

การลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังดัดแปร
ด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมาร่วมกับโซ่อุปทานสีเขียว:
กรณีศึกษาธุรกิจแปรรูปมันสำปะหลังแห่งหนึ่งในประเทศไทย
Reduction of Weight Error in Packing Process of Modified Tapioca Starch
with the application of Lean Six Sigma and Green Supply Chain Concept:
A Case Study of Tapioca Processing Business in Thailand

วิทยา ตูพิลา¹ และปณัฏพร เรืองเชิงชุม² และดนัยพงศ์ เชษฐโชติศักดิ์³

Witthaya Tuphila¹ and Panutporn Ruangchoengchum² and Danaipong Chetchotsak³

Received : July 27, 2021 Revised : September 9, 2021 Accepted : September 21, 2021

บทคัดย่อ

การลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักมีความสำคัญต่อต้นทุนในกระบวนการบรรจุ จึงจำเป็นต้องหาทางวิธีการลดข้อผิดพลาดและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเสนอแนวทางการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังดัดแปร ด้วยการประยุกต์แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมาร่วมกับโซ่อุปทานสีเขียว โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสังเกตแบบมีส่วนร่วม การสัมภาษณ์เชิงลึก ร่วมสนทนากลุ่มกับผู้ให้ข้อมูลหลัก 16 คน และวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนปริมาณน้ำหนัก 300 ตัวอย่าง รวมถึงวิเคราะห์กระบวนการบรรจุด้วยโมเดล SIPOC ร่วมกับโซ่อุปทาน แผนภูมิกระบวนการไหล ตลอดจนวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการและโมเดลสมการโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า ความคลาดเคลื่อนน้ำหนักเกิดในกิจกรรมรอตติงค่าพารามิเตอร์และบรรจุแป้งลงถุง เมื่อวัดความสามารถของกระบวนการพบว่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนักด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง พบว่าความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี จึงเสนอแนวทางลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมาร่วมกับโซ่อุปทานสีเขียว พบว่าสามารถลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักจากร้อยละ 1.25 เป็น ร้อยละ 0.001 ทำให้ลดต้นทุนได้ 1,406,198 บาทต่อปี และลดปริมาณฝุ่นละอองแป้งในอากาศลดลง จาก 426 เป็น 0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผู้วิจัยจึงเสนอผู้ประกอบการให้ความสำคัญต่อการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก เพื่อสามารถลดต้นทุนในกระบวนการบรรจุ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการบริหารธุรกิจต่อไป

คำสำคัญ : ความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก กระบวนการบรรจุ แป้งมันสำปะหลังดัดแปร ลีนซิกซ์ซิกมา โซ่อุปทานสีเขียว

* นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* Master Student, Master of Business Administration, College of graduate study in management, Khon Kaen University

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² Assistant Professor, College of graduate study in management, Khon Kaen University

³ รองศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³ Associate Professor, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Abstract

Reduction of weight error is important for the cost of packing process, so it is necessary to find ways to reduce errors and its potential impact on the environment. The research aims to propose ways to reduce Weight error in the modified tapioca starch packing process by applying the Lean Six Sigma and Green supply chain concept. The research methodology is mixed method, collecting data with participatory observations, In-depth Interview, focus group discussions from 16 key informants, and analyzing Weight error in 300 samples of packages. The processes were analyzed with SIPOC Model in conjunction with supply chain concept, flowing process charts, the capability analysis of the process and structural equation models were examined as well. The results showed that Weight error occurred during the setting parameters, and packing starch into the bags. When measuring the process capability, it was found to be below the standard. The factors causing Weight error was analyzed using structural equation model (SEM). The empirical evidence was in a good level. Guideline for reducing Weight error in the packing process of modified tapioca starch with the application of Lean Six Sigma and Green Supply Chain Concept. It was found that Weight error was reduced from 1.25 % to 0.001% as well as the cost that reduced 1,406,198 baht per annum and quantity of power dust in the air from 426 to 0 milligrams per cubic meter. Therefore, researchers suggested the entrepreneurs to focus on Weight error to reduce the cost of packing processes, which is beneficial for business management.

Keywords : Weight error, Packing process, Modified tapioca starch, Lean six sigma, Green supply chain

1. บทนำ

ธุรกิจแปรรูปมันสำปะหลังมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจในประเทศไทย ดังจะเห็นได้จากที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ของโลก โดยส่วนใหญ่ถูกแปรรูปและส่งออกเป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่สำคัญหลายประเภท ดังเช่นแป้งมันสำปะหลังดิบ (Native Tapioca Starch) มันเส้น (Chip) และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Modified Tapioca Starch) โดย ปี 2562 มีปริมาณการส่งออกแป้งมันสำปะหลังดัดแปรสูงขึ้นถึงร้อยละ 30 ซึ่งคาดว่า ระหว่างปี 2563 ถึง 2565 ผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังดัดแปรจะมีมูลค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความต้องการของตลาดโลก โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอางและยาที่มีแนวโน้มเติบโตและขยายตัวขึ้น (วิจัยกรุงศรี, 2563) ดังนั้นผู้ประกอบการจึงต้องหาทางลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุ ซึ่งส่งผลกระทบต่อกรดำเนินการธุรกิจ โดยเฉพาะต้นทุนในกระบวนการบรรจุ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากฝุ่นละอองแป้งในอากาศบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน

บริษัท อินกริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด เป็นหนึ่งในธุรกิจแปรรูปมันสำปะหลังเป็นแป้งมันสำปะหลังดัดแปรในจังหวัดกาฬสินธุ์ อย่างไรก็ตาม ระหว่าง ปี 2561 ถึง ปี 2563 ผู้ประกอบการกลับพบปัญหาความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังดัดแปร เพิ่มจากร้อยละ 0.001 เป็นร้อยละ 1.25 ส่งผลให้ต้นทุนในกระบวนการบรรจุ เพิ่มขึ้นจาก 111,089,602 บาท เป็น 112,166,750 บาท (ฝ่ายผลิต บริษัท อินกริดิออน

(ไทยแลนด์) จำกัด, 2563) และพบปัญหาฝุ่นละอองแบ่งฟุ้งกระจายในพื้นที่ปฏิบัติงานที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางอากาศ

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ส่วนใหญ่ได้ศึกษาความคลาดเคลื่อนน้ำหนักตั้งแต่ประเด็น ข้อผิดพลาดในการชั่งน้ำหนักอัตโนมัติของเครื่องชั่ง (Muthoriq et al., 2018; Zhang et al., 2017) ความสัมพันธ์ของน้ำหนักและข้อผิดพลาดของการวัดที่มีต่อความแม่นยำ (Sabri et al., 2017) ความไม่แน่นอนของน้ำหนักในระบบการวัด (Amaral et al., 2018) และแนวทางการลดข้อผิดพลาดในการชั่งน้ำหนัก (Nassif et al., 2018) แต่ส่วนน้อยยังไม่ได้ศึกษาถึงการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปส โดยเฉพาะการนำแนวคิดลีนซิกซ์ซิกมามาร่วมกับโซ่คุณค่านสี่เหลี่ยมมาใช้เป็นแนวทางลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก ทั้งที่แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมาสามารถนำมาลดความคลาดเคลื่อน (Error) หรือข้อผิดพลาดในกระบวนการบรรจุได้ ขณะที่โซ่คุณค่านสี่เหลี่ยมสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการบรรจุที่ไม่เหมาะสมที่ทำให้ฝุ่นละอองแบ่งฟุ้งกระจายในพื้นที่ปฏิบัติงาน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงศึกษาถึงการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปสด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมามาร่วมกับโซ่คุณค่านสี่เหลี่ยม โดยศึกษาจาก บริษัท อินทริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด จังหวัดกาฬสินธุ์ เป็นกรณีศึกษา พร้อมได้เสนอแนวทางการการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปส ด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมาด้วยการปรับปรุงกระบวนการบรรจุเพื่อลดความแปรปรวนของน้ำหนักที่ส่งผลให้เกิดคลาดเคลื่อนน้ำหนักร่วมกับการปรับปรุงกระบวนการบรรจุด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดโซ่คุณค่านสี่เหลี่ยมเพื่อจัดการปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากฝุ่นละอองแบ่งในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิจัยนี้ ทำให้สามารถลดต้นทุนในกระบวนการบรรจุได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมทางอากาศได้อย่างยั่งยืน และสามารถนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อธุรกิจแปรรูปมันสำปะหลังอื่น ๆ ได้ต่อไป อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้ มีข้อจำกัดการวิจัย ที่เกี่ยวกับการตอบแบบสอบถามของผู้ที่ปฏิบัติงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการบรรจุในจังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ต้องการผลการตอบแบบจำนวนมากเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยเชิงสาเหตุด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง

2. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

Kiran (2016) และ Khanna (2015) ได้กล่าวถึง แผนภูมิกระบวนการไหล เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลได้อย่างละเอียด กระชับ ประกอบด้วย สัญลักษณ์ คำบรรยายและลายเส้น เพื่อบอกรายละเอียดของขั้นตอนกระบวนการผลิต โดยแสดงสัญลักษณ์ของกระบวนการซึ่งอธิบายรายละเอียดของแต่ละกิจกรรมในกระบวนการไหล โดยมีการแสดงด้วยสัญลักษณ์ที่แตกต่างกันในแต่ละกิจกรรม และเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ซึ่งแผนภูมิกระบวนการไหลจะเชื่อมโยงโดยลูกศรและสัญลักษณ์ เพื่อแสดงทิศทางของการไหลในกระบวนการซึ่งกำหนดสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่

- หมายถึง การปฏิบัติงาน
- หมายถึง การตรวจสอบ
- ⇒ หมายถึง การเคลื่อนย้าย
- หมายถึง รอหรือเก็บพักชั่วคราวและ
- ▽ หมายถึง กิจกรรมหยุดและเก็บถาวร

2.2 โมเดล SIPOC

Hadex และคณะ (2019) ได้กล่าวว่า SIPOC ย่อมาจาก Suppliers, Inputs, Process, Outputs และ Customer ซึ่งเป็นวิธีการในการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้การวิเคราะห์โดยอาศัยการแสดงผลภาพขององค์ประกอบหลักของกระบวนการ ได้แก่ ซัพพลายเออร์ ปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ผลลัพธ์ และลูกค้า เครื่องมือวิเคราะห์นี้ใช้เพื่อทำความเข้าใจและปรับปรุงกระบวนการและใช้ระบุองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของกระบวนการตั้งแต่ต้นจนจบ มีรูปแบบการไหลของกระบวนการที่ช่วยให้เราทำความเข้าใจว่าอินพุตใดบ้างที่จำเป็นเพื่อให้ได้เอาต์พุตที่ต้องการ

2.3 ความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก (Error)

Vilchis (2017) และ ธนพงศ์ สุวรรณโรจน์ และปณิพร เรืองเชิงชุม (2562) ได้กล่าวไว้ว่า ความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก คือ ผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่แท้จริงของน้ำหนัก โดยทั่วไปแสดงเป็นร้อยละ ถ้าค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าจริงมากแสดงว่าการวัดนั้นมีความแม่นยำหรือความถูกต้อง (Accuracy) สูง โดยการวัดทุกครั้งมักมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การเข้าใจถึงสาเหตุจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนให้น้อยลงได้ โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดความไม่แน่นอน (Uncertainty) ซึ่งสามารถคำนวณร้อยละความคลาดเคลื่อน (% error) ได้แก่ อัตราร้อยละค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) ของผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการวัดเทียบกับค่าจริง ได้สมการดังนี้

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าจริง} - \text{ค่าที่ได้จากการวัด}| \times 100}{\text{ค่าจริง}}$$

2.4 วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

Chen, Wang และ Chang (2017) ได้กล่าวไว้ว่า ความสามารถของกระบวนการได้ถูกนำไปเพื่อวัดศักยภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยการหาความสามารถของกระบวนการ คือ การเปรียบเทียบขนาดความผันแปรของกระบวนการกับขนาดของขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะ (Specification limits) โดยกระบวนการนั้นจะต้องเป็นกระบวนการที่อยู่ภายใต้การควบคุม ดังที่โดย de-Felipe และ Benedito (2017) ที่อ้างถึงการคำนวณหาความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ดังนี้

$$Cpk = \text{Minimum} (Cpu, Cpl)$$

$$Cpu = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$$

$$\text{และ} \quad Cpl = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$$

โดยเกี่ยวข้องกับตัวแปร ดังนี้

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

USL = ขีดจำกัดด้านขอบเขตข้อกำหนดด้านบน (Upper Specification Limit)

LSL = ขีดจำกัดด้านขอบเขตข้อกำหนดด้านล่าง (Lower Specification Limit)

σ = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Sigma หรือ Standard Deviation: SD)

Cpu = ค่าความสามารถกระบวนการของข้อกำหนดด้านขอบเขตข้อกำหนดด้านบน

Cpl = ค่าความสามารถกระบวนการของข้อกำหนดด้านขอบเขตข้อกำหนดด้านล่าง

2.5 โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling)

Gana และ Broc (2019) ได้กล่าวว่า โมเดลสมการโครงสร้างใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝงเชิงทฤษฎี (Theoretical Latent Variables or Constructs) ที่มีความสัมพันธ์กันหลายตัวแปร หรือวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝง (Latent Variables) กับตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variables) รวมถึงประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลพร้อมกันทั้งหมดด้วยระบบสมการ (Simultaneous Equation) ของโมเดลสมการโครงสร้าง ซึ่งขนาดตัวอย่างในการวิเคราะห์สมการโครงสร้างอย่างน้อย 10 เท่าของข้อคำถาม (Kline, 2015)

2.6 ลีนซิกซ์ซิกมา (Lean Six Sigma)

Pereira และคณะ (2019), Gupta, Modgil และ Gunasekaran (2020) และ Byrne และคณะ (2021) ได้อ้างว่า ลีนซิกซ์ซิกมา เป็นแนวคิดในการบริหารจัดการการผลิต หรือองค์กรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยปราศจากความสูญเปล่า (Waste) ซึ่งแนวทางการปรับปรุงการไหลของกระบวนการและลดความผิดพลาดหรือข้อบกพร่องในกระบวนการทางธุรกิจ เพื่อขจัดสาเหตุที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า ทำให้สามารถลดต้นทุนในการดำเนินงานและลูกค้าพึงพอใจ นอกจากนี้ Byrne, McDermott และ Noonan (2021) ได้กล่าวว่า ลีนซิกซ์ซิกมา เป็นการปรับปรุงกระบวนการด้วยการค้นหาโอกาสพัฒนาจากกระบวนการที่มีอยู่เดิม เพื่อดูว่ามีปัญหามีความสูญเสีย มีข้อบกพร่องใดบ้าง หรือมีประเด็นใดที่ยังตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ไม่มีและนำประเด็นเหล่านั้นมาพัฒนาคุณภาพ โดยพยายามค้นหาสาเหตุหรือต้นตอของปัญหาและหาทางขจัดสาเหตุดังกล่าวทิ้งไป เพื่อพัฒนาจนได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการแล้ว ก็หาทางควบคุมผลลัพธ์ให้ดำรงอยู่อย่างถาวร ซึ่งกระบวนการพัฒนาแบบนี้เรียกว่าเป็นการพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดสู่ระดับ 6 ซิกซ์ซิกมา

2.7 การจัดการโซ่อุปทานสีเขียว (Green Supply Chain Management)

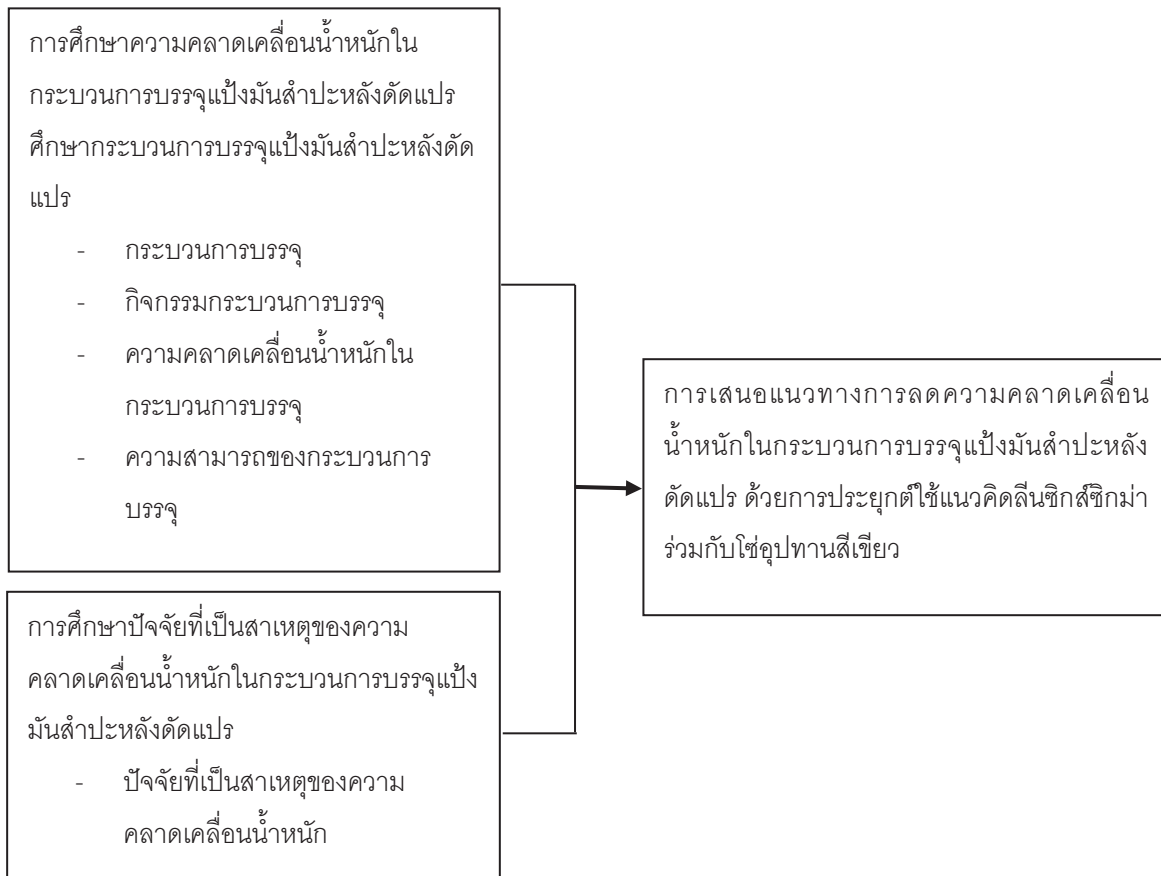
Vanalle และคณะ (2017), Cousins และคณะ (2019) และ Chin และ Sulaiman (2015) ได้กล่าวถึงการจัดการโซ่อุปทานสีเขียวว่า เป็นการบูรณาการความคิดด้านสิ่งแวดล้อมร่วมกับการจัดการโซ่อุปทาน เพื่อนำมาลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ ดังเช่น การผลิตแบบสีเขียวหรือการดำเนินงานแบบสีเขียว เป็นต้น ดังนั้น การจัดการโซ่อุปทานจึงมีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อมขององค์กรซึ่งเกี่ยวข้องกับทุกกิจกรรมตลอดโซ่อุปทาน และการจัดการโซ่อุปทานสีเขียวยังมีส่วนร่วมในการพัฒนาผลการดำเนินงานที่ยั่งยืนขององค์กร การศึกษานี้เน้นด้านการจัดการดำเนินงานร่วมกับด้านสิ่งแวดล้อมที่ได้รับการยอมรับเพื่อดำเนินการด้านการจัดการโซ่อุปทานสีเขียว อย่างไรก็ตามการนำหลักการของโซ่อุปทานสีเขียวมาประยุกต์ใช้ ในการบริหารโซ่อุปทาน จึงเป็นกระบวนการในการปรับปรุงและพัฒนาระบบโซ่อุปทานเพื่อลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมภายใต้แนวคิดพื้นฐานดังนี้ 1) มลพิษและของเสีย เป็นสิ่งแสดงให้เห็นถึงความไม่สมบูรณ์ของกระบวนการ การด้อยประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของการใช้ทรัพยากร 2) วิธีการของโซ่อุปทานสีเขียวจะวิเคราะห์โอกาสในการตรวจสอบกระบวนการ ทรัพยากร และวัตถุดิบตลอดจนแนวคิดสำหรับกระบวนการทำงาน 3) เน้นหลักการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้น หรือกำหนดเป้าหมายที่มุ่งเน้น วัสดุที่เป็นของเสีย พลังงานที่สูญเปล่า และการใช้ทรัพยากรในอัตราที่ต่ำกว่าประโยชน์ที่ควรจะได้รับ

2.8 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น เริ่มตั้งแต่ แผนภูมิกระบวนการไหล โมเดล SIPOC ความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก วิเคราะห์ความสามารถกระบวนการ โมเดลสมการโครงสร้าง ลีนซิกซ์ซิกมา และการจัดการโซ่อุปทานสีเขียว ผู้วิจัยจึงนำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมากำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยในการศึกษาการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ ด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมาพร้อมกับโซ่

อุปทานสีเขียว โดยการกำหนดการศึกษาความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป การศึกษาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป พร้อมนำเสนอแนวทางการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป ด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมามาร่วมกับโซ่อุปทานสีเขียว ดังรูปภาพประกอบ 1 ดังนี้

รูปภาพประกอบ 1
กรอบแนวคิดการวิจัย



3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษา เรื่องการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูปด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมามาร่วมกับโซ่อุปทานสีเขียว ของบริษัท อินกริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด ที่มุ่งเน้นการรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล ในกระบวนการบรรจุ ที่เป็นขั้นตอนในการบรรจุแป้งมันสำปะหลังลงถุง เพื่อสำหรับจำหน่ายให้กับลูกค้า ซึ่งหน่วยที่ใช้เพื่อการศึกษาและวิเคราะห์ คือ 1 บริษัท โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เก็บและรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) ตั้งแต่ประเด็น ภาพรวมของกระบวนการบรรจุและรายละเอียดในกิจกรรมตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำและปลายน้ำในระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) จากกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 16 คน ในธุรกิจแปรรูปมันสำปะหลัง บริษัท อินกริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด จังหวัด

กาฬสินธุ์ ประกอบด้วยตัวแทนผู้ปฏิบัติงานฝ่ายผลิต จำนวน 8 คน และตัวแทนผู้ปฏิบัติงานฝ่ายซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร จำนวน 8 คน โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key Informants) จากที่มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป อย่างน้อย 1 ปี ด้วยคำถามปลายเปิด ถามประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ออกแบบการวิจัยเชิงปริมาณ และให้ผู้ปฏิบัติงานตอบแบบสอบถามจากผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องบรรจุ ในธุรกิจแป้งมันสำปะหลัง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 150 ตัวอย่าง โดยคิดเป็น 10 เท่าของ 5 ข้อคำถาม (Kline, 2015) และนำมาทดสอบปัจจัยเชิงสาเหตุ ด้วยโมเดลสมการโครงสร้างเพื่อตรวจสอบคลัสเตอร์ปัจจัยที่เป็นสาเหตุและหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ร่วมกับการสนทนาแบบกลุ่ม (Focus Group) จากกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 16 คน เพื่อให้เห็นความคิดเห็นร่วมกัน ในการหาแนวทางลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักกระบวนการบรรจุ

การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) ผู้วิจัยกำหนดหน่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล (Unit of analysis) คือ สินค้าแต่ละชิ้น ได้แก่ ถุงแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป โดยเก็บรวบรวมปริมาณน้ำหนัก จำนวน 300 ตัวอย่าง ที่คิดจากร้อยละ 10 ของ 3,000 ถุงจากการอบการปฏิบัติงานต่อวัน จากเครื่องชั่งน้ำหนัก โดยบันทึกด้วยเครื่องบันทึกน้ำหนัก ตามที่ บุญชม ศรีสะอาด (2560) ที่ได้อ้างถึงว่า การใช้เกณฑ์หรือการประมาณจากจำนวนประชากรทั้งหมดเป็นหลักพันโดยเลือกขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ร้อยละ 10 พร้อมนำข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณหาความคลาดเคลื่อนน้ำหนักและทดสอบความสามารถของกระบวนการบรรจุก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมรายงานความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุ ของปี 2561 ถึง 2564 จากฝ่ายผลิต บริษัท อินกริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด เพื่อนำมาวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนน้ำหนักก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ และรายงานการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศบริเวณพื้นที่กระบวนการบรรจุ ของปี 2563 จากฝ่ายความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม บริษัท อินกริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์กระบวนการด้วยโมเดล SIPOC ร่วมกับโซ่อุปทาน ซึ่งประกอบด้วย ผู้ส่งมอบสินค้า (Supplier: S) ปัจจัยนำเข้า (Input: I) กระบวนการ (Process: P) ปัจจัยส่งออก (Output: O) และ ลูกค้า (Customer: C) เพื่อศึกษาภาพรวมกระบวนการตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำและปลายน้ำ ตามที่ Hadex และคณะ (2019) และ มานพ ชุ่มอุ้น และคณะ (2563) ได้วิเคราะห์กิจกรรมในกระบวนการบรรจุ เพื่อศึกษา กิจกรรมที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก โดยวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow process chart) ของกระบวนการบรรจุ (Kiran, 2016; Khanna, 2015) ซึ่งกำหนดสัญลักษณ์ที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่

- หมายถึง การปฏิบัติงาน
- หมายถึง การตรวจสอบ
- ⇒ หมายถึง การเคลื่อนย้าย
- หมายถึง รอหรือเก็บพักชั่วคราวและ
- ▽ หมายถึง กิจกรรมหยุดและเก็บถาวร

โดยอ้างถึง ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปริมาณความคลาดเคลื่อนน้ำหนักแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูปในบรรจุ 300 ตัวอย่าง ตามที่ Vilchis (2017) อ้างถึงการคำนวณร้อยละค่าความคลาดเคลื่อน (% error) ได้แก่ อัตราร้อยละค่าสัมบูรณ์ ของผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการวัดเทียบกับค่าจริง ด้วยสูตร ดังนี้

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = | \text{ค่าจริง} - \text{ค่าที่ได้จากการวัด} | \times 100 / \text{ค่าจริง}$$

อย่างไรก็ตาม จากการคำนวณร้อยละความคลาดเคลื่อนข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาดัดแปลงสูตรของ Vilchis (2017) ให้เข้ากับบริบทของเนื้อหา ดังนี้

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก} = \frac{|\text{ค่าน้ำหนักจริง} - \text{ค่าน้ำหนักที่ได้จากการวัด}| \times 100}{\text{ค่าน้ำหนักจริง}}$$

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความสามารถกระบวนการ เพื่อวัดศักยภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของกระบวนการ เพื่อเป็นค่าอ้างอิงในการปรับปรุงกระบวนการตามที่ Chen และคณะ (2017) อ้างอิงตามแนวคิดซิกซิกม่า (Six Sigma) ร่วมกับ de-Felipe และ Benedito (2017) ที่อ้างถึงการคำนวณหาความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ดังนี้

$$Cpk = \text{Minimum} (Cpu, Cpl)$$

$$Cpu = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$$

$$\text{และ} \quad Cpl = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$$

โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 16 ลิขสิทธิ์ บริษัท อินกริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด เพื่อหาค่าอ้างอิงก่อนและหลังการปรับปรุง พร้อมด้วยวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง เพื่อศึกษาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปะ ด้วยโปรแกรม SPSS AMOS เวอร์ชัน 23 (ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น) และพิจารณาดัชนีวัดความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยพิจารณาตามเกณฑ์ของ West และ คณะ (2012) ที่ได้กำหนด ค่า $p\text{-value} > 0.05$, $\chi^2/df < 2$, $GFI > 0.95$, $NFI > 0.95$, $TLI > 0.95$, $CFI > 0.95$ และ $RMSEA < 0.06$

3.3 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าด้านวิธีรวบรวมข้อมูล (Methods Triangulation) โดยพิจารณาและเปรียบเทียบข้อมูลจากวิธีเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันจากการสังเกตแบบมีส่วนร่วมและสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อรวบรวมข้อมูลให้เป็นเรื่องเดียวกัน ส่วนข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยใช้วิธีทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวัดความสอดคล้องภายใน (Internal consistency) จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient: α) ที่มีค่า 0.75 ขึ้นไป (Sekaran & Bougie, 2016) ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 26 (ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

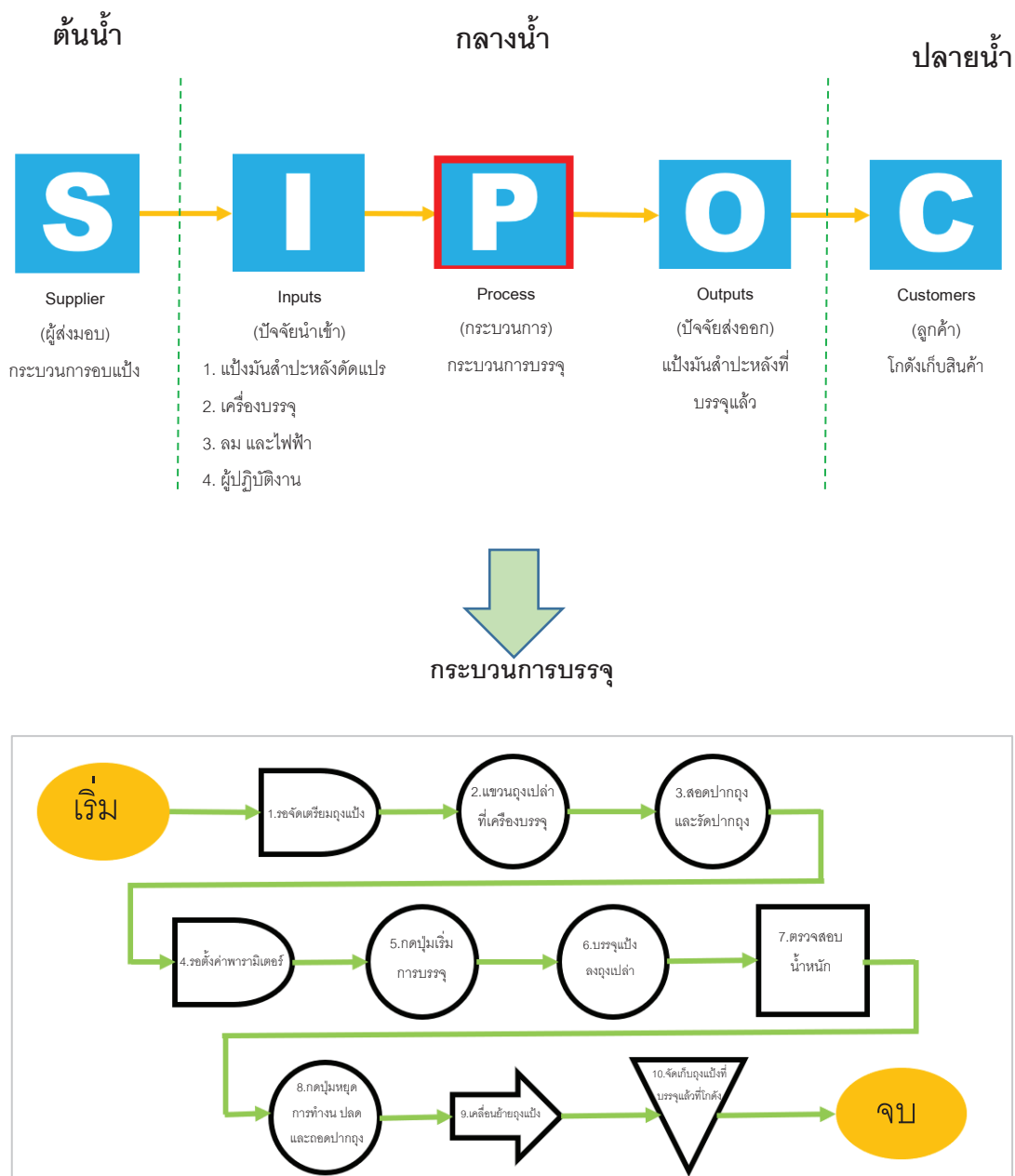
4. ผลลัพธ์การวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปะ

เมื่อวิเคราะห์ภาพรวมของกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปะ ด้วยการนำโมเดล SIPOC ร่วมกับโซ่คุณค่าและแผนภูมิกระบวนการไหลมาวิเคราะห์ พบว่า ส่วนต้นน้ำ ได้แก่ ผู้ส่งมอบสินค้า เกี่ยวข้องกับกระบวนการอบแห้ง ส่วนกลางน้ำ เกี่ยวข้องกับ ปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย แป้งมันสำปะหลังตัดแปะ เครื่องบรรจุ ระบบลม ไฟฟ้า และผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงกระบวนการ เกี่ยวข้องกับกระบวนการบรรจุ ส่วนปัจจัยส่งออก เกี่ยวข้องกับแป้งมันสำปะหลัง

ตัดแปรรูปบรรจุแล้ว ส่วนปลายน้ำเกี่ยวข้องกับลูกค้า ประกอบด้วยโกดังเก็บสินค้า โดยเมื่อวิเคราะห์กิจกรรมในกระบวนการบรรจุพบว่า ประกอบด้วย 10 กิจกรรมหลัก ตั้งแต่ 1) รอจัดเตรียมถุง 2) แขนถุงเปล่าที่เครื่องบรรจุ 3) สอดและรัดปากถุง 4) รอตั้งค่าพารามิเตอร์ 5) กดปุ่มเริ่มการบรรจุ 6) บรรจุแป้งลงถุงเปล่า 7) ตรวจสอบน้ำหนัก 8) กดปุ่มหยุดการทำงาน ปลดการรัดและถอดปากถุง 9) เคลื่อนย้ายถุงแป้ง และ 10) จัดเก็บถุงแป้งที่โกดัง (ดังรูปภาพประกอบ 2)

รูปภาพประกอบ 2
ภาพรวมของกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป



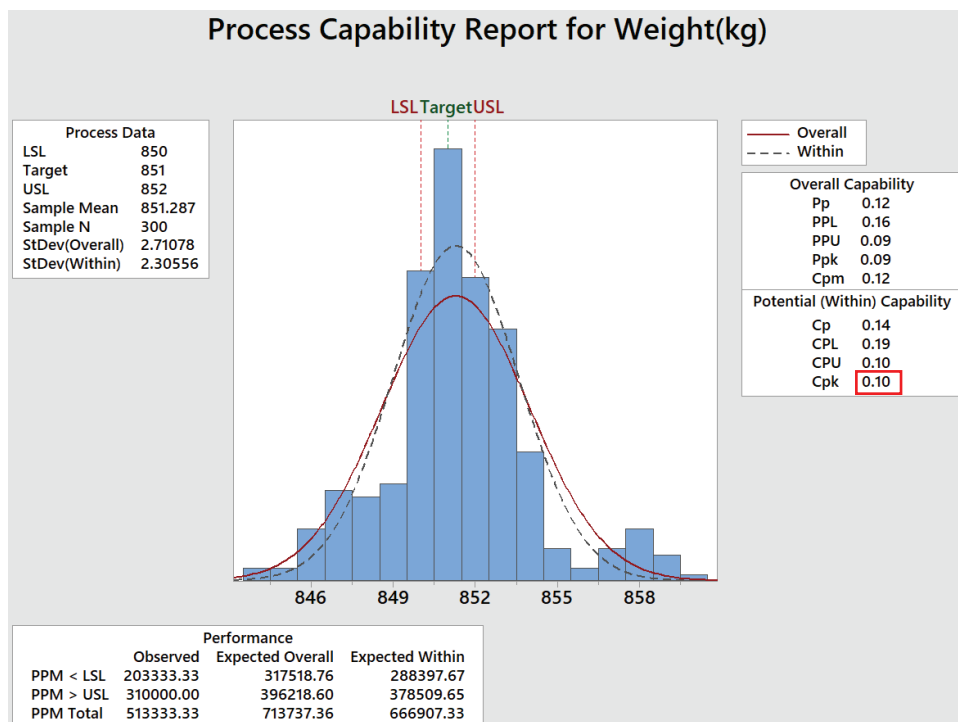
อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์กิจกรรมร่วมกับข้อมูลทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษา พบว่า เกิดในกิจกรรมรอตั้งค่าพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า เมื่อนำมาวัดปริมาณน้ำหนักแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูปในบรรจุ 300

ตัวอย่าง พบว่า ความคลาดเคลื่อนน้ำหนักส่วนใหญ่เกิดในกิจกรรมการจัดเตรียมถุงแป้ง กิจกรรมการตั้งค่าพารามิเตอร์ และกิจกรรมบรรจุแป้งลงถุงเปล่า โดยมีความคลาดเคลื่อนน้ำหนักถึง 3,187.5 กิโลกรัม

นอกจากนี้ เมื่อทดสอบความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) บรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป (ก่อนปรับปรุง) ด้วยโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 16 (ลิขสิทธิ์บริษัท อินทริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด) พบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวอยู่ระหว่างกลางของข้อกำหนดเฉพาะและการโค้งกระจายของข้อมูลเป็นแบบปกติ แต่ช่วงกว้างกระจายมากกว่าความกว้างของข้อกำหนดเฉพาะ โดยมีค่าระหว่าง 850 ถึง 852 กิโลกรัม ซึ่งค่าขอบเขตข้อกำหนดด้านล่าง (LSL) เท่ากับ 850 กิโลกรัม ขณะที่ค่าขอบเขตข้อกำหนดด้านบน (USL) เท่ากับ 852 กิโลกรัม ส่วนค่าเฉลี่ยของข้อมูลเท่ากับ 851.287 กิโลกรัมและค่าเป้าหมายการบรรจุเท่ากับ 851 กิโลกรัม ได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เท่ากับ 2.30 ที่อธิบายถึงกระจายตัวและการแปรปรวนของข้อมูล เมื่อวัดค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.10 แปลผลว่า ความสามารถของกระบวนการต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ขณะที่ค่าเกณฑ์มาตรฐานที่ Cpk เท่ากับ 1.33 ซึ่งพบว่าความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูปรวม 3,187.5 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.25 (ดังรูปภาพประกอบ 3)

รูปภาพประกอบ 3

ผลการทดสอบความสามารถของกระบวนการ (ก่อนปรับปรุง)



4.2 ผลการศึกษาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป

ผลจากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงศึกษาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูปจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 16 คน พบว่า ได้ปัจจัย 16 ปัจจัย

ดังนั้น ส่วนใหญ่เห็นว่าด้านเครื่องจักร (Machine) เป็นปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก เนื่องจากเครื่องชั่งน้ำหนักไม่ได้รับการปรับแต่ง (Calibration) รวมถึงเครื่องบรรจุถูกตั้งค่าพารามิเตอร์ไม่เหมาะสม และซีลยางที่จุดเติมแป้งของเครื่องบรรจุชำรุด ขณะที่ ด้านผู้ปฏิบัติงาน (Man) พบว่าส่วนใหญ่ขาดความเข้าใจในการควบคุมเครื่องจักร สภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงานไม่พร้อมปฏิบัติงาน และไม่ปฏิบัติงานตามวิธีการทำงาน นอกจากนี้ พบว่าวัตถุดิบ (Material) แป้งเกิดความชื้น แป้งเม็ดหยาบไม่เป็นไปตามมาตรฐานและแป้งแห้งเกินค่ามาตรฐาน ด้านวิธีการ (Method) พบว่า ขาดวิธีปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน ขั้นตอนการปฏิบัติงานไม่ถูกต้องและยุ่งยาก ขณะที่ ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment) พบว่า พื้นที่บรรจุผลิตภัณฑ์เกิดแรงสั่นสะเทือน อุณหภูมิในห้องบรรจุสูงและลมจากเครื่องปรับอากาศกระทบเครื่องชั่งน้ำหนัก (ดังตาราง 1)

ตาราง 1 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป

ลำดับ	ด้านของปัจจัย	ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก
1	เครื่องจักร	เครื่องชั่งน้ำหนักไม่ได้รับการปรับแต่ง
2	เครื่องจักร	เครื่องบรรจุถูกตั้งค่าพารามิเตอร์ไม่เหมาะสม
3	เครื่องจักร	ซีลยางที่จุดเติมแป้งของเครื่องบรรจุชำรุด
4	ผู้ปฏิบัติงาน	ขาดความเข้าใจในการควบคุมเครื่องจักร
5	ผู้ปฏิบัติงาน	สภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงานไม่พร้อมปฏิบัติงาน
6	ผู้ปฏิบัติงาน	ไม่ปฏิบัติงานตามวิธีการทำงาน
7	วัตถุดิบ	แป้งเกิดความชื้น
8	วัตถุดิบ	แป้งเม็ดหยาบไม่เป็นไปตามมาตรฐาน
9	วัตถุดิบ	แป้งแห้งเกินค่ามาตรฐาน
10	วิธีการ	ขาดวิธีปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน
11	วิธีการ	ขั้นตอนการปฏิบัติงานไม่ถูกต้อง
12	วิธีการ	ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ยุ่งยาก
13	สิ่งแวดล้อม	พื้นที่บรรจุผลิตภัณฑ์เกิดแรงสั่นสะเทือน
14	สิ่งแวดล้อม	อุณหภูมิในห้องบรรจุสูง
15	สิ่งแวดล้อม	ลมจากเครื่องปรับอากาศกระทบเครื่องชั่งน้ำหนัก

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้นำทั้ง 15 ปัจจัยไปใช้ออกแบบการวิจัยเชิงปริมาณ และให้ผู้ปฏิบัติงานตอบแบบสอบถามโดยผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องบรรจุในธุรกิจแป้งมันสำปะหลัง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 150 ตัวอย่าง เมื่อนำข้อมูลข้างต้นมาวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างด้วยโปรแกรม AMOS พบว่าความสอดคล้องปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุ ประกอบด้วยปัจจัยด้านเครื่องจักร ผู้ปฏิบัติงาน วัตถุดิบ วิธีการและสิ่งแวดล้อม โดยดัชนีวัดความสอดคล้อง มีค่า $p\text{-value} = 0.712$, $\chi^2/df = 0.899$, $GFI = 0.966$, $NFI = 0.953$, $TLI = 1.009$, $CFI = 1.000$ และ $RMSEA = 0.000$ (ดังตาราง 2)

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนในกระบวนการบรรจุ

ตัวชี้วัดความสอดคล้อง (Fit index)	เกณฑ์การพิจารณา	ผลการวิเคราะห์	ผลการพิจารณา
ค่าไค-สแควร์ (Chi – Square : χ^2)	p-value > 0.05	0.712	ผ่านเกณฑ์
ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (Relative Chi-Square: χ^2/df)	< 2	0.899	ผ่านเกณฑ์
ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index: GFI)	>0.95	0.966	ผ่านเกณฑ์
ดัชนีความสอดคล้องสัมพัทธ์ (Normed Fit Index: NFI)	>0.95	0.953	ผ่านเกณฑ์
ดัชนีที่แสดงการยอมรับของโมเดล (Tucker – Lewis Index: TLI)	>0.95	1.009	ผ่านเกณฑ์
ดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืนเชิงสัมพัทธ์ (Comparative Fit Index: CFI)	>0.95	1.000	ผ่านเกณฑ์
ดัชนีรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า (Root Mean Square error of Approximation: RMSEA)	<0.06	0.000	ผ่านเกณฑ์

หมายเหตุ : เกณฑ์การพิจารณาดัชนีวัดความสอดคล้องของโมเดลสมการโครงสร้างอ้างอิงมาจาก West และคณะ (2012)

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ดัชนีวัดความสอดคล้องข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่าผ่านตามเกณฑ์การพิจารณาโดยปัจจัยด้านเครื่องจักร (Machines) ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนักไม่ทำการปรับแต่ง (MC1) เครื่องบรรจุถุงค่าพารามิเตอร์ไม่เหมาะสม (MC2) และซีลยางที่จุดเดิมแบ่งของเครื่องบรรจุข้าว (MC3) ตามลำดับ เป็นตัวแปรสังเกตได้ ซึ่งแต่ละตัวมีค่าน้ำหนักถดถอยมาตรฐาน หรือค่า น้ำหนักความสัมพันธ์ (Standardized Regression Weight) เท่ากับ 0.922, 0.900 และ 0.915 ตามลำดับ และค่าสหสัมพันธ์พหุคูณยกกำลังสอง (R-Squared หรือ R^2) เท่ากับ 0.850, 0.810 และ 0.837 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านเครื่องจักรเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบทางตรงต่อความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุที่สูง ดังตาราง 3 และรูปภาพประกอบ 4 ดังนั้น จึงควรเลือกนำปัจจัยด้านเครื่องจักรมาเสนอเป็นแนวทางลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ต่อไป ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ แอลฟา (Cronbach's Alpha Coefficient: α) เท่ากับ 0.977 พบว่า ข้อมูลของการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ

ตาราง 3 แสดงค่าความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดแต่ละตัวแปรแฝง

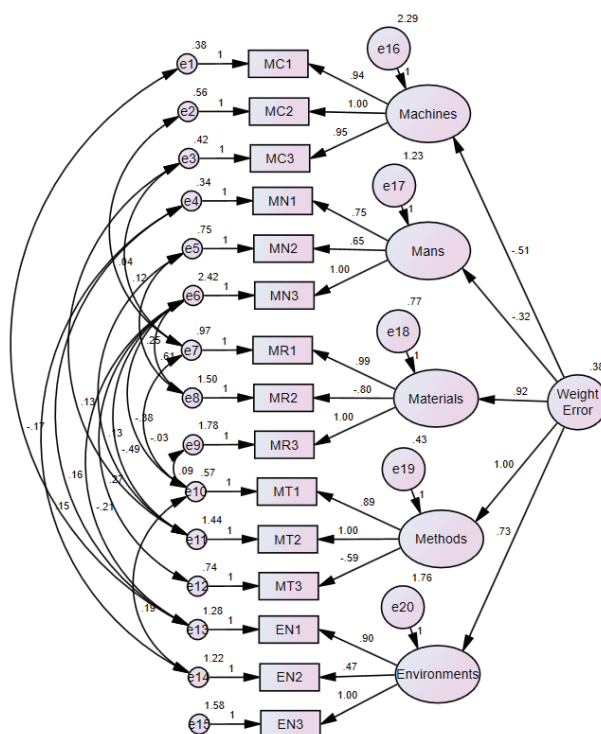
Latent Variables	Observed Variables	Regression Weights			Standardized Regression Weights	R^2
		Estimate	S.E.	C.R.	Estimate	
Machines	MC1	0.944	0.42	22.341	0.922	0.850
	MC1	1.000	-	-	0.900	0.810
	MC3	0.951	0.043	21.983	0.915	0.837

ตาราง 3 แสดงค่าความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดแต่ละตัวแปรแฝง (ต่อ)

Latent Variables	Observed Variables	Regression Weights			Standardized Regression Weights	R ²
		Estimate	S.E.	C.R.	Estimate	
Mans	MN1	0.753	0.112	6.690	0.823	0.677
	MN2	0.650	0.090	7.215	0.647	0.418
	MN3	1.00	-	-	0.586	0.343
Materials	MR1	0.986	0.160	6.147	0.724	0.524
	MR2	-0.802	0.131	-6.137	-0.565	0.319
	MR3	1.00	-	-	0.617	0.381
Methods	MT1	0.88	0.159	5.598	0.726	0.528
	MT2	1.000	-	-	0.600	0.360
	MT3	-0.595	0.106	-5.605	-0.527	0.277
Environments	EN1	0.904	0.138	6.574	0.745	0.555
	EN2	0.468	0.075	6.233	0.510	0.26
	EN3	1.000	-	-	0.744	0.553

รูปภาพประกอบ 4

โมเดลสมการโครงสร้างปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุ



หมายเหตุ: กำหนดความหมายของตัวแปรดังนี้

ตัวแปร	ความหมายของตัวแปร
MC1	เครื่องชั่งน้ำหนักไม่ได้รับการปรับแต่ง (Calibration)
MC2	เครื่องบรรจุถูกตั้งค่าพารามิเตอร์ไม่เหมาะสม
MC3	ซีลยางที่จุดเติมแป้งของเครื่องบรรจุชำรุด
MN1	ขาดความเข้าใจในการควบคุมเครื่องจักร
MN2	สภาพร่างกายของพนักงานไม่พร้อมปฏิบัติงาน
MN3	ไม่ปฏิบัติงานตามวิธีการทำงาน
MR1	แป้งเกิดความชื้นเกินไป
MR2	แป้งเม็ดหยาบไม่เป็นไปตามมาตรฐาน
MR3	แป้งแห้งเกินไป
MT1	ขาดวิธีปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน
MT2	ขั้นตอนการปฏิบัติงานไม่ถูกต้อง
MT3	ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ยุ่งยาก
EN1	พื้นที่บรรจุผลิตภัณฑ์เกิดแรงสั่นสะเทือน
EN2	อุณหภูมิในห้องบรรจุสูง
EN3	ลมจากเครื่องปรับอากาศกระทบเครื่องชั่งน้ำหนัก
Machines	เครื่องจักร
Mans	ผู้ปฏิบัติงาน
Materials	วัตถุดิบ
Environments	สิ่งแวดล้อม
Weight error	ความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก

4.3 แนวทางการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูปด้วยแนวคิดลีนซิกซ์ซิกมามีร่วมกับโซ่คุณค่าสี่เหลี่ยม

ผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก ด้วยโมเดลสมการโครงสร้างพบว่า ปัจจัยด้านเครื่องจักรเป็นปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนน้ำหนักร่วมกับการสนทนาแบบกลุ่ม จากกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 16 คน ได้สรุปผลข้อคิดเห็นการนำมาเสนอแนวทางลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป ด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมามีร่วมกับโซ่คุณค่าสี่เหลี่ยม 5 แนวทาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การปรับแต่งเครื่องชั่งน้ำหนักด้วยแนวคิดลีนซิกซ์ซิกมามี

ผลการวิจัยพบว่า การปรับแต่งเครื่องชั่งน้ำหนัก (Calibration) เป็นแนวทางที่ช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อน ของเครื่องชั่งน้ำหนัก โดยสามารถลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูปได้ ด้วยการนำลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐานมาชั่งน้ำหนักที่เครื่องชั่งน้ำหนัก เพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักร่วมกับการเข้าโหมดพารามิเตอร์การปรับแต่ง (Calibration mode) ที่หน้าจอของเครื่องชั่งน้ำหนักอย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์การปรับแต่งทั้งก่อนและหลังปรับปรุงว่าผ่านหรือไม่ผ่านเกณฑ์ โดยนำลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐานชั่งน้ำหนักที่

เครื่องชั่งน้ำหนัก พบว่า ก่อนการปรับแต่งมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนทุกช่วงน้ำหนักระหว่าง 1.20 ถึง 1.25 โดยค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนนี้ แสดงถึงผลลัพธ์นี้ไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด ในทางตรงกันข้าม หลังปรับแต่งเครื่องชั่งน้ำหนัก พบว่า ร้อยละความคลาดเคลื่อนทุกช่วงน้ำหนัก เท่ากับ 0 แสดงว่าผลลัพธ์นี้ผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด โดยน้ำหนักที่เครื่องชั่งน้ำหนักอ่านได้เท่ากับน้ำหนักลูกตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน (ดังแสดงในตาราง 4)

ตาราง 4 เปรียบเทียบการปรับแต่งเครื่องชั่งน้ำหนัก (ก่อนและหลังปฏ)

หน่วย : กิโลกรัม								
ครั้งที่	น้ำหนัก ลูกตุ้ม มาตรฐาน (กก.)	ร้อยละ ความคลาด เคลื่อนที่ ยอมรับได้ (น้อยกว่า)	น้ำหนักก่อนปรับแต่ง			น้ำหนักหลังปรับแต่ง		
			น้ำหนักที่ เครื่องชั่ง อ่านได้ (กก.)	ร้อยละ ค่าความ คลาด เคลื่อน	ผล ลัพธ์	น้ำหนักที่ เครื่องชั่ง อ่านได้ (กก.)	ร้อยละ ความ คลาด เคลื่อน	ผล ลัพธ์
1	500	0.1	506.00	1.20	ไม่ผ่าน	500	0.0	ผ่าน
2	800	0.1	809.76	1.22	ไม่ผ่าน	800	0.0	ผ่าน
3	1300	0.1	1,316.25	1.25	ไม่ผ่าน	1300	0.0	ผ่าน
4	1500	0.1	1,518.75	1.25	ไม่ผ่าน	1500	0.0	ผ่าน

2. การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับเครื่องบรรจุให้เหมาะสมด้วยแนวคิดลีนซิกซ์ซิกม่า

แนวทางการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับเครื่องบรรจุให้เหมาะสมเป็นแนวทางการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดความแปรปรวนค่าน้ำหนักที่ส่งผลทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนในการกระบวนการบรรจุ ซึ่งเป็นแนวคิดลีนซิกซ์ซิกม่าที่มุ่งเน้นการลดความผิดพลาด ข้อบกพร่องในกระบวนการเพื่อขจัดสาเหตุที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า ทำให้สามารถลดต้นทุนในการดำเนินงาน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า เมื่อปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องบรรจุให้เหมาะสมสามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเครื่องบรรจุจากร้อยละ 1.25 เป็นร้อยละ 0.001 ส่งผลให้สามารถลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุ รวมถึงน้ำหนักที่ชั่งเที่ยงตรงและแม่นยำตามค่าน้ำหนักเป้าหมาย (Set point Value) ที่กำหนด (ดังแสดงในตาราง 5)

ตาราง 5 เปรียบเทียบการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับเครื่องบรรจุ (ก่อนและหลังปรับปรุง)

พารามิเตอร์ที่	ชื่อพารามิเตอร์	ค่าก่อนปรับปรุง	ค่าหลังปรับปรุง
1	ค่าน้ำหนักเป้าหมาย	851 กก.	851 กก.
2	ค่าน้ำหนักการเติมแบ่งแบบเร็ว	846.5 กก.	841.0 กก.
3	ค่าน้ำหนักการเติมแบ่งแบบช้า	4.5 กก.	10.0 กก.
4	ค่าความเร็วการเติมแบ่งแบบเร็ว	80 กก. ต่อ นาที	80 กก. ต่อ นาที
5	ค่าความเร็วการเติมแบ่งแบบช้า	5 กก. ต่อ นาที	6 กก. ต่อ นาที
6	เวลาในการเขย่าถุง	1 นาที	0.5 นาที

3. การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมตามค่ามาตรฐานด้วยแนวคิดลีนซิกซ์ซิกม่า

แนวทางการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมตามค่ามาตรฐานเป็นแนวทางการปรับปรุงกระบวนการเพื่อป้องกันการเกิดค่าความคลาดเคลื่อนในระบบการบรรจุเนื่องจากการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เหมาะสมบ่อยครั้งจนทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนหนัก ซึ่งเป็นแนวคิดลีนซิกซ์ซิกม่าที่มุ่งเน้นการลดความผิดพลาดข้อบกพร่องในกระบวนการ ผลการวิจัยพบว่า เมื่อปรับตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับเครื่องบรรจุที่เหมาะสม สามารถนำมากำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับเครื่องบรรจุตามค่ามาตรฐานในการบรรจุ โดยกำจัดกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า โดยเฉพาะกิจกรรมรอเติมค่าพารามิเตอร์ที่ต้องเสียเวลาปรับทุกครั้งทีบรรจุ (ดังแสดงในตาราง 6)

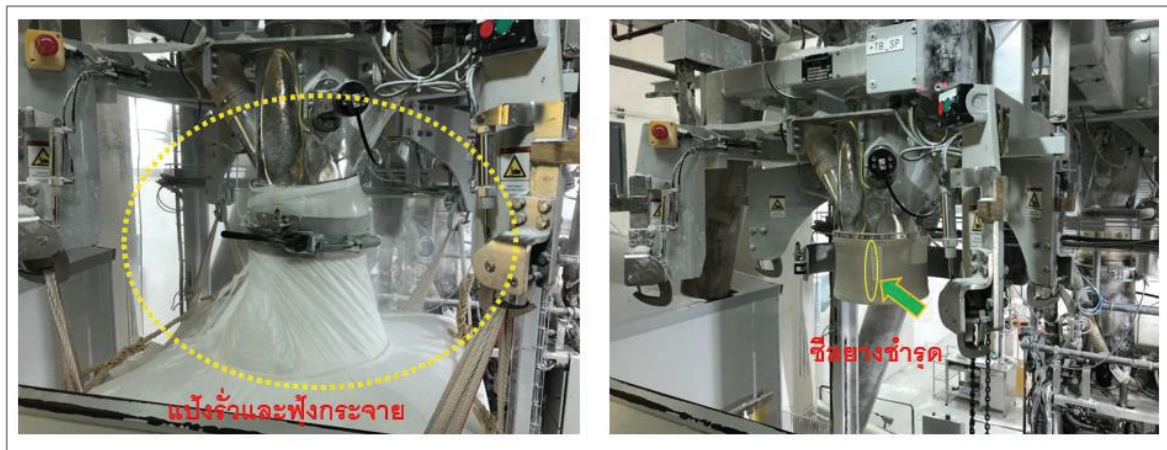
ตาราง 6 ค่าพารามิเตอร์มาตรฐานสำหรับการบรรจุ

พารามิเตอร์ที่	ชื่อพารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์มาตรฐาน
1	ค่าน้ำหนักเป้าหมาย	851 กก.
2	ค่าน้ำหนักการเติมแบ่งแบบเร็ว	841.0 กก.
3	ค่าน้ำหนักการเติมแบ่งแบบช้า	10.0 กก.
4	ค่าความเร็วการเติมแบ่งแบบเร็ว	80 กก. ต่อ นาที
5	ค่าความเร็วการเติมแบ่งแบบช้า	6 กก. ต่อ นาที
6	เวลาในการเขย่าถุง	0.5 นาที

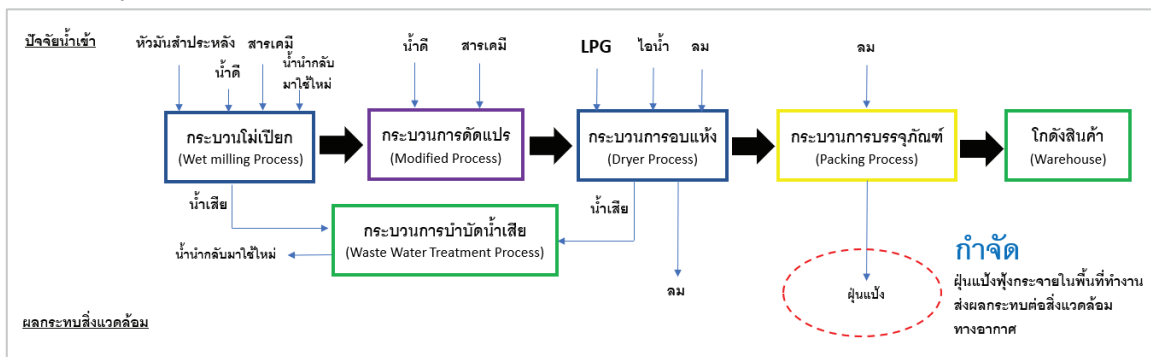
4. การเปลี่ยนซิลยางใหม่ที่จุดเติมแบ่งของเครื่องบรรจุด้วยแนวคิดโซ่คุณค่านสี่เหลี่ยม

จากผลวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างและการสนทนากลุ่มแสดงให้เห็นว่าซิลยางรัดปากถุงรั่วที่เครื่องบรรจุ ส่งผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองแบ่งฟุ้งกระจายในอากาศในพื้นที่ปฏิบัติงาน ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยแนวทางการเปลี่ยนซิลยางใหม่ที่จุดเติมแบ่งของเครื่องบรรจุ ซึ่งเป็นแนวทางการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักและลดฝุ่นละอองแบ่งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางอากาศ ซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาด้วยแนวคิดโซ่คุณค่านสี่เหลี่ยมที่มุ่งเน้นการจัดการดำเนินงานขององค์กรเพื่อลดและกำจัดการปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและการจัดการโซ่คุณค่านที่เกี่ยวข้องทุกกิจกรรมที่มีผลการดำเนินงานที่ยั่งยืนขององค์กร ทำให้สามารถลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุ และสามารถกำจัดฝุ่นละอองแบ่งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ปฏิบัติงานได้ (ดังรูปภาพประกอบ 5 และรูปภาพประกอบ 6)

รูปภาพประกอบ 5
แป้งรั่วฟุ้งกระจายในบรรยากาศและจุดซีลยางชำรุด



รูปภาพประกอบ 6
โซ่อุปทานของกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูปและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม



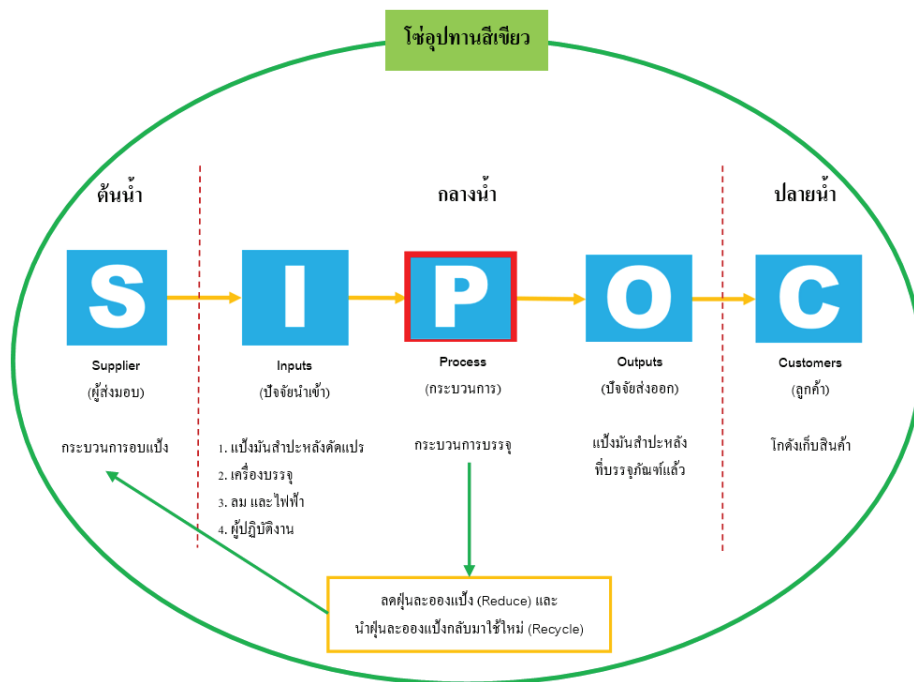
5. การติดตั้งทอลมดูดฝุ่นละอองแป้งด้วยแนวคิดโซ่อุปทานสีเขียว

ซีลยางรัดปากถุงรั่วที่เครื่องบรรจุรั่วทำให้เกิดฝุ่นละอองแป้งบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน ซึ่งส่งผลกระทบท่อสิ่งแวดล้อมทางอากาศ ที่ส่งผลต่อระบบการหายใจ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยแนวคิดโซ่อุปทานสีเขียวที่มุ่งเน้นการลดและนำฝุ่นละอองแป้งกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ด้วยการติดตั้งทอลมดูดฝุ่นละอองแป้งในพื้นที่กระบวนการ ดังรูปภาพประกอบ 7 เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งที่พร้อมส่งไปที่กระบวนการอบแห้งสามารถพิจารณาในโซ่อุปทานสีเขียวกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลัง ดังรูปภาพประกอบ 8

รูปภาพประกอบ 7
ติดตั้งท่อลมดูดฝุ่นละอองแป้ง



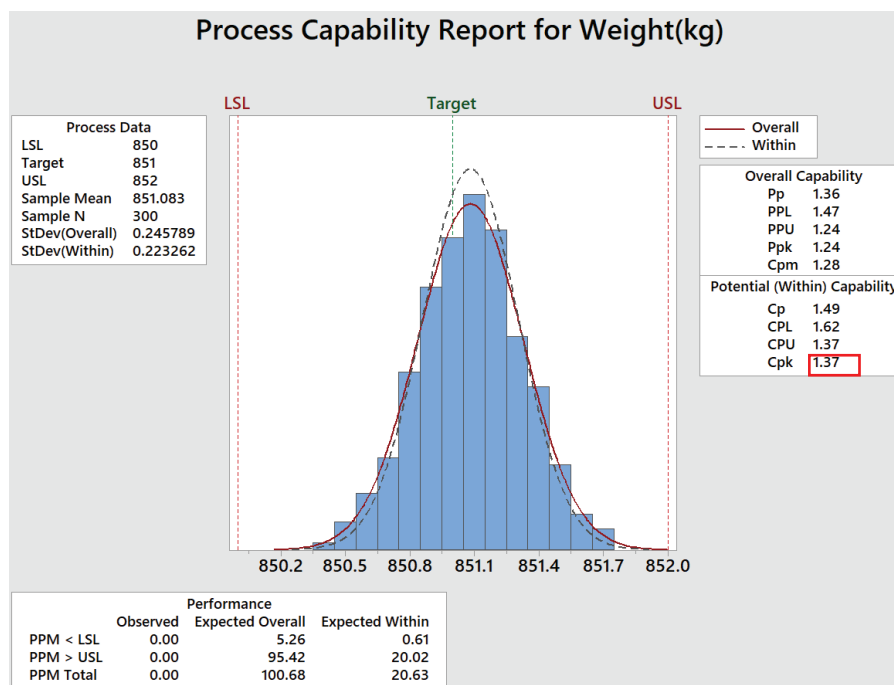
รูปภาพประกอบ 8
โซ่อุปทานสีเขียวกระบวนการบรรจุภัณฑ์สำหรับหลังตัดแปรร



จากแนวทางทั้งหมดข้างต้น ผู้วิจัยได้ติดตามและประเมินผลหลังการปรับปรุงด้วยการทดสอบความสามารถของกระบวนการ (หลังปรับปรุง) พบการกระจายตัวอยู่ระหว่างกลางของข้อกำหนดเฉพาะและการโค้งกระจายของข้อมูลเป็นแบบปกติ แต่ไม่พบข้อมูลกระจายต่ำกว่าหรือสูงกว่าขอบเขตข้อกำหนดที่กำหนดเท่ากับ 850 ถึง 852 กิโลกรัม ซึ่งค่าขอบเขตข้อกำหนดด้านล่าง (LSL) เท่ากับ 850 กิโลกรัม ขณะที่ค่าขอบเขตข้อกำหนดด้านบน (USL) เท่ากับ 852

กิโลกรัม โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลเท่ากับ 851.083 ที่ค่าเป้าหมายการบรรจุเท่ากับ 851 กิโลกรัม และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลง จาก 2.30 เป็น 0.22 นั้นหมายถึงการกระจายตัวและการแปรปรวนของข้อมูลมีค่าลดลง ขณะที่ค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เท่ากับ 1.37 ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงพบว่าค่าความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 1.37 นั้นหมายถึงความสามารถของกระบวนการมีความสามารถดีขึ้น ซึ่งพบว่าความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูปลดลงจาก รวม 3,187.5 กิโลกรัม เป็น 0 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละความคลาดเคลื่อนลดลงจาก 1.25 เป็น 0.00 ดังรูปภาพประกอบ 9

รูปภาพประกอบ 9
ผลการทดสอบความสามารถของกระบวนการ (หลังการปรับปรุง)



นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป ระหว่างปี 2561 ถึง ปี 2564 พบว่า ความคลาดเคลื่อนน้ำหนักหลังปรับปรุงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จาก ร้อยละ 1.25 เป็นร้อยละ 0.001 โดยตรวจสอบน้าเชื่อถือของข้อมูลจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient: α) เท่ากับ 0.881 พบว่าข้อมูลของการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ (ดังตาราง 7)

ตาราง 7 เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (ก่อนและหลังปรับปรุง)

ปี	ร้อยละความ คลาดเคลื่อนน้ำหนัก	ร้อยละความ คลาดเคลื่อน น้ำหนักเฉลี่ย	ค่า ความสามารถ กระบวนการ	ต้นทุน การผลิต (บาท)	การปรับปรุง
2561*	1.24				
2562*	1.25	1.25	0.10	112,495,800	ก่อนปรับปรุง
2563*	1.26				
2564**	0.001	0.001	1.37	111,089,602	หลังปรับปรุง

หมายเหตุ : * ข้อมูลจาก ฝ่ายผลิต บริษัท อินทรีดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด (2564)

** ผู้วิจัยคำนวณ ระหว่างเดือนมกราคม ถึง เมษายน 2564

ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศบริเวณพื้นที่กระบวนการบรรจุ พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองแบ่งในอากาศหลังปรับปรุงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จาก 426 เป็น 0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ดังตาราง 8)

ตาราง 8 ผลการวัดปริมาณฝุ่นละอองแบ่งในอากาศบริเวณพื้นที่กระบวนการบรรจุ (ก่อนและหลังปรับปรุง)

พื้นที่ตรวจวัด	ผลการตรวจวัด (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร)	***เกณฑ์พิจารณา (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร)	ผลการ พิจารณา	การปรับปรุง
*กระบวนการบรรจุ	426	<400	ไม่ผ่าน	ก่อนปรับปรุง
**กระบวนการบรรจุ	0	<400	ผ่าน	หลังปรับปรุง

หมายเหตุ : * ข้อมูลจาก ฝ่ายความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม บริษัท อินทรีดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด (2563)

** ผู้วิจัยตรวจวัด ในวันที่ 30 เดือน เมษายน พ.ศ. 2564

*** ข้อมูล ราชกิจจานุเบกษา ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม 2549

4.4 อภิปรายผล

4.4.1. ผลการศึกษาความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังดัดแปร พบว่า ความคลาดเคลื่อนน้ำหนักส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมการจัดเตรียมถุงแป้ง กิจกรรมรอตตั้งค่าพารามิเตอร์ และกิจกรรมบรรจุแป้งลงถุงเปล่า โดยมีความคลาดเคลื่อนน้ำหนักถึง 3,187.5 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละความคลาดเคลื่อนน้ำหนักเท่ากับ 1.25 ซึ่งสอดคล้องกับ ธนพงศ์ สุวรรณโรจน์ และปณัทร เรืองเชิงชุม (2562) อ้างว่า การสูญเสีย น้ำหนักสามารถวิเคราะห์ได้จากกิจกรรมในกระบวนการ นอกจากนี้ เมื่อทดสอบความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) บรรจุแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (ก่อนปรับปรุง) พบว่า มีค่า Cpk เท่ากับ 0.10 แปลผลว่า ความสามารถของกระบวนการต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ขณะที่ค่าเกณฑ์มาตรฐานที่ Cpk เท่ากับ 1.33 สอดคล้องกับ Polhemus (2017) และ Chen และคณะ (2017) ที่ได้ประเมินและวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิต โดยนำมาเปรียบเทียบและวัดระดับความสามารถในการดำเนินการของกระบวนการที่ศึกษา

4.4.2 ผลการศึกษาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์พบว่า เครื่องจักร ตั้งแต่ เครื่องชั่งน้ำหนักไม่ทำการปรับแต่ง เครื่องบรรจุถูกตั้งค่าพารามิเตอร์ไม่เหมาะสม และซีลยางที่จุดเติมแป้งของเครื่องบรรจุชำรุด ล้วนเป็นปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก สอดคล้องกับบุญชัย แซ่ลิว และณัฐยานันท์ ไสกุล (2559) ที่ได้วิเคราะห์หาปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุจากของบรรจุภัณฑ์ในกระบวนการบรรจุ และผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง ผลการศึกษาพบความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี ($p\text{-value} = 0.712$, $\chi^2/df = 0.899$, $GFI = 0.966$, $NFI = 0.953$, $TLI = 1.009$, $CFI = 1.000$ และ $RMSEA = 0.000$) สอดคล้องกับ นวพร ประสมทอง และคณะ (2557) ได้วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการจัดการความรูปร่างของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) กลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มในประเทศไทย

4.4.3 ผลการเสนอแนะแนวทางการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ด้วยแนวคิดลีนซิกซ์ซิกมามีร่วมกับโซ่คุณค่าด้านสีเขียว พบว่าสามารถเสนอแนวทางได้ 5 แนวทาง โดยแนวทางการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดให้เป็นค่ามาตรฐาน สามารถนำแนวคิดลีนซิกซ์ซิกมามาลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับ Pereira และคณะ (2019) และ Byrne และคณะ (2021) ที่ยืนยันว่าการประยุกต์ใช้ลีนซิกซ์ซิกมาสามารถนำมาปรับปรุงกระบวนการ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนได้ ขณะที่การปรับแต่งเครื่องชั่งน้ำหนัก และการตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับเครื่องบรรจุให้เหมาะสม สามารถนำแนวคิดลีนซิกซ์ซิกมามาลดความคลาดเคลื่อนในกระบวนการบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับ จักรกฤษ พุ่มมาก และไพฑูรย์ ศิริโอฬาร (2563) ที่กล่าวถึงการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการผลิต สามารถนำแนวคิดลีนซิกซ์ซิกมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหา ขณะที่ ณัฐวุฒิ เพชรล้ำ และปณัฏพร เรืองเชิงชุม (2558) อ้างว่าแนวคิดลีนซิกซ์ซิกมาสามารถนำมาแก้ปัญหาการลดผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเกินในกระบวนการบรรจุได้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังเสนอแนวทางการเปลี่ยน ซีลยางใหม่ที่จุดเติมแป้งของเครื่องบรรจุและติดตั้งท่อลมดูดฝุ่นละอองแป้ง ที่ได้นำแนวคิดโซ่คุณค่าด้านสีเขียวมาลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักและลดฝุ่นละอองแป้งที่ส่งผลต่อกระทบสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ปฏิบัติงานได้ สอดคล้องกับกับหลักการจัดการโซ่คุณค่าด้านสีเขียว ดังที่ Vanalle และคณะ (2017), Cousins และคณะ (2019) และ อรรถพล ธรรมไฟบุญ และคณะ (2559) ได้ยืนยันว่า แนวคิดโซ่คุณค่าด้านสีเขียวสามารถลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการบรรจุ ทำให้ลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักได้

ผลจากการเสนอแนะแนวทางทั้งหมด ผู้วิจัยจึงทดสอบความสามารถของกระบวนการบรรจุ พบว่าค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้นจาก 0.1 เป็น 1.37 แสดงว่า กระบวนการบรรจุมีความสามารถที่เพิ่มขึ้นในระดับที่ดี ขณะที่ความคลาดเคลื่อนน้ำหนักแป้งสำหรับผลิตภัณฑ์ลดลงจากร้อยละ 1.25 เป็นร้อยละ 0.001 สอดคล้องกับ Bakti และ Kartika (2020) อ้างว่า การทดสอบความสามารถของกระบวนการ สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการ ทำให้สามารถลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักในกระบวนการบรรจุด้วยแนวคิดลีนซิกซ์ซิกมาได้ และพบว่าปริมาณฝุ่นละอองในอากาศลดลง จาก 426 เป็น 0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์พบว่าส่วนต้นน้ำ เริ่มตั้งแต่ กระบวนการอบแห้ง ถึงส่วนปลายคือ โกดังเก็บสินค้า และกิจกรรมในกระบวนการบรรจุ ประกอบด้วย 10 กิจกรรม ตั้งแต่ การรอจัดเตรียม ถู ถึง การจัดเก็บถูแป้งที่โกดัง โดยเมื่อวิเคราะห์กิจกรรมที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักพบว่ากิจกรรมรอตั้งค่าพารามิเตอร์ เป็นกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ควรกำจัด และได้วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

พบว่า ค่าความสามารถของกระบวนการเท่ากับ 0.10 พร้อมด้วยวิเคราะห์หาความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการบรรจุ พบว่า ร้อยละความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการบรรจุเท่ากับ 1.25 และเมื่อทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป พบว่าส่วนใหญ่เกิดจากปัจจัยด้านเครื่องจักร ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนักไม่ทำการปรับแต่ง เครื่องบรรจุถูกตั้งค่าพารามิเตอร์ไม่เหมาะสม และซีลยางที่จุดเติมแป้งของเครื่องบรรจุชำรุด ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป ด้วยแนวคิดลีนซิกซ์ซิกมา ร่วมกับโซอุปทานสีเขียว 5 แนวทาง เพื่อปรับปรุงกระบวนการ ได้แก่ การปรับแต่งเครื่องชั่งน้ำหนัก การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับเครื่องบรรจุให้เหมาะสม การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมตามค่ามาตรฐาน การเปลี่ยนซีลยางใหม่ที่จุดเติมแป้งของเครื่องบรรจุและการติดตั้งท่อลมดูดฝุ่นละอองแป้งซึ่งหลังการปรับปรุง พบว่า สามารถเพิ่มค่าความสามารถของกระบวนการจาก 0.10 เป็น 1.37 และสามารถลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการบรรจุจาก 1.25 เป็น ร้อยละ 0.001 ทำให้สามารถลดต้นทุนจาก 112,495,800 บาท เป็น 111,089,602 บาทต่อปี นอกจากนี้ ยังสามารถลดปริมาณฝุ่นละอองแป้งในอากาศลดลง จาก 426 เป็น 0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผู้วิจัยจึงเสนอให้ผู้บริหารได้ตระหนักและให้ความสำคัญต่อการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป ขณะที่ผู้ปฏิบัติงานควรตระหนักถึงการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมา ร่วมกับโซอุปทานสีเขียวซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินธุรกิจแป้งมันสำปะหลังได้ต่อไป

6. ข้อเสนอแนะและประโยชน์ของการวิจัย

6.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้

ผู้บริหารควรกำหนดนโยบายและให้ความสำคัญต่อการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป และผู้ปฏิบัติงานควรตระหนักถึงการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมา ร่วมกับโซอุปทานสีเขียวเพื่อนำมาแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป พร้อมทั้งควรนำเอาหลักการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการมาวิเคราะห์เพื่อเฝ้าตรวจติดตามความสามารถของกระบวนการบรรจุอยู่เป็นประจำ ซึ่งจะส่งผลให้กระบวนการบรรจุไม่เกิดความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก และควรนำเอาหลักการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างมาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีผลกระทบต่อการกระบวนการอื่น ๆ

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) ในกระบวนการบรรจุ เพื่อวิเคราะห์และป้องกันความเสี่ยงที่อาจส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนน้ำหนัก และควรศึกษาความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการอื่น ๆ ร่วมกับการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามหลักไคเซน (Kaizen) โดยทุกคนมีส่วนร่วม เพื่อกำจัดความสูญเสียให้เป็นศูนย์ (Zero loss) ต่อไป

6.3 ประโยชน์ของการวิจัย

ผู้ประกอบการได้ทราบถึงปัจจัยที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป และสามารถนำเอาแนวทางการลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป ด้วยการประยุกต์ใช้แนวคิดลีนซิกซ์ซิกมา ร่วมกับโซอุปทานสีเขียวไปปรับปรุงกระบวนการบรรจุเพื่อลดความคลาดเคลื่อนน้ำหนักระบบการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป และลดฝุ่นละอองแป้งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

- จักรกฤษ พุ่มมาก และไพฑูรย์ ศิริโอฬาร. (2563). การลดการสูญเสียน้ำหนักในกระบวนการผลิตไส้พายสับปะรด. *วารสารข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*, 6(1), 48-56.
- ณัฐภูมิ เพชรล้ำ และปณัฏพร เรืองเชิงชุม. (2558). การลดผลผลิตก้นที่มีน้ำหนักเกินของเครื่องมัลติเลนในกระบวนการบรรจุโดยใช้เทคนิคคลื่นซิกซ์ซิกม่า. *การประชุมวิชาการทางธุรกิจและนวัตกรรมทางการจัดการระดับชาติ ประจำปี 2558 ครั้งที่ 3*, 3(1), 1017-1032
- ธนพงศ์ สุวรรณโรจน์ และปณัฏพร เรืองเชิงชุม. (2562). การลดการสูญเสียน้ำหนักในกระบวนการลำเลียงใบอ้อยอัดก้อนเหลี่ยม ไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวล: กรณีศึกษา ธุรกิจรวบรวมใบอ้อยเพื่อเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล จังหวัดชัยภูมิ. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ*, 13(3), 16-25.
- นพพร ประสมทอง ณัฐเชษฐ์ พูลเจริญ พะยอม วงศ์สารศรี และกังวาน ยอดวิเศษศักดิ์. (2557). โมเดลสมการโครงสร้างปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการจัดการความรู้อุปสงค์ของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) กลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มในประเทศไทย. *วารสารบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 9(1), 113-126
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10)*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- บุญชัย แซ่ลิว และณัฐยานี ไสกุล. (2559). การลดของเสียในขั้นตอนกระบวนการบรรจุ โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา: บริษัทผลิตขนมขบเคี้ยว. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 9(2), 30-44.
- ฝ่ายความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม บริษัท อินกริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด (2563). *รายงานการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศบริเวณพื้นที่กระบวนการบรรจุ*. บริษัท อินกริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด จังหวัดกาฬสินธุ์.
- ฝ่ายผลิต บริษัท อินกริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด. (2564). *รายงานความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำหนักในกระบวนการบรรจุแป้งมันสำปะหลังตัดแปรรูป*. บริษัท อินกริดิออน (ไทยแลนด์) จำกัด จังหวัดกาฬสินธุ์.
- พงษ์ณัฐ สุทธิกุลสมบัติ และปณัฏพร เรืองเชิงชุม. (2563). การลดความสูญเสียจากเวลาหยุดเดินเครื่องจักรด้วยการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรและควบคุมอัตราความเร็วในกระบวนการพิมพ์แบบออฟเซต. *วารสารการบัญชีและการจัดการ คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 12(3), 143-156
- มานพ ชุ่มอุ่น วินยาภรณ์ พรหมณโชติ อาชวิน ใจแก้ว จินดาภา ศรีสำราญ กิตติภรณ์ อินธิปัก และกนกวรรณ พิรพงศ์เดชา. (2563). การจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับพืชเศรษฐกิจในเขตอำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน. *วารสารการบัญชีและการจัดการ คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 12(13), 49-62
- ราชกิจจานุเบกษา. (2549). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน เล่ม 123 ตอนพิเศษ 125 ง.
- วิจัยกรุงศรี. (2563). *แนวโน้มธุรกิจอุตสาหกรรม 2563-2565 อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง*. บมจ.ธนาคารกรุงศรีอยุธยา, 1-11

- อรรถพล ธรรมโฬุลย์ นุช สัทธาชัยมงคลและฉาวรรณ อนันต์ชลาลัย. (2559). การรับรู้เกี่ยวกับการจัดการใช้อุปทานสีเขียวและผลกระทบต่อภาพลักษณ์องค์กร. *วารสารธุรกิจปริทัศน์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 8(2), 109-128.
- Amaral, A. M., Cabral Filho, F. R., Vellame, L. M., Teixeira, M. B., Soares, F. A., & dos Santos, L. N. (2018). Uncertainty of weight measuring systems applied to weighing lysimeters. *Computers and Electronics in Agriculture*, 145, 208-216.
- Bakti, C. S. & Kartika, H. (2020). Analysis of Ice Cream Product Quality Control with Six Sigma Method. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 1(1), 63-69.
- Byrne, B., McDermott, O., & Noonan, J. (2021). Applying Lean Six Sigma Methodology to a Pharmaceutical Manufacturing Facility: A Case Study. *Processes*, 9(3), 1-24.
- Chen, K. S., Wang, K. J., & Chang, T. C. (2017). A novel approach to deriving the lower confidence limit of indices Cpu, Cpl, and Cpk in assessing process capability. *International Journal of Production Research*, 55(17), 4963-4981.
- Chin, T. A., Tat, H. H., & Sulaiman, Z. (2015). Green supply chain management, environmental collaboration and sustainability performance. *Procedia Cirp*, 26(1), 695-699.
- Cousins, P. D., Lawson, B., Petersen, K. J., & Fugate, B. (2019). Investigating green supply chain management practices and performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 36(5), 767-786
- de-Felipe, D., & Benedito, E. (2017). A review of univariate and multivariate process capability indices. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92(5), 1687-1705.
- Fadlil, I. N., & Rosyidi, C. N. (2020). Improvement of work processes and methods to achieve production targets using VA/NVA analysis, ECRS and line balancing. *In AIP Conference Proceedings*, 2217(1)
- Gana, K., & Broc, G. (2019). Structural equation modeling with lavaan. New York : John Wiley & Sons.
- Gupta, S., Modgil, S., & Gunasekaran, A. (2020). Big data in lean six sigma: a review and further research directions. *International Journal of Production Research*, 58(3), 947-969.
- Hadex, A., Chaibate, H., Bakkali, S., & Ajana, S. (2019). SIPOC Model in Moroccan Engineering Education Context: Lean Approach. *International Journal of Education (IJE)*, 7(1), 47-61
- Kline, R. B. (2015). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. 4th ed. New York : The Guilford Press.
- Muthoriq, E., Hariyanto, A., Abidin, Z., & Bur, M. (2018). The Effect of Object Position on Reading Error on Weighing Scale. *In 2018 International Conference on Applied Engineering (ICAE)*, 1-5.
- Nassif, H., Na, C., Portela, E., & Bittencourt, T. (2018). An Approach to Minimize Weighing Error of WIM System Based on Ambient Temperature.

- Pereira, A. M., Silva, M. R., Domingues, M. A., & Sa, J. C. (2019). Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study. *Quality Innovation Prosperity*, 23(3), 103-121.
- Polhemus, N. W. (2017). *Process capability analysis: estimating quality*. Boca Raton, USA : CRC Press.
- Sabri, O., Majdoub, M., Cheddadi, B., Belfqih, A., Boukherouaa, J., El Mariami, F., & Cherkaoui, N. (2017). Correlation between weight, error and type of measurements in WLS State estimation of a Real Network. *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*, 93, 113-116.
- Sekaran, U. & Bougie, R. (2016). *Research Methods for Business: a skill-building approach*. 7th ed. Handdington : John Wiley and Sons.
- Vanalle, R. M., Ganga, G. M. D., Godinho Filho, M., & Lucato, W. C. (2017). Green supply chain management: An investigation of pressures, practices, and performance within the Brazilian automotive supply chain. *Journal of cleaner production*, 151, 250-259.
- Vilchis, A. (2017). Significant figures in measurements with uncertainty: A working criterion. *The Physics Teacher*, 55(3), 173-175.
- West, S. G., Taylor, A. B., & Wu, W. (2012). *Model fit and model selection in structural equation modeling*. *Handbook of structural equation modeling*, 1, 209-231.
- Zhang, C. M., He, Y. Y., Guo, C. S., & Feng, B. L. (2017). *Design of Creep Error Detection Device for Weighing Sensor*. Packaging Engineering.