การเพิ่มความสามารถของกระบวนการบรรจุสารผสมล่วงหน้าสำหรับสัตว์ ชนิดผง โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง

Improving Process Capability of Premix Powder Packaging for Animal Feed Using Experimental Design Techniques

สุดารัตน์ สุขสำราญ[1], นพคุณ แสงเขียว[1], พีรภพ จอมทอง[2], กวินธร สัยเจริญ[1] และ ธรรมวิชช์ ประเสริฐ[1*]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยคริสเตียน

Sudarat Suksamran[1], Noppakun Sangkhiew[1], Peerapop Jomtong[2], Kawinthorn Saicharoen[1] and Thammawit Prasert[1*]

[1]Department of Industrial Engineering and Management,

Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

[2]Department of Biomedical Engineering, Faculty of Health Sciences, Christian University

Corresponding Author Email : Prasert_t@silpakorn.edu

Received 01 February 2026

Revised 07 April 2026

Accepted 10 April 2026

บทคัดย่อ

กระบวนการบรรจุสารผสมล่วงหน้าสำหรับสัตว์ชนิดผง (พรีมิกซ์) ขนาดบรรจุ 22 ± 0.04 กิโลกรัม พบปัญหาน้ำหนักสินค้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ส่งผลให้เกิดของเสียในกระบวนการ บรรจุ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยและกำหนดระดับของตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ เพื่อเพิ่มความสามารถของกระบวนการบรรจุและลดของเสียจากปัญหาน้ำหนักสินค้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE) แบบแฟกทอเรียล 2 ระดับ 3 ปัจจัย ได้แก่ ค่าน้ำหนักชั่งหยาบ (Fast Feed) ค่าน้ำหนักชั่งละเอียด (Fine Feed) และค่าเผื่อน้ำหนักตกค้าง (Preact) ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้จากกระบวนการบรรจุจริงผลการทดลองพบว่าปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ของทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อน้ำหนักบรรจุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) โดยสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องชั่ง Scale A คือ ค่าน้ำหนักชั่งหยาบ 16.04 กิโลกรัม ค่าน้ำหนักชั่งละเอียด 6.04 กิโลกรัม และค่าเผื่อน้ำหนักตกค้าง 0.10 กิโลกรัม ขณะที่เครื่องชั่ง Scale B มีค่าน้ำหนักชั่งหยาบ 15.99 กิโลกรัม ค่าน้ำหนักชั่งละเอียด 5.96 กิโลกรัม และค่าเผื่อน้ำหนักตกค้าง 0.06 กิโลกรัม ภายหลังการปรับตั้งค่าเครื่องจักรตามสภาวะที่เหมาะสม พบว่าค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ของ Scale A เพิ่มขึ้นจาก -1.52 เป็น 1.05 และของ Scale B เพิ่มขึ้นจาก -1.37 เป็น 1.13 นอกจากนี้หลังการปรับปรุง สัดส่วนของเสียลดลงจาก 70.5% เหลือ 36.0% คิดเป็นการลดลง 34.5 Percentage Point หรือหมายถึงสัดส่วนของเสียลดลง 48.9% เมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง ซึ่งลดลงมากกว่าร้อยละ 30 ตามเป้าหมาย และสามารถลดความสูญเสียน้ำหนักที่เกินในแต่ละถุงของกระบวนการบรรจุได้ประมาณ 77,943 บาทต่อปี

คำสำคัญ: การออกแบบการทดลอง, ความสามารถของกระบวนการ, พรีมิกซ์, น้ำหนักบรรจุ

Abstract

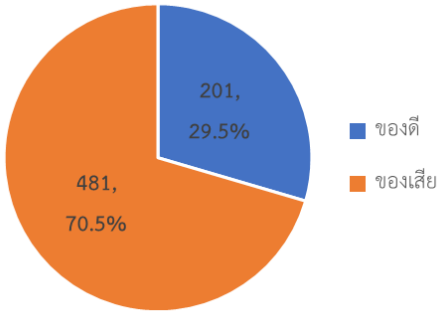
The packaging process of animal feed premix powdered with a target weight of 22 ± 0.04 kg experienced problems with product weights that did not meet the specified criteria, resulting in waste during the packaging process. The objectives of this research were to study the factors and determine the appropriate levels of variables affecting the premix packaging process to improve process capability and reduce waste caused by nonconforming product weights. A Design of Experiments (DOE) using a two-level factorial design with three factors was applied, including Fast Feed weight, Fine Feed weight, and Preact weight. Data used for the analysis were collected from the actual packaging process. The experimental results showed that the main factors and their interactions had a statistically significant effect on the filling weight (p-value < 0.05). The optimal conditions for Scale A were a Fast Feed weight of 16.04 kg, a Fine Feed weight of 6.04 kg, and a Preact weight of 0.10 kg. For Scale B, the optimal settings were a Fast Feed weight of 15.99 kg, a Fine Feed weight of 5.96 kg, and an in-air weight of 0.06 kg. After adjusting the machine settings according to the optimal conditions, the process capability index (Cpk) of Scale A increased from −1.52 to 1.05, while that of Scale B increased from −1.37 to 1.13. In addition, after the improvement, the defect rate decreased from 70.5% to 36.0%, representing a reduction of 34.5 percentage points or a 48.9% decrease compared to the pre-improvement condition. This reduction exceeded the target of 30%. Furthermore, excess weight per bag was reduced, resulting in an estimated cost saving of approximately 77,943 baht per year in the packaging process.

Keywords: Design of Experiments (DOE), Process Capability, Premix, Packaging Weight

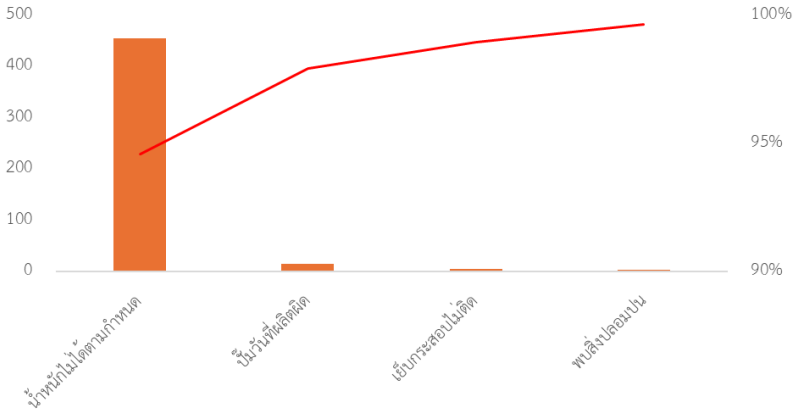
1. บทนำ

ธุรกิจอุตสาหกรรมการผลิตพรีมิกซ์ (Premix) เกิดขึ้นจากความต้องการพัฒนาอาหารสัตว์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีจุดเริ่มต้นมาจากอุตสาหกรรมปศุสัตว์และการเลี้ยงสัตว์เชิงพาณิชย์ที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ปรับปรุงสุขภาพของสัตว์ และลดต้นทุนการผลิตพรีมิกซ์ หมายถึง ส่วนผสมของวิตามิน แร่ธาตุ กรดอะมิโน เอนไซม์ หรือสารปรุงแต่งอื่นๆ ที่ถูกผสมเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่แม่นยำ เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของอาหารสัตว์ในอุตสาหกรรมปศุสัตว์ เช่น สุกร ไก่เนื้อ ไก่ไข่ วัว และสัตว์น้ำ การผลิตพรีมิกซ์เริ่มต้นจากการพัฒนาอาหารสัตว์แบบดั้งเดิม ไปสู่การใช้เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนมากขึ้น โดยอาศัยความรู้ทางโภชนศาสตร์สัตว์ (Animal Nutrition) และเทคโนโลยีชีวภาพในการพัฒนา [1], [2]

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีการแข่งขันสูงและมีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพที่เข้มงวดมากขึ้น ทั้งในด้านคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ และความถูกต้องของปริมาณสินค้าในบรรจุภัณฑ์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์พรีมิกซ์ซึ่งมีลักษณะเป็นสารเข้มข้นที่ใช้ในปริมาณน้อยแต่มีความสำคัญต่อคุณภาพอาหารสัตว์อย่างมาก ดังนั้นกระบวนการผลิตและกระบวนการบรรจุจึงจำเป็นต้องมีความแม่นยำสูง เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักบรรจุไม่เพียงส่งผลต่อความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ แต่ยังส่งผลต่อความเชื่อมั่นของลูกค้า ต้นทุนการผลิต และความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ดังนั้นการควบคุมความแม่นยำในการชั่งและบรรจุจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปฏิบัติตามข้อกำหนดทางกฎหมายตาม ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง กำหนดชนิดของสินค้าหีบห่อ หลักเกณฑ์และวิธีการแสดงปริมาณของสินค้า และอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด ซึ่งได้กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการกำหนด อัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด โดยน้ำหนักผลิตภัณฑ์ มากกว่า 15 ถึง 50 กิโลกรัม ยอมรับปริมาณเผื่อเหลือเผื่อขาดที่ร้อยละ 1 [3], [4] สำหรับการชั่งน้ำหนักคลาดเคลื่อน (Weighing Inaccuracy) เป็นประเด็นสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตพรีมิกซ์ รวมถึงการควบคุมต้นทุนจากการบรรจุเกิน หรือการเกิดของเสียจากการบรรจุไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด



รูปที่ 1 สัดส่วนของดีและของเสียก่อนปรับปรุงปี พ.ศ. 2568 ในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม



รูปที่ 2 สัดส่วนของเสียก่อนปรับปรุงปี พ.ศ. 2568 ในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุพรีมิกซ์และดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ปัจจุบัน

หัวข้อ	ค่าเป้าหมาย	Scale A	Scale B
ค่าเฉลี่ย	22.00±0.04 kg	22.15 kg	22.10 kg
Cpk	1.00	-1.52	-1.37

จากข้อมูลการบรรจุในปี พ.ศ. 2568 ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พบว่าผลิตภัณฑ์พรีมิกซ์ขนาดบรรจุ 22 ± 0.04 กิโลกรัม มีอัตราของเสียร้อยละ 70.5 ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มียอดการสั่งผลิตในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคมคือ 682 ถุงตามแผนการผลิต เมื่อพิจารณาประเภทของเสียพบว่า น้ำหนักสินค้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์มีสัดส่วนสูงสุดร้อยละ 89 ดังแสดงในรูปที่ 2 จากข้อมูลโรงงานกรณีศึกษาในตารางที่ 1 พบว่ากระบวนการบรรจุด้วยเครื่องชั่งแบบถังคู่ ที่ทำงานสลับกันระหว่างเครื่องชั่งถังเอ (Scale A) และเครื่องชั่งถังบี (Scale B) เพื่อชั่งน้ำหนักพรีมิกซ์ จากการศึกษาพบว่า Scale A มีค่า Cpk เท่ากับ -1.52 ในขณะที่ Scale B มีค่า Cpk เท่ากับ -1.37 ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาปัจจัยและกำหนดระดับของตัวแปรต่าง ๆ ในกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ และเพิ่มความสามารถของกระบวนการให้มีค่า Cpk ≥ 1.00 เพื่อให้กระบวนการกลับมามีความสามารถเพียงพอ (Capable Process) โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง ปัจจุบันของเสียจากกระบวนการบรรจุคิดเป็นน้ำหนักสูญเสีย 2,880 กิโลกรัมต่อปี หรือมูลค่า 158,400 บาทต่อปี จึงกำหนดเป้าหมายลดของเสียลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 30

2. ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยและกำหนดระดับของตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ ขนาดบรรจุ 22 ± 0.04 กิโลกรัม โดยมุ่งเน้นการเพิ่มความสามารถของกระบวนการบรรจุให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพื่อลดปริมาณของเสียประเภทน้ำหนักสินค้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 โดยจำกัดขอบเขตการศึกษาเฉพาะกระบวนการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุหมายเลข LCS50 ซึ่งเป็นเครื่องบรรจุที่มีกำลังขับ 50 Hz การศึกษาและการทดลองดำเนินการในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลน้ำหนักบรรจุของผลิตภัณฑ์ภายใต้ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งนี้ การศึกษามุ่งเน้นเฉพาะการประเมินและปรับปรุงความสามารถของกระบวนการบรรจุ โดยไม่ครอบคลุมกระบวนการผลิตในขั้นตอนอื่น

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ความรู้เกี่ยวกับพรีมิกซ์

พรีมิกซ์ (Premix) หรือ สารที่ถูกผสมล่วงหน้าด้วยส่วนผสมที่มีปริมาณใช้น้อย (Micro Ingredient) หรือส่วนผสมที่ปริมาณการใช้ในสูตรอาหารน้อยกว่า 0.45 ถึง 9.00 กิโลกรัมต่อตัน ในสูตรอาหารที่ครบถ้วนสมบูรณ์ (Complete Feed) ตามหลักโภชนาการรวมกัน ประกอบด้วยวิตามิน แร่ธาตุ กรดอะมิโน และสารเสริมต่าง ๆ ที่ต้องควบคุมปริมาณอย่างแม่นยำในกระบวนการผลิต [2]

3.2 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินว่ากระบวนการผลิตสามารถตอบสนองต่อข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ได้ดีเพียงใด โดยใช้ดัชนี Cp และ Cpk เป็นตัวชี้วัดหลัก ดัชนีความสามารถนี้ สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้ [5], [6]

กรณีกำหนดสองด้าน

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{ST}} \quad (1)$$

กรณีข้อกำหนดด้านเดียว

$$C_p = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\sigma_{ST}} \text{ หรือ } C_p = \frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\sigma_{ST}} \quad (2)$$

ดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านสมรรถนะระยะสั้น (Short-term Performance Process Capability): Cpk

$$C_{pk} = min\left[\frac{\bar{\bar{x}}-LSL}{3\sigma_{ST}}, \frac{USL-\bar{\bar{x}}}{3\sigma_{ST}}\right] \quad (3)$$

โดยที่ $\bar{\bar{x}}$ หมายถึง ตัวประมาณค่าเฉลี่ย μ

σ_{ST} หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการระยะสั้น

σ_{LT} หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการระยะยาว

3.3 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

แผนผังแสดงเหตุและผล หรือแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล โครงสร้างประกอบด้วยส่วนหัวปลาเพื่อระบุปัญหาและส่วนก้างปลาเพื่อระบุสาเหตุ ซึ่งได้จากการระดมความคิดของผู้ที่เกี่ยวข้อง การจัดทำเริ่มจากการกำหนดปัญหา จากนั้นวิเคราะห์สาเหตุหลักตามแนวคิด 5M ได้แก่ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) วิธีการทำงาน (Method) และการวัด (Measurement) และค้นหาสาเหตุย่อยจนถึงสาเหตุที่แท้จริง เพื่อนำไปใช้กำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาอย่างเหมาะสม [7]

3.4 การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล 2 ระดับ 3 ปัจจัย (2^3 Factorial Design)

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ศึกษาผลของปัจจัยนำเข้าที่มีต่อผลลัพธ์ของกระบวนการอย่างเป็นระบบ โดยสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งผลหลักและผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ช่วยลดจำนวนการทดลองและเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงกระบวนการ การทดลองแบบแฟกทอเรียลสองระดับ (2^k) เป็นรูปแบบที่นิยมใช้ โดยกำหนดให้แต่ละปัจจัยมีสองระดับ คือระดับต่ำและระดับสูง ซึ่งเหมาะสำหรับการระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการและการกำหนดสภาวะการทำงานที่เหมาะสมเพื่อ เพิ่มความสามารถและเสถียรภาพของกระบวนการผลิต [6], [7]

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยด้านการออกแบบการทดลอง และการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ (2^k Factorial Design) ถูกนำมาใช้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตและการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในหลายสาขา Noguera *et al*. [8] ศึกษาการผลิตบูญเอโล่ด้วยการทดลองแบบ 2^4 พบว่าขนาดผลิตภัณฑ์มีอิทธิพลต่อการขยายตัวมากที่สุด รองลงมาคือเครื่องหมายการค้าและเวลา ขณะที่ Correia *et al*. [9] ใช้การทดลองแบบ 2^3 ในการศึกษากระบวนการเชื่อมแบบเสียดทานกวน และพบว่าความเร็วรอบ ความเร็วป้อน และมุมเอียงของเครื่องมือมีผลต่อความแข็งแรงของข้อ นอกจากนี้ Shah and Garg [10] ใช้ 2^k Full Factorial Design เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากขิง โดยพบว่าเวลาสกัดเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด [11] รวมถึงการประยุกต์ใช้ร่วมกับ Six Sigma เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิต และการวิเคราะห์ระบบแสงสว่าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ปัจจัยและปรับปรุงกระบวนการผลิต [12], [13], [14]

4. การดำเนินการวิจัย

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวถึง สามารถนำมาใช้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการบรรจุ พรีมิกซ์ขนาดบรรจุ 22 ± 0.04 กิโลกรัม และกำหนดระดับของปัจจัยต่าง ๆ ให้เหมาะสมสำหรับกระบวนการดังกล่าว เพื่อปรับปรุงดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ ให้มีสมรรถนะสูงขึ้น และสามารถลดความสูญเสียน้ำหนักที่เกินในแต่ละถุง

โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1) เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น

2) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา กำหนดปัจจัย และระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

3) ออกแบบการทดลองที่เหมาะสม

4) ดำเนินการทดลองตามรูปแบบการทดลองที่ได้ออกแบบไว้

5) ทดสอบยืนยันผล

6) ติดตามผลการดำเนินงาน

7) สรุปผลการวิจัย

4.1 เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น

โรงงานในกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจผลิตและจำหน่ายอาหารสัตว์หลากหลายประเภท รวมถึงอาหารกุ้ง ปลา สุกร สัตว์ปีก สัตว์เคี้ยวเอื้อง และสัตว์เลี้ยง เช่น สุนัขและแมว ในปี พ.ศ. 2567 ทั้งยังดำเนินธุรกิจผลิตและจำหน่ายพรีมิกซ์ เพื่อการจัดใช้ภายในองค์กรและจำหน่าย โดยมียอดการผลิตอยู่ที่ 15,000 ตันต่อปี

4.1.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ทำการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ได้มุ่งศึกษาในการของการบรรจุพรีมิกซ์ด้วยเครื่องบรรจุแบบ 2 ถัง และได้เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการบรรจุมากที่สุดต่อเดือน ได้แก่ผลิตภัณฑ์พรีมิกซ์ขนาดบรรจุ 22 กิโลกรัม และประสบปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมน้ำหนักขาดเกินของการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุที่กำหนดค่าในการตั้งเครื่องจักรไม่เหมาะสม พบว่าผลิตภัณฑ์พรีมิกซ์ขนาดบรรจุ 22 กิโลกรัม มีสัดส่วนการบรรจุต่อเดือน ในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2568 มากที่สุด

4.1.2 กระบวนการปฏิบัติงานกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์

1) พนักงานปรับตั้งค่าเครื่องบรรจุตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ น้ำหนักเป้าหมาย น้ำหนักชั่งหยาบ น้ำหนักชั่งละเอียด และค่าเผื่อน้ำหนักตกค้าง

2) พรีมิกซ์ที่อยู่ในถังรอบรรจุจะถูกชั่งโดยเครื่องบรรจุตามน้ำหนักเป้าหมาย ซึ่งในขั้นตอนนี้เครื่องชั่ง Scale A และ Scale B จะทำการบรรจุสลับกันเมื่อเซนเซอร์ถูกแตะ

3) พรีมิกซ์ที่ผ่านการชั่ง Scale A หรือ Scale B เมื่อได้น้ำหนักตามน้ำหนักเป้าหมายเครื่องชั่งจะปล่อยพรีมิกซ์ลงฮอปเปอร์ (Hopper) ด้านล่าง

4) พนักงานนำถุงสวมเข้าหัวที่หัวบรรจุ และใช้นิ้วแตะเซนเซอร์ที่บริเวณหัวบรรจุ โดยที่ฮอปเปอร์จะปล่อยพรีมิกซ์ลงถุงผลิตภัณฑ์ (ขั้นตอนที่ 4 จะทำพร้อมกับขั้นตอนที่ 2 โดยทำงานสลับกันระหว่างเครื่องชั่ง Scale A และเครื่องชั่ง Scale B)

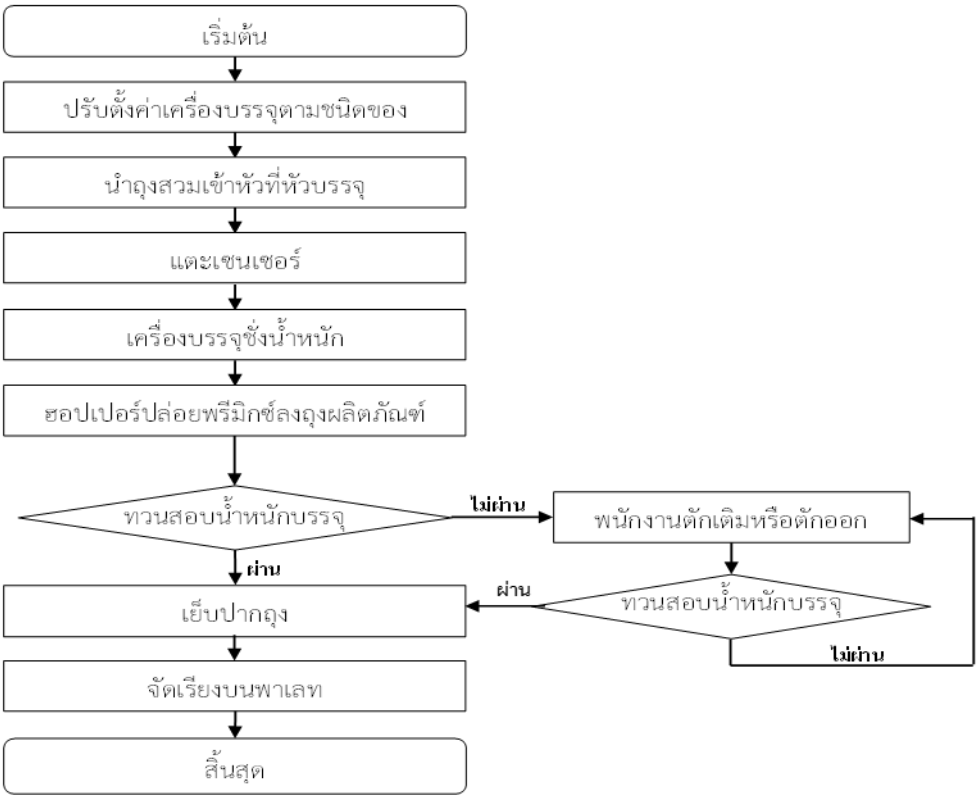
5) พนักงานทำการทวนสอนน้ำหนักบรรจุ ถ้าน้ำหนักบรรจุไม่เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด พนักงานต้องดำเนินการเติมหรือลดปริมาณผลิตภัณฑ์ในถุงบรรจุ

6) เมื่อได้น้ำหนักตามมาตรฐานกำหนดแล้ว พนักงานจะทำการเย็บปากถุง เพื่อปิดผนึกบรรจุภัณฑ์

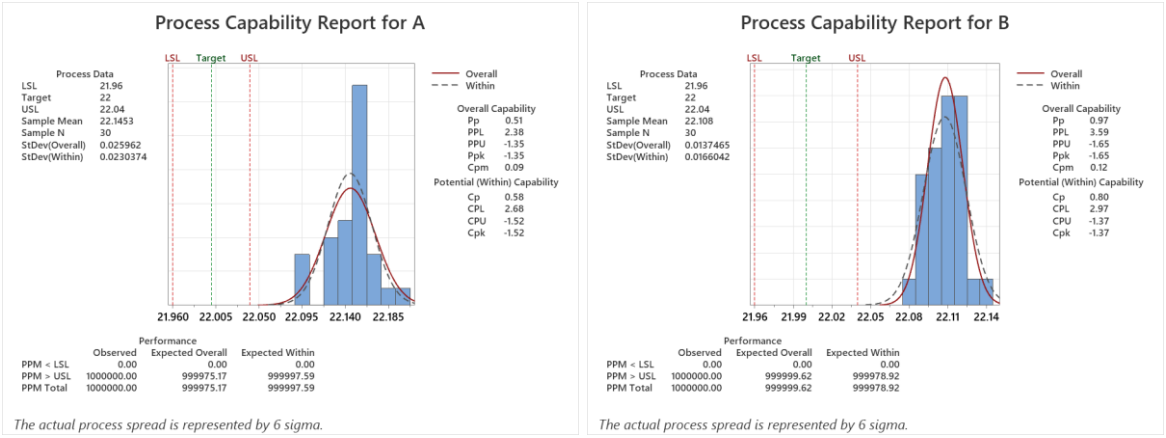
7) จัดเรียงบนพาเลต

4.1.3 การสำรวจสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักบรรจุพรีมิกซ์รายถุง โดยจากการตั้งค่ากระบวนการปัจจุบัน (22±0.04 กิโลกรัม) พบว่า Scale A และ Scale B มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุ 22.15 และ 22.11 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่ากำหนดมากกว่า 0.10 กิโลกรัม และทั้งสองกระบวนการมีค่า Cpk น้อยกว่า 1.00 แสดงถึงความสามารถของกระบวนการที่ยังไม่เป็นไปตามข้อกำหนด จากรูปที่ 4 แสดงรายงาน Process Capability ของ Scale A และ Scale B ประกอบด้วยค่า Mean, StDev, LSL, USL และดัชนี Cp, Cpk, Pp, Ppk ซึ่งใช้ประเมินสมรรถนะของกระบวนการ โดยค่า Cpk ใช้พิจารณาความสามารถในการควบคุมกระบวนการให้อยู่ภายในสเปก



รูปที่ 3 แผนภาพขั้นตอนการบรรจุพรีมิกซ์

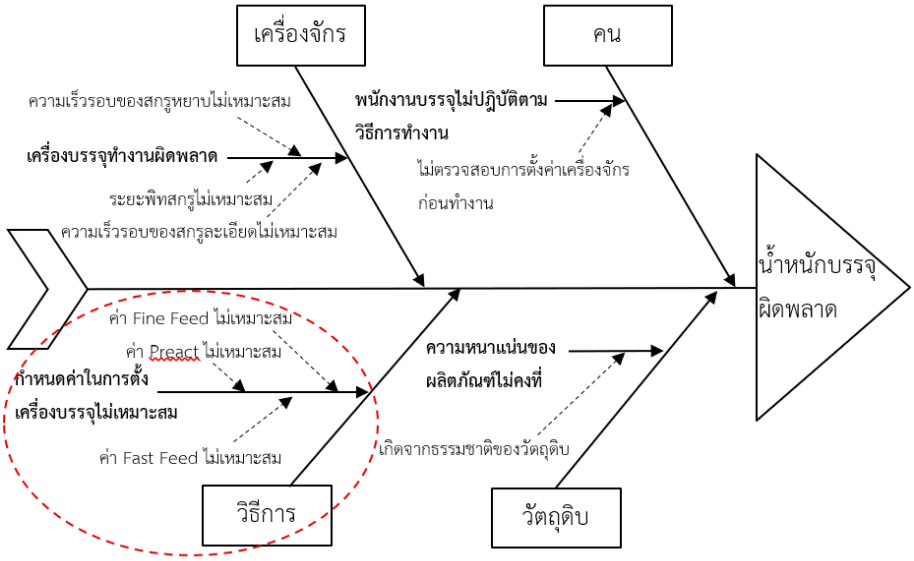


รูปที่ 4 ความสามารถของกระบวนการบรรจุจาก Scale A และ Scale B

4.2 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา กำหนดปัจจัย และระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

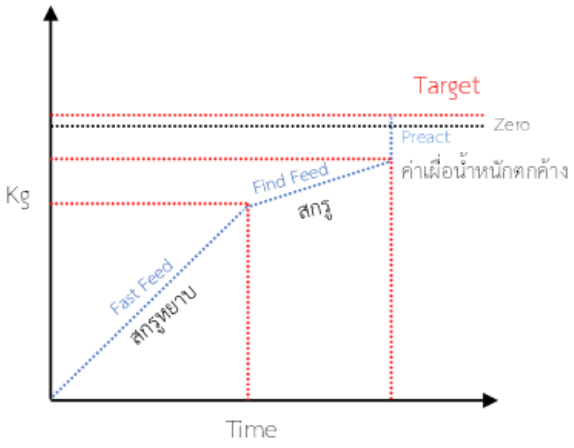
4.2.1 การระดมความคิดโดยใช้แผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram)

จากปัญหาที่พบดังกล่าว จึงได้มีการระดมความคิดของทีมวิศวกรกระบวนการผลิต 1 ท่านและพนักงานประจำตำแหน่งบรรจุพรีมิกซ์ 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้จัดการแผนก หัวหน้าหน่วย และเจ้าหน้าที่ประจำตำแหน่งบรรจุ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ เพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้ค่าของน้ำหนักบรรจุรายถุงผิดพลาดจากข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้แผนภูมิก้างปลาดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนภูมิก้างปลา

จากการตรวจสอบพบว่าวิธีการทำงาน (Method) ในการกำหนดค่าการตั้งเครื่องบรรจุยังไม่เหมาะสม ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุรายถุงของผลิตภัณฑ์ ตามหลักการทำงานของเครื่องบรรจุ ดังรูปที่ 6 เครื่องจะเริ่มจากการชั่งหยาบ (Fast Feed) ก่อน และเปลี่ยนไปสู่การชั่งละเอียด (Fine Feed) โดยในช่วงสุดท้ายก่อนถึงค่าเป้าหมาย เครื่องจะหยุดปล่อยพรีมิกซ์ตามค่าเผื่อน้ำหนักตกค้าง (Preact) เพื่อให้น้ำหนักบรรจุเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด อย่างไรก็ตาม การตั้งค่าน้ำหนักชั่งหยาบและชั่งละเอียดต่ำเกินไปอาจทำให้น้ำหนักบรรจุขาด ขณะที่การกำหนดค่าน้ำหนักในอากาศสูงเกินไปอาจทำให้น้ำหนักบรรจุเกิน และหากตั้งค่าต่ำเกินไปอาจทำให้น้ำหนักบรรจุขาดได้เช่นกัน



รูปที่ 6 การทำงานของแต่ละค่าในการทำงานของเครื่องบรรจุ

จากการรวบรวมข้อมูลของจำนวนงานที่ต้องนำมาถ่วงน้ำหนักเพื่อให้ได้ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2568 โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นรอบการผลิต 2 ครั้งต่อเดือน ซึ่งในแต่ละรอบการผลิตได้มีการตั้งค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์เหมือนกัน โดยมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ในปัจจุบัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 1 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ในปัจจุบัน

ลำดับ	ปัจจัย	Scale A	Scale B
1	ค่าน้ำหนักชั่งหยาบ (Fast Feed) กิโลกรัม	16.00	16.00
2	ค่าน้ำหนักชั่งละเอียด (Fine Feed) กิโลกรัม	6.02	6.06
3	ค่าเผื่อน้ำหนักตกค้าง (Preact) กิโลกรัม	0.06	0.06

4.3 ออกแบบการทดลองที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ผู้วิจัยเลือกสาเหตุของปัญหา ได้แก่ ค่าน้ำหนักชั่งหยาบ (Fast Feed) ไม่เหมาะสม ค่าน้ำหนักชั่งละเอียด (Fine Feed) ไม่เหมาะสม และค่าเผื่อน้ำหนักตกค้าง (Preact) ไม่เหมาะสม จะนำไปใช้ในการออกแบบการทดลองมีทั้งสิ้น 3 ปัจจัย ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

รหัส	ปัจจัยที่ควบคุม	ระดับปัจจัยที่เหมาะสม	
		ต่ำ (Low) (-1)	สูง (High) (+1)
A	ค่าน้ำหนักชั่งหยาบ (Fast Feed) กิโลกรัม	15.96	16.04
B	ค่าน้ำหนักชั่งละเอียด (Fine Feed) กิโลกรัม	5.96	6.04
C	ค่าเผื่อน้ำหนักตกค้าง (Preact) กิโลกรัม	0.06	0.40

ในส่วนของการออกแบบการทดลองนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ (2^k Factorial Design) ซึ่งเป็นการทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยและเป็นการทดลองเต็มรูปแบบ แต่กำหนดระดับของแต่ละปัจจัยอยู่ที่ปัจจัยละ 2 ระดับเท่านั้น เพื่อกรองเอาปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลออก (Screen Factor) โดยระดับปัจจัย มี 2 ระดับ คือ “ต่ำ” และ “สูง” โดยทำการทดลองแบบสุ่ม (Random) ตามข้อบังคับของการทดลอง จากนั้นทำการทดลองผลการตอบสนอง โดยให้ผลตอบสนองของการทดลองเป็นสัดส่วนของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักบรรจุพรีมิกซ์ตามเกณฑ์ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งมีรูปแบบการทดลอง 2^k [15], [16] โดยมีปัจจัยทั้งสิ้น 3 ปัจจัย และจำนวนการทดลองเท่ากับ 8 การทดลอง โดยแต่ละการทดลองมีการทำซ้ำ 10 ครั้ง (Replicate = 10) รวมการทดลองทั้งหมด 80 การทดลอง (Runs = 80)

4.4 ตัวแปรควบคุม

1) ใช้ผลิตภัณฑ์พรีมิกซ์ขนาดบรรจุ 22 ± 0.04 กิโลกรัม ที่ผลิตมาจากช่วงเวลาเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน

2) เก็บผลการทดลองเฉพาะในสภาวะการทำงานที่เป็นปกติเท่านั้น

4.5 ตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนองที่เลือกใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือค่าน้ำหนักบรรจุพรีมิกซ์รายถุง หน่วยเป็นกิโลกรัม

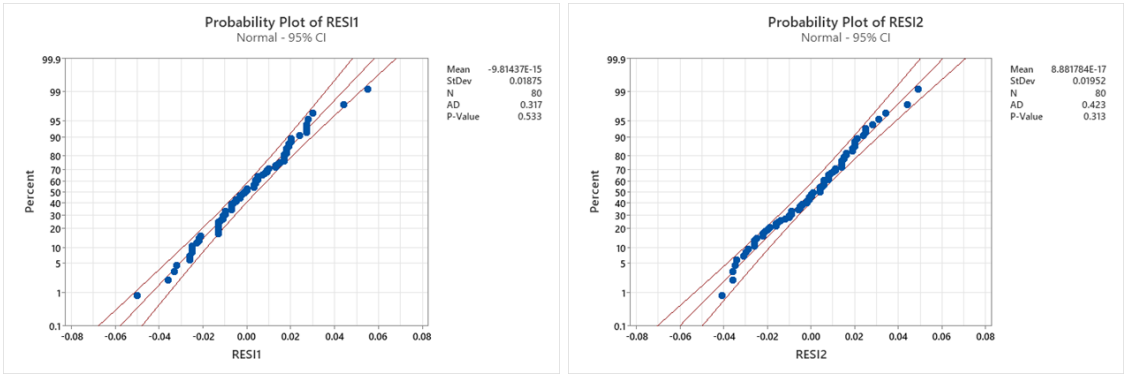
5. ผลการวิจัย

5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^3

การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองคือ การตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มีสมมติฐานว่า รูปแบบของค่าส่วนตกค้างที่ได้จากข้อมูลในการทดลอง (Residuals) ต้อง

เป็นไปตามหลักการ $\varepsilon_{ij} \sim NID(0, 2)$ คือ ค่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระด้วยค่าเฉลี่ยใกล้เคียง 0 และ 2 มีค่าคงตัว (Stability) จึงจะทำให้ข้อมูลจากการทดลองมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ ซึ่งการตรวจสอบ ε_{ij} มี 3 ขั้นตอน [17], [18] ดังนี้

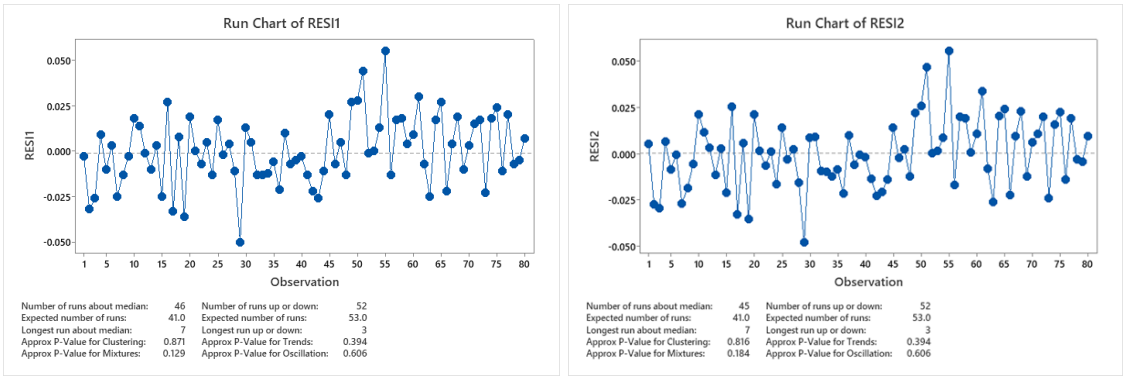
5.1.1 การตรวจสอบสมมติฐานของความเป็นปกติ (The Normality Assumption) ของค่าส่วนตกค้าง จากการพิจารณาการกระจายของค่าส่วนตกค้าง ซึ่งใช้การทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normal Probability Plot) ดังรูปที่ 7 พบว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง และค่า P-value มากกว่า 0.05 จึงทำให้ประมาณได้ว่าค่าส่วนตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ



Scale A Scale B

รูปที่ 7 การกระจายตัวแบบปกติของค่าส่วนตกค้างของค่า y

5.1.2 การตรวจสอบสมมติฐานความเป็นอิสระ (Independence Assumption) ของค่าส่วนตกค้าง โดยสามารถพิจารณาจากแผนภูมิการกระจาย ดังรูปที่ 8 เมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลบนแผนภูมิ พบว่าการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง มีรูปแบบที่เป็นอิสระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน หรือไม่สามารถประมาณรูปแบบที่แน่นอนได้ โดยค่า P-value ของทิศทางขึ้นลง (Trend) และ การแกว่งเป็นวัฏจักร (Oscillation) มากกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าค่าส่วนตกค้างมีความเป็นอิสระ ต่อกัน (Independent)



Scale A Scale B

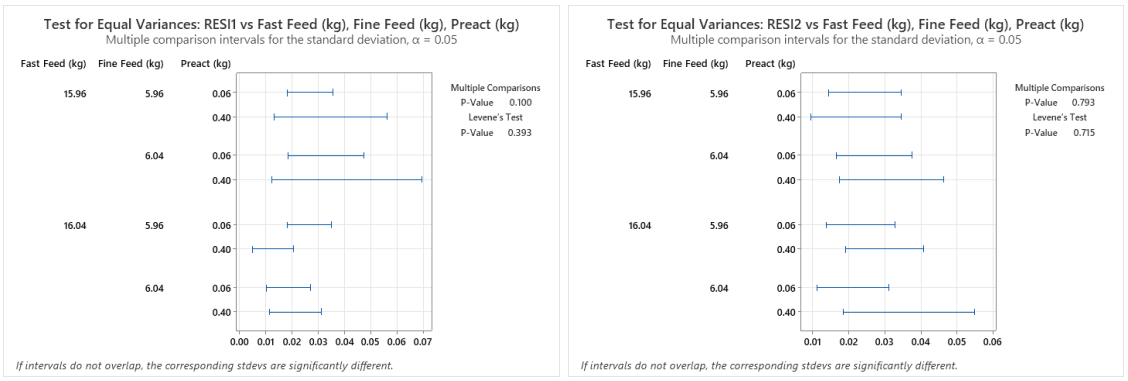
รูปที่ 8 การกระจายตัวเป็นอิสระของค่าส่วนตกค้างของค่า y

5.1.3 การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน σ^2 (Variance Stability) ของค่าส่วนตกค้าง เป็นการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของค่าส่วนตกค้างเทียบกับระดับของปัจจัยทุกปัจจัยพบว่า ผลการตรวจสอบทุกระดับของแต่ละปัจจัยเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

โดยวิเคราะห์ค่า P-Value จาก Bartlett's Test มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าส่วนตกค้างในแต่ละระดับปัจจัยมีค่าความแปรปรวนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีสมมติฐานคือ

H0: ความแปรปรวนในแต่ละระดับของปัจจัยทุกปัจจัยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

H1: ความแปรปรวนในแต่ละระดับของปัจจัยทุกปัจจัยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



Scale A Scale B

รูปที่ 9 ตัวอย่างการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนที่แต่ละระดับปัจจัยของค่าส่วนตกค้างของค่า y

5.2 การวิเคราะห์ผลจากการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^3

ผู้วิจัยนำค่าน้ำหนักบรรจุของผลิตภัณฑ์จากตารางที่ 9 มาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรมทางสถิติมินิแท็บ 22 (Minitab 22) เพื่อหาปัจจัยที่มีมีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนักตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 (α = 0.05)

5.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักบรรจุของผลิตภัณฑ์จาก Scale A แสดงได้จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าปัจจัย Fast Feed, Fine Feed และ Preact รวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยมีอิทธิพลต่อการบรรจุน้ำหนักของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value < 0.05) โดยแบบจำลองมีค่าความสามารถในการอธิบายข้อมูลสูง (R-sq = 99.62%) และค่า VIF เท่ากับ 1.00 ในทุกตัวแปร แสดงว่าไม่เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระ และในรูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่า Preact เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุมากที่สุด ถัดมาในรูปที่ 11 แสดงแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มระดับ Fast Feed และ Fine Feed ค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเพิ่มระดับ Preact ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุลดลง

5.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักบรรจุของผลิตภัณฑ์ Scale B แสดงได้จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าปัจจัย Fast Feed, Fine Feed และ Preact รวมถึงปฏิสัมพันธ์บางคู่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value < 0.05 โดยแบบจำลองมีค่าความสามารถในการอธิบายข้อมูลสูง (R-sq = 99.27%) และค่า VIF เท่ากับ 1.00 ในทุกตัวแปร และในรูปที่ 12 แสดงให้เห็นว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่าง Fast Feed × Fine Feed เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุมากที่สุด ถัดมาในรูปที่ 13 แสดงแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มระดับ Fast Feed ค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเพิ่มระดับ Fine Feed และ Preact ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุลดลง

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักบรรจุผลิตภัณฑ์ของ Scale A

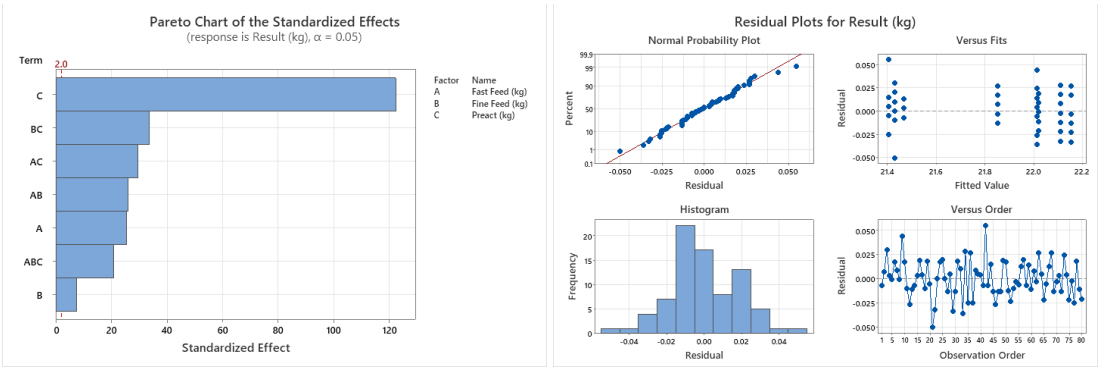
Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant		21.8071	0.0022	9931.66	0.000
Fast Feed (kg)	0.11225	0.05613	0.00220	25.56	0.000
Fine Feed (kg)	0.03325	0.01662	0.00220	7.57	0.000
Preact (kg)	-0.53675	-0.26837	0.00220	-122.23	0.000
Fast Feed (kg)*Fine Feed (kg)	0.11425	0.05713	0.00220	26.02	0.000
Fast Feed (kg)*Preact (kg)	0.13025	0.06512	0.00220	29.66	0.000
Fine Feed (kg)*Preact (kg)	0.14725	0.07362	0.00220	33.53	0.000
Fast Feed (kg)*Fine Feed (kg)*Preact (kg)	0.09125	0.04562	0.00220	20.78	0.000

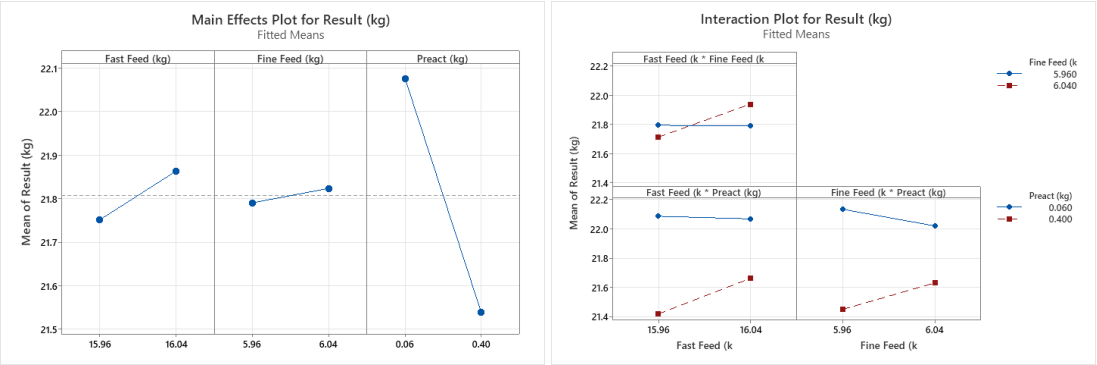
Term	VIF
Constant	
Fast Feed (kg)	1.00
Fine Feed (kg)	1.00
Preact (kg)	1.00
Fast Feed (kg)*Fine Feed (kg)	1.00
Fast Feed (kg)*Preact (kg)	1.00
Fine Feed (kg)*Preact (kg)	1.00
Fast Feed (kg)*Fine Feed (kg)*Preact (kg)	1.00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0196391	99.62%	99.58%	99.53%



รูปที่ 10 พล็อตผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนักของ Scale A



รูปที่ 11 กราฟผลกระทบของปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนัก (y) ของ Scale A

ตารางที่ 7 วิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักบรรจุผลิตภัณฑ์ของ Scale B

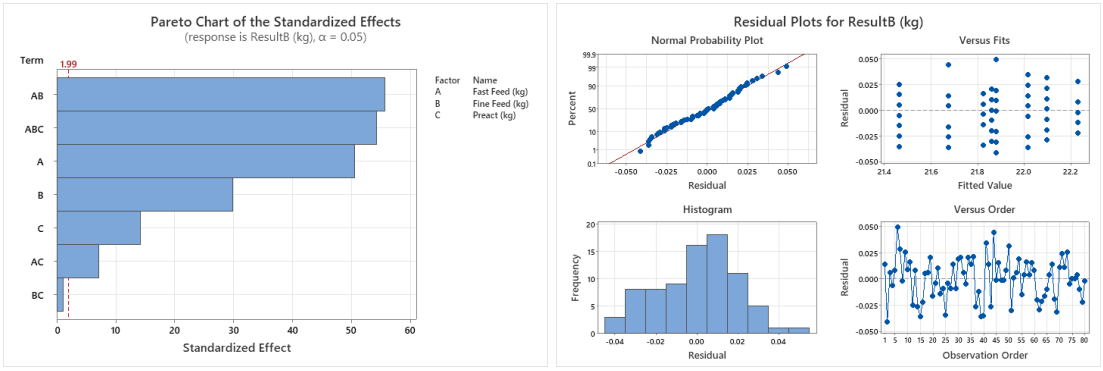
Coded Coefficients

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant		21.8816	0.0023	9570.52	0.000
Fast Feed (kg)	0.23125	0.11562	0.00229	50.57	0.000
Fine Feed (kg)	-0.13625	-0.06812	0.00229	-29.80	0.000
Preact (kg)	-0.06475	-0.03238	0.00229	-14.16	0.000
Fast Feed (kg)*Fine Feed (kg)	0.25475	0.12737	0.00229	55.71	0.000
Fast Feed (kg)*Preact (kg)	-0.03275	-0.01637	0.00229	-7.16	0.000
Fine Feed (kg)*Preact (kg)	-0.00525	-0.00262	0.00229	-1.15	0.255
Fast Feed (kg)*Fine Feed (kg)*Preact (kg)	-0.24825	-0.12413	0.00229	-54.29	0.000

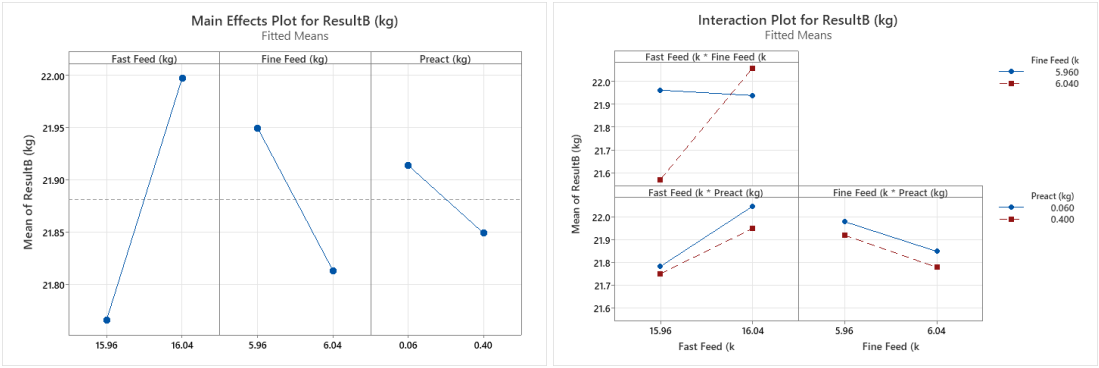
Term	VIF
Constant	
Fast Feed (kg)	1.00
Fine Feed (kg)	1.00
Preact (kg)	1.00
Fast Feed (kg)*Fine Feed (kg)	1.00
Fast Feed (kg)*Preact (kg)	1.00
Fine Feed (kg)*Preact (kg)	1.00
Fast Feed (kg)*Fine Feed (kg)*Preact (kg)	1.00

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0204498	99.27%	99.20%	99.09%



รูปที่ 12 พล็อตผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อต่อค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนักของ Scale B



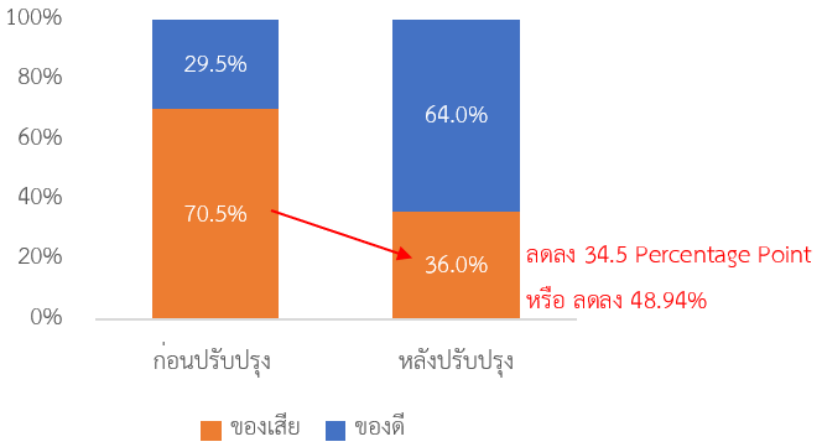
รูปที่ 13 กราฟผลกระทบของปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนัก (y) ของ Scale B

5.3 การทดลองเพื่อยืนยันผลการวิจัย

เพื่อที่จะยืนยันผลการวิเคราะห์ว่าจุดเหมาะสมที่ได้จากผลการวิจัย จากตารางที่ 6 และตารางที่ 7 เป็นสภาวะการทำงานใหม่ที่ดีกว่าเดิมหรือไม่ โดยทำการทดลองกับผลิตภัณฑ์ที่สภาพการทำงานจริงของกระบวนการผลิต พบว่าค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนัก เฉลี่ยเท่ากับ 22 กิโลกรัม จากตัวอย่างทดสอบทั้งหมด 30 ตัวอย่าง และเมื่อนำค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนักก่อนและหลังการปรับปรุงมาทดสอบสมมติฐานทางสถิติ พบว่าค่า P-Value ต่ำกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนักหลังการปรับปรุงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอ้างอิงระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ทั่วไปในการทดสอบสมมติฐาน [6]

5.4 การเปรียบเทียบผลหลังจากนำไปใช้ในกระบวนการผลิตจริง

การนำระดับปัจจัยที่เหมาะสมไปปรับใช้ในกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์จริง โดยทดลองในสายการบรรจุพรีมิกซ์ ผลการดำเนินการในระยะเวลา 1 เดือน ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2568 พบว่าสัดส่วนค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนักที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง โดยหลังการปรับปรุง สัดส่วนของเสียลดลงจาก 70.5% เหลือ 36.0% คิดเป็นการลดลง 34.5 Percentage Point หรือคิดเป็น 48.9% เมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง (แสดงดังรูปที่ 14) โดยการลดปริมาณงานที่ค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนักเกินกว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ให้น้อยลงนั้น จะทำให้ไม่ต้องนำงานจำนวนดังกล่าวไปให้พนักงานตักเติมหรือตักออกเพื่อปรับน้ำหนักบรรจุให้ได้ตามข้อกำหนด



รูปที่ 14 สัดส่วนของดีและของเสียของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการปรับปรุง

จากข้อมูลในตารางที่ 8 พบว่าในแต่ละเดือนมีค่าเฉลี่ยยอดของเสียก่อนการปรับปรุง 240 ถุงต่อเดือน และมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักบรรจุรายถุงเกินมากกว่า 0.10 กิโลกรัม หรือ 100 กรัม และเมื่อทำการปรับปรุงตามขั้นตอนสามารถแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักคลาดเคลื่อนจากกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ลดลงจาก 2,880 กิโลกรัมต่อปี เหลือ 1,463 กิโลกรัมต่อปี ส่งผลให้มูลค่าความสูญเสียลดลงจาก 158,400 บาทต่อปี เหลือ 80,457 บาทต่อปี คิดเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 77,943 บาทต่อปี

ตารางที่ 8 มูลค่าก่อนและหลังการปรับปรุง

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
	ก.พ.- มี.ค. 2568	พ.ค. 2568
ยอดการผลิต (ถุง)	682	340
ยอดของเสีย (ถุง)	481	122
ร้อยละของเสีย	70.5	36
น้ำหนักที่สูญเสีย (กิโลกรัม/ปี)	2,880	1,463
มูลค่าความสูญเสีย (บาท/ปี)	158,400	80,457

หมายเหตุ : มูลค่ารายปีนี้อ้างอิงจากรอบการผลิตเฉลี่ย 2 เดือน (ก่อนปรับปรุง) และอ้างอิงจากราคาวัตถุดิบพรีมิกซ์ที่ 55 บาทต่อกิโลกรัม

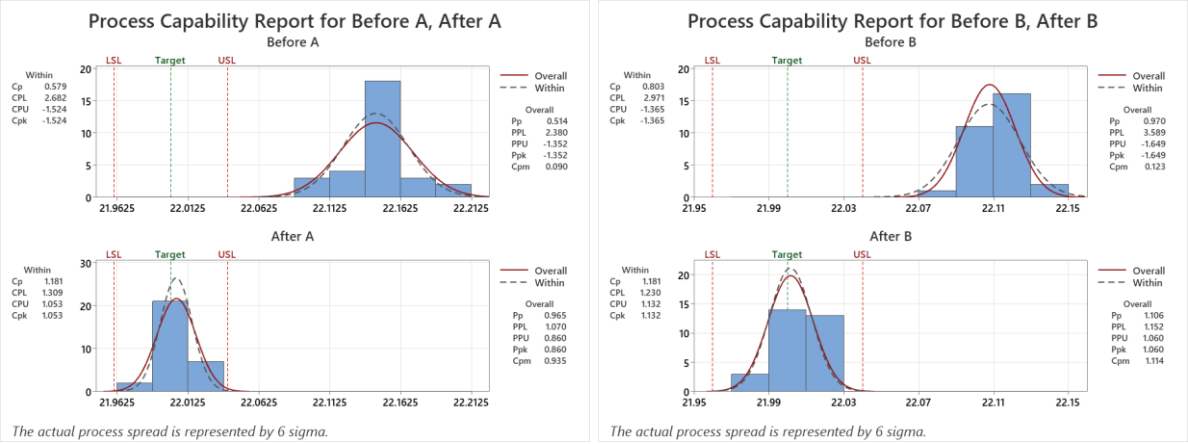
6. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนักสินค้าในการบรรจุพรีมิกซ์ เพื่อเพิ่มความสามารถของกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง เมื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่ามี 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อน้ำหนักสินค้าในการบรรจุพรีมิกซ์ ได้แก่ ค่าค่าน้ำหนักชั่งหยาบไม่เหมาะสม ค่าน้ำหนักชั่งละเอียดไม่เหมาะสม และค่าเผื่อน้ำหนักตกค้างไม่เหมาะสม จากนั้นดำเนินการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ 3 ปัจจัย จากนั้นดำเนินการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการควบคุมค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนักของ Scale A ประกอบด้วย ค่าน้ำหนักชั่งหยาบเท่ากับ 16.04 กิโลกรัม ค่าน้ำหนักชั่งเท่ากับ 6.04 กิโลกรัม และค่าเผื่อน้ำหนักตกค้างเท่ากับ 0.10 กิโลกรัม ทั้งยัง

สามารถเพิ่มความสามารถของกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ น้ำหนัก 22 ± 0.04 กิโลกรัม ในดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการมากกว่า 1.00 (Cpk ≥ 1.00) เพิ่มขึ้นจาก -1.52 เป็น 1.05 ดังรูปที่ 15

ระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการควบคุมค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนักของ Scale B ประกอบด้วย ค่าน้ำหนักชั่งหยาบเท่ากับ 15.99 กิโลกรัม ค่าน้ำหนักชั่งละเอียดเท่ากับ 5.96 กิโลกรัม และค่าเผื่อน้ำหนักตกค้างเท่ากับ 0.06 กิโลกรัม ทั้งยังสามารถเพิ่มความสามารถของกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ น้ำหนัก 22 ± 0.04 กิโลกรัมในดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการมากกว่า 1.00 (Cpk ≥ 1.00) เพิ่มขึ้นจาก -1.37 เป็น 1.13 ดังรูปที่ 15



Scale A Scale B

รูปที่ 15 เปรียบเทียบความสามารถของการบรรจุก่อนและหลังปรับปรุง

จากนั้นนำระดับปัจจัยที่เหมาะสมไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริง พบว่าสัดส่วนค่าเฉลี่ยการบรรจุน้ำหนักที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง โดยก่อนปรับปรุงสัดส่วนน้ำหนักคลาดเคลื่อนจากกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ลดลงจาก 2,880 กิโลกรัมต่อปี เหลือ 1,463 กิโลกรัมต่อปี ส่งผลให้มูลค่าความสูญเสียลดลงจาก 158,400 บาทต่อปี เหลือ 80,457 บาทต่อปี คิดเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 77,943 บาทต่อปี

ผลการวิจัยพบว่า ค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้นจากน้อยกว่า 1.00 เป็นมากกว่า 1.00 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการมีแนวโน้มสามารถควบคุมคุณภาพได้ดีขึ้น และสอดคล้องกับข้อกำหนดมากขึ้น สอดคล้องกับ Noguera *et al*. ที่รายงานว่าการใช้การออกแบบการทดลอง (DOE) สามารถช่วยเพิ่มค่า Cpk และลดความแปรปรวนของกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Douglas C. Montgomery ที่ระบุว่าค่า Cpk มากกว่า 1.00 สะท้อนถึงกระบวนการที่เริ่มมีความสามารถในการตอบสนองข้อกำหนด แม้ว่ายังควรพัฒนาให้มากกว่า 1.33 เพื่อให้เหมาะสมในระดับอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตามการแก้ไขปัญหาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์ขนาด 22 กิโลกรัม และเก็บข้อมูลในช่วงเวลาจำกัด จึงยังไม่ได้วิเคราะห์ long-term capability (Cpk LT) หากต้องการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืนและมีความน่าเชื่อถือทางสถิติมากขึ้น ควรมีการดำเนินงานโดยมีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ เช่น ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง สภาพแวดล้อมในการเก็บตัวอย่าง และ Bulk density ของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น หลังจากนั้นควรมีแผนการควบคุมหลังปรับปรุง (Control plan) เช่น monitoring reaction plan setpoint locking เพื่อควบคุมการดำเนินงานในอนาคต พร้อมทั้งเป็นการแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืนต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยการศึกษาปัจจัยในกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ ขนาดบรรจุ 22 ± 0.04 กิโลกรัม เพื่อเพิ่มความสามารถของกระบวนการบรรจุในดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการมากกว่า 1.33 (Cpk ≥ 1.33)

7.2 งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะกระบวนการบรรจุพรีมิกซ์ขนาด 22 กิโลกรัม และความหนาแน่นรวมของผลิตภัณฑ์ (Bulk Density) 941 กรัมต่อลิตร เท่านั้น แต่ทางโรงงานกรณีศึกษายังมีผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาและทดลองสำหรับผลิตภัณฑ์ในแต่ละชนิด เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับควบคุมกระบวนการ

7.3 สำหรับโรงงานกรณีศึกษายังมีปัญหาประเภทอื่น ๆ อีก จึงสามารถนำหลักการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ ในกระบวนการผลิตได้เช่นเดียวกัน เพราะจะทำให้สามารถหาค่าที่เหมาะสมได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ซึ่งดีกว่าการแก้ปัญหาโดยวิธีการลองผิดลองถูก

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและสถานที่ในการทำวิจัย รวมถึงขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศิลปากรที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

[1] ณัฐชนก อมรเทวภัทร, *การผลิตอาหารสัตว์.* กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553.

[2] อรพินท์ จินตสถาพร, *“พรีมิกซ์และสารเสริมในอาหารสัตว์น้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,”* ใน *ทำเนียบธุรกิจอุตสาหกรรมประมง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สัตว์น้ำสวยงาม อาหารสัตว์น้ำ เวชภัณฑ์และอุปกรณ์*, หน้า 35–41, n.d.. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้: https://kukr.lib.ku.ac.th/KUKR/Detail/info/120270

[3] กระทรวงพาณิชย์, “ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง กำหนดชนิดของสินค้าหีบห่อหลักเกณฑ์และวิธีการแสดงปริมาณของสินค้า และอัตราเผื่อเหลือเผื่อขาด,” เข้าถึงเมื่อ: 2 มี.ค. 2568. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้: https://www.dit.go.th/media/2kvfqudx/a55e1eda-942c-49a5-b416-6fe5fc54d0b3.pdf

[4] E.K.E. Schofield, *Feed Manufacturing Technology*, 5th ed. Arlington, VA, USA: American Feed Industry Association, 2005.

[5] C.M. Douglass, *Introduction to Statistical Quality*, 6th ed. NJ, USA: John Wiley & Sons, 2009.

[6] กฤษฎา อัครรุ่งแสงกุล, *สถิติประยุกต์สำหรับวิศวกร การออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม (ประมวลผลด้วย Minitab).* กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2559.

[7] C.M. Douglass, *Design and Analysis of Experiments*, 8th ed. NJ, USA: John Wiley & Sons, 2012.

[8] J. Noguera, J. Jimenez, B. Alvarez, J. Caicedo, and J. Arizab, “Analysis of buñuelos growth rate using 2k factorial design,” *Procedia Comput. Sci.,* vol. 177, pp. 267–275, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.10.037.

[9] A. N. Correia, B. M. Gaspar, G. Clorian, D. F. O. Bragaga, R. Baptista, and E. Infante, “Thermo-mechanical characterization of metal polymer friction stir composite joints a full factorial design of experiments.” *Polymers,* vol. 16, no. 5, 2024, Art. no. 602, doi: 10.3390/polym16050602.

[10] M. Shah and S. K. Garg, “Application of 2^k full factorial design in optimization of solvent-free microwave extraction of ginger essential oil,” *J. Eng.*, vol. 2014, Nov. 2014, Art. no. 828606, doi: 10.1155/2014/828606.

[11] จักรวรรดิ ดียิ่ง, “การพัฒนาคุณภาพในกระบวนการเชื่อมโลหะด้วยแสงเลเซอร์ในโรงงานประกอบแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์,” สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย, 2554. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้: https://tdc.thailis.or.th/tdc/dccheck.php?Int_code=52&RecId=23593 & obj_id=186902

[12] K. Asawarungsaengkul and P. Chutima, “Quality improvement on the slider cutting process,” *Sci. Technol. Asia*, vol. 7, no. 2, pp. 55–63, 2015. [Online]. Available: https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/SciTechAsia/article/view/41803

[13] K. Kandananond, “The application of 2k factorial design to determine the luminance in truck parking lots,” *Transp. Telecommun. J.*, vol. 25, no. 4, pp. 427–438, Nov. 2024, doi: 10.2478/ttj-2024-0031.

[14] M. Saeleaw and G. Schleining, “Effect of frying parameters on crispiness and soundemission of cassava crackers,” *J. Food Eng.*, vol. 103, no. 3, pp. 229–236, Apr. 2011, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.10.010.

[15] ประธาน ชุนงาม, “การปรับปรุงการทำงานของเครื่องจักรอีดีเอ็มในอุตสาหกรรมรถยนต์,” สารนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย, 2556.

[16] โสภิดา ท้วมมี, “การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา: บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก,” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย, 2550, doi: 10.14457/KMUTNB.the.2007.142.

[17] D. Odia, “Factorial experimental design to study the effects of layers and fiber content on concrete flexural behavior,” *Open J. Civ. Eng.,* vol.13, no. 1, pp. 83–102, Mar. 2023, doi: 10.4236/ojce.2023.131006.

[18] สิทธิพร อารักษ์วรกุล, “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการอะโนไดซ์พิสตันวาล์วด้วยวิธีการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง,” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย, 2553.