

การหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซผลิตภัณฑ์  
สเปรย์ระงับกลิ่นกายด้วยเทคนิคทากูชิ

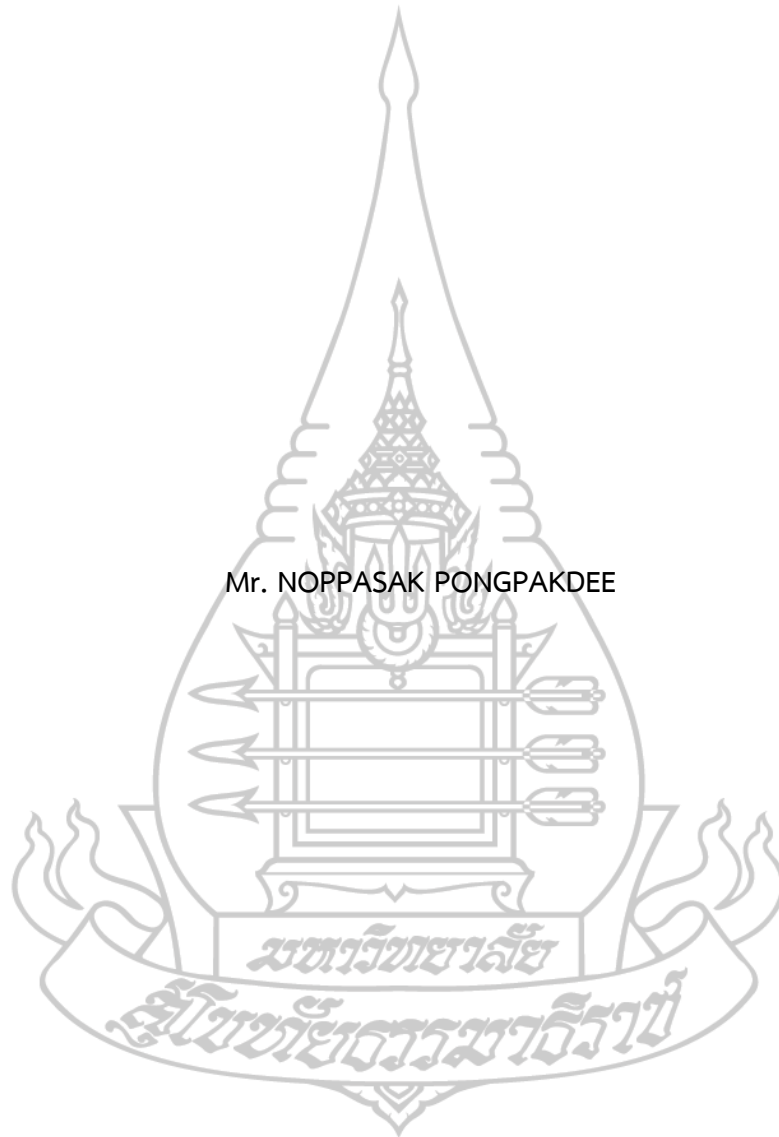


นายนพศักดิ์ ป้องภักดี

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาเทคโนโลยีการจัดการทางวิศวกรรม  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

พ.ศ. 2566

Determination of robust parameters for deodorant spray gas filling  
process using the Taguchi technique



Mr. NOPPASAK PONGPAKDEE

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for  
the Degree of Master of Science in Engineering Management Technology  
School of Science and Technology Sukhothai Thammathirat Open University

2023

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ	การหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ ผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกายด้วยเทคนิคทากูชิ
ชื่อและนามสกุล	นายณพศักดิ์ ป้องภักดี
แขนงวิชา / วิชาเอก	เทคโนโลยีการจัดการทางวิศวกรรม
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีลลิตี เจียรบุตร

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีลลิตี เจียรบุตร)

(รองศาสตราจารย์ประภาศรี พงศ์ธนาพานิช)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูมิ เจือศิริภักดี)

ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ชื่อการศึกษา คำนวณค่าอิสระ การหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซผลิตภัณฑ์  
สเปรย์ระงับกลิ่นกายด้วยเทคนิคทากูชิ

ผู้ศึกษา นายณพศักดิ์ ป้องภักดี รหัสนักศึกษา 2659600247

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการจัดการทางวิศวกรรม)

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร ปีการศึกษา 2566

### บทคัดย่อ

การศึกษาคำนวณค่าอิสระนี้ มีวัตถุประสงค์ หาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับ  
กระบวนการบรรจุก๊าซทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อยู่ในช่วงเป้าหมายเพื่อทนทานต่อการ  
เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมโดยกระบวนการทดลองนี้ใช้เทคนิคทากูชิและ ได้ทำการ  
กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญประกอบด้วย 1.แรงดันบรรจุก๊าซ 2. ความเร็วในการบรรจุก๊าซ  
3. ปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ เป็นตัวแปรควบคุม 3 ปัจจัย 3 ระดับ และ 4.อุณหภูมิ  
สภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยรบกวน 1 ปัจจัย 3 ระดับ

วิธีดำเนินการวิจัยดำเนินการทดลองด้วยเทคนิคทากูชิเพื่อหาค่าที่ทนทาน งานวิจัยนี้  
ได้เลือกรูปแบบการจัดวางลำดับแบบแนวฉาก ทำการออกแบบปัจจัยที่ควบคุมได้ละเอียดภายใน  
และปัจจัยรบกวนละเอียดภายนอก จากนั้นนำทั้งสองอะเรียมารวมกันโดยการไขว้ เมื่อได้  
การออกแบบละเอียดแล้ว จึงทำการทดลองและใช้โปรแกรมมินิแทบ มาช่วยคำนวณ โดยได้เลือก  
ใช้ค่า อัตราส่วนสัญญาณต่อเสียงรบกวน ประเภทผลตอบสนองที่มีค่าตรงตามเป้าหมาย

ผลการวิจัยพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมคือ 1.แรงดันบรรจุก๊าซ 2.0 เมกกะ  
ปาสคาล 2. ความเร็วในการบรรจุก๊าซ 65 กระทบต่อนาที 3. ปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ 128  
มิลลิลิตร ซึ่งผลลัพธ์หลังปรับปรุงช่วงเป้าหมายที่ได้ 70.97–72.54 กรัมต่อกระป๋อง ลดลงจากเดิม  
ร้อยละ 30.22 จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

**คำสำคัญ** การหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทาน กระบวนการบรรจุก๊าซ ผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกาย  
เทคนิคทากูชิ

Independent Study title: Determination of robust parameters for deodorant spray gas filling process using the Taguchi technique

Author: Mr. NOPPASAK PONGPAKDEE; ID: 2659600247;

Degree: Master of Science (Engineering Management Technology)

Independent Study Advisor: Dr. Srisit Chianrabutra, Assistant Professor; Academic year: 2023

### Abstract

This independent exploratory study aims to find durable parameter values for the gas packaging process to maintain deviations from standard deviation. Within a target range for resilience to environmental temperature changes. The experimental process uses Taguchi's technique and identifies crucial parameters including gas packaging pressure, gas packaging speed, and gas cylinder volume as control variables with 3 factors at 3 levels, and environmental temperature as a disruptive variable with 1 factor at 3 levels.

The research methodology conducts experiments using Taguchi's technique to find resilient values. The study adopts a horizontal sequential layout, designs internal control and external disruptive factors, and then combines both factors through orthogonal arrays. Once the orthogonal array design is obtained, experiments are conducted using Minitab software for computation, selecting signal-to-noise ratio values and the desired response types.

Research results indicate suitable parameter values as follows gas packaging pressure of 2.0 megapascals, gas packaging speed of 65 cans per minute, and gas cylinder volume of 128 milliliters. Post-adjustment results yielded a target range of 70.97–72.54 grams per can, reducing by 30.22% from the standard deviation.

**Keywords :** Robust parameter determination, Gas filling process, Deodorant spray products, Taguchi technique

## กิตติกรรมประกาศ

การทำการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและติดตามการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระในครั้งนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมา นับตั้งแต่เริ่มต้นการวางแผนดำเนินงาน การแก้ไขปัญหาต่างๆระหว่างการทำวิจัย จนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่งและขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณคณาจารย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อนักศึกษาและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

นายนพศักดิ์ ป้องภักดี



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ณ
สารบัญภาพ .....	ญ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ในการศึกษา.....	3
สมมติฐานการศึกษา.....	3
กรอบแนวคิดและทฤษฎีการวิจัย.....	4
ประเด็นปัญหาที่ศึกษา.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
นิยามคำศัพท์เฉพาะ.....	8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	10
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สเปร์ยระงับกลิ่นกาย.....	10
กระบวนการบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์สเปร์ยระงับกลิ่นกาย.....	12
กฎของก๊าซและคุณสมบัติของก๊าซ.....	19
การศึกษาปัญหาของกระบวนการบรรจุภัณฑ์.....	28
ทฤษฎีเทคนิคทากูซีและการออกแบบการทดลอง.....	33
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	40
บทที่ 3 การดำเนินงานและวิธีวิจัย.....	43
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	43
การรวบรวมข้อมูล.....	58
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	60

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	61
ตอนที่ 1 ข้อมูลการผลิตสเปร์ยรั้งบักลีนกก่อนการปรับปรุง.....	61
ตอนที่ 2 การทดลองและวิเคราะห์ Gage R&R.....	63
ตอนที่ 3 ผลการทดลองโดย Taguchi Orthogonal Array L9 และการวิเคราะห์ผล.....	69
ตอนที่ 4 ผลจากการนำค่าพารามิเตอร์ไปใช้ปรับปรุงและวิเคราะห์ผล ของกระบวนการบรรจุภัณฑ์.....	76
ตอนที่ 5 การสร้างโมเดลสมการถดถอยของการบรรจุภัณฑ์และผลการ Validation.....	82
บทที่ 5 สรุปการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	87
สรุปการศึกษา.....	87
อภิปรายผล.....	89
ข้อเสนอแนะ.....	93
บรรณานุกรม.....	94
ภาคผนวก.....	96
ก การหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานด้วยโปรแกรม Minitab.....	98
ข การหาค่าโมเดลสมการถดถอยและการคำนวณที่เกี่ยวข้อง.....	105
ค ตารางข้อมูลกระบวนการบรรจุภัณฑ์ก่อนและหลังปรับปรุง.....	110
ประวัติผู้ศึกษา.....	131



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1	ข้อมูลผลกระทบจากกระบวนการบรรจุก๊าซก่อนปรับปรุง.....6
ตารางที่ 1.2	ข้อมูลกระบวนการบรรจุก๊าซก่อนปรับปรุง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2566..... 7
ตารางที่ 2.1	ขั้นตอนกระบวนการบรรจุก๊าซ..... 13
ตารางที่ 2.2	แสดงขั้นตอนการทำงานของพนักงานบรรจุก๊าซ..... 17
ตารางที่ 2.3	ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการบรรจุก๊าซ..... 18
ตารางที่ 2.4	กฎของก๊าซและความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบรรจุก๊าซ..... 24
ตารางที่ 2.5	ข้อมูลผลกระทบจากกระบวนการบรรจุก๊าซ ก่อนการปรับปรุง..... 31
ตารางที่ 2.6	การออกแบบพารามิเตอร์ทนทาน.....33
ตารางที่ 2.7	สูตรการคำนวณ Signal to noise ratio S/N แต่ละประเภทของผลตอบสนอง..... 34
ตารางที่ 2.8	อะเรย์ภายใน..... 35
ตารางที่ 2.9	อะเรย์ภายนอก..... 36
ตารางที่ 2.10	มาตรฐานของเทคนิคทากูชิ..... 36
ตารางที่ 2.11	รูปแบบตารางอะเรย์แบบไขว้..... 37
ตารางที่ 2.12	ตารางการทดลอง Orthogonal Array L9..... 38
ตารางที่ 2.13	การกำหนดค่าการทดลองกระบวนการบรรจุก๊าซ Orthogonal Array L9..... 39
ตารางที่ 3.1	การเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง..... 44
ตารางที่ 3.2	ขั้นตอนการวางแผน..... 46
ตารางที่ 3.3	รายละเอียดปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง..... 47
ตารางที่ 3.3	รายละเอียดปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง..... 47
ตารางที่ 3.4	เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียการใช้เทคนิคทากูชิ..... 48
ตารางที่ 3.5	เปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย Full Factorial Design..... 49
ตารางที่ 3.6	ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการคำนวณแต่ละขั้นตอน..... 50
ตารางที่ 3.7	ผลการเปรียบเทียบ Full Factorial Design กับ Taguchi Orthogonal Array L9..... 51
ตารางที่ 3.8	อะเรย์ภายใน..... 52
ตารางที่ 3.9	อะเรย์ภายนอก..... 53

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.10 ตารางการทดลองกระบวนการบรรจุภัณฑ์ Orthogonal Array L9.....	53
ตารางที่ 3.11 แสดงการทดลองตารางบันทึกข้อมูลมวลของก๊าชแต่ละหัวบรรจุ (เพื่อนำค่าเฉลี่ยไปลงข้อมูลในตารางการทดลอง Orthogonal Array L9).....	54
ตารางที่ 3.12 ตารางการทดลองกระบวนการหลังบรรจุภัณฑ์ Orthogonal Array L9.....	55
ตารางที่ 3.13 วิธีการเก็บข้อมูลสำหรับการทดลองกระบวนการบรรจุภัณฑ์.....	55
ตารางที่ 3.14 รายละเอียดของเครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับการบรรจุภัณฑ์.....	56
ตารางที่ 3.15 สูตรการคำนวณแต่ละประเภทของผลตอบสนอง.....	58
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลกระบวนการบรรจุภัณฑ์ เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2566 ก่อนปรับปรุง.....	62
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ Gage R&R.....	64
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเทคนิคทากูชิ.....	69
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลอง Taguchi Orthogonal Array L9.....	70
ตารางที่ 4.5 ผลวิเคราะห์ความสอดคล้องค่าพารามิเตอร์กับมวลบรรจุภัณฑ์.....	72
ตารางที่ 4.6 ผลหลังการปรับปรุงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2566.....	77
ตารางที่ 4.7 ข้อมูลเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง.....	78
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าความสามารถของกระบวนการ.....	79
ตารางที่ 4.9 ค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานแต่ละช่วงอุณหภูมิ.....	84
ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบค่ามวลบรรจุภัณฑ์.....	85
ตารางที่ 4.11 ระยะเวลาการคืนสภาพก่อนและหลังปรับปรุง.....	86
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าความสามารถของกระบวนการ.....	87

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 ผังกระบวนการกรอบแนวคิดของปัญหาที่ศึกษา.....	4
ภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิดและทฤษฎีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกระบวนการบรรจุก๊าซ.....	5
ภาพที่ 2.1 นำเสนอรูปภาพบรรจุภัณฑ์ภายในสเปรย์ดับกลิ่นกาย.....	11
ภาพที่ 2.2 นำเสนอรูปภาพบรรจุภัณฑ์ภายนอกสเปรย์ดับกลิ่นกาย.....	11
ภาพที่ 2.3 รายละเอียดกระบวนการบรรจุก๊าซของโรงงานกรณีศึกษา.....	13
ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนกระบวนการบรรจุก๊าซ.....	14
ภาพที่ 2.5 รถส่งก๊าซบิวเทน.....	15
ภาพที่ 2.6 ถังเก็บก๊าซ.....	15
ภาพที่ 2.7 Motor และ Pump.....	15
ภาพที่ 2.8 เครื่องบรรจุก๊าซ.....	16
ภาพที่ 2.9 สายพานลำเลียงผลิตภัณฑ์.....	16
ภาพที่ 2.10 เครื่องบรรจุก๊าซ.....	16
ภาพที่ 2.11 เครื่องชั่งมวลก๊าซ.....	17
ภาพที่ 2.12 Boyle's law.....	21
ภาพที่ 2.13 Charles's Law อธิบายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ.....	22
ภาพที่ 2.14 Gay Lussac's law.....	23
ภาพที่ 2.15 Avogadro's law.....	24
ภาพที่ 2.16 Ideal Gas State.....	25
ภาพที่ 2.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นและน้ำหนัก ของก๊าซบิวเทน.....	28
ภาพที่ 2.18 ขั้นตอนการศึกษาปัญหากระบวนการบรรจุก๊าซ.....	30
ภาพที่ 2.19 ระยะขั้นตอนการดำเนินงาน.....	32
ภาพที่ 2.20 ผังแนวทางการแก้ไขปัญหา.....	32
ภาพที่ 3.1 เครื่องมือสำหรับงานวิจัย.....	45
ภาพที่ 3.2 Phases in Design of Experiment (DOE) Taguchi.....	46
ภาพที่ 3.3 แผนภูมิเรดาร์เปรียบเทียบความแตกต่างร้อยละของรูปแบบการทดลอง.....	51
ภาพที่ 3.4 เครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ.....	57

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.5 กระบวนการผลิตที่ทำการเก็บข้อมูล.....	60
ภาพที่ 4.1 แผนภูมิการวิเคราะห์เครื่องมือวัดผลิตภัณฑ์.....	66
ภาพที่ 4.2 Gage R&R (ANOVA) Report for Measurement.....	67
ภาพที่ 4.3 Gage R&R Study – ANOVA Method.....	68
ภาพที่ 4.4 Gage R&R Variance Components and Gage Evaluation.....	68
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงส่วนตกค้างค่ามวลบรรจุภัณฑ์ทุกไซน.....	72
ภาพที่ 4.6 ค่าอิทธิพลด้าน S/N ของแต่ละปัจจัย.....	72
ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงค่าอิทธิพลด้าน S/N ของแต่ละปัจจัย.....	73
ภาพที่ 4.8 ผลตอบสนองสำหรับค่าเฉลี่ย.....	73
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงค่าอิทธิพลด้านค่าเฉลี่ย.....	73
ภาพที่ 4.10 ผลตอบสนองสำหรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	74
ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงค่าอิทธิพลด้านค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	74
ภาพที่ 4.12 กราฟปฏิสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยไซนที่ 1.....	75
ภาพที่ 4.13 กราฟปฏิสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยไซนที่ 2.....	75
ภาพที่ 4.14 กราฟปฏิสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยไซนที่ 3.....	76
ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงร้อยละหลังปรับปรุง.....	79
ภาพที่ 4.16 ค่าความสามารถกระบวนการก่อนปรับปรุง.....	80
ภาพที่ 4.17 ค่าความสามารถกระบวนการหลังปรับปรุง.....	80
ภาพที่ 4.18 ผลการทดสอบสมมติฐานก่อนปรับปรุง.....	81
ภาพที่ 4.19 ผลการทดสอบสมมติฐานหลังปรับปรุง.....	81
ภาพที่ 4.20 โมเดลสมการถดถอยไซนที่ 1.....	82
ภาพที่ 4.21 โมเดลสมการถดถอยไซนที่ 2.....	83
ภาพที่ 4.22 โมเดลสมการถดถอยไซนที่ 3.....	83
ภาพที่ 5.1 กราฟแสดงร้อยละหลังปรับปรุง.....	88
ภาพที่ 5.2 ค่าความสามารถกระบวนการหลังปรับปรุง.....	88
ภาพที่ 5.3 ค่ามวลบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิก่อนปรับปรุง.....	89
ภาพที่ 5.4 ค่ามวลบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิหลังปรับปรุง.....	90

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 5.5 ค่ามวลก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง.....	90
ภาพที่ 5.6 ค่ามวลก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง.....	91
ภาพที่ 5.7 กราฟเปรียบเทียบมวลกับอุณหภูมิก่อนและหลังปรับปรุง.....	92
ภาพที่ 5.8 เปรียบเทียบมูลค่าความเสียหายที่ลดลง.....	93



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมเครื่องสำอางไทยโดยในปี พ.ศ.2565 กลับมาขยายตัวอีกครั้ง หลังหดตัวต่อเนื่องมาตั้งแต่เกิดโควิด-19 โดยเฉพาะตลาดหลักอย่างอาเซียน ออสเตรเลีย เกาหลีใต้ และจีน ซึ่งมีสัดส่วนตลาดรวมกันมากกว่า 50 % ขยายตัวค่อนข้างดี สะท้อนว่า เครื่องสำอางของไทยเป็นที่ต้องการในตลาดต่างประเทศ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์,2565) ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนมีอุณหภูมิโดยทั่วไปค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเข้าสู่หน้าร้อน มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นลำดับเมื่อต้องอยู่ในสภาวะที่มีอากาศร้อน ร่างกายมีการขับเหงื่อเพิ่มมากขึ้นเพื่อเป็นการช่วยลดอุณหภูมิของร่างกายแต่สิ่งที่ส่งผลตามมาคือ กลิ่นตัวโดยปกติแล้วทุกคนจะมีกลิ่นเฉพาะกายเรียกว่ากลิ่นกายซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล ปัจจุบันความต้องการผลิตภัณฑ์บำรุงสำหรับผิวกายและผิวหน้าในเมืองไทยมีแนวโน้มการเติบโตที่ดีอย่างต่อเนื่องตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งรวมถึงผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นกาย เพราะในแต่ละวันร่างกายของผู้บริโภคต่างต้องเผชิญกับมลภาวะ ทางอากาศที่เป็นพิษ อากาศที่ร้อนขึ้นจึงมีผลทำให้เกิดกลิ่นตัวได้ง่าย ประกอบกับผู้บริโภคหันมาใส่ใจดูแลบุคลิกภาพมากขึ้น ความเป็นไปได้ว่า ผู้บริโภคจะหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นกายเพิ่มมากขึ้นโดย เมื่ออุตสาหกรรมผลิตสเปรย์ระงับกลิ่นกายมีการเติบโตอย่างรวดเร็วและมีการแข่งขันที่สูงขึ้นในธุรกิจเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ขยายตัวตามขนาดของกลุ่มธุรกิจ ทำให้ผู้ประกอบการในโรงงานกรณีศึกษาต้องปรับตัวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดย กระบวนการบรรจุก๊าซเป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตเพราะจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และรวมถึงต้นทุนในการผลิต เพราะถ้ามวลของก๊าซที่บรรจุไม่ได้ตามค่ามาตรฐานที่กำหนด จะทำให้สินค้าไม่ได้คุณภาพ ทำให้เสียต้นทุน เกิดของเสีย ในกระบวนการผลิตและเสียเวลาในกระบวนการปรับตั้งค่าเครื่องจักร ทำให้กระบวนการการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ

สำหรับที่มาของปัญหาที่นำไปสู่งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในโรงงานผลิตสเปรย์ระงับกลิ่นกายแห่งหนึ่งเริ่มต้นจากกระบวนการบรรจุก๊าซ จากถังผสมก๊าซมายังห้องบรรจุก๊าซ โดยพนักงานจะทำการเปิดมอเตอร์และปั๊มเพิ่มแรงดันบรรจุก๊าซ (Filling Pressure) หน่วยที่ใช้เมกะพาสคาล ตัวแปรควบคุมที่ 1 เพื่อจ่ายก๊าซเข้าไปในท่อก๊าซจากนั้นก๊าซจะถูกจ่ายเข้ายังห้องบรรจุก๊าซ โดยพนักงานในห้องบรรจุก๊าซปรับความเร็วในการบรรจุก๊าซ (Gas Filling Speed) หน่วยที่ใช้กระป๋องต่อนาที

ตัวแปรควบคุมที่ 2 จากนั้นทำการปรับปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ (Volume of Gas Cylinder) หน่วยที่ใช้มีลิตร ตัวแปรควบคุมที่ 3 โดยปัญหาสำคัญที่พบคือเมื่อพนักงานเริ่มทำงานในเวลา 8.00 น. พนักงานบรรจุก๊าซจะทำการปรับตั้งค่ามวลก่อนการบรรจุก๊าซ ปรับค่าตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปรทุกครั้งก่อนเริ่มงานโดยนำกระป๋องสเปรย์มาทำการทดสอบบรรจุก๊าซเพื่อให้ได้ค่าตามที่ต้องการ เมื่อได้ค่าที่ต้องการแล้ว พนักงานเริ่มเปิดสายพานลำเลียงกระป๋องเข้าสู่กระบวนการบรรจุก๊าซ โดยปัญหาเริ่มพบเมื่อเวลาผ่านไปค่ามวลที่บรรจุก๊าซ เริ่มลดลงหรือเพิ่มมากขึ้น โดยไม่ได้ค่าตามที่กำหนด หรือเมื่ออุณหภูมิของวันนั้นเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง และพนักงานต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการปรับตั้งค่าเครื่องจักรใหม่อีกรอบ

หลักการสำคัญที่นำมาใช้ในเรื่องของการควบคุมค่ามวลของกระบวนการบรรจุก๊าซ และการหาค่าความเหมาะสมของปัจจัยที่ควบคุม คือพยายามกำหนดค่าของปัจจัยที่ควบคุมได้ ปัจจัยนี้เรียกว่า พารามิเตอร์ (Parameter) เพื่อให้ทนทาน (Robust) ต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้หรือปัจจัยรบกวน คือ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่ทำให้ความหนาแน่นของก๊าซเกิดการเปลี่ยนแปลง จึงนำไปสู่วิธีการออกแบบ พารามิเตอร์ทนทาน (Robust Parameter Design) โดยใช้เทคนิคทาคุชิ (Genichi Taguchi, 1980) และใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากนั้นดำเนินการทดลองด้วยเทคนิคทาคุชิเพื่อหาค่าที่ทนทาน ของแต่ละระดับของปัจจัย การทดลองนี้จะมี 3 ปัจจัยควบคุมแบ่งเป็น 3 ระดับ และปัจจัยรบกวน มี 1 ปัจจัยแบ่งเป็น 3 ระดับ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกรูปแบบการทดลองแบบ Orthogonal Array L9 เนื่องจากมี 4 ปัจจัย 3 ระดับ โดยทำการจัดวางลำดับแบบแนวฉาก (Orthogonal Array, OA) ทำการออกแบบปัจจัยที่ควบคุมได้ ๒ ระดับภายใน (Inner Array) และปัจจัยรบกวน ๒ ระดับภายนอก (Outer Array) จากนั้นนำทั้งสองอะเรย์มารวมกันโดยการไขว้เรียกว่า การออกแบบอะเรย์ไขว้ (Crossed Array Design) เมื่อได้การออกแบบอะเรย์ไขว้แล้ว จึงทำการทดลองและใช้โปรแกรม Minitab มาช่วยคำนวณเพื่อหาคำตอบ และหาผลตอบสนองของความผันแปรซึ่งหาได้จากตัววัดทาคุชิ ซึ่งทำให้ความผันแปรโดยรวมของกระบวนการบรรจุก๊าซลดลง โดยงานวิจัยนี้ กำหนดให้การคำนวณเป็นค่า อัตราส่วนต่อเสียงสัญญาณรบกวน (Signal to Noise ratio S/N) โดยได้เลือกใช้ค่า S/N ประเภทผลตอบสนองที่มีค่าตรงตามเป้าหมาย เข้าใกล้ค่ากลาง (Nominal the best) สูตรที่ใช้คำนวณคือ  $S/N = -10 \log (\sum_j y_j / n)^2 / S^2$  หาค่า S/N ที่มีค่าสูงสุดของแต่ละปัจจัย เพื่อให้ทนทานต่ออุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่ควบคุมไม่ได้ ดังเช่นงานวิจัย การศึกษาประสิทธิภาพทิศทางการกีดกันที่มีผลต่อความหยาบผิวโดยเทคนิคทาคุชิ เพื่อหาค่าทิศทางการกีดกันที่มีประสิทธิภาพต่อค่าความหยาบผิวของชิ้นงานให้น้อยที่สุดหรืองานวิจัยที่หาค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการโดยการนำเทคนิคทาคุชิเข้ามาช่วยวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab เป็นโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ ทำให้ค่าอยู่ในช่วงเป้าหมาย แม้ว่ามีปัจจัยภายนอกมารบกวน และสามารถทนทานต่ออุณหภูมิ สภาพแวดล้อม ที่ไม่สามารถควบคุมได้ มาช่วยในการพยากรณ์การปรับตั้งค่าเครื่องจักร นอกจากนี้ งานวิจัยยังได้ ส่งผลต่อการลดของเสียในกระบวนการผลิตและช่วยลดเวลาในการปรับตั้งค่าเครื่องจักร ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

งานวิจัยนี้มีสมมติฐานว่า อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีผลต่อความหนาแน่นและมวลของก๊าซที่บรรจุลงผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาทฤษฎีของก๊าซ และได้้นำเทคนิคทากูชิ การออกแบบพารามิเตอร์ ทนทาน เข้ามาปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพจากสภาวะปัจจุบัน โดยรวมทำให้ มวลบรรจุก๊าซอยู่ในค่าที่กำหนด ระยะเวลาปรับตั้งค่าลดลง และจำนวนของเสียลดลง

## 2. วัตถุประสงค์ในการศึกษา

หาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซเพื่อทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) อยู่ในช่วงเป้าหมายและทนทาน (Robust) ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

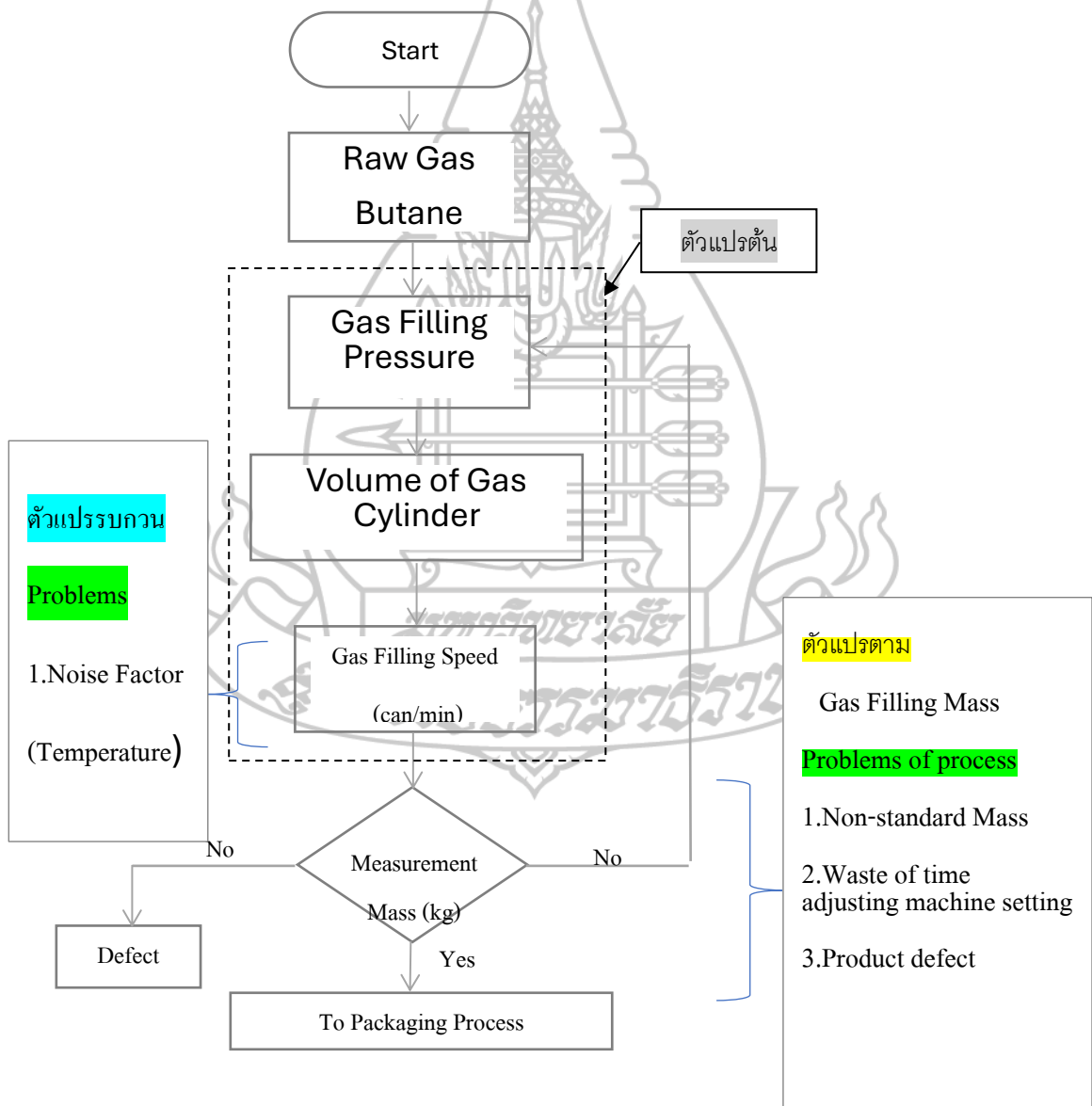
## 3. สมมติฐานการศึกษา

งานวิจัยนี้มีสมมติฐานว่า อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม มีผลต่อมวลของก๊าซที่บรรจุลงผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาทฤษฎีของชาร์ล (Charles's Law) กล่าวว่า ปริมาตรของก๊าซที่ความดันคงตัวจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาตรเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความหนาแน่นลดลงส่งผลให้ค่ามวลของก๊าซลดลงด้วย และเมื่ออุณหภูมิลดลงปริมาตรลดลงทำให้ความหนาแน่นของก๊าซเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มวลเพิ่มขึ้น จากนั้นได้นำเทคนิคทากูชิ การออกแบบพารามิเตอร์ทนทาน เข้ามาปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพจากสภาวะปัจจุบัน โดยรวมทำให้ มวลบรรจุก๊าซอยู่ในค่าที่กำหนด ระยะเวลาปรับตั้งค่าลดลง และจำนวนของเสียลดลง



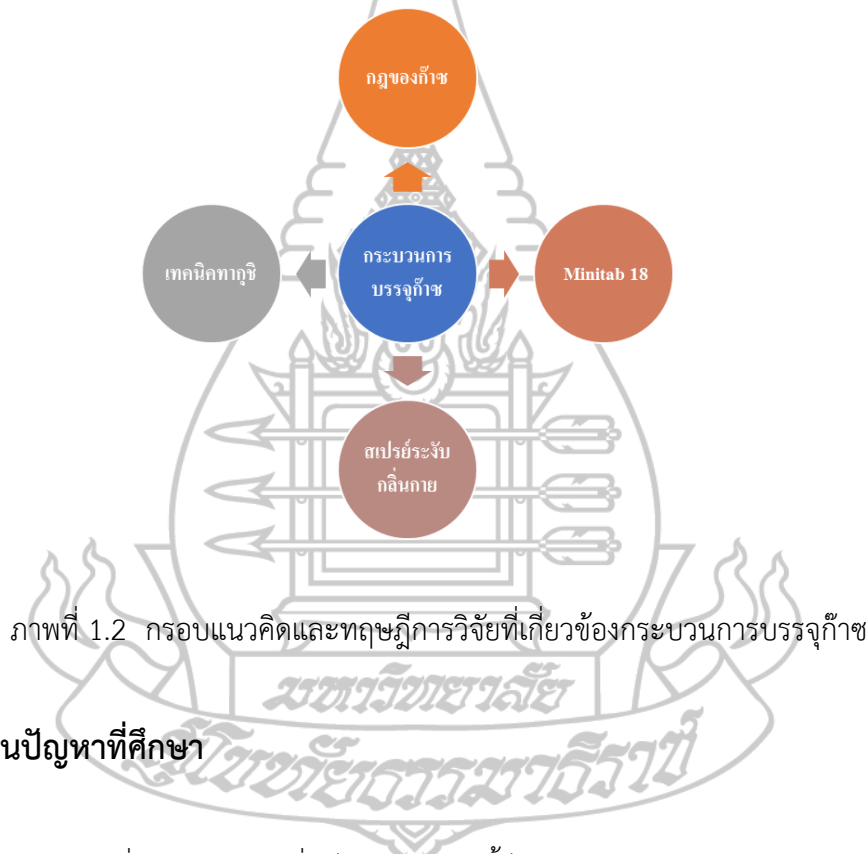
#### 4. กรอบแนวคิดและทฤษฎีการวิจัย

สำหรับกรอบแนวคิดการวิจัย ได้นำเสนอผังแสดงปัญหาที่ทำการศึกษารายละเอียด ตัวแปรประกอบด้วย ตัวแปรต้น ตัวแปรรบกวน และตัวแปรตาม โดยจากผังกระบวนการทำให้ทราบถึงปัญหาของกระบวนการ เมื่อมีปัจจัยรบกวน คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสิ่งแวดล้อม เข้ามากระทบกับกระบวนการบรรจุก๊าซ ทำให้คำนวณไม่ได้ค่ามาตรฐานที่กำหนด ส่งผลให้พนักงานต้องกลับไป ปรับตั้งค่าน้ำหนักซ้ำอีกรอบ ทำให้สูญเสียเวลา ในการปรับและมิของเสีย (Defect) เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิตจากกระบวนการบรรจุก๊าซ ดังแสดงในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ผังกระบวนการกรอบแนวคิดของปัญหาที่ศึกษา

ในส่วนของทฤษฎีการวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้ศึกษาหัวข้อ ดังต่อไปนี้ 1. ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สเปียร์ระงับกลิ่นกาย 2. กฎของชาร์ล (Charles's Law) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของกระบวนการบรรจุก๊าซ อิทธิพลของอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการบรรจุก๊าซ 3. หลักการของเทคนิคทากูชิเพื่อใช้ในการออกแบบตารางการทดลอง และ 4. ศึกษาการใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปร เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซจากค่า S/N ที่มีค่าสูงสุดจากผลการวิเคราะห์ และนำค่าที่ได้ไปใช้ปรับปรุงในกระบวนการบรรจุก๊าซ ดังแสดงในภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิดและทฤษฎีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกระบวนการบรรจุก๊าซ

## 5. ประเด็นปัญหาที่ศึกษา

สำหรับที่มาของปัญหาที่นำไปสู่งานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาในโรงงานผลิตสเปียร์ระงับกลิ่นกายแห่งหนึ่ง ขั้นตอนแรกเริ่มต้นจาก การศึกษากระบวนการบรรจุก๊าซ เริ่มต้นจากถังผสมก๊าซถูกจ่ายมายังห้องบรรจุก๊าซ โดยเริ่มต้นพนักงานจะทำการเปิดมอเตอร์และปั๊มเพื่อจ่ายก๊าซเข้าไปในท่อจ่ายก๊าซ มีตัวแปรควบคุมที่ 1. แรงดันบรรจุก๊าซ Gas Filling Pressure (MPa) จากนั้นก๊าซจะถูกจ่ายเข้าไปยังห้องบรรจุก๊าซ โดยพนักงานในห้องบรรจุก๊าซปรับค่า ตัวแปรควบคุมที่ 2. ความเร็วในการบรรจุก๊าซ Speed Gas Filling (can/min) จากนั้นทำการปรับปริมาตรของกระบอกบรรจุก๊าซ ตัวแปรควบคุมที่ 3. กระบอกบรรจุก๊าซ Volume of Gas Cylinder (mL) โดยปัญหาสำคัญที่พบคือเมื่อพนักงานเริ่มทำงานในเวลา 8.00 น. พนักงานจะทำการปรับตั้งค่ามวลก๊าซก่อนการบรรจุ

โดยปรับค่าตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปร ทุกครั้งก่อนเริ่มงานโดยจะนำกระป๋องสเปรย์มาทำการทดสอบบรรจุ ก๊าซเพื่อวัดค่า เพื่อให้ได้ค่าตามมาตรฐานตามที่ต้องการ เมื่อได้ค่าน้ำตามที่ต้องการแล้ว พนักงานจะเริ่มเปิดสายพานลำเลียงกระป๋องเข้าสู่กระบวนการบรรจุก๊าซ โดยปัญหาจะเริ่มพบเมื่อผ่านไปมวลของ ก๊าซที่บรรจุจะเริ่มลดลงหรือเพิ่มมากขึ้น โดยไม่ได้ค่ามาตรฐานตามที่กำหนด หรือเมื่ออุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม ที่เป็นปัจจัยรบกวน ของวันนั้นเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำให้ค่าไม่ได้ค่ามาตรฐาน เกิดของเสียภายในกระบวนการผลิตจึงทำให้พนักงานจะต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการปรับตั้งค่า เครื่องจักรใหม่อีกรอบ

จากนั้นทำการศึกษาข้อมูลประเด็นของปัญหา ผลเสียหายที่เกิดขึ้นจากการบรรจุก๊าซ เมื่อค่าไม่ได้มาตรฐาน ดังตารางที่ 1.1 และ 1.2 ก่อนปรับปรุง โดยข้อมูลที่ได้จะนำไปปรับปรุง โดยการ นำเทคนิคทากูชิเข้ามาออกแบบการทดลอง จากนั้นหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับกระบวนการ บรรจุก๊าซ

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลผลกระทบจากกระบวนการบรรจุก๊าซก่อนปรับปรุง

เดือน	ยอดการผลิต (กระป๋อง)	เวลาหยุด เครื่องจักร (นาท)	จำนวนของเสีย (กระป๋อง)	มูลค่าของเสีย (บาท)
มกราคม	440,000	684	1,890	94,500
กุมภาพันธ์	350,000	380	1,530	76,500
มีนาคม	400,000	422	1,894	94,700
เมษายน	380,000	586	1,856	92,800
พฤษภาคม	350,000	369	1,653	82,650
มิถุนายน	420,000	495	1,564	78,200
กรกฎาคม	380,000	442	1,465	73,250
สิงหาคม	412,000	420	1,695	84,750
กันยายน	422,000	430	1,715	85,750
ตุลาคม	422,000	410	1,409	70,450
รวม	3,976,000	4,638	16,671	833,550

ตารางที่ 1.2 ข้อมูลกระบวนการบรรจุก๊าซก่อนปรับปรุง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2566

วันที่ผลิต	ยอดการผลิต (กระป๋อง)	จำนวนหยุด ไลน์ (ครั้ง)	เวลาหยุด (นาที)	ของเสีย (กระป๋อง)	ค่ามวลก๊าซเฉลี่ย 72.00 ± 1.0g/can
3/10/23	33,200	2	22	93	71.49
4/10/23	32,150	3	34	151	71.91
5/10/23	32,000	3	32	133	71.70
6/10/23	32,500	3	34	115	72.06
7/10/23	32,480	2	23	74	71.76
10/10/23	31,880	4	42	123	71.76
11/10/23	32,150	1	10	18	71.51
12/10/23	33,150	4	44	125	71.69
13/10/23	33,150	2	22	53	71.51
16/10/23	32,300	3	40	123	71.93
17/10/23	32,400	4	42	155	71.79
18/10/23	32,500	3	33	113	72.06
19/10/23	32,140	3	32	133	72.01
รวม	422,000	37	410	1,409	71.78

## 6. ขอบเขตของการวิจัย

สำหรับขอบเขตการวิจัยได้ทำการศึกษาปรับปรุงกระบวนการบรรจุก๊าซโรงงานผลิตสเปรย์ดับกลิ่นกายแห่งหนึ่ง โดยแบ่งขอบเขตการวิจัย ประกอบด้วย ขอบเขตของประชากรกลุ่มตัวอย่าง ขอบเขตด้านเนื้อหา ขอบเขตเวลาสถานที่ ดังนี้

### 6.1 ขอบเขตของประชากรกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลตั้งแต่ ม.ค. - ธ.ค. พ.ศ. 2566 ได้แก่ จำนวนยอดการผลิตผลิตภัณฑ์สเปรย์ดับกลิ่นกาย จำนวนเวลาในการหยุดเครื่องจักร จำนวนของเสียที่เกิดจากกระบวนการบรรจุก๊าซ มูลค่าความเสียหาย และช่วงของค่ามวลบรรจุก๊าซ ข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบ หลังการปรับปรุง

## 6.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ทำการศึกษานี้เนื้อหา ตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อกระบวนการบรรจุก๊าซ ศึกษา 1. ทฤษฎีและกฎของก๊าซที่ส่งผลต่อกระบวนการบรรจุก๊าซ 2.เทคนิคทางสถิติเพื่อใช้สำหรับออกแบบรูปแบบการทดลอง 3.การใช้งานของโปรแกรม Minitab เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานของตัวแปรและระดับปัจจัยต่างๆ และค่าอิทธิพลที่ส่งผลต่อกระบวนการ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการบรรจุก๊าซได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 6.3 ขอบเขตเวลาและสถานที่

การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาช่วงเวลา เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2566 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2566 สถานที่ศึกษาโรงงานผลิตสเปรย์ระงับกลิ่นกายแห่งหนึ่ง

## 7. นิยามคำศัพท์เฉพาะ

**7.1 กระบวนการบรรจุก๊าซ** หมายถึง กระบวนการนำก๊าซชีวเทน ผ่านกระบวนการบรรจุโดยใช้เครื่องบรรจุก๊าซสำหรับผลิตสเปรย์

**7.2 พารามิเตอร์ (Parameter)** หมายถึง ตัวแปรของกระบวนการบรรจุก๊าซ ประกอบด้วย ตัวแปรต้น คือ 1.แรงดันบรรจุก๊าซ (Gas Filling Pressure) หน่วย เมกะพาสคาล 2.ความเร็วในการบรรจุก๊าซ (Gas Filling Speed) หน่วย กระทบต่อนาที 3.ปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ (Volume of Gas Cylinder) หน่วยมิลลิลิตร

**7.3 Noise factors** หมายถึง ปัจจัยรบกวนของกระบวนการบรรจุก๊าซ คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลไปยังอุณหภูมิของก๊าซชีวเทนที่ใช้บรรจุก๊าซเข้าผลิตภัณฑ์

**7.4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)** หมายถึง ค่ามวลบรรจุก๊าซสำหรับการผลิตสเปรย์ระงับกลิ่นกาย คือ  $72 \pm 1.0$  กรัมต่อกระป๋อง

**7.5 กฎของก๊าซ (Gas laws)** หมายถึง กฎของบอยล์ (Boyle's law) กฎของชาร์ล (Charles's law) กฎของเกย์-ลูซแซก (Gay-Lussac's law) กฎของอโวกาโดร (Avogadro's law) และ กฎแก๊สอุดมคติ (Ideal Gas law) ที่นำมาใช้วิเคราะห์ในกระบวนการบรรจุก๊าซ

**7.6 Defect** หมายถึง ผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกาย ที่ค่ามวลไม่ได้ค่ามาตรฐาน ไม่อยู่ในช่วง  $72 \pm 1.0$  กรัมต่อกระป๋อง

**7.7 Robust Parameter Design** หมายถึง การออกแบบการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ เพื่อให้ค่ามวลก๊าซไม่ออกนอกค่ามาตรฐานที่กำหนด แม้ว่าอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลง

**7.8 ค่า S/N (Signal to Noise ratio)** หมายถึง อัตราส่วนต่อเสียงสัญญาณรบกวน ประเภทผลตอบสนองที่มีค่าตรงตามเป้าหมาย ค่ามวลบรรจุภัณฑ์ เข้าใกล้ค่ากลาง สูตรที่ใช้คำนวณคือ  $S/N = -10 \log (\sum_j y_j / n)^2 / S^2$  ใช้สำหรับพิจารณาค่าที่ทนทานต่อกระบวนการ

## 8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 ได้ค่าพารามิเตอร์ที่ทนทาน สำหรับกระบวนการบรรจุภัณฑ์เพื่อให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อยู่ในช่วงเป้าหมายสามารถทนทาน ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสภาพแวดล้อม

8.2 เพื่อให้ค่ามวลของก๊าซที่บรรจุลงผลิตภัณฑ์ได้ตามค่ามาตรฐาน ที่กำหนดมากที่สุด

8.3 ช่วยลดเวลาและจำนวนครั้งในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรช่วยให้กระบวนการมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

8.4 เกิดประโยชน์กับองค์กรหรือในภาคอุตสาหกรรมการผลิตสเปร์รี่ที่เกิด Over Claim ในกระบวนการบรรจุภัณฑ์ โดยการนำหลักการและวิธีการไปใช้เพื่อช่วยปรับปรุงกระบวนการบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้ค่าอยู่ในช่วงเป้าหมาย

8.5 สามารถนำหลักการประยุกต์สร้างโมเดลแบบจำลองสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้กับค่าบรรจุภัณฑ์แต่ละผลิตภัณฑ์ที่มีค่าที่แตกต่างกัน และสร้างรูปแบบของโมเดลสมการถดถอยในแต่ละช่วงอุณหภูมิได้

8.6 นำโมเดลสมการถดถอยไปใช้ปรับตั้งค่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ทำให้ช่วยลดการลองผิดลองถูก ส่งผลให้ระยะเวลาการคืนสภาพ (Recovery Time) และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบลดลง

## บทที่ 2

### วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง การหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกายด้วยเทคนิคทากูชิ ได้ทำการศึกษาเอกสาร ตำรา วารสาร บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปเป็นแนวทางในการวิจัยครั้งนี้โดยนำเสนอหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สเปรย์ดับกลิ่นกาย
  - 1.1 บรรจุภัณฑ์สเปรย์ดับกลิ่นกาย หรือ กระป๋องสเปรย์
  - 1.2 ส่วนผสมภายในกระป๋องแอโรซอลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน
2. กระบวนการบรรจุก๊าซสำหรับผลิตภัณฑ์สเปรย์ดับกลิ่นกาย
  - 2.1 ภาพรวมของกระบวนการบรรจุก๊าซ
  - 2.2 ขั้นตอนของการบรรจุก๊าซภายในห้องบรรจุก๊าซ
  - 2.3 ขั้นตอนกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ
3. กฎของก๊าซและคุณสมบัติของก๊าซ
4. การศึกษาปัญหาของกระบวนการบรรจุก๊าซ
  - 4.1 แนวทางในการศึกษาปัญหากระบวนการบรรจุก๊าซ
  - 4.2 การศึกษาข้อมูลในอดีตเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2566
  - 4.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหา
5. ทฤษฎีเทคนิคทากูชิและการออกแบบการทดลอง
  - 5.1 การออกแบบพารามิเตอร์ทนทาน
  - 5.2 การออกแบบอะเรย์ไขว้
  - 5.3 การกำหนดค่าการทดลองกระบวนการบรรจุก๊าซ Orthogonal Array L9
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

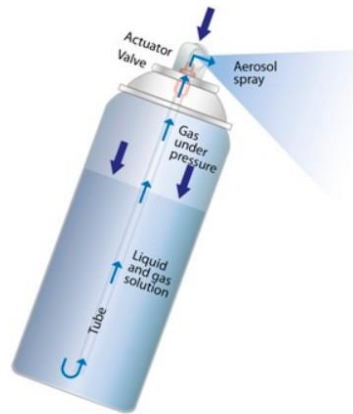
#### 1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกาย

สำหรับผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกายที่ทำการศึกษามีส่วนประกอบดังนี้ คือ 1.บรรจุภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกาย ทั้งภายในและภายนอก 2.ส่วนผสมภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1. สารขับเคลื่อน (Propellants) เป็นองค์ประกอบที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนสินค้าออกจากบรรจุภัณฑ์

- 2.ตัวทำละลาย (Solvent) ซึ่งมีหน้าที่เป็นตัวกลางทำละลายให้ส่วนผสมของสินค้าเข้ากับสารขับเคลื่อน
- 3.ส่วนผสมสินค้า (Active Ingredient) โดยอธิบายส่วนประกอบผลิตภัณฑ์สเปรย์ดับกลิ่นกาย ได้ดังนี้

### 1.1 บรรจุภัณฑ์สเปรย์ดับกลิ่นกาย หรือ กระจบองสเปรย์

คือ บรรจุภัณฑ์ที่อัดด้วยความดัน (Pressurized container) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ ก๊าซบิวเทน (Butane) สำหรับบรรจุเข้าภายในผลิตภัณฑ์ โดยภายในมีวาล์วสำหรับฉีดพ่นเป็นละออง (Actuator Valve) หรือรูปแบบอื่นๆได้ด้วยตนเอง (Self-dispensing) ผลิตภัณฑ์รูปแบบสเปรย์ได้แก่ เครื่องสำอาง น้ำยาระงับกลิ่นกาย ครีมโกนหนวด น้ำหอม ยาฆ่าแมลงสีฟ่นรถยนต์ เป็นต้น โดยแยกส่วนประกอบบรรจุภัณฑ์ที่ได้ดังภาพที่ 2.1 และ ภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.1 นำเสนอรูปภาพบรรจุภัณฑ์ภายในสเปรย์ดับกลิ่นกาย

ที่มา : <https://www.aerosol.org/about-aerosols/>



ภาพที่ 2.2 นำเสนอรูปภาพบรรจุภัณฑ์ภายนอกสเปรย์ดับกลิ่นกาย

ที่มา <https://www.aerosol.org/about-aerosols/>



## 1.2 ส่วนผสมภายในกระป๋องแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

**1.2.1 สารขับเคลื่อน** เป็นองค์ประกอบที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนสินค้าออกจากบรรจุภัณฑ์เมื่อทำการปลดปล่อยออกมาด้วยการกดให้วาล์วเปิดออก สารขับเคลื่อนที่ใช้มีผลต่อรูปแบบ (form) ของสินค้าที่อาจจะอยู่ในรูปแบบของโฟม สเปรย์ หรือ ลำ (stream) สารขับเคลื่อนที่นิยมใช้แบ่งได้เป็น 3 จำพวกใหญ่คือ 1. ไฮโดรคาร์บอน เป็นสารขับเคลื่อนที่มีราคาถูกและนิยมใช้มากที่สุด อาทิเช่น โพรเพน บิวเทน และอนุพันธ์ที่เป็น 2 ฟลูออโรคาร์บอน (Fluorocarbon) เริ่มใช้ในอุตสาหกรรมตู้เย็น ซึ่งมีความสมบัติเด่นคือไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ (Nonflammable) และราคาต่ำ ในเวลาต่อมาพบว่ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่องของ Chloro Fluorocarbon หรือ CFC ที่ทำลายชั้นโอโซน ปัจจุบันไม่นิยมใช้ 3. ก๊าซอัด (Compressed gas) ประกอบด้วยส่วนผสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน ออกไซด์และไนโตรเจน สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาใช้ก๊าซ บิวเทน (Butane) เป็นสารขับเคลื่อน

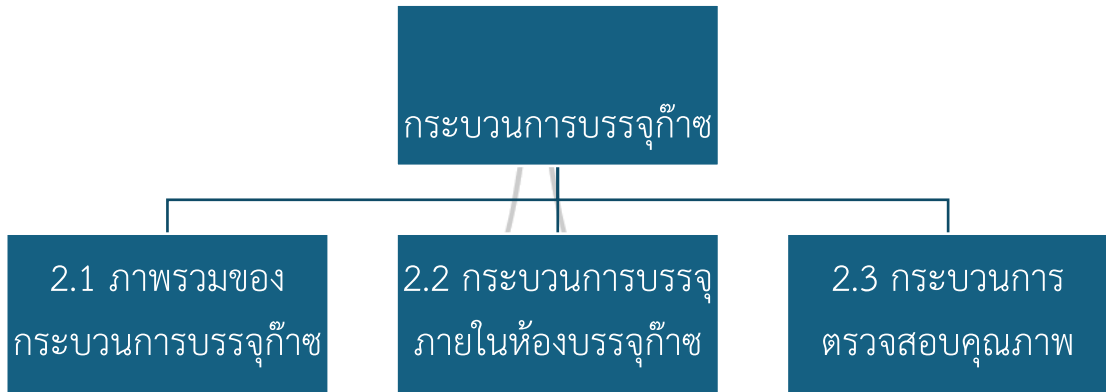
**1.2.2 ตัวทำละลาย** ซึ่งมีหน้าที่หลัก คือ เป็นตัวกลางให้ส่วนผสมของสินค้า ละลายเข้ากับสารขับเคลื่อนได้ดี เช่น น้ำ น้ำมันพืช เอธิลแอลกอฮอล์ โพรพิลีนไกลคอล เป็นต้น ทำให้ขนาดของสินค้าที่ฉีดพ่นออกจากกระป๋องมีขนาดและรูปแบบตามที่ต้องการช่วยลดความดันไอ (vapor pressure) ของสารขับเคลื่อน ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาจะใช้ เอธิลแอลกอฮอล์ เป็นตัวทำละลายในผลิตภัณฑ์

**1.2.3 ส่วนผสมสินค้า** แบ่งตามปริมาณของตัวทำละลาย เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสารเคลือบภายในกระป๋อง สินค้าที่มีตัวทำละลายเป็นสารอินทรีย์ เช่น น้ำมันก๊าด แอลกอฮอล์ และคีโตน สินค้าที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย และแบ่งตามองค์ประกอบส่วนผสม ภายในกระป๋อง (Johnsen, Montfort, A. “Encyclopedia of Packaging Technology” Soroka, W. “Fundamentals of Packaging Technology”)

## 2. กระบวนการบรรจุก๊าซสำหรับผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกาย

สภาวะปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผม หนักรีเซ ร่ากาย และสเปรย์ระงับกลิ่นกาย โดยการศึกษาปัญหาในครั้งนี้ ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกาย ซึ่งมียอดการผลิตประมาณ 4,250,000 กระป๋องต่อปี และได้ทำการปรับปรุงในส่วนของการบรรจุก๊าซ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ แม้จะมีปัจจัยภายนอกอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมารบกวน เพื่อให้ค่าน้ำหนักอยู่ในช่วงเป้าหมายที่กำหนด โดยงานวิจัยนี้จะส่งผลกระทบต่อ

ลดเวลาในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรและลดจำนวนของเสียในกระบวนการบรรจุก๊าซ โดยแสดงรายละเอียดขั้นตอนกระบวนการบรรจุก๊าซของโรงงานกรณีศึกษา โดยนำเสนอแบ่งเป็น 3 ส่วนดังนี้



ภาพที่ 2.3 รายละเอียดกระบวนการบรรจุก๊าซของโรงงานกรณีศึกษา

### 2.1 ภาพรวมของกระบวนการบรรจุก๊าซ

สำหรับภาพรวมของกระบวนการบรรจุก๊าซ โดยเริ่มต้นจากการรับวัตถุดิบเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการ และสิ้นสุดที่กระบวนการบรรจุก๊าซ มีทั้งหมด 7 ขั้นตอนอธิบายได้ดังตารางที่ 2.1 และ ภาพที่ 2.4

ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนกระบวนการบรรจุก๊าซ

ลำดับที่	กระบวนการบรรจุก๊าซ	รายละเอียด
1	Loading Raw Gas Butane	กระบวนการรับวัตถุดิบเริ่มจากรถบรรทุกก๊าซปิโตรเลียมมาส่งยังบริเวณจัดเก็บก๊าซ
2	Storage tank	ทำการจัดเก็บวัตถุดิบ ยังถังขนาด 10 ตัน เพื่อนำไปใช้สำหรับการบรรจุก๊าซ
3	Transfer gas by Motor & Pump	ทำการจ่ายก๊าซโดยใช้มอเตอร์และปั๊ม มายังห้องบรรจุก๊าซ โดยใช้แรงดันจากปั๊มจ่ายก๊าซ
4	Gas Filling Room	ก๊าซถูกจ่ายมารออยู่บริเวณหน้าห้องบรรจุ เพื่อเข้าสู่เครื่องบรรจุก๊าซ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับที่	กระบวนการบรรจุก๊าซ	รายละเอียด
5	Setup Gas Filling Machine	พนักงานจะทำการปรับตั้งค่าเครื่องจักร ความเร็วในการบรรจุก๊าซ และปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ เพื่อให้ได้ตามค่ามาตรฐานที่กำหนด
6	Gas Filling Product	ก๊าซจะถูกบรรจุเข้าผลิตภัณฑ์ โดยค่ามวลขึ้นอยู่กับ การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ ทั้ง 3 ปัจจัย 3 ระดับ
7	Inspection Product	ทำการชั่งมวลก๊าซเพื่อตรวจสอบคุณภาพให้ได้ตามค่ามาตรฐานที่กำหนด หากค่าไม่ได้ค่าที่กำหนด ให้ทำการปรับตั้งเครื่องจักรใหม่อีกรอบ จนกว่าได้ค่าตามที่กำหนด



ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนกระบวนการบรรจุก๊าซ



ภาพที่ 2.5 รถส่งก๊าซบิวเทน

ที่มา : <https://www.doeb.go.th/knowledge/data/2.participation-LPG.pdf>



ภาพที่ 2.6 ถังเก็บก๊าซ

ที่มา : <https://www.prasertgas.com>



ภาพที่ 2.7 Motor และ Pump

ที่มา : <https://corken.com/wp-content/uploads/2022/02/ag100.pdf>



ภาพที่ 2.8 เครื่องบรรจุก๊าซ

ที่มา : <https://www.strpackfiller.com/aerosol-can-filling-machine-butane-gas-cartridge.html>



ภาพที่ 2.9 สายพานลำเลียงผลิตภัณฑ์

ที่มา : <https://mbc-aerosol.com/product/conveyor/>



ภาพที่ 2.10 เครื่องบรรจุก๊าซ

ที่มา : <https://jrpacking.com/how-to-select-an-aerosol-filling-machine/>



ภาพที่ 2.11 เครื่องชั่งมวลก๊าซ

ที่มา : <https://www.scalesthai.com/เครื่องชั่ง Satorius AZ214>

## 2.2 ขั้นตอนของการบรรจุก๊าซภายในห้องบรรจุก๊าซ

ขั้นกระบวนการบรรจุก๊าซของโรงงานกรณีศึกษานั้น เริ่มต้นจากถังผสมก๊าซ จากนั้นจ่ายก๊าซจากถังผสมมายังห้องบรรจุก๊าซ โดยผู้ปฏิบัติงานจะทำการเปิดมอเตอร์และปั๊มเพื่อปรับแรงดันของก๊าซ ตามที่ต้องการเมื่อได้แรงดันที่ต้องการ จากนั้นก๊าซจะจ่ายเข้าไปยังห้องบรรจุก๊าซ เพื่อรอการบรรจุก๊าซ พนักงานในห้องบรรจุก๊าซจะทำการปรับตั้งค่าเครื่องบรรจุก๊าซเพื่อให้ได้ค่ามวลก๊าซที่ต้องการตามค่ามาตรฐานที่กำหนดของผลิตภัณฑ์นั้น โดยปรับตั้งค่าความเร็วในการบรรจุก๊าซ ปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ เพื่อให้ได้ค่าตามค่ามาตรฐาน หากไม่ได้ค่าที่ต้องการจะต้องกลับไปปรับตั้งค่าใหม่อีกครั้ง

ตารางที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของพนักงานบรรจุก๊าซ

ลำดับที่	ขั้นตอนรายละเอียดการทำงาน
1	พนักงานทำการตรวจสอบก๊าซที่ถังผสมเพื่อเลือกชนิดของก๊าซใช้สำหรับผลิตภัณฑ์
2	ทำการเปิดเครื่องจักร มอเตอร์และปั๊มเพื่อจ่ายก๊าซมายังห้องบรรจุก๊าซ Gas Filling Pressure หน่วย MPa
3	เมื่อก๊าซถูกส่งมายังห้องบรรจุก๊าซพนักงานภายในห้องบรรจุก๊าซ ทำการตรวจสอบความถูกต้องของก๊าซที่ส่งมาและแรงดันของก๊าซ
4	พนักงานห้องบรรจุทำการปรับตั้งค่าเครื่องบรรจุก๊าซ ปรับปริมาตรก๊าซที่กระบอกบรรจุก๊าซตามค่ามาตรฐาน

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ลำดับที่	ขั้นตอนรายละเอียดการทำงาน
5	พนักงานห้องบรรจุก๊าซ ปรับตั้งค่าความเร็วในการบรรจุก๊าซ หน่วยกระป๋องต่อนาที
6	นำกระป๋องเปล่าที่ใช้สำหรับการปรับตั้งค่าเครื่องจักร ทำการชั่งก่อนการบรรจุก๊าซ เพื่อบันทึกค่าก่อนบรรจุ
7	พนักงานทำการปล่อยกระป๋องผลิตภัณฑ์ ให้เคลื่อนที่ไปตามสายพานลำเลียง เพื่อบรรจุก๊าซเข้ากระป๋องจำนวน 6 กระป๋อง เครื่องจักรมี 6 หัวบรรจุก๊าซ
8	พนักงานนำกระป๋องที่บรรจุก๊าซออกจากสายพานลำเลียงเพื่อไปชั่งค่ามวลให้ได้ตามค่ามาตรฐานที่ต้องการ
9	เมื่อค่าของก๊าซที่ชั่งได้ ตามค่ามาตรฐาน จากนั้นเริ่มทำการผลิต แต่ถ้าค่าของก๊าซที่บรรจุไม่ได้ตามค่ามาตรฐาน พนักงานจะต้องทำการปรับตั้งค่าเครื่องจักรใหม่จนกว่าได้ค่าตามค่ามาตรฐาน จึงจะเริ่มทำการผลิตได้

### 2.3 ขั้นตอนกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการบรรจุก๊าซ ภายในห้องบรรจุก๊าซของโรงงานกรณีศึกษา สิ่งสำคัญที่ใช้เป็นตัววัดค่าที่กำหนด คือ มวลก๊าซที่บรรจุลงผลิตภัณฑ์ โดยจะต้องได้ตามค่ามาตรฐานที่กำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการบรรจุก๊าซ

ลำดับที่	กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ	หมายเหตุ
1	หลังจากปรับตั้งค่าเครื่องจักรเสร็จแล้ว พนักงานทำการชั่งประป๋องเปล่าก่อนการบรรจุก๊าซ	ใช้กระป๋องในการทดสอบ 18 กระป๋อง
2	พนักงานทำการบรรจุก๊าซเข้ากระป๋อง โดยแยกบรรจุแต่ละหัวบรรจุก๊าซ 6 หัวบรรจุก๊าซ	เพื่อทราบค่าแต่ละหัวบรรจุก๊าซ
3	จากนั้นทำการชั่งค่ามวลก๊าซหลังจากบรรจุก๊าซที่เครื่องชั่ง	นำค่าที่ได้ก่อนชั่งและหลังชั่งมาคำนวณ ค่ามวลสุทธิที่ได้
4	บันทึกค่าที่ได้ แต่ละหัวบรรจุก๊าซ	เพื่อให้ได้ตามค่ามาตรฐานที่กำหนด

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ลำดับที่	กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ	หมายเหตุ
5	หากยังไม่ได้ค่าตามค่ามาตรฐาน พนักงานต้องทำการปรับตั้งค่าเครื่องจักรใหม่ และทำการตรวจสอบค่าจนกว่าได้ตามค่ามาตรฐาน จึงสามารถเริ่มผลิตได้	
6	ระหว่างทำการผลิต พนักงานบรรจุก๊าซทำการตรวจสอบคุณภาพทุกๆ 1 ชั่วโมง ครั้งละ 18 กระป๋อง	เพื่อตรวจสอบค่าและบันทึกข้อมูลระหว่างการผลิต

### 3. กฎของก๊าซและคุณสมบัติของก๊าซ

ทำการศึกษาค้นสมบัติและกฎของก๊าซเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนงานวิจัยนี้ เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการบรรจุก๊าซและศึกษาอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยรบกวน ที่มีต่อกระบวนการบรรจุก๊าซ โดยทำการศึกษาการปรับตั้งค่าเครื่องจักร ค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อค่ามวลบรรจุก๊าซ และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กับก๊าซที่บรรจุเข้าผลิตภัณฑ์ ตามกฎของก๊าซและคุณสมบัติของก๊าซ โดยทำการศึกษามีรายละเอียดศึกษาดังนี้

- 3.1 สมบัติทั่วไปของแก๊ส
- 3.2 กฎของแก๊ส (Gas laws)
  - 3.2.1 กฎของบอยล์ (Boyle's law)
  - 3.2.2 กฎของชาร์ล (Charles's law)
  - 3.2.3 กฎของเกย์-ลูซแซก (Gay-Lussac's law)
  - 3.2.4 กฎของอโวกาโดร (Avogadro's law)
  - 3.2.5 แก๊สอุดมคติ (Ideal gas)
- 3.3 สรุปลักษณะของแก๊ส (Gas laws)
- 3.4 คุณสมบัติของก๊าซ บิวเทน (Butane)

#### 3.1 สมบัติทั่วไปของก๊าซ

สมบัติโดยทั่วไปของแก๊สขึ้นกับปริมาตร (V) อุณหภูมิ (T) ความดัน (P) รวมทั้งจำนวนโมล ของแก๊ส (n) จากการศึกษาพบว่า แก๊สมีสมบัติที่แตกต่างจากของแข็งและของเหลวคือ มีลักษณะโปร่งใส (transparent) สามารถมองผ่านได้ มีความหนาแน่น อนุภาคอยู่ห่างกันทำให้



เกิดการแพร่กระจายได้เร็ว รูปร่างและปริมาตรของแก๊ส ขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ และปริมาตรของแก๊สจะเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป (วิโรจน์ ปิยวัชรพันธุ์, 2540, หน้า 1-3) จากสมบัติข้างต้น สามารถเขียนสมการสถานะ (equation of state) เพื่อระบุความสัมพันธ์ได้ดังนี้ ปริมาตรเป็นฟังก์ชันของความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของสาร

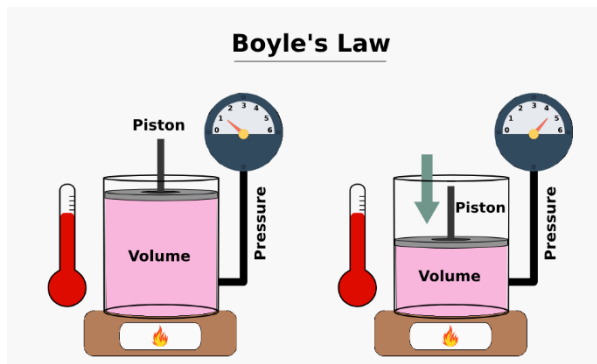
$$V = V(P, T, n)$$

จากสมการปริมาตรเป็นฟังก์ชันของความดันอุณหภูมิและจำนวนโมลของสาร โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของแก๊สนั้น สำหรับกระบวนการบรรจุแก๊ส มีการใช้แรงดันในการจ่ายแก๊ส Gas Filling Pressure และการปรับตั้งค่าปริมาตรกระบอกบรรจุแก๊ส และอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัจจัยรบกวน ทำให้มีผลต่อกระบวนการบรรจุแก๊ส

### 3.2 กฎของแก๊ส (Gas laws)

**3.2.1 กฎของบอยล์ (Boyle's law)** Boyle's Law (1662) เป็นหนึ่งในกฎของแก๊สที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของแก๊สกับความดันและปริมาตรของแก๊สในสภาพที่อุณหภูมิคงที่ กฎนี้ถูกนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อโรเบิร์ต บอยล์ ค้นพบในปี ค.ศ. 1662 โดยสรุปกฎบอยล์ได้ดังนี้ เมื่ออุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของแก๊สและความดันของแก๊สมีความสัมพันธ์ทางตรรกะ คือ ถ้าปริมาตรของแก๊สเพิ่มขึ้น ความดันของแก๊สจะลดลง และถ้าปริมาตรของแก๊สลดลง ความดันของแก๊สจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ กฎบอยล์ยังสามารถเขียนเป็นสูตรคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้  $P_1V_1 = P_2V_2$  โดย  $P_1$  และ  $P_2$  คือ ความดันของแก๊สในสถานะที่ต่างๆ โดย  $V_1$  และ  $V_2$  คือ ปริมาณของแก๊สในสถานะที่ต่างๆ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ จากกฎของบอยล์ เมื่อกรณีที่อุณหภูมิคงที่ขณะทำการบรรจุแก๊ส เมื่อมีการปรับระยะของกระบอกบรรจุแก๊สเมื่อมีการเพิ่มแรงดัน จะทำให้ระยะกระบอกลูกสูบ ลดลงทำให้ปริมาตรของแก๊สลดลง และเมื่อมีการปรับลดแรงดันจะทำให้ปริมาตรของแก๊สที่บรรจุเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับกฎของ บอยล์ ดังภาพที่ 2.12

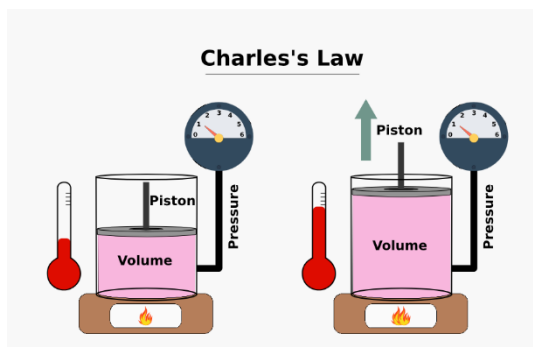


ภาพที่ 2.12 Boyle's law

ที่มา : Boyle's Law: Definition, Explanation, Applications (psiberg.com)

**3.2.2 กฎของชาร์ล (Charles's law)** กฎของชาร์ล Charles's Law (1787) เป็นหนึ่งในกฎของก๊าซที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของก๊าซกับอุณหภูมิในสภาพที่ความดันและปริมาตรของก๊าซคงที่ กฎนี้ถูกนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ "จาคเคอร์ ชาร์ล" (Jacques Charles) ค้นพบในปี ค.ศ. 1787 สรุปกฎของชาร์ลได้ดังนี้ เมื่อความดันและปริมาตรของก๊าซคงที่ ปริมาตรของก๊าซและอุณหภูมิจึงมีความสัมพันธ์ทางตรงคือ ถ้าปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของก๊าซจะเพิ่มขึ้น และถ้าปริมาตรของก๊าซลดลง อุณหภูมิของก๊าซจะลดลง นอกจากนี้ กฎของชาร์ลยังสามารถเขียนเป็นสูตรคณิตศาสตร์ได้ดังนี้  $V_1/T_1 = V_2/T_2$  โดย  $V_1$  และ  $V_2$  คือ ปริมาตรของก๊าซในสถานะที่ต่างๆ  $T_1$  และ  $T_2$  คือ อุณหภูมิของก๊าซในสถานะที่ต่างๆ กฎของชาร์ลเป็นหลักการที่สำคัญในการเข้าใจและคำนวณพฤติกรรมของก๊าซในเงื่อนไขที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ นอกจากนี้ กฎนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการออกแบบและใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้ก๊าซ เช่น ถังบีบอากาศ ถังแก๊ส และอุปกรณ์ทางพลวัตทางเคมี

เมื่อพิจารณาจากกฎของชาร์ล สำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ เมื่อความดันและปริมาณของก๊าซในท่อส่งก๊าซหรือกระบอกบรรจุก๊าซมีค่าคงที่ เมื่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะส่งผลต่อปริมาณของก๊าซ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการบรรจุก๊าซ ปัจจัยของอุณหภูมิจึงมีผลต่อกระบวนการบรรจุก๊าซทำให้ค่ามวลไม่คงที่ ดังแสดงในภาพที่ 2.13

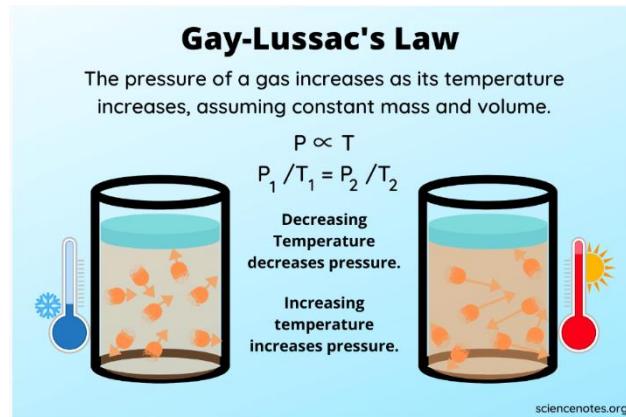


ภาพที่ 2.13 Charles's Law อธิบายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

ที่มา : <https://psiberg.com/charles-law/>

**3.2.3 กฎของเกย์-ลูซแซก (Gay-Lussac's law)** กฎของเกย์-ลูซแซก Gay-Lussac's Law (1802) เป็นหนึ่งในกฎของก๊าซที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดันของก๊าซกับอุณหภูมิในสภาพที่ปริมาตรของก๊าซคงที่ กฎนี้ถูกนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ จาน-บาติสต์ และแมรี แซก (Joseph Louis Gay-Lussac and Alexander M. Gay-Lussac) ค้นพบในปี ค.ศ. 1802 สรุปกฎของเกย์-ลูซแซกได้ดังนี้ เมื่อปริมาตรของก๊าซคงที่ ความดันของก๊าซและอุณหภูมิจึงมีความสัมพันธ์แปรผันตรง คือ ถ้าความดันของก๊าซเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของก๊าซจะเพิ่มขึ้น และถ้าความดันของก๊าซลดลง อุณหภูมิของก๊าซจะลดลง นอกจากนี้ กฎของเกย์-ลูซแซกยังสามารถเขียนเป็นสูตรคณิตศาสตร์ได้ดังนี้  $P_1/P_2 = T_1/T_2$  ที่  $P_1$  และ  $P_2$  คือ ความดันของก๊าซในสถานะที่ต่างๆ  $T_1$  และ  $T_2$  คือ อุณหภูมิของก๊าซในสถานะที่ต่างๆ กฎของเกย์-ลูซแซกมีความสำคัญในการวิเคราะห์และคำนวณพฤติกรรมของก๊าซในเงื่อนไขที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ นอกจากนี้ กฎนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการออกแบบและใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้ก๊าซ เช่น ถังบีบอากาศ ถังแก๊ส และอุปกรณ์ทางพลวัตทางเคมี

จากกฎของเกย์-ลูซแซก เมื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิที่ส่งผลต่อปริมาตรบรรจุก๊าซ จากกฎของเกย์-ลูซแซก กล่าวว่า ถ้าความดันของก๊าซเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของก๊าซจะเพิ่มขึ้น และถ้าความดันของก๊าซลดลง อุณหภูมิของก๊าซจะลดลง ซึ่งจากการปฏิบัติงานพบว่า ความดันส่งผลให้กระบวนการบรรจุก๊าซมีมวลที่ไม่คงที่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับกฎของ เกย์-ลูซแซก ดังภาพที่ 2.14

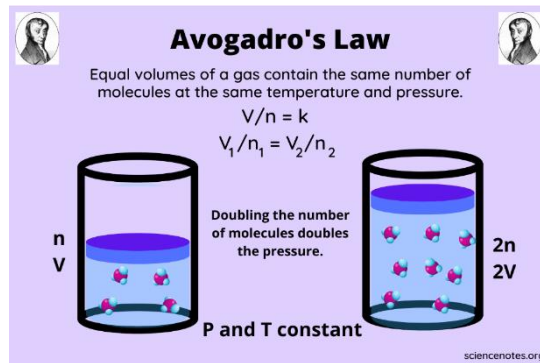


ภาพที่ 2.14 Gay Lussac's law

ที่มา : Gay-Lussac's Law - Definition, Formula, Examples (sciencenotes.org)

**3.2.4 กฎของอโวกาโดร (Avogadro's law)** กฎของอโวกาโดร Avogadro's Law (1811) เป็นหนึ่งในกฎของก๊าซที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของก๊าซกับจำนวนโมลของโมเลกุลในสภาพที่อุณหภูมิและความดันคงที่ กฎนี้ถูกค้นพบโดยอโวกาโดร (Amedeo Avogadro) ค้นพบในปี ค.ศ. 1811 สรุปกฎของอโวกาโดรได้ดังนี้ เมื่ออุณหภูมิและความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซและปริมาตรของโมเลกุลมีความสัมพันธ์ คือ ถ้าปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้น โมลของโมเลกุลที่อยู่ในสภาพนั้นๆ ก็เพิ่มขึ้น และถ้าปริมาตรของก๊าซลดลง โมลของโมเลกุลที่อยู่ในสภาพนั้นๆ ก็ลดลง นอกจากนี้ กฎของอโวกาโดรยังสามารถเขียนเป็นสูตรคณิตศาสตร์ได้ดังนี้  $n_1/V_1 = n_2/V_2$  โดยที่  $n_1$  และ  $n_2$  คือ โมลของโมเลกุลในสภาพที่ต่างๆ  $V_1$  และ  $V_2$  คือ ปริมาตรของก๊าซในสถานะที่ต่างๆ กฎของอโวกาโดร มีความสำคัญในการเข้าใจและคำนวณพฤติกรรมของก๊าซในเงื่อนไขที่มีการเปลี่ยนแปลงโมลของโมเลกุล นอกจากนี้ กฎนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการทางเคมีและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับก๊าซ

สำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ ก๊าซที่ใช้บรรจุเป็นก๊าซบิวเทนดังนั้นเมื่อสภาวะความดัน และอุณหภูมิของแก๊สคงที่ในระหว่างบรรจุก๊าซ เป็นไปตามกฎของอโวกาโดร ปริมาตรจะแปรผันตามจำนวนโมลของก๊าซบิวเทน ดังนั้นถ้าปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้น จำนวนโมลของโมเลกุลที่อยู่ในสภาพนั้นๆ ก็เพิ่มขึ้น และถ้าปริมาตรของก๊าซลดลง โมลของโมเลกุลที่อยู่ในสภาพนั้นๆ ก็ลดลง ตามกฎของ อโวกาโดร ในกระบวนการบรรจุก๊าซก็เช่นกัน ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 Avogadro's law

ที่มา : <https://sciennotes.org/avogadros-law-definition-formula-examples/>

**3.2.5 ก๊าซอุดมคติ (Ideal gas)** กฎของก๊าซอุดมคติ ไม่ได้ถูกคิดค้นโดยบุคคลเดียว แต่เป็นผลมาจากการรวมกันของความรู้และทฤษฎีทางก๊าซที่ได้รับการพัฒนาโดยนักวิทยาศาสตร์หลายคนในช่วงปี ค.ศ. 17-19 1.นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษที่ชื่อ โรเบิร์ต บอยล์ ในปี ค.ศ. 1662 ได้นำเสนอหลักการที่ว่า ปริมาตรของก๊าซและความดันของก๊าซมีความสัมพันธ์ในสภาพที่อุณหภูมิคงที่ ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของก๊าซ 2. นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส จากเคอร์ ชาร์ล ค้นพบในปี ค.ศ. 1787 ว่า ปริมาตรของก๊าซและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ในสภาพที่ความดันคงที่ 3.นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี อมีดีโอ อโวกาโดร ในปี ค.ศ. 1811 นำเสนอหลักการที่บอกถึงปริมาตร ของก๊าซและโมลของโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกัน 4. นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ออกตาโว แมริอุส ค้นพบในปี ค.ศ. 1811 นำเสนอหลักการที่บอกถึงปริมาตรของก๊าซและจำนวนโมลของโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกัน

ดังนั้น กฎของก๊าซอุดมคติได้ถูกพัฒนาขึ้นจากการรวมกันของความรู้และทฤษฎีทางก๊าซจากนักวิทยาศาสตร์หลายคน และได้รับการยอมรับเป็นทฤษฎีทางก๊าซที่สำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม สมการของแก๊สอุดมคติ คือ:  $PV=nRT$  โดยที่ P คือ ความดัน ของแก๊ส หน่วยปาสคาล V คือ ปริมาณ ของแก๊ส หน่วย ลิตร n คือ จำนวนมวลของก๊าซในหน่วยโมล R คือ ค่าคงที่ที่เรียกว่าค่า R ซึ่งมีค่า 8.314 จูล/โมล.เคลวิน T คือ อุณหภูมิของก๊าซ หน่วย เคลวิน สมการนี้บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดันและอุณหภูมิของก๊าซในระบบก๊าซที่มีการทำงานได้ทุกที่ โดยไม่มีความแตกต่างจากสภาพจริง หรือ สภาพที่เป็นแก๊สอุดมคติ

สมการนี้เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการคำนวณและทำนายพฤติกรรมของก๊าซในเงื่อนไขที่ต่างๆ และนำไปใช้ในหลากหลายสาขาวิชา เช่น เคมี, วิทยาศาสตร์เครื่องกล, วิทยาศาสตร์ชีวภาพ, วิทยาศาสตร์โทรคมนาคม, วิศวกรรม, และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานก๊าซ

เมื่อต้องการหาค่ามวลของก๊าซ จะต้องทราบมวลของก๊าซในหน่วยโมล และ ปริมาตรของก๊าซ รวมทั้งความดันและอุณหภูมิ ในสถานะที่ก๊าซนั้นๆ ดังนั้นจึงต้องมีข้อมูลเหล่านี้เพื่อ ทำการคำนวณ หากทราบข้อมูลทั้งหมดนี้ สามารถใช้สมการ เพื่อหาค่ามวลของก๊าซได้ โดยทำการแยก สมการเพื่อหาค่าจำนวนโมลของก๊าซออกมาจากสมการ  $n = PV/RT$  โดย  $n$  คือจำนวน โมลของก๊าซ นอกจากนี้ หากทราบมวลโมลเกกุล (molar mass) ของก๊าซนั้นๆ สามารถหาค่ามวลของก๊าซได้ ได้จาก  $m =$  จำนวนมวลโมลเกกุล (molar mass)  $\times$   $n$  จำนวนโมล โดย ค่า  $m$  ที่ได้ คือ น้ำมวลของก๊าซใน หน่วยกรัม ดังภาพที่ 2.16

**Ideal Gas Law**

The ideal gas law is the equation of state of an ideal gas that relates pressure, volume, quantity of gas, and absolute temperature.

**PV = nRT**

P = pressure  
V = volume  
n = number of moles of gas  
R = ideal gas constant  
T = absolute temperature

Although it applies to ideal gases, it approximates the behavior of many real gases.

sciencenotes.org

ภาพที่ 2.16 Ideal Gas State

ที่มา : <https://sciencenotes.org/ideal-gas-law-formula-and-examples/>

ดังนั้นจากสมการ Ideal Gas Laws มีความสัมพันธ์กับกระบวนการบรรจุก๊าซ พบว่า เมื่อค่าอุณหภูมิจึงแวดล้อมมีค่าสูงขึ้น จะทำให้ค่า  $n$  จำนวนโมลของก๊าซลดลง ส่งผลให้ค่ามวลของก๊าซในการบรรจุลดลง และเมื่อค่าอุณหภูมิจึงแวดล้อมมีค่าลดลงจะทำให้ค่าของจำนวนโมลของก๊าซเพิ่มขึ้น เพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการบรรจุก๊าซในปัจจุบัน

### 3.3 สรุปกฎของก๊าซ (The gas laws)

ก๊าซมีรูปร่างและปริมาตรเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ สามารถอัดตัวได้ง่าย มีแรง ยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยมาก และมีความหนาแน่นต่ำเมื่อเทียบกับสถานะของแข็งและของเหลว จากกฎของก๊าซได้ศึกษาและ ได้สรุปความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบรรจุก๊าซได้ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 กฎของก๊าซและความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบรรจุก๊าซ

กฎของแก๊ส	สมการ	ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบรรจุก๊าซ
1 กฎของบอยล์	$P_1V_1 = P_2V_2$	ความดันของก๊าซจะแปรผกผันกับปริมาตรของก๊าซที่มีปริมาตรคงที่เมื่ออุณหภูมิคงที่ ดังนั้นเมื่อความดันก๊าซเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ปริมาตรในกระบอกบรรจุก๊าซเพิ่มมากขึ้น
2 กฎของชาร์ล	$V_1/T_1 = V_2/T_2$	ปริมาตรของก๊าซปริมาณหนึ่งจะแปรผันตามอุณหภูมิสมบูรณ์ของก๊าซเมื่อความดันคงที่ ส่งผลให้ความหนาแน่นลดลงทำให้น้ำมวลของก๊าซลดลงด้วย
3 กฎของเกย์-ลูซแซก	$P_1/T_1 = P_2/T_2$	ความดันของก๊าซจะแปรผันตามอุณหภูมิเมื่อปริมาตรและมวลของก๊าซคงที่ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิก๊าซสูงขึ้น ทำให้แรงดันเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิลดลงจะทำให้แรงดันลดลง ซึ่งทำให้กระบวนการบรรจุมีค่าน้ำหนักที่ไม่คงที่ เนื่องจากความไม่คงที่ของแรงดัน
4 กฎของอโวกาโดร	$V_1/n_1 = V_2/n_2$	ปริมาตรของก๊าซจะแปรผันตามจำนวนโมลของก๊าซเมื่ออุณหภูมิและความดันคงที่ ก๊าซที่ใช้บรรจุเป็นก๊าซบิวเทน ดังนั้นปริมาตรจะแปรผันตามจำนวนโมลของชนิดก๊าซที่บรรจุ
5 แก๊สอุดมคติ	$n = PV/RT$ $g = (PV / RT) M_w$	จากสมการก๊าซอุดมคติ เมื่อค่าของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่ามวลลดลง และเมื่ออุณหภูมิลดลง มวลของก๊าซจะเพิ่มขึ้น ค่าของ g คือค่ามวลก๊าซ ได้จากการนำค่าจำนวนมวลโมเลกุลคูณกับค่าโมล

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของแก๊สเพื่อใช้เป็นสมมติฐานในงานวิจัย ทำให้ทราบว่าค่าของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อมวลและความหนาแน่นของก๊าซ ที่บรรจุลงในกระป๋องสเปรย์ จากการได้ศึกษาจากสมการและกฎของก๊าซ ทำให้พบว่า อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเป็นตัวแปรบวกรวน ต่อกระบวนการบรรจุก๊าซ ซึ่งอุณหภูมิจะแปรผกผันกับมวลของก๊าซที่บรรจุลงผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเมื่อ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นลดลงมวลของก๊าซลดลง และอุณหภูมิลดลงความหนาแน่นเพิ่มขึ้นมวลของก๊าซเพิ่มขึ้น

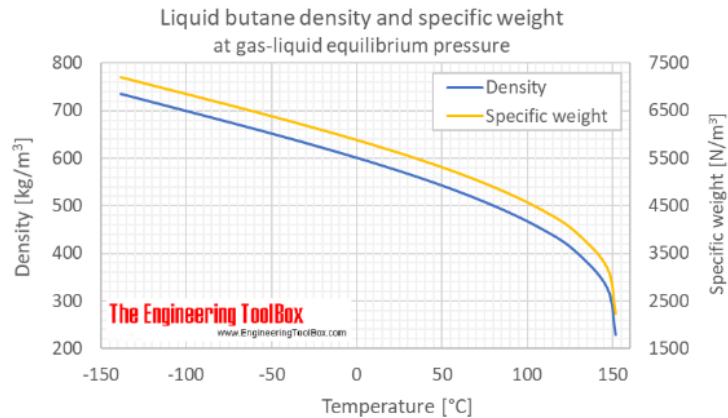
### 3.4 คุณสมบัติของก๊าซบิวเทน

ก๊าซบิวเทนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรเคมี  $C_4H_{10}$  ลักษณะเป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นคล้ายก๊าซโซลีนหรือก๊าซธรรมชาติ มีความไวไฟสูง บิวเทน อาจหมายถึงความได้ถึง n-butane หรือ isobutane ซึ่งเป็นไอโซเมอร์กัน แต่ตามหลักการเรียกชื่อของสหภาพเคมีบริสุทธิ์และเคมีประยุกต์ระหว่างประเทศ (IUPAC) บิวเทนจะหมายถึง n-butane เพียงอย่างเดียว ก๊าซบิวเทน ถูกค้นพบโดยเอ็ดเวิร์ด แฟรงก์แลนดในปี ค.ศ. 1849 และเอ็ดมันด์ โรนัลส์เป็นคนแรกที่บรรยายถึงคุณสมบัติก๊าซบิวเทน

บิวเทนเป็นสารไฮโดรคาร์บอนชนิดแอลเคนที่มีคาร์บอน 4 อะตอมเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเดี่ยว บิวเทนมี 2 ไอโซเมอร์ได้แก่ n-butane และ isobutane ซึ่งทั้งสองมีสูตรเคมีเหมือนกัน แต่ต่างกันที่โครงสร้าง โดย n-butane มีโครงสร้างแบบไม่มีกิ่ง ในขณะที่ isobutane เป็นโครงสร้างแบบมีกิ่ง โครงสร้างที่แตกต่างกันนี้ส่งผลให้สองไอโซเมอร์นี้มีจุดเดือดต่างกัน โดย n-butane มีจุดเดือดสูงกว่าอันเป็นผลมาจากการมีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างโมเลกุลมากกว่า ส่งผลให้มีแรงระหว่างโมเลกุลมากเช่นกัน บิวเทนเป็นหนึ่งในสารที่พบในน้ำมันดิบและแก๊สธรรมชาติ และเป็นสารกลุ่มแรก ๆ ที่ถูกแยกออกเมื่อมีการกลั่นลำดับส่วนเนื่องจากมีจุดเดือดต่ำกว่าสารชนิดอื่น นอกจากนี้ยังใช้เป็นเชื้อเพลิงของไฟแช็ก เครื่องพ่นไฟสำหรับทำอาหารและสารขับเคลื่อนสำหรับกระป๋องสเปรย์ เมื่อใช้เป็นแก๊สสำหรับบรรจุภัณฑ์ (ที่มา วิกิพีเดีย ก๊าซบิวเทน)

จากที่กล่าวมาคือคุณสมบัติของก๊าซบิวเทน สำหรับผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกาย ใช้ก๊าซบิวเทน เป็นสารขับเคลื่อนเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไม่ต้องการแรงดันที่สูงจึงใช้ก๊าซ เป็นสารขับเคลื่อน นอกจากนี้ผู้ศึกษายังได้ศึกษาคุณสมบัติของก๊าซบิวเทน ในส่วนของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่นของก๊าซซึ่งพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าของความหนาแน่นลดลง ส่งผลให้น้ำหนักของก๊าซลดลงด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 2.17





ภาพที่ 2.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นและน้ำหนักของก๊าซบิวเทน

ที่มา : [https://www.engineeringtoolbox.com/butane-density-specific-weight-temperature-pressure-d\\_2080.html](https://www.engineeringtoolbox.com/butane-density-specific-weight-temperature-pressure-d_2080.html)

#### 4. การศึกษาปัญหาของกระบวนการบรรจุก๊าซ

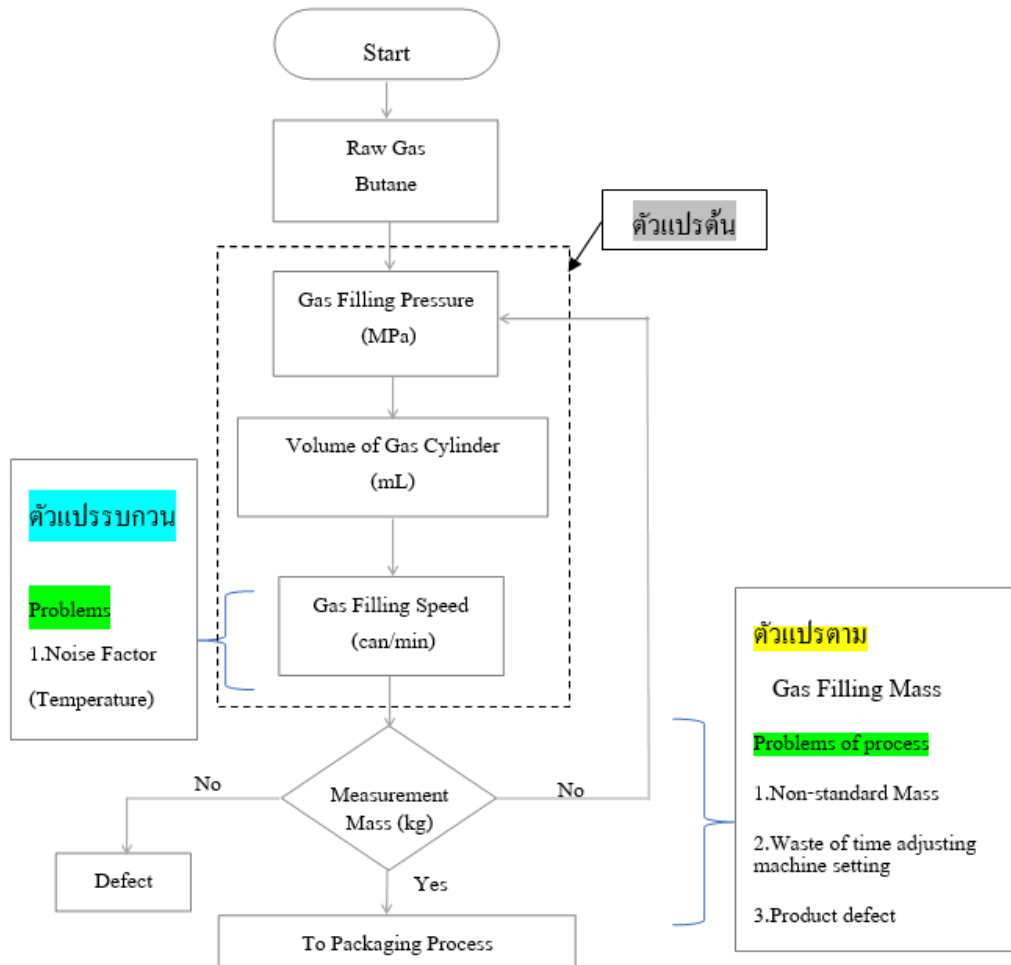
##### 4.1 แนวทางในการศึกษาปัญหากระบวนการบรรจุก๊าซ

จากการศึกษาพบว่าในปัจจุบันในส่วนของกระบวนการบรรจุก๊าซ มีการหยุดปรับตั้งค่าเครื่องจักรทำให้เสียเวลาและมีจำนวนของเสียเกิดขึ้นที่กระบวนการนี้ ทำให้ต้องทำการศึกษาและแก้ปัญหา โดยปัญหาสำคัญที่พบคือเมื่อพนักงานเริ่มทำงานในเวลา 8.00 น. พนักงานบรรจุก๊าซจะทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ ก่อนการบรรจุก๊าซทุกครั้งก่อนเริ่มงาน โดยจะนำกระป๋องสเปรย์มาทำการทดสอบบรรจุก๊าซเพื่อวัดค่ามวลของก๊าซเพื่อให้ได้ค่ามาตรฐานตามที่กำหนดคือ ค่า  $72.0 \pm 1.0$  กรัม/กระป๋อง เมื่อได้ค่าที่ต้องการแล้ว พนักงานเริ่มเปิดสายพานลำเลียง กระป๋องเข้าสู่กระบวนการบรรจุก๊าซ โดยปัญหาเริ่มพบเมื่อเวลาผ่านไปมวลของก๊าซที่บรรจุเริ่มลดลงหรือเพิ่มมากขึ้น โดยไม่ได้ค่ามาตรฐานที่กำหนด หรือเมื่ออุณหภูมิของวันนั้นเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเป็นปัจจัยรบกวนโดยพบว่าค่ามวลของก๊าซ ไม่ได้ค่ามาตรฐาน ตามที่กำหนด เกิดของเสีย และพนักงานต้องหยุดเครื่องจักร เพื่อทำการปรับตั้งค่าเครื่องจักรใหม่อีกรอบทำให้เสียเวลาหยุดไลน์การผลิต จากนั้นได้หาแนวทางในการศึกษาปัญหากระบวนการบรรจุก๊าซ เริ่มต้นดังนี้ 1.Raw Gas Butane เป็นกระบวนการรับวัตถุดิบเพื่อนำไปใช้บรรจุก๊าซสำหรับผลิตภัณฑ์ 2.Gas Filling Pressure เป็นการจ่ายก๊าซจากถังก๊าซไปยัง

ห้องบรรจุก๊าซ โดยขั้นตอนนี้ จะ โดยใช้เครื่องจักร Motor และ Pump สำหรับจ่ายก๊าซมายังห้องบรรจุที่เครื่องบรรจุก๊าซ 3. ขั้นตอนการการปรับตั้งค่าเครื่องจักร ปัจจัยที่ทำการปรับตั้งค่าเครื่องจักร คือ 1.แรงดันบรรจุก๊าซ Gas Filling Pressure หน่วยเมกะพาสกาล (MPa) เป็นการจ่ายก๊าซจากถัง ก๊าซไปยังห้องบรรจุก๊าซ 2.ความเร็วในการบรรจุก๊าซ Gas Filling Speed หน่วยเป็นกระป๋องต่อนาที (can/min), และ 3.ปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ Volume of Cylinder หน่วยเป็นมิลลิลิตร (mL) เพื่อให้ได้มวลของก๊าซตามค่ามาตรฐานที่กำหนด 4. Gas Filling Product หลังจากทำการปรับตั้งค่า เครื่องจักรได้ค่าที่ต้องการแล้วจากนั้นทำการบรรจุก๊าซเข้าผลิตภัณฑ์ 5. Measurement Mass ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หลังบรรจุก๊าซเสร็จแล้วทำการชั่ง คำนวณของก๊าซ เพื่อตรวจสอบค่าที่ได้ว่าอยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ ถ้าไม่ได้จะต้องกลับไปทำการปรับตั้งค่า เครื่องจักรใหม่ในขั้นตอนที่ 3 อีกครั้ง สำหรับในขั้นตอนนี้ เมื่อเกิดปัญหาไม่ได้ค่าตามค่ามาตรฐาน จะเกิดผลเสียคือ 1. คำนวณของก๊าซไม่ได้ค่ามาตรฐาน 2. เสียเวลาในขั้นตอนการปรับตั้งค่าเครื่องจักร 3.เกิดของเสียระหว่างกระบวนการผลิต 6. Packaging Process เมื่อคำนวณของก๊าซที่บรรจุได้ค่า มาตรฐานนำไปสู่กระบวนการ Packaging Process

จากกระบวนการทั้ง 6 กระบวนการที่ได้กล่าวมา ประเด็นสำคัญที่นำมา พิจารณา ที่เป็นปัญหาของกระบวนการคือ 1.มวลของก๊าซไม่ได้ค่ามาตรฐานที่กำหนด เกิดจากปัจจัย รบกวนคืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้เกิดของเสียจากการผลิต สูญเสียเวลาในขั้นตอนการปรับตั้งค่า เครื่องจักร เกิดมูลค่าความเสียหายกับกระบวนการ ดังแสดงในภาพที่ 2.17





ภาพที่ 2.18 ขั้นตอนการศึกษาปัญหากระบวนการบรรจุก๊าซ

#### 4.2 การศึกษาข้อมูลในอดีตเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2566

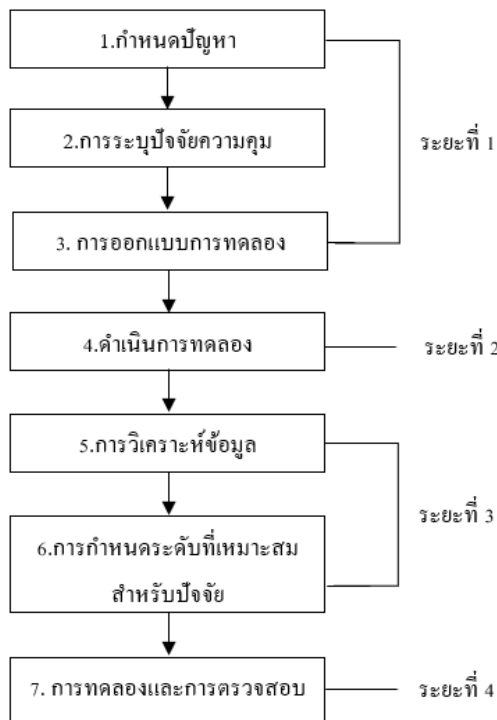
ได้ทำการศึกษาข้อมูลในอดีตเริ่มตั้งแต่ เดือน มกราคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 โดยพบว่ากระบวนการการบรรจุก๊าซ ในแต่ละเดือนนำมารวมกัน มีเวลาที่สูญเสียในการปรับตั้งค่าเครื่องจักร 4,638 นาที และ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพจำนวน 16,671 กระป๋อง ที่เกิดจากค่ามวลของก๊าซไม่ได้มาตรฐาน ดังตารางที่ 2.5 เพื่อนำมาเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง และยังได้เก็บข้อมูลกระบวนการบรรจุก๊าซของเดือน ตุลาคมเพื่อนำไปใช้ปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบกับเดือน พฤษภาคม หลังปรับปรุง

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลผลกระทบจากกระบวนการบรรจุก๊าซ ก่อนการปรับปรุง

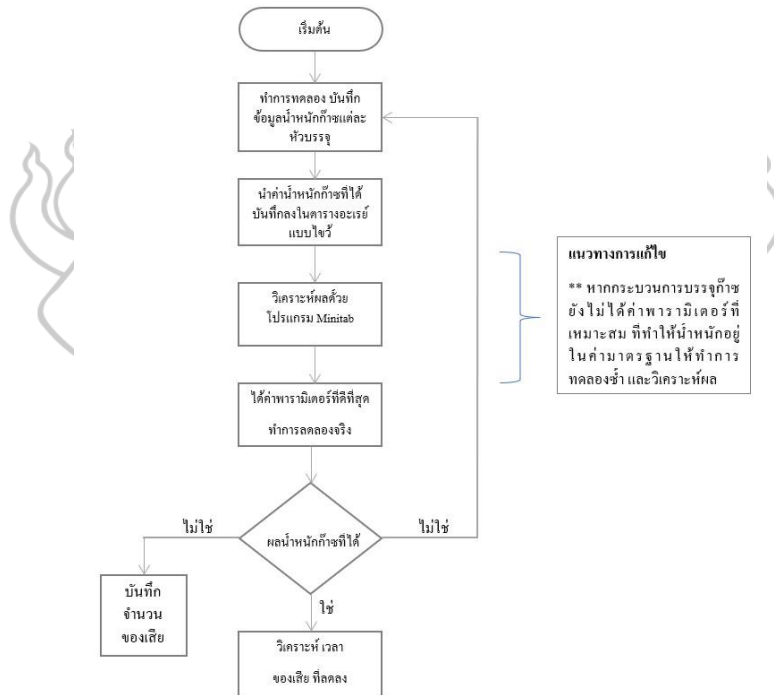
เดือน	ยอดการผลิต (กระป๋อง)	เวลาหยุดเครื่อง (นาทีก)	จำนวนของเสีย (กระป๋อง)	มูลค่าของเสีย (บาท)
มกราคม	440,000	684	1,890	94,500
กุมภาพันธ์	350,000	380	1,530	76,500
มีนาคม	400,000	422	1,894	94,700
เมษายน	380,000	586	1,856	92,800
พฤษภาคม	350,000	369	1,653	82,650
มิถุนายน	420,000	495	1,564	78,200
กรกฎาคม	380,000	442	1,465	73,250
สิงหาคม	412,000	420	1,695	84,750
กันยายน	422,000	430	1,715	85,750
ตุลาคม	422,000	410	1,409	70,450
รวม	3,976,000	4,638	16,671	833,550

#### 4.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

การกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาในกระบวนการบรรจุก๊าซผลิตภัณฑ์สเปรย์ระดับ กลิ่นกายด้วยเทคนิคทากุชิ ในการดำเนินงานผู้วิจัย ได้กำหนดแผนการดำเนินงาน ตั้งแต่การเริ่มต้น ศึกษาปัญหาของกระบวนการบรรจุก๊าซและได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตลอดจนถึงทำการทดลอง โดยได้กำหนดแผนการดำเนินงาน ภาพที่ 2.18 และ ภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 ระยะขั้นตอนการดำเนินงาน



ภาพที่ 2.20 ผังแนวทางการแก้ไขปัญหา

## 5. ทฤษฎีเทคนิคทากูชิและการออกแบบการทดลอง

สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เทคนิคทากูชิเข้ามา ออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทาน สำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซเพื่อใช้ปรับปรุงกระบวนการ เนื่องจากการออกแบบการทดลองเป็นการออกแบบ ที่มีจำนวนครั้งที่น้อยกว่าการทดลองแบบ Full Factorial Design ซึ่งจะต้องทำการทดลองถึง 81 การทดลอง ผู้ศึกษาจึงเลือกใช้เทคนิคทากูชิ ที่ใช้เพียง 27 การทดลองสำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าที่ทนทานต่อกระบวนการ หากใช้การทดลองแบบ Full Factorial Design ซึ่งทำให้เสียเวลาและสูญเสียทรัพยากร เช่น วัสดุดิบ กระทบผลิตภัณฑ์ สำหรับบรรจุก๊าซที่ใช้ในการทดลอง ดังนั้นจึงเลือกใช้เทคนิคทากูชิ มีรายละเอียดอธิบายดังต่อไปนี้

### 5.1 การออกแบบพารามิเตอร์ทนทาน (Robust Parameter Design)

แนวคิดของการออกแบบพารามิเตอร์ทนทาน วัตถุประสงค์ของการออกแบบประเภทนี้คือการพยายามกำหนดค่าของปัจจัยที่ควบคุมได้ ปัจจัยนี้จะเรียกว่า พารามิเตอร์ เพื่อให้ทนทาน ต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้หรือปัจจัยรบกวน ดังนั้นการออกแบบประเภทนี้จึงเรียกว่า การออกแบบพารามิเตอร์ทนทาน ซึ่งจะทำให้มีความผันแปรโดยรวมของกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ลดลง สำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ ได้ใช้หลักแนวคิดการออกแบบพารามิเตอร์ทนทาน โดยมีการกำหนดปัจจัยที่ควบคุมได้ และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การออกแบบพารามิเตอร์ทนทาน

ปัจจัย	พารามิเตอร์	ค่าของระดับ
ควบคุม	1.แรงดันจ่ายก๊าซ	3 ระดับ : 1.6, 1.8, 2.0 เมกกะพาสกาล
	2.ความเร็วในการบรรจุก๊าซ	3 ระดับ : 60, 65, 70 กระทบต่อนาที
	3.ปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ	3 ระดับ : 128, 130, 132 มิลลิลิตร
รบกวน	1.อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	3 ระดับ : 1, 2, 3 ช่วงของอุณหภูมิ (โซน 1 25-30 °C, โซน 2 31-35 °C, โซน 3 36-40 °C)

เทคนิคทากูชิกำหนดใช้ค่าการคำนวณเป็นค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อเสียงรบกวน (Signal to Noise Ratio; S/N) ซึ่งค่า S/N มี 3 ประเภท ตามประเภทผลตอบสนอง ได้แก่

1. ผลตอบสนองที่มีค่ายิ่งมากยิ่งดี เช่น ร้อยละของผลผลิต ค่าความแข็งแรง

2. ผลตอบสนองที่มีค่าน้อยยิ่งดี เช่น ร้อยละของเสียผลิต จำนวนตำหนิ
3. ผลตอบสนองที่ต้องมีค่าตรงตามเป้าหมาย เช่น น้ำหนักของชิ้นงาน ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับที่ระบุไว้ที่ภาชนะบรรจุ

S/N มีสูตรการคำนวณตารางที่ 2.7 โดยทากุชิให้เลือกเงื่อนไขการทดลองที่ทำให้ค่า S/N มีค่าสูงสุดหรือมากที่สุดเสมอ แต่อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ผลการทดลองแบบทากุชิ ไม่ได้เน้นด้านการวิเคราะห์เชิงสถิติแบบดั้งเดิม เช่น การใช้เทคนิค ANOVA หรือ Regression แต่จะให้ความสำคัญด้านการตีความและการใช้ประโยชน์จากกราฟอิทธิพลของปัจจัย (แนวคิดการออกแบบพารามิเตอร์ทันทาน มสธ. บทที่ 8 หน้า 66-73)

ตารางที่ 2.7 สูตรการคำนวณ Signal to noise ratio S/N แต่ละประเภทของผลตอบสนอง

ประเภทของผลตอบสนอง	สูตรที่ใช้คำนวณ
ยิ่งมากยิ่งดี (The larger, the better)	$\frac{S}{N} = -10 \log \left( \sum_j \frac{1}{y_j^2} / n \right)$
เข้าใกล้ค่ากลาง (Nominal the best)	$\frac{S}{N} = -10 \log \left( \sum_j \frac{y_i}{n} \right)^2 / S^2$
ยิ่งน้อยยิ่งดี (The Smaller, the better)	$\frac{S}{N} = -10 \log 10 \left( \sum_j y_j^2 / n \right)$

ที่มา : แนวคิดการออกแบบพารามิเตอร์ทันทาน มสธ. บทที่ 8 หน้า 68

โดยงานวิจัยนี้กระบวนการตรวจสอบคุณภาพเป็นขั้นตอนขั้นตอนสุดท้าย คือ การชั่งมวลก๊าซของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดค่าให้เข้าใกล้ค่ามาตรฐานมากที่สุด ค่า S/N ที่เลือกใช้คือค่าผลตอบสนองที่ต้องมีค่าตรงตามเป้าหมาย เลือกใช้ ค่า S/N ผลตอบสนองที่ต้องมีค่าตรงตามเป้าหมาย เท่ากับค่าที่ต้องการที่ดีที่สุด (Nominal is Best Type Problem) คือค่าความต้องการของค่าตอบสนองของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่ดีที่สุด

## 5.2 การออกแบบอะเรย์ไขว้ (Crossed Array Design)

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบพารามิเตอร์ทันทาน กำหนดระดับปัจจัยและเลือกค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อเสียงรบกวนค่า S/N เป็นที่เรียบร้อยแล้วจากนั้น เริ่มต้นด้วยการแบ่งกลุ่มปัจจัยเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มที่ควบคุมได้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องควบคุมได้ขณะที่ทำการทดลองและขณะที่นำไปใช้งานจริงในกระบวนการผลิต และกลุ่มที่ 2 ปัจจัยรบกวนปัจจัยนี้จะต้องควบคุมได้ขณะที่ทำการทดลองแต่ไม่สามารถควบคุมได้ขณะที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิต เช่น อุณหภูมิของบรรยากาศ ความชื้นในบรรยากาศ สำหรับงานวิจัยนี้คืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อม การกำหนดปัจจัยประเภทนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติ

ของการทดลองและกระบวนการผลิตที่กำลังสนใจ เมื่อกำหนดประเภทของปัจจัยแล้ว จะออกแบบการทดลองของแต่ละกลุ่มของปัจจัย เป็นสองส่วนได้แก่ 1. ตารางการออกแบบสำหรับปัจจัยที่ควบคุมได้ หรือเรียกว่า อะเรย์ภายใน (Inner Array) 2. ตารางการออกแบบสำหรับปัจจัยรบกวน หรือเรียกว่า อะเรย์ภายนอก (Outer Array)

สำหรับการออกแบบทั้ง 2 ตาราง สามารถใช้การออกแบบแฟคทอเรียล การออกแบบแฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Design) หรือการออกแบบประเภทอื่นๆ อย่างไรก็ตาม ทากูชิให้แนะนำให้ออกแบบโดยใช้ Orthogonal Array (OA) ซึ่ง OA แสดงได้อีกรูปแบบหนึ่ง โดยใช้ Linear Graph ซึ่งการใช้ Orthogonal Array นี้สอดคล้องกับการออกแบบแฟคทอเรียลบางส่วน เริ่มทำการออกแบบ Orthogonal Array (OA)

เริ่มต้นด้วยการแบ่งกลุ่มปัจจัยออกเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 คือ ปัจจัยควบคุมได้ กลุ่มที่ 2 ปัจจัยรบกวน ปัจจัยนี้จะต้องควบคุมได้ขณะที่ทำการทดลอง แต่ไม่สามารถควบคุมได้ขณะที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิต คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลองโดย ออกแบบ อะเรย์ภายใน และ อะเรย์ภายนอก จากนั้นนำทั้งสองอะเรย์มารวมกัน โดยการไขว้เรียกว่า การออกแบบอะเรย์ไขว้ เมื่อได้การออกแบบอะเรย์ไขว้แล้วจึงทำการทดลองรูปแบบการออกแบบ โดยมีปัจจัยที่ควบคุมได้ 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ดังตารางที่ 2.8 และรูปแบบการออกแบบตาราง Outer Array ปัจจัยรบกวน 1 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ อะเรย์ภายนอก ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.8 อะเรย์ภายใน

ปัจจัยที่ควบคุมได้		
$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	1	1
1	2	2
1	3	3
2	1	2
2	2	3
2	3	1
3	1	3
3	2	1
3	3	2

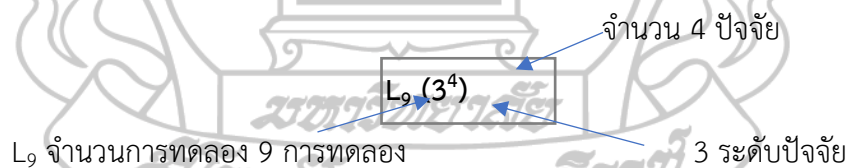


ตารางที่ 2.9 อะเรย์ภายนอก

$N_1$
1
2
3

จากนั้นนำทั้งสองอะเรย์มารวมกันโดยการไขว้เรียกว่า การออกแบบอะเรย์ไขว้ เมื่อได้การออกแบบอะเรย์ไขว้ โดยค่า ของ (Y) งานวิจัยนี้ตารางของการทดลองคือค่ามวลของก๊าซที่ซั่งได้แต่ละกระป๋องดังแสดงในตารางที่ 4 รูปแบบตารางอะเรย์แบบไขว้ หลังจากได้รูปแบบตารางอะเรย์แบบไขว้ ที่จะนำไปใช้ออกแบบการทดลอง กำหนดตารางแผนการทดลอง Matrix Experiment โดยใช้ตารางมาตรฐาน การเลือกใช้ Orthogonal Array L9 มาใช้สำหรับงานวิจัยนี้ โดยพิจารณาจากจำนวนปัจจัยในการทดลอง และระดับของปัจจัย โดยพิจารณาดังนี้

การทดลองนี้ มีทั้งหมด 4 ปัจจัย ประกอบด้วย ปัจจัยควบคุม 3 ปัจจัย ปัจจัยรบกวน 1 ปัจจัย แต่ละปัจจัย มี 3 ระดับ จากมาตรฐาน Orthogonal Array ใช้สัญลักษณ์ L พิจารณาจากตารางมาตรฐานเทคนิคทากูชิ มารวมกันโดยการไขว้เรียกว่า การออกแบบอะเรย์ไขว้เมื่อได้การออกแบบอะเรย์ไขว้แล้วจึงทำการทดลอง



ตารางที่ 2.10 มาตรฐานของเทคนิคทากูชิ

จำนวนปัจจัย	ระดับของปัจจัย				จำนวนปัจจัย	ระดับของปัจจัย			
	2	3	4	5		2	3	4	5
2	L4	L9	L16	L25	17	L32	L27	-	-
3	L4	L9	L16	L25	18	L32	L27	-	-
4	L8	L9	L16	L25	19	L32	L27	-	-

ตารางที่ 2.10 (ต่อ)

จำนวนปัจจัย	ระดับของปัจจัย				จำนวนปัจจัย	ระดับของปัจจัย			
	2	3	4	5		2	3	4	5
5	L8	L18	L16	L25	20	L32	L27	-	-
6	L8	L18	L32	L25	21	L32	L27	-	-
7	L8	L18	L32	L50	22	L32	L27	-	-
8	L12	L18	L32	L50	23	L32	L27	-	-
9	L12	L27	L32	L50	24	L32	-	-	-
10	L12	L27	L32	L50	25	L32	-	-	-
11	L12	L27	L32	L50	26	L32	-	-	-
12	L16	L27	L32	L50	27	L32	-	-	-
13	L16	L27	-	-	28	L32	-	-	-
14	L16	L36	-	-	29	L32	-	-	-
15	L16	L36	-	-	30	L32	-	-	-
16	L32	L36	-	-	31	L32	-	-	-

ตารางที่ 2.11 รูปแบบตารางอะเรย์แบบไขว้

X <sub>1</sub>	ปัจจัยควบคุม			ปัจจัยรบกวน (N <sub>1</sub> )		
	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	1	2	3	
1	1	1	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>	Y <sub>13</sub>	
1	2	2	Y <sub>21</sub>	Y <sub>22</sub>	Y <sub>23</sub>	
1	3	3	Y <sub>31</sub>	Y <sub>32</sub>	Y <sub>33</sub>	
2	1	2	Y <sub>41</sub>	Y <sub>42</sub>	Y <sub>43</sub>	
2	2	3	Y <sub>51</sub>	Y <sub>52</sub>	Y <sub>53</sub>	
2	3	1	Y <sub>61</sub>	Y <sub>62</sub>	Y <sub>63</sub>	
3	1	3	Y <sub>71</sub>	Y <sub>72</sub>	Y <sub>73</sub>	
3	2	1	Y <sub>81</sub>	Y <sub>82</sub>	Y <sub>83</sub>	
3	3	2	Y <sub>91</sub>	Y <sub>92</sub>	Y <sub>93</sub>	

ตารางที่ 2.12 ตารางการทดลอง Orthogonal Array L9

Run	Control Factors			Noise Factors			S/N
	Pressure	Speed	Volume	Temperature (°C)			
				Zone 1	Zone 2	Zone 3	
1	1	1	1	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>	Y <sub>13</sub>	
2	1	2	2	Y <sub>21</sub>	Y <sub>22</sub>	Y <sub>23</sub>	
3	1	3	3	Y <sub>31</sub>	Y <sub>32</sub>	Y <sub>33</sub>	
4	2	1	2	Y <sub>41</sub>	Y <sub>42</sub>	Y <sub>43</sub>	
5	2	2	3	Y <sub>51</sub>	Y <sub>52</sub>	Y <sub>53</sub>	
6	2	3	1	Y <sub>61</sub>	Y <sub>62</sub>	Y <sub>63</sub>	
7	3	1	3	Y <sub>71</sub>	Y <sub>72</sub>	Y <sub>73</sub>	
8	3	2	1	Y <sub>81</sub>	Y <sub>82</sub>	Y <sub>83</sub>	
9	3	3	2	Y <sub>91</sub>	Y <sub>92</sub>	Y <sub>93</sub>	

เมื่อได้รูปแบบตารางการทดลอง Orthogonal Array L9 ดังตารางที่ 2.12 จากนั้นนำไปกำหนดค่าจริง โดยวิธีการกำหนดค่าอยู่ในข้อ 5.3

### 5.3 การกำหนดค่าการทดลองกระบวนการบรรจุก๊าซ Orthogonal Array L9

เมื่อได้รูปแบบการออกแบบ Orthogonal Array L9 ตารางที่ 2.12 จากนั้นทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ค่าจากตารางที่ 2.12 โดยมีปัจจัยที่ควบคุมได้ 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ดังนี้ 1.ค่า Pressure Filling คือค่าของแรงดันจ่ายก๊าซมายังห้องบรรจุก๊าซมีหน่วยเป็น เมกะพาสคาล 2.ค่า Gas Filling Speed คือค่าของความเร็วในการบรรจุก๊าซ มีหน่วยเป็นกระป๋องต่อนาที และ 3.ค่า Volume of Gas Cylinder คือค่าของการปรับขนาดกระบอกบรรจุก๊าซมีหน่วยเป็น มิลลิลิตร ในส่วนของปัจจัยรบกวน มี 1 ปัจจัย มี 3 ระดับ ได้ทำการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ครบแล้ว ดังตารางที่ 2.12 การเก็บข้อมูลและการทดลองนั้น จะต้องตรวจสอบว่า อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในวันนั้นอยู่ใน Zone ไດ ( Zone 1: 25-30 °C , Zone 2: 31-35 °C, Zone 3: 36-40 °C ) เช่น อุณหภูมิของวันที่ทำการทดลองอยู่ในช่วง 27 องศาเซลเซียส จะอยู่ใน Zone 1 เริ่มทำการทดลองและเก็บข้อมูลค่ามวลบรรจุก๊าซ เพื่อบันทึกข้อมูลลงในช่องของค่า Y<sub>11</sub>, Y<sub>21</sub>, Y<sub>31</sub>, Y<sub>41</sub>, Y<sub>51</sub>, Y<sub>61</sub>, Y<sub>71</sub>, Y<sub>81</sub>, Y<sub>91</sub> โดยค่าที่ได้คือค่ามวลเฉลี่ย 6 หัวบรรจุ นำค่าที่ได้ทั้ง 6 หัวบรรจุ มาคำนวณค่าเฉลี่ย แล้วบันทึก

ลงในตารางทดลอง สำหรับใน Zone 2 และ Zone 3 การเก็บข้อมูลทำรูปแบบเดียวกับ การเก็บข้อมูล Zone 1 ดังตารางที่ 2.12

หลังจากได้ทำการเก็บข้อมูล ลงในตาราง Orthogonal Array L9 จากนั้นใช้เครื่องมือวิเคราะห์โปรแกรม Minitab เทคนิคทากูชิ มาช่วยคำนวณเพื่อหาคำตอบค่าที่ทนทานและหาผลตอบสนองของค่าความผันแปร ซึ่งจะทำให้ความผันแปรโดยรวมของกระบวนการบรรจุก๊าซลดลง กำหนดให้การคำนวณเป็นค่า อัตราส่วนต่อเสียงสัญญาณรบกวน โดยได้เลือกใช้ค่า S/N ประเภทผลตอบสนองที่มีค่าตรงตามเป้าหมาย ค่าที่เข้าใกล้ค่ากลางมากที่สุด (Chumphon, Y. (2021). การวิจัยการพัฒนาและนวัตกรรม. ใน ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยการพัฒนาและนวัตกรรม (หน่วยที่ 8, น. 66-73). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.)

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม แล้ว นำค่าที่ได้มาทำการทดลองในกระบวนการเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ ของค่ามวลบรรจุก๊าซว่าเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันที่มีการผลิต ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงของค่ามาตรฐานหรือไม่ และเปรียบเทียบเวลาในการปรับตั้งค่า จำนวนครั้ง และจำนวนของเสียในกระบวนการผลิต

ตารางที่ 2.13 การกำหนดค่าการทดลองกระบวนการบรรจุก๊าซ Orthogonal Array L9

Run	Control Factors			Noise Factors			S/N
	Pressure (MPa)	Speed (can/min)	Volume (mL)	Temperature (°C)			
				Zone 1	Zone 2	Zone 3	
1	1.6	60	128	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>	Y <sub>13</sub>	
2	1.6	65	130	Y <sub>21</sub>	Y <sub>22</sub>	Y <sub>23</sub>	
3	1.6	70	132	Y <sub>31</sub>	Y <sub>32</sub>	Y <sub>33</sub>	
4	1.8	60	130	Y <sub>41</sub>	Y <sub>42</sub>	Y <sub>43</sub>	
5	1.8	65	132	Y <sub>51</sub>	Y <sub>52</sub>	Y <sub>53</sub>	
6	1.8	70	128	Y <sub>61</sub>	Y <sub>62</sub>	Y <sub>63</sub>	
7	2.0	60	132	Y <sub>71</sub>	Y <sub>72</sub>	Y <sub>73</sub>	
8	2.0	65	128	Y <sub>81</sub>	Y <sub>82</sub>	Y <sub>83</sub>	
9	2.0	70	130	Y <sub>91</sub>	Y <sub>92</sub>	Y <sub>93</sub>	

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คมพันธ์ ชมสมุทร สุภัญญา เชิดชูงาม (2561) ได้ศึกษา การศึกษาประสิทธิภาพทิศทางการกัดงานที่มีผลต่อความหยาบผิวโดยวิธีการทากุชิ ได้นำเทคนิคทากุชิมาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการกัดชิ้นงาน กำหนดไว้ 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ ได้แก่ ความเร็วรอบ (Spindle Speed) อัตราป้อน (Feed rate) และระยะป้อนลึก (Depth of cut) ทำการทดสอบกับชิ้นงานทองเหลือง โดย กำหนดปัจจัยการทดสอบ 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ คือ ความเร็วรอบ 1200, 1500 และ 1800 รอบต่อนาที อัตราป้อน 80, 100 และ 120 มิลลิเมตรต่อนาทีระยะป้อนลึก 3, 4 และ 5 มิลลิเมตรโดยได้ค่าที่เหมาะสมความหยาบผิวที่ 0.84 ไมโครเมตร โดยค่าความเร็วรอบ (Spindle Speed) ระดับที่ 1 คือ 1200 รอบ/นาที ค่าอัตราป้อน (Feed rate) ระดับที่ 3 คือ 120 มิลลิเมตร/นาทีและระยะป้อนลึก (Depth of cut) ระดับที่ 2 คือ 4 มิลลิเมตร

สุรพงศ์ บางพาน (2557) งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาหาค่าของปัจจัยหรือ ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการกระบวนการกลึงขึ้นรูปโลหะ โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองวิธีทากุชิเพื่อลดจำนวนปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดเฉือน โดยทำการทดลองกลึงชิ้นงานเหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูง อัตราการกำจัดเศษที่ได้รับ คือค่า MRR (Material Removal Rate) ทำการศึกษา 3 ตัวแปร ได้แก่ ความเร็วเพลลาหมุน อัตราการป้อน และ ระยะการป้อนลึกและสร้างแผนการทดลองแบบเมตริกซ์ (matrix experiment) โดยใช้ตารางพิเศษที่เรียกว่า ตารางแนวฉาก (orthogonal array) และใช้โปรแกรม Minitab มาช่วยคำนวณเพื่อหาผลตอบสนองของความผันแปร ผลลัพธ์ที่ได้ คือได้ค่าเหมาะสมที่สุดในกระบวนการกลึงด้วยเครื่องกลึงให้ได้อัตราส่วนการกำจัด เศษต่ำสุด ร้อยละ 0.99 กรัมต่อวินาที

Somphop Phutthasorn, Paiboon Choungthong (2017) ทำการศึกษาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมด้วยเทคโนโลยีการตัดด้วยพลังน้ำที่ไม่ใช้ความร้อนไม่มีควันและสารพิษระหว่างการตัดงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการตัดชิ้นงานและปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมสำหรับคุณภาพพื้นผิวการตัดเพื่อลดการสูญเสียวัสดุและปริมาณ garnet ที่ใช้ในกระบวนการโดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง Orthogonal Array L9 เทคนิคทากุชิ โดยได้ทำการวิเคราะห์ค่าของอิทธิพลของตัวแปรและระดับของค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อพื้นผิวการตัด โดยพบว่าอิทธิพลของมุมกลึงเร็ว ความเร็วของใบหมุนมีผลต่อมุมกลึงเร็วและได้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยพบว่า แรงดันของน้ำที่ 5500 psi ใบมีดเคลื่อนที่ 80 มม./นาทีมีแนวโน้มทำให้มุมต่ำ

Kaushik, V., & Shankar, N. (2022). การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธีทากูชิสำหรับการออกแบบกังหันลมที่ทนทาน (Statistical Analysis using Taguchi Method for Designing a Robust Wind Turbine) ใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ Orthogonal Array L9 ที่มี 4 พารามิเตอร์ 3 ระดับปัจจัย เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การยกสูงสุด จากวิธีการของทากูชิได้ค่าพารามิเตอร์ที่ระดับดังนี้ 1. ค่า NACA 0021 Aerofoil 2.ค่า Mach no. 0.0087 2. ค่า Reynolds 100,000 และ4. ค่า AOA 8 deg. ได้ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุดที่ 1.0361 และยังสามารถใช้วิธีการทากูชิหาค่าสัมประสิทธิ์การลากขึ้นต่ำได้ค่าพารามิเตอร์ที่ระดับ ดังนี้ 1. ค่า NACA 0.015 Aerofoil 2.ค่า Mach no. 0.0087 2. ค่า Reynolds 100,000 และ4. ค่า AOA 8 deg. ได้ค่าสัมประสิทธิ์การลากขึ้นต่ำที่ 0.0219

Gijo, E. V., & Scaria, J. (2012). ได้ทำการศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยประยุกต์ใช้ทากูชิที่ทนทานโดยใช้การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้แนวทางการออกแบบพารามิเตอร์ทนทานของทากูชิในการออกแบบมอเตอร์ในบริษัท Central ขนาดใหญ่ในประเทศอินเดียโดยมีข้อกำหนดของลูกค้าที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพต่ำของมอเตอร์รุ่นปัจจุบันที่องค์กรไม่สามารถตอบสนองได้ โดยได้ทำการประมาณค่าของพารามิเตอร์แนวทางทากูชิถูกนำมาใช้เพื่อหาค่าที่เหมาะสมมากที่สุด อาร์เรย์มุมฉากถูกนำมาใช้ เพื่อออกแบบการทดลองโดยมีปัจจัยควบคุม 13 ปัจจัย 3 ระดับ ทำการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้อัตราส่วนต่อสัญญาณรบกวน จากการศึกษาวิเคราะห์ตามการออกแบบค่าที่เหมาะสมที่สุดมีการสร้างรูปแบบการทดลอง พบว่าให้ผลที่น่าพอใจ ปัญหาที่สะสมใช้เวลาเพียง 10 สัปดาห์ ในขณะที่วิธีการออกแบบแบบดั้งเดิม ใช้เวลา 12-15 เดือน ทำให้เห็นว่าการใช้เทคนิคทากูชิทำให้ช่วยลดเวลาการทดลอง

สุรพงศ์ บางพาน, พีรพันธ์ บางพาน, เจษฎา แก้วสุใจ, & พงศ์รินทร์ กิ่งอุโมงค์. (2552) ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาพารามิเตอร์สำหรับกระบวนการเชื่อม SMAW โดยได้วางแผนการเตรียมงานและทำการทดสอบรอยเชื่อมเพื่อวิเคราะห์การหลอมละลายของแนวเชื่อมในการเชื่อมเหล็กทรงขนาด 4x4 นิ้ว และความหนา 4 มิลลิเมตร ได้เลือกพารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น กระแสไฟฟ้า มุมการเชื่อม และระยะช่องว่างระหว่างชิ้นงานกับลวดเชื่อม ซึ่งทำการทดลองโดยใช้วิธีทากูชิ เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละปัจจัย การทดลองใช้แบบการจัดวางลำดับแบบแนวฉาก (Orthogonal Array, OA) ชนิด L9 ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือ กระแสไฟฟ้าที่ 90 แอมแปร์ มุมการเชื่อมที่ 10 องศา และระยะช่องว่างระหว่างชิ้นงานที่ มิลลิเมตร ซึ่งทำให้การหลอมละลายของการเชื่อมของแนวเชื่อมอยู่ในระดับที่ดีที่สุด

Vongpeang, S., & Prasanjai, A. (2019) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีทากูชิเพื่อลดชิ้นงานเสียในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์พีซีบี กรณีศึกษาได้มุ่งเน้นการลดของเสียในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) โดยในขั้นต้นมีของเสียอยู่ที่ร้อยละ 4.39 ต่อเดือน

การศึกษาใช้แผนภูมิพารेटโตและแผนผังเหตุและผลเพื่อระบุปัญหาและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ จากนั้นได้ออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีทากูชิเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ได้แก่ ความเร็ว (Squeegee Speed) ที่ 30 มม./วินาที แรง (Squeegee Force) ที่ 20 นิวตัน และความสูงของบอร์ด (Board Size Height) ที่ 1.0 มม. ผลลัพธ์พบว่าของเสียลดลงเหลือร้อยละ 2.58 ต่อเดือน ซึ่งลดลง ร้อยละ 40 จากเดิม



## บทที่ 3

### การดำเนินงานและวิธีวิจัย

การดำเนินงานและวิธีวิจัยเรื่อง การหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกายด้วยเทคนิคทากูชิ ได้กำหนดแผนการดำเนินงานและวิธีวิจัย โดยได้อธิบายรายละเอียด วิธีการดำเนินงาน ตลอดจนการนำเครื่องมือสำหรับงานวิจัยเข้าไปใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีรายละเอียดดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
  - 1.1 ประชากรและข้อมูลผลิตภัณฑ์
  - 1.2 กลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
  - 2.1 การออกแบบการทดลอง DOE
  - 2.2 เทคนิคทากูชิ
  - 2.3 เครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับการทดลอง
  - 2.4 หลักสถิติสำหรับงานวิจัย
3. การรวบรวมข้อมูล
  - 3.1 ข้อมูลก่อนปรับปรุง
  - 3.2 การเก็บข้อมูลก่อนปรับปรุงกระบวนการบรรจุก๊าซ
  - 3.3 การเก็บข้อมูล Total Gage R&R ก่อนทำการทดลอง
  - 3.4 การเก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง
  - 3.5 การเก็บข้อมูลหลังจากนำค่าพารามิเตอร์มาใช้สำหรับการบรรจุก๊าซ
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 1.1 ข้อมูลประชากร/ผลิตภัณฑ์

ก่อนทำการวิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต สเปรย์ระงับกลิ่นกาย สืบเนื่องมาจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกาย พบว่าในกระบวนการบรรจุก๊าซ มีการหยุดปรับตั้งค่าเครื่องจักรหลายครั้งต่อวัน และค่ามวลของก๊าซที่วัดได้มีค่าไม่คงที่ ตามค่า



มาตรฐานที่ได้กำหนด  $72 \pm 1$  กรัมต่อกระป๋อง จึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และได้ออกแบบตารางการเก็บข้อมูล

สำหรับการเก็บข้อมูลนั้น จะต้องเริ่มจากการเก็บข้อมูลของกระบวนการบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด ดังนี้ 1.จำนวนยอดการผลิต 2.มวลของก๊าซที่บรรจุแต่ละหัวบรรจุภัณฑ์ 3.เวลาในการหยุดเครื่องจักร และ 4.ยอดจำนวนของเสีย ที่เกิดจากกระบวนการบรรจุภัณฑ์ในแต่ละวัน และนำมารวมยอดรายเดือน เพื่อนำข้อมูลไปสู่การแก้ปัญหาและการปรับปรุงกระบวนการให้ค่าอยู่ในช่วงเป้าหมายเพื่อส่งผลให้ ลดเวลาในการปรับตั้งค่า ลดจำนวนของเสียจากกระบวนการผลิต ในส่วนของข้อมูลผลิตภัณฑ์ ได้ทำการเก็บข้อมูล เดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 ก่อนปรับปรุง และข้อมูลการผลิตตั้งแต่เดือน มกราคม – ตุลาคม พ.ศ. 2566 เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบหลังปรับปรุง

## 1.2 กลุ่มตัวอย่าง

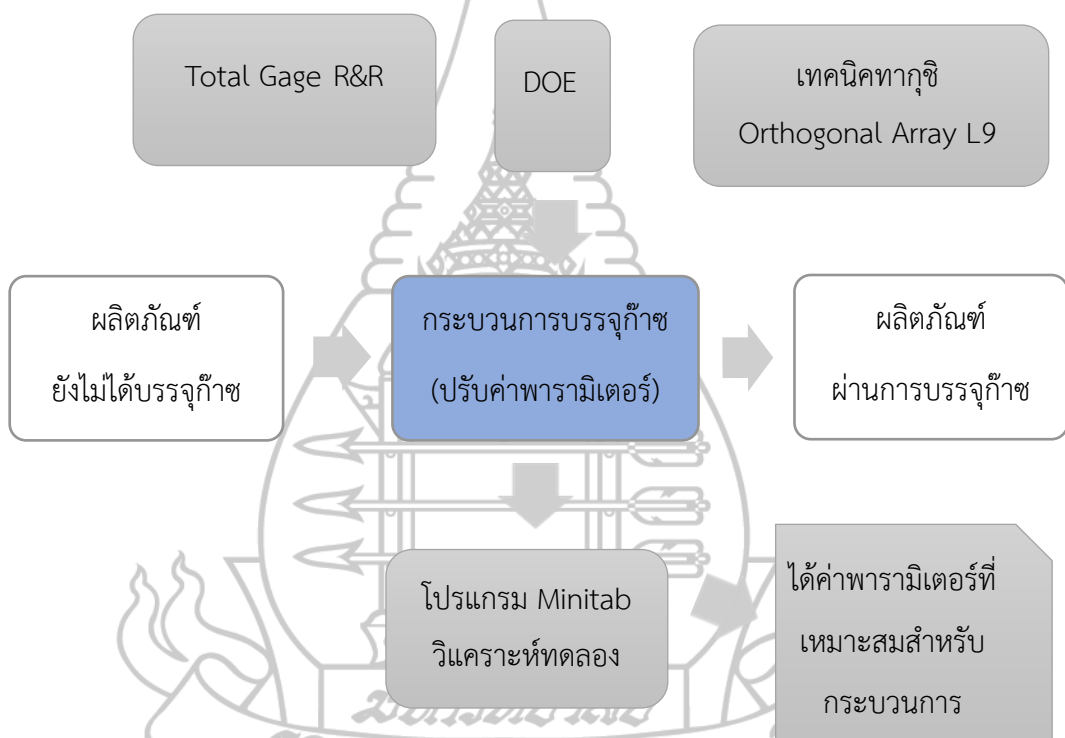
การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกกลุ่มตัวอย่าง จากสายการผลิต Line A ของโรงงานที่ศึกษา ซึ่งเป็นสายการผลิตที่มีการผลิตสเปร์ยระงับกลิ่นกาย โดยมียอดการผลิตเฉลี่ยต่อวันประมาณ 30,000 – 35,000 กระป๋องต่อวัน ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลคือเวลา 8.00 – 17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาของการผลิตในแต่ละวัน โดยมีรายละเอียดการเก็บตัวอย่างระหว่างทำการทดลองมีดังนี้ 1. ทำการเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมงสำหรับค่ามวลบรรจุภัณฑ์ 2. เก็บข้อมูลทุกครึ่งเวลาในการหยุดปรับตั้งค่าเครื่องจักร และ 3. เก็บข้อมูลยอดจำนวนของเสียที่เกิดจากกระบวนการบรรจุภัณฑ์ในแต่ละวัน เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์และเปรียบเทียบหลังปรับปรุง รายละเอียดการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างดัง ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

ลำดับที่	รายการเก็บข้อมูล	ความถี่	หน่วย
1	ยอดการผลิตสเปร์ยต่อวัน	1 ครั้งต่อวัน	กระป๋องต่อวัน
2	น้ำหนักบรรจุภัณฑ์	1 ชั่วโมงต่อครั้ง	กรัมต่อกระป๋อง
3	จำนวนครั้งหยุดเครื่องจักร	เมื่อเครื่องจักรหยุด	ครั้งต่อวัน
4	เวลาหยุดเครื่องจักร	เมื่อเครื่องจักรหยุด	นาทีต่อวัน
5	จำนวนของเสีย	เมื่อเกิดของเสีย	กระป๋องต่อวัน

## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

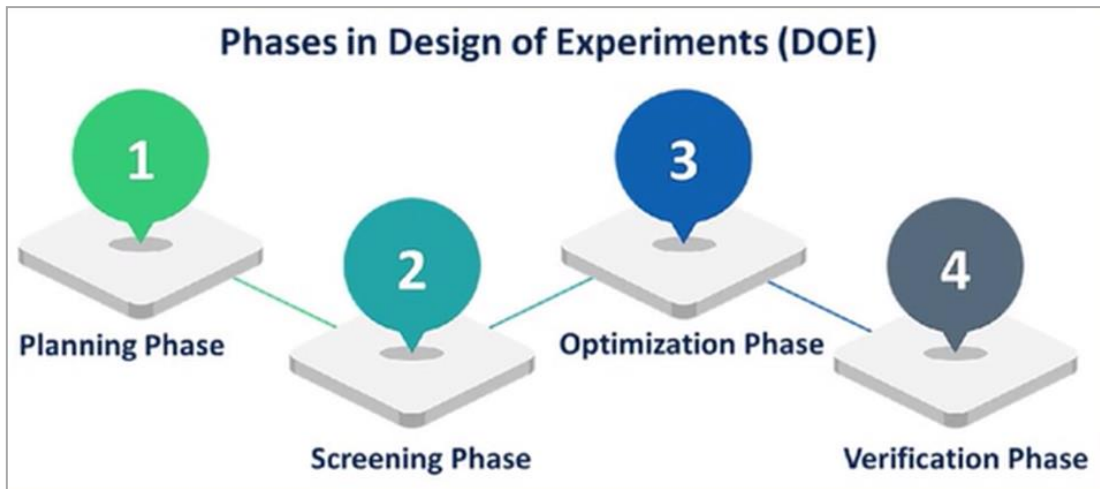
สำหรับงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้เครื่องมือในการปรับปรุงกระบวนการ โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ดังนี้ 1.การออกแบบการทดลอง 2. เทคนิคทากูชิ 3. การวิเคราะห์ค่า Total Gage R&R และ 4.โปรแกรม Minitab ใช้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อหาค่าที่ทนทานของกระบวนการบรรจุก๊าซ ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 เครื่องมือสำหรับงานวิจัย

### 2.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง (Phases in Design of Experiment (DOE))

ตามขั้นตอนการออกแบบการทดลอง 1. (Phases in Design of Experiment (DOE)) สำหรับเทคนิคทากูชิ เริ่มต้นจาก 1. ขั้นตอนการวางแผน (Planning Phase) 2. ขั้นตอนการคัดกรอง (Screening Phase) 3. ขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพ (Optimization Phase) และ 4. ขั้นตอนการตรวจสอบ (Verification Phase) ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 Phases in Design of Experiment (DOE) Taguchi

ที่มา : <https://learnandapply.org/>

สำหรับการทดลองนี้ ไลน์การบรรจุก๊าซมีพนักงานทั้งหมด 3 คนเป็นผู้บรรจุก๊าซและทำหน้าที่ในการปรับค่าพารามิเตอร์และทำการชั่งน้ำหนักก๊าซ เนื่องจากการทดลองนี้มีการปรับค่ากระบวนการ เพื่อให้การทดลองมีความน่าเชื่อถือ ในส่วนของค่าความคลาดเคลื่อนในส่วนของเครื่องมือวัดและตัวของพนักงานที่ทำการวัดค่ามวลของก๊าซ โดยได้ทำการวิเคราะห์ค่า Total Gage R&R น้อยกว่า 10 %

**2.1.1 ขั้นตอนการวางแผน (Planning Phase)** ซึ่งมีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับกระบวนการทดลอง เพราะจะส่งผลทั้งในด้านค่าใช้จ่าย เวลาการทดลองที่เกิดขึ้นเพราะจะต้องหยุดไลน์การผลิต เพื่อทำการทดลองและนำผลิตภัณฑ์มาทำการทดสอบซึ่งจะทำให้เกิดค่าใช้จ่าย เพื่อให้กระบวนการทดลองมีประสิทธิภาพจะต้องมีการวางแผนที่ดี โดยมีขั้นตอนการวางแผนดังนี้

ตารางที่ 3.2 ขั้นตอนการวางแผน

ขั้นตอนการวางแผน	รายละเอียด
1.กำหนดปัญหา	ค่ามวลของก๊าซที่วัดได้มีค่าไม่คงที่ ตามค่ามาตรฐานที่กำหนด
2.กำหนดเป้าหมาย	การหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอนการวางแผน	รายละเอียด
3.พัฒนาแผนการทดลอง	นำหลักการเทคนิคทากูชิ และทฤษฎีของก๊าซ มาใช้ออกแบบตารางการทดลองปรับปรุงกระบวนการให้มีประสิทธิภาพ
4.การควบคุมกระบวนการ	นำหลักสถิติเครื่องมือทางด้านงานวิจัยเข้ามาควบคุมและช่วยวิเคราะห์กระบวนการทดลอง การทดลองนี้ใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยคำนวณและวิเคราะห์

**2.1.2 ขั้นตอนการคัดกรอง (Screening Phase)** ได้ทำการคัดกรองค่าพารามิเตอร์และค่าระดับของพารามิเตอร์เพื่อนำมาใช้สำหรับการทดลอง โดยค่าที่ใช้ ได้นำช่วงของค่าที่ใช้ในการปฏิบัติงาน นำมากำหนดค่าในการออกแบบการทดลอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานที่สุดสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซโดยเทคนิคทากูชิ กำหนดใช้ ก๊าซชีวแทน สำหรับการบรรจุก๊าซของผลิตภัณฑ์ และกำหนดปัจจัยที่ควบคุมได้ 3 ปัจจัย คือ 1.แรงดันจ่ายก๊าซมายังห้องบรรจุ 2.ความเร็วในการบรรจุก๊าซ 3. ปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องควบคุมระหว่างทำการทดลอง และปัจจัยรบกวน 1 ปัจจัยคืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อม สำหรับช่วงระดับของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ได้ทำการแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้ คือแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือระดับต่ำ (Low) อุณหภูมิช่วง 25-30 °C ระดับกลาง (Middle) 31-35 °C และระดับสูง (High) อุณหภูมิช่วง 35-40 °C กำหนด (Zone 1: 25-30 °C , Zone 2: 31-35 °C, Zone 3: 36-40 °C) ซึ่งเป็นช่วงของอุณหภูมิปฏิบัติงานจริงของบริเวณ ห้องบรรจุ และสถานีจ่ายก๊าซ ซึ่งในการทดลองนี้ มีปัจจัยที่ควบคุมได้ 3 ปัจจัย 3 ระดับ และปัจจัยรบกวน 1 ปัจจัย 3 ระดับ ในส่วนของระดับค่าการทดลองเป็นค่า ที่ผู้ปฏิบัติงานในส่วนของบรรจุก๊าซใช้งานจริง โดยมีรายละเอียดของการกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง

ปัจจัย	พารามิเตอร์	ค่าของระดับ
ควบคุม	1.แรงดันบรรจุก๊าซ	3 ระดับ : 1.6, 1.8, 2.0 เมกะพาสกาล
	2.ความเร็วในการบรรจุก๊าซ	3 ระดับ : 60, 65, 70 กระทบต่อนาที
	3. ปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ	3 ระดับ : 128, 130, 132 มิลลิลิตร
รบกวน	1.อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	3 ระดับ : 1, 2, 3 ช่วงของอุณหภูมิองศาเซลเซียส

หลังจากได้ทำการกำหนดพารามิเตอร์และระดับของค่าพารามิเตอร์ จากนั้นได้ทำการคัดกรองรูปแบบ การออกแบบการทดลองและเลือกรูปแบบการทดลอง ทำการเปรียบเทียบแต่ละรูปแบบการทดลอง มีการคัดกรองดังนี้ มีการเปรียบเทียบ 2 รูปแบบการทดลอง คือ Taguchi Orthogonal Array L9 กับ Full Factorial Design ได้อธิบายข้อดีและข้อเสียของการออกแบบการทดลอง ทั้งสองรูปแบบ เพื่อนำมาเปรียบเทียบและ ใช้ตัดสินใจในเลือกรูปแบบการออกแบบการทดลอง ซึ่งเมื่อได้ทำการเปรียบเทียบแล้ว การเลือกรูปแบบตารางการทดลองแบบ Taguchi Orthogonal Array L9 มีความเหมาะสมกับกระบวนการบรรจุภัณฑ์มากกว่า เนื่องจาก มีจำนวนการทดลอง เวลา และมีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่า ซึ่งจะทำให้การออกแบบการทดลองนี้ กระทบกับกระบวนการผลิตในแต่ละครั้งที่ทำการทดลองน้อยกว่าแบบ Full Factorial Design เพราะว่าการทดลองปรับตั้งค่าแต่ละช่วงของค่าพารามิเตอร์ จะต้องทำการทดลองในช่วงก่อนเริ่มทำการผลิต ช่วงที่พนักงานปรับตั้งค่าเครื่องจักรก่อนทำการผลิต หรือในช่วงที่มีการปรับตั้งค่าเครื่องจักรในแต่ละวันที่ทำการผลิต และได้ทำการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย ของการใช้เทคนิคทากูชิ แสดงดังตารางที่ 3.4 และข้อดีข้อเสียของการทดลอง Full Factorial Design แสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียการใช้เทคนิคทากูชิ

ข้อดี	ข้อเสีย
1.ลดความแปรปรวน เทคนิคทากูชิมุ่งเน้นการลดความแปรปรวนในผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่มั่นคงมากขึ้น สามารถช่วยลดค่าความแปรปรวน	1.ความซับซ้อนของการใช้เทคนิคทากูชิใช้หลักการทางสถิติและสมการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน การเข้าใจและการประยุกต์ใช้งานอาจจะยุ่งยาก เนื่องจากมีการเลือกใช้สมการทำให้เกิดความซับซ้อนผู้ศึกษาจะต้องเลือกค่าสมการให้ถูกต้อง
2. ประหยัดทรัพยากร ช่วยวางแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพ โดยลดจำนวนทดลอง ทำให้ประหยัดเวลาและทรัพยากร ในกระบวนการบรรจุภัณฑ์ ช่วยลดในเรื่องของเวลาการทดลอง และ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับการทดลอง	2. การใช้เทคนิคทากูชิต้องการความเข้าใจลึกซึ้ง การทำความเข้าใจและการใช้เทคนิคทากูชิอาจต้องการความรู้เกี่ยวกับหลักการทางสถิติและวิศวกรรม ผู้ศึกษาจะต้องทำการศึกษาวิธีการเป็นอย่างดี ทั้งการออกแบบตารางการทดลอง และการใช้โปรแกรม เข้ามาช่วยวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสม

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ข้อดี	ข้อเสีย
3. การวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปร ช่วยให้สามารถระบุตัวแปรที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการได้อย่างเป็นประสบการณ์ สามารถช่วยวิเคราะห์ค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการบรรจุภัณฑ์ ระบุตัวแปรที่มีผลสูงสุดต่อค่ามวลก๊าซได้	3. การจำกัดความสามารถในการตรวจสอบปัจจัยแบบประสิทธิภาพสูง อาจจะไม่เหมาะสมสำหรับการตรวจสอบปัจจัยที่มีความสำคัญและประสิทธิภาพสูง
4. ช่วยในการเลือกตัวแปรที่สำคัญ ช่วยในการกำหนดความสำคัญของแต่ละตัวแปร ซึ่งช่วยในการให้ไปสู่ความประสบความสำเร็จในการลดความผิดพลาด จากการนำค่าไปวิเคราะห์เทคนิคทากูชิสามารถช่วยระบุตัวแปรที่สำคัญได้ สามารถเรียงลำดับค่าได้	4. การจำกัดความสามารถในการจัดการกับปัจจัยที่ซับซ้อนในบางกรณี การทำการทดลองด้วยเทคนิคทากูชิอาจจะไม่สามารถจัดการกับปัจจัยที่มีความซับซ้อนได้

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย Full Factorial Design

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ทราบผลกระทบของตัวแปรทุกตัว ทำให้ทราบผลกระทบของแต่ละตัวแปรที่ถูกใช้ในการทดลอง	1. การใช้ทรัพยากรที่มาก เป็นการใช้ทรัพยากรการทดลองทุกระดับที่เป็นไปได้ อาจทำให้ใช้ทรัพยากรมากเกินไป
2. สามารถทดลองทุกระดับที่เป็นไปได้ ทดลองทุกระดับที่เป็นไปได้จะทำได้ ข้อมูลที่ครอบคลุมทุกระดับของตัวแปรทุกตัว	2. ทำให้การทดลองซับซ้อนมากขึ้น การทดลองทุกระดับที่เป็นไปได้ อาจทำให้การทดลองมีความซับซ้อนมากขึ้น
3. ทำให้เข้าใจได้ง่าย เป็นวิธีทดลองที่เข้าใจและให้ผลลัพธ์ที่มีความน่าเชื่อถือ	3. การจำกัดความสามารถในการจัดการกับปัจจัยที่ซับซ้อน ในบางกรณี การทำการทดลอง อาจจะไม่สามารถจัดการกับปัจจัยที่มีความซับซ้อนได้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

ข้อดี	ข้อเสีย
4. สามารถตรวจสอบปัจจัยแบบทวิภาคสูง สามารถใช้ในการตรวจสอบปัจจัยที่มีความสำคัญ และประสิทธิภาพสูง	4. การต้องพิจารณาความสมดุลของการทดลอง การทดลองทุกระดับที่เป็นไปได้อาจทำให้ไม่สามารถพิจารณาความสมดุลของการทดลองได้

ตารางที่ 3.6 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการคำนวณแต่ละขั้นตอน

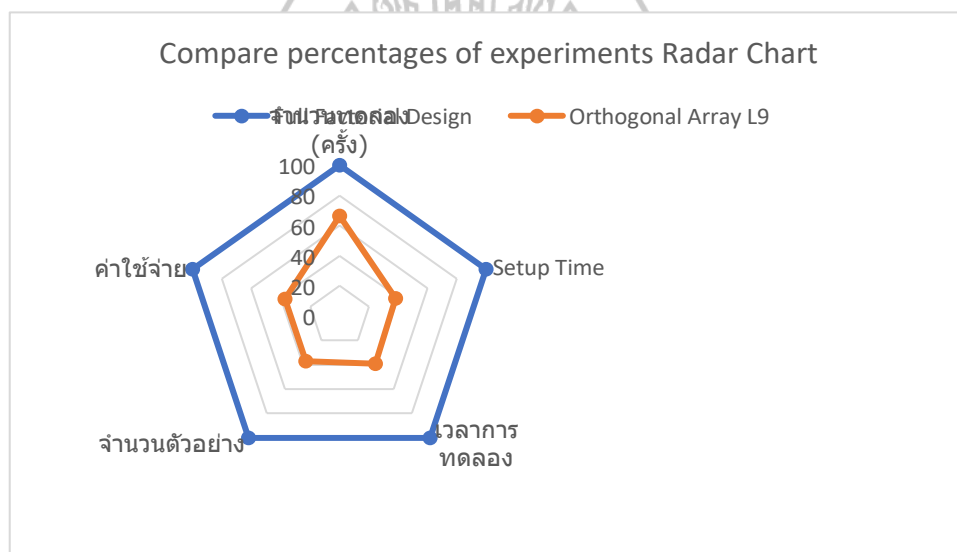
รูปแบบการทดลอง	จำนวนทดลอง (ครั้ง)	Setup Time (min)	เวลาการทดลอง (นาที)	จำนวนตัวอย่าง (กระป๋อง)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
Full Factorial Design	81 ( $3^4 = 81$ )	810 ( $81 \times 10$ )	648 ( $81 \times 8$ )	972 ( $81 \times 12$ )	29,160 ( $972 \times 30$ )
Taguchi	27	270	216	324	9,720
Orthogonal Array L9	(จากตารางทากูชิ L9)	( $27 \times 10$ )	( $27 \times 8$ )	( $27 \times 12$ )	( $324 \times 30$ )
ค่าที่ใช้สำหรับคำนวณ	จำนวนปรับพารามิเตอร์	10 นาที/ครั้ง ค่าเฉลี่ย	8 นาที/ครั้ง ค่าเฉลี่ย	12 กระป๋อง/ ครั้ง	30 บาท/ กระป๋อง

หลังจากที่ได้ทำการหาข้อมูลและเปรียบเทียบ ข้อดีและข้อเสียของการทดลองทั้งสองแบบการทดลอง และเปรียบเทียบเวลาการทดลอง และค่าใช้จ่ายเฉลี่ย ที่เกิดขึ้น ดังตารางที่ 3.6 นอกจากนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบ ด้วยเทคนิคทากูชิ ที่มีจำนวนการทดลอง 27 ครั้งและได้ นำข้อมูลในอดีตมาบันทึกค่าเวลาการทดลองที่ทดลอง และจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับแผนภูมิเรดาร์ ดังตารางที่ 3.7 และ ภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.7 ผลการเปรียบเทียบ Full Factorial Design กับ Taguchi Orthogonal Array L9

รูปแบบการทดลอง	การทดลอง		เวลาปรับตั้งค่า		เวลาการทดลอง		จำนวนตัวอย่าง		ค่าใช้จ่าย	
	ครั้ง	%	นาที	%	นาที	%	Cans	%	บาท	%
Full Factorial Design	81	100	810	100	648	100	972	100	29,160	100
Taguchi Orthogonal Array L9	27	66.67	310	38.27	255	39.35	360	37.04	10,800	37.04

นำค่าที่ได้จากการทดลอง Taguchi Orthogonal Array L9 การทดลองทั้งหมด 27 ครั้งและ Full Factorial Design ดังตารางที่ 3.7 และ ภาพที่ 3.3 แผนภูมิเรดาร์เปรียบเทียบความแตกต่างร้อยละของรูปแบบการทดลอง



ภาพที่ 3.3 แผนภูมิเรดาร์เปรียบเทียบความแตกต่างร้อยละของรูปแบบการทดลอง

**2.1.3 ขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพ (Optimization Phase)** ในขั้นตอนนี้เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทดลอง ได้นำหลักการทฤษฎีและกฎของก๊าส นำมาใช้เป็นหลักสำหรับใช้อ้างอิงค่าของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อค่าน้ำหนักก๊าสในกระบวนการบรรจุก๊าส และ ทำการทดลองหาค่า Total Gage R&R ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดและตัวพนักงาน



เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงกระบวนการทดลองให้มีความน่าเชื่อถือและ เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานมากที่สุดแม้จะมีปัจจัยภายนอกรบกวน ในการทดลองครั้งนี้

**2.1.4 ขั้นตอนการตรวจสอบ (Verification Phase)** หลังจากทำการทดลองและได้ผลการทดลองค่าพารามิเตอร์ที่ทนทาน ในขั้นตอนนี้จะต้องทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยนำค่าที่ได้ไปใช้ในกระบวนการ และจะต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพื่อเป็นการยืนยันผลที่ได้จากการทดลอง

## 2.2 เทคนิคทากูชิ

เมื่อได้ทำการคัดกรองเลือก ค่าปัจจัย ค่าระดับของค่าปัจจัย และรูปแบบการทดลอง เทคนิคทากูชิในหัวข้อนี้จะทำการอธิบายวิธีการนำเทคนิคทากูชิมาใช้ในการทดลองดังต่อไปนี้ เริ่มต้นทำการออกแบบการทดลองโดยออกแบบอะเรย์ภายในตารางที่ 3.8 และอะเรย์ภายนอก ตารางที่ 3.9 จากนั้นนำทั้งสองอะเรย์มารวมกันโดยการไขว้เรียก ว่าการออกแบบอะเรย์ไขว้ตารางที่ 3.10 เมื่อได้ทำการออกแบบตารางอะเรย์ไขว้ คือตาราง Taguchi Orthogonal Array L9 แล้วจึงนำตารางไปใช้สำหรับการทดลอง

ตารางที่ 3.8 อะเรย์ภายใน

ปัจจัยที่ควบคุมได้		
Pressure (MPa)	Speed (can/min)	Volume (mL)
1.6	60	128
1.6	65	130
1.6	70	132
1.8	60	130
1.8	65	132
1.8	70	128
2.0	60	132
2.0	65	128
2.0	70	130

ตารางที่ 3.9 อะเรย์ภายนอก

ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้	
	Zone 1
	Zone 2
	Zone 3

ตารางที่ 3.10 ตารางการทดลองกระบวนการบรรจุก๊าซ Orthogonal Array L9

Run	Control Factors			Noise Factors			S/N
	Pressure	Speed	Volume	Zone 1	Zone 2	Zone 3	
	(MPa)	(can/min)	(mL)				
1	1.6	60	128	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>	Y <sub>13</sub>	
2	1.6	65	130	Y <sub>21</sub>	Y <sub>22</sub>	Y <sub>23</sub>	
3	1.6	70	132	Y <sub>31</sub>	Y <sub>32</sub>	Y <sub>33</sub>	
4	1.8	60	130	Y <sub>41</sub>	Y <sub>42</sub>	Y <sub>43</sub>	
5	1.8	65	132	Y <sub>51</sub>	Y <sub>52</sub>	Y <sub>53</sub>	
6	1.8	70	128	Y <sub>61</sub>	Y <sub>62</sub>	Y <sub>63</sub>	
7	2.0	60	132	Y <sub>71</sub>	Y <sub>72</sub>	Y <sub>73</sub>	
8	2.0	65	128	Y <sub>81</sub>	Y <sub>82</sub>	Y <sub>83</sub>	
9	2.0	70	130	Y <sub>91</sub>	Y <sub>92</sub>	Y <sub>93</sub>	

เมื่อได้ตารางการทดลอง นำตารางที่ได้ไปใช้ในการทดลองที่ระดับอุณหภูมิ Zone ต่างๆดังที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 3.10 โดยจะต้องทำการออกแบบ ตารางสำหรับบันทึกค่ามวลของก๊าซ แต่ละหัวบรรจุก๊าซ เพื่อใช้สำหรับคำนวณค่าเฉลี่ยของก๊าซ เพื่อนำค่าที่ได้จากการทดลอง กลับมาบันทึก ลงในตารางที่ 3.10 ดูตัวอย่างการบันทึกข้อมูลจาก ตารางที่ 3.11 และ 3.12 ตามลำดับ โดยทำการเก็บ ข้อมูลค่ามวลที่บรรจุแต่ละหัวบรรจุทั้งหมด 6 หัวบรรจุ จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปลงใน

ตาราง Orthogonal Array L9 ตารางที่ 3.10 เมื่อได้ค่าครบทุกค่าแล้ว หลังจากนั้นจะเป็นการนำค่าที่ได้จากการทดลองไปเข้าสู่ กระบวนการวิเคราะห์ผลซึ่งจะอธิบายวิธี วิเคราะห์ผลการทดลอง ในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 3.11 แสดงการทดลองตารางบันทึกข้อมูลมวลของก๊าซแต่ละหัวบรรจุ (เพื่อนำค่าเฉลี่ยไปลงข้อมูลในตารางการทดลอง Orthogonal Array L9)

Run	Parameter			Temp. (°C)			Gas Filling Meachin no. (g) (SD 72 ± 1 g/can)						Mass
	Pressure	Speed	Volume	Z.1	Z.2	Z.3	1	2	3	4	5	6	
1	1.6	60.0	128.0	28			71.68	71.95	71.65	71.98	71.45	72.10	71.80
2	1.6	60.0	128.0		32.5		71.5	71.2	71.23	71.56	71.05	71.24	71.30
3	1.6	60.0	128.0			37.5	70.85	70.35	70.25	70.35	70.45	70.28	70.42
4	1.6	65.0	130.0										
5	1.6	65.0	130.0										
6	1.6	65.0	130.0										
7	1.6	70.0	132.0										
8	1.6	70.0	132.0										
9	1.6	70.0	132.0										
10	1.8	60.0	130.0										
11	1.8	60.0	130.0										
12	1.8	60.0	130.0										
13	1.8	65.0	132.0										
14	1.8	65.0	132.0										
15	1.8	65.0	132.0										
16	1.8	70.0	128.0										
17	1.8	70.0	128.0										
18	1.8	70.0	128.0										
19	2.0	60.0	132.0										
20	2.0	60.0	132.0										
21	2.0	60.0	132.0										
22	2.0	65.0	128.0										
23	2.0	65.0	128.0										
24	2.0	65.0	128.0										
25	2.0	70.0	130.0										
26	2.0	70.0	130.0										
27	2.0	70.0	130.0										

บันทึกค่ามวลก๊าซ

บันทึกค่าอุณหภูมิช่วง  
ที่ทำการทดลอง

ค่าปรับตั้งค่าเครื่องจักร

ค่าเฉลี่ย มวลของก๊าซ  
นำค่าที่ได้ไปบันทึกใน  
ตารางที่ 1

ตัวอย่างการเก็บ ข้อมูล

เมื่อเก็บข้อมูลการทดลองครบ จากนั้นนำข้อมูลค่าเฉลี่ยมวลของก๊าซมาบันทึกข้อมูลลงใน ตารางที่ 3.12 เพื่อ นำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3.12 ตารางการทดลองกระบวนการหลังบรรจุก๊าซ Orthogonal Array L9

Run	Control Factors			Noise Factors		
	Pressure (MPa)	Speed (can/min)	Volume (mL)	Zone 1	Zone 2	Zone 3
1	1800	60	128			
2	1800	65	130			
3	1800	70	132			
4	1900	60	130			
5	1900	65	132			
6	1900	70	128			
7	2000	60	132			
8	2000	65	128			
9	2000	70	130			

นำค่าเฉลี่ยจากตารางที่ 3.10

ใส่ค่าลงในช่อง Zone การทดลอง

ตัวอย่างการเก็บ ข้อมูล

ตารางที่ 3.13 วิธีการเก็บข้อมูลสำหรับการทดลองกระบวนการบรรจุก๊าซ

ลำดับที่	วิธีการเก็บตัวอย่างการทดลอง
1	ตรวจสอบอุณหภูมิ ก่อนที่จะทำการทดลองว่าอุณหภูมิอยู่ใน Zone ที่ 1 ( Zone 1: 25-30 °C , Zone 2: 31-35 °C, Zone 3: 36-40 °C, )
2	จากนั้นทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์และระดับของค่าพารามิเตอร์ ตามรูปแบบตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.13 (ต่อ)

ลำดับที่	วิธีการเก็บตัวอย่างการทดลอง
3	ทำการทดลองโดยปล่อยผลิตภัณฑ์เข้าสู่เครื่องบรรจุก๊าซ 2 รอบ รอบที่ 1 ทดสอบเครื่องจักร 6 กระป๋อง และ รอบที่ 2 บันทึกค่าแต่ละหัวบรรจุก๊าซ บรรจุก๊าซ 6 กระป๋องรวมทั้งหมดที่ทดสอบ 12 กระป๋อง
4	ทำการทดลองซ้ำจากลำดับที่ 1-3 โดยเป็นการทดลองใน Zone ที่ 2 และ 3 โดยผู้ทดลองจะต้องรอช่วงของอุณหภูมิให้ได้ค่าตามที่กำหนด ก่อนลงมือทำการปรับค่าพารามิเตอร์ในการทดลอง และจะต้องไม่กระทบกับการผลิต
5	เมื่อทำการทดลองครบ ให้ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของลงในตารางการที่ 3.11
6	เมื่อได้ค่าเฉลี่ยแล้ว ให้นำค่าที่ได้มาลงข้อมูลในตารางที่ 3.12 เพื่อนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อหาค่าที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซในขั้นตอนถัดไป

## 2.3 เครื่องจักรและอุปกรณ์การทดลอง

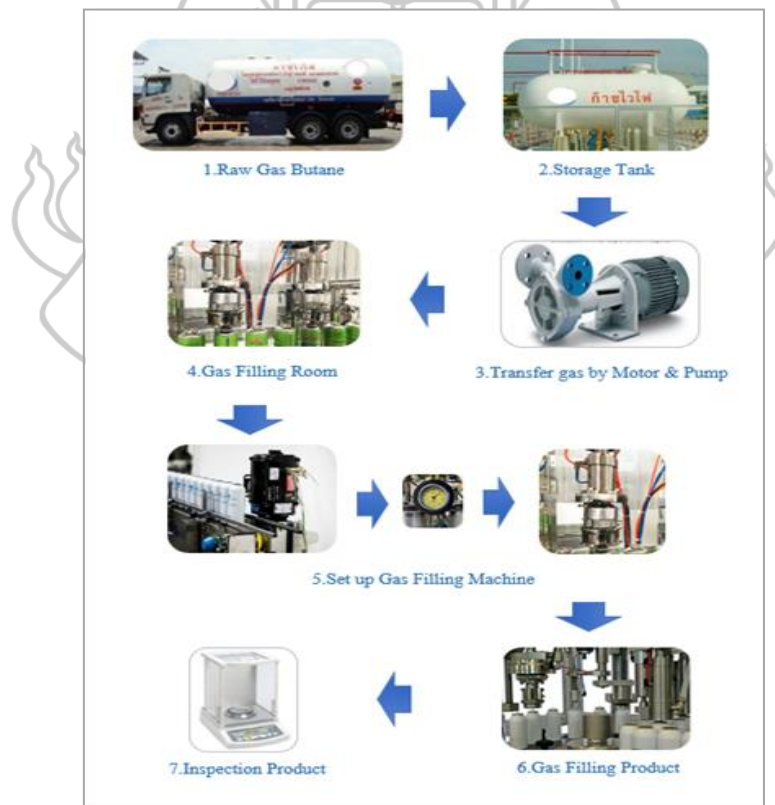
**2.1.3 การเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับการทดลอง** หลังจากที่ได้กำหนดค่าตัวแปรต่างๆของกระบวนการบรรจุก๊าซ และตารางสำหรับการทดลองแล้ว ในลำดับถัดมาจะเป็นขั้นตอนของการเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์ สำหรับการทดลองนี้ได้เลือกใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่อยู่ในกระบวนการผลิต ในส่วนของกระบวนการบรรจุก๊าซ โดยจะอธิบายถึงรายละเอียดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ดังนี้

ตารางที่ 3.14 รายละเอียดของเครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับการบรรจุก๊าซ

ลำดับที่	รายชื่อเครื่องจักรและอุปกรณ์	รายละเอียด
1	Gas Storage Tank	ถังขนาด 10 ตัน ความจุ 20,000 ลิตร
2	Raw Gas Butane	ก๊าซบิวเทนสำหรับใช้ในการบรรจุก๊าซ
3	Motor For Transfer Gas	Motor 10 HP (7.5 kw.) 380V 20A Explosion proof

ตารางที่ 3.14 (ต่อ)

ลำดับที่	รายชื่อเครื่องจักรและอุปกรณ์	รายละเอียด
4	Pump For Transfer Gas	อัตราการไหล 60 ลิตรต่อนาที
5	Cylinder Gas Filling	เครื่องจักรสำหรับบรรจุก๊าซ แบบชนิดกระบอกลูกสูบ บรรจุได้สูงสุด 180 มิลลิลิตร
6	Pipping For Transfer Gas	ท่อที่ใช้สำหรับจ่ายก๊าซมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ความหนา 80 มิลลิเมตร ความยาว 100 เมตร
7	Can	กระป๋องสำหรับใช้บรรจุก๊าซ มีขนาด 150 มิลลิลิตร วัสดุชนิดอลูมิเนียม
8	Air compressor	สำหรับใช้แรงดันลมช่วยในการดันกระบอกลูกสูบ บรรจุก๊าซ
9	Weighing	เครื่องชั่งมวลของก๊าซ ใช้สำหรับชั่งก่อนและหลังการ บรรจุก๊าซ



ภาพที่ 3.4 เครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ

## 2.4 หลักสถิติสำหรับงานวิจัย

หลักสถิติสำหรับใช้สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษารายละเอียดและวิธีการคำนวณค่าอัตราส่วนสัญญาณไปยังสิ่งรบกวน เป็นเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของกระบวนการร่วมกันระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าผันแปร (single performance measure) จึงได้ค่าที่เหมาะสมโดยลดความผันแปรของกระบวนการ (Jiju Antony, 2006) การวิเคราะห์อัตราส่วนสัญญาณไปยังสิ่งรบกวนเป็นการวิเคราะห์ เพื่อศึกษาว่าคุณภาพ ผลิตภัณฑ์มีความมั่นคงต่อปัจจัยรบกวนได้ดีเพียงใด ซึ่งการกำหนดว่าจะให้ปัจจัยใดมีค่า เท่าใดต้องมุ่งเน้นให้อัตราส่วนสัญญาณไปยังสิ่งรบกวนค่ามากที่สุด เพราะยังมีค่ามากแสดงว่ายิ่งเข้า ใกล้ค่าเป้าหมายที่ทำให้กระบวนการเกิดความมั่นคง ซึ่งมี 3 กรณี สำหรับงานวิจัยนี้การใช้หลักทางสถิติจะใช้ค่า ประเภทของผลตอบสนอง เข้าใกล้ค่ากลาง ดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 สูตรการคำนวณแต่ละประเภทของผลตอบสนอง

ประเภทของผลตอบสนอง	สูตรที่ใช้คำนวณ
ค่ายิ่งมากยิ่งดี	$\frac{S}{N} = -10 \log \left( \sum_j \frac{1}{y_j^2} / n \right)$
ค่าเข้าใกล้ค่ากลาง	$\frac{S}{N} = -10 \log \left( \sum_j \frac{y_i}{n} \right)^2 / S^2$
ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี	$\frac{S}{N} = -10 \log 10 \left( \sum_j y_j^2 / n \right)$

## 2. การรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทดลองนั้นได้ทำการออกแบบการเก็บและรวบรวมข้อมูลดังนี้

- 3.1 การเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุง
- 3.2 การเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงกระบวนการบรรจุภัณฑ์
- 3.3 การเก็บข้อมูล Total Gage R&R ก่อนทำการทดลอง
- 3.4 การเก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง
- 3.5 การเก็บข้อมูลหลังจากนำค่าพารามิเตอร์มาใช้ในการบรรจุภัณฑ์

### 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการปรับปรุง

ก่อนทำการทดลองผู้ศึกษาจะต้องทำการเก็บข้อมูลในส่วนของปัญหากระบวนการบรรจุก๊าซและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากค่ามวลที่ไม่ได้ค่ามาตรฐาน เพื่อแสดงข้อมูลภาพรวมของปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบรรจุก๊าซ โดยได้ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ เดือน ม. ค. พ.ศ. 2566 - ตุลาคม พ.ศ. 2566 โดยเก็บข้อมูลดังนี้ 1.จำนวนยอดการผลิต (กระป๋อง) 2.เวลาหยุดเครื่องจักร (นาทื) 3.จำนวนของเสีย (กระป๋อง) 4.มูลค่าของเสีย (บาท)

### 3.2 การเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงในส่วนของกระบวนการบรรจุก๊าซ

ผู้ศึกษาเริ่มทำการเก็บข้อมูลในส่วนของปัญหาที่เกิดขึ้นของกระบวนการบรรจุก๊าซในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 โดยได้เก็บข้อมูลดังนี้ 1. ยอดการผลิตต่อวัน (กระป๋องต่อวัน) 2. เวลาการหยุดปรับตั้งค่าเครื่องจักร (นาทืต่อวัน) 3. ค่ามวลบรรจุก๊าซเฉลี่ย (กรัมต่อกระป๋อง) 4. จำนวนของเสียที่เกิดจากการบรรจุก๊าซ (กระป๋องต่อวัน) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบหลังการปรับปรุง

### 3.3 การเก็บข้อมูลระหว่างการทดลองสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ

ในการทดลองครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ทำการทดลองระหว่างวันที่ 2-15 ตุลาคม พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นช่วงของรอบการผลิตสเปร์ยระงับกลิ่นกาย ไลน์การผลิต Line A โดยมียอดการผลิตรวมทั้งหมด 412,000 กระป๋องต่อเดือน โดยผู้ศึกษานำตารางการออกแบบการทดลอง Taguchi Orthogonal Array L9 มาใช้ในการเก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง ในการทดลองครั้งนี้มี ข้อจำกัดทั้งใน ด้านเวลาซึ่ง ไลน์การผลิตมีการผลิตอย่างต่อเนื่องไม่สามารถหยุดไลน์การผลิตเพื่อทำการทดลองได้ ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้เฉพาะช่วงเวลาที่มีการปรับตั้งค่าเครื่องจักร เมื่อทำการเก็บข้อมูลได้ครบทุกค่าตามรูปแบบตารางการทดลอง จากนั้นนำค่าไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อหาค่าที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซในลำดับถัดไป

### 3.4 การเก็บข้อมูลกระบวนการบรรจุก๊าซโดยนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมาใช้กับกระบวนการ

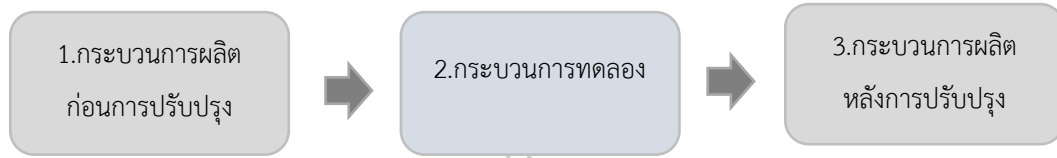
หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานจากโปรแกรมแล้ว ได้นำค่าพารามิเตอร์ไปใช้กับกระบวนการผลิตกระบวนการบรรจุก๊าซ โดยเริ่มทดลองใช้ในรอบการผลิตเดือน พ.ย. พ.ศ. 2566 ซึ่งมียอดการผลิตที่ 422,000 กระป๋องต่อเดือน จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลโดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 6 - 18 พ.ย. 2566 เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลกับเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2566

### 3.5 ทำการเก็บข้อมูลค่า Total Gage R&R

โดยผู้ศึกษาจะทำการทดลองและเก็บข้อมูลในช่วง วันที่ 6-8 พ.ย. พ.ศ. 2566 เพื่อนำค่าไปใช้อ้างอิงค่าความคาดเคลื่อนของอุปกรณ์การวัดและผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้การทดลองมีความน่าเชื่อถือในส่วนของกระบวนการวัดค่ามวลของก๊าซ สำหรับการเก็บข้อมูลและวิธีการเก็บข้อมูลได้



นำเสนอและอธิบายรายละเอียดนั้น เพื่อให้ข้อมูลที่เก็บมีความสมบูรณ์ในการนำไปใช้ในกระบวนการ และนำมาใช้ในการเปรียบเทียบหลังการปรับปรุงมีด้วยกัน 3 ส่วนหลักๆดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 กระบวนการผลิตที่ทำการเก็บข้อมูล

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นได้นำค่าที่ได้จากการทดลองโดยเทคนิคทากูชิ เข้ามาวิเคราะห์ค่าทางสถิติจากการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab โดยมีหัวข้อที่ทำการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. คำนวณค่า Signal to Noise Ratios ของแต่ละปัจจัยและแต่ละระดับของปัจจัย
2. คำนวณค่าอิทธิพลของปัจจัย (Delta) ของแต่ละปัจจัย
3. คำนวณค่าอิทธิพลของ Standard Deviations
4. คำนวณค่าอิทธิพลของค่า Means
5. คำนวณค่า Total Gage R&R
6. การวิเคราะห์ค่า Process Capability
7. สร้างรูปแบบโมเดลสมการถดถอย (Regression Equation) ทั้ง 3 โชน
8. วิเคราะห์ผลการ Validation มวลบรรจุก๊าซของแต่ละช่วงอุณหภูมิ
9. ทดสอบระยะเวลาการคืนสภาพ (Recovery Time)

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับ กระบวนการบรรจุก๊าซเพื่อให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน อยู่ในช่วงเป้าหมายไม่ให้เกิดผลิตภัณฑ์หลุดจากค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ แม้ว่าจะมีปัจจัยภายนอกมารบกวน ทำให้ทนทานต่ออุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถควบคุมได้ โดยการทดลองนี้ได้ใช้เทคนิคทากูชิในการออกแบบการทดลองและใช้โปรแกรม Minitab มาช่วยวิเคราะห์หาค่าทางสถิติ โดยได้แบ่งขั้นตอนผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลการผลิตสเปียร์ระงับกลิ่นกาย ก่อนการปรับปรุง

1.1 ข้อมูลการผลิตตั้งแต่ เดือน ม. ค. พ.ศ. 2566 - ตุลาคม พ.ศ. 2566

1.2 ผลการเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดจากกระบวนการผลิต เดือนตุลาคม พ.ศ. 2566

1.3 ผลการเก็บข้อมูลการผลิตในส่วนกระบวนการบรรจุก๊าซก่อนการปรับปรุง

เดือนตุลาคม พ.ศ. 2566

ตอนที่ 2 การทดลองและวิเคราะห์ Gage R&R

ตอนที่ 3 การทดลอง Taguchi Orthogonal Array L9 และ การวิเคราะห์ผล

3.1 ผลการทดลอง Taguchi Orthogonal Array L9

3.2 ผลการวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม Minitab

ตอนที่ 4 ผลจากการนำค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานไปใช้หลังการปรับปรุง

ตอนที่ 5 สร้างโมเดลสมการถดถอยของกระบวนการบรรจุก๊าซและผลการ Validation

**ตอนที่ 1 ข้อมูลการผลิตสเปียร์ระงับกลิ่นกายก่อนการปรับปรุง**

ในการเก็บข้อมูลในส่วนของ ปัญหาที่เกิดจากกระบวนการบรรจุก๊าซ ที่เกิดขึ้นจากค่ามวลของก๊าซไม่ได้ค่ามาตรฐาน ได้ทำการเก็บข้อมูลผลกระทบ มูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือน มกราคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 และทำการเก็บข้อมูล เดือนตุลาคม ดังนี้ 1. ยอดการผลิตต่อวัน (กระป๋องต่อวัน) 2. เวลาการหยุดปรับตั้งค่าเครื่องจักร (นาที่ต่อวัน) 3. ค่ามวลของก๊าซเฉลี่ย(กรัมต่อกระป๋อง) 4. จำนวนของเสียที่เกิดจากการบรรจุก๊าซ (กระป๋องต่อวัน) เพื่อใช้เปรียบเทียบหลังปรับปรุง ได้แสดงรายละเอียดดังนี้

### 1.1 ข้อมูลการผลิตตั้งแต่ เดือน มกราคม - ตุลาคม พ.ศ. 2566

การเก็บข้อมูลเพื่อแสดงภาพรวมของปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบรรจุก๊าซ โดยได้ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ เดือน ม. ค. พ.ศ. 2566 - ตุลาคม พ.ศ. 2566 เพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบหลังปรับปรุง

### 1.2 ข้อมูลปัญหาที่เกิดจากกระบวนการบรรจุก๊าซของ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2566

ทำการรวบรวมข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบรรจุก๊าซในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 โดยได้เก็บข้อมูลดังนี้ 1. ยอดการผลิตต่อวัน (กระป๋องต่อวัน) 2. เวลาการหยุดปรับตั้งค่าเครื่องจักร (นาทีต่อวัน) 3. ค่ามวลบรรจุก๊าซเฉลี่ย (กรัมต่อกระป๋อง) 4. จำนวนของเสียที่เกิดจากการบรรจุก๊าซ (กระป๋องต่อวัน) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบหลังปรับปรุง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลกระบวนการบรรจุก๊าซ เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2566 ก่อนปรับปรุง

วันที่	ยอดการผลิต (กระป๋อง)	หยุดไลน์ (ครั้ง)	เวลาหยุด (นาที)	ของเสีย (กระป๋อง)	มวลเฉลี่ย (กรัม)
3 ต.ค.	33,200	2	22	93	71.49
4 ต.ค.	32,150	3	34	151	71.91
5 ต.ค.	32,000	3	32	133	71.70
6 ต.ค.	32,500	3	34	115	72.06
7 ต.ค.	32,480	2	23	74	71.76
10 ต.ค.	31,880	4	42	123	71.76
11 ต.ค.	32,150	1	10	18	71.51
12 ต.ค.	33,150	4	44	125	71.69
13 ต.ค.	33,150	2	22	53	71.51
16 ต.ค.	32,300	3	40	123	71.93
17 ต.ค.	32,400	4	42	155	72.79
18 ต.ค.	32,500	3	33	113	72.06
19 ต.ค.	32,140	3	32	133	72.01
รวม	422,000	37	410	1,409	71.78

### 1.3 ผลการเก็บข้อมูลกระบวนการบรรจุก๊าซก่อนปรับปรุง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2566

ได้ทำการเก็บข้อมูลในส่วนของกระบวนการบรรจุก๊าซ โดยได้ทำการวัดค่าอุณหภูมิ จากถังผสมก๊าซซึ่งเป็นอุณหภูมิของก๊าซ ที่จ่ายมายังห้องบรรจุก๊าซ ซึ่งเป็นปัจจัยรบกวนต่อการบรรจุ ก๊าซ และได้ทำการบันทึกค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ ในกระบวนการบรรจุก๊าซมีค่าดังนี้ 1.ค่าแรงดันบรรจุ ก๊าซ หน่วยที่ใช้เมกะพาสคาล โดยได้ทำการวัดค่าแรงดันก่อนเข้าห้องบรรจุก๊าซ 2.ค่าความเร็วในการ บรรจุก๊าซ หน่วยที่ใช้กระป๋องต่ออนาที 3.ปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซหน่วยที่ใช้มิลิลิตร จากนั้นเก็บค่า มวลของก๊าซที่บรรจุลงกระป๋องครั้งละ 6 กระป๋อง ทุกๆ 1 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยที่บรรจุ เวลาที่สูญเสียใน การปรับตั้งค่าเครื่องจักรช่วงที่ทำการปรับปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซและ จำนวนของเสียที่เกิดขึ้น จากกระบวนการบรรจุก๊าซในแต่ละวัน ซึ่งในแต่ละวันที่ได้มีการเก็บข้อมูล ในวันที่ 11 พ.ย. พ.ศ. 2566 มีฝนตกซึ่งอุณหภูมิในวันนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก ค่าอยู่ในช่วง 25-28 องศาเซียลเซียส ทำให้น้ำหนักบรรจุก๊าซคงที่ ผู้ปฏิบัติงานไม่จำเป็นต้องปรับตั้งค่าเครื่องจักรในวันนั้น ทำให้ไม่เกิดของ เสียจากกระบวนการบรรจุก๊าซ โดยข้อมูลทั้งหมดสำหรับการผลิตในรอบเดือน ตุลาคม ดังแสดงใน ตารางที่ ค.1 ภาคผนวก ค

ขั้นตอนนี้จะทำการเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุง ของเดือนตุลาคม และเก็บข้อมูล หลังการปรับปรุงของเดือนพฤศจิกายน หลังจากนำค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานจากการทดลอง ผลจาก การวิเคราะห์คือ ค่า Volume of Gas Cylinder ที่ระดับ 128 mL ค่า Filling Pressure ที่ระดับ 2.0 MPa และค่า Gas Filling Speed ที่ระดับ 65 can/min นำค่ามาใช้ในกระบวนการ เพื่อทำการ ปรับปรุง โดยมีรายการบันทึก ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

### ตอนที่ 2 การทดลองและวิเคราะห์ Gage R&R

ในการทดลองหาค่า Total Gage R&R เพื่อหาค่าความคาดเคลื่อนของชิ้นงานและตัว พนักงาน โดยพนักงานที่ใช้เครื่องมือวัด คือเครื่องชั่งมวลของก๊าซในห้องบรรจุก๊าซ ในการวิเคราะห์ ข้อมูลแบบต่อเนื่อง โดยมีผู้ปฏิบัติงานอยู่ 3 คนคือ ซึ่งแต่ละคนจะสลับกันวัดค่าในห้องบรรจุก๊าซ ประกอบด้วย พนักงานคนที่ 1 มีประสบการณ์การทำงาน 8 ปี พนักงานคนที่ 2 มีประสบการณ์การ ทำงาน 5 ปี และพนักงานคนที่ 3 มีประสบการณ์การทำงาน 2 ปี โดยแต่ละคนจะวัดชิ้นงาน ทั้งหมด 6 กระป๋อง กระป๋องละ 4 ครั้ง โดยแสดงค่าในตารางที่ 4.2

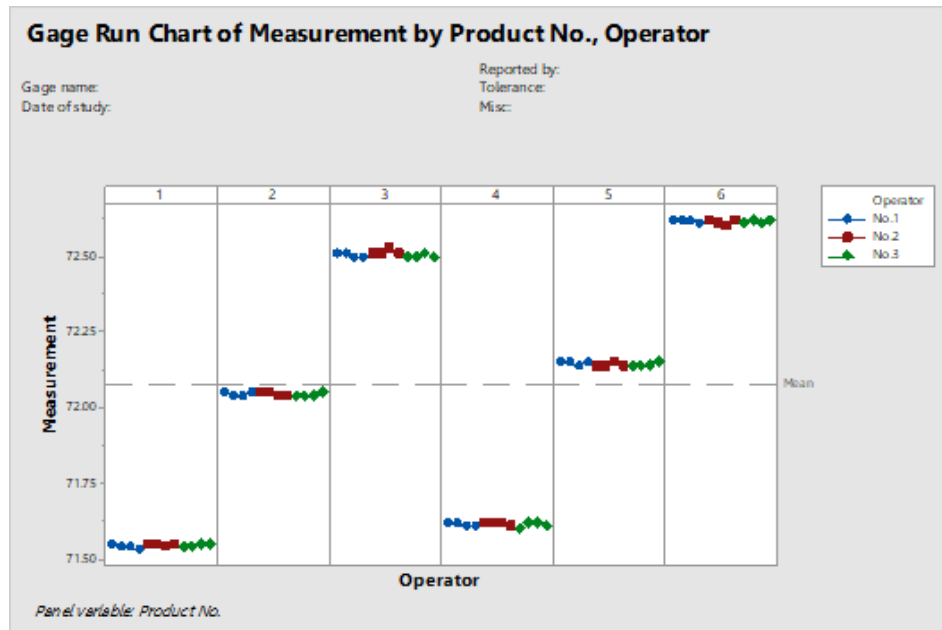
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ Gage R&amp;R

Product			Product		
No.	Operator	Measurement	No.	Operator	Measurement
1	No.1	71.55	4	No.1	71.62
1	No.1	71.54	4	No.1	71.62
1	No.1	71.54	4	No.1	71.61
1	No.1	71.53	4	No.1	71.61
1	No.2	71.55	4	No.2	71.62
1	No.2	71.55	4	No.2	71.62
1	No.2	71.54	4	No.2	71.62
1	No.2	71.55	4	No.2	71.61
1	No.3	71.54	4	No.3	71.60
1	No.3	71.54	4	No.3	71.62
1	No.3	71.55	4	No.3	71.62
1	No.3	71.55	4	No.3	71.61
2	No.1	72.05	5	No.1	72.15
2	No.1	72.04	5	No.1	72.15
2	No.1	72.04	5	No.1	72.14
2	No.1	72.05	5	No.1	72.15
2	No.2	72.05	5	No.2	72.14
2	No.2	72.05	5	No.2	72.14
2	No.2	72.04	5	No.2	72.15
2	No.2	72.04	5	No.2	72.14
2	No.3	72.04	5	No.3	72.14
2	No.3	72.04	5	No.3	72.14
2	No.3	72.04	5	No.3	72.14
2	No.3	72.05	5	No.3	72.15

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

Product			Product		
No.	Operator	Measurement	No.	Operator	Measurement
3	No.1	72.51	6	No.1	72.62
3	No.1	72.51	6	No.1	72.62
3	No.1	72.50	6	No.1	72.62
3	No.1	72.50	6	No.1	72.61
3	No.2	72.51	6	No.2	72.62
3	No.2	72.51	6	No.2	72.61
3	No.2	72.53	6	No.2	72.60
3	No.2	72.51	6	No.2	72.62
3	No.3	72.50	6	No.3	72.61
3	No.3	72.50	6	No.3	72.62
3	No.3	72.51	6	No.3	72.61
3	No.3	72.50	6	No.3	72.62

เมื่อได้ทำการบันทึกข้อมูลดังในตารางที่ 4.2 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 4.1 แผนภูมิการวิเคราะห์เครื่องมือวัดผลิตภัณฑ์ จากกราฟจะประกอบไปด้วย สีน้ำเงิน คือ พนักงานคนที่ 1 สีแดง คือพนักงานคนที่ 2 และ สีเขียว คือพนักงานคนที่ 3 คนทำหน้าที่วัดชิ้นงานทั้งหมดมี 6 ชิ้นแต่ละชิ้นวัดซ้ำ 4 ครั้ง จากกราฟในแต่ละชิ้นงานที่พนักงานทำการวัดคือค่ามวลที่บรรจุในผลิตภัณฑ์ ซึ่งค่าที่ได้ไปในทิศทางเดียวกัน



ภาพที่ 4.1 แผนภูมิการวิเคราะห์เครื่องมือวัดผลิตภัณฑ์

หลังจากที่ได้พิจารณาผลลัพธ์ของแผนภูมิการวิเคราะห์เครื่องมือวัดผลิตภัณฑ์จากนั้นจะทำการพิจารณาความสามารถของระบบการวัดในเชิงปริมาณโดยพิจารณาจากกราฟทั้ง 6 รูปดังภาพที่ 4.2 ดังนี้

1. กราฟค่าพิสัยโดยพนักงาน (R Chart by Operator) จากกราฟข้อมูลที่พล็อตค่าที่วัดได้อยู่ในค่ามาตรฐานสูงสุดและต่ำสุด

2. กราฟค่าเฉลี่ยโดยพนักงาน (X̄ Chart by Operator) จากกราฟยัง ควบคุมค่าขีดจำกัดแสดงว่าระบบการวัดเครื่องมือมีความแปรผันน้อยกว่าชิ้นงาน อุปกรณ์ที่ใช้มีความละเอียดกว่าชิ้นงานที่ทำการวัด

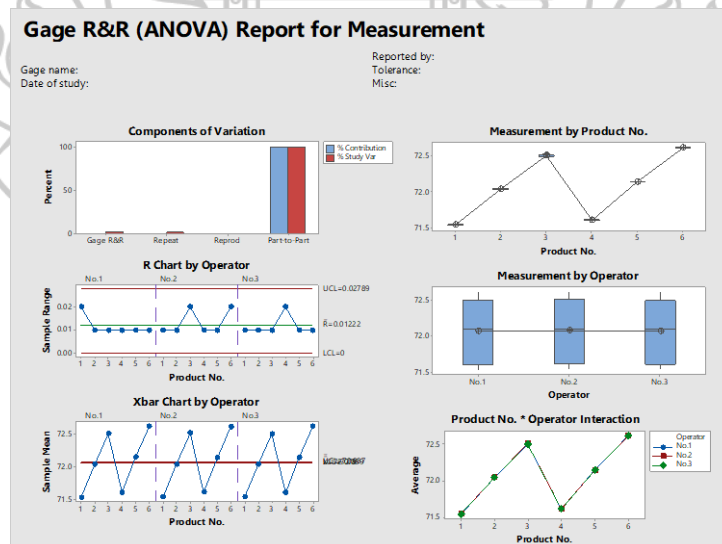
3. กราฟการวัดจากผลิตภัณฑ์จำนวน 6 ชิ้น (Measurement by Product No.) จากกราฟสำหรับการวัดใช้พนักงาน 3 คน วัดชิ้นงานคนละ 6 ชิ้น จุดที่อยู่บนกราฟคือค่าที่วัดได้สำหรับชิ้นงานแต่ละชิ้น โดยพนักงานทั้ง 3 คน ดังนั้นถ้ามองจากกราฟแล้วจุดที่อยู่บนกราฟของชิ้นงานแต่ละชิ้น ไม่เหลื่อมกันแสดงว่าทั้ง 3 คนมีแนวโน้มที่จะวัดชิ้นงานขึ้นเดียวกันไปในทิศทางเดียวกัน

4. กราฟการวัดโดยผู้ปฏิบัติงาน (Measurement by Operator) จากกราฟจะนำข้อมูลของพนักงานคนที่ 1 คนที่ 2 และคนที่ 3 ที่วัดได้ มาพล็อตลงบนกราฟแล้วหาค่าเฉลี่ยของแต่ละคน จากนั้นทำการลากเส้นแนวนอนเพื่อมาวิเคราะห์ โดยเส้นที่ลากแนวนอนที่ได้ขนานไปกับพื้นแสดงว่าไม่มีผลกระทบจากผู้ทำการวัด

5. กราฟปฏิสัมพันธ์ของผู้ปฏิบัติงานกับผลิตภัณฑ์ (Product No. Operator Interaction) โดยกราฟนี้จะทำการพล็อต กราฟชิ้นงานแต่ละชิ้นที่วัดโดยพนักงานทั้ง 3 คน จากรูปมีทิศทางไปแนวเดียวกันโดยไม่ตัดกัน แสดงว่าการวัดชิ้นงานแต่ละชิ้น ไปในทิศทางเดียวกัน

6. กราฟส่วนประกอบของค่าความผันแปร (Components of Variation) โดยกราฟมีข้อมูลอยู่ด้วยกัน 4 กลุ่มหลักๆใช้พิจารณาความผันแปร เมื่อพิจารณาค่า Gage R&R เป็นกราฟความผันแปรที่เกิดจากผลรวมของกราฟ ความผันแปรภายในกลุ่ม กับ ความผันแปรระหว่างกลุ่ม เมื่อพิจารณาค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็น ดังนั้นระบบการวัดยอมรับได้

เวลาที่ทำกรวัดชิ้นงาน องค์ประกอบใหญ่ๆ ที่สำคัญคือ 1. ระบบการวัด 2. ชิ้นงานที่นำมาวัด ความผันแปรหรือความผันผวน ย่อมเกิดขึ้นได้จากทั้ง สองส่วนคือ ระบบการวัด กับ ชิ้นงานที่จะนำมาวัด การวัดนั้นก็สามารแยกย่อยออกมาได้สองอย่างด้วยกันคือ ความผันแปร จากการวัดซ้ำกับความผันแปรจากการวัดเมื่อเปลี่ยนคนที่ทำหน้าที่วัดชิ้นงาน ในส่วนของความผันแปรที่เกิดจากชิ้นงานนั้น ชิ้นงานสามารถเกิดความผันแปรได้เช่น อุณหภูมิความร้อนที่ส่งผลต่อมวลบรรจุก๊าซ ดังนั้นในการตรวจสอบ กราฟส่วนประกอบของค่าความผันแปร ส่วนประกอบของค่าความแปรปรวน จึงอยากเห็นแท่งกราฟของชิ้นงานแต่ละชิ้นงาน ที่มีความสูง ในขณะที่กราฟ Gage R&R ซึ่งเป็นผลรวมของ ค่าความผันแปรภายในกลุ่ม กับ ค่าความผันแปรระหว่างกลุ่ม ต่ำๆ เพราะนั่นจะหมายความว่าค่าความผันแปร ส่วนใหญ่มาจากชิ้นงานไม่ได้มาจากระบบการวัด หรือระบบการวัดมีค่าความผันแปรที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับชิ้นงานนั่นเอง



ภาพที่ 4.2 Gage R&R (ANOVA) Report for Measurement



### Gage R&R Study - ANOVA Method

#### Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Product No.	5	11.7325	2.34650	45416.1	0.000
Operator	2	0.0001	0.00007	1.3	0.317
Product No. * Operator	10	0.0005	0.00005	1.2	0.288
Repeatability	54	0.0022	0.00004		
Total	71	11.7354			

*α to remove interaction term = 0.05*

#### Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Product No.	5	11.7325	2.34650	54280.5	0.000
Operator	2	0.0001	0.00007	1.5	0.222
Repeatability	64	0.0028	0.00004		
Total	71	11.7354			

ภาพที่ 4.3 Gage R&R Study – ANOVA Method

### Gage R&R

#### Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.000044	0.02
Repeatability	0.000043	0.02
Reproducibility	0.000001	0.00
Operator	0.000001	0.00
Part-To-Part	0.195538	99.98
Total Variation	0.195582	100.00

#### Gage Evaluation

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.006649	0.03989	1.50
Repeatability	0.006575	0.03945	1.49
Reproducibility	0.000988	0.00593	0.22
Operator	0.000988	0.00593	0.22
Part-To-Part	0.442197	2.65318	99.99
Total Variation	0.442247	2.65348	100.00

Number of Distinct Categories = 93

ภาพที่ 4.4 Gage R&R Variance Components and Gage Evaluation

### ตอนที่ 3 ผลการทดลองโดย Taguchi Orthogonal Array L9 และการวิเคราะห์ผล

#### 3.1 ผลการทดลอง Taguchi Orthogonal Array L9

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการทดลองระหว่างวันที่ 2-15 ตุลาคม พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นช่วงของรอบการผลิตสเปร์ยระงับกลิ่นกาย ไลน์การผลิต Line A โดยมียอดการผลิตรวมทั้งหมด 412,000 กระป๋องต่อเดือน โดยนำตารางการออกแบบการทดลอง Taguchi Orthogonal Array L9 มาใช้ในการเก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง ในการทดลองครั้งนี้ ข้อจำกัดทั้งใน ด้านเวลาซึ่งไลน์การผลิตมีการผลิตอย่างต่อเนื่องไม่สามารถหยุดไลน์การผลิตเพื่อทำการทดลองได้ ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้เฉพาะช่วงเวลาที่มีการปรับตั้งค่าเครื่องจักร เมื่อทำการเก็บข้อมูลได้ครบทุกค่าตามรูปแบบตารางการทดลอง ดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 จากนั้นนำค่าไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อค่าที่ทนทานในลำดับถัดไป

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเทคนิคทากูชิ

Run	Parameter			Temperature			Gas Filling Meachin no. (g) (SD 72 ± 1						Mass
				gas (°C)			g/can)						
	Pressure Transfer (MPa)	Speed (CPM) (Cans/Min)	Cylinders Setup (mL)	Z.1	Z.2	Z.3	1	2	3	4	5	6	Average
1	1.6	60	128	27			71.45	71.43	71.44	71.42	71.44	71.4	71.43
2	1.6	60	128		32		70.76	70.74	70.73	70.75	70.72	70.75	70.74
3	1.6	60	128			36	70.26	70.24	70.23	70.25	70.22	70.21	70.24
4	1.6	65	130	26			73.02	73.01	72.98	73.02	72.99	73.00	73.00
5	1.6	65	130		33		71.18	71.16	71.16	71.17	71.15	71.15	71.16
6	1.6	65	130			36	70.60	70.58	70.57	70.59	70.61	70.61	70.59
7	1.6	70	132	27			73.65	73.64	73.63	73.65	73.62	73.60	73.63
8	1.6	70	132		32		73.00	72.97	72.98	73.01	73.02	73.01	73.00
9	1.6	70	132			36	72.25	72.23	72.22	72.21	72.20	72.24	72.23
10	1.8	60	130	26			73.10	73.12	73.11	73.14	73.11	73.14	73.12
11	1.8	60	130		33		71.18	71.19	71.22	71.20	71.22	71.23	71.21
12	1.8	60	130			36	70.62	70.61	70.63	70.60	70.62	70.61	70.62
13	1.8	65	132	27			73.66	73.64	73.65	73.62	73.65	73.61	73.64
14	1.8	65	132		32		73.45	73.47	73.46	73.45	73.42	73.43	73.45

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

Run	Parameter			Temperature gas (°C)			Gas Filling Meachin no. (g) (SD 72 ± 1 g/can)						Mass Average
	Pressure Transfer (MPa)	Speed (CPM) (Cans/Min)	Cylinders Setup (mL)	Z.1	Z.2	Z.3	1	2	3	4	5	6	
15	1.8	65	132			37	71.98	71.97	71.95	71.96	71.97	71.96	71.97
16	1.8	70	128	28			71.16	71.18	71.17	71.17	71.19	71.18	71.18
17	1.8	70	128		31		70.62	70.60	70.63	70.62	70.64	70.63	70.62
18	1.8	70	128			36	69.68	69.67	69.72	69.71	69.71	69.69	69.70
19	2.0	60	132	28			74.02	74.01	74.04	74.02	74.03	74.02	74.02
20	2.0	60	132		33		72.99	72.98	72.96	72.97	72.98	72.97	72.98
21	2.0	60	132			36	72.25	72.22	72.23	72.24	72.21	72.24	72.23
22	2.0	65	128	27			71.64	71.62	71.63	71.61	71.62	71.63	71.63
23	2.0	65	128		32		71.46	71.48	71.49	71.48	71.47	70.49	71.31
24	2.0	65	128			36	71.11	71.12	71.14	71.16	71.15	71.16	71.14
25	2.0	70	130	27			72.95	72.94	72.95	72.96	72.97	72.96	72.96
26	2.0	70	130		33		71.22	71.24	71.25	71.26	71.25	71.24	71.24
27	2.0	70	130			36	70.99	70.97	70.98	70.97	70.96	70.97	70.97

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลอง Taguchi Orthogonal Array L9

Run	Control Factors			Noise Factors (°C)		
	Pressure (MPa)	Speed (can/min)	Volume (mL)	Zone 1	Zone 2	Zone 3
1	1.6	60	128	71.43	70.74	70.24
2	1.6	65	130	73.00	71.16	70.59
3	1.6	70	132	73.63	73.00	72.23
4	1.8	60	130	73.12	71.21	70.62
5	1.8	65	132	73.64	73.45	71.97
6	1.8	70	128	71.18	70.62	69.70
7	2.0	60	132	74.02	72.98	72.23

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

Run	Control Factors			Noise Factors (°C)		
	Pressure (MPa)	Speed (can/min)	Volume (mL)	Zone 1	Zone 2	Zone 3
8	2.0	65	128	71.63	71.31	71.14
9	2.0	70	130	72.96	71.24	70.97

### 3.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab

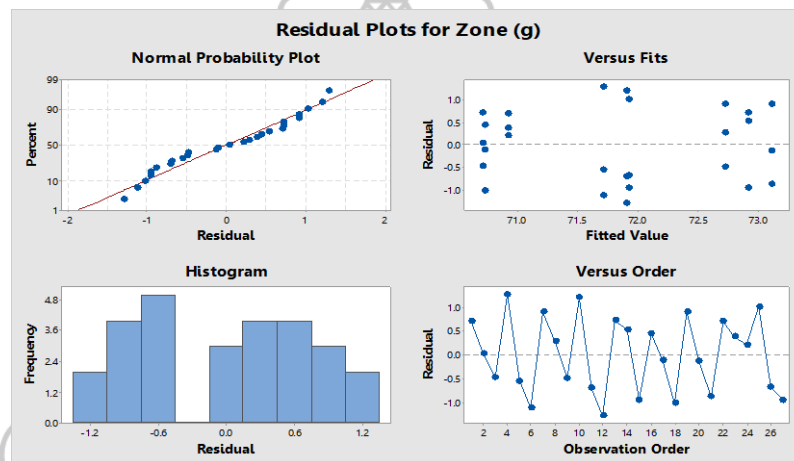
นำค่าที่ได้จากตารางที่ 4.4 ไปทำการวิเคราะห์ผลเพื่อหาค่าปัจจัยที่ทนทาน เริ่มต้นจากการทวนสอบข้อมูลของกราฟที่ได้จะต้องมีการแจกแจงแบบปกติโดยวิเคราะห์กราฟ Residual Plots for Zone พบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบสุ่มดังกราฟ Versus Order และมีการแจกแจงแบบปกติดังกราฟ Normal Probability Plot และ Histogram ในส่วนความผันแปรภายในกลุ่มย่อยมีค่าไม่แตกต่างกันจากกราฟ Versus Fits สรุปว่าข้อมูลชุดนี้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ต่อได้ กราฟทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 4.5

สำหรับค่าอิทธิพลของปัจจัย (Delta) ของแต่ละปัจจัยโดยใช้ค่า S/N ในการคำนวณเมื่อเรียงลำดับความสำคัญแล้ว พบว่าปัจจัย Volume มีอิทธิพลสูงสุด รองลงมาคือ ปัจจัย Pressure และปัจจัย Speed ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.6 และ 4.7 ดังนั้น โดยหลักการแล้วเพื่อให้ได้สภาวะที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ควบคุมไม่ได้จึงเลือกใช้ค่า S/N ที่มีค่าสูงสุดจากผลวิเคราะห์ ผลที่ได้คือค่า Volume 128 mL Pressure 2.0 MPa และ Speed 65 can/minute

ผลที่วิเคราะห์ได้จาก ตาราง Response Table for Means และกราฟ Main Effects Plot for Means พบว่าค่าอิทธิพลของ Volume มีอิทธิพลสูงสุด ที่ระดับ 2 รองลงมาคือ ค่า Pressure ที่ระดับ 3 และ ค่า Speed ที่ระดับ 2 ตามลำดับดังภาพที่ 4.8 และ 4.9 ในส่วนตาราง Response Table for Standard Deviations และกราฟ Main Effects Plot for Standard Deviations พบว่าค่าของ Volume มีค่าอิทธิพลสูงที่สุด รองลงมาคือ ค่า Pressure ที่ 2 และ ค่า Speed ที่ 3 ตามลำดับดังภาพที่ 4.10 และ 4.11 ซึ่งมีความสอดคล้องกับความเป็นจริงตามทฤษฎีและจากประสบการณ์ทำงาน โดยนำมาเปรียบเทียบได้จากตารางความสอดคล้องกับค่ามวลบรรจุภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลวิเคราะห์ความสอดคล้องค่าพารามิเตอร์กับมวลบรรจุภัณฑ์

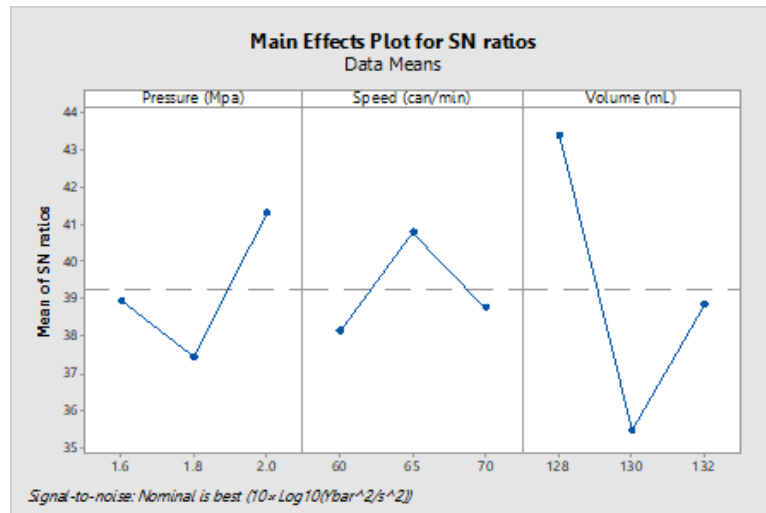
ค่าพารามิเตอร์	การปรับค่า	ค่ามวลของก๊าซ	อัตราการเปลี่ยนแปลง
Pressure	มากขึ้น (+)	เพิ่มขึ้น (+)	แปรผันตรงกับค่ามวล
	ลดลง (-)	ลดลง (-)	
Speed	มากขึ้น (+)	ลดลง (-)	แปรผกผันกับค่ามวล
	ลดลง (-)	เพิ่มขึ้น (+)	
Volume	มากขึ้น (+)	เพิ่มขึ้น (+)	แปรผันตรงกับค่ามวล
	ลดลง (-)	ลดลง (-)	



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงส่วนตกค้างค่ามวลบรรจุภัณฑ์ทุกโซน

Response Table for Signal to Noise Ratios			
Nominal is best ( $10 \times \log_{10}(\bar{Y}^2/s^2)$ )			
Level	Pressure (Mpa)	Speed (can/min)	Volume (mL)
1	38.94	38.13	43.40
2	37.43	40.79	35.45
3	41.31	38.76	38.84
Delta	3.88	2.66	7.95
Rank	2	3	1

ภาพที่ 4.6 ค่าอิทธิพลด้าน S/N ของแต่ละปัจจัย

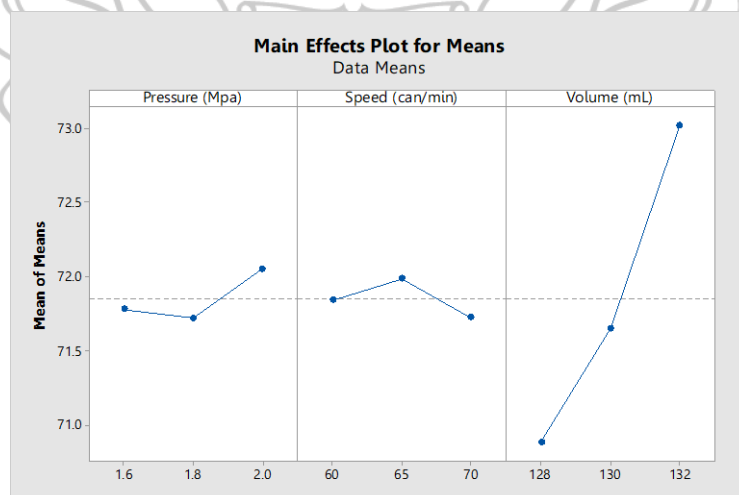


ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงค่าอิทธิพลด้าน S/N ของแต่ละปัจจัย

**Response Table for Means**

	Pressure (Mpa)	Speed (can/min)	Volume (mL)
Level			
1	71.78	71.84	70.89
2	71.72	71.99	71.65
3	72.05	71.72	73.02
Delta	0.33	0.26	2.13
Rank	2	3	1

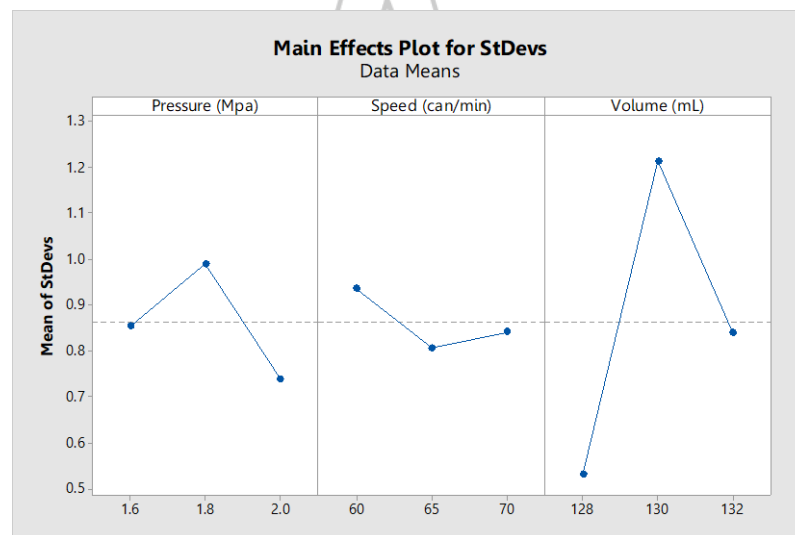
ภาพที่ 4.8 ผลตอบสนองสำหรับค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงค่าอิทธิพลด้านค่าเฉลี่ย

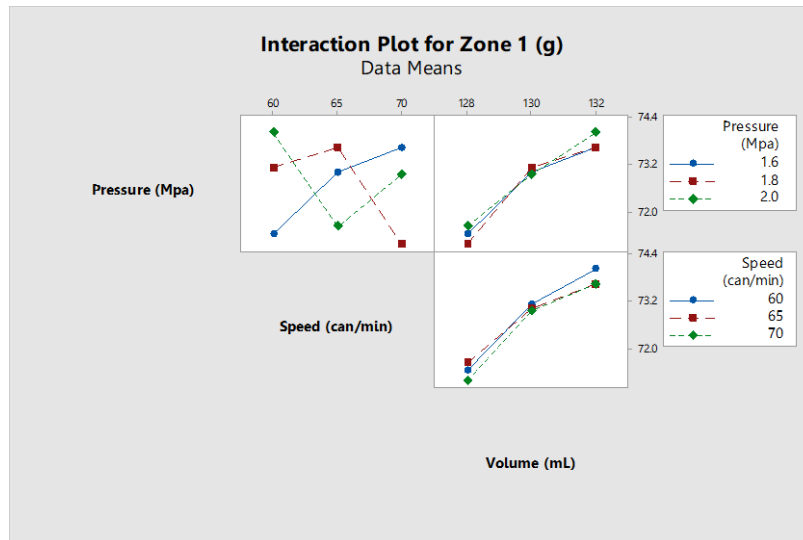
Level	Pressure (Mpa)	Speed (can/min)	Volume (mL)
1	0.8547	0.9364	0.5309
2	0.9907	0.8072	1.2146
3	0.7403	0.8421	0.8401
Delta	0.2505	0.1292	0.6837
Rank	2	3	1

ภาพที่ 4.10 ผลตอบสนองสำหรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

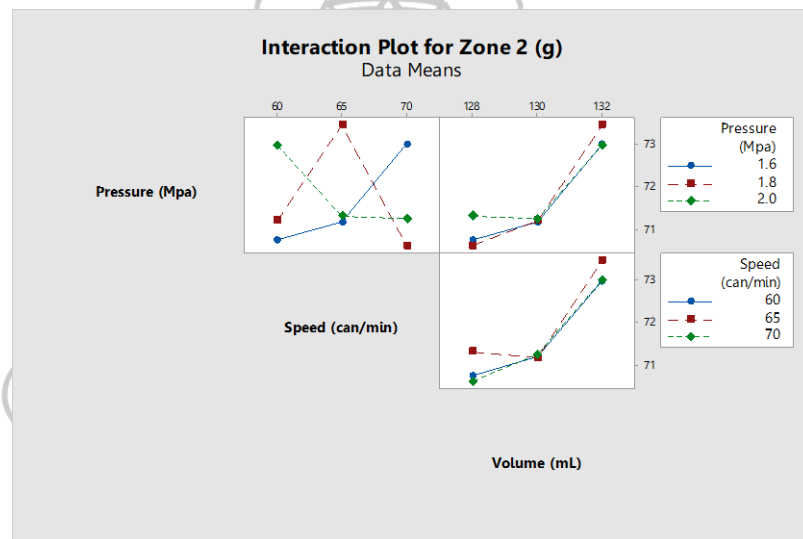


ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงค่าอิทธิพลด้านค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ผลจากกราฟปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยแต่ละโซนที่ทำให้ค่ามวลเข้าใกล้ค่า 72 กรัมที่กำหนดมากที่สุด ได้ดังนี้ โชนที่ 1 ค่า Volume 128 mL ค่า Pressure 2.0 MPa ค่า Speed 65 can/min โชนที่ 2 ค่า Volume 130 mL ค่า Pressure 2.0 MPa ค่า Speed 70 can/min และ โชนที่ 3 ค่า Volume 132 mL ค่า Pressure 1.8 MPa ค่า Speed 65 can/min สามารถดูได้จากจุดของกราฟที่มีค่าเข้าใกล้ค่า 72 กรัม มากที่สุด ดังภาพที่ 4.12 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ

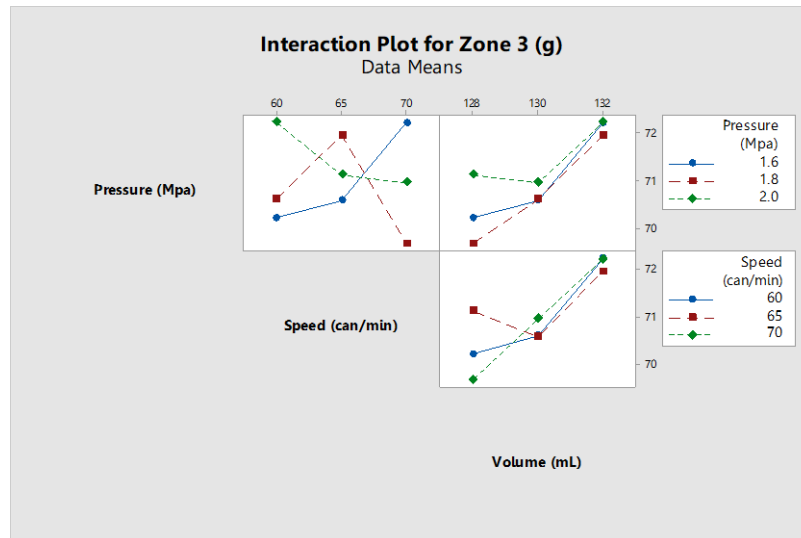


ภาพที่ 4.12 กราฟปฏิสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยโซนที่ 1



ภาพที่ 4.13 กราฟปฏิสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยโซนที่ 2





ภาพที่ 4.14 กราฟปฏิสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยโซนที่ 3

#### ตอนที่ 4 ผลจากการนำค่าพารามิเตอร์ไปใช้ปรับปรุงและวิเคราะห์ผลของกระบวนการบรรจุก๊าซ

##### 4.1 ผลจากการนำค่าพารามิเตอร์ไปใช้ปรับปรุง

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานจากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab จากนั้นนำค่า พารามิเตอร์ของอิทธิพลแต่ละปัจจัยและระดับ ที่ทำให้ค่า S/N สูงสุด คือ ค่า Volume ที่ระดับ 128 mL ค่า Pressure ที่ระดับ 2.0 MPa และค่า Speed ที่ระดับ 65 can/minute เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการบรรจุก๊าซ สำหรับการผลิตสเปร์ยระงับกลิ่นกาย ในช่วงวันที่ 6-18 พ.ย. 2566 โดยจะทำการเก็บข้อมูลที่ได้หลังปรับปรุง ดังข้อมูลในตารางที่ ค.2 ภาคผนวก ค

พบว่าเมื่อนำค่าพารามิเตอร์ไปใช้ในกระบวนการบรรจุก๊าซค่าของมวลที่บรรจุอยู่ในช่วงของค่าเป้าหมายในช่วงอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ 26.5-35.6 องศาเซลเซียส แต่หลังจากอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 35.6 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าที่ได้ต่ำกว่าค่าที่กำหนด เมื่อพิจารณา ก่อนปรับปรุงพบว่า ที่อุณหภูมิประมาณ 29.4 องศาเซลเซียส ค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานซึ่งมีความทนทานน้อยกว่าหลังปรับปรุง

หลังการปรับปรุงเมื่อค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานพนักงานบรรจุก๊าซทำการปรับค่าพารามิเตอร์ ค่าปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ ที่ระดับ 130 mL จากเดิมที่ระดับ 128 mL ทำให้ได้ค่าตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ในช่วงของอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันที่มีการผลิต จากข้อมูลหลังการปรับปรุง พบว่ามีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 70.97-72.54 g/can จากเดิมก่อนปรับปรุงที่มีช่วงค่ามวลที่กว้างกว่าคือช่วง 70.87-73.12 g/can

#### 4.2 วิเคราะห์ผลหลังการปรับปรุง

หลังจากทำการปรับปรุง ส่งผลให้ลดเวลาการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์และจำนวนของเสียลดลง เมื่อนำข้อมูลไปเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง โดยมีจำนวนวันเก็บข้อมูล 13 วันและยอดการผลิต 422,00 กระป๋อง ที่เท่ากัน ได้ค่าดังนี้ 1.ค่าของช่วงมวลบรรจุก๊าซ (กรัมต่อกระป๋อง) 2. ค่าเฉลี่ยมวลบรรจุก๊าซ (กรัม) 3.ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม) 4.จำนวนหยุดไลน์ผลิต (ครั้ง) 5.เวลาหยุดตั้งค่าเครื่องจักร(นาที) 6.จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ (กระป๋อง) 7.มูลค่าความเสียหายจากจำนวนของเสียในกระบวนการผลิต (บาท) พบว่าลดลง ตามลำดับทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น แต่ในส่วนของคุณค่าเฉลี่ยมวลของก๊าซที่ลดลง ต้องทำการปรับปรุงเพื่อให้ค่าเข้าใกล้ค่ากลางที่ 72 กรัม ดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 และภาพที่ 4.15

ตารางที่ 4.6 ผลหลังการปรับปรุงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2566

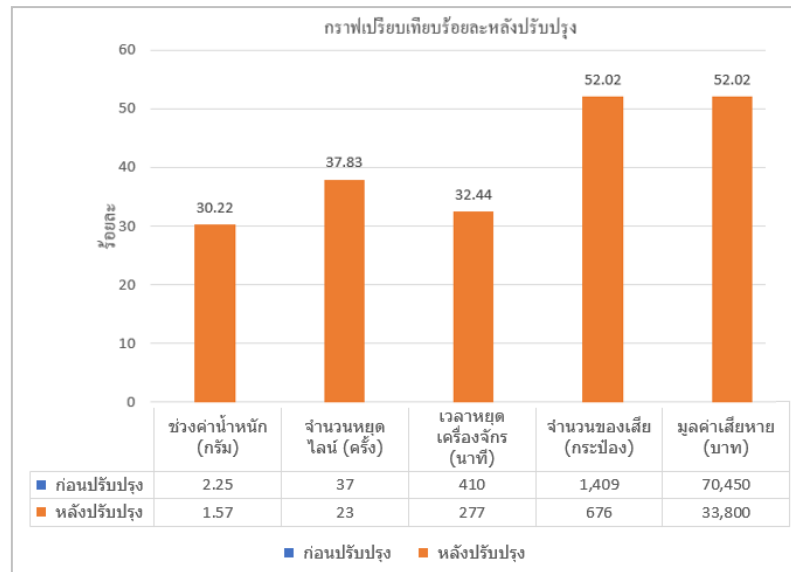
วันที่ผลิต	ยอดการผลิต (กระป๋อง)	จำนวนหยุดไลน์ (ครั้ง)	เวลาหยุด (นาที)	ของเสีย (กระป๋อง)	มวลเฉลี่ย (กรัมต่อกระป๋อง)
6-พ.ย.	32,800	2	20	58	71.58
7-พ.ย.	32,500	2	20	59	71.59
8-พ.ย.	31,500	2	20	60	71.63
9-พ.ย.	32,800	1	12	18	71.43
10-พ.ย.	31,250	1	13	18	71.45
11-พ.ย.	32,450	2	30	61	71.54
12-พ.ย.	33,800	2	30	67	71.6
13-พ.ย.	33,500	2	22	62	71.63
14-พ.ย.	32,600	2	24	64	71.65
15-พ.ย.	32,200	2	27	70	71.64

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

วันที่ผลิต	ยอดการผลิต (กระป๋อง)	จำนวนหยุ่ไลน์ (ครั้ง)	เวลาหยุด (นาที)	ของเสีย (กระป๋อง)	มวลเฉลี่ย (กรัมต่อกระป๋อง)
16-พ.ย.	32,200	1	12	18	71.41
17-พ.ย.	32,400	2	23	50	71.69
18-พ.ย.	32,000	2	24	71	71.65
รวม	422,000	23	277	676	71.58

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

รายการเปรียบเทียบ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบ (%)
ช่วงค่ามวลของก๊าซ (กรัม)	70.87-73.12 (2.25 g)	70.97-72.54 (1.57g)	30.22
ค่าเฉลี่ยมวลบรรจุก๊าซ (กรัม)	71.76	71.58	0.25
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กรัม)	0.67	0.39	40.79
จำนวนหยุ่ไลน์ผลิต (ครั้ง)	37	23	37.83
เวลาหยุดตั้งค่าเครื่องจักร (นาที)	410	277	32.44
จำนวนของเสีย (กระป๋อง)	1,409	676	52.02
มูลค่าเสียหาย (บาท)	70,450	33,800	52.02

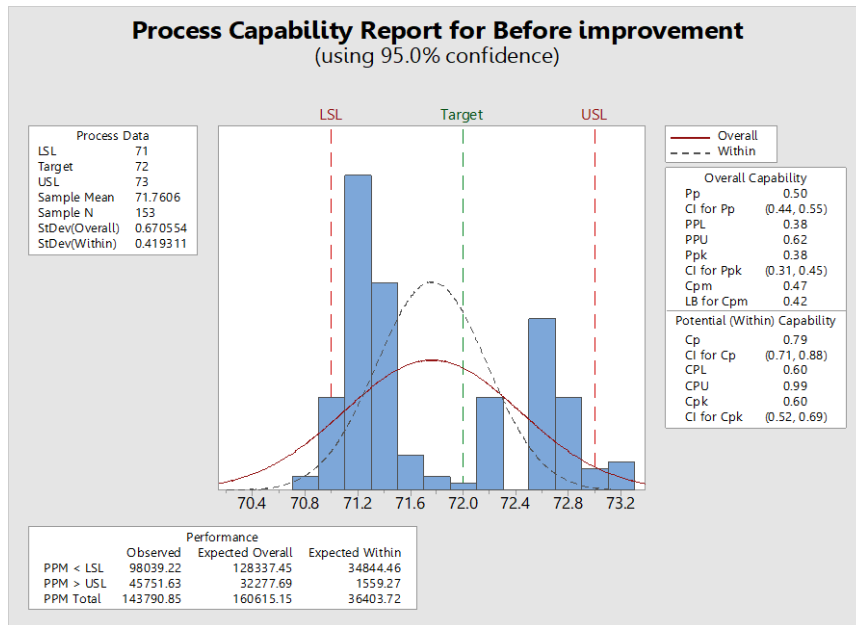


ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงร้อยละหลังปรับปรุง

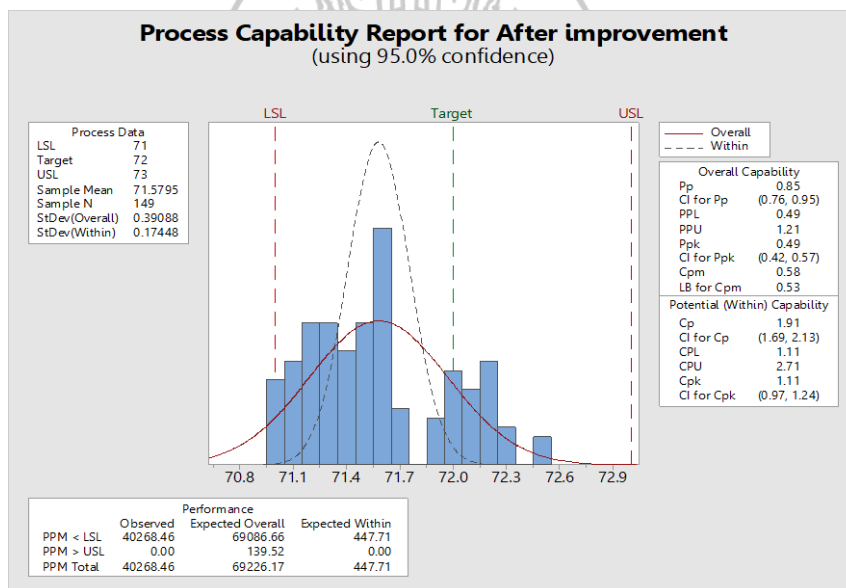
เพื่อเป็นการตรวจสอบค่าความสามารถของกระบวนการ ได้ทำการวิเคราะห์ค่า Process Capability ได้ค่า Cp, Cpk ก่อนและหลังปรับปรุง พบว่าหลังปรับปรุงค่าของ Cp และ Cpk มีค่าที่เพิ่มขึ้นดังนั้นค่าความสามารถของกระบวนการดีขึ้น ดังตารางที่ 4.8 และ ภาพที่ 4.16 และ 4.17

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าความสามารถของกระบวนการ

ค่าความสามารถ กระบวนการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เปรียบเทียบ (%)
Cp	0.79	1.91	141.77
Cpk	0.60	1.11	85

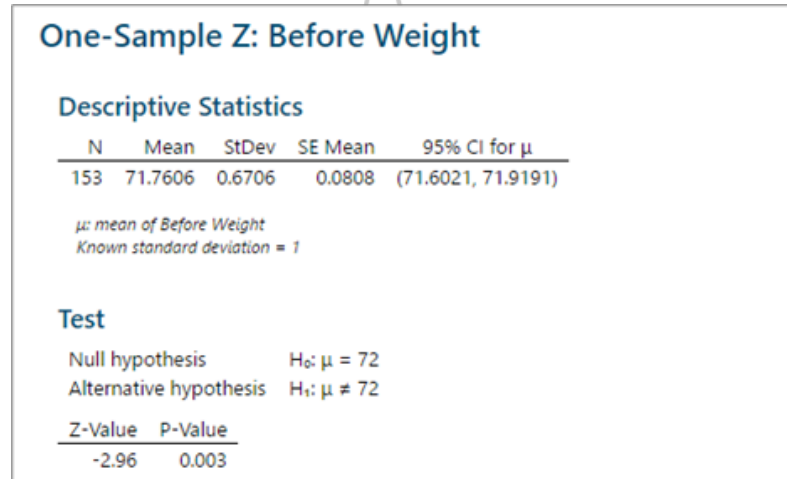


ภาพที่ 4.16 ค่าความสามารถกระบวนการก่อนปรับปรุง

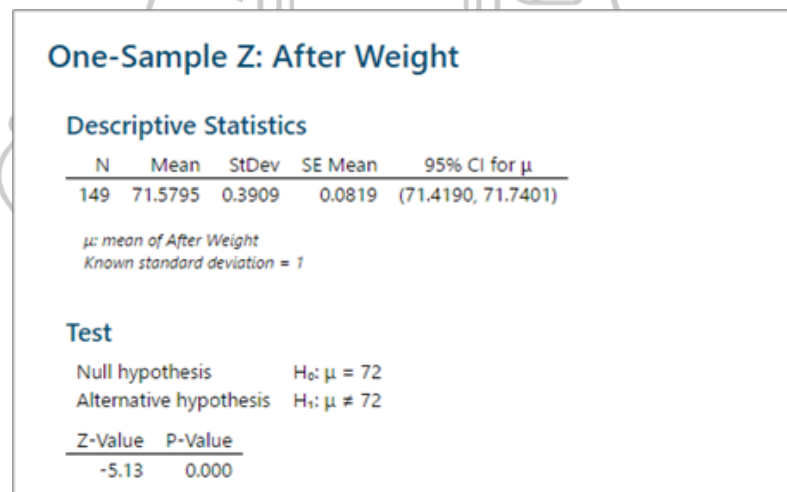


ภาพที่ 4.17 ค่าความสามารถกระบวนการหลังปรับปรุง

จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่ากระบวนการก่อนและหลังปรับปรุงดีขึ้นหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยได้ทำการทดสอบค่า z-Value และค่า p-Value พบว่า ค่าที่ได้ก่อนและหลังปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ ผลที่ได้คือปฏิเสธสมมติฐานหลัก  $H_0$  และยอมรับสมมติฐานทางเลือก  $H_1$  ดังภาพที่ 4.18 และ 4.19



ภาพที่ 4.18 ผลการทดสอบสมมติฐานก่อนปรับปรุง



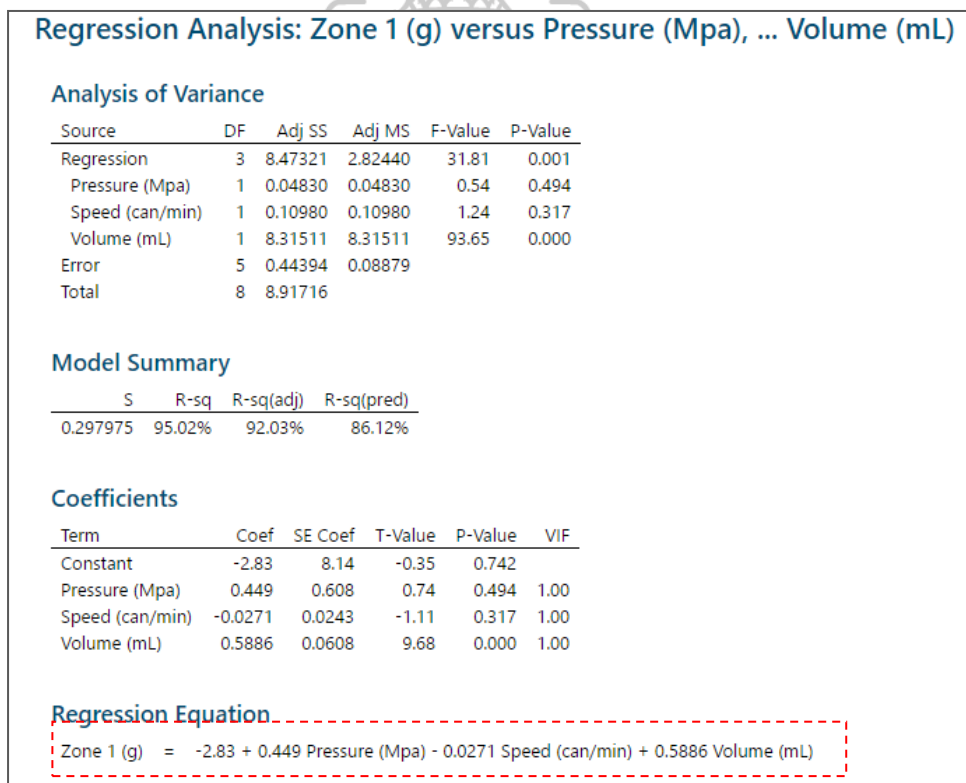
ภาพที่ 4.19 ผลการทดสอบสมมติฐานหลังปรับปรุง

## ตอนที่ 5 การสร้างโมเดลสมการถดถอยของการบรรจุภัณฑ์และผลการ Validation

หลังจากการใช้โปรแกรม Minitab วิเคราะห์หาค่าอิทธิพลของปัจจัยและค่าที่ทนทาน สำหรับกระบวนการบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้ยังได้ทำการ สร้างรูปแบบของโมเดลสมการถดถอย ในแต่ละช่วงของอุณหภูมิเพื่อนำไปใช้ในแต่ละช่วงของอุณหภูมิที่มีการบรรจุภัณฑ์ โดยได้ทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานในแต่ละช่วงของอุณหภูมิเพื่อนำไปใช้ในการ Validation โดยข้อมูลที่ได้แสดงดังต่อไปนี้

### 5.1 รูปแบบการหาโมเดลสมการถดถอย

การหาค่าโมเดลสมการถดถอยในแต่ละช่วงของอุณหภูมิทั้งหมด 3 โซน โดยการนำค่าจากตารางการทดลอง Orthogonal Array L9 ที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อทำการ Regression Equation ทั้ง 3 โซนดังภาพที่ 4.20 4.21 และ 4.22



ภาพที่ 4.20 โมเดลสมการถดถอยโซนที่ 1

### Regression Analysis: Zone 2 (g) versus Pressure (Mpa), ... Volume (mL)

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	7.64512	2.54837	7.64	0.026
Pressure (Mpa)	1	0.06580	0.06580	0.20	0.676
Speed (can/min)	1	0.00057	0.00057	0.00	0.969
Volume (mL)	1	7.57876	7.57876	22.71	0.005
Error	5	1.66863	0.33373		
Total	8	9.31375			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.577690	82.08%	71.33%	50.39%

#### Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-2.1	15.8	-0.13	0.898	
Pressure (Mpa)	0.52	1.18	0.44	0.676	1.00
Speed (can/min)	-0.0019	0.0472	-0.04	0.969	1.00
Volume (mL)	0.562	0.118	4.77	0.005	1.00

#### Regression Equation

$$\text{Zone 2 (g)} = -2.1 + 0.52 \text{ Pressure (Mpa)} - 0.0019 \text{ Speed (can/min)} + 0.562 \text{ Volume (mL)}$$

ภาพที่ 4.21 โมเดลสมการถดถอยโซนที่ 2

### Regression Analysis: Zone 3 (g) versus Pressure (Mpa), ... Volume (mL)

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	5.05429	1.68476	5.76	0.044
Pressure (Mpa)	1	0.27807	0.27807	0.95	0.374
Speed (can/min)	1	0.00581	0.00581	0.02	0.893
Volume (mL)	1	4.77042	4.77042	16.32	0.010
Error	5	1.46175	0.29235		
Total	8	6.51604			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.540695	77.57%	64.11%	17.57%

#### Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	11.6	14.8	0.78	0.468	
Pressure (Mpa)	1.08	1.10	0.98	0.374	1.00
Speed (can/min)	-0.0062	0.0441	-0.14	0.893	1.00
Volume (mL)	0.446	0.110	4.04	0.010	1.00

#### Regression Equation

$$\text{Zone 3 (g)} = 11.6 + 1.08 \text{ Pressure (Mpa)} - 0.0062 \text{ Speed (can/min)} + 0.446 \text{ Volume (mL)}$$

ภาพที่ 4.22 โมเดลสมการถดถอยโซนที่ 3



หลังจากทำการสร้างโมเดลสมการถดถอยโดยใช้โปรแกรม Minitab สร้างสมการแบ่งออกเป็น 3 โซนได้ดังนี้

โซนที่ 1: อุณหภูมิ 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส

$$W = -2.83 + 0.499P - 0.271S + 0.5886V \quad (1)$$

โซนที่ 2: อุณหภูมิ 31 ถึง 35 องศาเซลเซียส

$$W = -2.10 + 0.520P - 0.0019S + 0.5620V \quad (2)$$

โซนที่ 3: อุณหภูมิ 36 ถึง 40 องศาเซลเซียส

$$W = 11.60 + 1.080P - 0.0062S + 0.4460V \quad (3)$$

โดยที่ W คือมวลบรรจุภัณฑ์ P คือแรงดันบรรจุภัณฑ์ S คือความเร็วบรรจุภัณฑ์ และ V คือปริมาตรกระบอกบรรจุภัณฑ์

## 5.2 การหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับการบรรจุภัณฑ์ในแต่ละโซน

เมื่อได้สมการทั้ง 3 โซนจากนั้นทำการหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานในแต่ละช่วงของอุณหภูมิ เริ่มจากกำหนดค่าดังนี้ 1. ค่าน้ำหนักของก๊าซ 72.0 g/can 2. ค่า Pressure 2.0 MPa 3. ค่า Speed 65 can/min จากนั้นทำการแก้สมการทั้ง 3 สมการในแต่ละโซน เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของค่า Volume (mL) ของแต่ละโซนค่าที่ได้ เพื่อนำไปใช้ในการปรับตั้งค่าเครื่องบรรจุภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานแต่ละช่วงอุณหภูมิ

Temperature of Zone (°C)	Weight (g/can)	Parameter Setting		
		Pressure (MPa)	Speed (can/minute)	Volume (mL)
Zone. 1	72.0	2.0	65	128.60
Zone. 2	72.0	2.0	65	130.22
Zone. 3	72.0	2.0	65	131.50

### 5.3 ผลการ Validation มวลบรรจุก๊าซของแต่ละช่วงอุณหภูมิ

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานจากสมการทั้ง 3 สมการแล้วจากนั้นทำค่าที่ได้ไปใช้ปรับตั้งค่าเครื่องจักรในกระบวนการบรรจุก๊าซค่าจากตารางที่ 4.9 แล้วตรวจสอบว่าค่าที่ได้ใช้งานได้หรือไม่ทำการทดสอบ 9 ครั้งและบันทึกผลแต่ละหัวบรรจุก๊าซและหาค่าเฉลี่ย พบว่าค่าที่บรรจุอยู่ในช่วงที่กำหนด ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบค่ามวลบรรจุก๊าซ

No.	Zone	Gas Filling Mass (g/can)						
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	Aver.
1	1	72.05	72.06	72.02	72.04	72.03	72.06	72.04
2	2	72.12	72.08	72.09	72.06	72.10	72.07	72.09
3	3	72.04	72.05	72.01	72.06	72.09	72.06	72.05
4	1	72.07	72.05	72.02	72.03	72.06	72.04	72.05
5	2	72.12	72.11	72.09	72.09	72.08	72.10	72.10
6	3	72.06	72.05	72.08	72.06	72.09	72.06	72.07
7	1	72.04	72.06	72.05	72.04	72.01	72.06	72.04
8	2	72.11	72.08	72.09	72.06	72.14	72.09	72.10
9	3	72.04	72.06	72.05	72.09	72.07	72.06	72.06

### 5.4 ทดสอบระยะเวลาการคืนสภาพ (Recovery Time)

หลังจากได้ทำการทดสอบค่ามวลบรรจุก๊าซแล้ว งานวิจัยนี้ยังได้นำสมการไปใช้ในห้องบรรจุก๊าซ นำค่าจากสมการนี้ไปใช้ปรับตั้งค่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิ โดยได้ทำการทดสอบระยะเวลาการคืนสภาพก่อนและหลังปรับปรุง พบว่าทำให้ช่วยลดการลองผิดลองถูก ส่งผลให้ระยะเวลาการคืนสภาพลดลงร้อยละ 52.00 และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบ ลดลงร้อยละ 57.69 ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ระยะเวลาการคืนสภาพก่อนและหลังปรับปรุง

ทดสอบครั้งที่	ระยะเวลาคืนสภาพ (นาที)		ผลิตภัณฑ์ทดสอบ (กระป๋อง)	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1	11.83	5.50	14	6
2	12.43	6.43	14	7
3	12.33	5.70	16	6
4	11.80	5.76	18	8
5	11.60	5.42	16	6
ค่าเฉลี่ย	12.00	5.76	15.60	6.60
ร้อยละ	52.00 หลังปรับปรุง		57.69 หลังปรับปรุง	



## บทที่ 5

### สรุปการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

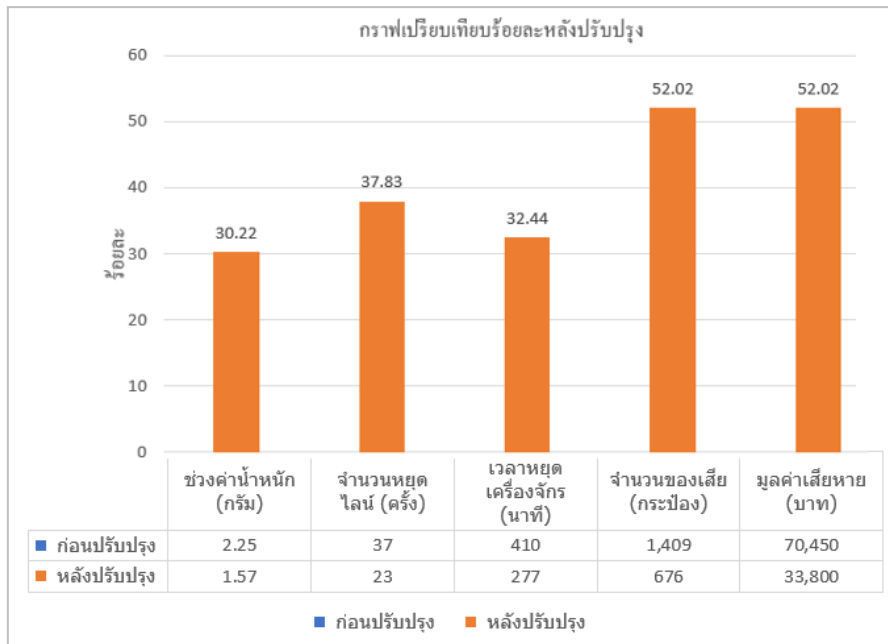
#### 1. สรุปการศึกษา

งานนี้ได้ศึกษากระบวนการบรรจุก๊าซเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานสำหรับกระบวนการบรรจุก๊าซ ด้วยเทคนิคทากูชิ ซึ่งมีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยรบกวนที่ทำให้ค่าน้ำหนักไม่ได้ค่ามาตรฐาน โดยใช้เทคนิคทากูชิ ออกแบบตารางการทดลอง Orthogonal Array L9 และวิเคราะห์หาค่า Signal to Noise Ratio S/N ที่มีอิทธิพลต่อปัจจัยด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อหาค่า S/N ที่มีค่าสูงสุดในแต่ละระดับของการทดลองที่ทนทานต่อกระบวนการ หลังจากทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ได้ค่าที่ทนทานทั้ง 3 ปัจจัย คือ 1.ปัจจัยปริมาตรบรรจุก๊าซ ที่ระดับ 128 mL 2.ปัจจัยแรงดันบรรจุก๊าซ ที่ระดับ 2.0 MPa และ 3.ปัจจัยความเร็วในการบรรจุก๊าซที่ระดับ 65 can/min ซึ่งเป็นค่าที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิต วัตถุประสงค์ของงานนี้เพื่อหาค่ามวล อยู่ในช่วงเป้าหมายที่ตั้งไว้คือ 71.00-73.00 กรัมต่อกระป๋อง นอกจากนี้ยังส่งผลให้เวลาการหยุดปรับตั้งค่าเครื่องจักรลดลง จำนวนของเสียจากการผลิตลดลง ทำให้มูลค่าความเสียหายลดลง เกิดประสิทธิภาพต่อกระบวนการผลิต ซึ่งผลที่ได้คือ ช่วงของน้ำหนักลดลง 30.22 % หลังปรับปรุง รายละเอียดสรุปข้อมูลดังภาพที่ 5.1

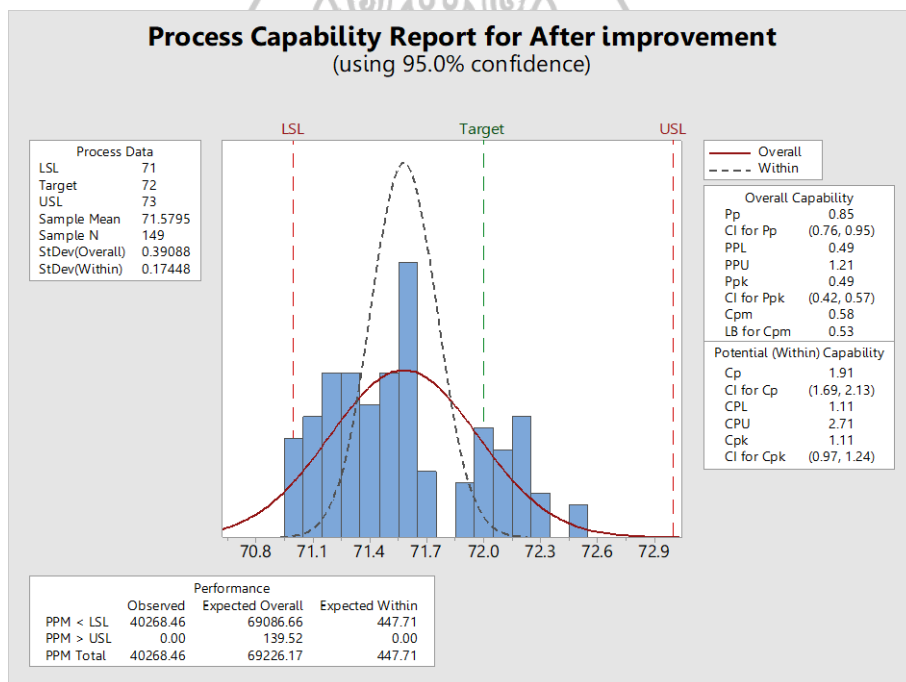
ในส่วนของการตรวจสอบค่าความสามารถของกระบวนการ ผลการวิเคราะห์ค่า Process Capability ได้ค่า Cp, Cpk ก่อนและหลังปรับปรุง พบว่าหลังปรับปรุงค่าของ Cp และ Cpk มีค่าที่เพิ่มขึ้นดังนั้นค่าความสามารถของกระบวนการดีขึ้น ดังตารางที่ 5.1 และภาพที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าความสามารถของกระบวนการ

ค่าความสามารถ กระบวนการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เปรียบเทียบ (%)
Cp	0.79	1.91	141.77
Cpk	0.60	1.11	85



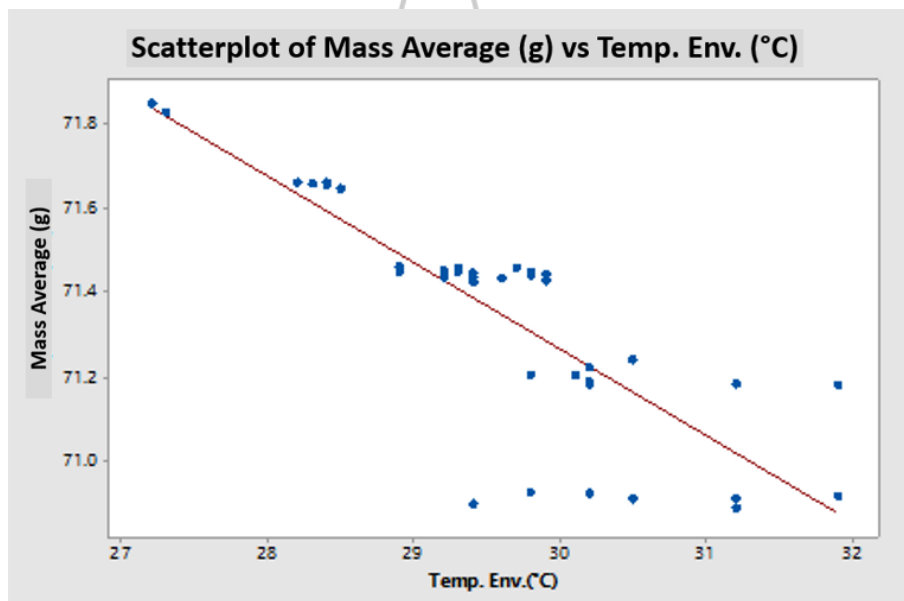
ภาพที่ 5.1 กราฟแสดงร้อยละหลังปรับปรุง



ภาพที่ 5.2 ค่าความสามารถกระบวนการหลังปรับปรุง

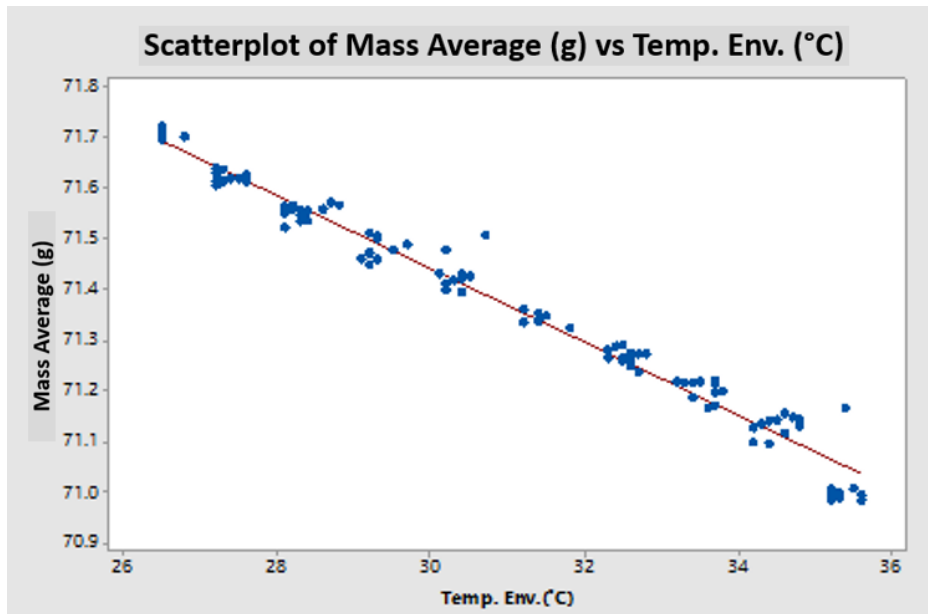
## 2. อภิปรายผล

เมื่อพิจารณาก่อนปรับปรุงพบว่า ที่อุณหภูมิประมาณ 29.4 องศาเซลเซียส ค่าที่ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานดังภาพที่ 5.3 หลังปรับปรุงได้นำค่าพารามิเตอร์ไปใช้ในกระบวนการบรรจุก๊าซ พบว่าค่าของมวลที่บรรจุ อยู่ในช่วงของค่าเป้าหมายในช่วงอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมที่ 26.5-35.6 องศาเซลเซียส มีความทนทานมากกว่า แต่หลังจากอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 35.6 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าต่ำลงกว่าค่าที่กำหนดดังภาพที่ 5.4

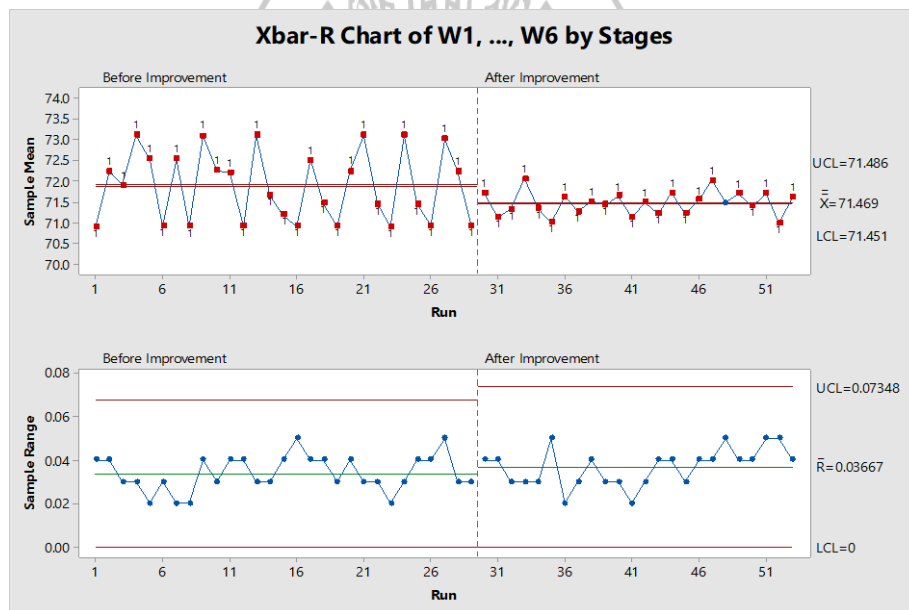


ภาพที่ 5.3 ค่ามวลบรรจุก๊าซและอุณหภูมิก่อนปรับปรุง

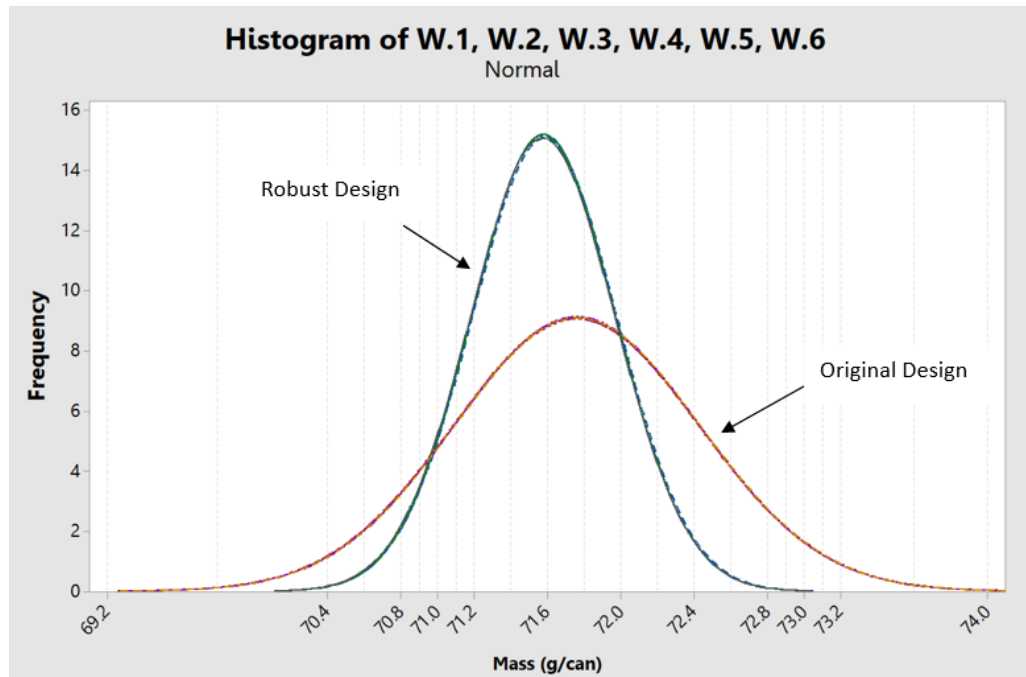
หลังการปรับปรุงเมื่อค่ามวลของก๊าซต่ำกว่าค่ามาตรฐานพนักงานบรรจุก๊าซจะทำการปรับค่าพารามิเตอร์ ค่าปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซ ที่ระดับ 130 mL จากเดิมที่ระดับ 128 mL ทำให้ค่าบรรจุก๊าซได้ตามค่ามาตรฐานตามที่กำหนด ในช่วงของอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันที่มีการผลิต จากข้อมูลหลังการปรับปรุง พบว่ามีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 70.97-72.54 g/can จากเดิมก่อนปรับปรุงที่มีช่วงค่าที่กว้างกว่าคือช่วง 70.87-73.12 g/can นำผลที่ได้จากกระบวนการก่อนและหลังปรับปรุงมาแสดงกราฟ X-bar R Chart ดังภาพที่ 5.5 และพบว่าหลังปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้มีความทนทานมากขึ้นดังภาพที่ 5.6 ก่อนปรับปรุงนำมาเปรียบเทียบกับหลังปรับปรุง



ภาพที่ 5.4 ค่ามวลบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิหลังปรับปรุง



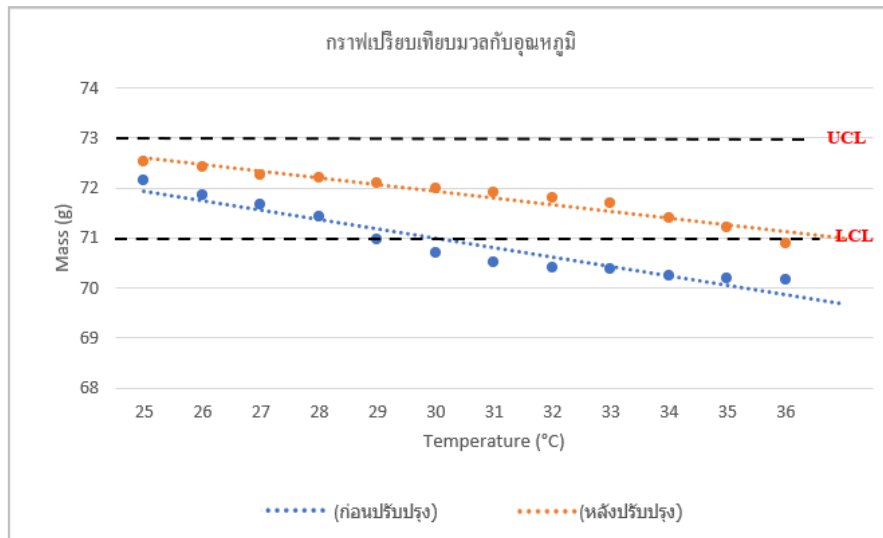
ภาพที่ 5.5 ค่ามวลก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง



ภาพที่ 5.6 ค่ามวลก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

สาเหตุที่ทำให้กระบวนการบรรจุก๊าซมีค่ามวลที่ไม่คงที่เมื่ออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งส่งผลทำให้อุณหภูมิของก๊าซที่อยู่ในถังผสมและในท่อจ่ายก๊าซ มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ทำให้ปริมาตรและความหนาแน่นของก๊าซเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องกับ กฎของชาร์ล (Charles's Law) กล่าวว่า ปริมาตรของก๊าซที่มีมวลหนึ่งในความดันคงตัวจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาตรเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความหนาแน่นลดลงส่งผลให้ค่ามวลของก๊าซลดลงด้วย และเมื่ออุณหภูมิลดลงปริมาตรลดลงทำให้ความหนาแน่นของก๊าซเพิ่มขึ้นส่งผลให้มวลเพิ่มขึ้น จากผลที่ได้หลังปรับปรุงโดยการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ทนทาน พบว่าทำให้ค่ามีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม เนื่องจากแรงดันที่ปรับเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับที่มีค่าสูงสุด ช่วยทำให้ค่าความหนาแน่นมีค่าที่คงที่ในระดับที่ส่งผลให้การบรรจุก๊าซอยู่ในช่วงค่าเป้าหมายได้ แต่จากผลที่ได้พบว่ายังไม่สามารถทนทานต่อค่าของอุณหภูมิที่มากกว่า 35.6 องศาเซลเซียสได้ แสดงรูปกราฟก่อนและหลังปรับปรุง โดยหลังปรับปรุงมีความทนทานมากขึ้น นำผลที่ได้จากกระบวนการมาแสดงกราฟเปรียบเทียบมวลกับอุณหภูมิ ดังภาพที่ 5.7





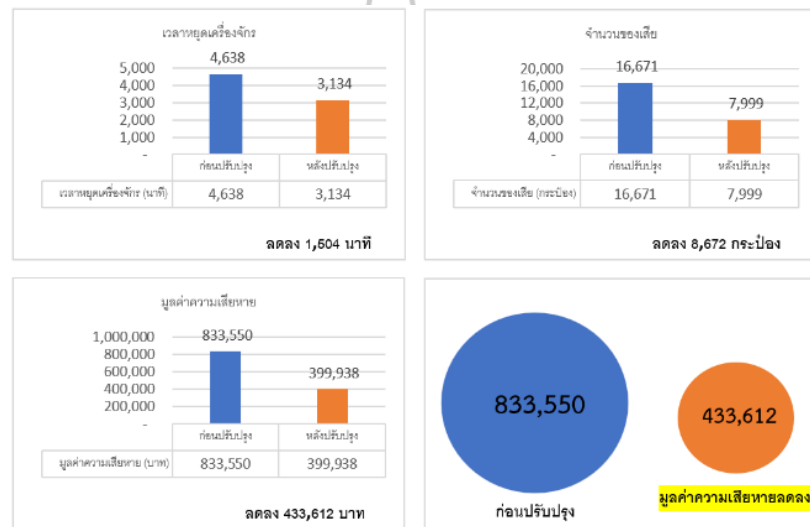
ภาพที่ 5.7 กราฟเปรียบเทียบมวลกับอุณหภูมิก่อนและหลังปรับปรุง

สำหรับประโยชน์ในงานวิจัยนี้ สามารถนำหลักการและวิธีการไปใช้ในหน่วยงานที่มีกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกับกระบวนการบรรจุก๊าซ เพื่อช่วยปรับปรุงกระบวนการให้ค่ามวลอยู่ในค่าเป้าหมาย อีกทั้งยังสามารถประยุกต์สร้างโมเดลสมการถดถอย (Regression Equation of Model) ที่ได้ข้อมูลจากการทดลอง ผ่านการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อใช้กับค่ามวลบรรจุก๊าซแต่ละผลิตภัณฑ์ ที่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละโซนของช่วงอุณหภูมิ และได้สร้างรูปแบบโมเดลเพื่อช่วยในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์

หลังจากได้สมการโมเดลทั้ง 3 สมการเริ่มทำการทดสอบสมการโมเดลเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงกว่าค่าที่ควบคุมได้ โดยการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ใช้สมการที่ได้ไปหาค่าในแต่ละโซนทำการแทนค่าน้ำหนักในแต่ละโซน และกำหนดค่า Pressure 2.0 MPa ค่า Speed 65 can/min เป็นค่าคงที่จากนั้นทำการแก้สมการ เพื่อหาค่าของปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซในแต่ละโซนของอุณหภูมิ ได้ดังตารางที่ 4.10

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ในแต่ละช่วงของอุณหภูมิจากการใช้สมการ จากนั้นทำการตรวจสอบว่าค่าที่ได้ใช้งานได้หรือไม่ ทำการทดสอบนำค่าไปปรับตั้งค่าเครื่องจักรในแต่ละโซนและทำการบันทึกค่าในแต่ละหัวบรรจุก๊าซทั้งหมด 6 หัวบรรจุก๊าซ พบว่าค่าที่บรรจุอยู่ในช่วงที่กำหนด 71.00-73.00 กรัมต่อกระป๋อง

ซึ่งทำให้พนักงานในห้องบรรจุก๊าซ นำสมการโมเดลนี้ไปใช้ปรับตั้งค่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ทำให้ช่วยลดการลองผิดลองถูก ส่งผลให้ระยะเวลาการคืนสภาพและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบลดลง และเมื่อได้นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการออกแบบและทดลองนำไปเปรียบเทียบกับยอดการผลิตในอดีตที่ผ่านมา ปี พ.ศ. 2566 โดยคิดจากเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงจาก 1.ยอดจำนวนของเสีย 2.เวลาปรับตั้งค่า และ 3.มูลค่าความเสียหาย ซึ่งช่วยให้สามารถประหยัดลงได้ 433,612 บาท ดังแสดงในภาพที่ 5.8



ภาพที่ 5.8 เปรียบเทียบมูลค่าความเสียหายที่ลดลง

### 3. ข้อเสนอแนะ

สำหรับการปรับปรุงกระบวนการบรรจุก๊าซในครั้งนี้พบว่ายังมี อุปสรรคทางด้านเครื่องจักรในกระบวนการผลิต และอุณหภูมิสภาพแวดล้อม โดยมีข้อเสนอแนะ 2 ข้อดังนี้

#### 3.1 ถ้ามีการทดลองหรือปรับปรุงงานในอนาคต มี 2 แนวทาง

3.1.2 เพิ่มขนาดของเครื่องจักรสำหรับเพิ่มแรงดันเพื่อใช้ทดลองครั้งต่อไปในการปรับระดับค่าพารามิเตอร์

3.1.2 ติดตั้งฉนวนหุ้มความร้อนที่ท่อจ่ายก๊าซเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่

3.2 อุปสรรคของงานวิจัยนี้ พบว่า ค่าของแรงดันที่ไม่สามารถเพิ่มแรงดันให้มากกว่าค่า 2.0 MPa ได้เนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องจักรมีขีดจำกัด ทำให้ไม่สามารถทดสอบระดับของค่าพารามิเตอร์ที่สูงได้ ดังนั้นหากมีการเพิ่มไลน์การผลิต ควรมีการเพิ่มขนาดของเครื่องจักรเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิต



บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- คมพันธ์ ชมสมุทร, & สุกัญญา เชิดชูงาม. (2561). การศึกษาประสิทธิภาพทิศทางการกีดงานที่มีผลต่อค่าความหยาบผิวโดยวิธีทาคุชิ. *Kasem Bundit Engineering Journal*, 8(3), 246-262.
- สุรพงศ์ บางพาน. (2557). การประยุกต์วิธีการทาคุชิสำหรับกระบวนการกลึงที่ดีที่สุดโดยศึกษาค่าพารามิเตอร์ของ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต. *Journal of Engineering and Innovation*, 7(2), 104-112.
- สุรพงศ์ บางพาน, พีรพันธ์ บางพาน, เจษฎา แก้วสุใจ, & พงศ์นรินทร์ กิ่งอุโมงค์. (2552). การหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์โดยวิธีการทาคุชิที่การหลอมละลายแนวเชื่อม. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 25(1), 34-42.
- Chen, W., Lu, Z., & Yao, S. (1996). A procedure for robust design minimizing variations caused by noise factors and control factors. *Journal of Mechanical Design*, 118, 478-485. <https://doi.org/10.1115/1.2826131>
- Chumphon, Y. (2021). การวิจัยการพัฒนาและนวัตกรรม. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยการพัฒนาและนวัตกรรม* (หน่วยที่ 8, น. 66-73). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- Gijo, E. V., & Scaria, J. (2012). Product design by application of Taguchi's robust engineering using computer simulation. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 25(9), 761-773.
- Kachar, R. N. (1989). Quality control, robust design, and the Taguchi method. The Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software.
- \_\_\_\_\_. (1989). Quality control, robust design, and the Taguchi method. The Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software Pacific Grove.
- Kaushik, V., & Shankar, N. (2022). Statistical analysis using Taguchi method for designing a robust wind turbine. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 100(3), 92-105.
- Phutthasorn, S., & Choungthong, P. (2017). A Study of Optimized Parameter for Nickel Based Superalloys with Abrasive Waterjet Cutting. *Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT)*, 5(1), 1-4.

- Vongpeang, S., & Prasanjai, A. (2019). การประยุกต์วิธีการทากูชิเพื่อลดชิ้นงานเสียในกระบวนการประกอบ แผ่นวงจรพิมพ์พีซีบีกรณีสึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์. *Journal of Engineering and Digital Technology (JEDT)*, 7(2), 26-35.
- Roy, R. K. (2010). A primer on the Taguchi method. Society of Manufacturing Engineers.
- Taguchi, G. (1988). Taguchi techniques for quality engineering. McGraw-Hill.





ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ศรีนครินทรวิโรฒราชวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

การหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานด้วยโปรแกรม Minitab

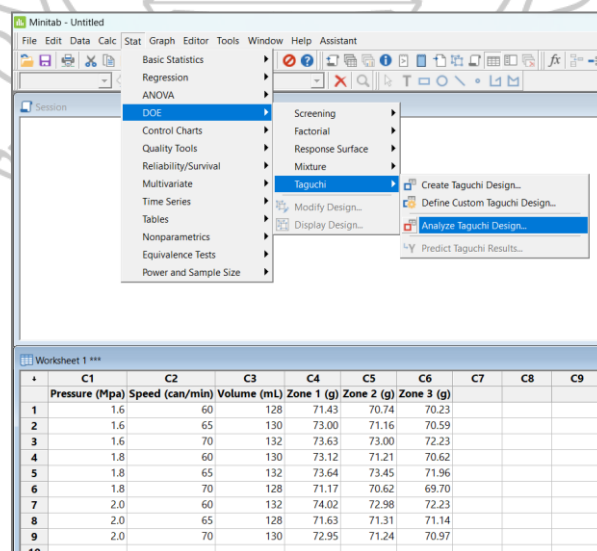
ขั้นตอนการหาค่าพารามิเตอร์ที่ทนทานด้วยโปรแกรม Minitab โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดตารางการทดลองโดยนำตารางที่ ก.1 จากการทดลองเข้าโปรแกรม

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองตารางทากูชิ

Run	Control Factors			Noise Factors (°C)		
	Pressure (MPa)	Speed (can/min)	Volume (mL)	Zone 1	Zone 2	Zone 3
1	1.6	60	128	71.43	70.74	70.24
2	1.6	65	130	73.00	71.16	70.59
3	1.6	70	132	73.63	73.00	72.23
4	1.8	60	130	73.12	71.21	70.62
5	1.8	65	132	73.64	73.45	71.97
6	1.8	70	128	71.18	70.62	69.70
7	2.0	60	132	74.02	72.98	72.23
8	2.0	65	128	71.63	71.31	71.14
9	2.0	70	130	72.96	71.24	70.97

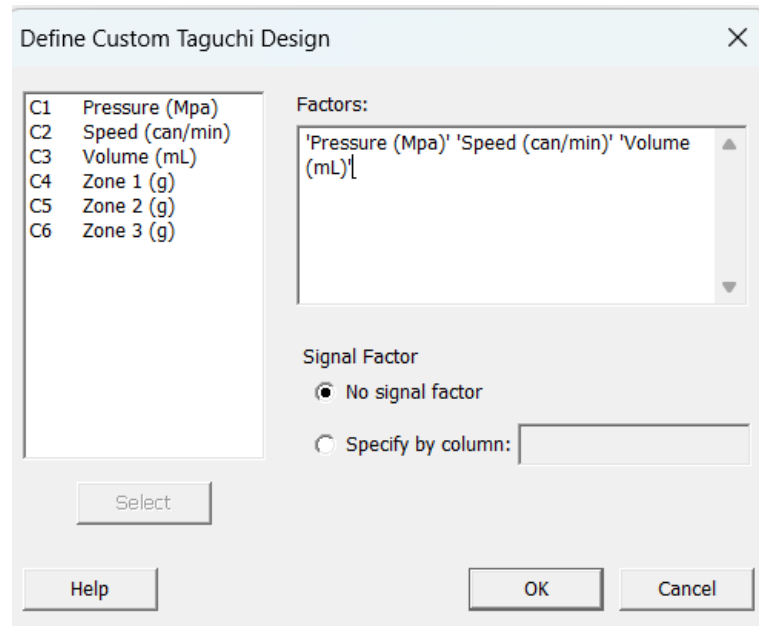
2. เข้าโปรแกรม Minitab > DOE > Taguchi > Analyze Taguchi Design



ภาพที่ ก.1 การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแทป

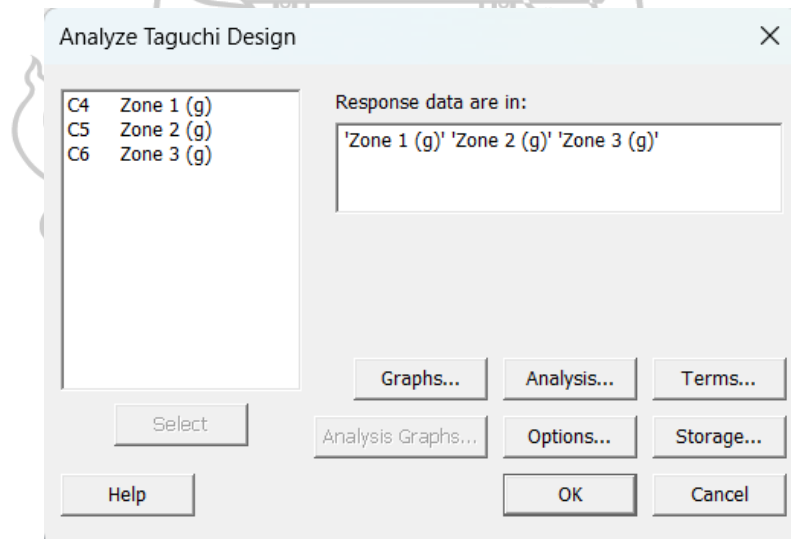


3. กำหนดค่า Factors เลือกชุดข้อมูล C1 C2 และ C3 จากนั้นกด OK



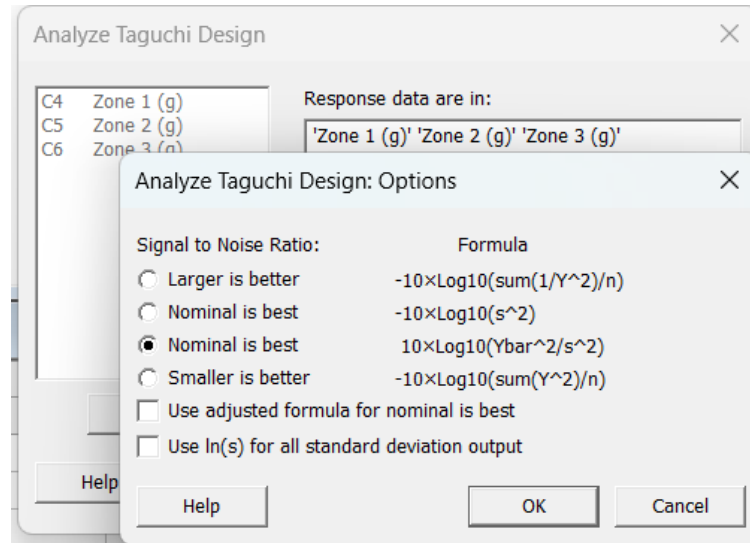
ภาพที่ ก.2 การกำหนดค่าปัจจัยที่กำหนด

4. กำหนดค่า Response data are in เลือกชุดข้อมูล C4 C5 และ C6



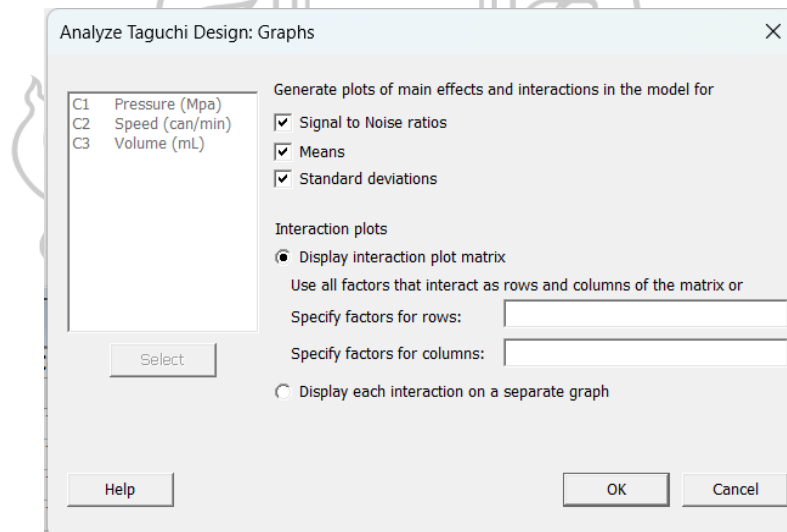
ภาพที่ ก.3 การกำหนดค่าผลตอบสนอง

5.กำหนดสูตรการคำนวณ Analyze Taguchi Design: Options > Nominal is best > OK



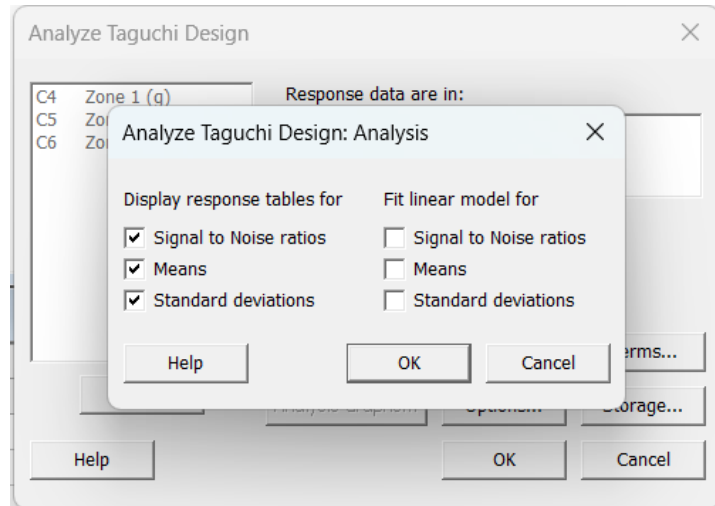
ภาพที่ ก.4 กำหนดสูตรการคำนวณ

6.กำหนดกราฟ Analyze Taguchi Design: Graphs > Signal to Noise ratios > Means > Standard deviations > OK



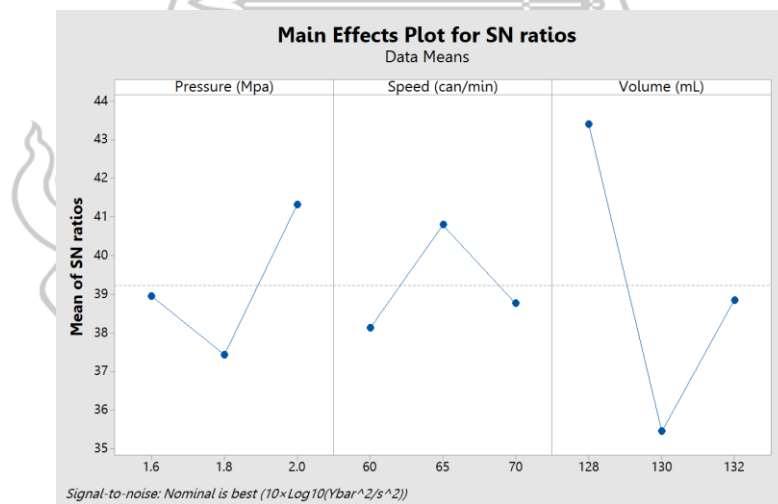
ภาพที่ ก.5 กำหนดชนิดกราฟการวิเคราะห์

7. กำหนดค่าที่จะแสดงในตาราง Analyze Taguchi Design: Analysis > Signal to Noise ratios > Means > Standard deviations > OK

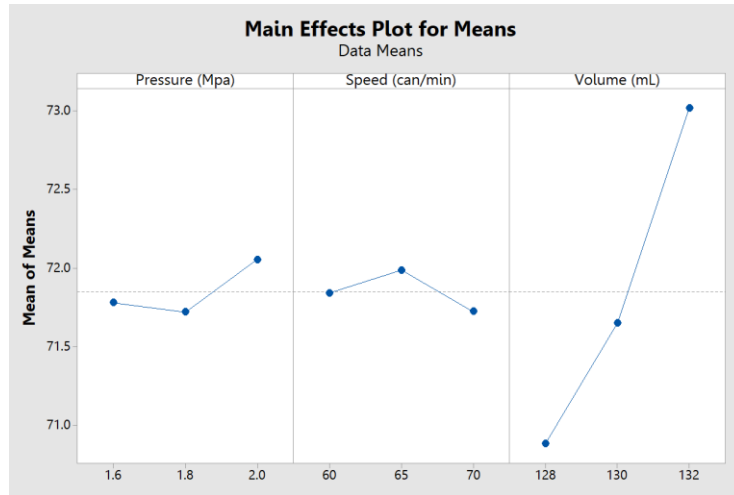


ภาพที่ ก.6 กำหนดค่าที่แสดงผลในตารางข้อมูล

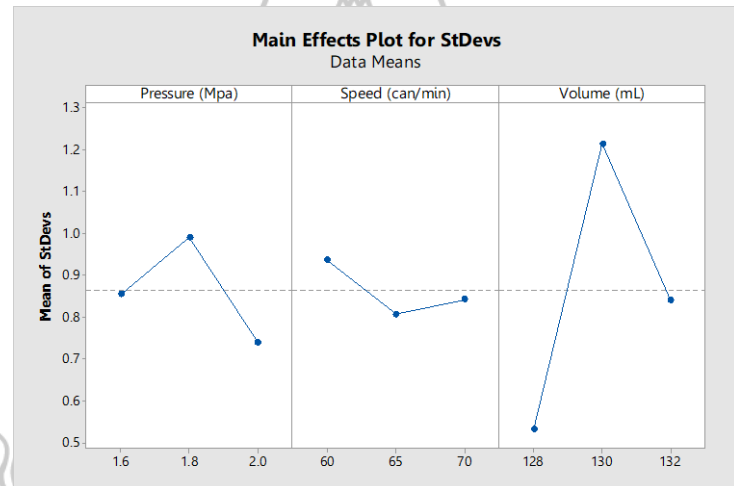
8. กราฟแสดงผลและตารางที่ได้หลังจากการใช้โปรแกรม



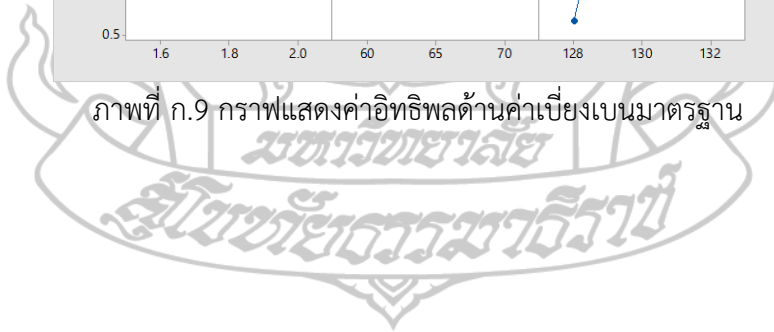
ภาพที่ ก.7 กราฟแสดงค่าอิทธิพลด้าน S/N ของแต่ละปัจจัย



ภาพที่ ก.8 กราฟแสดงค่าอิทธิพลด้านค่าเฉลี่ย



ภาพที่ ก.9 กราฟแสดงค่าอิทธิพลด้านค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



**Taguchi Analysis: Zone 1 (g), Zone 2 (g), Zone 3 (g) ... in), Volume (mL)**
**Response Table for Signal to Noise Ratios**

 Nominal is best ( $10 \times \log_{10}(\bar{y}^2/s^2)$ )

Level	Pressure (Mpa)	Speed (can/min)	Volume (mL)
1	38.94	38.13	43.40
2	37.43	40.79	35.45
3	41.31	38.76	38.84
Delta	3.88	2.66	7.95
Rank	2	3	1

**Response Table for Means**

Level	Pressure (Mpa)	Speed (can/min)	Volume (mL)
1	71.78	71.84	70.89
2	71.72	71.99	71.65
3	72.05	71.72	73.02
Delta	0.33	0.26	2.13
Rank	2	3	1

**Response Table for Standard Deviations**

Level	Pressure (Mpa)	Speed (can/min)	Volume (mL)
1	0.8547	0.9364	0.5309
2	0.9907	0.8072	1.2146
3	0.7403	0.8421	0.8401
Delta	0.2505	0.1292	0.6837
Rank	2	3	1

ภาพที่ ก.10 ผลตอบสนองของแต่ละปัจจัย



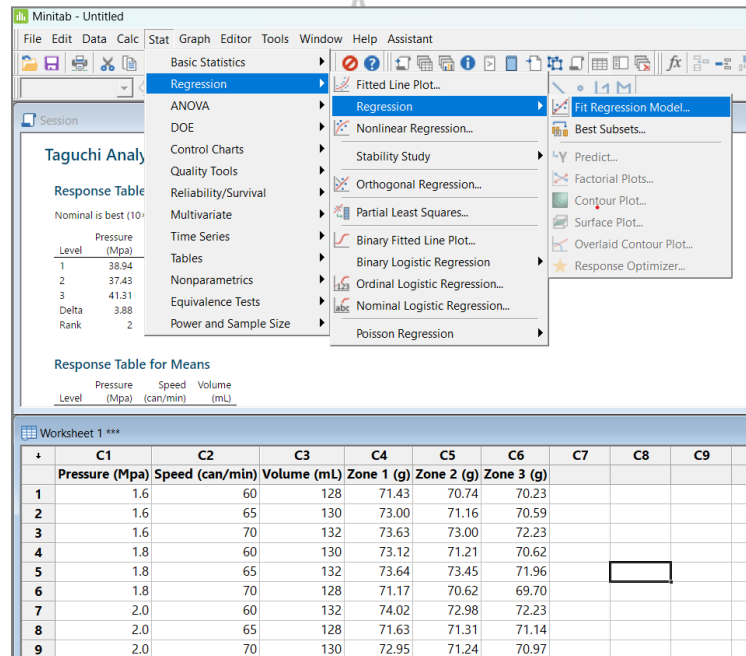


**ภาคผนวก ข**

การหาค่าโมเดลสมการถดถอยและการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

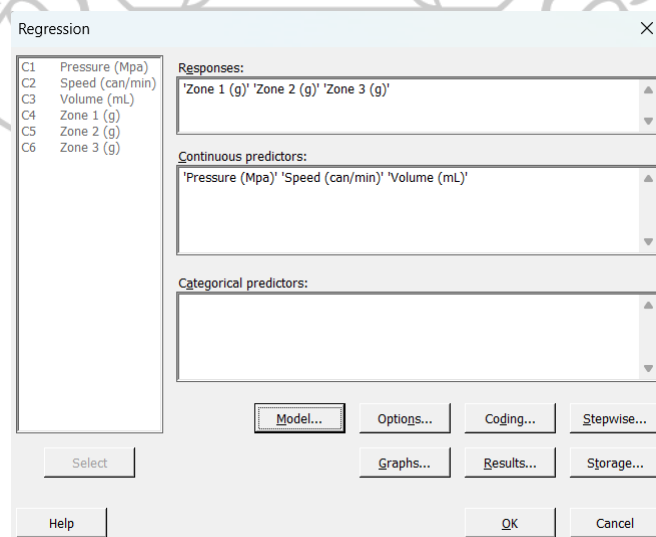
การหาค่าโมเดลสมการถดถอยโดยใช้ค่าจากตารางการทดลองทางกุกุชิ โดยใช้โปรแกรม Minitab หาค่ามีวิธีการดังนี้

1. เข้าโปรแกรม Minitab > Regression > Fit Regression Model



ภาพที่ ข.1 การสร้างโมเดลสมการ

2. กำหนดค่า Regression > C4 C5 และ C6 และค่า Continuous predictors > C1 C2 และ C3



ภาพที่ ข.2 การกำหนดค่าสมการถดถอย

3.เมื่อกำหนดค่าแล้วจากนั้นกด OK จะได้สมการถดถอยทั้ง 3 โชนดังภาพที่แสดง

**Regression Analysis: Zone 1 (g) versus Pressure (Mpa), ... Volume (mL)**

**Analysis of Variance**

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	8.47321	2.82440	31.81	0.001
Pressure (Mpa)	1	0.04830	0.04830	0.54	0.494
Speed (can/min)	1	0.10980	0.10980	1.24	0.317
Volume (mL)	1	8.31511	8.31511	93.65	0.000
Error	5	0.44394	0.08879		
Total	8	8.91716			

**Model Summary**

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.297975	95.02%	92.03%	86.12%

**Coefficients**

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-2.83	8.14	-0.35	0.742	
Pressure (Mpa)	0.449	0.608	0.74	0.494	1.00
Speed (can/min)	-0.0271	0.0243	-1.11	0.317	1.00
Volume (mL)	0.5886	0.0608	9.68	0.000	1.00

**Regression Equation**

Zone 1 (g) = -2.83 + 0.449 Pressure (Mpa) - 0.0271 Speed (can/min) + 0.5886 Volume (mL)

ภาพที่ ข.3 สมการถดถอยโซนที่ 1

**Regression Analysis: Zone 2 (g) versus Pressure (Mpa), ... Volume (mL)**

**Analysis of Variance**

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	7.64512	2.54837	7.64	0.026
Pressure (Mpa)	1	0.06580	0.06580	0.20	0.676
Speed (can/min)	1	0.00057	0.00057	0.00	0.969
Volume (mL)	1	7.57876	7.57876	22.71	0.005
Error	5	1.66863	0.33373		
Total	8	9.31375			

**Model Summary**

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.577690	82.08%	71.33%	50.39%

**Coefficients**

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-2.1	15.8	-0.13	0.898	
Pressure (Mpa)	0.52	1.18	0.44	0.676	1.00
Speed (can/min)	-0.0019	0.0472	-0.04	0.969	1.00
Volume (mL)	0.562	0.118	4.77	0.005	1.00

**Regression Equation**

Zone 2 (g) = -2.1 + 0.52 Pressure (Mpa) - 0.0019 Speed (can/min) + 0.562 Volume (mL)

ภาพที่ ข.4 สมการถดถอยโซนที่ 2



Regression Analysis: Zone 3 (g) versus Pressure (Mpa), ... Volume (mL)					
<b>Analysis of Variance</b>					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	5.05429	1.68476	5.76	0.044
Pressure (Mpa)	1	0.27807	0.27807	0.95	0.374
Speed (can/min)	1	0.00581	0.00581	0.02	0.893
Volume (mL)	1	4.77042	4.77042	16.32	0.010
Error	5	1.46175	0.29235		
Total	8	6.51604			
<b>Model Summary</b>					
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
0.540695	77.57%	64.11%	17.57%		
<b>Coefficients</b>					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	11.6	14.8	0.78	0.468	
Pressure (Mpa)	1.08	1.10	0.98	0.374	1.00
Speed (can/min)	-0.0062	0.0441	-0.14	0.893	1.00
Volume (mL)	0.446	0.110	4.04	0.010	1.00
<b>Regression Equation</b>					
Zone 3 (g) = 11.6 + 1.08 Pressure (Mpa) - 0.0062 Speed (can/min) + 0.446 Volume (mL)					

### ภาพที่ ข.5 สมการถดถอยโซนที่ 3

การหาค่าโมเดลสมการถดถอยในแต่ละช่วงของอุณหภูมิทั้งหมด 3 โซน โดยการนำค่าจากตารางการทดลอง Orthogonal Array L9 ที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อทำการ Regression Equation ทั้ง 3 โซน

โซนที่ 1: อุณหภูมิ 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส

$$W = -2.83 + 0.499P - 0.271S + 0.5886V \quad (1)$$

โซนที่ 2: อุณหภูมิ 31 ถึง 35 องศาเซลเซียส

$$W = -2.10 + 0.520P - 0.0019S + 0.5620V \quad (2)$$

โซนที่ 3: อุณหภูมิ 36 ถึง 40 องศาเซลเซียส

$$W = 11.60 + 1.080P - 0.0062S + 0.4460V \quad (3)$$

โดยที่ W คือมวลบรรจุภัณฑ์ P คือแรงดันบรรจุภัณฑ์ S คือความเร็วบรรจุภัณฑ์ และ V คือปริมาตรกระบอกบรรจุภัณฑ์

นำสมการที่ได้ไปหาค่าในแต่ละโซน ทำการแทนค่าน้ำหนักในแต่ละโซนที่ 72 กรัม และกำหนดค่า Pressure 2.0 MPa ค่า Speed 65 can/min เป็นค่าคงที่จากนั้นทำการแก้สมการ เพื่อหาค่าของปริมาตรกระบอกบรรจุก๊าซในแต่ละโซนของอุณหภูมิดังนี้

$$\text{โซนที่ 1: } 72 = -2.83 + 0.499(2.0) - 0.271(65) + 0.5886V$$

$$72 = -2.83 + 0.998 - 17.615 + 0.5886V$$

$$V = (72 + 2.83 - 0.998 + 17.615)/0.886$$

$$\text{ดังนั้น } V = 128.60 \text{ mL}$$

$$\text{โซนที่ 2: } 72 = -2.10 + 0.520(2.0) - 0.0019(65) + 0.5620V$$

$$72 = -2.10 + 1.04 - 0.1235 + 0.5620V$$

$$V = (72 + 2.10 - 1.04 + 0.1235)/0.5620$$

$$\text{ดังนั้น } V = 130.22 \text{ mL}$$

$$\text{โซนที่ 3: } 72 = 11.60 + 1.080(2.0) - 0.0062(65) + 0.4460V$$

$$72 = 11.60 + 2.16 - 0.403 + 0.4460V$$

$$V = (72 - 11.60 - 2.16 + 0.403)/0.4460$$

$$\text{ดังนั้น } V = 131.50 \text{ mL}$$





ภาคผนวก ค

ตารางข้อมูลกระบวนการบรรจุภัณฑ์ก่อนและหลังปรับปรุง

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลกระบวนการบรรจุภัณฑ์ก่อนปรับปรุง

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
3 ต.ค. 2566	33,200	18	10	08:00	29.2	128	71.46	71.45	71.43	71.46	71.46	71.45	71.45
				09:00	30.2	128	71.18	71.19	71.18	71.17	71.19	71.19	71.18
				09:50	31.2	128	70.89	70.90	70.91	70.89	70.87	70.89	70.89
				10:02	31.3	130	72.52	72.54	72.52	72.53	72.54	72.52	72.53
				11:00	32.5	130	72.24	72.23	72.23	72.25	72.22	72.26	72.24
				12:00	33.3	130	71.22	71.21	71.24	71.24	71.23	71.23	71.23
				13:00	34.2	130	71.19	71.19	71.18	71.18	71.21	71.19	71.19
				14:00	35.3	130	71.16	71.19	71.18	71.18	71.2	71.19	71.18
				15:00	34.7	130	71.21	71.20	71.22	71.24	71.23	71.22	71.22
				16:00	34.5	130	71.19	71.21	71.22	71.24	71.23	71.22	71.22
4 ต.ค. 2566	32,150	18	10	17:00	33.2	130	71.46	71.47	71.46	71.45	71.45	71.46	
				08:00	31.6	130	72.51	72.53	72.52	72.52	72.52	72.53	72.53
				09:00	31.8	130	72.49	72.49	72.51	72.50	72.53	72.52	72.51
				10:00	32.2	130	72.22	72.21	72.21	72.23	72.22	72.25	72.22

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (ลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
				11:00	33.5	130	71.46	71.47	71.44	71.45	71.46	71.44	71.45
				12:00	35.4	130	71.20	71.19	71.25	71.25	71.26	71.22	71.23
				13:00	35.5	130	71.20	71.22	71.25	71.24	71.23	71.22	71.23
	47			13:48	35.5	130	71.90	71.91	71.92	71.89	71.90	71.91	71.91
	18		12	14:00	36.3	132	72.75	72.73	72.74	72.72	72.73	72.76	72.74
				15:00	36.5	132	72.74	72.72	72.73	72.73	72.71	72.72	72.73
	50			15:35	34.8	132	73.10	73.12	73.09	73.12	73.10	73.11	73.11
	18		12	16:00	33.2	130	71.20	71.22	71.25	71.24	71.24	71.25	71.23
				17:00	33.1	130	71.20	71.22	71.25	71.24	71.23	71.24	71.23
5 ต.ค. 2566	32,000	18	10	08:00	29.3	128	71.44	71.44	71.43	71.45	71.47	71.46	71.45
				09:00	30.2	128	71.19	71.2	71.18	71.21	71.22	71.22	71.20
	42			09:47	30.2	128	70.92	70.94	70.93	70.92	70.91	70.93	70.93
	18		12	10:00	31.4	130	72.53	72.52	72.52	72.51	72.53	72.52	72.52
				11:00	34.2	130	71.22	71.23	71.25	71.24	71.23	71.22	71.23
				12:00	34.6	130	71.20	71.19	71.25	71.24	71.22	71.23	71.22
				13:00	34.7	130	71.19	71.18	71.18	71.18	71.21	71.19	71.19
	37			13:50	34.7	130	70.90	70.91	70.92	70.92	70.91	70.89	70.91

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (ลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
	18		10	14:00	36.5	132	72.75	72.74	72.74	72.75	72.73	72.76	72.75
				15:00	35.2	132	72.78	72.78	72.77	72.79	72.79	72.8	72.79
				16:00	34.4	130	71.20	71.21	71.25	71.24	71.23	71.24	71.23
				17:00	32.5	130	71.47	71.46	71.46	71.45	71.45	71.47	71.46
6 ต.ค. 2566	32,500	18	10	08:00	31.6	130	72.52	72.53	72.52	72.54	72.53	72.54	72.53
				09:00	32.4	130	72.25	72.26	72.24	72.23	72.24	72.26	72.25
				10:00	34.2	130	71.20	71.22	71.25	71.24	71.23	71.22	71.23
				11:00	34.5	130	71.19	71.20	71.22	71.23	71.20	71.19	71.21
	37			11:49	34.5	130	70.89	70.91	70.89	70.91	70.91	70.91	70.90
	18		12	12:00	35.6	132	72.73	72.73	72.71	72.72	72.73	72.75	72.73
				13:00	36.6	132	72.49	72.48	72.51	72.53	72.49	72.52	72.50
				14:00	36.2	132	72.75	72.73	72.74	72.72	72.73	72.76	72.74
				15:00	35.2	132	72.74	72.72	72.74	72.72	72.74	72.75	72.74
	24			15:40	35.2	132	73.08	73.09	73.09	73.12	73.10	73.09	73.10
	18		12	16:00	34.3	130	71.20	71.20	71.22	71.24	71.23	71.22	71.22
				17:00	32.6	130	71.45	71.44	71.46	71.45	71.46	71.44	71.45

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (ลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)								
							1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย		
7 ต.ค. 2566	32,480	18	11	08:00	28.4	128	71.65	71.66	71.64	71.67	71.66	71.64	71.66	71.64	71.65
				09:00	28.9	128	71.46	71.43	71.43	71.46	71.47	71.45	71.47	71.45	71.45
				10:00	31.2	128	71.19	71.20	71.18	71.19	71.18	71.16	71.18	71.16	71.18
	38			10:50	31.2	128	70.92	70.91	70.92	70.91	70.90	70.91	70.90	70.91	70.91
	18		12	11:02	32.2	130	72.25	72.24	72.25	72.23	72.26	72.26	72.26	72.26	72.25
				12:00	32.4	130	72.23	72.24	72.22	72.23	72.22	72.22	72.22	72.25	72.23
				13:00	32.9	130	71.49	71.48	71.46	71.45	71.46	71.47	71.45	71.47	71.47
				14:00	33.2	130	71.47	71.47	71.45	71.44	71.45	71.47	71.45	71.47	71.46
				15:00	33.4	130	71.45	71.43	71.42	71.43	71.45	71.45	71.45	71.46	71.44
				16:00	31.6	130	72.19	72.20	72.22	72.23	72.22	72.22	72.22	72.21	72.21
				17:00	31.4	130	72.18	72.19	72.20	72.23	72.22	72.24	72.22	72.24	72.21
10 ต.ค. 2566	31,880	18	12	08:00	28.2	128	71.68	71.65	71.66	71.67	71.67	71.67	71.67	71.64	71.66
				09:00	28.9	128	71.46	71.45	71.45	71.48	71.46	71.47	71.46	71.47	71.46
	18		10	10:00	32.4	130	72.22	72.23	72.25	72.24	72.23	72.25	72.23	72.25	72.24
				11:00	34.1	130	71.21	71.19	71.23	71.22	71.23	71.25	71.23	71.25	71.22
				12:00	36.5	130	71.17	71.19	71.19	71.18	71.21	71.19	71.19	71.19	71.19
	24			12:50	36.5	130	70.90	70.93	70.92	70.89	70.90	70.91	70.90	70.91	70.91

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (ลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
	18		10	13:00	34.2	132	72.48	72.51	72.51	72.52	72.49	72.52	72.51
				14:00	37.5	132	72.49	72.52	72.51	72.53	72.49	72.50	72.51
				15:00	37.6	132	72.49	72.52	72.51	72.53	72.49	72.50	72.51
	27			15:45	37.6	132	73.11	73.09	73.11	73.12	73.10	73.09	73.10
	18		10	16:00	36.2	130	71.16	71.19	71.18	71.18	71.2	71.19	71.18
				17:00	35.3	130	71.16	71.19	71.18	71.18	71.2	71.19	71.18
11 ต.ค. 2566	32,150	18	10	08:00	27.2	128	71.86	71.85	71.83	71.85	71.86	71.83	71.85
				09:00	27.3	128	71.82	71.83	71.81	71.83	71.85	71.82	71.83
				10:00	28.5	128	71.64	71.63	71.64	71.65	71.65	71.66	71.65
				11:00	28.3	128	71.66	71.64	71.63	71.67	71.66	71.68	71.66
				12:00	29.4	128	71.45	71.43	71.42	71.46	71.47	71.45	71.45
				13:00	29.8	128	71.46	71.44	71.43	71.46	71.47	71.44	71.45
				14:00	29.9	128	71.44	71.42	71.42	71.46	71.47	71.44	71.44
				15:00	29.9	128	71.45	71.41	71.44	71.43	71.42	71.41	71.43
				16:00	30.1	128	71.20	71.18	71.19	71.21	71.22	71.23	71.21
				17:00	30.2	128	71.19	71.2	71.21	71.17	71.18	71.19	71.19



วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (ลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
12 ต.ค. 2566	33,150	18	10	08:00	28.4	128	71.66	71.68	71.64	71.65	71.66	71.67	71.66
				09:00	29.3	128	71.46	71.44	71.45	71.44	71.47	71.48	71.46
				10:00	31.9	128	71.18	71.17	71.19	71.21	71.15	71.18	71.18
	14			10:48	31.9	128	70.92	70.94	70.92	70.89	70.92	70.91	70.92
	18		10	11:00	33.2	130	71.48	71.49	71.46	71.47	71.46	71.48	71.47
				12:00	35.6	130	71.15	71.18	71.15	71.17	71.18	71.19	71.17
	27			12:35	35.6	130	70.90	70.89	70.91	70.89	70.92	70.98	70.92
	18		12	13:00	37.4	132	72.51	72.52	72.49	72.51	72.5	72.48	72.50
				14:00	37.5	132	72.49	72.52	72.51	72.53	72.49	72.50	72.51
				15:00	37.6	132	72.49	72.52	72.51	72.54	72.49	72.52	72.51
	12			15:55	37.6	132	70.89	70.89	70.87	70.89	70.92	70.92	70.90
	18		12	16:07	35.3	130	71.25	71.19	71.23	71.24	71.23	71.22	71.23
				17:00	35.7	130	71.24	71.22	71.24	71.24	71.25	71.22	71.24
13 ต.ค. 2566	33,150	18	12	08:00	29.6	128	71.43	71.44	71.43	71.42	71.45	71.44	71.44
				09:00	29.7	128	71.45	71.46	71.44	71.46	71.45	71.48	71.46
				10:00	30.2	128	71.22	71.25	71.23	71.19	71.22	71.23	71.22
				11:00	30.5	128	71.23	71.26	71.25	71.23	71.24	71.23	71.24

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (ลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
	17			11:50	30.5	128	70.92	70.91	70.92	70.89	70.91	70.92	70.91
	18		10	12:00	31.4	130	72.52	72.50	72.52	72.51	72.51	72.53	72.52
				13:00	32.6	130	72.25	72.24	72.25	72.23	72.22	72.26	72.24
				14:00	34.2	130	71.20	71.20	71.25	71.20	71.23	71.20	71.21
				15:00	35.6	130	71.18	71.19	71.19	71.18	71.20	71.19	71.19
				16:00	35.2	130	71.17	71.18	71.17	71.18	71.21	71.18	71.18
				17:00	33.2	130	71.46	71.45	71.47	71.45	71.46	71.48	71.46
16 ต.ค. 2566	32,300	18	10	08:00	29.2	128	71.46	71.41	71.42	71.44	71.45	71.44	71.44
				09:00	29.4	128	71.45	71.41	71.41	71.42	71.43	71.43	71.43
	17			09:42	29.4	128	70.90	70.89	70.90	70.89	70.91	70.91	70.90
	18		10	10:00	32.1	130	72.22	72.26	72.24	72.23	72.26	72.25	72.24
				11:00	34.7	130	71.22	71.20	71.24	71.25	71.22	71.22	71.23
	27			11:48	35.7	130	70.95	70.93	70.94	70.89	70.91	70.91	70.92
	18		10	12:00	36.2	132	72.74	72.73	72.76	72.75	72.73	72.74	72.74
				13:00	37.4	132	72.50	72.52	72.53	72.53	72.51	72.50	72.52
				14:00	37.6	132	72.50	72.51	72.52	72.54	72.52	72.49	72.51
				15:00	36.5	132	72.74	72.75	72.74	72.76	72.75	72.76	72.75

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (ลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
	7		15:49		36.5	132	73.11	73.09	73.11	73.12	73.10	73.09	73.10
	18		16:00	10	34.4	130	71.22	71.21	71.25	71.24	71.23	71.25	71.23
			17:00		34.1	130	71.22	71.19	71.24	71.23	71.22	71.21	71.22
17 ต.ค. 2566	32,400	18	08:00	10	29.2	128	71.42	71.43	71.43	71.45	71.47	71.46	71.44
	45		09:00	10	33.4	130	71.45	71.44	71.46	71.45	71.43	71.46	71.45
			10:00		33.5	130	71.46	71.43	71.46	71.45	71.43	71.45	71.45
			11:00		35.8	130	71.19	71.17	71.18	71.19	71.20	71.19	71.19
	35		11:46		35.8	130	70.90	70.89	70.90	70.89	70.91	70.91	70.90
	18		12:00	12	37.9	132	72.50	72.51	72.52	72.53	72.49	72.50	72.51
			13:00		38.2	132	72.26	72.25	72.24	72.23	72.27	72.25	72.25
			14:00		37.3	132	72.49	72.51	72.52	72.53	72.52	72.50	72.51
			15:00		36.2	132	72.76	72.75	72.74	72.73	72.74	72.76	72.75
	21		15:46		36.2	132	73.11	73.09	73.11	73.12	73.10	73.09	73.10
	18		16:00	10	35.4	130	71.19	71.19	71.17	71.18	71.21	71.19	71.19
			17:00		34.1	130	71.20	71.21	71.22	71.22	71.23	71.24	71.22

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (ลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
18 ต.ค. 2566	32,500	18	10	08:00	29.4	128	71.46	71.45	71.44	71.42	71.45	71.46	71.45
		30		09:00	29.8	128	71.45	71.44	71.43	71.43	71.44	71.45	71.44
		18	11	09:55	29.8	128	70.92	70.95	70.94	70.92	70.91	70.93	70.93
				10:05	31.2	130	72.51	72.50	72.53	72.52	72.54	72.53	72.52
				11:00	31.4	130	72.51	72.53	72.52	72.54	72.51	72.52	72.52
				12:00	31.5	130	72.52	72.51	72.52	72.52	72.52	72.53	72.52
				13:00	32.4	130	72.24	72.25	72.25	72.23	72.23	72.26	72.24
				14:00	31.6	130	72.50	72.51	72.52	72.49	72.51	72.52	72.51
				15:00	30.2	130	72.72	72.73	72.74	72.71	72.72	72.73	72.73
		29		16:00	30.2	130	73.01	73.03	72.98	73.01	73.02	73.03	73.01
		18	12	16:00	29.4	128	71.43	71.42	71.43	71.45	71.46	71.44	71.44
				17:00	29.2	128	71.44	71.43	71.44	71.46	71.47	71.43	71.45
19 ต.ค. 2566	32,140	18	10	08:00	31.2	130	72.52	72.53	72.52	72.52	72.54	72.53	72.53
				09:00	32.3	130	72.22	72.25	72.25	72.24	72.23	72.25	72.24
				10:00	34.1	130	71.21	71.21	71.25	71.24	71.23	71.22	71.23
				11:00	35.2	130	71.17	71.19	71.19	71.18	71.2	71.2	71.19
		37		11:39	35.2	130	70.92	70.91	70.94	70.92	70.91	70.93	70.92



ตารางที่ ค.2 ข้อมูลกระบวนการบรรจุภัณฑ์หลังปรับปรุง

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย
6 พ.ย. 2566	32,800	18	10	08:00	26.5	128	71.70	71.71	71.73	71.72	71.74	71.72	71.72
				09:00	27.4	128	71.63	71.61	71.62	71.63	71.60	71.61	71.62
				10:00	28.8	128	71.56	71.57	71.58	71.56	71.55	71.57	71.57
				11:00	30.7	128	71.49	71.51	71.52	71.49	71.52	71.51	71.51
				12:00	32.5	128	71.28	71.29	71.30	71.28	71.29	71.30	71.29
				13:00	33.8	128	71.21	71.19	71.18	71.20	71.22	71.20	71.20
				14:00	34.4	128	71.14	71.14	71.14	71.14	71.14	71.14	71.14
	22			15:00	35.3	128	71.03	71.00	70.98	70.99	71.01	70.99	71.00
	18		10	15:10	35.5	130	72.08	72.06	72.07	72.08	72.06	72.09	72.07
				16:00	34.6	130	72.18	72.16	72.17	72.16	72.14	72.15	72.16
				17:00	34.7	130	72.17	72.16	72.15	72.14	72.16	72.14	72.15
7 พ.ย. 2566	32,500	18	10	08:00	27.2	128	71.63	71.65	71.64	71.63	71.64	71.62	71.64
				09:00	29.3	128	71.49	71.52	71.51	71.52	71.50	71.49	71.51
				10:00	30.2	128	71.41	71.40	71.39	71.42	71.42	71.42	71.41

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)					
						1	2	3	4	5	6
			11:00	31.8	128	71.34	71.32	71.34	71.31	71.32	71.33
			12:00	32.7	128	71.23	71.24	71.24	71.23	71.22	71.24
			13:00	33.6	128	71.18	71.17	71.18	71.16	71.16	71.17
	23		14:20	35.2	128	71.02	70.99	70.98	71.03	71.02	71.01
	18	10	14:30	36.7	130	72.02	72.01	72.02	72.03	72.02	72.02
			15:00	37.4	130	71.90	71.91	71.92	71.93	71.92	71.92
			16:00	35.6	130	72.07	72.06	72.05	72.06	72.04	72.06
			17:00	33.5	130	72.23	72.25	72.24	72.23	72.22	72.23
8 พ.ย. 2566	18	10	08:00	28.2	128	71.56	71.54	71.56	71.55	71.56	71.57
			09:00	29.3	128	71.51	71.50	71.49	71.50	71.50	71.50
			09:47	30.4	128	71.40	71.39	71.38	71.41	71.40	71.39
			10:00	31.2	128	71.33	71.34	71.35	71.34	71.32	71.34
			11:00	32.8	128	71.28	71.27	71.28	71.26	71.28	71.27
			12:00	34.7	128	71.14	71.16	71.15	71.14	71.16	71.15
	24		12:50	35.5	128	71.03	71.02	71.02	71.00	70.99	71.01
	18	10	13:00	36.2	130	72.01	72.02	72.03	72.01	72.03	72.02
			14:00	37.8	130	71.92	71.93	71.94	71.94	71.95	71.94

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)					
						1	2	3	4	5	6
			15:00	36.5	130	72.02	72.01	72.03	72.04	72.02	72.02
			16:00	35.7	130	72.08	72.09	72.10	72.09	72.07	72.09
			17:00	33.4	130	72.23	72.24	72.25	72.24	72.22	72.24
9 พ.ย. 2566	32,800	18	08:00	26.5	128	71.69	71.68	71.70	71.71	71.69	71.70
			09:00	27.2	128	71.62	71.63	71.62	71.63	71.64	71.63
			10:00	27.3	128	71.61	71.62	71.61	71.62	71.62	71.61
			11:00	28.1	128	71.56	71.58	71.57	71.56	71.56	71.56
			11:49	30.3	128	71.42	71.43	71.41	71.42	71.40	71.42
			12:00	32.5	128	71.27	71.28	71.26	71.27	71.25	71.27
			13:00	33.7	128	71.20	71.21	71.19	71.18	71.21	71.20
			14:00	34.5	128	71.13	71.14	71.15	71.14	71.13	71.14
			15:00	33.2	128	71.20	71.22	71.22	71.23	71.21	71.22
			15:40	30.1	128	71.43	71.42	71.44	71.42	71.44	71.43
			16:00	29.5	128	71.49	71.48	71.47	71.49	71.47	71.48
			17:00	28.7	128	71.57	71.57	71.56	71.58	71.56	71.57



วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
10 พ.ย. 2566	31,250	18	13	08:00	27.3	128	71.63	71.62	71.61	71.60	71.62	71.61	71.62
				09:00	28.4	128	71.54	71.55	71.56	71.54	71.56	71.57	71.55
				10:00	29.2	128	71.49	71.50	71.52	71.53	71.51	71.52	71.51
				10:50	30.4	128	71.43	71.42	71.44	71.42	71.43	71.44	71.43
				11:02	32.6	128	71.27	71.28	71.26	71.28	71.26	71.25	71.27
				12:00	33.4	128	71.21	71.20	71.21	71.22	71.23	71.22	71.22
				13:00	34.8	128	71.14	71.15	71.14	71.16	71.14	71.13	71.14
				14:00	30.5	128	71.41	71.42	71.43	71.42	71.44	71.43	71.43
				15:00	28.7	128	71.57	71.56	71.57	71.58	71.59	71.56	71.57
				16:00	27.6	128	71.63	71.62	71.61	71.63	71.64	71.62	71.63
				17:00	27.2	128	71.64	71.63	71.65	71.64	71.65	71.62	71.64
11 พ.ย. 2566	32,450	18	15	08:00	26.5	128	71.71	71.70	71.72	71.73	71.71	71.72	71.72
				09:00	27.3	128	71.62	71.64	71.63	71.65	71.63	71.64	71.64
				10:00	28.4	128	71.55	71.56	71.57	71.55	71.56	71.54	71.56
				11:00	32.7	128	71.28	71.28	71.27	71.26	71.28	71.27	71.27
				12:00	33.5	128	71.22	71.21	71.23	71.21	71.22	71.22	71.22
				13:00	34.8	128	71.13	71.14	71.12	71.14	71.13	71.12	71.13

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (มิลลิเมตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
	25			14:40	35.6	128	71.00	71.02	70.99	70.98	71.00	70.98	71.00
	18		15	14:55	37.7	130	71.92	71.93	71.91	71.92	71.90	71.91	71.92
				16:00	37.2	130	71.91	71.92	71.90	71.92	71.91	71.90	71.91
				17:00	35.7	130	72.07	72.05	72.06	72.06	72.08	72.06	72.06
12 พ.ย. 2566	33,800	18	15	08:00	28.6	128	71.56	71.57	71.56	71.55	71.54	71.57	71.56
				09:00	29.7	128	71.48	71.49	71.47	71.49	71.50	71.49	71.49
				10:00	31.2	128	71.35	71.36	71.37	71.35	71.38	71.35	71.36
				11:00	32.3	128	71.29	71.28	71.27	71.28	71.27	71.29	71.28
				12:00	33.7	128	71.20	71.23	71.22	71.21	71.24	71.22	71.22
				13:00	34.8	128	71.14	71.15	71.13	71.12	71.14	71.13	71.14
	31			13:40	35.4	128	71.01	70.98	71.03	71.99	71.00	70.99	71.17
	18		15	13:55	35.8	130	72.08	72.07	72.06	72.08	72.07	72.06	72.07
				15:00	36.3	130	72.02	72.00	72.01	72.03	72.02	72.01	72.02
				16:00	35.2	130	72.02	72.10	72.08	72.09	72.09	72.11	72.08
				17:00	34.1	130	72.16	72.17	72.18	72.16	72.18	72.19	72.17
13 พ.ย. 2566	33,500	18	12	08:00	26.5	128	71.72	71.70	71.71	71.74	71.73	71.71	71.72
				09:00	27.6	128	71.60	71.63	71.62	71.61	71.60	71.61	71.61

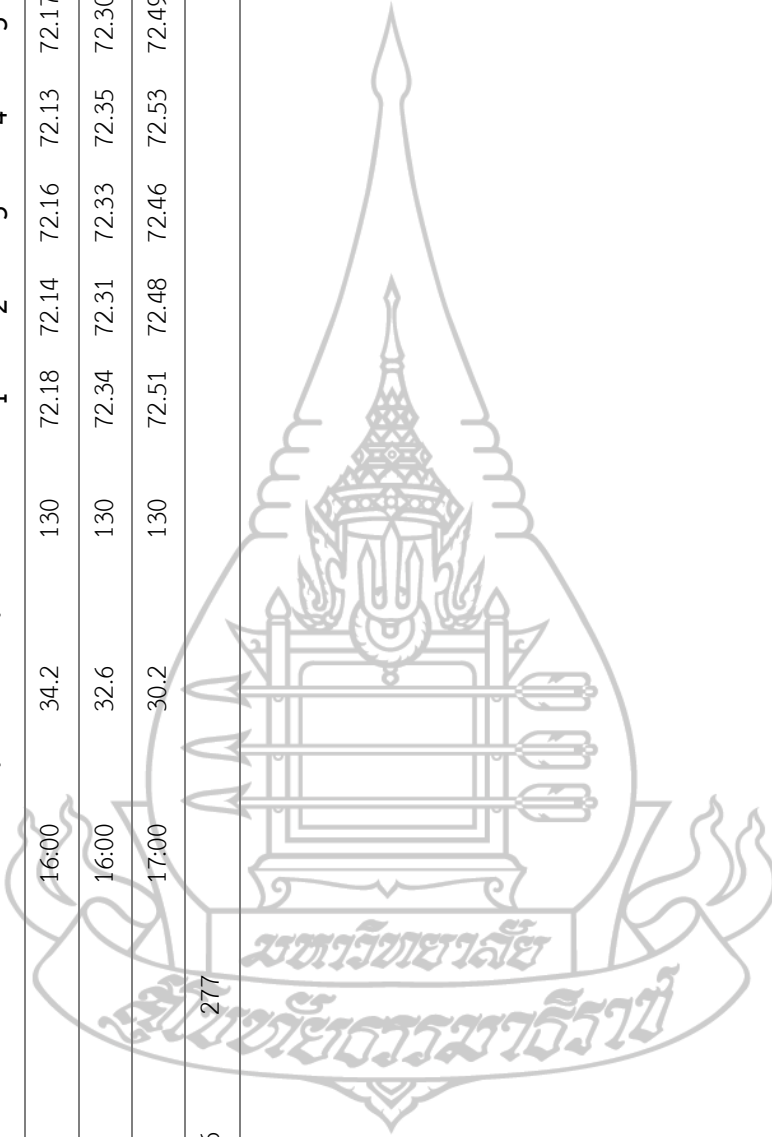
วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (มิลลิเมตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
				10:00	28.2	128	71.55	71.56	71.57	71.56	71.58	71.57	71.57
				11:00	30.3	128	71.42	71.40	71.41	71.42	71.43	71.42	71.42
				12:00	32.4	128	71.29	71.30	71.28	71.27	71.30	71.29	71.29
				13:00	33.7	128	71.21	71.22	71.20	71.23	71.21	71.22	71.22
				14:00	34.6	128	71.15	71.16	71.17	71.16	71.15	71.14	71.16
	26			14:20	35.2	128	71.01	70.98	70.99	70.01	70.98	71.02	70.83
	18		10	14:30	36.4	130	72.02	72.03	72.02	72.03	72.02	72.04	72.03
				15:00	34.2	130	72.18	72.16	72.19	72.17	72.16	72.18	72.17
				16:00	33.4	130	72.25	72.22	72.23	72.24	72.25	72.24	72.24
				17:00	32.2	130	72.31	72.32	72.33	72.32	72.33	72.31	72.32
14 พ.ย. 2566	32,600	18	12	08:00	27.5	128	71.62	71.63	71.61	71.62	71.61	71.62	71.62
				09:00	28.1	128	71.54	71.53	71.56	71.54	71.57	71.56	71.55
				10:00	29.2	128	71.48	71.47	71.45	71.44	71.48	71.49	71.47
				11:00	31.4	128	71.35	71.37	71.34	71.35	71.36	71.34	71.35
				12:00	32.6	128	71.27	71.28	71.29	71.26	71.28	71.27	71.28
				13:00	34.3	128	71.15	71.13	71.14	71.12	71.14	71.13	71.14
	28			13:50	35.2	128	70.98	70.97	70.98	70.99	70.02	70.97	70.82

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (ลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
	18		12	14:00	36.4	130	72.03	72.01	72.02	72.04	72.05	72.01	72.03
				15:00	34.3	130	72.15	72.17	72.14	72.16	72.15	72.14	72.15
				16:00	32.5	130	72.30	72.32	72.29	72.31	72.33	72.31	72.31
				17:00	30.3	130	72.47	72.49	72.46	72.48	72.47	72.46	72.47
15 พ.ย. 2566	32,200	18	12	08:00	28.1	128	71.53	71.52	71.50	71.51	71.53	71.54	71.52
				09:00	29.2	128	71.46	71.44	71.49	71.48	71.49	71.47	71.47
				10:00	31.5	128	71.34	71.36	71.35	71.37	71.34	71.33	71.35
				11:00	33.3	128	71.20	71.22	71.23	71.20	71.21	71.23	71.22
				12:00	34.2	128	71.12	71.10	71.11	71.09	71.08	71.09	71.10
	34			12:35	35.6	128	70.99	70.97	70.97	70.99	70.98	71.01	70.99
	18		15	12:50	36.1	130	72.02	72.00	72.01	72.04	72.05	72.01	72.02
				14:00	35.6	130	72.10	72.08	72.12	72.13	72.09	72.08	72.10
				15:00	33.2	130	72.23	72.25	72.24	72.26	72.23	72.22	72.24
				16:00	30.6	130	72.49	72.47	72.46	72.48	72.46	72.47	72.47
				17:00	29.2	130	71.55	71.53	71.57	71.55	71.59	71.56	71.56

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
16 พ.ย. 2566	32,200	18	12	08:00	26.8	128	71.69	71.71	71.70	71.68	71.72	71.70	71.70
				09:00	27.6	128	71.62	71.64	71.63	71.61	71.62	71.60	71.62
				10:00	28.4	128	71.55	71.53	71.56	71.53	71.52	71.51	71.53
				11:00	29.3	128	71.47	71.49	71.45	71.44	71.46	71.44	71.46
				11:46	30.2	128	71.40	71.42	71.40	71.41	71.39	71.38	71.40
				12:00	32.6	128	71.26	71.25	71.23	71.26	71.23	71.26	71.25
				13:00	33.4	128	71.19	71.21	71.18	71.21	71.17	71.16	71.19
				14:00	34.2	128	71.13	71.14	71.12	71.15	71.12	71.10	71.13
				15:00	32.3	128	71.29	71.27	71.25	71.26	71.27	71.25	71.27
				15:46	30.4	128	71.42	71.40	71.43	71.42	71.44	71.41	71.42
				16:00	29.2	128	71.46	71.45	71.43	71.45	71.46	71.44	71.45
				17:00	28.3	128	71.57	71.56	71.54	71.52	71.51	71.50	71.53
17 พ.ย. 2566	32,400	18	12	08:00	26.5	128	71.71	71.73	71.70	71.69	71.72	71.68	71.71
				09:00	27.2	128	71.62	71.60	71.59	71.63	71.58	71.60	71.60
				10:00	28.3	128	71.55	71.56	71.54	71.57	71.56	71.55	71.56
				11:00	30.2	128	71.47	71.49	71.48	71.46	71.49	71.47	71.48
				12:00	32.5	128	71.26	71.28	71.25	71.27	71.25	71.24	71.26

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	
18 พ.ย. 2566	32,000	18	11	13:00	34.6	128	71.12	71.14	71.13	71.10	71.12	71.12	71.12
				13:25	35.2	128	71.02	70.98	70.98	70.97	70.98	70.99	70.99
				13:36	36.4	130	72.01	72.03	72.00	72.04	72.02	72.00	72.02
				14:00	37.1	130	71.93	71.91	71.90	71.92	71.90	71.93	71.92
				15:00	35.3	130	72.08	72.06	72.09	72.10	72.08	72.06	72.08
				16:00	33.4	130	72.23	72.24	72.25	72.22	72.20	72.23	72.23
				17:00	32.1	130	72.30	72.32	72.29	72.31	72.32	72.30	72.31
				08:00	27.2	128	71.63	71.60	71.61	71.63	71.61	71.59	71.61
				09:00	28.3	128	71.54	71.56	71.56	71.53	71.56	71.52	71.55
				10:00	29.1	128	71.47	71.45	71.49	71.44	71.49	71.42	71.46
				11:00	31.4	128	71.34	71.35	71.32	71.35	71.31	71.35	71.34
35	18	12	12:00	32.6	128	71.26	71.28	71.25	71.27	71.23	71.24	71.26	
			13:00	33.7	128	71.19	71.17	71.21	71.16	71.15	71.14	71.17	
			14:00	34.4	128	71.12	71.10	71.09	71.08	71.07	71.12	71.10	
18	12	12	14:24	35.3	128	71.02	70.99	70.97	70.98	71.01	70.97	70.99	
			14:36	36.8	130	72.02	71.98	72.01	71.97	71.96	71.98	71.99	
18	12	12	15:00	36.1	130	72.03	72.00	72.02	72.04	72.01	72.05	72.03	

วันที่	ยอดผลิต (กระป๋อง)	ของเสีย (กระป๋อง)	เวลาหยุด (นาที)	เวลา ตรวจสอบ	อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อม (องศาเซลเซียส)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	มวลบรรจุภัณฑ์ (g/can)						
							1	2	3	4	5	6	เฉลี่ย
			16:00		34.2	130	72.18	72.14	72.16	72.13	72.17	72.18	72.16
			16:00		32.6	130	72.34	72.31	72.33	72.35	72.30	72.33	72.33
			17:00		30.2	130	72.51	72.48	72.46	72.53	72.49	72.54	72.50
รวม	422,000	676	277										



## ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อสกุล	นายนพศักดิ์ ป้องภักดี
วัน เดือน ปี เกิด	6 กันยายน 2526
สถานที่เกิด	อำเภอหาดสำราญ จังหวัดตรัง
ที่อยู่ปัจจุบัน	89/87 ม.3 หมู่บ้านศักดิ์ทิพย์ 2 ต.ทับมา อ.เมือง จ.ระยอง 21000
ประวัติการศึกษา	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2549 ปริญญาเศรษฐศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พ.ศ. 2563
ประวัติการทำงาน	ปัจจุบัน รับผิดชอบในตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกสมก๊าซ บริษัทผลิตสเปร์ยดับกลิ่นกายและเครื่องสำอาง

