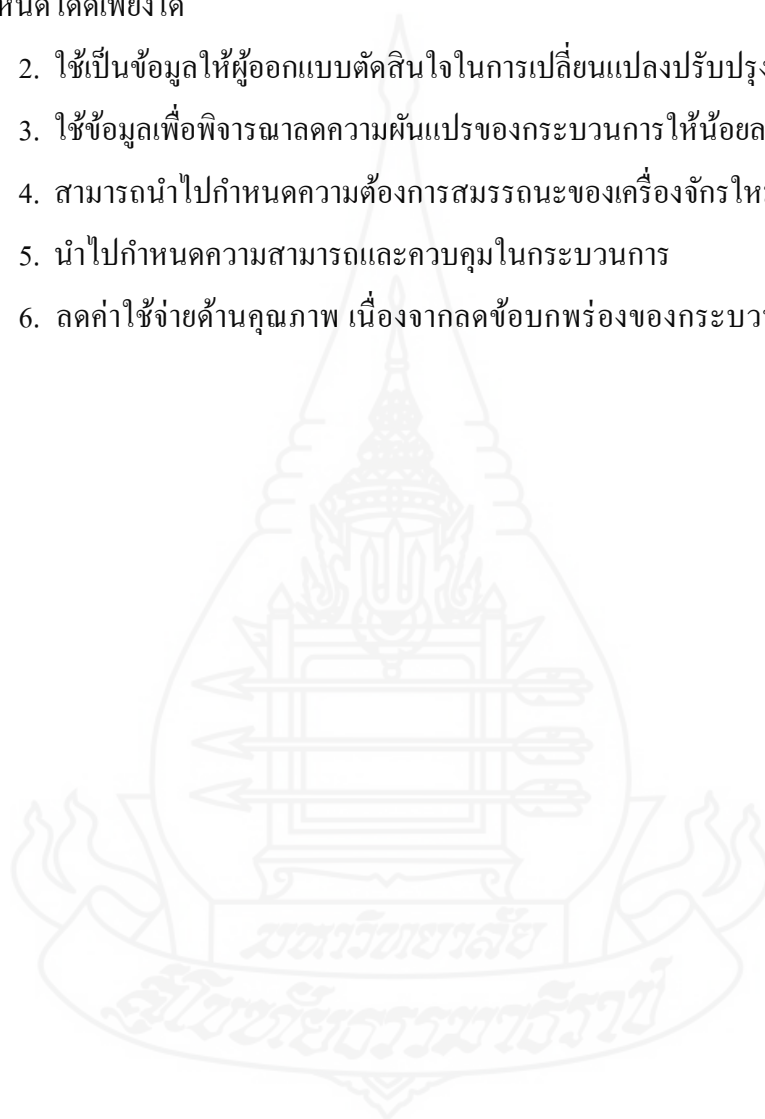
2. ใช้เป็นข้อมูลให้ผู้ออกแบบตัดสินใจในการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงกระบวนการ

3. ใช้ข้อมูลเพื่อพิจารณาลดความผันแปรของกระบวนการให้น้อยลง

4. สามารถนำไปกำหนดความต้องการสมรรถนะของเครื่องจักรใหม่

5. นำไปกำหนดความสามารถและควบคุมในกระบวนการ

6. ลดค่าใช้จ่ายด้านคุณภาพ เนื่องจากลดข้อบกพร่องของกระบวนการลงในการผลิตผลิตภัณฑ์



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลองเพื่อศึกษาการปรับปรุงการบรรจุแป้งทาน้ำด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุในกระบวนการผลิตว่า มีสาเหตุหรือปัจจัยใดที่มีผลต่อน้ำหนักบรรจุ แล้วนำมาดำเนินการปรับปรุง ควบคุมให้มีความเหมาะสมในการบรรจุน้ำหนัก ทำให้เครื่องบรรจุมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1. กำหนดขอบเขตและกลุ่มตัวอย่างของผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกผลิตภัณฑ์ที่นำมาศึกษาคือแป้งสุ่นทาน้ำสีชมพูที่มีการกำหนดปริมาณบรรจุที่ 50 กรัมที่มีจำนวนการผลิตมากที่สุดและกระบวนการบรรจุมีการใช้เครื่องบรรจุแบบเกลียวบรรจุเท่านั้น

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

1.1 กลุ่มตัวอย่างก่อนการดำเนินการวิจัยเป็นข้อมูลก่อนทำการปรับปรุง โดยใช้ข้อมูลจากการสุ่มตรวจคุณภาพน้ำหนักการบรรจุของผลิตภัณฑ์แป้งสุ่นทาน้ำสีชมพูจากหน่วยงานควบคุมคุณภาพที่มีการจัดเก็บข้อมูลด้วยวิธีการสุ่มตรวจสอบน้ำหนักทุกหนึ่งชั่วโมงเพื่อเป็นตัวแทนของน้ำหนักบรรจุจากการบรรจุแป้งทาน้ำทั้งหมดห้าล็อตการผลิตที่ติดต่อกันจำนวนข้อมูล 450 ข้อมูลเพื่อให้เพียงพอต่อการวิเคราะห์ผลใช้ในการเปรียบเทียบกับหลังการปรับปรุง

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการชั่งน้ำหนักบรรจุแป้งในระหว่างการศึกษาแต่ละปัจจัย เป็นข้อมูลจากการปรับปรุงการบรรจุแป้งทาน้ำด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวที่มีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุเพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ผลในแต่ละปัจจัยศึกษาจำนวน 550 ข้อมูลและ 400 ข้อมูล

1.3 กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง โดยใช้ข้อมูลจากการตรวจคุณภาพน้ำหนักการบรรจุของผลิตภัณฑ์แป้งสุ่นทาน้ำสีชมพูจากการสุ่มตรวจสอบน้ำหนักทุกหนึ่งชั่วโมงของกระบวนการบรรจุแป้งทั้งหมดห้าล็อตการผลิตที่ติดต่อกันจำนวนข้อมูล 450 ข้อมูลทั้งนี้เพื่อให้เพียงพอต่อการวิเคราะห์ผลใช้ในการเปรียบเทียบกับก่อนการปรับปรุง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องชั่งดิจิตอลพิคัด 2200 กรัม อ่านค่าความละเอียดได้ 0.01 กรัม

เครื่องบรรจุผงแป้งแบบเกลียว

เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มีโปรแกรม Minitab 18

ชุดเกลียวบรรจุที่มีขนาดเกลียวบรรจุดังนี้

เกลียวบรรจุระยะพิต 36 มิลลิเมตรที่มีระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียว 2.2 มิลลิเมตร

เกลียวบรรจุระยะพิต 36 มิลลิเมตรที่มีระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียว 1.2 มิลลิเมตร

เกลียวบรรจุระยะพิต 27 มิลลิเมตรที่มีระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียว 1.2 มิลลิเมตร

เกลียวบรรจุระยะพิต 30 มิลลิเมตรที่มีระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียว 1.2 มิลลิเมตร

เกลียวบรรจุระยะพิต 33 มิลลิเมตรที่มีระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียว 1.2 มิลลิเมตร

เกลียวบรรจุระยะพิต 36 มิลลิเมตรที่มีระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียว 1.2 มิลลิเมตร

เกลียวบรรจุระยะพิต 39 มิลลิเมตรที่มีระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียว 1.2 มิลลิเมตร

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยในการปรับปรุงการบรรจุแป้งทาหน้าด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุสามารถดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อให้เข้าใจในการศึกษาได้ดังนี้

3.1 การหาสาเหตุของปัญหา เป็นการค้นหาปัญหาปัจจัยที่มีผลต่อความผันแปรในการบรรจุโดยใช้เครื่องบรรจุแบบเกลียวโดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.1.1 การศึกษากระบวนการผลิต การศึกษาแผนผังกระบวนการผลิตเพื่อให้เข้าใจในขั้นตอนการผลิต การควบคุมคุณภาพสินค้า การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และสามารถเห็นขั้นตอนที่มีความเกี่ยวข้องทั้งหมด โดยในงานวิจัยนี้ได้เข้าไปศึกษากระบวนการผลิตสินค้าแป้งตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบ การผสม การบรรจุจนถึงขั้นตอนการจัดส่งเข้าคลังสินค้า

3.1.2 การค้นหาปัญหา ในการค้นหาปัญหาในการผลิตแป้งเพื่อศึกษาหาสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการผันแปรของน้ำหนักบรรจุของเครื่องบรรจุแบบเกลียวด้วยวิธีการการระดมสมองของบุคคลที่เกี่ยวข้องเช่น ผู้ควบคุมเครื่องจักร วิศวกรซ่อมบำรุง ผู้ตรวจสอบด้านคุณภาพ ผู้ควบคุมการผลิต ว่า มีสาเหตุใดได้บ้างที่เกี่ยวข้องให้ละเอียดมากที่สุดแล้วนำมาเขียนแยกตามปัจจัยให้ชัดเจนโดยใช้วิธีการของแผนผังก้างปลา (Cause and effect analysis) แล้วนำปัญหาที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเพื่อให้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาหรือสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อ

มากนัก้อยต่างกันอย่างไร โดยใช้หลักการการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure mode and effect analysis: FMEA) โดยใช้เกณฑ์ 3 เกณฑ์ดังนี้คือ

- 1) ความรุนแรงของความผิดพลาด (Severity)
- 2) โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด (Occurrence)
- 3) โอกาสที่พบ (Detection)

จากนั้นก็มาทำการประเมินความเสี่ยง ($RPN = S \times O \times D$) ร่วมกัน นำค่าคะแนนหรือค่า RPN ที่ได้ มาทำการพล็อตกราฟโดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบพาเรโตเพื่อให้เห็นความชัดเจนมากขึ้น กราฟที่ได้จะแสดงให้เห็นว่าปัญหาหรือสาเหตุใดที่ต้องดำเนินการแก้ไขตามลำดับความสำคัญมากไปหาน้อยหรือปัญหาใดที่ส่งผลกระทบมากหรือน้อยต่อค่าความผันแปรของน้ำหนักบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุแบบเกลียว

3.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด

ในการทดลองนี้ได้ดำเนินการตามขั้นตอนการศึกษาค่า Repeatability และค่า Reproducibility ของระบบการวัด (GR&R) ดังนี้

3.2.1 กำหนดอุปกรณ์วัด โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอลพิกัด 2200 กรัม อ่านค่าความละเอียดได้ 0.01 กรัมหรือทศนิยมจำนวน 2 ตำแหน่ง โดยเครื่องชั่งต้องผ่านการสอบเทียบ (Calibrate) ก่อน

3.2.2 สุ่มนำตัวอย่างชิ้นงาน คือขวดแป้งที่ผ่านการบรรจุน้ำหนักแล้วมาติดหมายเลขชิ้นงานไว้ได้กั้นขวด จำนวน 10 ขวดโดยไม่ให้พนักงานทราบ

3.2.3 นำพนักงานที่ทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักประจำ 3 คน มา ดำเนินการทดสอบโดยให้พนักงานที่ละ 1 คนชั่งน้ำหนักที่ละขวดอ่านค่าและทำการบันทึกข้อมูลทั้ง 10 ขวดตามหมายเลขให้ครบ จากนั้นให้พนักงานคนถัดไปทำเช่นเดียวกันโดยดำเนินการ 3 รอบ

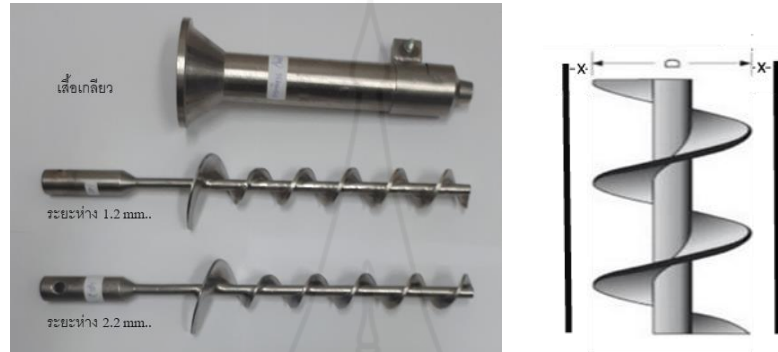
3.2.4 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผลการวิเคราะห์ระบบวัด เพื่อดูความเที่ยงตรงของเครื่องชั่งและดูความสามารถในการอ่านค่าน้ำหนักของพนักงานว่าเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

3.3 การวัดความสามารถของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง

ทำการวัดความสามารถของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง โดยการเก็บข้อมูลน้ำหนักแป้งก่อนการปรับปรุงเครื่องบรรจุที่ทำการผลิตต่อเนื่องกัน 5 ล็อตการผลิต รวม 45 กลุ่มๆ ตัวอย่างละ 10 ชิ้นจำนวน 450 ข้อมูล นำไปวิเคราะห์ผล

3.4 การหาระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียว

กำหนดระยะเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียว 2 ระยะ คือ ระยะห่างที่ 2.2 มิลลิเมตร ที่ใช้บรรจุอยู่ในปัจจุบันและระยะห่างที่ 1.2 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าที่เกลียวบรรจุยังคงสามารถทำการบรรจุแป้งได้ตามปกติ ไม่ติดขัด มีลักษณะตามภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 เกลียวบรรจุที่ระยะห่างเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียวที่ 1.2, 2.2 มิลลิเมตร

3.4.1 สมมติฐานการทดลอง

H_0 : ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียวที่ใช้ในการบรรจุแป้ง ไม่มีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ

H_1 : ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียวที่ใช้ในการบรรจุแป้ง มีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ

3.4.2 ตัวแปรควบคุม

ผงแป้งลือตเดียวกัน เครื่องบรรจุแบบเกลียว ควบคุมความเร็วในการบรรจุแป้งที่ 50 ชิ้นต่อนาที ควบคุมระดับแป้งในกรวย (Hopper) บรรจุแป้งให้คงที่เสมอ

3.4.3 การออกแบบจำนวนตัวอย่าง

กำหนดระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ และให้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($1 - \alpha$) และ กำหนดความผิดพลาดชนิดที่ 2 (β) ให้เท่ากับ 0.1 (Power of test = $1 - \beta$) หรืออำนาจการทดสอบของจำนวนตัวอย่างที่ 90% ใช้จำนวนตัวอย่างปัจจัยละ 550 ข้อมูล

3.4.4 การดำเนินการทดลอง

ดำเนินการสร้างชุดเกลียวบรรจุขึ้นมาสองชุดโดยกำหนดระยะห่างของระยะเกลียวบรรจุกับเสื่อเกลียว 2 ระยะ คือ

- 1) ระยะห่างที่ 2.2 มิลลิเมตร เป็นค่าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

2) ระยะห่างที่ 1.2 มิลลิเมตร เป็นค่าที่เกลิยวบรรจุยังคงสามารถทำการบรรจุ แป้งได้ตามปกติ ไม่ติดขัด ซึ่งหากค่าระยะห่างน้อยกว่านี้เครื่องไม่สามารถหมุนเกลิยวบรรจุได้เกิดการเสียดสี ติดขัดในระหว่างการบรรจุ ทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์เครื่องจักร

นำเกลิยวบรรจุที่สร้างขึ้นมาทำการติดตั้งตามปัจจัยระยะห่างเกลิยวบรรจุกับ เลื่อเกลิยว (มิลลิเมตร) ที่เครื่องบรรจุแบบเกลิยวแล้วทำการบรรจุและเก็บตัวอย่างจากการใช้เกลิยว บรรจุละ 550 ตัวอย่าง มีขั้นตอนดังนี้

(1) นำน้ำหนักขวดบรรจุก่อนทำการบรรจุแป้งโดยการนำขวดพลาสติก มาเขียนระบุหมายเลขบนขวดแล้วนำไปชั่งน้ำหนักขวดบรรจุเปล่าบนเครื่องชั่งชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

(2) นำขวดพลาสติกไปทำการบรรจุแป้งด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลิยวที่กำหนดไว้ โดยเครื่องบรรจุต้องผ่านการปรับตั้งให้ความเร็วในการบรรจุ 50 ขึ้นต่อนาทีไว้แล้วจึงทำการบรรจุแป้งลงขวดบรรจุที่เตรียมไว้ตามจำนวน

(3) นำขวดแป้งที่ผ่านการบรรจุแป้งด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลิยวมายัง น้ำหนักที่บรรจุได้โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักตัวเดิมที่ใช้ในการเตรียมขวดบรรจุเปล่าและบันทึกผล น้ำหนักลงในตารางบันทึกผลการทดลองให้ตรงตามหมายเลขที่ระบุไว้ข้างขวด

(4) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผล

3.5 การศึกษาระยะพิตของเกลิยวบรรจุ

นำผลสรุปของระยะห่างระหว่างเกลิยวบรรจุกับเลื่อเกลิยวมาศึกษาหาระยะพิตของ เกลิยวบรรจุ โดยทำการเปลี่ยนแปลงระยะพิตของเกลิยวบรรจุ 5 ระยะ คือ 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตร ตามภาพที่ 3.2 โดย ระยะพิตของเกลิยวบรรจุที่ 27.0 มิลลิเมตรเป็นค่าต่ำสุดที่เกลิยวบรรจุ ยังคงสามารถทำการบรรจุแป้งได้ด้วยความเร็ว 50 ขึ้นต่อนาทีและสามารถเพิ่มความเร็วได้ถึง 58 ขึ้น ต่อนาทีและเครื่องจักรยังคงสามารถทำงานได้ตามปกติ และระยะพิตของเกลิยวบรรจุที่ 39.0 มิลลิเมตร เป็นค่าสูงสุดที่ทำการศึกษายังคงสามารถทำการบรรจุแป้งได้ตามปกติ ตามข้อกำหนดการ ทำงาน



ภาพที่ 3.2 เกลียวบรรจุกี่ระยะพิต 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตร

3.5.1 สมมติฐานการทดลอง

H_0 : ระยะพิตของเกลียวบรรจุกี่ที่ใช้ในการบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุ ไม่มีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ

H_1 : ระยะพิตของเกลียวบรรจุกี่ที่ใช้ในการบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ

3.5.2 ตัวแปรควบคุม

ระยะห่างเกลียวบรรจุกับเส้นเกลียวเท่ากับที่ 1.2 มิลลิเมตร พงแป้งลือตเดียวกัน เครื่องบรรจุแบบเกลียว ควบคุมความเร็วในการบรรจุแป้งที่ 50 ชั้นต่อนาที ควบคุมระดับแป้งในกรวย(Hopper)บรรจุแป้งให้คงที่เสมอ

3.5.3 การออกแบบจำนวนตัวอย่าง

กำหนดตัวอย่างตามตารางสำเร็จรูปของยามานะสำหรับกำหนดตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยกำหนดระดับนัยสำคัญให้ทดสอบที่ $\alpha = 0.05$ และ กำหนดความผิดพลาดชนิดที่ 2 (β) ให้เท่ากับ 0.1 (Power of test = $1 - \beta$) อำนาจการทดสอบของจำนวนตัวอย่างที่ 90 % จากการตรวจสอบจำนวนตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของยามานะ (1967, p398) ที่ขนาดจำนวนประชากร 25,000 ชั้น (เนื่องจากในการบรรจุแป้ง 1 ลือตจะได้ชั้นจำนวน 25,000 ชั้น) จะใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบที่ 394 ตัวอย่าง แต่เนื่องจากการทดลองนี้ไม่มีการทำลายตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงทำการเก็บตัวอย่างการทดลองจำนวน 400 ตัวอย่างเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความความแม่นยำมากขึ้น

3.5.4 การดำเนินการทดลอง

นำเกลียวบรรจุมาติดตั้งที่เครื่องบรรจุที่ละเอียดแล้วทำการบรรจุและเก็บตัวอย่างเกลียวบรรจุละ 400 ตัวอย่าง จนครบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) นำน้ำหนักขวดบรรจุก่อนทำการบรรจุแป้ง โดยการนำขวดพลาสติกมาเขียนระบุนหมายเลขบนขวดแล้วนำไปชั่งน้ำหนักขวดบรรจุเปล่าบนเครื่องชั่ง โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
- 2) นำขวดพลาสติกไปบรรจุแป้งด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวที่กำหนดไว้ โดยเครื่องบรรจุต้องผ่านการปรับตั้งให้สามารถบรรจุแป้งขนาด 50 กรัมไว้แล้วจึงทำการบรรจุแป้งลงขวดบรรจุที่เตรียมไว้ตามจำนวน
- 3) นำขวดแป้งที่ผ่านการบรรจุแป้งด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียว มาชั่งน้ำหนักที่บรรจุได้โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักตัวเดิมที่ใช้ในการเตรียมขวดบรรจุเปล่าและบันทึกผลน้ำหนักลงในตารางบันทึกผลการทดลองให้ตรงตามหมายเลขที่ระบุไว้ข้างขวด

3.6 การศึกษาความเร็วในการบรรจุ

นำผลสรุปของระยะพิชของเกลียวบรรจุมาศึกษาหาความเร็วในการบรรจุที่เหมาะสมโดยกำหนดความเร็วในการทดลองที่ 50, 52, 54, 56, 58 ขึ้นต่อนาที

3.6.1 สมมติฐานการทดลอง

H_0 : ความเร็วในการบรรจุแป้ง ไม่มีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ

H_1 : ความเร็วในการบรรจุแป้ง มีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ

3.6.2 ตัวแปรควบคุม

ผงแป้งลือตเดียวกัน เครื่องบรรจุแบบเกลียว ควบคุมระดับแป้งในกรวย (Hopper)บรรจุแป้งให้คงที่เสมอ

3.6.3 การออกแบบจำนวนตัวอย่าง

กำหนดตัวอย่าง ตามตารางสำเร็จรูปของยามานะสำหรับกำหนดตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยกำหนดระดับนัยสำคัญให้ทดสอบที่ $\alpha = 0.05$ และกำหนดความผิดพลาดชนิดที่ 2 (β) ให้เท่ากับ 0.1 (Power of test = $1 - \beta$) อำนาจการทดสอบกำหนดที่ 90 % จากการตรวจสอบจำนวนตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของยามานะ (1967, p398) ที่ขนาดจำนวนประชากร 25,000 ขึ้น(เนื่องจากการบรรจุแป้ง 1 ลือตจะได้ขึ้นจำนวน 25,000 ขึ้น)จะใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบที่ 394 ตัวอย่าง แต่เนื่องจากการทดลองนี้ไม่มีการทำลายตัวอย่างผู้วิจัยจึงทำการเก็บตัวอย่างในการทดลองที่ 400 ตัวอย่างเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำมากขึ้น

3.6.4 การดำเนินการทดลอง

ทำการปรับตั้งความเร็วในการบรรจุแล้วทำการบรรจุและเก็บตัวอย่าง ความเร็วละ 400 ตัวอย่าง มีขั้นตอนดังนี้

1) ให้นำน้ำหนักขวดบรรจุก่อนทำการบรรจุแป้ง โดยการนำขวดพลาสติกมา เขียนระบุหมายเลขบนขวดแล้วนำไปชั่งน้ำหนักขวดบรรจุเปล่าบนเครื่องชั่งชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

2) นำขวดพลาสติกไปทำการบรรจุแป้ง ด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวที่กำหนดไว้ โดยเครื่องบรรจุต้องผ่านการปรับตั้งให้สามารถบรรจุแป้งตามความเร็วที่กำหนดแล้วจึงทำการบรรจุแป้งลงขวดบรรจุที่เตรียมไว้ตามจำนวน

3) นำขวดแป้งที่ผ่านการบรรจุแป้ง ด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวมาชั่งน้ำหนักที่บรรจุได้โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักตัวเดิมที่ใช้ในการเตรียมขวดบรรจุเปล่าและบันทึกผลน้ำหนักลงใน ตารางบันทึกผลการทดลองให้ตรงตามหมายเลขที่ระบุไว้ข้างขวด

3.7 ผลการวัดความสามารถของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง

ทำการวัดความสามารถของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงโดยการเก็บข้อมูล น้ำหนักแป้งหลังการปรับปรุงเครื่องบรรจุที่ทำการผลิตต่อเนื่องกัน 5 ล็อตการผลิต รวม 45 กลุ่มๆ ตัวอย่างละ 10 ชิ้นจำนวน 450 ข้อมูล นำไปวิเคราะห์ผล

4. การวิเคราะห์ข้อมูลและการประเมินผล

การวิเคราะห์ข้อมูลและการประเมินผลเป็นการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย โปรแกรม Minitab ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนและหลังทำการศึกษา มาทำการวัดวิเคราะห์ดัชนีความสามารถ กระบวน โดยเทียบผลการปรับปรุงโดยอ้างอิงลำดับของความสามารถด้านศักยภาพของ กระบวน การตามค่าดัชนี C_p ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ค่าดัชนี C_p กับความสามารถของกระบวนการ

ค่าดัชนี C_p	ลำดับความสามารถของกระบวนการ
$C_p \geq 2.00$	ดีเหลือเชื่อ
$1.67 \leq C_p < 2.00$	ดีเลิศ

ตารางที่ 3.1 ค่าดัชนี Cp กับความสามารถของกระบวนการ (ต่อ)

ค่าดัชนี Cp	ลำดับความสามารถของกระบวนการ
$1.33 \leq Cp < 1.67$	ดี
$1.00 \leq Cp < 1.33$	พอใช้
$0.67 \leq Cp < 1.00$	แย่
$Cp < 0.67$	แย่มาก

ที่มา: กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ(2544)

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลของระบบการวัดของเครื่องมือและพนักงานซึ่งนำหน้า โดยการทดสอบการซึ่งนำหน้าตัวอย่างของพนักงาน และเครื่องซึ่งที่ใช้ในการซึ่งวัด บันทึกนำหน้าที่ซึ่งได้ของพนักงานซึ่งนำหน้าแต่ละคนที่นำมาทดสอบแล้วนำข้อมูลที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมมินิแทบ โดยกำหนดเกณฑ์ในการยอมรับความสามารถของระบบการวัด ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การยอมรับระบบการวัด

ค่าวิพิทปะบิลิตีและค่าวิโปรดิวชิบิลิตี	เกณฑ์การยอมรับ	ผลการยอมรับ
SV/Toler หรือ P/T Ratio	< 10%	อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
SV/Toler หรือ P/T Ratio	< 30%	อาจจะยอมรับได้หรือยอมรับแบบมีเงื่อนไข
SV/Toler หรือ P/T Ratio	$\geq 30\%$	ไม่สามารถยอมรับได้

ที่มา: กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ(2546)

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลหาลำดับความสำคัญของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความผันแปร นำหน้าบรรจุโดยการค่าคะแนนที่ได้นำมาพล็อตกราฟพาราโตเพื่อคัดเลือกปัญหาที่มีคะแนนสูงสุดเรียงตามลำดับที่ส่งผลกระทบต่อความผันแปรนำหน้าบรรจุเพื่อนำไปวางแผนดำเนินการปรับปรุง

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและการประเมินผลจากการปรับปรุงโดยใช้สถิติแบบ 2-samples T-test ในกรณี 2 กลุ่มตัวอย่างที่มีอิสระต่อกัน มีขั้นตอนดังนี้

4.4.1 ทดสอบการแจกแจงความปกติของข้อมูลดูค่า P-value หากมากกว่า 0.05 ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ, ค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ข้อมูลไม่ใช่การแจกแจงปกติ

4.4.2 ทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสองชุดมีค่าความแตกต่างกันหรือไม่ โดยกำหนดความเชื่อมั่นที่ 95% หรือระดับนัยสำคัญที่ 0.05 แล้วดูค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบ หากมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าความแปรปรวนของทั้ง 2 ข้อมูล มีความแตกต่างกัน และหากค่า P-value มากกว่าแสดงว่าความแปรปรวนของทั้ง 2 ข้อมูล ไม่มีความแตกต่างกัน เพื่อไปกำหนดเป็นเงื่อนไขในการทดสอบ

4.4.3 การทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้สถิติแบบ 2-samples T-test ดูค่า P-value, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความผันแปร และหากมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปัจจัยในการศึกษามีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักรรจุ, หากค่า P-value มากกว่าแสดงว่าปัจจัยในการศึกษาไม่มีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักรรจุ

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและการประเมินผลจากการปรับปรุงโดยใช้สถิติแบบ One way ANOVA หรือการทดสอบความแตกต่างข้อมูลมากกว่า 2 ชุดที่เป็นอิสระจากกัน มีขั้นตอนดังนี้

4.5.1 นำข้อมูลมาทดสอบการแจกแจงความปกติของข้อมูล ดูค่า P-value หากมากกว่า 0.05 ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ, ค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ข้อมูลไม่ใช่การแจกแจงปกติ

4.5.2 ทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลทั้งห้าชุดมีค่าความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้ Test for equal variance ของการวิเคราะห์แบบ ANOVA กำหนดความเชื่อมั่นที่ 95% หรือระดับนัยสำคัญที่ 0.05 แล้วดูค่า P-value ที่ได้จากการทดสอบ หากมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าความแปรปรวนทั้ง 2 ข้อมูล มีความแตกต่างกัน และหากค่า P-value มากกว่าแสดงว่าความแปรปรวนของข้อมูล ไม่มีความแตกต่างกัน เพื่อไปกำหนดเป็นเงื่อนไขในการทดสอบ

4.5.3 การทดสอบสมมติฐานโดยการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้สถิติแบบ One way ANOVA ดูค่า P-value, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและหากมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปัจจัยในการศึกษามีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักรรจุ, หากค่า P-value มากกว่าแสดงว่าปัจจัยที่ศึกษาไม่มีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักรรจุ

5. สรุปผลการวิจัย

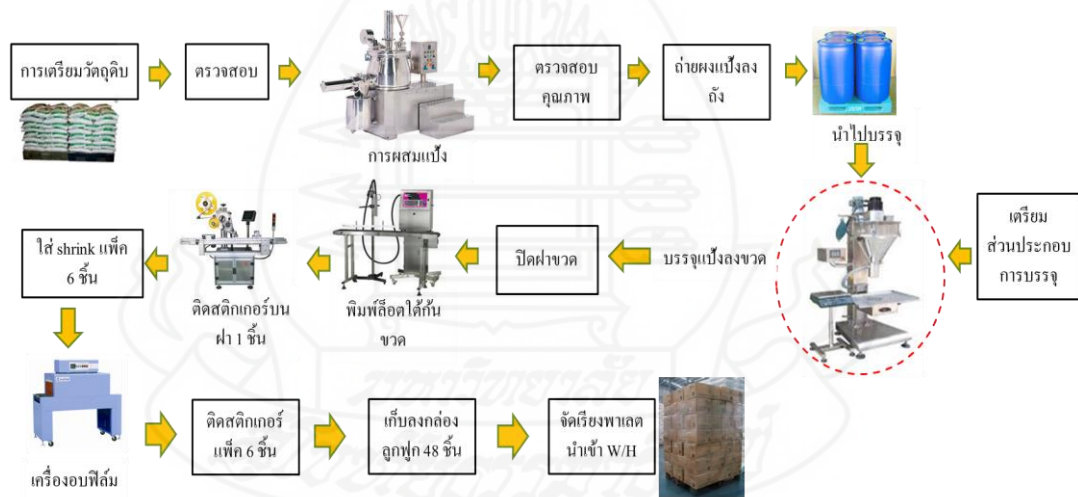
ทำการแปลผลจากการวิเคราะห์ สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

บทที่ 4 ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการปรับปรุงการบรรจุแป้งทาน้ำด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรน้ำหนักบรรจุ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามวิธีการดำเนินการวิจัยแล้วได้ผลการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการศึกษากระบวนการผลิต

ในกระบวนการผลิตแป้งฟู้นทาน้ำมีกระบวนการผลิตที่สำคัญดังแสดงในภาพที่ 4.1 ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ การผสมแป้ง (powder mixing) การบรรจุผลิตภัณฑ์และการบรรจุหีบห่อ (filling and packing) ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีการผลิตมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 4.1 ขั้นตอนการผลิตสินค้าแป้งฟู้นทาน้ำ

1.1 การเตรียมวัตถุดิบ (preparing raw material)

ในการเตรียมวัตถุดิบก่อนดำเนินการผสมต้องมีการเตรียมวัตถุดิบตามสูตรการผลิตสินค้าโดยสามารถแยกออกเป็น 2 ประเภท คือวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นผงและวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นของเหลวโดยการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบด้วยเครื่องชั่งละเอียดแล้วบรรจุลงภาชนะที่เหมาะสมโดยระบบการชั่งน้ำหนักด้วยระบบคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมความถูกต้องของน้ำหนักที่ต้องการตาม

จำนวนการผสมในแต่ละล็อต หลังจากนั้นจัดวางวัตถุดิบทั้งหมดบนพาเลตรวมกันเพื่อเคลื่อนย้ายเข้าสู่พื้นที่จัดเตรียมร่อนนำไปดำเนินการผสมในขั้นตอนถัดไป

1.2 กระบวนการผสมแป้ง (powder mixing)

การผสมเป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบทั้งหมดตามสูตรการผลิตมาดำเนินการตามขั้นตอนการผสมแป้งเพื่อให้วัตถุดิบทั้งหมดถูกปั่นผสมเข้ากันก่อนนำไปบรรจุด้วยเครื่องบรรจุสินค้า โดยมีขั้นตอนการผสมดังนี้

1.2.1 นำวัตถุดิบมาตรวจเช็คความถูกต้องตามสูตรการผลิต เตรียมลงในภาชนะบรรจุ

1.2.2 เติมวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวและผงสีลงในถังผสม

1.2.3 ทำการปั่นให้ส่วนผสมที่เป็นผงทั้งหมดให้เข้ากัน

1.2.4 นำส่วนผสมที่เป็นน้ำมันและน้ำหอมหรือส่วนผสมที่เป็นของเหลวมาเทรวมกันแล้วคนให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน

1.2.5 นำมาเทลงหม้อและสเปรย์ลงถังผสมที่กำลังปั่นผงแป้งให้เข้ากัน

1.2.6 ทำการสุ่มตัวอย่างแป้งจากถังผสมมาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

- 1) ตรวจสอบกลิ่น สี ลักษณะผงแป้ง ต้องได้ตามมาตรฐานสินค้า
- 2) ความหนาแน่นของผงแป้ง (*bulk density* ที่ 25 C) เท่ากับ 0.5 - 0.6 กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร
- 3) ค่า pH (10% Talcum in Water) = 8.3-8.9
- 4) ค่าน้ำ (water) 0.00- 0.25 %
- 5) จำนวนจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน (*aerobic plate count*) ≤ 100 cfu/g.

1.2.7 ถ่ายผงแป้งลงถังร่อนนำไปบรรจุ

ในระหว่างร่อนการนำไปบรรจุต้องนำถังบรรจุแป้งมาคาดปิดด้วยเทปพลาสติกใสที่ขอบฝาถึงให้สนิท ติดป้ายชี้บ่งชนิดผลิตภัณฑ์ให้ชัดเจน จัดเรียงวางบนพาเลตพลาสติกให้เรียบร้อย

1.3 การบรรจุผลิตภัณฑ์และการบรรจุหีบห่อ (filling & packing)

นำผงแป้งที่ได้จากการผสมและส่วนประกอบบรรจุภัณฑ์ของสินค้ามาเตรียมการผลิตตามมาตรฐานขั้นตอนการผลิตของสินค้าเพื่อให้สามารถเข้าได้ง่ายในขั้นตอนการปฏิบัติงานใน

ทุกๆขั้นตอน ได้อย่างถูกต้อง ป้องกันความผิดพลาดในการผลิต โดยสามารถเขียนเป็นแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตแป้ง

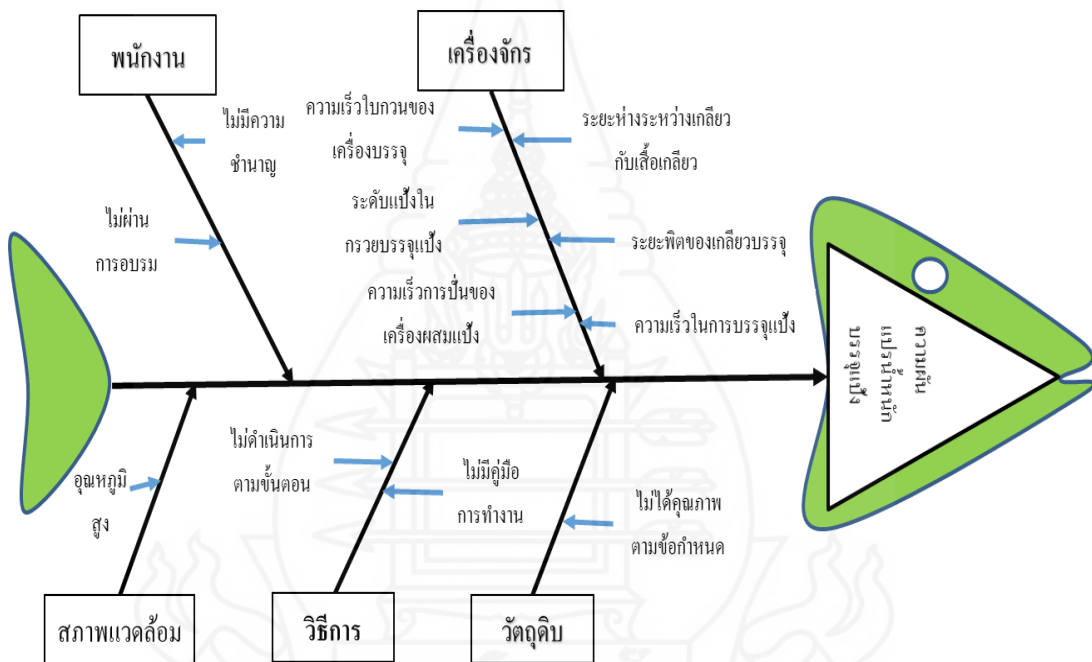
ขั้นตอน	สัญลักษณ์	คำอธิบายการทำงาน
1	⇒	รับส่วนประกอบและชนิดผงแป้ง
2	□	ตรวจสอบส่วนประกอบและผงแป้งก่อน
3	⇒	นำถังผงแป้งเทลงเครื่องบรรจุ
4	⇒	นำส่วนประกอบบรรจุภัณฑ์เข้าสายพานผลิต
5	○	บรรจุผงแป้งลงบรรจุภัณฑ์ด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียว
6	□	ตรวจสอบน้ำหนัก
7	○	ติดสติ๊กเกอร์
8	○	พิมพ์รุ่นการผลิต
9	□	ตรวจสอบการพิมพ์
10	○	นำสินค้ามาบรรจุ 6 ชั้นปล่อยผ่านเครื่องหุ้มฟิล์ม
11	○	แพ็คเกจกล่องลูกฟูกแล้ววางจัดเรียงลงพาเลต
12	D	รอขนถ่ายผลิตภัณฑ์
13	⇒	ส่งผลิตภัณฑ์สำเร็จภาพเข้าคลัง
14	▽	จัดเก็บรอการส่งขาย

คำอธิบายสัญลักษณ์

- การปฏิบัติ (operation)
- ⇒ การเคลื่อนที่หรือการขนส่ง (transportation)
- การตรวจสอบ (inspection)
- D การรอคอย (delay)
- ▽ การถือ (hold) หรือการเก็บรักษา (storage)

2. ผลการค้นหาปัญหา

จากการศึกษากระบวนการผลิตสินค้าแล้วนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีความสัมพันธ์กับความผันแปรในการบรรจุน้ำหนักซึ่งได้จากการระดมสมอง ร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวน 10 คน ประกอบด้วยผู้ควบคุมเครื่องจักร วิศวกรซ่อมบำรุง ผู้ตรวจสอบด้านคุณภาพ ผู้ควบคุมการผลิต โดยทำการวิเคราะห์ตามหลัก 4M 1E โดยระบุสาเหตุทุกด้านที่ส่งผลกระทบต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุแป้ง จากนั้นนำมาเขียนหาสาเหตุตามแหล่งที่มา ดังภาพที่ 4.2



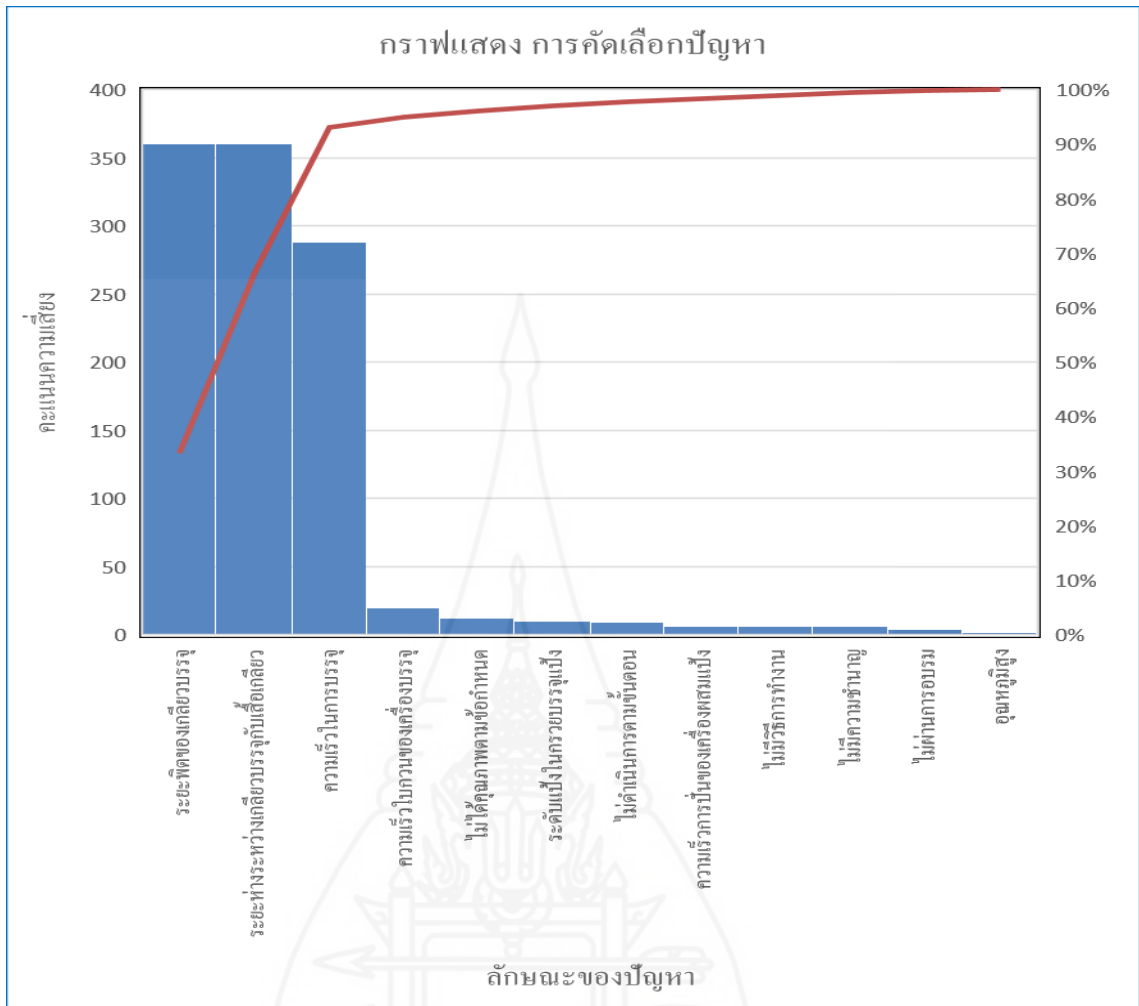
ภาพที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา

จากนั้นนำปัญหามาทำการประเมินความเสี่ยงโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure mode and effect analysis: FMEA) ได้ผลตามภาคผนวก ก นำค่าคะแนนที่ทำการประเมินได้มาสรุปค่าเปอร์เซ็นต์ความเสี่ยงได้ผลตามตารางที่ 4.2 แล้วนำมาทำแผนภูมิพารโตเพื่อทำการคัดเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดตามภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 สรุปค่าคะแนนความเสี่ยงที่ส่งผลต่อความผันแปรน้ำหนักรรจุ

สาเหตุของปัญหา		คะแนนความเสี่ยง	เปอร์เซ็นต์
1. วัตถุดิบ	ไม่ได้คุณภาพตามข้อกำหนด	12	1.11
2. เครื่องจักร	ความเร็วในการบรรจุแป้ง	288	26.59
	ระยะพิดของเกลียวบรรจุ	360	33.24
	ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว	360	33.24
	ความเร็วใบกวนของเครื่องบรรจุ	20	1.85
	ระดับแป้งในกรวยบรรจุแป้ง	10	0.92
	ไม่มีวิธีการทำงาน	6	1.67
	3. วิธีการ	ไม่ดำเนินการตามขั้นตอน	9
	ไม่มีความชำนาญ	6	0.55
4. พนักงาน	ไม่ผ่านการอบรม	4	0.37
5. สิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิสูง	2	0.18
รวม			100

นำค่าคะแนนที่ประเมินได้มาทำการพล็อตกราฟแผนภูมิเพื่อคัดเลือกปัญหา จากแผนภูมิพารโต ภาพที่ 4.3 พบว่า สาเหตุที่มีผลกระทบต่อความผันแปรของน้ำหนักรรจุแป้ง คือ ระยะห่างระหว่างเกลียวกับเสื้อเกลียวผลกระทบสูงสุด โดยมีค่าความเสี่ยง 360 คะแนน (33.33%), ระยะพิดเกลียวบรรจุของเครื่องบรรจุมีผลกระทบสูงสุด โดยมีค่าความเสี่ยง 360 คะแนน (33.33%) และความเร็วในการบรรจุแป้ง มีค่าความเสี่ยง 288 คะแนนหรือเท่ากับ 26.59% ส่วนสาเหตุปัญหาอื่น ๆ มีผลกระทบน้อยมาก ดังนั้นจึงนำปัญหาดังกล่าวมาดำเนินการปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบ ต่อความผันแปรน้ำหนักรรจุ ได้ดังนี้



ภาพที่ 4.3 แผนภูมิพาร์โตแสดงลักษณะของปัญหาและคะแนนความเสี่ยงของปัญหา

3. ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด

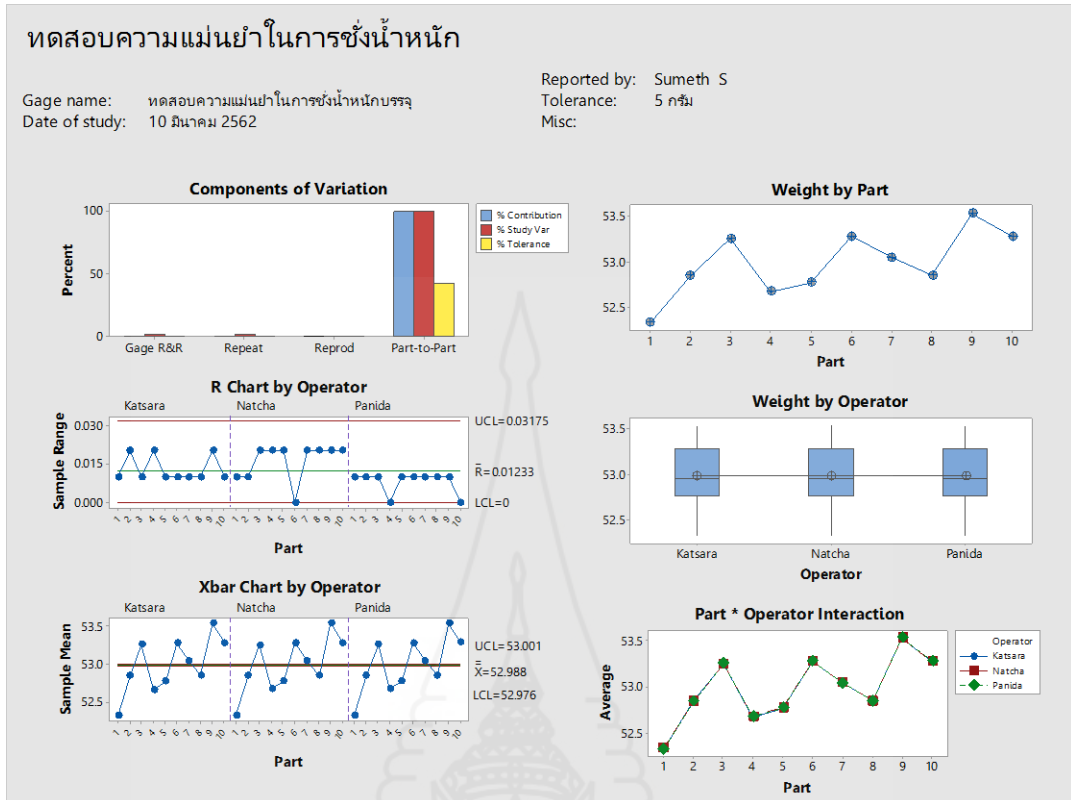
จากการนำข้อมูลที่ได้ตามภาคผนวก ข ตารางที่ ข.1 มาวิเคราะห์ผลเพื่อดูความเที่ยงตรงของเครื่องชั่ง ความสามารถในการชั่งของพนักงานเพื่อลดความผันแปรที่อาจส่งผลกระทบต่อการวัดเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือให้กับข้อมูล ได้ผลการทดสอบระบบการวัดตามตารางที่ 4.3 พบว่าค่าความแปรปรวนของระบบการวัดรวม (Total Gage R&R) เท่ากับ 0.04 ความผันแปรจากสาเหตุความผันแปรภายในเงื่อนไขเดียวกันหรืออิพิททะเลบิลิตี้(พนักงานคนเดียวกันวัดค่าซ้ำได้ไม่เท่ากัน) มีค่าเท่ากัน ส่วนรีโพรดิวซิบิลิตี้ (พนักงานคนหนึ่งวัดค่าได้ต่างจากคนหนึ่ง) มีค่าเป็น 0 ทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 2% จึงสรุปได้ว่า พนักงานวัดไม่มีผลต่อความผันแปรของการชั่งสามารถยอมรับได้ (อ้างอิงภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1 เกณฑ์ในการพิจารณา %Contribution ของระบบการวัด)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดและประเมินผลระบบการวัด

การทดสอบระบบการวัด	ผลการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์)	
	วิเคราะห์ระบบการวัด (%R&R)	ผลประเมินระบบการวัด (%SV/Toler)
ความแปรปรวนของระบบการวัด (Total Gage R&R)	0.04	0.86
ความผันแปรจากสาเหตุความผันแปรภายในเงื่อนไขเดียวกัน (Repeatability)	0.04	0.86
ความผันแปรจากสาเหตุความผันแปรระหว่างเงื่อนไข (Reproducibility)	0.00	0.00
ความแปรปรวนจากสาเหตุของพนักงาน (Operator)	0.00	0.00
ความแปรปรวนจากกระบวนการผลิต (Part-to-Part)	99.96	43.15
ความแปรปรวนทั้งหมด (Total Variation)	100.00	43.16

ค่า Number of Distinct Categories = 70

ส่วนผลการประเมินระบบการวัด เพื่อเปรียบเทียบความผันแปรของกระบวนการแต่ละส่วนกับพิสัยความเผื่อของน้ำหนักรับ (%SV/Toler) มีค่าเท่ากับ 0.86 อยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับความสามารถของระบบการวัดที่น้อยกว่า 10 % (อ้างอิงภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2 เกณฑ์การยอมรับความสามารถของระบบการวัด) แสดงว่า ระบบการวัดมีความสามารถในการวัดความผันแปรของกระบวนการได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่า NDC มีค่ามากกว่า 5 แสดงว่าเครื่องมือวัดมีความเหมาะสมในการใช้งาน (อ้างอิง Measurement System Analysis 4th edition, AIAG)

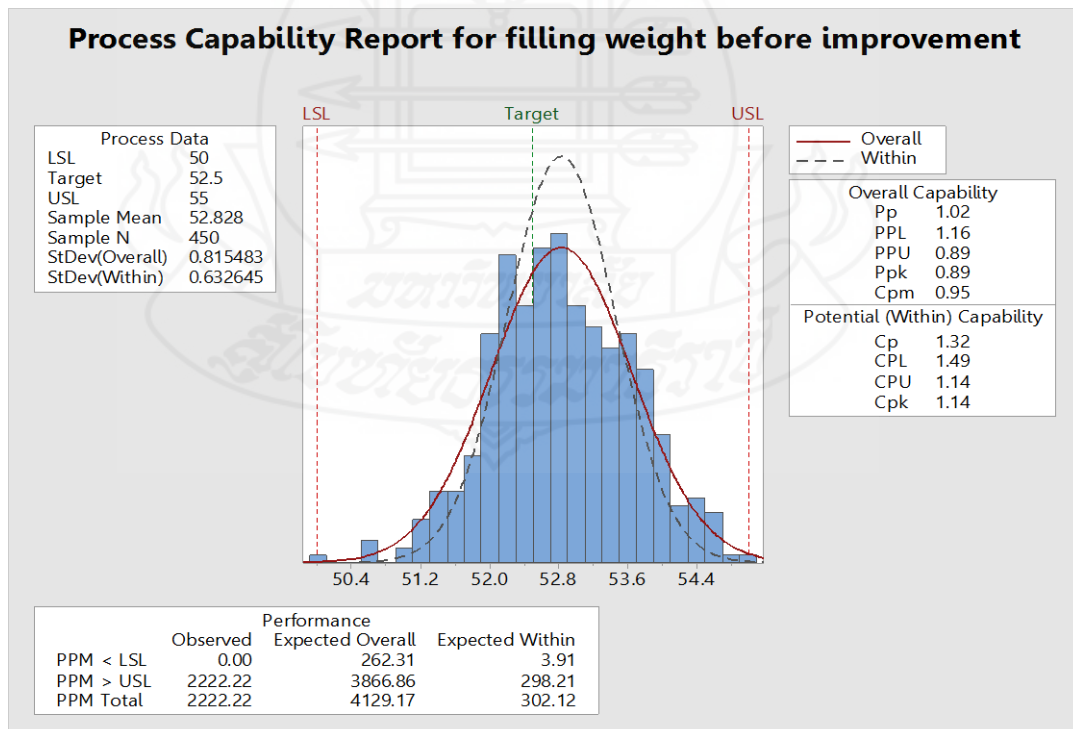


ภาพที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด

จากภาพที่ 4.4 เมื่อพิจารณาจากแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (Xbar chart by operator) พบว่าเส้นกราฟมีลักษณะไม่แตกต่างกันแสดงว่า พนักงานวัดทั้งสามคนมีความแม่นยำในการวัดถูกต้องสามารถแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงานได้ และส่วนแผนภูมิควบคุมพิสัย (R chart by operator) พบว่า ไม่มีค่าพิสัยอยู่ภายนอกพิสัยควบคุม แสดงว่า ค่าที่วัดได้จากระบบการวัดไม่มีความผันแปรจากพนักงานวัด และเมื่อพิจารณาแผนภูมิกำการวัดของพนักงานบนชิ้นงานเดียวกัน (Weight by part) พบว่า พนักงานวัดทั้งสามคนมีค่าวัดที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนแผนภูมิแบบกล่อง (Weight by operator) พบว่า พนักงานวัดทั้งสามคนมีค่าความผันแปรของการวัดที่ไม่แตกต่างกันสอดคล้องกับแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัด (Part operator interaction) ที่มีลักษณะของเส้นที่ซ้อนทับกันพอดีไม่ตัดกัน แสดงว่าเมื่อวัดชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไป พนักงานวัดทั้งสามคนสามารถวัดชิ้นงานได้เหมือนกัน ดังนั้นจากการวิเคราะห์ระบบการวัด สรุปได้ว่าสามารถยอมรับความสามารถของกระบวนการได้เพราะไม่มีสาเหตุที่เกิดจากความผันแปรของผลการวัดค่าจากเครื่องมือวัดและพนักงานวัด

4. ผลการวัดความสามารถของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง

จากการนำข้อมูลที่ได้ตามภาคผนวก ค ตารางที่ ค.1 มาวิเคราะห์วัดความสามารถของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงได้ผลดังภาพที่ 4.5 พบว่า ความสามารถของกระบวนการบรรจุระยะสั้น (Potential within capacity) มีค่าความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Potential capacity, Cp) เท่ากับ 1.32 แสดงว่า กระบวนการมีความสามารถในการบรรจุอยู่ในระดับที่พอใช้ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2544) ในขณะที่ค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Process performance, Cpk) เท่ากับ 1.14 มีค่าต่ำกว่า และปรับตั้งกระบวนการบรรจุเชิงไปทางด้านค่าสูง แสดงว่า ยังสามารถปรับปรุงกระบวนการได้อีก ส่วนความสามารถระยะยาว (Overall Capability) มีค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Process potential, Pp) เท่ากับ 1.02 และค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Process performance, Ppk) เท่ากับ 0.89 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า Cpk แล้วพบว่า มีค่าต่ำกว่า แสดงว่าการควบคุมกระบวนการในระยะยาวยังทำได้ไม่ดี หากพิจารณา ค่าความผันแปรระยะยาว (StDev overall) 0.815483 มีค่ามากกว่าความผันแปรระยะสั้น (StDev Within) 0.632645 ดังนั้นจึงควรทำการปรับปรุงการควบคุมการทำงานในแต่ละครั้งให้มีความใกล้เคียงกันมากขึ้น



ภาพที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการบรรจุเบ้าก่อนการปรับปรุง

5. ผลการศึกษาระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว

ได้ผลการทดลองตามข้อมูลในภาคผนวก ง ตารางที่ ง.1 แล้วนำผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล พบว่า ข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ เนื่องจากมีค่า P-value มากกว่า 0.05 ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลระยะห่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว

กลุ่มข้อมูลการทดลอง	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่านัยสำคัญ (P-value)
ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุ กับเสื้อเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร	550	52.42	0.3897	0.088*
ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุ กับเสื้อเกลียวที่ 2.2 มิลลิเมตร	550	52.65	0.4464	0.052*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสองชุดได้ตามตารางที่ 4.5 พบว่า ข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีความแปรปรวนของระหว่างระยะห่าง 2.2 มิลลิเมตรและระยะห่าง 1.2 มิลลิเมตร แตกต่างกัน เนื่องจากค่า P-value เท่ากับ 0.001 น้อยกว่า 0.05

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลระยะห่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว

กลุ่มข้อมูลการทดลอง	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าความ แปรปรวน	ค่านัยสำคัญ (P-value)
ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร	550	0.390	0.152	0.001*
ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวที่ 2.2 มิลลิเมตร	550	0.446	0.199	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี 2 sample T-test (ในกรณี ข้อมูลเป็นการแจกแจงปกติและความแปรปรวนไม่เท่ากัน($\sigma_1 \neq \sigma_2$)ใช้ T-Test ชนิด Separated Variance) ได้ผลตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์การทดสอบความแตกต่างทางสถิติของระยะห่างเกลียวบรรจุกับเส้นเกลียว

กลุ่มข้อมูลการทดลอง	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าความแตกต่าง	ค่านัยสำคัญ (P-value)
ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเส้นเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร	550	52.417	0.390	0.2324	0.000*
ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเส้นเกลียวที่ 2.2 มิลลิเมตร	550	52.649	0.446		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

จากตารางที่ 4.6 โดยการใช้ข้อมูลที่ได้เป็นแบบการแจกแจงปกติ มีค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน และวัดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่าค่าเฉลี่ยของระยะห่างเกลียวกับเส้นเกลียวที่ 2.2 มิลลิเมตรมีค่าเท่ากับ 52.649 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.446 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.199 ในส่วนค่าเฉลี่ยของระยะห่างเกลียวกับเส้นเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตรมีค่าเท่ากับ 52.417 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.390 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.152

ค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบคือ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 (α) แสดงว่า ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเส้นเกลียวที่ใช้ในการบรรจุแป้งมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระยะห่าง 1.2 มิลลิเมตรจะมีค่าความผันแปรน้ำหนักในการบรรจุน้อยกว่าระยะห่างที่ 2.2 มิลลิเมตร ทำให้ประสิทธิภาพในการบรรจุดีกว่า ดังนั้นจึงนำไปใช้ในการศึกษาหาระยะพิทของเกลียวบรรจุต่อไป

6. ผลการศึกษาระยะพิทของเกลียวบรรจุ

ผลข้อมูลจากการทดลองตามภาคผนวก ง ตารางที่ ง.2 และนำมาวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าข้อมูลทั้ง 5 ชุดมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ เนื่องจากค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลระยะพิตเกลียวบรรจุต่าง ๆ

กลุ่มข้อมูลการทดลอง	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่านัยสำคัญ (P-value)
เกลียวบรรจุระยะพิต 27 มิลลิเมตร	400	52.81	0.3534	0.062*
เกลียวบรรจุระยะพิต 30 มิลลิเมตร	400	52.40	0.3691	0.700*
เกลียวบรรจุระยะพิต 33 มิลลิเมตร	400	52.26	0.4189	0.419*
เกลียวบรรจุระยะพิต 36 มิลลิเมตร	400	51.80	0.4654	0.055*
เกลียวบรรจุระยะพิต 39 มิลลิเมตร	400	51.68	0.6076	0.115*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลทั้ง 5 ชุดได้ผลตามตารางที่ 4.8 พบว่า ข้อมูลทั้งห้าชุดมีความแปรปรวนของแต่ละเกลียวบรรจุแตกต่างกัน เนื่องจากมีค่า P-value เท่ากับ 0 น้อยกว่า 0.05

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลระยะพิตเกลียวบรรจุต่าง ๆ

กลุ่มข้อมูลการทดลอง	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่านัยสำคัญ (P-value)
เกลียวบรรจุระยะพิต 27 มิลลิเมตร	400	0.3534	0.000*
เกลียวบรรจุระยะพิต 30 มิลลิเมตร	400	0.3691	
เกลียวบรรจุระยะพิต 33 มิลลิเมตร	400	0.4196	
เกลียวบรรจุระยะพิต 36 มิลลิเมตร	400	0.4654	
เกลียวบรรจุระยะพิต 39 มิลลิเมตร	400	0.6076	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี One-way ANOVA ในกรณี ข้อมูลมีการแจกแจงปกติและความแปรปรวนไม่เท่ากัน ได้ผลตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์การทดสอบความแตกต่างทางสถิติของระยะพิตเกลียวบรรจุ

กลุ่มข้อมูลการทดลอง	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่า F- value	ค่านัยสำคัญ (P-value)
เกลียวบรรจุระยะพิต 27 มิลลิเมตร	400	52.8054	0.3534	429.92	0.000*
เกลียวบรรจุระยะพิต 30 มิลลิเมตร	400	52.3972	0.3691		
เกลียวบรรจุระยะพิต 33 มิลลิเมตร	400	52.2627	0.4196		
เกลียวบรรจุระยะพิต 36 มิลลิเมตร	400	51.7984	0.4654		
เกลียวบรรจุระยะพิต 39 มิลลิเมตร	400	51.6820	0.6076		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

จากตารางที่ 4.9 ค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบคือ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 (α) แสดงว่าระยะพิตของเกลียวบรรจุที่ใช้ในการบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่า เกลียวบรรจุระยะพิต 27 มิลลิเมตรมีค่าต่ำสุดแสดงว่า สามารถควบคุมความผันแปรน้ำหนักที่ได้จากการบรรจุได้ดีที่สุด

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยระยะพิตของเกลียวบรรจุที่ใช้ในการบรรจุแป้ง สามารถสรุปได้ว่า ระยะพิตของเกลียวบรรจุที่ใช้ในการบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุโดยระยะพิตของเกลียวบรรจุที่ 27 มิลลิเมตร มีความสามารถในการบรรจุดีที่สุดจึงนำไปใช้ในการศึกษาปัจจัยความเร็วในการบรรจุต่อไป

7. ผลการศึกษาความเร็วในการบรรจุ

ข้อมูลจากการทดลองตามภาคผนวก ง ตารางที่ ง.3 และนำมาวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูล 5 ชุด พบว่า มีการแจกแจงเป็นแบบปกติ ค่า P-value มากกว่า 0.05 ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงความเป็นปกติของข้อมูลความเร็วบรรจุต่างๆ

กลุ่มข้อมูลการทดลอง	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่านัยสำคัญ (P-value)
ความเร็วบรรจุ 50 ชั้นต่อนาที	400	52.39	0.4259	0.076*
ความเร็วบรรจุ 52 ชั้นต่อนาที	400	52.09	0.4372	0.064*
ความเร็วบรรจุ 54 ชั้นต่อนาที	400	52.66	0.4562	0.333*
ความเร็วบรรจุ 56 ชั้นต่อนาที	400	52.93	0.4834	0.446*
ความเร็วบรรจุ 58 ชั้นต่อนาที	400	52.07	0.6980	0.374*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลทั้ง 5 ชุดได้ตามตารางที่ 4.11 พบว่า ข้อมูลความแปรปรวนของแต่ละเกลียวบรรจุแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจาก ค่า P-value เท่ากับ 0 ซึ่งน้อยกว่า 0.05

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลความเร็วบรรจุ

กลุ่มข้อมูลการทดลอง	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่านัยสำคัญ (P-value)
ความเร็วบรรจุ 50 ชั้นต่อนาที	400	0.4259	0.000*
ความเร็วบรรจุ 52 ชั้นต่อนาที	400	0.4372	
ความเร็วบรรจุ 54 ชั้นต่อนาที	400	0.4562	
ความเร็วบรรจุ 56 ชั้นต่อนาที	400	0.4834	
ความเร็วบรรจุ 58 ชั้นต่อนาที	400	0.6980	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี One-way ANOVA ในกรณี ข้อมูลมีการแจกแจงปกติและความแปรปรวนไม่เท่ากัน ได้ผลตามตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์การทดสอบความแตกต่างทางสถิติของระยะฟักเกิดยวบรวม

กลุ่มข้อมูลการทดลอง	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่า F- value	ค่านัยสำคัญ (P-value)
ความเร็วบรรจุ 50 ชั้นต่อนาที	400	52.3902	0.4259	217.23	0.000*
ความเร็วบรรจุ 52 ชั้นต่อนาที	400	52.0939	0.4372		
ความเร็วบรรจุ 54 ชั้นต่อนาที	400	52.6572	0.4562		
ความเร็วบรรจุ 56 ชั้นต่อนาที	400	52.9309	0.4834		
ความเร็วบรรจุ 58 ชั้นต่อนาที	400	52.0692	0.6980		

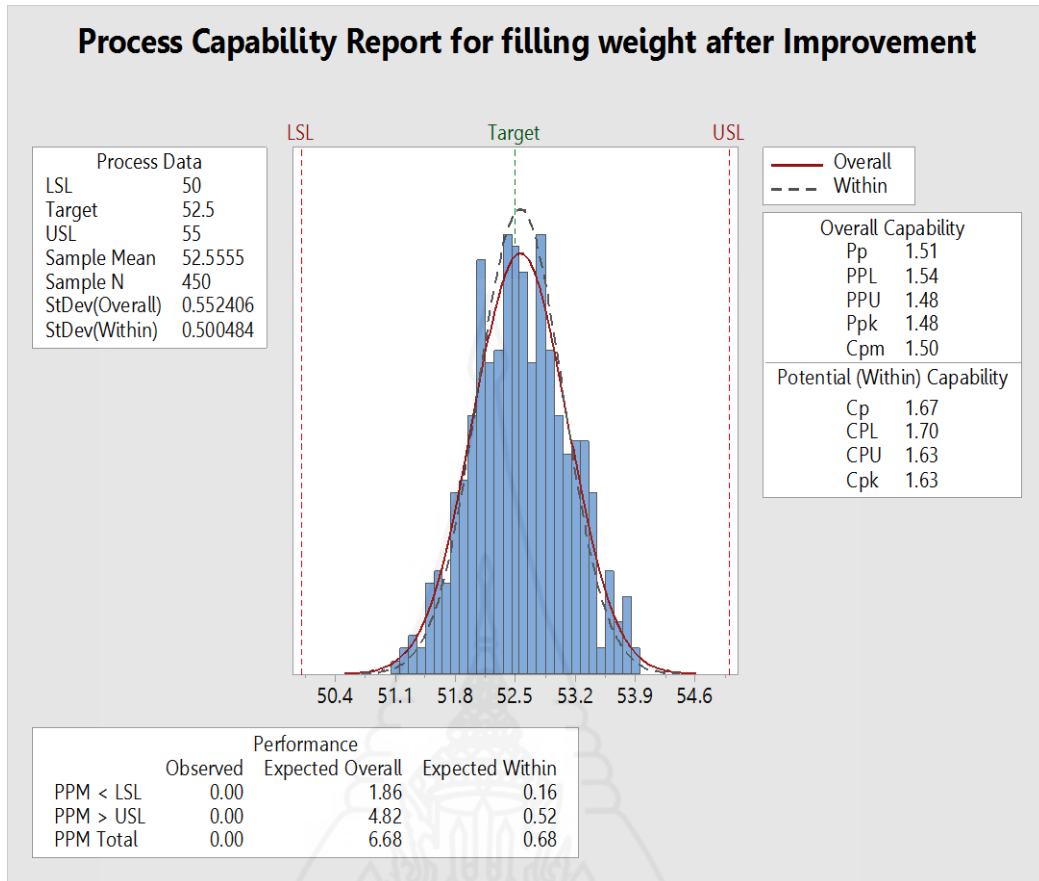
*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

จากตารางที่ 4.12 ค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบคือ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 (α) แสดงว่า ความเร็วในการบรรจุแป็งมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่า ความเร็วที่ 50 ชั้นต่อนาทีมีค่าต่ำสุด แสดงว่า สามารถควบคุมความผันแปรน้ำหนักบรรจุได้ดีที่สุด

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยความเร็วในการบรรจุ สามารถสรุปได้ว่า ความเร็วในการบรรจุมีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุแป็ง โดยความเร็วที่เหมาะสมในการบรรจุคือ 50 ชั้นต่อนาที เป็นความเร็วที่ดีที่สุดในการบรรจุของกระบวนการผลิต

8. ผลการวัดความสามารถของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง

จากข้อมูลดังแสดงไว้ในภาคผนวก จ ตารางที่ จ.1 มาทำการวิเคราะห์เพื่อวัดความสามารถของกระบวนการได้ผลแสดงตามภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการบรรจุแป้งหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการระยะสั้น (Potential within capability) พบว่า ค่าความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Potential capacity, Cp) เท่ากับ 1.67 แสดงว่า กระบวนการมีความสามารถในการบรรจุอยู่ในระดับที่ดีที่สุด (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2544) ในขณะที่ค่าความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Process performance, Cpk) เท่ากับ 1.63 มีใกล้เคียงกันมาก แสดงว่ามีการปรับตั้งกระบวนการอยู่ในเกณฑ์ที่ดี อยู่บริเวณค่ากลางพอดี ส่วนความสามารถระยะยาว (Overall Capability) มีค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Process potential, Pp) เท่ากับ 1.51 และค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Process performance, Ppk) เท่ากับ 1.48 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า Cpk แล้วพบว่า มีค่าต่ำกว่าโดยสังเกตจากค่าความผันแปรระยะยาว (StDev overall) 0.552406 มีค่ามากกว่าความผันแปรระยะสั้น (StDev Within) 0.500484 เล็กน้อยดังนั้นแสดงว่า การควบคุมกระบวนการในระยะยาวก็ยังสามารถปรับปรุงอีกได้

ตารางที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบความสามารถกระบวนการบรรจุก่อนและหลังการปรับปรุง

ความสามารถกระบวนการ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Process potential)		
ระยะสั้น (Cp)	1.32	1.67
ระยะยาว (Pp)	1.02	1.51
ความสามารถด้านสมรรถภาพของกระบวนการ (Process performance)		
ระยะสั้น (Cpk)	1.14	1.63
ระยะยาว (Ppk)	0.89	1.48

จากตารางที่ 4.13 พบว่า ความสามารถของกระบวนการบรรจุด้านด้านศักยภาพของกระบวนการและด้านสมรรถภาพของกระบวนการหลังการปรับปรุงทั้งระยะสั้นและระยะยาวมีค่าดัชนีมากกว่าก่อนการปรับปรุง แสดงว่า กระบวนการบรรจุมีประสิทธิภาพมากขึ้นจากเดิมหรือสรุปได้ว่า ความสามารถของกระบวนการบรรจุเพิ่มขึ้นจากระดับที่พอใช้เป็นระดับที่ดีเลิศ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการปรับปรุงการบรรจุแป้งทาน้ำด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ สามารถสรุปผลการวิจัยและอภิปรายได้ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยการปรับปรุงการบรรจุแป้งทาน้ำด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1.1 ผลการศึกษาหาสาเหตุที่มีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุของเครื่องบรรจุแบบเกลียว โดยใช้แผนผังสาเหตุและผล วิเคราะห์หาปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อผลกระทบบนพื้นฐานของสาเหตุอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure mode and effect analysis: FMEA) นำมาพล็อตกราฟพาราโดพบว่า สาเหตุสำคัญมาจากเครื่องจักรคือ ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเกลียว ระยะพิทของเกลียวบรรจุและความเร็วที่ใช้ในการบรรจุ ทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุมากที่สุด

1.2 ผลการศึกษานำปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุ เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุง พัฒนาในการบรรจุแป้งด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวตามสาเหตุปัจจัยคือ

1.2.1 ปัจจัยที่ 1 ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเกลียว พบว่า จากการนำข้อมูลที่ได้นำมาดำเนินการวิเคราะห์ผลแล้วสรุปผลได้ ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลทั้งสองชุด (Normality test) คือ การกระจายของข้อมูลระยะห่างเกลียวบรรจุกับเกลียวที่ 1.2, 2.2 มิลลิเมตร มีค่า P-Value เท่ากับ 0.88, 0.052 แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มีการแจกแจงเป็นแบบปกติ

2) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสองชุด โดยการใช้ข้อมูลที่ได้เป็นแบบการแจกแจงปกติ และวัดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่า ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะห่างเกลียวกับเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร อยู่ที่ 0.390 มีค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.152 และระยะห่างเกลียวกับเกลียวที่ 2.2 มิลลิเมตร อยู่ที่ 0.556 มีค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.199 และมีค่า

P-Value ที่ได้จากการทดสอบคือ 0.001 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าความแปรปรวนของทั้งสองกระบวนการมีความแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี 2 sample T-test ในกรณีข้อมูลเป็นการแจกแจงปกติและความแปรปรวนไม่เท่ากัน ($\sigma_1 \neq \sigma_2$) วัดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่า ค่าเฉลี่ยของระยะห่างเกลียวกับเสื้อเกลียวที่ 2.2 มิลลิเมตรมีค่าเท่ากับ 52.649 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.446 และค่าความผันแปรเท่ากับ 0.199 ในส่วนค่าเฉลี่ยของระยะห่างเกลียวกับเสื้อเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 52.417 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.390 และค่าความผันแปรเท่ากับ 0.152 ค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบคือ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 (α) จึงสามารถสรุปได้ว่า ค่าที่ได้จากทั้งสองกระบวนการมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่า ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุเป็งโดยที่ระยะห่างที่ 1.2 มิลลิเมตร จะมีค่าความผันแปรน้อยกว่าระยะห่างที่ 2.2 มิลลิเมตร เนื่องจากระยะห่างมีผลต่อการลำเลียงผงเป็งเพื่อใช้ในการบรรจุ ดังนั้นจึงนำค่าระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร มาศึกษาระยะพิตของเกลียวบรรจุต่อไป

1.2.2 ปัจจัยที่ 2 ระยะพิตของเกลียวบรรจุ พบว่า จากการนำข้อมูลที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์ผลแล้วสรุปผลได้ ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูลทั้งห้าชุด (Normality test) พบว่า การกระจายของข้อมูลระยะพิตที่ 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตร มีค่า P-Value เท่ากับ 0.062, 0.700, 0.362, 0.055, 0.115 ตามลำดับ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มีการแจกแจงเป็นแบบปกติ

2) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทั้งห้าชุดทางสถิติ โดยวิธี One way ANOVA ด้วยการนำข้อมูลที่ได้เป็นแบบการแจกแจงปกติและวัดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่า ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะพิต 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0.353423, 0.369129, 0.418884, 0.465357, 0.607607 ตามลำดับและมีค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบคือ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ความแปรปรวนของกระบวนการมีความแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี One way ANOVA โดยกำหนดการวิเคราะห์ข้อมูลมีการแจกแจงปกติและความแปรปรวนไม่เท่ากัน วัดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่า ระยะพิต 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.8054, 52.3972, 52.2627, 51.7984, 51.6820 ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3534, 0.3691, 0.4189, 0.4654, 0.6076

ตามลำดับ แล้วได้ค่า P-Value จากการทดสอบคือ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 (α) จึงสรุปได้ว่า ขอมรับสมมติฐานรองคือ ค่าที่ได้จากกระบวนการบรรจุมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และพบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะพิต 27 มิลลิเมตร มีค่าต่ำสุด แสดงว่าสามารถควบคุมการบรรจุได้ดีที่สุด เนื่องจากผงแป้งที่อยู่ในระยะพิตน้อยมีปริมาณจำนวนบรรจุ น้อยกว่าระยะพิตที่ใหญ่กว่าที่ความเร็วเท่ากันทำให้ควบคุมความผันแปรน้ำหนักได้ดีกว่า ดังนั้น จึงนำระยะพิตที่ 27 มิลลิเมตร นำไปศึกษาความเร็วในการบรรจุต่อไป

1.2.3 ปัจจัยที่ 3 ความเร็วในการบรรจุ พบว่า จากการนำข้อมูลที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์ผลแล้วสรุปผลได้ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) มีดังนี้ คือ ทดสอบข้อมูลทั้งหมดมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยดูผลค่า P-value (ถ้าค่า P-value >0.05 แจกแจงปกติ, ค่า P-value <0.05 ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ)

พบว่า การกระจายของข้อมูลความเร็วบรรจุ 50, 52, 54, 56, 58 ชั้นต่อมาที มีค่า P-Value เท่ากับ 0.076, 0.064, 0.333, 0.446 , 0.374 ตามลำดับ แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงเป็นแบบปกติทั้งหมด

2) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกลุ่มข้อมูลทางสถิติโดยวิธี One way ANOVA กำหนดการวิเคราะห์แบบการแจกแจงปกติ และวัดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่า ความเร็วบรรจุที่ 50, 52, 54, 56 และ 58 ชั้นต่อมาที มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.425890, 0.437167, 0.456194, 0.483356, 0.698004 ตามลำดับ มีค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบ คือ 0.000 น้อยกว่า 0.05 แสดงว่า ความแปรปรวนของกระบวนการมีความแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี One way ANOVA โดยกำหนดการวิเคราะห์มีการแจกแจงปกติ มีค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน และวัดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่า ความเร็วบรรจุ 50, 52, 54, 56, 58 ชั้นต่อมาที มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักเท่ากับ 52.3902, 52.0939, 52.6572, 52.9309, 52.0692 ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.4259, 0.4372, 0.4562, 0.4834, 0.6980 ตามลำดับและค่า P-Value ที่ได้จากการทดสอบคือ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 (α) จึงสามารถสรุปได้ว่า ขอมรับสมมติฐานรองคือ ความเร็วในการบรรจุมีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และพบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ความเร็วที่ 50 ชั้นต่อมาที มีค่าต่ำสุด แสดงว่า สามารถควบคุมน้ำหนักบรรจุได้ดีที่สุด เนื่องจากความเร็วที่สูงขึ้นทำให้ผงแป้งมีการไหลที่ไม่ดีทำให้น้ำหนักในการบรรจุมีความผันแปรสูงขึ้น ดังนั้นความเร็วบรรจุที่ 50 ชั้นต่อมาที จึงเป็นความเร็วที่ดีที่สุดในการบรรจุ

1.3 ผลการประเมินการควบคุมความผันแปร โดยการวัดความสามารถกระบวนการ ก่อนและหลังการปรับปรุง สรุปผลได้ผลดังนี้

1.3.1 ผลการวัดความสามารถกระบวนการก่อนการปรับปรุง พบว่า ค่าความ เบี่ยงเบนน้ำหนักรรจุเท่ากับ 0.82 กรัม โดยความสามารถของกระบวนการระยะสั้นมีดัชนีค่า ความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ C_p เท่ากับ 1.32 แสดงว่า กระบวนการมีการบรรจุอยู่ ในระดับที่พอใช้ในขณะที่ค่าความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (C_{pk}) เท่ากับ 1.14 มีค่า ต่ำกว่า C_p มีการปรับตั้งกระบวนการบรรจุน้ำหนักเอียงตัวไปทางด้านสูงกว่าค่ากลาง ส่วน ความสามารถระยะยาว (Overall Capability) มีค่า P_p เท่ากับ 1.02 และค่า P_{pk} เท่ากับ 0.89 ซึ่งเมื่อ เปรียบเทียบกับค่า C_{pk} แล้วมีค่าต่ำกว่า แสดงว่า การควบคุมกระบวนการในระยะยาวยังทำได้ไม่ดี

1.3.2 ผลการวัดความสามารถกระบวนการหลังการปรับปรุง พบว่า ค่าความ เบี่ยงเบนของน้ำหนักรรจุเท่ากับ 0.55 กรัม โดยความสามารถของกระบวนการระยะสั้นมีดัชนีค่า ความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ C_p เท่ากับ 1.67 แสดงว่า กระบวนการมีการบรรจุอยู่ ในระดับที่ดีเลิศและมีค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (C_{pk}) เท่ากับ 1.63 มี ใกล้เคียงกันมาก แสดงว่า มีการปรับตั้งกระบวนการอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และปรับตั้งกระบวนการบรรจุอยู่ บริเวณใกล้ค่ากลางดีมาก ส่วนความสามารถกระบวนการระยะยาว (Overall Capability) มีค่า P_p เท่ากับ 1.51 และค่า P_{pk} เท่ากับ 1.48 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่า C_{pk} แล้วพบว่า มีค่าต่ำกว่าโดย สืบเนื่องจากค่าความผันแปรระยะยาว (0.552406) จะมีค่ามากกว่าความผันแปรระยะสั้น (0.500484) เล็กน้อย ดังนั้น แสดงว่า การควบคุมกระบวนการในระยะยาวสามารถปรับปรุงได้อีกเล็กน้อย

ดังนั้น สรุปได้ว่า ความสามารถของกระบวนการบรรจุหลังการปรับปรุงดีกว่า ความสามารถกระบวนการบรรจุก่อนการปรับปรุง เนื่องจากค่าดัชนีความสามารถในด้านศักยภาพ ของกระบวนการ (C_p) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.32 เป็น 1.67 และค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของ กระบวนการ (C_{pk}) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.14 เป็น 1.63 หรือมีระดับความสามารถในกระบวนการบรรจุ จากระดับพอใช้เป็นระดับดีเลิศและสามารถลดความเบี่ยงเบนน้ำหนักรรจุจาก 0.82 กรัม เหลือเป็น 0.55 กรัม

2. อภิปรายผล

จากผลการวิจัยครั้งนี้สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

2.1 ผลการหาสาเหตุการบรรจุแป้งที่มีผลต่อความผันแปรน้ำหนักบรรจุแป้งของเครื่องบรรจุแบบเกลียว พบว่า ปัจจัยหลักของปัญหามาจาก 1.ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียว 2.ระยะพิตของเกลียวบรรจุ 3.ความเร็วในการบรรจุแป้งจำนวนชิ้นต่อนาที โดยได้จากการวิเคราะห์ด้วยแผนผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) และทำการประเมินความเสี่ยง นำมาพล็อตกราฟพาราโต คัดเลือกปัจจัยสำคัญมาดำเนินการปรับปรุง

2.2 ผลการทดลองหาระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ พบว่า ระยะห่างเกลียวกับเสื้อเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร มีความสามารถลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุได้ดีกว่าระยะห่างเกลียวกับเสื้อเกลียวที่ 2.2 มิลลิเมตร มีความสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ระยะห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเสื้อเกลียวที่ใช้ในการบรรจุแป้งมีผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุเนื่องจากผลการวิเคราะห์พบว่า ระยะห่างเกลียวกับเสื้อเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.390 และค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.152 ในขณะที่ระยะห่างเกลียวกับเสื้อเกลียวที่ 2.2 มิลลิเมตร มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.556 และค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.199 และสอดคล้องกับผลการวิจัยของเคอจาค (Kurjak, 2005) ที่ทำการวิจัยศึกษาเกี่ยวกับเกลียวลำเลียงแนวตั้งกับคุณสมบัติผงละเอียดเพื่อการออกแบบเกลียวลำเลียงพบว่า ระยะห่างเกลียวกับเสื้อเกลียวมีอิทธิพลอย่างมากต่อความสามารถในการลำเลียงผงโดยหากระยะห่างเกลียวกับเสื้อเกลียวน้อยเกินไปจะเกิดการเสียดสีกันในระหว่างการลำเลียงและเกลียวติดขัดกับเสื้อเกลียวในทางตรงกันข้ามหากระยะห่างเกลียวกับเสื้อเกลียวมากจะทำให้ความสามารถในการลำเลียงลดลง ดังนั้น ระยะห่างเกลียวกับเสื้อเกลียวต้องเหมาะสมไม่น้อยเกินไปและไม่เสียดสี ติดขัดในระหว่างการลำเลียง

2.3 ผลการทดลองหาระยะพิตของเกลียวบรรจุเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองระยะเกลียวบรรจุ 5 ระยะพิตและทำการบรรจุด้วยความเร็ว 50 ชิ้นต่อนาที โดยระยะพิตของเกลียวบรรจุที่ 27, 30, 33, 36 และ 39 มิลลิเมตรได้ผลค่าความเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.3543, 0.369, 0.4189, 0.4654 และ 0.6076 ตามลำดับ แสดงว่า ระยะพิตของเกลียวบรรจุที่ 27 มิลลิเมตร สามารถลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุได้ดีที่สุดซึ่งมีความสอดคล้องกับการทบทวนประเมินสมรรถนะของสกรูลำเลียงระหว่างขนถ่าย (Zareiforoush et al., 2010) โดยการประเมินประสิทธิภาพของสกรูลำเลียงระหว่างกระบวนการขนถ่ายของธัญพืชทางการเกษตรและวัสดุจำนวนมากเพื่อกำหนดพารามิเตอร์ เช่น ขนาดเกลียว ความเร็วในการหมุนของเกลียว ระยะห่างระหว่างเกลียวกับเสื้อเกลียว ความยาวการลำเลียงและมุมมองของท่อเกลียวลำเลียงได้กล่าวถึง

ทฤษฎีการคำนวณปริมาตรบรรจุของเกลียวลำเลียงว่า ความสูงของใบเกลียว ระยะพิทของเกลียว ความเร็วการหมุนของเกลียว มีผลโดยตรงกับปริมาตรบรรจุของเกลียวลำเลียง

2.4 ผลการทดลองหาความเร็วในการบรรจุเพื่อลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ
โดยศึกษาใช้ความเร็วในการบรรจุที่ 50, 52, 54, 56 และ 58 ขึ้นต่อหน้าที่ ได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.4259, 0.4372, 0.4562, 0.4834 และ 0.698 แสดงว่า ความเร็วในการบรรจุมีผลต่อค่าความผันแปรน้ำหนักบรรจุยิ่งใช้ความเร็วสูงมากขึ้นค่าความผันแปรน้ำหนักก็ยิ่งสูงเนื่องจากการบรรจุแป้งขนาดน้ำหนัก 50 กรัม ด้วยเกลียวลำเลียงในแนวตั้งใช้ความเร็วรอบเกลียวสูงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของผงแป้งอย่างรวดเร็วในเวลาจำกัดเพื่อให้สามารถบรรจุจำนวนขึ้นต่อหน้าที่ได้จึงส่งผลต่อความผันแปรน้ำหนักแป้งที่ได้จากการบรรจุสูงขึ้นตาม ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับเกลียว และการไหลของอนุภาคในสกรูลำเลียง (Meiqiu Li et al., 2018) ได้กล่าวว่า อัตราการไหลออกของมวลขึ้นอยู่กับความลาดเอียงของมุมเกลียวลำเลียง ,ความเร็วในการหมุนและพิทของสกรูลำเลียง นอกจากนี้ยังมีความสอดคล้องกับการศึกษาสกรูลำเลียงแบบอิมเมดิซของ พันคำ ศรีอุทัย (การประชุมวิชาการด้านวิศวกรรมระดับชาติครั้งที่ 2, 2552 น.87) ที่กล่าวว่า ปริมาณการขนถ่ายของสกรูลำเลียงจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุ มุมเอียงที่เปลี่ยนแปลงและความเร็วรอบที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้ปริมาณการขนถ่ายเพิ่มขึ้นและลดลงต่างกันด้วย

2.5 ผลการประเมินการควบคุมความผันแปรของน้ำหนักแป้งที่บรรจุ โดยใช้เกลียวบรรจุที่ระยะ ห่างระหว่างเกลียวบรรจุกับเส้นเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร ระยะพิทที่ 27 มิลลิเมตร ความเร็วในการบรรจุที่ 50 ขึ้นต่อหน้าที่โดยเทียบก่อนการปรับปรุงพบว่าการประเมินค่าดัชนีความสามารถของกระบวน การก่อนและหลังการปรับปรุง (C_p) มีค่า เพิ่มขึ้นจาก 1.32 เป็น 1.67 แสดงว่า กระบวน การมีความสามารถในการบรรจุได้ดีขึ้น

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ปริมาณผงแป้ง ในการบรรจุผงแป้งด้วยเครื่องบรรจุแบบเกลียวต้องทำการควบคุมระดับผงแป้งในภาชนะกรวยเติมแป้งให้อยู่ในระดับคงที่อยู่เสมอ เพื่อให้ปริมาณผงแป้งเพียงพอในระหว่างการบรรจุ

3.1.2 ความเร็วขากวนคงที่ ในภาชนะกรวยบรรจุแป้งต้องควบคุมให้มีความเร็วการหมุนคงที่เพื่อให้สามารถส่งผงแป้งเข้าสู่เกลียวบรรจุได้อย่างสม่ำเสมอ

3.1.3 ปรับค่าการบรรจุให้เหมาะสม เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตเครื่องสำอางประเภทผงแป้งทาหน้าประเภทหนึ่งซึ่งอาจมีลักษณะที่แตกต่างจากผงบรรจุชนิดอื่น ดังนั้นควรปรับหาค่าต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภทด้วย

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งถัดไป

3.2.1 ควรศึกษาการใช้เกลียวบรรจุชนิดเดียวกันกับผงบรรจุหลายชนิด เนื่องจากเครื่องบรรจุแบบเกลียวมีความสามารถในการบรรจุผงได้หลากหลายชนิดจึงควรศึกษาในด้านการใช้นาของเกลียวบรรจุชนิดเดียวกันกับการบรรจุผงหลากหลายประเภทเพื่อศึกษาความแตกต่าง ความเหมาะสม สามารถใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- ศุภชัย นาทะพันธ์. (2559). *การออกแบบและวิเคราะห์การทดลองขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ปรัชญา พละพันธ์. (2560). *คู่มือวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสถิติด้วย Minitab ฉบับมืออาชีพ*. (พิมพ์ครั้งที่ 1) นนทบุรี: ไอดีซี พรีเมียร์.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ.(2546). *การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) (ประมวลผลด้วย Minitab)*. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ.(2544). *การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ*. (พิมพ์ครั้งที่ 1) กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).
- บุรินทร์ เกตุคณินและไพโรจน์ รุ่งพงศ์วานิช.(2550) *Tools to Win: 30 เครื่องมือเพิ่มกำไรที่ใครๆก็ทำได้*. (พิมพ์ครั้งที่ 3) กรุงเทพมหานคร: บิสซิเนส.
- ผศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร.(2557). *เทคนิคการเพิ่มผลผลิตในองค์กร: หลักการและตัวอย่างการปฏิบัติ*. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- รองศาสตราจารย์สรารุช สุธรรมมาสา,ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นลินี ณ นคร. (2560). *สถิติและระเบียบการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ในประมวลสาระชุดวิชาสถิติและระเบียบการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*. (หน่วยที่ 3). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษกร เจือดี. (2560). *สถิติและระเบียบการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ในประมวลสาระชุดวิชาสถิติและระเบียบการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*. (หน่วยที่ 5). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- เจ ไฮเชอร์,แบร์รี เรนเดอร์. (2551). *การจัดการการผลิตและการปฏิบัติการ แปลจาก [Operations Management]* (พิมพ์ครั้งที่ 4) (จินตณัย ไพรสมณต์ ผ่องใส เพ็ชรรักษ์ อาทกร จิตสุนทร ชัยกุล รัชฎ ขำบุญ โสมสกา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา กิตติชัย อธิกุลรัตน์ ศิรัตน์ แจ่มรักษ์ สกฤ,ผู้แปล). กรุงเทพมหานคร : เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.
- พินคำ ศรีอุทัย. (2552).*การศึกษาพฤติกรรมสมการลำเลียงแบบอสมิตี.วารสารการประชุมด้านเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติครั้งที่ 2, 87-92.*

- อนุชา หิรัญวัฒน์ และอัศวิน ยอดศรีภักดิ์. (2549). การวิเคราะห์หาอัตราการทำงานถ่ายในแนวราบของอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรู. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 2 (1), 22-25.
- ไพโรจน์ ส่งสุข. (2550). การลดความผันแปรน้ำหนักบรรจุของเครื่องบรรจุแป้งโดยใช้วิธีทางสถิติ (ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.
- วศิน พันธุ์เมฆากุล. (2552). การลดความผันแปรน้ำหนักบรรจุผลิตภัณฑ์ของเครื่องบรรจุ *Filpac* โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง (ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.
- ศุภกร เบ็ญจวิไลกุล. (2556). การลดความผันแปรของน้ำหนักแกลกเกอร์เคลือบผิวสำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร (ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.
- อภิรดี ไชยชมภู. (2558). การลดน้ำหนักบรรจุผลิตภัณฑ์หมูสามชั้นสไลด์ให้อยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะ โดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกมา (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ปาริชาติ บุญเกลี้ยง. (2552). การลดความผันแปรของขนาดหน้ากว้างของเทปโม่อะคริลิกในกระบวนการตัดโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- อรัญญา มโนสร้อย. (2533). เครื่องสำอาง เล่มที่ 2 (แป้งผัดหน้า เครื่องสำอางสำหรับตา ฐูช และลิปสติค). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- นายฉลอง สีแก้วสีว. (2555). *Statistics* สืบค้นจาก <https://sites.google.com/site/mystatistics01/>
- Meiqiu Li, Jingbo Luo, Bangxiong Wu, 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.
- 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.
- Hemad Zareiforoush, Mohammad Hasan Komarizadeh, and Mohammad Reza Alizadeh. (2010). *A Review on Screw Conveyors Performance Evaluation During*

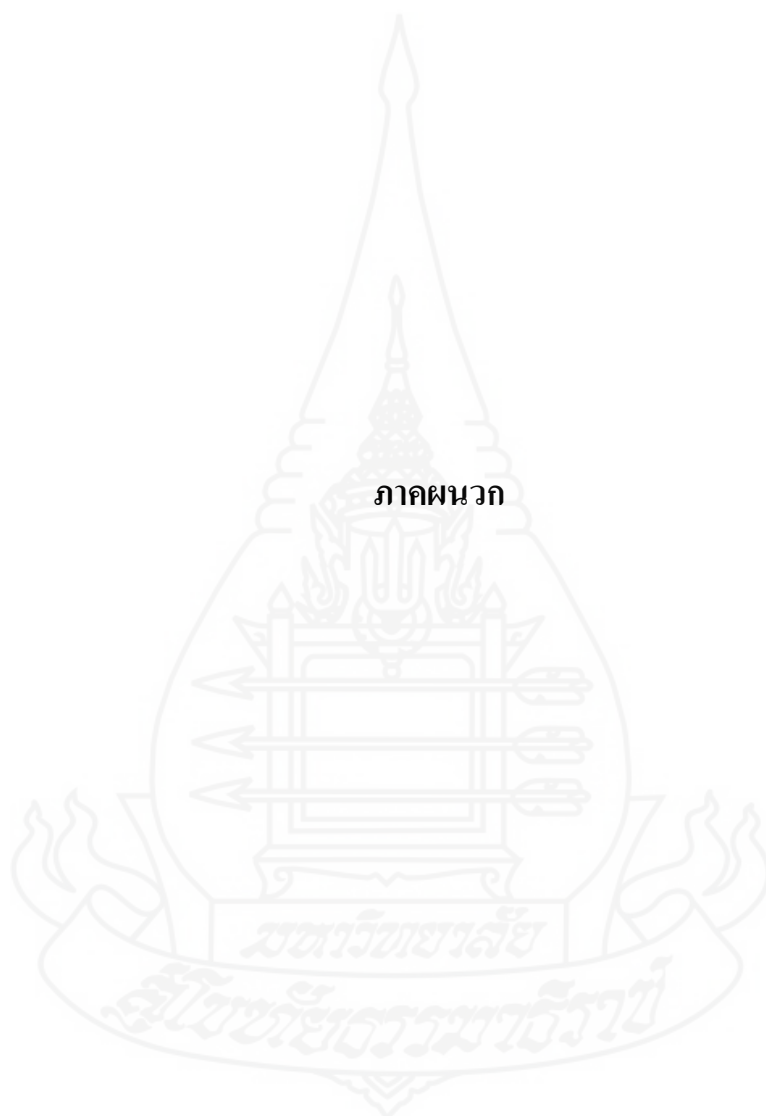
Handling Process. Journal of Scientific Review, Volume 2, Issue 1, Pages 55- 63.

Alma Kurjak.(2005). *The vertical screw conveyor-powder properties and Screw conveyor*

Design (Master's thesis). Lund Institute of Technology, Sweden.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

เกณฑ์ต่างๆ ในการพิจารณาของการวิจัย



ตารางที่ ก.1 เกณฑ์การพิจารณาสัดส่วนความแปรปรวนในแต่ละส่วนเปรียบเทียบกับความแปรปรวนทั้งหมด (%Contribution) ของระบบการวัด

เกณฑ์ในการพิจารณา % Contribution ในระบบการวัด	
0% - 2%	อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องยอมรับได้
2% - 7.7%	อาจจะยอมรับได้
มากกว่า 7.7%	ไม่สามารถยอมรับได้

(อ้างอิง Measurement System Analysis 4th edition, AIAG, Table II-D 1:GRR Criteria, หน้า 78)

ตารางที่ ก.2 เกณฑ์การยอมรับความสามารถของระบบการวัด

ค่ารีพิทอะบิลิตีและค่ารีโพรดูซิบิลิตี	เกณฑ์การยอมรับ	ผลการยอมรับ
SV/Toler หรือ P/T Ratio	< 10%	อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้
SV/Toler หรือ P/T Ratio	< 30%	อาจจะยอมรับได้หรือยอมรับแบบมีเงื่อนไข
SV/Toler หรือ P/T Ratio	≥ 30%	ไม่สามารถยอมรับได้

(อ้างอิง กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2546)

ตารางที่ ก.3 ลำดับของความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการตามค่าดัชนี Cp

ค่าดัชนี Cp	ลำดับความสามารถของกระบวนการ
$C_p \geq 2.00$	ดีเหลือเชื่อ
$1.67 \leq C_p < 2.00$	ดีเลิศ
$1.33 \leq C_p < 1.67$	ดี
$1.00 \leq C_p < 1.33$	พอใช้
$0.67 \leq C_p < 1.00$	แย่
$C_p < 0.67$	แย่มาก

(อ้างอิง กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2544)

ตารางที่ ก.4 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อการบรรจุ

คะแนน/ เกณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity, S)	โอกาสเกิดความผิดพลาด (Occurrence, O)	โอกาสตรวจพบ (Detection, D)
1	ไม่มีผลกระทบต่อความผันแปรน้ำหนักเบ็งและการปรับตั้งเครื่องจักร	ต่ำมาก เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลยหรือน้อยกว่า 10%	สามารถตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่าทันที
2	ไม่มีผลกระทบต่อความผันแปรน้ำหนักเบ็งแต่มีผลต่อการปรับตั้งเครื่องจักร	ต่ำมาก สามารถเกิดขึ้นได้มากกว่า 10 %ขึ้นไป	ไม่สามารถตรวจสอบด้วยตาเปล่าแต่ใช้เครื่องมือตรวจสอบได้ง่าย
3	อาจมีผลกระทบเล็กน้อยต่อความผันแปรน้ำหนักแต่ไม่มีผลการปรับตั้งเครื่องจักร	ต่ำมาก สามารถเกิดขึ้นมากกว่า 20 %ขึ้นไป	ไม่สามารถตรวจสอบด้วยตาเปล่าแต่ใช้เครื่องมือตรวจสอบได้ยาก
4	มีผลกระทบเล็กน้อยต่อความผันแปรน้ำหนักแต่มีผลการปรับตั้งเครื่องจักร	ต่ำ สามารถเกิดข้อบกพร่องได้มากกว่า 30%ขึ้นไป	ไม่สามารถตรวจสอบด้วยตาเปล่า แต่ต้องใช้เครื่องตรวจสอบที่มีความซับซ้อน
5	มีผลกระทบปานกลางต่อความผันแปรน้ำหนักแต่ไม่มีผลการปรับตั้งเครื่องจักร	ต่ำ สามารถเกิดขึ้นได้มากกว่า 40%ขึ้นไป	สามารถตรวจสอบได้ง่ายในกระบวนการถัดไป
6	มีผลกระทบปานกลางต่อความผันแปรน้ำหนักแต่มีผลการปรับตั้งเครื่องจักร	ปานกลาง สามารถเกิดขึ้นได้มากกว่า 50%ขึ้นไป	สามารถตรวจสอบได้ในกระบวนการถัดไปด้วยเครื่องมือตรวจสอบอย่างง่าย
7	มีผลกระทบมากต่อความผันแปรน้ำหนักแต่ไม่มีผลการปรับตั้งเครื่องจักร	ปานกลางสามารถเกิดขึ้นได้มากกว่า 60%ขึ้นไป	สามารถตรวจสอบได้ในกระบวนการถัดไปด้วยเครื่องมือตรวจสอบซับซ้อน

ตารางที่ ก.4 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อการบรรจุ (ต่อ)

คะแนน/ เกณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity, S)	โอกาสเกิดความผิดพลาด (Occurrence, O)	โอกาสตรวจพบ (Detection, D)
8	มีผลกระทบมากต่อความผันแปรน้ำหนักและมีผลการปรับตั้งเครื่องจักร	ปานกลางสามารถเกิดขึ้นได้มากกว่า 70%ขึ้นไป	ไม่สามารถตรวจสอบได้ในกระบวนการถัดไป
9	มีผลกระทบมากที่สุดต่อความผันแปรน้ำหนักแต่ไม่มีผลการปรับตั้งเครื่องจักร	สูง สามารถเกิดขึ้นได้มากกว่า 80%ขึ้นไป	ยากต่อการตรวจสอบหรือตรวจจับได้
10	มีผลกระทบมากที่สุดต่อความผันแปรน้ำหนักและมีผลการปรับตั้งเครื่องจักร	สูงมาก เกิดขึ้นได้ถึงมากกว่า 90%ขึ้นไป	ไม่สามารถตรวจสอบหรือตรวจจับได้

ตารางที่ ก.5 ผลการประเมินค่าคะแนนความเสี่ยง

สาเหตุ	ความรุนแรง (Severity)	โอกาสที่จะเกิด (Occurrence)	โอกาสที่จะตรวจพบ (Detection)	S	O	D	RPN (S*O*D)
1. วัตถุประสงค์ ไม่ได้คุณภาพตามข้อกำหนด	อาจมีผลกระทบเล็กน้อยต่อความผันแปรน้ำหนักแต่ไม่มีผลการปรับตั้งเครื่องจักร	ต่ำมาก เกือบไม่มีโอกาสเกิดขึ้น ข้อบกพร่องเลขหรือน้อยกว่า 10%	ไม่สามารถตรวจสอบด้วยตาเปล่า แต่ต้องใช้เครื่องตรวจสอบที่มีความซับซ้อน	3	1	4	12
2. เครื่องจักร ความเร็วในการบรรจุแป่ง	มีผลกระทบมากต่อความผันแปรน้ำหนักและมีผลการปรับตั้งเครื่องจักร	สูง สามารถเกิดขึ้นได้มากกว่า 80%ขึ้นไป	ไม่สามารถตรวจสอบด้วยตาเปล่า แต่ต้องใช้เครื่องตรวจสอบ	8	9	4	288

ตารางที่ ก.5 ผลการประเมินค่าคะแนนความเสี่ยง(ต่อ)

สาเหตุ	ความรุนแรง (Severity)	โอกาสที่จะ เกิด (Occurrence)	โอกาสที่จะ ตรวจพบ (Detection)	S	O	D	RPN (S*O*D)
			สอบที่มีความ ซับซ้อน				
ระยะพิทเกลียว หัวบรรจุของ เครื่องบรรจุ	มีผลกระทบมาก ที่สุดต่อความผัน แปรน้ำหนักและมี ผลการปรับตั้ง เครื่องจักร	สูง สามารถ เกิดขึ้นได้ มากกว่า 80% ขึ้นไป	ไม่สามารถ ตรวจสอบ ด้วยตาเปล่า แต่ต้องใช้ เครื่องตรวจ สอบที่มีความ ซับซ้อน	10	9	4	360
ระยะห่าง ระหว่างเกลียว กับเส้นเกลียว	มีผลกระทบมาก ที่สุดต่อความผัน แปรน้ำหนักและมี ผลการปรับตั้ง เครื่องจักร	สูง สามารถ เกิดขึ้นได้ มากกว่า 80% ขึ้นไป	ไม่สามารถ ตรวจสอบ ด้วยตาเปล่า แต่ต้องใช้ เครื่องตรวจ สอบที่มีความ ซับซ้อน	10	9	4	360
ความเร็วใบกวน ของเครื่องบรรจุ :ควบคุมความเร็ว คงที่ 43 rpm	มีผลกระทบมาก ที่สุดต่อความผัน แปรน้ำหนักและมี ผลการปรับตั้ง เครื่องจักร	ต่ำมาก เกือบ ไม่มีโอกาส เกิดข้อบก พร่องเลยหรือ น้อยกว่า 10%	ไม่สามารถ ตรวจสอบ ด้วยตาเปล่า แต่ใช้เครื่อง มือตรวจสอบ ได้ง่าย	10	1	2	20

ตารางที่ ก.5 ผลการประเมินค่าคะแนนความเสี่ยง (ต่อ)

สาเหตุ	ความรุนแรง (Severity)	โอกาสที่จะ เกิด (Occurrence)	โอกาสที่จะ ตรวจพบ (Detection)	S	O	D	RPN (S*O*D)
ระดับแบ่งใน กรวยบรรจุแป้ง: มี sensor ตรวจสอบระดับ แป้ง	มีผลกระทบมาก ที่สุดต่อความผัน แปรน้ำหนักและ มีผลการปรับตั้ง เครื่องจักร	ต่ำมาก เกือบ ไม่มีโอกาส เกิด ข้อบกพร่อง เลยหรือน้อย กว่า 10%	สามารถ ตรวจสอบได้ ด้วยตาเปล่า ทันที	10	1	1	10
ความเร็วในการ ปั่นของเครื่อง ผสมแป้ง: ใช้ ความเร็วคงที่ ไม่ สามารถปรับค่า ได้	อาจมีผลกระทบ เล็กน้อยต่อความ ผันแปรน้ำหนัก แต่ไม่มีผลการ ปรับตั้ง เครื่องจักร	ต่ำมาก เกือบ ไม่มีโอกาส เกิด ข้อบกพร่อง เลยหรือน้อย กว่า 10%	ไม่สามารถ ตรวจสอบ ด้วยตาเปล่า แต่ใช้เครื่อง มือตรวจสอบ ได้ง่าย	3	1	2	6
3.วิธีการ ไม่มีวิธีการ ทำงาน ทำให้ไม่ เข้าใจ	มีผลกระทบปาน กลางต่อความผัน แปรน้ำหนักแต่มี ผลการปรับตั้ง เครื่องจักร	ต่ำมาก เกือบ ไม่มีโอกาส เกิด ข้อบกพร่อง เลยหรือน้อย กว่า 10%	สามารถ ตรวจสอบได้ ด้วยตาเปล่า ทันที	6	1	1	6
ไม่ดำเนินการ ตามขั้นตอนเกิด ความผิดพลาด : มีหัวหน้างาน ควบคุม ตรวจสอบ	มีผลกระทบมาก ต่อความผันแปร น้ำหนักแต่มีผล การปรับตั้ง เครื่องจักร	ต่ำมาก เกือบ ไม่มีโอกาส เกิด ข้อบกพร่อง เลยหรือน้อย กว่า 10%	สามารถ ตรวจสอบได้ ด้วยตาเปล่า ทันที	9	1	1	9

ตารางที่ ก.5 ผลการประเมินค่าคะแนนความเสี่ยง (ต่อ)

สาเหตุ	ความรุนแรง (Severity)	โอกาสที่จะ เกิด (Occurrence)	โอกาสที่จะ ตรวจพบ (Detection)	S	O	D	RPN (S*O*D)
4.พนักงาน ไม่มีความ ชำนาญ	มีผลกระทบปาน กลางต่อความผัน แปรน้ำหนักแต่มี ผลการปรับตั้ง เครื่องจักร	ต่ำมาก เกือบ ไม่มีโอกาส เกิด ข้อบกพร่อง เลยหรือน้อย กว่า 10%	สามารถ ตรวจสอบได้ ด้วยตาเปล่า ทันที	6	1	1	6
ไม่ผ่านการอบรม :มีระบบควบคุม การฝึกอบรม ทดสอบทุก 6 เดือน	มีผลกระทบ เล็กน้อยต่อความ ผันแปรน้ำหนัก แต่มีผลการ ปรับตั้ง เครื่องจักร	ต่ำมาก เกือบ ไม่มีโอกาส เกิด ข้อบกพร่อง เลยหรือน้อย กว่า 10%	สามารถ ตรวจสอบได้ ด้วยตาเปล่า ทันที	4	1	1	4
5.สิ่งแวดล้อม อุณหภูมิสูง : ควบคุมอุณหภูมิ 25-30 องศา	ไม่มีผลกระทบต่อ ความผันแปร น้ำหนักแป้งและ การปรับตั้ง เครื่องจักร	ต่ำมาก เกือบ ไม่มีโอกาส เกิด ข้อบกพร่อง เลยหรือน้อย กว่า 10%	ไม่สามารถ ตรวจสอบ ด้วยตาเปล่า แต่ใช้เครื่อง มือตรวจสอบ ได้ง่าย	1	1	2	2

ภาคผนวก ข

ผลข้อมูลการชั่งน้ำหนักของการวิเคราะห์ระบบการวัด



ตารางที่ ข.1 ข้อมูลการทดสอบ GR&R ของพนักงานวัด 3 คน

ผลการทดสอบความแม่นยำในการวัดของพนักงานวัด 3 คน 3 ซ้ำ /10 ตัวอย่าง						
ลำดับ ที่	Katsara		Panida		Natcha	
	หมายเลข	น้ำหนัก(กรัม)	หมายเลข	น้ำหนัก(กรัม)	หมายเลข	น้ำหนัก(กรัม)
1	3	53.26	5	52.77	9	53.54
2	8	52.86	8	52.86	2	52.85
3	2	52.85	1	52.33	10	53.29
4	4	52.68	3	53.26	3	53.26
5	6	53.28	10	53.29	6	53.28
6	9	53.54	4	52.68	4	52.69
7	7	53.05	2	52.85	7	53.06
8	1	52.33	6	53.28	1	52.33
9	5	52.78	7	53.04	8	52.86
10	10	53.29	9	53.53	5	52.79
11	1	52.32	5	52.77	1	52.33
12	3	53.26	2	52.84	3	53.26
13	9	53.54	1	52.32	2	52.85
14	4	52.66	3	53.25	4	52.67
15	2	52.86	8	52.85	6	53.28
16	5	52.77	4	52.68	9	53.53
17	10	53.28	6	53.29	7	53.04
18	6	53.27	7	53.05	5	52.77
19	7	53.04	10	53.29	8	52.84
20	8	52.85	9	53.54	10	53.28

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบ GR&R ของพนักงานวัด 3 คน(ต่อ)

ลำดับ ที่	Katsara		Panida		Natcha	
	หมายเลข	น้ำหนัก(กรัม)	หมายเลข	น้ำหนัก(กรัม)	หมายเลข	น้ำหนัก(กรัม)
21	7	53.04	2	52.85	7	53.05
22	2	52.84	1	52.33	9	53.55
23	4	52.67	3	53.26	10	53.27
24	3	53.25	5	52.78	1	52.34
25	10	53.28	8	52.85	4	52.68
26	1	52.33	6	53.28	2	52.84
27	5	52.77	10	53.29	5	52.77
28	8	52.86	7	53.05	3	53.24
29	6	53.28	9	53.54	6	53.28
30	9	53.52	4	52.68	8	52.85



Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for Weight

Gage name: ทดสอบความแม่นยำ ในการชั่งน หนักบรรจุ
 Date of study: 10 มีนาคม 2562
 Reported by: Sumeth S
 Tolerance: 5 กรัม
 Misc:

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	10.4757	1.16396	30710.4	0.000
Operator	2	0.0001	0.00005	1.3	0.307
Part * Operator	18	0.0007	0.00004	0.7	0.815
Repeatability	60	0.0033	0.00006		
Total	89	10.4798			

α to remove interaction term = 0.05

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	10.4757	1.16396	22609.4	0.000
Operator	2	0.0001	0.00005	0.9	0.400
Repeatability	78	0.0040	0.00005		
Total	89	10.4798			

Gage R&R

Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.000051	0.04
Repeatability	0.000051	0.04
Reproducibility	0.000000	0.00
Operator	0.000000	0.00
Part-To-Part	0.129324	99.96
Total Variation	0.129375	100.00

Process tolerance = 5

Gage Evaluation

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.007175	0.04305	1.99	0.86
Repeatability	0.007175	0.04305	1.99	0.86
Reproducibility	0.000000	0.00000	0.00	0.00
Operator	0.000000	0.00000	0.00	0.00
Part-To-Part	0.359616	2.15770	99.98	43.15
Total Variation	0.359687	2.15812	100.00	43.16

Number of Distinct Categories = 70

Gage R&R for Weight

ภาพที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการชั่งน้ำหนัก

ภาคผนวก ค
ผลข้อมูลน้ำหนักก่อนการปรับปรุง



ตารางที่ ค.1 ข้อมูลน้ำหนักบรรจุแป้งก่อนการปรับปรุง 450 ข้อมูล

ล็อต ที่	ชั่วโมง ที่	จำนวนตัวอย่าง									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	52.58	52.67	53.17	52.69	51.53	53.44	51.36	51.55	52.16	52.74
	2	52.71	52.82	52.73	52.54	51.27	52.79	52.14	51.51	52.67	53.03
	3	52.92	53.12	52.62	53.15	52.37	51.23	51.41	52.17	53.07	52.29
	4	51.98	54.19	53.53	52.38	53.23	53.17	52.58	52.82	52.55	52.71
	5	53.77	53.66	52.69	53.81	52.52	52.72	53.6	53.4	53.43	53.22
	6	52.96	53.87	52.32	53	53.34	53.36	53.93	53.69	53.81	53.11
	7	51.52	52.3	51.71	52.43	52.49	51.31	52.37	51.83	53.79	51.98
	8	51.96	52.59	52.03	52.33	52.37	52.54	52.88	51.97	51.83	52.87
	9	52.37	52.6	51.95	52.73	52.2	52.59	53.19	52.25	53.19	52.73
2	10	53.69	53.87	52.84	54.37	53.49	52.84	54.36	54.19	54.12	54
	11	54.11	54.67	53.93	54.38	53.81	54.5	53.28	53.65	53.05	54.49
	12	52.37	52.75	52.89	52.17	52.33	52.76	52.79	52.48	52.19	52.12
	13	52.7	52.61	52.92	52.78	53.89	53.42	52.2	51.76	52.44	51.46
	14	54.08	53.3	52.9	53.4	53.36	53.75	52.26	53.78	52.99	53.22
	15	51.94	51.59	52.05	51.47	51.97	52	51.97	53.62	53.73	52.35
	16	51.96	51.59	53.64	51.25	51.84	52.11	53.65	53.56	52.93	54.54
	17	53.22	52.74	52.71	52.67	53.98	53.03	53.04	52.75	53.54	53.85
	18	52.99	53.29	53.44	54.05	53.3	52.63	52.55	53.78	53.53	53.3
3	19	53.25	52.78	52.15	52.99	52.76	52.16	54.05	54.38	53.28	52.39
	20	52.42	52.25	52.76	52.35	52.61	52.45	52.3	51.98	52.3	52.33
	21	51.91	52.03	52.41	52.17	51.72	52.03	52.01	52.74	52.04	52.44
	22	54.53	53.73	54.27	53.95	52.99	55.02	54.62	54.01	53.97	54.54
	23	53.16	53.71	52.45	53.03	53.15	52.71	52.63	52.66	51.87	52.86

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลน้ำหนักบรรจุแป้งก่อนการปรับปรุง 450 ข้อมูล(ต่อ)											
ล็อต ที่	ชั่วโมง ที่	จำนวนตัวอย่าง(ต่อ)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	24	52.9	52.09	52.69	52.12	51.51	52.16	52.03	53.27	51.99	52.33
	25	53.6	51.89	51.32	52.37	52.61	52.29	54.2	53.68	52.95	53.66
	26	52.09	52.13	52.44	52.11	52.17	52.12	52.64	52.35	52.08	52.14
	27	52.79	50.64	52.89	53.27	52.45	53.15	53.5	52.65	53.51	52.21
	28	53.47	53.55	53.39	53.79	54.35	52.89	53.07	52.64	54.41	53.28
	29	50.95	51.91	50.06	52.2	51.8	50.97	52.71	51.42	51.98	51.74
4	30	53.16	54.4	52.74	52.72	53.01	52.75	52.23	53.41	52.51	53.49
	31	52.24	51.57	51.93	51.28	50.67	50.51	52.19	52.15	52.1	51.37
	32	53.35	53.76	52.9	52.69	53.12	53.53	52.39	53.89	53.33	52.9
	33	53.24	52.05	52.16	51.41	52.24	52.08	51.87	54.39	53.64	52.24
	34	51.71	51.24	53.57	51.49	52.02	52.54	52.97	54	52.79	54.72
	35	53.69	52.74	52.71	52.67	53.98	53.03	53.04	52.75	53.54	53.85
	36	52.99	53.29	53.44	54.05	53.3	52.63	52.55	53.78	53.53	53.3
	37	53.25	52.21	52.15	52.81	53.07	52.12	53.95	53.79	53.39	52.1
	38	52.37	51.99	52.18	52.51	52.79	52.52	52.06	53.17	52	52.52
5	39	52.34	53.62	52.94	53.67	52.75	53.69	53.58	53.36	54.65	53.94
	40	54.25	52.2	52.85	53.85	53.72	53.74	53.18	54.15	53.52	53.43
	41	53.8	53.39	54.04	53.92	53.34	53.88	53.07	52.69	52.55	53.44
	42	52.91	52.76	52.53	52.51	52.92	52.21	53.67	53.99	53.15	51.81
	43	51.7	52.92	53.86	53.09	52.53	53.14	51.52	52.49	53.21	53.11
	44	51.74	53.06	52.69	52.18	52.1	52.67	53.45	52.68	53.04	52.76
	45	52.38	51.16	53.21	52.96	53.54	53.3	52.56	51.67	52.4	53.56
	44	51.74	53.06	52.69	52.18	52.1	52.67	53.45	52.68	53.04	52.76
	45	52.38	51.16	53.21	52.96	53.54	53.3	52.56	51.67	52.4	53.56

ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 52.83 กรัม

ภาคผนวก ง

ผลข้อมูลน้ำหนักและการวิเคราะห์ของแต่ละปัจจัย



ตารางที่ ง.1 ข้อมูลการชั่งน้ำหนักบรรจุแป้ง(กรัม)ที่ได้จากการใช้ระยะห่างระหว่างเกลียววอร์เกอร์ กับเส้นเกลียว 1.2 และ 2.2 มิลลิเมตร จำนวนชุดละ 550 ข้อมูล

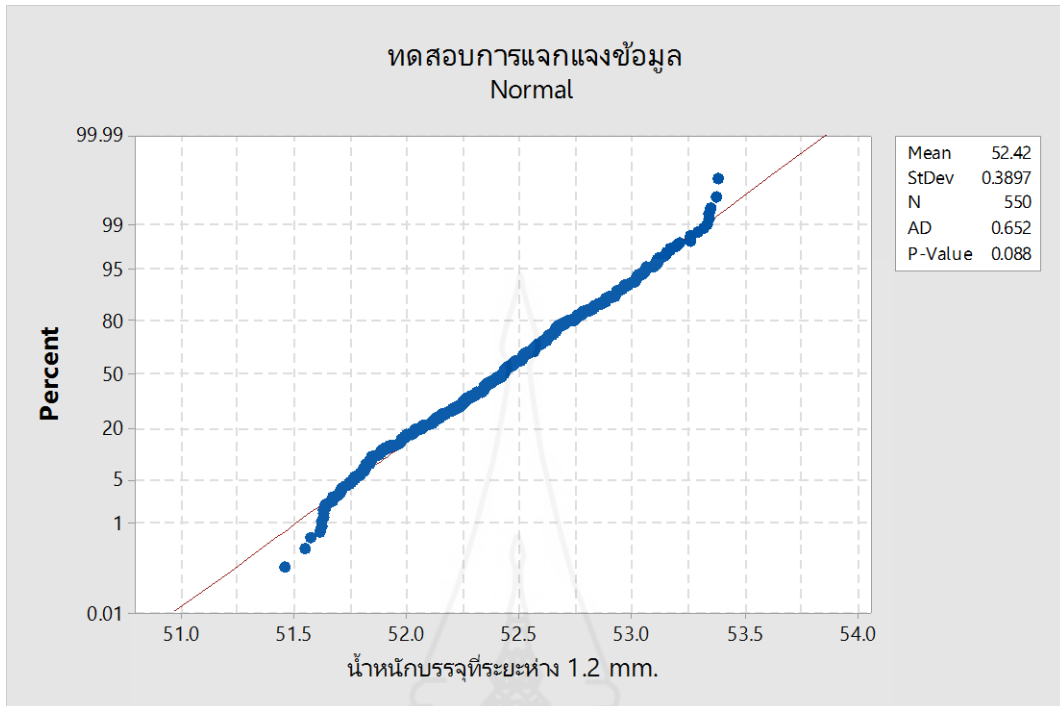
ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะห่าง 1.2 มิลลิเมตร										
51.65	52.43	52.42	52.65	52.76	52.03	52.8	52.57	52.63	52.73	53.37
52.67	53.01	52.63	51.69	52.81	53.17	52.57	52.12	52.06	52.86	52.68
51.85	52.37	52.26	52.92	51.67	52.51	52.55	51.84	51.88	52.54	52.35
52.34	52.7	52.76	52.74	51.87	52.6	52.4	52.37	51.82	53.33	52.09
51.83	52.42	52.35	52.31	53.03	52.12	52.06	52.48	52.41	52.03	51.8
52.33	52.12	53.09	52.19	52.54	52.27	52.06	52.13	52.77	52.66	52
52.33	51.89	52.39	52.46	52.44	52.75	52.51	52.96	52.62	52.32	52.66
52.25	52.63	52.57	52.48	52.57	52.86	52.43	52.82	52.26	52.52	51.81
52.82	52.96	53.06	52.43	52.34	52.16	52.4	52.46	52.3	52.69	52.59
52.27	52.74	52.17	52.19	52.58	52.63	52.72	51.63	51.63	52.83	51.91
52.05	51.76	52.9	52.52	52.25	52.5	52.78	51.99	52.36	52.96	52.18
52.48	52.37	52.53	53.1	51.75	52.87	52.34	52.12	52.37	52.56	51.91
52.9	52.48	53.29	52.51	52.82	52.78	52.15	52.88	53.05	52.02	52.34
51.84	51.95	52.74	51.82	52.91	52.14	52.66	52.02	52.31	52.61	52.13
52.47	52.71	52.95	52.07	52.15	52.25	52.67	52.59	52.94	51.84	52.63
53.04	52.28	52.56	52.92	52.33	52.84	52.56	52.18	52.93	52.84	52.65
52.81	52.43	53.06	52.59	52.15	52.45	51.98	52.43	52.88	53.14	52.1
52.38	51.61	52.58	52.75	52.88	52.71	51.7	52.65	51.55	53.26	52.2
51.81	52.12	52.84	53.12	52.23	51.85	52.63	52.1	52.57	52.36	52.56
52.26	52.43	52.23	52.92	52.26	51.99	52.44	52.1	51.88	53.31	52.99
53.05	52.77	52.3	51.73	52.04	53.26	52.65	52.66	52.62	53.05	51.88
52.36	51.97	52.48	52.2	51.9	52.49	52.48	52.49	51.97	52.43	52.18
52.16	52.78	52.05	52.73	52.59	52.52	52.25	52.55	51.83	53.03	52.23
52.03	51.97	52.11	52.57	52.5	53.11	52.48	52.27	53.34	52.35	52.14
52.45	52.3	52.76	53.05	52.62	52.61	52.65	52.92	52.28	52.64	52.51

ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะห่าง 1.2 มิลลิเมตร (ต่อ)										
51.64	51.97	52.82	52.63	52.46	51.91	52.46	52.34	52.36	52.97	52.2
53.21	52.26	51.96	52.63	52.45	52.02	52.27	52.51	52.44	53.02	51.74
52.56	51.57	51.67	52.01	52.45	52.42	52.44	52.52	52.47	52.28	52.28
52.35	51.62	52.27	52.56	52.29	51.99	52.34	53.01	52.6	53	52.13
52.51	52.81	52.49	52.25	52.98	53.17	52.38	52.5	52.29	51.73	51.77
51.63	51.97	52.16	51.71	52.47	52.65	52.46	52.51	52.68	51.97	52.37
53.11	52.44	51.62	52.76	52.33	52.47	52.14	52.69	53	52.11	52.29
52.55	51.77	52.51	52.67	53.02	52.44	52.31	52.62	51.96	53.38	52.56
52.03	51.79	52.09	51.84	52.5	52.51	52.59	52.77	52.11	53.26	52.24
52.93	51.87	52.42	52.43	51.99	52.54	52.62	52.75	52.06	52.49	52.23
52.02	51.83	52.62	52.26	52.3	52.22	51.7	52.67	51.96	52.36	51.71
52.23	53.11	51.83	51.79	52.42	52.33	52.7	53.01	51.81	52.42	52.33
51.96	51.79	52.87	52.63	52.57	52.39	52.31	52.51	52.56	51.87	52.56
52.26	52.88	52.04	52.36	52.24	52.95	52.83	52.44	52.65	53.1	52.95
52.52	52.42	52.94	52.34	53.12	52.66	52.99	51.88	52.61	52.07	52.18
52.35	52.12	52	52.23	51.74	52.66	52.65	52.64	51.78	53.34	52.6
52.79	52.41	52.32	52.53	51.99	51.76	52.52	51.88	52.18	52.67	52.13
52.41	52.35	52.36	52.19	51.94	52.15	52.71	51.9	52.37	52.21	52.21
52.4	52.21	53.15	52.22	52.73	51.82	52.34	52.39	52.88	51.92	52.59
52.24	52.77	52.36	52.43	51.97	52.4	52.75	52.21	53.35	52.4	52.38
52.92	52.59	52.28	52.39	52.45	51.82	53.02	51.64	52.64	52.39	51.81
52.23	52.59	51.84	52.93	52.67	51.92	52.57	52.41	52.66	52.08	52.42
52.78	52.07	52.86	52.38	52.58	53.15	52.51	52.45	52.42	52.88	52.46
52.53	52.68	52.28	51.82	52.24	52.66	53.19	52.32	52	51.67	51.46
52.62	53.2	52.31	52.69	52.15	52.44	52.85	52.44	52.23	52.11	52.03

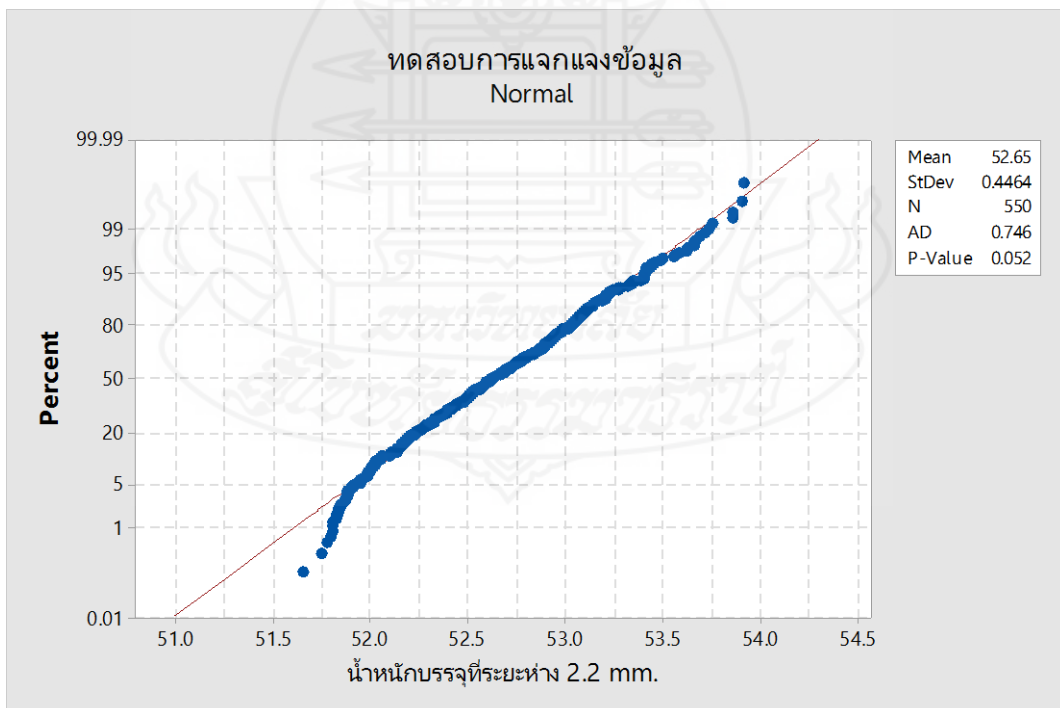
ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะห่าง 2.2 มิลลิเมตร										
52.03	51.84	52.36	52.39	52.91	52.13	52.41	53.44	52.15	53.18	52.57
52.84	52.52	51.77	52.82	52.53	52.88	52.91	53.9	53.01	53.2	52.92
52.44	52.15	52.69	53.07	53.1	52	53.12	52.88	52.32	52.53	52.8
52.39	52.27	52.8	53.11	52.49	52.1	53.11	53.05	52.57	53.71	51.65
52.23	52.75	51.82	52.86	52.6	53.1	53.27	52.51	52.09	51.98	52.02
53.03	52.88	52.53	52.98	52.94	52.28	52.53	52.88	52.77	53.05	52.71
52.93	52.99	52.72	53	52.86	53.09	52.69	51.83	52.42	52.26	52.97
52.29	53.73	52.75	52.15	52.79	53.15	52.16	53.5	52.86	52.39	52.58
53.07	52.65	52.05	52.74	52.4	52.52	51.88	52.5	51.96	53.66	52.32
52.59	52.59	52.92	53.2	53.62	52.95	52.96	52.16	53.32	52.19	53.02
52.68	52.22	52.02	52.11	53.08	52.61	53.14	52.8	52.78	52.86	52.02
52.84	52.39	52.99	53.2	53.06	52.84	52.2	52.27	52.89	52.96	52.18
52.58	52.78	52.32	52.61	52.4	53.14	52.13	53.04	52.24	52.58	53.12
53.41	52.38	53.35	52.44	52.19	52.59	53.02	52.71	52.64	52	52
52.66	52.37	53.07	53.4	52.51	53.24	52.33	52.65	52.8	52.72	52.26
52.33	52.14	52.91	53.91	53.86	52.64	53.03	53.66	52.56	52.35	52.75
52.34	52.19	52.14	53.01	52.26	52.9	52.11	51.98	51.87	52.74	52.04
52.52	52.38	52.47	53.43	51.88	51.88	52.98	53.13	53.75	53.22	53.24
52.68	53.01	52.47	52.44	52.52	51.88	52.99	52.82	52.93	52.89	52.25
52.5	52.55	52.88	52.32	52.77	52.68	53.86	52.52	51.94	52.32	52.61
52.23	52.46	52.43	52.59	52.62	52.66	52.9	52.64	52.71	53.41	51.83
52.89	52.29	52.37	52.47	52.48	53.15	53.04	52.3	53.09	52.69	52
52.84	52.35	52.59	52.94	51.91	52.32	52.3	51.85	52.64	52.17	52.28
52.11	52.18	52.75	53.34	52.37	52.87	53.38	52.33	52.9	53.62	51.94
52.49	53.56	52.95	53.05	52.39	52.79	52.67	52.64	53.58	53.4	52.29
53.08	52.99	52.35	51.99	52.88	53.14	52.61	52.51	52.19	52.96	52.89
52.7	51.8	52.46	53.44	51.9	52.13	53.18	52.62	53.35	53.63	52.67
52.43	53.1	52.34	52.88	52.97	53.11	53.01	51.95	52.89	52.71	52.01
51.98	52.76	52.57	52.72	53.46	52.22	52.73	52.95	52.12	52.93	53.34
51.98	52.6	52.49	52.2	52.99	53.05	52.58	52.46	52.66	53.4	52.62
52.8	51.93	52.05	52.19	53.04	53.17	52.18	51.75	53.49	53.32	52.13
52.39	52.1	52.24	53.07	52.36	52.27	52.16	52.52	53.2	52.91	53.04

ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะห่าง 2.2 มิลลิเมตร (ต่อ)										
52.46	52.49	52.61	52.8	52.69	52.61	53.21	52.7	52.05	52.5	52.54
52.16	52.6	51.8	52.93	52.75	51.79	53.22	53.22	52.96	52.79	52.85
52.83	53.09	52.86	51.84	52.5	53.32	53.4	52.73	52.44	52.06	53.17
53.08	52.74	52.27	53.69	52.91	53.14	52.33	52.53	53.07	53.41	52.23
52.37	53.1	52.57	51.9	53.06	52.01	52.55	52.24	52.66	52.73	52.56
52.42	52.48	52.62	52.42	52.17	52.13	52.51	52.68	52.77	52.83	52.39
52.43	52.73	52.83	52.18	52.89	52.92	51.97	52.74	53.33	52.32	53.28
52.21	52.23	51.89	52.98	52.94	53.05	53.27	52.28	53.2	52.39	52.31
52.77	52.74	53.13	52.28	52.81	52.94	52.94	52.01	52.47	51.99	52.95
53.14	52.11	52.62	51.87	52.67	53.04	52.14	52.15	52.86	52.81	52.2
52.45	53.22	52.04	53.08	52.6	52.44	52.53	52.18	52.83	53.41	52.41
52.77	52.61	52.83	52.3	52.59	53.03	53.39	52.49	53.06	52.5	51.82
52.89	52.66	52.47	53.15	52.45	52.49	52.59	52.7	52.57	52.89	52.67
52.02	52.46	51.91	52.65	53.4	52.47	51.8	52.82	52.35	52.72	52.42
51.99	53.02	52.03	52.47	52.73	52.78	53.4	52.29	53.45	53.21	51.86
52.73	52.57	52.63	52.54	51.96	52.87	52.91	52.3	52.63	52.68	52.3
52.25	53.67	52.36	52.64	53.01	53.02	52.97	52.41	52.44	52.15	53
52.95	52.58	52.19	51.94	52.42	52.58	52.51	52.51	53.23	53.55	53.18





ภาพที่ ง.1 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลทางสถิติของระยะห่างระหว่างเกลียวกับเส้นเกลียวที่ 1.2 มิลลิเมตร



ภาพที่ ง.2 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลทางสถิติของระยะห่างระหว่างเกลียวกับเส้นเกลียวที่ 2.2 มิลลิเมตร

Test and CI for Two Variances: ระยะห่าง 2.2 mm., ระยะห่าง 1.2 mm.

Method

σ_1 : standard deviation of ระยะห่าง 2.2 mm.
 σ_2 : standard deviation of ระยะห่าง 1.2 mm.
 Ratio: σ_1/σ_2
 F method was used. This method is accurate for normal data only.

Descriptive Statistics

Variable	N	StDev	Variance	95% CI for σ
ระยะห่าง 2.2 mm.	550	0.446	0.199	(0.421, 0.474)
ระยะห่าง 1.2 mm.	550	0.390	0.152	(0.368, 0.414)

Ratio of Standard Deviations

Estimated Ratio	95% CI for Ratio using F
1.14560	(1.054, 1.246)

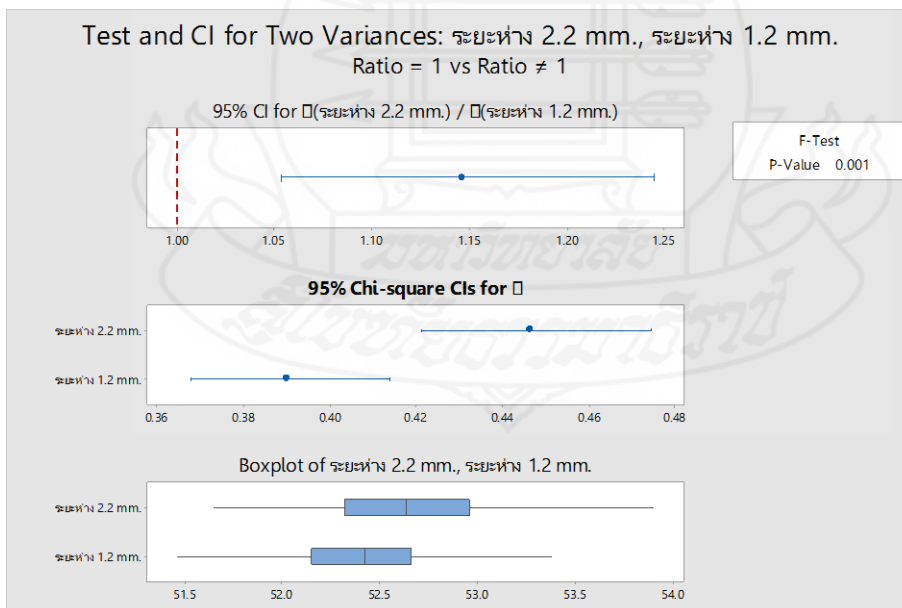
Test

Null hypothesis $H_0: \sigma_1 / \sigma_2 = 1$
 Alternative hypothesis $H_1: \sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$
 Significance level $\alpha = 0.05$

Method	Test			
	Statistic	DF1	DF2	P-Value
F	1.31	549	549	0.001

Test and CI for Two Variances: ระยะห่าง 2.2 mm., ระยะห่าง 1.2 mm.

ภาพที่ ง.3 ผลการทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนทางสถิติของข้อมูลที่ระยะห่างเกี่ยวกับเสื้อเกี๊ยวที่ 2.2 มิลลิเมตรและ 1.2 มิลลิเมตร



ภาพที่ ง.4 กราฟแสดงผลการทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนของระยะห่างเกี๊ยวบรรจุกับเสื้อเกี๊ยวที่ 2.2 มิลลิเมตรและ 1.2 มิลลิเมตร

Two-Sample T-Test and CI: ระยะห่าง 2.2 mm., ระยะห่าง 1.2 mm.

Method

μ_1 : mean of ระยะห่าง 2.2 mm.
 μ_2 : mean of ระยะห่าง 1.2 mm.
 Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
ระยะห่าง 2.2 mm.	550	52.649	0.446	0.019
ระยะห่าง 1.2 mm.	550	52.417	0.390	0.017

Estimation for Difference

Difference	95% CI for Difference
0.2324	(0.1828, 0.2819)

Test

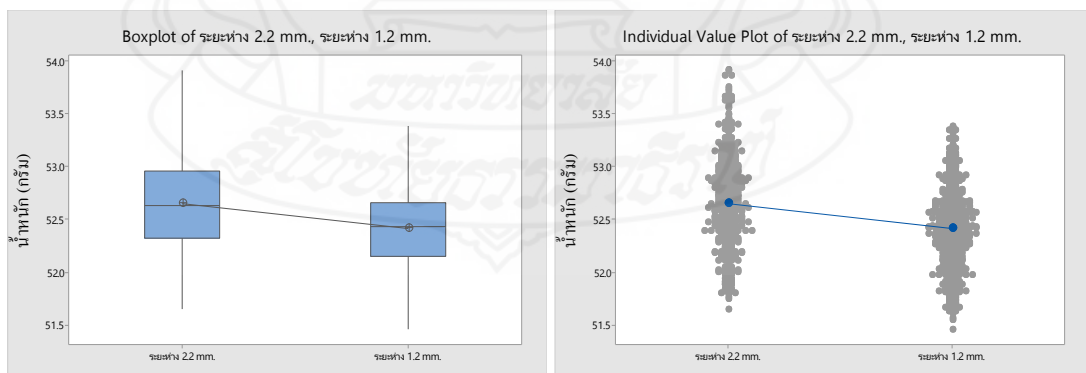
Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
9.20	1078	0.000

Individual Value Plot of ระยะห่าง 2.2 mm., ระยะห่าง 1.2 mm.

Boxplot of ระยะห่าง 2.2 mm., ระยะห่าง 1.2 mm.

ภาพที่ ง.5 ผลการทดสอบทางสถิติโดยวิธี Two Sample T-Test ของข้อมูลระยะห่างเกี่ยวกับเสื้อเกี่ยวกับ 2.2 มิลลิเมตรและ 1.2 มิลลิเมตร



ภาพที่ ง.6 กราฟแสดงผลการทดสอบโดยวิธี Two Sample T-Test ของข้อมูลที่ระยะห่างเกี่ยวกับเสื้อเกี่ยวกับ 2.2 มิลลิเมตรและ 1.2 มิลลิเมตร

ตารางที่ ง.2 ข้อมูลการชั่งน้ำหนักบรรจุแป้ง(กรัม)ที่ได้จากการใช้ระยะพืดเกลียวออร์เกอร์
(Auger)ที่ 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตร จำนวนชุดละ 400 ข้อมูล

ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะพืดของเกลียวออร์เกอร์ที่ 27 มิลลิเมตร									
52.27	52.29	52.76	52.86	52.67	52.31	52.41	52.94	53.34	53.25
52.4	53.28	52.63	52.56	52.88	53.14	53.38	53.11	53.02	52.84
53.1	52.36	53.48	52.66	52.7	52.55	52.87	53.17	52.65	52.92
53.65	52.91	52.94	53.11	52.82	52.67	52.61	52.62	52.73	53.29
52.71	52.94	53.39	52.39	52.47	52.36	52.91	52.39	52.63	52.92
53.01	53.18	52.53	53.29	52.15	52.27	52.86	52.38	52.91	53.39
52.77	52.4	53.42	52.7	52.56	52.7	52.49	52.62	53.07	52.48
52.8	52.69	52.79	52.88	53.21	52.95	52.89	52.58	53.13	52.62
52.32	52.58	52.61	53.12	53.29	52.56	52.82	53.37	52.88	52.92
52.21	52.26	53.16	53.01	52.82	52.61	53.18	52.59	52.74	53.12
53.59	52.07	52.18	52.7	52.76	52.71	52.64	52.74	53.65	53.28
53.03	52.22	52.2	53.22	53.04	52.78	52.5	53.08	52.84	53.25
53.27	52.77	52.72	53.05	53.16	52.96	52.84	53.06	53.2	52.48
52.32	52.41	52.87	52.81	52.77	52.21	53.04	52.94	53.13	52.57
52.87	52.19	53.03	53.39	53.01	52.62	52.83	52.38	52.55	52.55
52.28	53.65	52.28	52.05	52.96	52.47	53.22	52.54	53.24	52.7
52.92	52.71	52.96	52.87	52.9	53.09	52.98	52.62	52.33	52.26
52.82	53.33	52.56	52.81	52.88	52.57	52.83	53.38	53.03	52.26
52.28	53.11	52.64	52.46	52.19	52.73	53.00	52.4	53.43	53.28
52.44	53.27	53.05	52.45	52.27	52.46	52.81	52.57	53.05	53.39
52.75	51.97	52.72	52.31	53.03	52.72	53.11	52.75	52.84	52.9
53.07	52.57	52.95	52.89	53.13	52.52	52.87	53.33	53.44	53.14
53.06	52.87	53.1	52.93	52.36	52.81	53.05	52.28	53.1	52.48
52.63	53.02	53	52.43	52.93	52.69	52.51	52.5	52.41	53.29
53.11	52.61	52.84	52.75	52.56	52.28	52.71	52.61	52.18	52.58

ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะพิตของเกลียวออร์เกอร์ที่ 27 มิลลิเมตร (ต่อ)									
52.3	52.81	53.33	53.1	53.19	52.98	52.95	52.74	52.88	52.87
52.47	53.55	53.45	52.81	53.02	52.66	53.53	52.89	52.51	52.58
52.93	52.79	52.88	52.46	52.9	52.36	53.32	52.52	53.28	52.75
53.03	52.16	52.83	52.38	52.18	52.53	52.9	52.52	52.29	52.46
52.99	52.96	53.12	52.4	52.8	53.3	52.47	53.19	53.65	53.33
53.39	52.64	53.59	52.79	53.14	52.41	52.3	53.39	52.44	53.07
52.95	52.57	52.63	53.16	52.19	53.1	52.68	52.73	52.83	53.35
52.98	52.88	53.19	52.7	52.94	52.57	53.07	53.15	52.46	52.99
52.47	52.53	52.12	52.97	53.15	52.79	53.02	52.59	52.5	52.6
52.88	52.24	53.09	53.1	52.83	52.2	52.81	52.31	52.94	53.07
52.79	52.22	52.91	53	52.98	52.81	52.78	52.98	52.9	53.1
52.77	52.88	52.47	52.95	52.82	52.76	52.73	52.61	52.57	52.92
53.58	53.07	52.36	52.35	52.45	53	52.74	53.37	53.56	52.85
53.26	52.16	52.93	52.28	53.59	52.91	52.55	52.34	52.64	53.19
53.44	52.43	53.4	52.38	52.53	52.8	52.59	52.3	52.25	53.03
ข้อมูลน้ำหนัก(กรัม) ของระยะพิตของเกลียวออร์เกอร์ที่ 30 มิลลิเมตร									
53.2	52.29	52.13	52.44	52.6	52.64	51.91	52.52	52.63	51.91
52.96	52.79	52.23	51.47	52.41	52.97	52.32	52.19	52.37	51.9
52.66	52.69	52.57	52.41	52.49	52.82	52.17	52.79	52.79	53.05
52.48	52.05	51.93	52.43	51.96	52.46	51.96	52.41	51.6	53.12
52.99	52.24	52.13	52.92	52.55	52.5	52.75	52.37	52.45	52.48
52.18	52.79	52.64	52.99	52.26	51.94	52.38	52.79	52.41	52
52.4	52.75	52.45	52.16	52.53	53.17	52.5	52.51	52.89	52.08
52.56	52.63	52.37	52.42	51.83	52.9	52.36	52.31	52.47	52.25
52.17	52.54	52.31	52.98	52.36	52.88	52.07	52.96	52.52	52.81
52.02	52.7	52.51	52.25	52.55	52.53	52.61	51.92	52.35	52.36
52.8	52.58	52.25	51.71	52.12	51.99	51.63	52.59	52	52.94
52.09	52.58	52.48	51.61	52.88	51.96	51.85	52.34	52.49	51.68

ข้อมูลน้ำหนัก(กรัม) ของระยะพิทของเกลียวออร์เทอร์ที่ 30 มิลลิเมตร (ต่อ)									
52.27	52.07	52.1	51.95	52.2	52.85	51.68	52.39	52.53	52.81
52.76	52.39	51.88	52.28	52.83	52.25	52.03	51.9	52.94	52.37
52.21	52.78	52.36	52.91	52.15	52.82	52.46	52.6	51.91	52.84
51.57	52.49	51.76	52.46	52.2	51.93	52.72	51.56	52.24	52.12
52.34	52.11	52.15	52.19	52.17	52.28	52.39	52.33	52.36	52.36
52.67	52.54	52.65	52.25	52.34	52.03	51.92	52.31	52.22	52.07
51.84	52.14	51.92	52.6	52.53	52.45	52.25	52.02	52.46	52.37
51.93	52.18	51.62	51.93	52.45	52.46	52.23	52.3	52.4	52.66
52.15	52.59	53.04	52.6	52.87	52.33	52.84	52.84	52.77	52.28
52.66	52.39	52.37	52.47	52	52.53	52.49	52.01	53.25	52.65
52.77	52.21	52.79	52.41	52.28	52.18	52.74	52.48	52.33	51.72
52.22	52.82	51.88	53.12	52.38	52.5	52.38	51.91	52.67	52.22
51.9	52.71	52.34	52.26	51.75	52.79	51.74	52.39	52.8	51.64
52.44	52.13	52.09	52.2	51.88	53	52.22	52.19	52.85	52.07
52.43	52.41	53.12	52.59	52.45	51.47	52.42	52.4	52.47	52.91
52.61	52.63	52.15	52.52	52.67	52.44	52.47	52.94	53.15	52.65
51.98	52.57	52.56	52.83	52.85	52.55	51.55	53.14	52.48	52.25
52.34	52.76	52.66	52.43	53.17	52.62	52.68	52.61	52.68	51.93
52.08	52.91	52.04	52.94	52.76	52.21	52.24	53.04	52.48	52.95
52.93	52.59	52.22	52.36	52.05	51.97	52.72	52.29	51.83	52.27
52.76	52.06	53.04	52.38	53.07	52.32	52.11	51.77	52.54	52.04
52.33	52.31	52.29	53.03	52.24	52.09	52.61	51.7	52.03	51.81
52.46	52.67	52.45	52.5	52.2	52.85	51.81	52.09	51.82	52.32
52.15	52.55	52.37	52.1	52.58	52.13	52.78	52.2	52.48	52.43
53.15	53.29	52.66	51.98	52.06	52.45	52.77	52.79	52.31	51.83
52.52	52.75	51.86	52.73	52.66	53.25	52.94	52.53	51.87	52.38
52.76	52.39	52.09	52.48	52.55	51.79	52.67	52.61	51.75	52.88
52.1	52.03	52.04	53.14	52.03	51.94	52.63	52.55	52.11	52.14

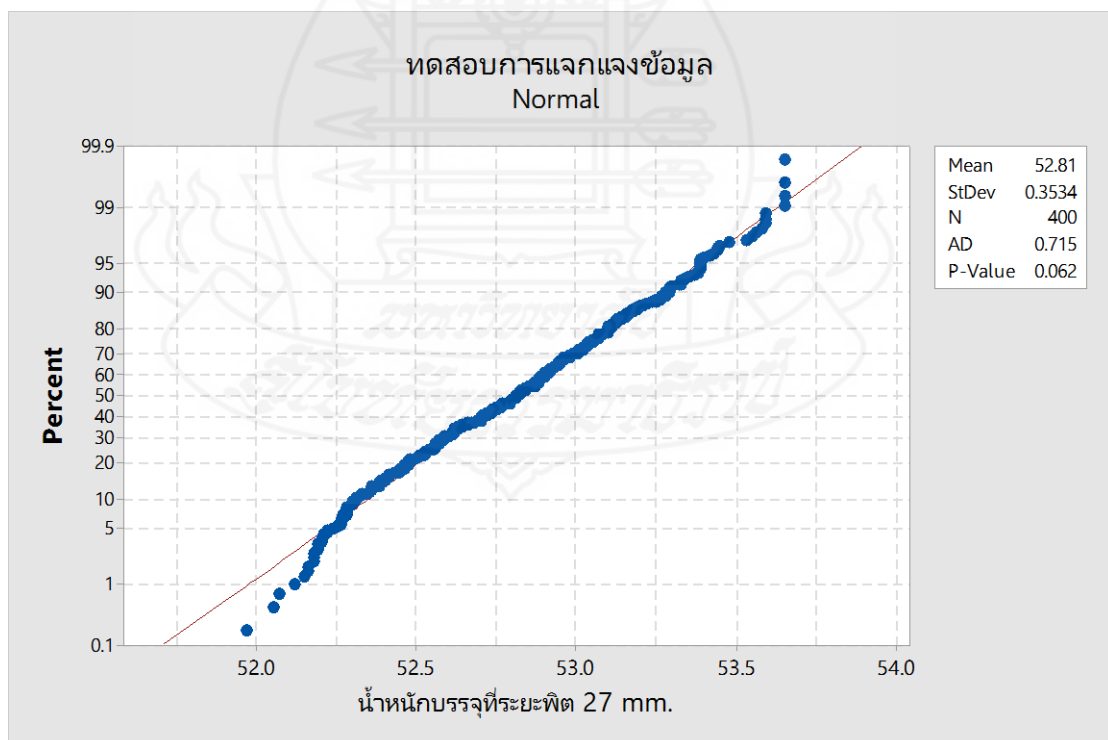
ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะพิตของเกลียวออร์เกอร์ที่ 33 มิลลิเมตร									
53.42	53.01	53.23	53.02	52.94	53.06	52.82	53.62	53.31	52.32
53.31	53.2	53	53.22	53.08	52.6	53.21	53.32	53.14	52.89
53.6	53.44	53.18	52.68	52.72	52.85	52.7	52.79	52.83	53.34
53.26	52.54	53.21	52.94	52.25	52.95	52.76	53.35	53.39	52.57
53.48	53.35	52.58	52.38	52.99	52.67	51.97	53.06	52.97	53.5
52.92	52.96	52.96	52.56	53.24	53.34	52.76	53.14	53.23	53.15
53.28	52.76	53.29	53.18	53.28	53.33	52.93	52.89	52.78	53.42
52.76	52.98	53.04	52.89	53.02	52.95	52.53	53.03	52.67	53.73
52.69	52.86	53.26	53.09	53.01	52.81	52.59	52.89	52.77	53.72
52.93	52.78	52.98	52.62	53.63	53.66	52.84	53.05	52.72	53.54
53.48	53.04	53.35	52.76	52.65	53.17	53.16	52.68	53.29	53.46
53.27	52.76	53.26	53.25	53.2	53.16	53.66	53.04	53.3	52.42
52.99	52.75	52.81	53.09	53.32	52.81	52.51	52.72	52.17	52.85
52.74	53.04	52.87	53.24	52.76	52.7	53.11	52.58	53.17	52.81
52.63	52.8	52.74	52.82	53.02	52.64	52.8	52.94	53.04	53.34
52.49	52.95	53.02	52.99	53.3	52.9	52.49	53.33	52.89	52.82
53.1	53.04	53.04	52.85	53.18	52.72	53.39	52.04	53.44	53.14
52.68	53.32	53.26	53.25	52.49	53.48	53.08	53.2	52.99	53.15
53.13	52.79	52.88	53.31	52.86	52.87	52.81	53.15	52.81	52.64
53.07	53.65	52.58	52.51	53.06	52.83	53.13	53.06	52.82	53.15
52.49	53	52.92	52.9	53	53.01	52.86	53.27	53.36	52.78
53.29	52.62	52.81	52.65	53.78	52.85	53.45	52.42	52.98	53
52.91	52.84	52.32	52.93	52.56	53.6	52.95	52.74	53.23	52.86
53.22	52.75	52.94	52.79	53.18	52.82	52.65	53.2	52.5	53.28
53.2	52.59	53.44	53.05	52.55	52.59	53.51	52.75	52.94	53.04
52.77	53.34	53.36	53.09	53.84	53.28	53.14	53.05	53.176	52.87
52.93	52.38	52.75	53.12	53.37	52.9	52.56	53.3	52.59	53.07
53.14	52.98	52.51	52.95	53.29	53.24	52.54	53.33	53.51	52.78

ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะพิทของเกลียวออร์เกอร์ที่ 33 มิลลิเมตร(ต่อ)									
52.57	52.39	53.26	52.84	52.69	52.85	52.93	53.25	52.56	53.31
52.97	53.25	53.18	53	52.91	53.01	52.74	52.15	53.2	53.19
52.49	52.84	53.22	52.99	53.7	53.11	53.1	52.85	53.15	53.24
52.83	52.86	53.23	53.29	53.48	53.25	53.3	53.52	53.05	52.91
52.79	52.68	52.04	52.8	53.18	52.89	52.96	52.89	53.2	53.15
53.1	52.73	52.99	53.17	53.13	53.41	52.9	52.29	53.13	52.83
53.3	53.2	52.81	53.09	53.01	53.29	53.26	52.22	53.02	52.58
52.99	53.16	52.79	53.18	53.24	53.86	53.24	53.52	53.32	52.9
53.00	52.92	53.13	53.13	53.08	53.18	53.01	53.13	52.49	53.01
52.94	52.61	52.74	53.07	52.09	52.92	53.25	52.65	52.96	53.27
52.86	52.79	52.91	52.86	52.5	53.09	52.76	53.23	53.16	53.29
53.48	53.2	52.48	53.06	53.43	53.25	53.64	52.77	53.38	52.69
ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะพิทของเกลียวออร์เกอร์ที่ 36 มิลลิเมตร									
51.47	51.65	51.83	51.32	51.43	51.62	51.55	52.16	50.9	52.02
52.08	51.87	51.79	51.84	51.41	51.94	52.32	51.58	52.44	52.08
51.23	51.9	52.08	51.79	51.43	51.11	52.91	52.28	52.11	51.88
52.25	52.07	51.57	52.14	51.61	51.5	51.55	51.69	51.96	51.31
51.74	51.93	51.25	51.23	52.46	51.45	51.58	51.14	51.94	52.04
51.75	51.33	51	52.34	51.54	51.32	51.22	52.8	51.05	50.63
52.08	51.97	52.76	52.56	52.09	51.47	52	52.04	51.39	52.18
51.47	51.43	51.68	51.84	51.45	52.08	52.7	51.99	51.68	52.24
52.37	51.82	51.68	52.05	51.87	51.64	52.05	51.66	51.87	51.81
51.65	51.73	51.93	52.49	52.14	52.09	51.31	51.62	51.65	51.5
51.04	51.51	51.91	51.69	51.62	51.65	52.49	51.51	52.39	51.13
51.05	51.38	51.13	51.27	52.1	51.63	52.17	51.89	52.26	51.84
51.7	51.54	51.81	52.42	51.26	52.62	52.91	51.13	51.2	52.01
52.68	52.14	52.15	52.82	51.73	52	51.51	51.47	51.82	52.16
52.21	51.88	52.22	51.76	52.71	51.52	51.59	51.39	51.85	52.08

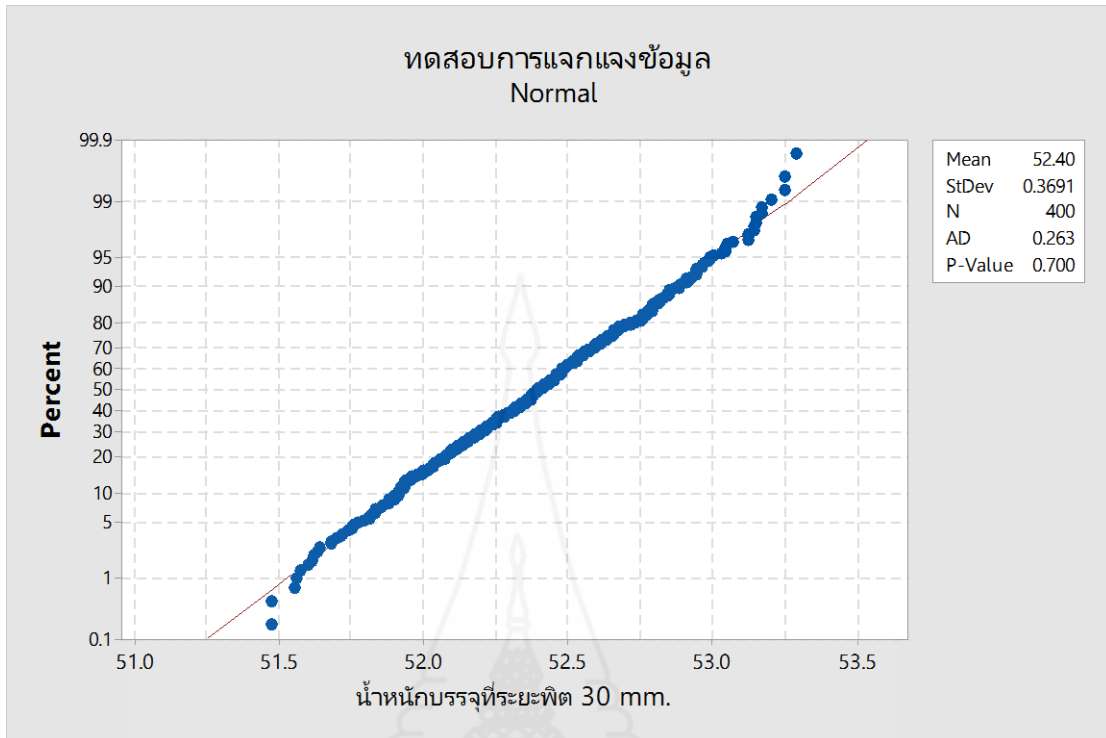
ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะพิทของเกลียวออร์เกอร์ที่ 36 มิลลิเมตร(ต่อ)									
52.15	51.24	51.89	51.51	51.29	51.46	51.48	51.12	51.86	51.49
52.01	51.31	52.34	51.99	52.15	51.65	51.56	51.64	52.6	52.55
52.22	51.84	51.41	51.87	51.79	51.13	51.69	51.86	51.27	51.85
52.89	51.92	51.42	51.41	51.59	50.96	51.3	52.12	52.02	51.54
52.34	51.77	52.11	51.68	51.24	51.68	51.87	51.5	52.05	51.83
52.54	51.8	51.59	51.57	51.94	52.43	52.52	51.95	51.34	52.3
52.07	51.67	51.64	51.99	52.46	52.2	52	52.79	52.62	51.3
51.77	52.29	51.15	51.43	51.42	52.4	51.81	51.95	52.19	51.29
51.03	50.95	52.13	51.05	51.52	52.11	51.92	51.77	52.7	52.2
51.65	50.58	51.7	52.58	51.43	51.19	51.09	51.1	52.31	51.86
51.54	51.99	51.6	51.61	51.44	52.16	51.98	52.48	52.24	51.56
51.7	51.53	52.56	51.6	51.83	51.41	52.64	51.8	52.06	51.64
51.25	51.42	51.61	52.32	52.24	51.84	51.79	51.9	51.89	51.68
51.13	51.76	51.58	52.62	52.25	52.28	51.22	51.81	52.15	51.51
51.72	52.12	52.85	51.83	51.93	51.18	51.12	51.47	51.76	52.21
51.81	51.15	52.02	51.67	51.82	51.29	51.21	52.87	52.18	51.67
52.04	51.23	51.96	51.16	51.27	51.54	51.83	52.39	52.16	51.44
52.45	51.43	52.07	51.81	51.74	51.1	51.82	52.07	52.35	52.83
51.29	51.41	50.97	52.47	52.3	51.17	52.42	51.37	50.61	53.53
51.22	51.89	51.3	51.8	51.63	51.06	51.6	51.21	52.17	52.29
52.62	52.37	51.6	51.55	51.53	51.71	51.12	51.81	51.75	52.35
51.6	51.58	50.73	51.25	51.87	51.2	52.31	51.86	51.39	52.51
51.88	51.91	52.18	51.77	51.74	52	51.91	51.48	51.71	52.57
51.86	51.15	51.79	51.81	51.36	52.1	51.49	52.8	51.66	52.69
51.16	51.32	52.53	52.4	51.32	51.67	51.46	51.73	51.05	52.11

ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะพิทของเก็ลยวออร์เกอร์ที่ 39 มิลลิเมตร									
51.81	51.33	50.66	52.04	51.38	50.72	50.74	53.44	51.3	52.36
51.36	51.43	50.41	51.13	52.07	51.62	52.01	51.01	51.5	51.77
51.75	50.75	51.47	51.82	51.78	51.62	50.74	51.45	50.73	51.51
51.92	51.52	51.47	51.06	51.32	51.65	51.66	51.01	52.53	51.74
52.83	52.63	51.47	52.26	52.07	51.29	51.45	50.82	51.84	52.01
51.8	52.34	53.11	52.31	52.12	51.1	51.2	51.04	52.5	51.75
50.92	52.31	51.23	52.2	51.18	51.37	51.34	53.31	51.27	51.98
53.31	52.15	51.09	52.01	51.56	51.99	51.13	50.82	51.79	51.76
51.62	50.73	50.85	52.76	51.8	51.33	51.3	52.5	51.18	51.86
51.63	52.95	50.65	51.83	50.89	51.9	51.16	50.54	52.87	51.62
51.82	52.01	51.44	51.28	51.42	51.45	51.15	52.75	50.92	52.75
51.37	51.41	51.45	51.49	51.91	50.86	51.91	50.68	51.55	51.82
50.68	51.16	51.66	50.38	50.81	50.87	50.76	51.2	51.94	51.38
52.47	50.69	52.73	52.14	52.5	51.71	51.54	51.73	51.38	51.49
51.87	52.26	51.84	51.54	52	51.42	51.06	51.84	52.63	51.45
51.56	51.5	51.63	52.25	51.04	51.49	52.25	51.16	52.09	52.34
51.17	52.03	52.87	52.14	52.64	51.53	51.18	51.22	51.43	50.85
52.36	51.62	52.65	51.54	51.43	51.77	51.93	52	51.65	52.26
51.13	51.91	51.05	51.62	51.89	52.64	52.85	51.03	51.65	51.43
52.01	52	52.09	50.44	51.99	52.09	51.41	52.23	52.08	52.05
52.03	51.56	50.85	51.17	51.61	52.33	51.54	52.17	50.58	51.06
52.52	51.85	51.16	50.45	51.48	51.39	51.02	51.65	51.98	51.7
51.7	51.57	52.23	51.67	51.89	51.85	52.18	51.27	51.22	52.03
52	52.18	51.19	51.75	52.98	52.34	53.54	52.84	51.81	52.55
52.2	52.31	52.04	50.61	51.38	51.82	52.19	51.92	51.41	52.71
50.85	52.13	51.57	50.9	51.97	51.51	52.48	51.52	52.53	51.69
50.91	51.63	51.51	50.59	51.24	51.57	50.72	51.15	51.98	51.84
52.5	52.08	52.11	51.78	50.58	52.62	52.96	52.03	52.36	51.32

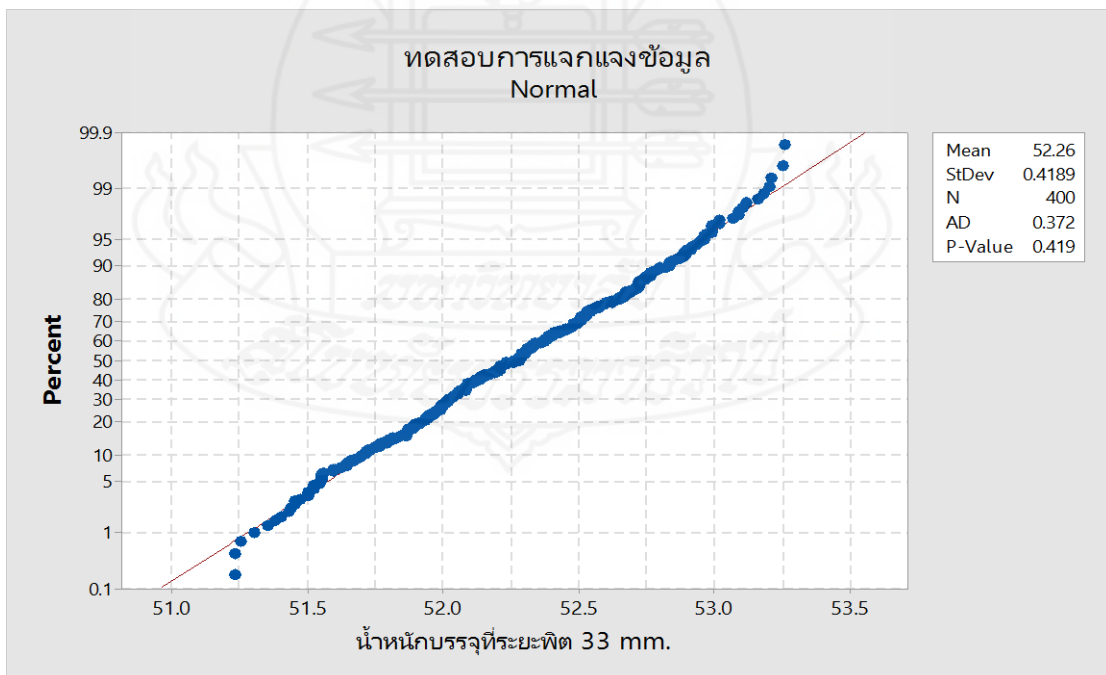
ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของระยะพิทของเกลียวออร์เกอร์ที่ 39 มิลลิเมตร(ต่อ)									
50.93	51.31	52.26	51.73	52.02	51.55	52.2	51.42	52.17	51.96
52.32	51.59	51.83	51.63	51.06	53.08	51.95	50.94	51.74	51.44
51.54	51.6	52.02	51.95	53.35	52.86	52.2	51.04	51.53	51.93
51.72	51.08	52.19	50.92	52.66	51.69	51.88	51.07	52.35	51.8
51.43	51.86	51.43	51.03	52.08	53.19	52.05	51.12	51.74	52.67
51.91	51	51.68	53.18	50.54	51.56	51.5	51.63	52.41	52.07
51.88	52.51	52.24	51.2	51.37	52.37	52.03	50.81	51.45	51.24
51.71	52.69	51.54	52.12	50.47	51.71	51.94	50.76	51.67	52.76
50.69	50.68	52.01	51.12	50.67	51.57	51.15	50.83	51.39	51.8
52.14	51.25	52.18	52.11	50.73	52.07	51.26	51.1	50.77	51.34
51.71	51.34	51.79	51.79	50.74	51.28	52.14	51.7	51.22	51.38
51.62	52.29	51.03	51.46	51.17	51.54	51.79	51.99	51.02	51.8



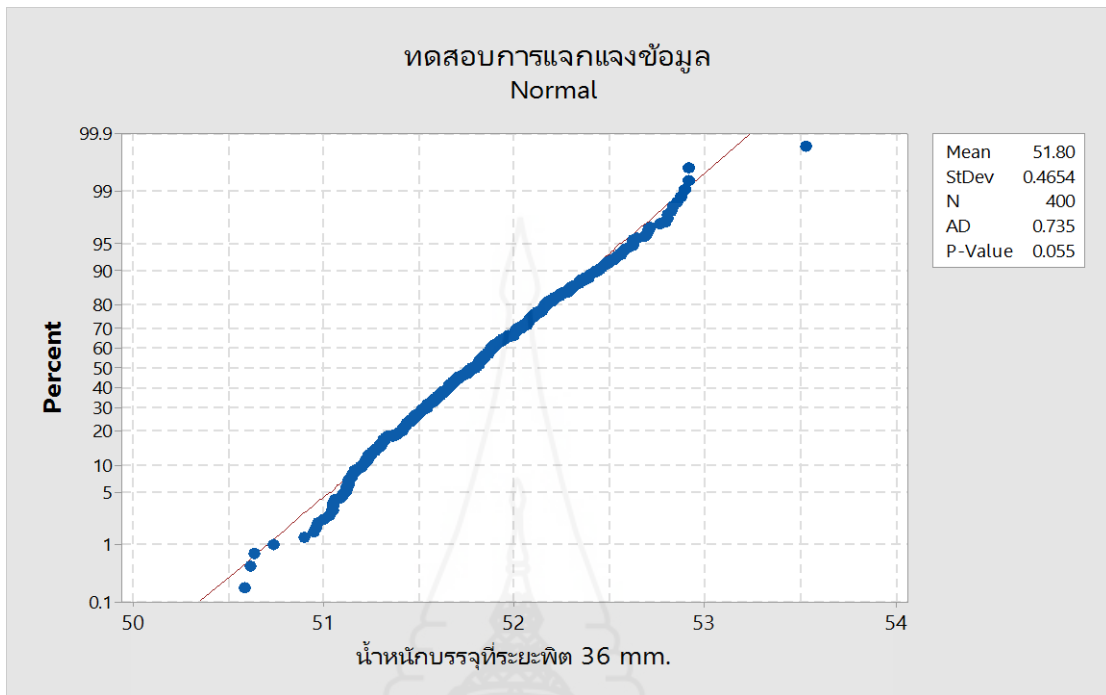
ภาพที่ ง.6 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติทางสถิติของข้อมูลที่ระยะพิท 27 มิลลิเมตร



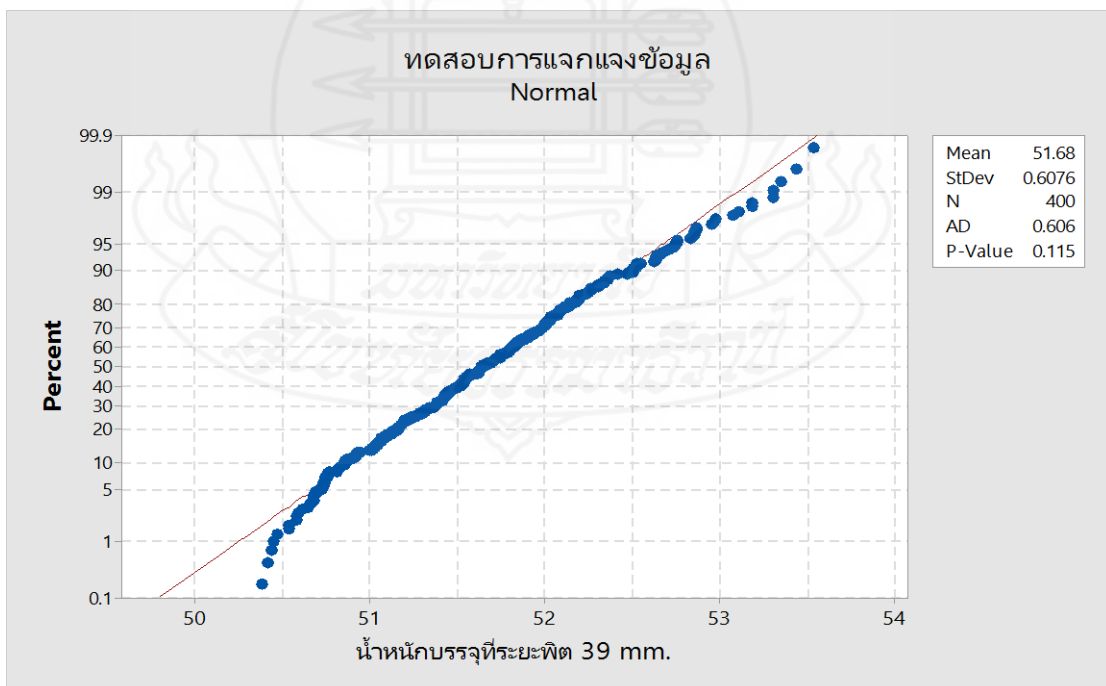
ภาพที่ ง.7 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติทางสถิติของข้อมูลที่ระยะพิต 30 มิลลิเมตร



ภาพที่ ง.8 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติทางสถิติของข้อมูลที่ระยะพิต 33 มิลลิเมตร



ภาพที่ ง.9 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติทางสถิติของข้อมูลที่ระยะพิต 36 มิลลิเมตร



ภาพที่ ง.10 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติทางสถิติของข้อมูลที่ระยะพิต 39 มิลลิเมตร

Test for Equal Variances: ระยะพัด 27 mm., ระยะพัด 30 mm., ... ต 39 mm.

Method

Null hypothesis All variances are equal
 Alternative hypothesis At least one variance is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Bartlett's method is used. This method is accurate for normal data only.

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

Sample	N	StDev	CI
ระยะพัด 27 mm.	400	0.353423	(0.323742, 0.388622)
ระยะพัด 30 mm.	400	0.369129	(0.338129, 0.405894)
ระยะพัด 33 mm.	400	0.418884	(0.383705, 0.460603)
ระยะพัด 36 mm.	400	0.465357	(0.426275, 0.511705)
ระยะพัด 39 mm.	400	0.607607	(0.556579, 0.668122)

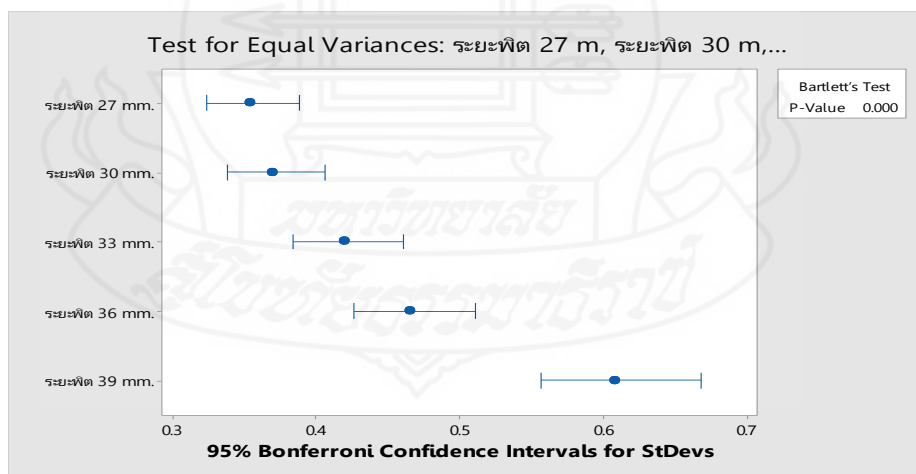
Individual confidence level = 99%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Bartlett	160.84	0.000

Test for Equal Variances: ระยะพัด 27 m, ระยะพัด 30 m,...

ภาพที่ ง.11 ผลการทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนทางสถิติของข้อมูลที่ระยะพัด 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตร



ภาพที่ ง.12 กราฟแสดงผลการทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนข้อมูลที่ระยะพัด 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตร

One-way ANOVA: ระยะพัด 27 mm., ระยะพัด 30 mm., ... , ระยะพัด 39 mm.

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0.05$

Equal variances were not assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	5	ระยะพัด 27 mm., ระยะพัด 30 mm., ระยะพัด 33 mm., ระยะพัด 36 mm., ระยะพัด 39 mm.

Welch's Test

Source	DF Num	DF Den	F-Value	P-Value
Factor	4	990.532	429.92	0.000

Model Summary

R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
45.12%	45.01%	44.84%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
ระยะพัด 27 mm.	400	52.8054	0.3534	(52.7707, 52.8402)
ระยะพัด 30 mm.	400	52.3972	0.3691	(52.3609, 52.4334)
ระยะพัด 33 mm.	400	52.2627	0.4189	(52.2215, 52.3038)
ระยะพัด 36 mm.	400	51.7984	0.4654	(51.7527, 51.8441)
ระยะพัด 39 mm.	400	51.6820	0.6076	(51.6222, 51.7417)

Games-Howell Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Games-Howell Method and 95% Confidence

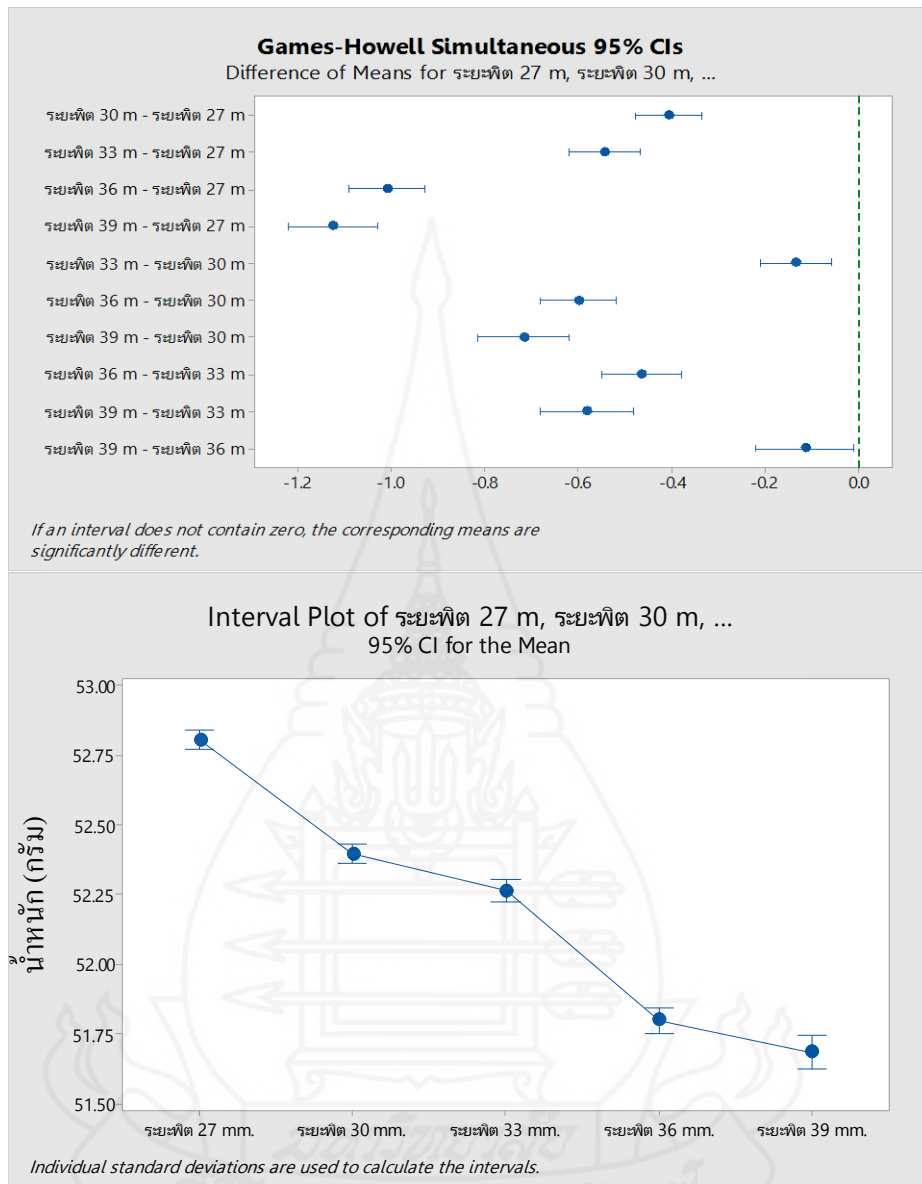
Factor	N	Mean	Grouping
ระยะพัด 27 mm.	400	52.8054	A
ระยะพัด 30 mm.	400	52.3972	B
ระยะพัด 33 mm.	400	52.2627	C
ระยะพัด 36 mm.	400	51.7984	D
ระยะพัด 39 mm.	400	51.6820	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Games-Howell Simultaneous 95% CIs

Interval Plot of ระยะพัด 27 m, ระยะพัด 30 m, ...

ภาพที่ ง.13 ผลการทดสอบความเหมือนหรือแตกต่างทางสถิติของข้อมูลที่ระยะพัด 27,30,33,36,39 มิลลิเมตร



ภาพที่ ง.14 กราฟแสดงผลการทดสอบความเหมือนและแตกต่างของข้อมูลระยะพืด 27, 30, 33, 36, 39 มิลลิเมตร

ตารางที่ ง.3 ข้อมูลการชั่งน้ำหนักบรรจุแป้ง(กรัม)ที่ได้จากการใช้ข้อมูลน้ำหนักของความเร็วใน
บรรจุ 50 ชั้นต่อนาที จำนวนชุดละ 400 ข้อมูล

ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของความเร็วในบรรจุ 50 ชั้นต่อนาที									
52.01	51.85	52.33	52.71	51.90	52.61	53.15	52.52	52.78	52.82
52.03	53.32	52.89	52.28	52.05	52.86	51.67	52.29	52.16	52.02
52.96	52.18	52.28	51.87	52.14	52.41	53.07	52.57	52.64	53.23
51.93	52.25	52.09	52.45	52.59	52.04	52.47	52.60	52.67	52.78
52.58	51.65	52.73	52.88	52.03	52.85	52.19	51.98	51.86	52.64
52.08	52.08	52.32	52.27	52.90	52.47	52.11	51.55	52.37	52.82
52.62	52.00	52.82	51.96	52.28	52.06	52.90	52.54	52.56	52.41
52.45	51.38	52.03	52.21	52.72	52.74	51.66	52.24	51.88	52.23
53.06	52.50	51.61	52.29	52.69	52.08	52.38	52.47	53.30	52.57
52.59	51.90	52.16	51.95	52.34	52.21	52.58	52.13	52.30	52.09
52.23	51.80	52.41	52.22	52.15	52.91	52.07	52.27	53.11	51.74
52.24	52.18	53.39	52.10	52.13	52.82	52.72	52.47	52.40	52.14
52.74	51.69	52.16	52.82	51.95	52.03	52.08	52.82	51.99	52.36
52.27	53.15	52.71	52.91	53.10	52.77	52.47	52.78	52.47	52.35
52.46	52.26	53.21	52.82	52.07	52.74	51.92	52.70	52.30	51.41
52.68	52.38	52.84	52.33	52.15	52.05	52.59	52.97	52.37	51.63
52.43	52.85	53.08	51.64	52.35	53.16	52.12	52.11	53.14	52.06
53.21	52.81	51.95	52.48	51.69	52.67	52.58	52.34	51.67	51.80
52.48	51.69	52.41	51.71	52.30	52.93	53.08	51.52	51.98	52.68
52.22	53.21	52.97	52.82	52.17	51.62	52.19	52.28	53.21	52.64
52.14	53.27	52.57	52.91	52.78	52.06	52.71	52.72	52.89	52.08
52.19	52.25	52.58	52.70	52.20	52.47	52.58	52.04	52.15	52.62
52.47	52.28	52.12	52.66	52.67	52.46	52.46	52.78	52.94	52.78
52.79	52.15	52.04	52.95	51.78	52.51	52.61	52.70	52.15	52.89
52.84	52.01	52.24	52.21	52.38	52.15	52.09	52.49	52.19	52.20

ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของความเร็วในบรรจุ 50 ชิ้นต่อนาที (ต่อ)									
52.02	52.15	52.68	52.23	52.16	52.27	52.37	52.86	51.63	52.95
52.86	52.26	53.02	53.11	51.98	53.22	52.66	52.52	52.47	52.29
52.09	52.24	53.01	52.20	52.74	52.92	52.35	52.39	51.97	52.62
52.29	52.43	51.68	51.60	52.49	51.58	52.16	51.74	52.98	52.31
52.28	52.68	52.71	52.83	52.56	52.24	51.94	51.84	52.70	52.67
51.80	52.92	51.90	52.70	52.97	52.35	51.89	52.18	52.04	53.15
52.82	51.94	52.44	51.92	52.64	52.65	52.08	52.61	51.82	52.00
52.72	52.70	51.95	52.63	52.73	52.49	53.15	52.41	52.59	52.45
52.49	52.66	51.73	52.58	52.91	51.85	52.02	51.83	52.03	52.53
52.63	52.53	52.75	52.03	52.99	51.75	51.78	52.44	51.90	52.75
52.43	51.96	52.27	52.88	52.49	52.68	51.66	53.01	52.67	52.70
51.74	52.11	52.04	52.74	52.41	52.89	52.60	52.52	51.72	51.37
52.58	52.71	52.07	52.30	52.00	53.14	52.27	53.27	52.40	52.32
52.41	52.30	52.87	52.26	52.06	51.47	51.23	52.15	51.17	52.85
52.47	52.00	51.77	53.32	52.07	52.54	53.13	52.31	52.09	52.04
ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของความเร็วในบรรจุ 52 ชิ้นต่อนาที									
51.86	51.77	51.71	51.81	51.68	52.25	51.69	53.02	51.79	51.70
52.20	52.60	51.60	52.35	51.87	52.99	51.86	51.83	52.28	51.54
52.42	51.78	51.25	51.96	51.48	51.74	51.88	52.08	52.35	52.43
52.33	52.17	51.77	52.55	51.59	52.52	52.06	52.65	52.09	52.40
52.71	51.41	51.88	51.83	51.52	51.70	52.02	52.51	52.07	51.81
51.42	52.49	51.52	51.90	52.16	52.08	52.31	52.41	52.65	52.56
52.20	52.05	51.49	52.05	51.77	51.59	51.64	52.13	52.25	51.42
51.94	51.79	52.04	52.80	51.33	51.88	52.51	51.64	52.64	52.36
52.27	51.95	52.91	51.95	52.13	52.17	52.32	51.46	51.82	51.50
52.36	52.34	51.90	51.97	52.42	52.10	52.22	52.25	51.68	51.57
51.95	52.16	51.70	52.42	51.27	52.39	52.12	51.94	52.24	52.48
51.35	51.66	51.72	51.82	52.17	51.26	52.41	52.21	51.74	52.05

ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของความเร็วในบรรจุ 52 ชั้นต่อหน้าที่(ต่อ)									
52.32	51.70	51.70	52.79	52.82	51.94	52.14	51.99	52.57	52.16
51.65	51.31	51.96	52.45	51.99	52.43	52.57	52.39	52.64	52.40
51.99	52.57	51.83	52.13	52.04	52.71	52.09	52.65	51.63	52.08
51.86	51.80	51.61	51.96	52.07	51.84	52.14	52.06	52.53	52.62
52.28	51.73	52.15	52.24	52.52	52.93	51.45	52.29	52.47	52.83
52.08	52.02	51.45	52.28	52.13	52.57	51.72	51.64	53.03	52.31
52.93	51.69	51.92	51.51	52.91	52.23	52.00	51.86	51.00	52.28
52.60	52.12	51.92	52.02	52.05	51.23	52.58	51.76	52.22	52.88
51.89	51.93	52.41	52.73	51.70	52.18	52.06	52.93	52.57	52.85
52.56	51.83	52.33	51.90	51.86	51.93	52.00	52.10	52.34	52.84
52.34	52.36	52.02	51.81	52.76	51.66	52.21	52.17	51.56	52.18
51.82	51.70	52.22	51.42	51.64	52.36	52.22	52.84	51.81	52.21
52.53	51.47	51.80	52.06	52.19	51.83	51.74	51.40	51.69	52.53
51.87	52.81	51.89	52.53	52.23	51.65	51.50	52.56	52.99	52.55
52.20	52.06	52.43	53.03	52.55	51.65	51.78	51.36	52.68	51.72
52.87	51.96	52.18	52.22	51.94	52.42	52.22	51.50	52.48	52.24
51.80	52.43	51.54	52.85	52.06	52.54	52.80	52.02	52.69	51.09
51.80	51.97	53.12	52.74	52.69	52.05	51.96	52.12	52.01	52.66
51.65	52.38	51.58	52.31	52.08	52.73	52.42	52.18	52.68	53.19
51.62	51.90	52.05	52.23	52.81	52.22	52.07	51.95	52.32	51.76
51.96	52.07	51.68	51.62	51.85	51.70	51.68	51.83	52.67	52.06
52.12	52.13	51.81	52.07	52.12	52.41	51.44	52.49	51.72	52.05
51.94	52.29	51.64	51.88	52.39	52.94	51.96	51.45	51.38	52.87
52.28	52.28	51.81	51.72	52.87	52.21	51.54	52.93	52.81	52.08
52.05	52.05	51.45	52.00	51.31	52.85	51.33	51.80	51.02	52.82
51.76	52.62	51.88	51.14	51.45	51.26	52.35	51.09	52.08	52.29
51.88	52.84	52.59	51.70	51.98	52.15	52.37	52.38	51.70	51.71
51.77	52.56	52.46	51.87	52.35	52.94	52.66	52.22	51.10	51.67

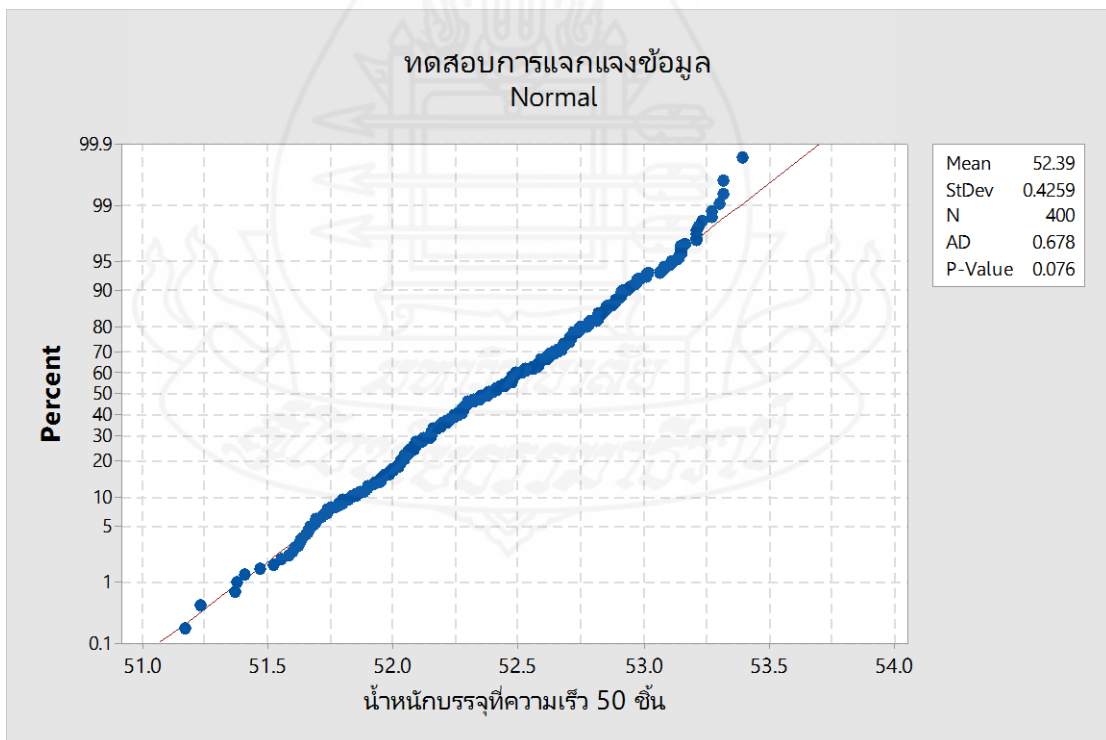
ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของความเร็วในบรรจุ 54 ชั้นต่อนาที									
53.00	53.10	52.55	53.15	52.96	52.61	52.04	52.56	52.60	52.61
52.62	53.62	53.38	53.52	52.68	52.40	52.13	51.55	52.98	52.66
52.03	52.77	52.08	53.22	53.02	52.11	52.42	52.69	53.27	52.94
52.34	52.31	52.13	53.36	53.03	52.31	51.94	52.24	53.32	52.99
52.44	53.03	52.75	53.21	52.71	52.69	52.73	52.74	52.72	52.94
52.55	52.49	52.85	53.47	52.78	52.78	52.45	52.06	52.09	52.94
52.42	53.81	52.29	53.30	52.97	52.98	52.53	52.20	53.03	52.17
52.05	52.21	53.16	53.11	52.55	52.44	52.24	52.78	52.31	53.00
52.41	52.35	52.85	52.56	52.53	53.03	52.83	51.61	52.62	52.35
52.76	52.54	52.83	53.03	52.45	52.39	52.55	52.64	52.54	53.13
53.25	53.31	52.96	52.50	52.38	53.30	52.66	53.72	52.30	53.25
52.84	53.48	52.59	52.75	52.83	52.78	52.13	53.41	52.76	52.29
53.12	53.21	52.49	51.57	52.12	52.00	51.87	51.44	52.90	52.60
52.77	52.34	52.08	52.76	52.61	52.84	52.62	52.29	53.55	52.11
51.29	52.57	53.27	53.00	52.78	52.66	52.65	53.28	52.82	53.28
52.37	52.99	52.92	53.27	53.00	53.59	52.39	52.31	53.36	52.76
53.00	51.98	52.55	52.49	53.47	52.79	51.82	52.36	52.38	52.78
52.35	52.09	53.04	52.74	53.37	52.06	51.63	52.11	52.50	51.88
53.15	52.51	53.22	52.16	52.69	51.96	52.91	51.88	52.49	52.45
52.68	52.25	52.69	52.44	52.12	52.42	53.02	52.13	52.69	52.36
53.42	52.88	53.43	53.18	52.18	52.69	52.69	52.55	52.59	52.06
53.01	53.01	52.85	52.52	53.32	52.61	52.95	53.46	52.43	52.78
51.85	53.28	52.71	52.59	53.20	52.71	52.72	52.48	52.48	52.86
52.76	52.05	52.69	52.96	52.99	52.11	52.13	52.00	53.08	52.33
52.38	52.01	52.28	52.84	52.49	52.30	52.97	53.23	52.97	52.63
51.83	52.28	52.49	52.36	52.88	52.82	53.14	52.58	52.40	52.91
52.84	52.32	52.97	52.87	52.68	52.47	52.97	52.56	53.30	52.97

ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของความเร็วในบรรจุ 54 ชิ้นต่อนาที(ต่อ)									
53.36	53.12	53.00	52.43	52.86	52.87	52.28	52.93	52.77	52.99
52.52	52.06	53.23	51.95	52.31	52.90	53.31	52.91	52.64	52.71
52.20	52.05	52.10	52.22	52.64	53.01	52.69	51.90	52.87	52.64
53.76	52.90	52.84	52.78	51.36	52.88	53.12	52.09	52.51	52.79
53.18	52.67	52.67	52.96	52.22	52.62	52.92	52.90	52.11	52.87
52.09	53.38	52.74	51.97	52.72	52.24	52.27	52.50	53.27	53.26
53.44	51.64	52.76	53.01	52.67	51.67	52.12	52.62	52.57	52.88
53.14	52.92	52.80	52.57	52.35	53.00	53.14	52.66	52.35	51.89
53.14	53.00	53.13	52.56	52.25	52.83	52.42	52.79	51.74	52.67
52.85	53.69	51.85	52.60	52.49	52.82	52.83	53.36	53.19	53.04
52.78	52.64	52.52	52.33	53.01	52.03	52.97	52.14	51.75	52.95
53.58	53.33	51.75	51.49	52.82	53.33	53.37	52.34	52.42	52.46
52.63	52.26	52.84	51.78	52.25	52.53	52.37	52.91	52.87	52.43
ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของความเร็วในบรรจุ 56 ชิ้นต่อนาที									
52.37	53.69	53.81	53.47	52.58	52.4	52.91	52.14	52.95	52.42
52.49	53.34	53.42	53.44	52.87	52.84	52.67	52.56	52.89	53
52.96	53.33	53	53.38	52.62	51.9	52.72	51.64	52.86	53.71
52.31	53.65	52.82	53.3	52.79	52.6	52.91	52.26	53.2	52.98
52.41	53.53	53.56	53.16	52.33	52.61	53.27	53.05	53.28	52.06
52.15	53.16	53.29	53.09	53.18	52.99	52.61	53.37	53.43	52.03
51.94	52.87	53.89	53.32	52.41	53.02	52.91	52.23	53.34	52.25
52	53.77	53.39	53.46	52.8	52.23	52.37	52.38	53.36	53.35
52.32	53.46	53.01	53.01	52.92	54.27	52.79	51.77	53.84	53.7
52.43	53.38	53.37	53.83	53.38	53.08	52.89	53.13	52.94	52.8
53.65	53.43	53.35	53.53	53.31	53.06	52.78	52.69	52.68	52.68
53	53.09	53.03	53.08	53.92	53.31	53.3	53.08	53.05	53.09
53.64	53.39	53.28	54.1	52.83	52.7	53.08	52.73	53.08	52.65
52.94	52.56	53.33	53.78	53.13	53.01	52.95	52.81	51.97	52.18

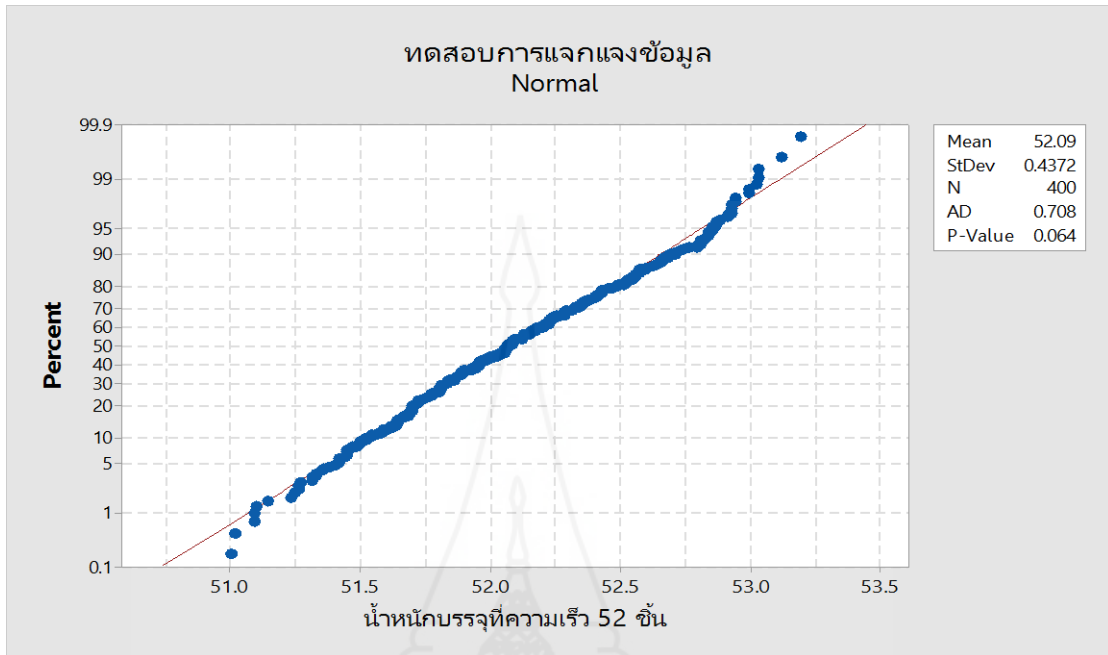
ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของความเร็วในบรรจุ 56 ชิ้นต่อนาที(ต่อ)									
53.19	53.11	52.21	53.28	53.32	53.31	52.78	52.43	53.53	52.33
53.27	52.76	52.35	53.4	52.91	52.89	52.81	52.74	52.88	53.13
53.45	54.08	52.78	52.84	53.06	52.83	52.98	52.57	53.65	52.91
51.95	53.42	52.74	53.04	53.04	52.83	53	52.6	52.61	52.18
52.78	53.18	53	52.92	52.53	52.15	52.95	52.62	51.76	52.92
52.66	52.65	53.89	53.1	53.24	53.74	52.9	52.36	52.86	52.6
53.4	52.85	53.6	53.07	53.02	52.77	53.05	52.54	52.92	52.51
53.08	53.77	53.32	53.46	52.76	53.22	52.46	53.04	52.27	53.02
53.03	52.86	52.69	52.94	52.45	52.14	52.35	53.13	52.7	52.38
52.83	53.22	53.92	53.45	52.24	52.24	51.52	52.73	51.89	53
53.12	52.96	53.55	52.71	52.15	52.71	53.18	52.15	53.59	52.26
52.94	53.22	53.54	52.95	52.8	52.65	52.86	52.58	53.1	52.97
53.54	52.81	53.26	53.18	52.8	52.94	52.64	52.66	53.06	53.2
53.58	53.12	53.69	53.56	52.29	52.82	52.7	52.83	52.99	53.04
52.5	53.58	53.87	53.39	52.29	53.34	51.98	52.64	52.37	53.07
53.04	53.17	53.59	52.85	52.3	53.41	52.93	52.28	52.55	52.16
53.19	52.84	53.37	52.62	52.49	52.26	52.81	52.64	52.68	52.37
53.53	53.53	53.13	52.81	52.64	53.48	53.19	52.3	52.19	53.1
53.7	53.09	53.68	52.85	52.31	52.64	53.18	52.89	52.58	52.76
52.89	53.55	53.03	52.61	52.33	52.98	52.07	53.11	52.8	53.1
53.08	53.83	53.6	52.98	53.71	53.14	51.53	53.36	52.73	52.61
53.56	53.44	52.98	52.3	52.08	52.86	53.15	52.62	52.44	52.16
53.32	53.6	53.07	52.83	53.51	52.88	52.85	52.96	53.04	52.3
52.48	53.01	53.45	52.62	53.28	52.68	52.72	53.19	51.8	52.38
53.68	53.74	53.37	52.54	52.56	52.61	53.22	53.41	52.31	52.74
53.26	53.77	52.63	52.59	52.81	53.21	53.04	53.72	52.72	52.51

ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของความเร็วในบรรจุ 58 ชิ้นต่อนาที									
52.44	51.97	51.18	52.40	52.33	51.91	51.72	54.03	53.33	51.76
51.34	52.11	52.11	52.52	50.96	52.00	53.18	51.28	51.78	50.93
51.32	51.41	52.41	51.33	51.99	51.98	51.72	53.23	51.33	54.29
52.78	51.32	51.74	51.70	52.21	51.44	53.30	52.47	50.93	51.29
52.90	51.97	51.37	51.14	51.20	51.49	52.20	51.77	51.94	51.90
52.21	52.37	52.02	53.09	51.13	51.81	51.27	51.52	52.06	53.97
51.62	51.62	53.55	52.87	51.25	51.83	50.75	51.82	52.24	52.62
52.64	52.89	51.98	52.75	51.58	52.29	51.47	50.57	52.61	52.13
52.76	51.77	52.63	51.40	52.26	51.74	51.41	52.70	51.39	52.08
51.38	53.19	51.96	52.28	52.31	51.78	51.86	51.30	52.48	51.34
51.15	51.60	51.90	51.77	52.37	51.75	51.55	53.38	51.60	52.33
51.88	52.24	52.50	51.78	52.51	51.54	52.05	51.40	51.95	51.91
52.65	52.79	51.22	51.85	51.88	52.15	52.72	50.98	52.78	52.33
51.39	53.33	52.57	51.41	52.62	51.22	51.25	50.69	51.18	51.68
52.40	52.30	52.37	51.69	51.63	52.48	51.89	51.49	52.28	52.00
52.12	52.47	52.01	52.36	51.79	52.64	51.61	51.38	52.12	52.66
51.92	52.44	51.31	52.23	52.60	51.70	52.24	52.65	51.23	52.86
50.98	52.12	52.26	52.07	52.31	50.99	52.81	52.58	52.19	50.92
51.77	52.35	50.65	51.95	51.86	51.60	52.76	52.32	52.02	52.43
50.93	50.19	52.03	51.57	51.51	52.50	53.02	52.88	52.53	51.55
50.83	49.91	52.85	51.26	52.46	51.71	52.40	51.47	52.74	53.21
51.36	52.00	52.04	51.76	52.17	52.83	52.25	52.36	51.61	51.29
52.44	51.32	52.55	52.38	52.35	51.36	52.28	51.66	52.81	51.70
52.96	52.73	52.64	51.21	52.35	52.24	52.33	51.72	53.09	51.91
51.59	51.38	52.48	52.49	52.78	50.84	50.88	52.03	52.73	52.33
51.36	53.30	52.19	51.56	52.17	50.82	53.24	52.18	51.88	52.85
52.23	53.56	51.46	51.95	52.06	53.42	51.11	51.47	51.95	51.95
51.46	51.93	51.98	52.07	52.55	51.78	50.77	52.95	51.98	52.23

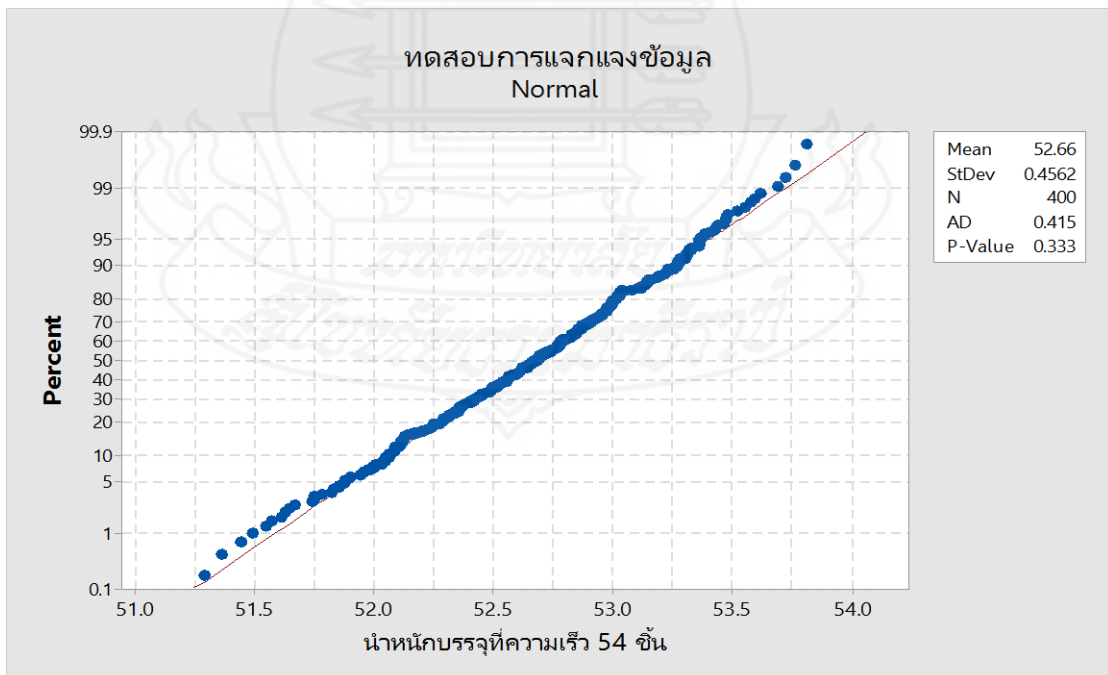
ข้อมูลน้ำหนัก (กรัม) ของความเร็วในบรรจุ 58 ชิ้นต่อนาที (ต่อ)									
51.40	51.63	52.59	51.36	52.75	52.25	51.52	50.95	52.32	51.94
52.62	53.54	51.08	51.73	51.67	52.06	52.11	52.11	53.30	53.32
52.78	52.97	53.54	51.99	52.48	52.13	51.72	50.71	51.36	51.61
53.42	52.09	52.68	52.62	52.54	51.16	52.22	52.33	53.48	52.13
51.71	51.50	52.68	51.39	53.34	51.76	52.27	52.12	51.65	53.13
52.59	51.45	51.78	52.83	52.90	52.37	52.71	51.75	51.39	50.69
51.41	53.15	52.20	52.13	51.08	53.27	52.55	52.51	52.08	53.11
52.96	52.30	52.60	51.89	50.71	52.63	51.24	52.61	53.24	50.88
51.62	52.48	52.02	52.04	50.77	52.49	52.20	53.02	51.23	53.49
51.50	51.37	52.17	51.57	52.94	51.54	53.10	51.67	51.98	52.02
51.39	53.36	52.89	50.99	52.69	52.50	51.58	52.75	51.90	53.43
51.92	52.68	52.40	50.96	52.54	52.24	51.45	52.67	53.10	53.49



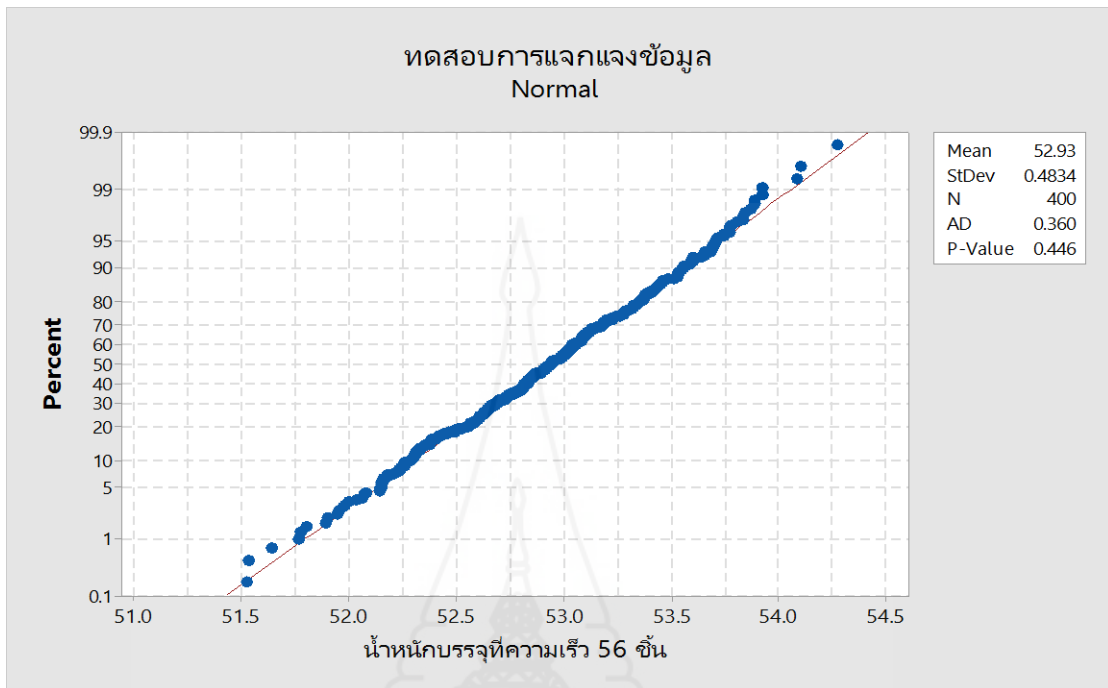
ภาพที่ ง.15 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติทางสถิติของข้อมูลที่ความเร็วบรรจุ 50 ชิ้นต่อนาที



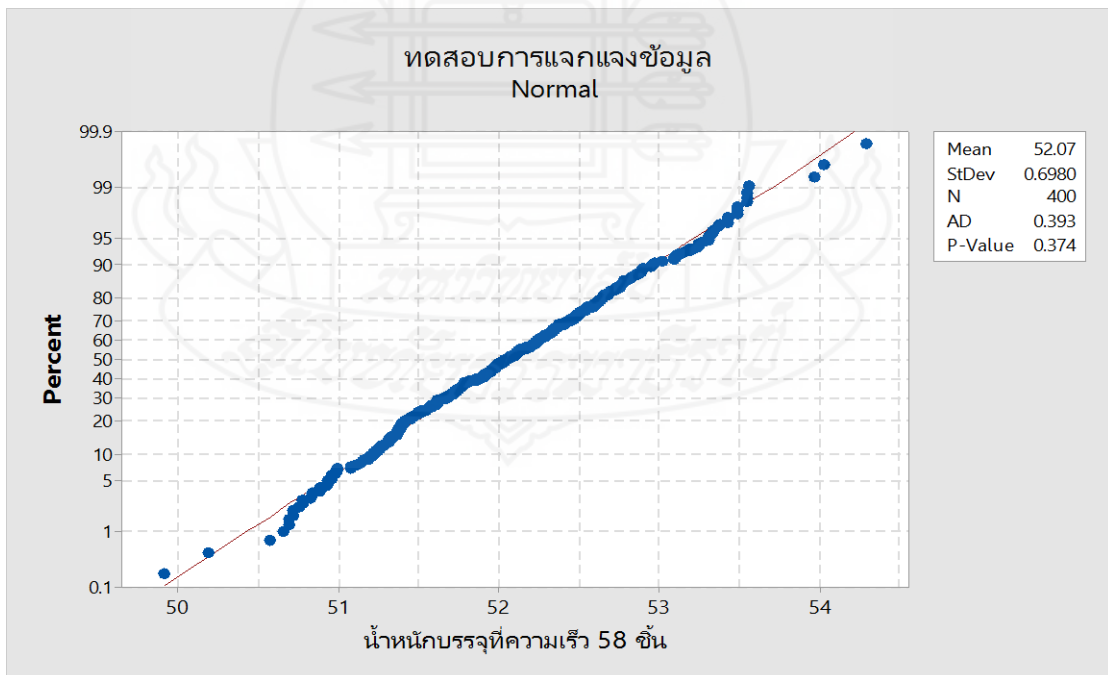
ภาพที่ ง.16 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติทางสถิติของข้อมูลที่ความเร็วบรรทุก 52 ชั้น
ต่อหน้าที่



ภาพที่ ง.17 กราฟแสดงการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ความเร็วบรรทุก 54 ชั้นต่อหน้าที่



ภาพที่ ง.18 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ความเร็วบรรทุก 56 ชั้นต่อนาที



ภาพที่ ง.19 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลที่ความเร็วบรรทุก 58 ชั้นต่อนาที

Test for Equal Variances: Speed 58 pcs/min, Speed 56 ... d 50 min/min

Method

Null hypothesis All variances are equal
 Alternative hypothesis At least one variance is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Bartlett's method is used. This method is accurate for normal data only.

95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations

Sample	N	StDev	CI
Speed 58 pcs/min	400	0.698004	(0.639385, 0.767523)
Speed 56 pcs/min	400	0.483356	(0.442763, 0.531497)
Speed 54 pcs/min	400	0.456194	(0.417882, 0.501629)
Speed 52 pcs/min	400	0.437167	(0.400453, 0.480708)
Speed 50 min/min	400	0.425890	(0.390123, 0.468307)

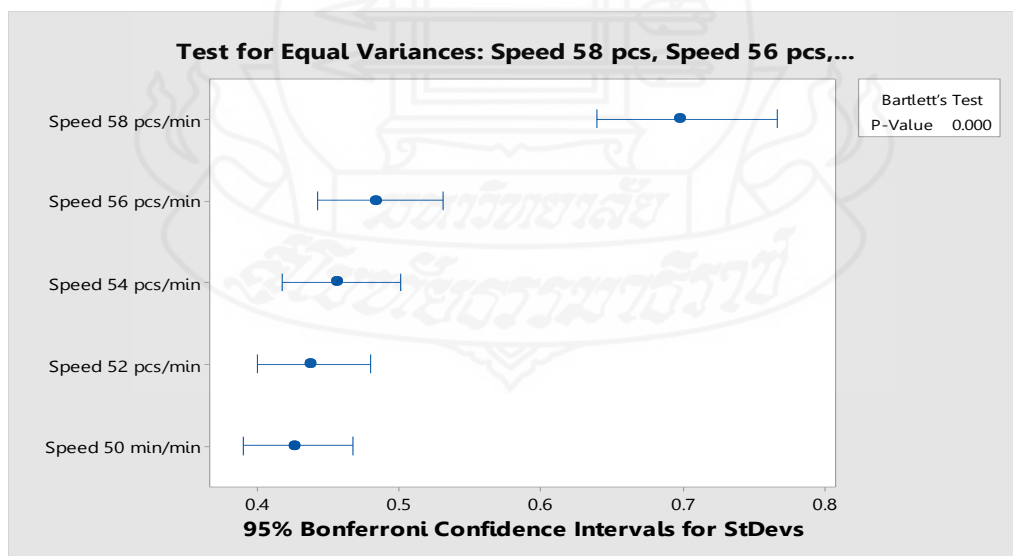
Individual confidence level = 99%

Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Bartlett	149.47	0.000

Test for Equal Variances: Speed 58 pcs, Speed 56 pcs,...

ภาพที่ ง.20 ผลการทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนข้อมูลทางสถิติที่ความเร็วบรรจุ 50, 52, 54, 56, 58 ชิ้นต่อนาที



ภาพที่ ง.21 กราฟผลการทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนข้อมูลความเร็วบรรจุ 58, 56, 54, 52, 50 ชิ้นต่อนาที

One-way ANOVA: Speed 58 pcs/min, Speed 56 pcs/min, ... 0 min/min

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0.05$

Equal variances were not assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	5	Speed 58 pcs/min, Speed 56 pcs/min, Speed 54 pcs/min, Speed 52 pcs/min, Speed 50 min/min

Welch's Test

Source	DF		F-Value	P-Value
	Num	DF Den		
Factor	4	992.565	217.23	0.000

Model Summary

R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
29.65%	29.51%	29.30%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Speed 58 pcs/min	400	52.0692	0.6980	(52.0006, 52.1378)
Speed 56 pcs/min	400	52.9309	0.4834	(52.8834, 52.9784)
Speed 54 pcs/min	400	52.6572	0.4562	(52.6124, 52.7020)
Speed 52 pcs/min	400	52.0939	0.4372	(52.0510, 52.1369)
Speed 50 min/min	400	52.3902	0.4259	(52.3484, 52.4321)

Games-Howell Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Games-Howell Method and 95% Confidence

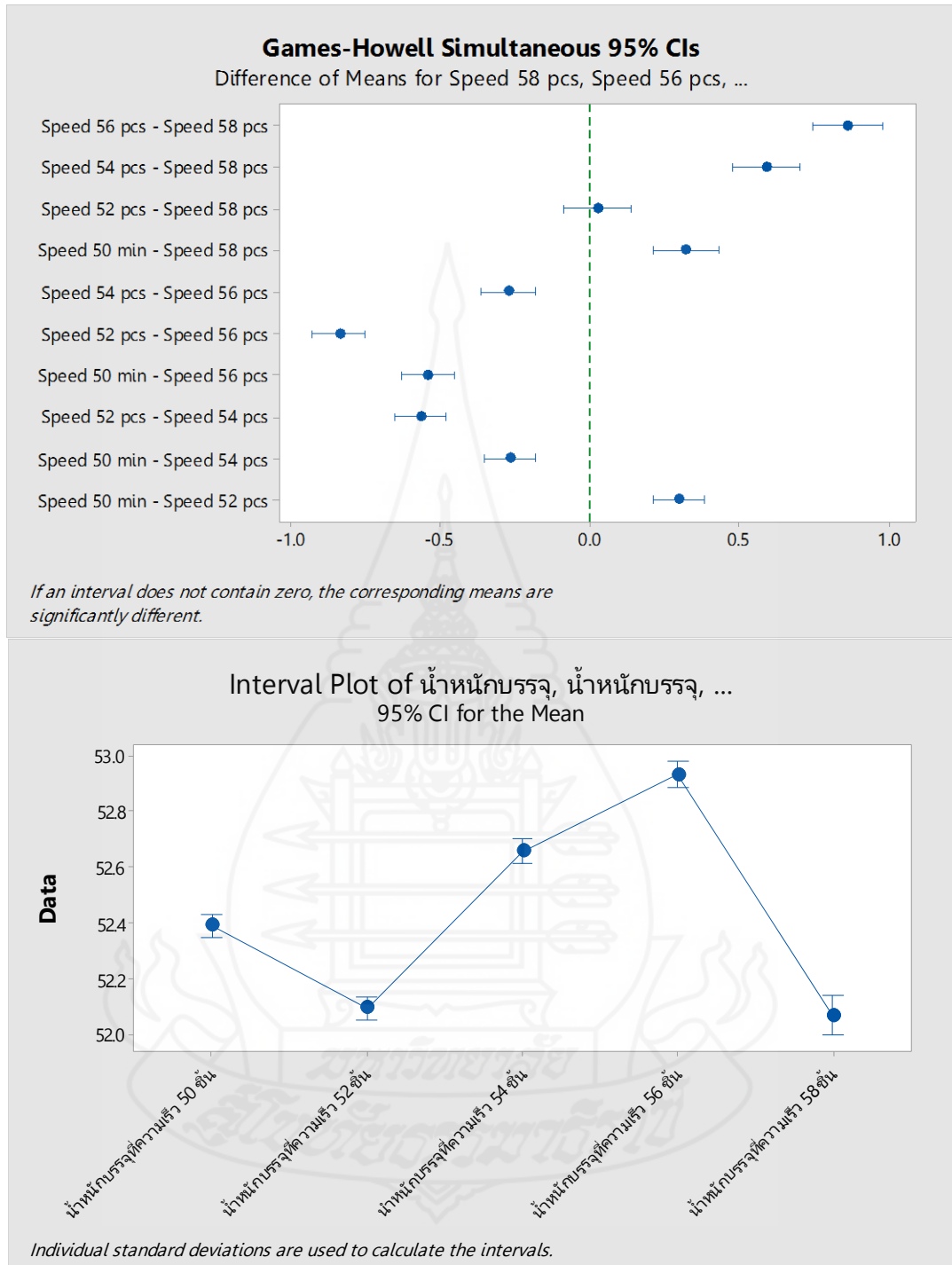
Factor	N	Mean	Grouping
Speed 56 pcs/min	400	52.9309	A
Speed 54 pcs/min	400	52.6572	B
Speed 50 min/min	400	52.3902	C
Speed 52 pcs/min	400	52.0939	D
Speed 58 pcs/min	400	52.0692	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Probability Plot of 1

Interval Plot of Speed 58 pcs, Speed 56 pcs, ...

ภาพที่ ง.22 ผลการทดสอบความเหมือนและแตกต่างทางสถิติของข้อมูลความเร็วบรรจุ 58, 56, 54, 52, 50 ชิ้นต่อนาที



ภาพที่ ง.23 กราฟแสดงผลการทดสอบความเหมือนและแตกต่างของข้อมูลความเร็วบรรจุ 58, 56, 54, 52, 50 ชั้นต่อนาที



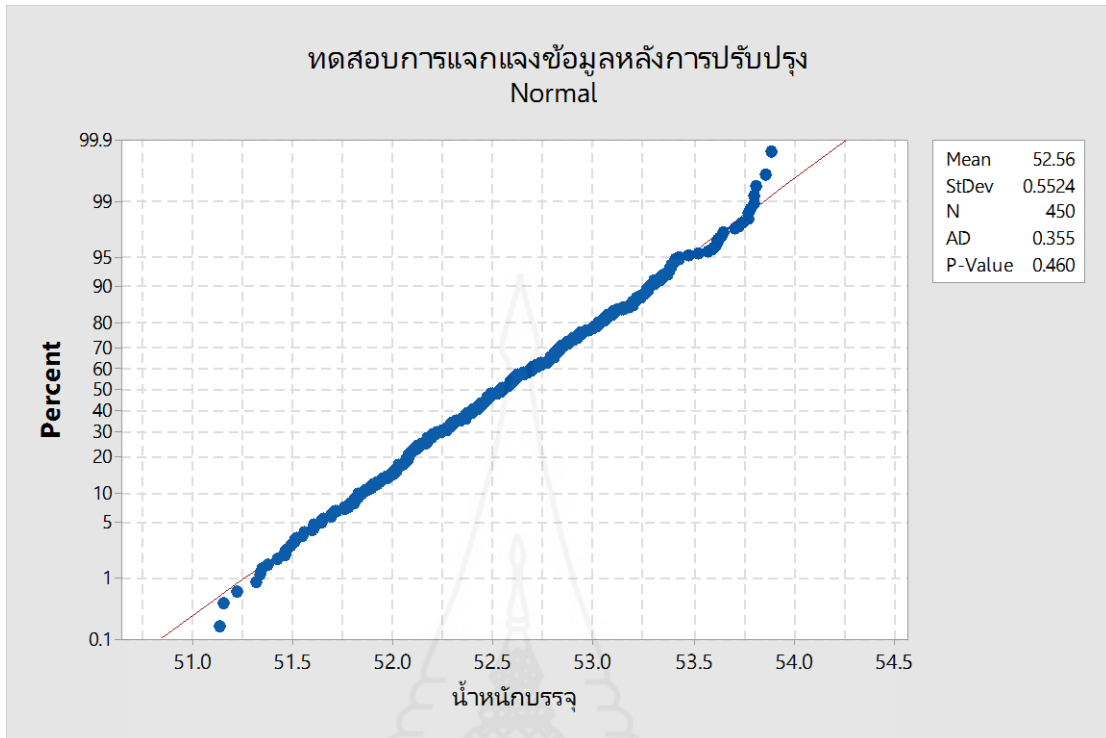
ภาคผนวก จ

ผลข้อมูลน้ำหนักหลังการปรับปรุง

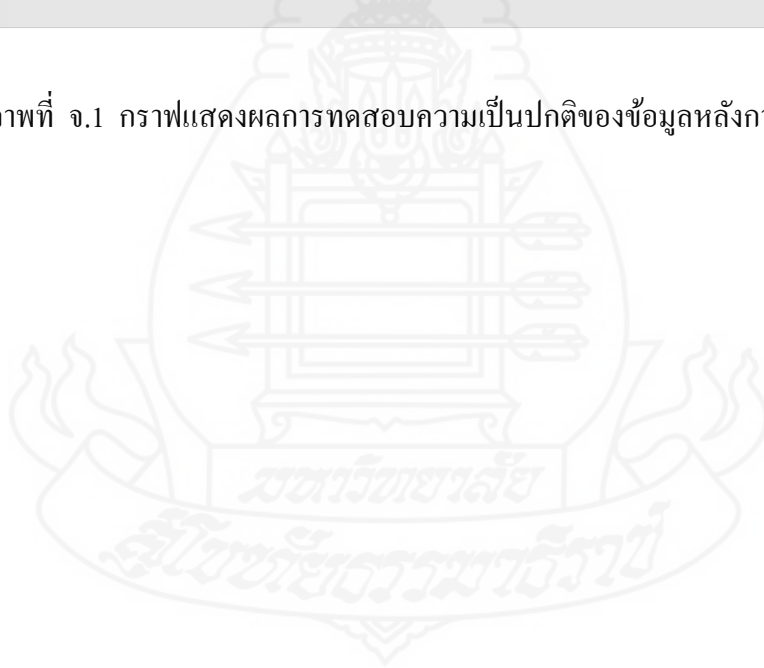
ตารางที่ จ.1 ข้อมูลการชั่งน้ำหนักบรรจุแป้งหลังการปรับปรุง 450 ข้อมูล

ล็อตที่	ชั่วโมง ที่	จำนวนตัวอย่าง									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	51.49	51.6	51.46	52.07	51.51	51.15	52.61	51.42	51.13	52.02
	2	52.12	52.59	52.58	52.28	52.58	52.28	52.17	51.81	51.64	52.43
	3	52.38	52.25	52.87	53.23	52.42	52.09	52.78	52.8	51.69	53.65
	4	52.74	52.8	53.37	52.92	52.8	53.39	52.89	53.09	53.22	53.33
	5	53.15	53.05	53	51.78	52.08	53.22	52.16	52.68	51.69	53.07
	6	52.83	53.38	53.15	53.34	52.99	52.81	53.27	52.79	53.35	51.89
	7	52.43	53.81	52.48	51.97	53.74	52.54	53.8	52.36	52.39	52.08
	8	51.82	53.8	53.06	53	53.18	52.58	52.89	52.31	53.47	52.91
	9	52.9	52.78	52.9	52.82	52.78	52.34	52.55	52.8	52.54	52.98
2	10	51.55	52.03	51.82	53.52	52.74	51.8	51.22	52.11	52.05	51.52
	11	52.77	52.92	51.92	52.26	52.62	52.61	52.06	52.47	52.02	52.92
	12	52.6	52.43	52.36	52.07	52.17	52.17	53.2	51.98	52.36	52.17
	13	52.12	52.59	52.58	52.28	52.58	52.28	52.17	51.81	51.64	52.43
	14	52.77	52.51	52.05	51.78	52.29	52.57	52.83	52.66	52.21	52.7
	15	52.27	52.74	52.41	52.29	52.18	53.2	51.98	52.46	52.64	52.04
	16	52.93	51.76	52.32	52.87	52.53	53.22	52	52.22	53.3	51.92
	17	51.99	52.23	51.76	52.78	52.65	52.52	52.12	52.78	51.87	52.48
	18	52.7	51.9	52.07	52.48	52.44	52.17	52.07	52.06	52.02	52.16
3	19	52.3	52.27	52.19	52.11	53.04	52.01	52.36	52.73	53.05	53.25
	20	52.85	52.32	52.83	53.39	53.02	53.02	53.11	52.84	53.2	52.5
	21	53.08	53.38	53.64	53.77	52.53	52.99	52.62	52.8	53.6	51.32
	22	51.34	51.51	52.34	52.71	53.38	53.41	51.93	53.16	52.36	51.89
	23	53.57	51.8	52.33	53.09	52.81	51.72	53.41	53.77	52.85	53.02
	24	53.01	52.01	52.16	53.12	52.2	52.57	52.44	53.63	52.57	52.49

ล็อตที่	ชั่วโมง ที่	จำนวนตัวอย่าง(ต่อ)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	25	53.2	53.02	51.82	53.07	53.39	52.57	53.29	53.7	53.43	52.28
	26	53.28	53.23	52.14	52.7	53.33	51.71	53.4	52.19	53.28	53.72
	27	51.84	53.89	52.05	52.29	51.65	52.22	53.61	53.86	51.95	53.3
4	28	52.77	53.04	53.03	52.1	53.23	52.66	52.42	52.69	52.47	52.38
	29	52.95	52.57	53.21	52.97	52.37	52.36	52.94	52.89	52.52	52.24
	30	52.49	52.82	52.76	52.15	53.2	52.07	52.93	52.67	52.83	52.78
	31	52.86	52.92	52.27	52.7	51.89	53.59	53.1	53.06	52.99	52.37
	32	52.85	52.8	52.21	52.75	52.62	52.52	52.45	53.21	52.54	51.59
	33	52.54	53.06	51.6	52.39	53.1	51.33	52.77	53.03	53.62	51.94
	34	51.46	52.3	52.46	52.59	52.02	52.4	53.26	52.92	52.09	51.9
	35	51.79	52.86	52.46	52.65	52.61	52.04	52.06	52.68	52.59	52.83
	36	52.4	53.06	53.3	53.62	52.8	52.81	53.1	52.55	52.8	51.97
5	37	51.85	53.26	53.37	53.78	53.43	51.93	51.37	51.86	53.27	52.19
	38	52.53	52.6	52.49	52.72	53.14	52.83	53.27	52.8	52.61	52.69
	39	52.86	52.13	52.94	52.03	52.72	51.6	52.42	52.6	52.09	52.98
	40	51.7	53.34	52.3	52.12	52.95	51.65	52.26	52.12	51.56	52.19
	41	52.06	52.01	52.28	52.54	52.47	52.17	52.39	52	52.88	52.44
	42	52.44	52.98	52.36	52.72	52.6	52.69	52.47	53.23	52.49	52.68
	43	52.37	52.47	52.35	52.46	52.39	52.1	53.25	53.26	52.88	52.27
	44	52.07	52.2	52.08	52.44	52.47	51.94	51.8	52.6	52.42	52.64
	45	51.47	52.49	52.72	51.85	52.06	52.49	52.44	52.07	52.03	52.59
ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 52.56 กรัม											



ภาพที่ จ.1 กราฟแสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลหลังการปรับปรุง





ภาคผนวก ก
ขนาดชุดเก็ยวบรรจุแป้ง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายสุเมธ สิงห์ผู้
วัน เดือน ปีเกิด	26 มิถุนายน 2513
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2536 บริหารธุรกิจบัณฑิต (เอกการตลาด) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ปีการศึกษา 2549
สถานที่ทำงาน	บริษัท ไมลอทท์แลบบอราทอรี่ส์ จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ
ตำแหน่ง	ผู้จัดการส่วนผลิต
ประสบการณ์	หัวหน้าแผนกผลิต บริษัท จีเอฟ ฟู้ดส์ จำกัด

