

การบูรณาการกลยุทธ์พอร์ตโฟลิโอผลิตภัณฑ์กับกรีนลีนซิกซ์ซิกมา
เพื่อการผลิตที่ยั่งยืน: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ในประเทศไทย
**INTEGRATING PRODUCT PORTFOLIO STRATEGY AND GREEN LEAN
SIX SIGMA FOR SUSTAINABLE MANUFACTURING: A CASE STUDY OF
THE FEED INDUSTRY IN THAILAND**

วิรัช ชัยอัศวนันต์¹ สุภรัชชัย วรรัตน์^{2*} และ ประยูทธ์ ฤทธิเดช³

¹นักศึกษามัธยมศึกษา, สาขาการจัดการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต 110/1-4 ถ.ประชาชื่น เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210,
67140094@dpu.ac.th

^{2,3}อาจารย์ มัธยมศึกษาสาขาการจัดการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต 110/1-4 ถ.ประชาชื่น เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210,
^{2*}vorarat@dpu.ac.th, ³prayuth.rit@dpu.ac.th

Virat Chaiadsavanun¹, Suparatchai Vorarat^{2*} and Prayuth Rittidatch³

¹Ph.D. student, Graduate Program in Engineering and Technology Management, College
of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University, 110/1-4 Prachachuen Road,
Laksi, Bangkok 10210, Thailand, 67140094@dpu.ac.th

^{2,3}Lecturer, Graduate Program in Engineering and Technology Management, College of
Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University, 110/1-4 Prachachuen Road,
Laksi, Bangkok 10210, Thailand, ^{2*}vorarat@dpu.ac.th, ³prayuth.rit@dpu.ac.th

* ผู้ประพันธ์บรรณกิจ (Corresponding author)

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารและการเติบโตทางเศรษฐกิจ
ของประเทศไทย ซึ่งกระบวนการผลิตยังคงประสบปัญหาความสูญเสียจากการใช้ทรัพยากรที่เกิน
ความจำเป็น โดยเฉพาะประเด็นการบรรจุเกินซึ่งส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มขึ้นและก่อให้เกิดการปล่อย
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเกิน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารอบแนวคิดและบูรณาการ
เชิงกลยุทธ์เพื่อความยั่งยืน ด้วยการบูรณาการกลยุทธ์พอร์ตโฟลิโอผลิตภัณฑ์และกรีนลีน
ซิกซ์ซิกมา (Integrated Sustainable Portfolio–Green Lean Six Sigma: ISP–GLSS Framework)

โดยเชื่อมโยงสามมิติสำคัญ ได้แก่ (1) การกำหนดกลยุทธ์ผลิตภัณฑ์ด้วยการวิเคราะห์พอร์ตโฟลิโอ (เมทริกซ์บีซีจี) (2) การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการด้วยเครื่องมือลีน ซิกซ์ ซิกมา (DMAIC) การควบคุมกระบวนการทางสถิติ และ การออกแบบการทดลอง (3) การประเมินผลด้านความยั่งยืนผ่านแนวคิดการผลิตสีเขียวและตัวชี้วัดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ (UN SDGs) โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงกรณีศึกษาของบริษัทผู้ผลิตอาหารสัตว์บกแห่งหนึ่งในประเทศไทย ผลการวิเคราะห์พอร์ตโฟลิโอผลิตภัณฑ์ พบว่าอาหารสุกรเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญเชิงกลยุทธ์สูง จึงถูกเลือกเป็นผลิตภัณฑ์เป้าหมาย ในการปรับปรุงกระบวนการ จากผลการวิจัยสามารถกำจัดความสูญเสียจากการผลิตเกินและของเสียในกระบวนการบรรจุ ส่งผลให้ระดับซิกมาเพิ่มจาก 2.07 เป็น 5.88 ค่าความสามารถของกระบวนการเพิ่มจาก 0.19 เป็น 1.46 ลดการบรรจุเกินได้ 7,986.69 กิโลกรัมต่อเดือน สร้างผลตอบแทนทางการเงิน 1,245,923.25 บาทต่อปี และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 83.65 ตันต่อปี โดยผลการวิจัยยืนยันว่ากรอบแนวคิด ISP–GLSS สามารถบูรณาการ ผลลัพธ์ด้านธุรกิจและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสนับสนุนเป้าหมาย SDGs ข้อ 9 12 และ 13 อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: กลยุทธ์ทางธุรกิจ ลีนซิกซิกมา การผลิตสีเขียว เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน

ABSTRACT

The feed manufacturing industry plays a critical role in food security and economic growth in Thailand. However, production processes continue to suffer from inefficiencies, particularly overfilling losses, which result in excessive material consumption, increased operational costs, and excess carbon dioxide gas emissions. This study aims to develop an Integrated Sustainable Portfolio–Green Lean Six Sigma (ISP–GLSS) framework that strategically integrates three key dimensions: (1) product portfolio strategy using the เมทริกซ์บีซีจี, (2) process performance improvement through Lean Six Sigma tools (DMAIC, SPC, and DOE), and (3) sustainability assessment based on Green Manufacturing principles and the United Nations Sustainable Development Goals (UN SDGs). A case study methodology was employed in a terrestrial feed manufacturing company in Thailand. The product portfolio analysis identified swine feed as the most strategically significant product in terms of market share and growth, which was subsequently selected for process improvement. The results demonstrate substantial performance improvements, including the elimination of overproduction and defects, an increase in the Sigma level from 2.07 to 5.88, and an enhancement of process capability (Cpk) from 0.19 to 1.46. Overfilling losses were reduced

by 7,986.69 kg per month, yielding an annual financial benefit of 1,245,923.25 Baht and a reduction of 83.65 tonCO₂e per year. The findings confirm that the ISP–GLSS framework effectively integrates operational excellence with environmental sustainability and contributes directly to SDGs 9 (Industry, Innovation and Infrastructure), 12 (Responsible Consumption and Production), and 13 (Climate Action).

KEYWORDS: Business Strategy, Lean Six Sigma, Green Manufacturing, Sustainable Development Goals: SDGs

1. บทนำ

อุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารในระดับโลกและเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่องในประเทศไทย อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ยังคงประสบปัญหาด้านประสิทธิภาพ โดยเฉพาะความสูญเสียจากการบรรจุเกิน (Feed Packing Giveaway Loss: PGL) ซึ่งก่อให้เกิดการใช้วัตถุดิบเกินความจำเป็น เพิ่มต้นทุนการผลิต และนำไปสู่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนเกิน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนของธุรกิจในระยะยาว แนวคิดลีนซิกซ์ ซิกมาโดยเฉพาะกรอบการดำเนินงานแบบ DMAIC ได้นำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ลดของเสีย และลดความแปรปรวนในยุคอุตสาหกรรม 4.0 [1] และในอีกหลากหลายอุตสาหกรรม อาทิ อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ [2] ยาง [3] ยา [4] การแพทย์ [5] ยานยนต์ [6] อาหาร [7, 8] พลาสติก [9] และอิเล็กทรอนิกส์ [10] งานวิจัยจำนวนมากยืนยันว่า การประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติ เช่น ควบคุมกระบวนการทางสถิติ ดัชนีความสามารถของกระบวนการ และการออกแบบการทดลองทางสถิติ สามารถช่วยยกระดับเสถียรภาพและคุณภาพของกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกันประเด็นด้านความยั่งยืนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้กลายเป็นปัจจัยเชิงกลยุทธ์ที่องค์กรให้ความสำคัญมากขึ้น งานวิจัยที่ผ่านมาได้เสนอแนวทางการผลิตอย่างยั่งยืนผ่านกรอบแนวคิดต่าง ๆ เช่น การผลิตสีเขียว การประเมินกระบวนการด้วยแนวคิด 6R การจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียว (Green SCM) [11] รวมถึงการเชื่อมโยงกับกรอบการพัฒนาที่ยั่งยืนระดับโลก เช่น ESG [12, 13] การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) [14] และระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) [15] งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการปรับปรุงเชิงกระบวนการเป็นหลัก โดยขาดการเชื่อมโยงกับการกำหนดกลยุทธ์ผลิตภัณฑ์ขององค์กรในระดับพอร์ตโฟลิโอ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ยังไม่พบงานวิจัยเชิงประจักษ์ที่บูรณาการการกำหนดกลยุทธ์พอร์ตโฟลิโอผลิตภัณฑ์ขององค์กร เข้ากับการใช้ลีนซิกซ์ ซิกมาพร้อมกับเครื่องมือควบคุมกระบวนการทางสถิติ และการออกแบบการทดลอง ภายใต้กรอบการวิจัยเดียวกัน โดยเฉพาะใน

บริบทของกระบวนการบรรจุอาหารสัตว์ งานวิจัยนี้จึงมุ่งอุดช่องว่างดังกล่าวด้วยการนำเสนอกรอบแนวคิดบูรณาการเชิงกลยุทธ์เพื่อความยั่งยืน ซึ่งเชื่อมโยงการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของผลิตภัณฑ์กับการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการและลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ โดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์พอร์ตโฟลิโอผลิตภัณฑ์ (Product Portfolio Analysis) ด้วย เมทริกซ์บีซีจี [16] เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญเชิงกลยุทธ์ นำกรอบ DMAIC ของลีน ซิกซ์ ซิกมา ร่วมกับเครื่องมือการควบคุมกระบวนการทางสถิติ และการออกแบบการทดลองทางสถิติ [17,18] มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดความสูญเสียจากการบรรจุเกินพร้อมทั้งประเมินผลลัพธ์ด้านสิ่งแวดล้อมผ่านการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และการเชื่อมโยงกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ (UN SDGs) [19,20]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนากรอบแนวคิดในการบูรณาการกลยุทธ์พอร์ตโฟลิโอผลิตภัณฑ์กับลีนซิกซ์ ซิกมาเพื่อเลือกผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับกลยุทธ์องค์กรที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงกระบวนการ ลดต้นทุนการผลิต และช่วยยกระดับความยั่งยืนขององค์กร โดยใช้กรณีศึกษาธุรกิจผลิตและจำหน่ายอาหารสัตว์ในประเทศไทย

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เมทริกซ์บีซีจี

เป็นเครื่องมือหนึ่งของการกำหนดกลยุทธ์พอร์ตโฟลิโอผลิตภัณฑ์ เพื่อเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับกลยุทธ์ทางธุรกิจ ที่พัฒนาโดย Boston Consulting Group (BCG) ซึ่งใช้สำหรับวิเคราะห์และประเมินศักยภาพของธุรกิจหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในพอร์ตโฟลิโอขององค์กร โดยจะช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับการลงทุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทั้งในแง่เพิ่มมูลค่าและลดต้นทุน การปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ และการจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิเคราะห์ผ่านผลิตภัณฑ์ในมิติของ ส่วนแบ่งการตลาด และ อัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งถูกจำแนกออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) Stars (ดาว) ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนแบ่งตลาดสูง และอยู่ในตลาดที่มีอัตราการเติบโตสูง 2) Cash Cows (วัว) ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนแบ่งตลาดสูง แต่อยู่ในตลาดที่มีอัตราการเติบโตต่ำ 3) Question Marks (เครื่องหมายคำถาม) ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนแบ่งตลาดต่ำ แต่อยู่ในตลาดที่มีอัตราการเติบโตสูง 4) Dogs (สุนัข) ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนแบ่งตลาดต่ำ และอยู่ในตลาดที่มีอัตราการเติบโตต่ำ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกเครื่องมือนี้มาใช้ในการกำหนดผลิตภัณฑ์เป้าหมายนำมาพัฒนากระบวนการผลิตและลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับกลยุทธ์ของธุรกิจ

2.2 ลีนซิกซ์ ซิกมา (Lean Six Sigma)

เป็นแนวคิดและวิธีการทางธุรกิจที่รวมจุดแข็งของสองแนวทางสำคัญ ได้แก่ การผลิตแบบลีน และ ซิกซ์ ซิกมา โดยมีเป้าหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความสูญเปล่า และลดความแปรปรวน ในกระบวนการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มคุณภาพและความพึงพอใจของลูกค้า โดยการนำเครื่องมือคุณภาพต่าง ๆ รวมถึงวิธีการทางสถิติมาใช้อย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนการดำเนินงาน DMAIC ได้แก่ 1) นิยามปัญหา (Define) ความต้องการของลูกค้า และเป้าหมายโครงการ 2) วัดกระบวนการ (Measure) ปัจจุบันด้วยข้อมูล 3) วิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา (Analyze) 4) พัฒนาแนวทางและทดสอบการปรับปรุง (Improve) 5) ควบคุมกระบวนการใหม่ให้คงที่และยั่งยืน (Control)

2.3 การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control, SPC)

เป็นเครื่องมือทางสถิติที่ใช้เพื่อวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่ใช้ ตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิตให้มีความเสถียร โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ เพื่อลดความแปรปรวน และป้องกันข้อบกพร่อง โดยในงานวิจัยนี้ใช้แผนภูมิควบคุม และการวิเคราะห์ค่าความสามารถของกระบวนการ

2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE)

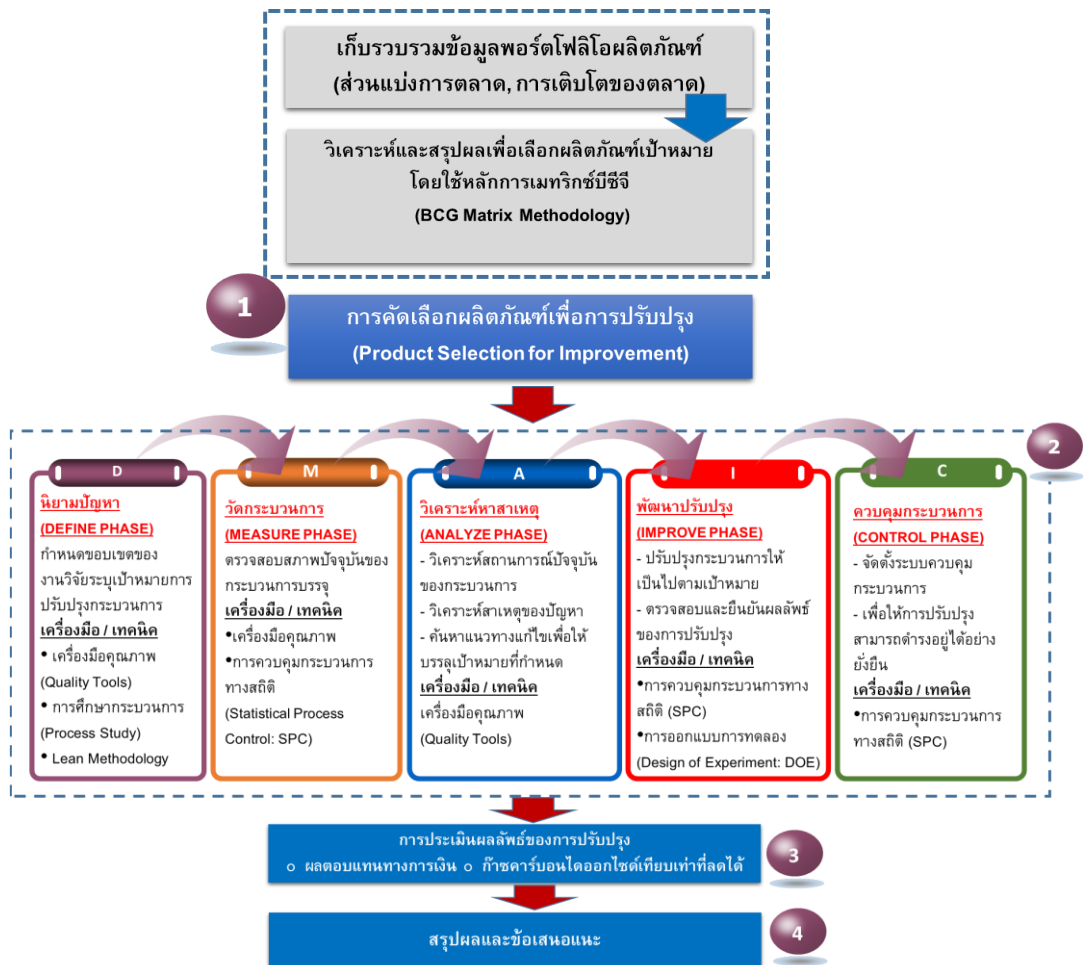
เป็นเครื่องมือทางสถิติในการออกแบบการทดลองช่วยในการระบุปัจจัยที่มีผลต่อผลลัพธ์ (Y) ประเมินความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผล หาค่าสภาวะการทำงานของกระบวนการที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Settings) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้หลักการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟกทอเรียล เป็นการออกแบบการทดลองในกรณีมีปัจจัย k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ หลักการวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology หรือ RSM) และการหาจุดที่เหมาะสมที่สุด

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการบูรณาการแนวคิดหลักการวิเคราะห์พอร์ตโฟลิโอผลิตภัณฑ์ ลีนซิกซ์ ซิกมา การควบคุมกระบวนการทางสถิติในคราวเดียว เพื่อให้การปรับปรุงลดต้นทุน ลดของเสีย มีประสิทธิภาพส่งผลกระทบต่อผลกำไรและการเติบโตของธุรกิจได้อย่างยั่งยืน โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 4 ส่วนด้วยกัน ดังรูปที่ 1

ส่วนแรกเป็นการใช้ทฤษฎีหลักการ เมทริกซ์บีซีจี สาเหตุที่เลือกประยุกต์ใช้หลักการนี้ เนื่องจากต้องการบูรณาการเป้าหมายทางธุรกิจเข้ากับการดำเนินงานทางวิศวกรรม โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงในผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีผลกระทบต่อรายได้และโอกาสทางตลาดสูง (Stars) เพื่อให้การใช้ทรัพยากรในการทำกรีน ลีนซิกซ์ ซิกมาเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนที่สอง หลังจากคัดเลือก

ผลิตภัณฑ์เป้าหมายแล้วจะเข้าสู่กระบวนการตามกรอบแนวทางการวิจัย ชิกมา ส่วนที่สามารถเป็นการคำนวณผลลัพธ์ทางการเงิน ได้แก่ ต้นทุนที่ลดลง ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนเทียบเท่าที่ลดได้ ประเมินความสอดคล้องกับ UN SDGs ส่วนที่สี่ การสรุปผลและนำเสนอแนวทางการวิจัยในอนาคต



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ISP-GLSS Framework

4. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ใช้ประชากรและกลุ่มตัวอย่างของบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายอาหารสัตว์บกแห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยใช้ผลิตภัณฑ์อาหารสุกร 1 สายการผลิต

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

- 1) ข้อมูลส่วนแบ่งการตลาดและการเติบโตของยอดขายอาหารสัตว์แต่ละชนิด
- 2) ข้อมูลต้นทุนและความสูญเสียในกระบวนการ (Loss in Process) ของอาหารสุกร
- 3) ข้อมูลน้ำหนักบรรจุต่อถุงก่อนและหลังปรับปรุง
- 4) ข้อมูลพารามิเตอร์เครื่องชั่งบรรจุ

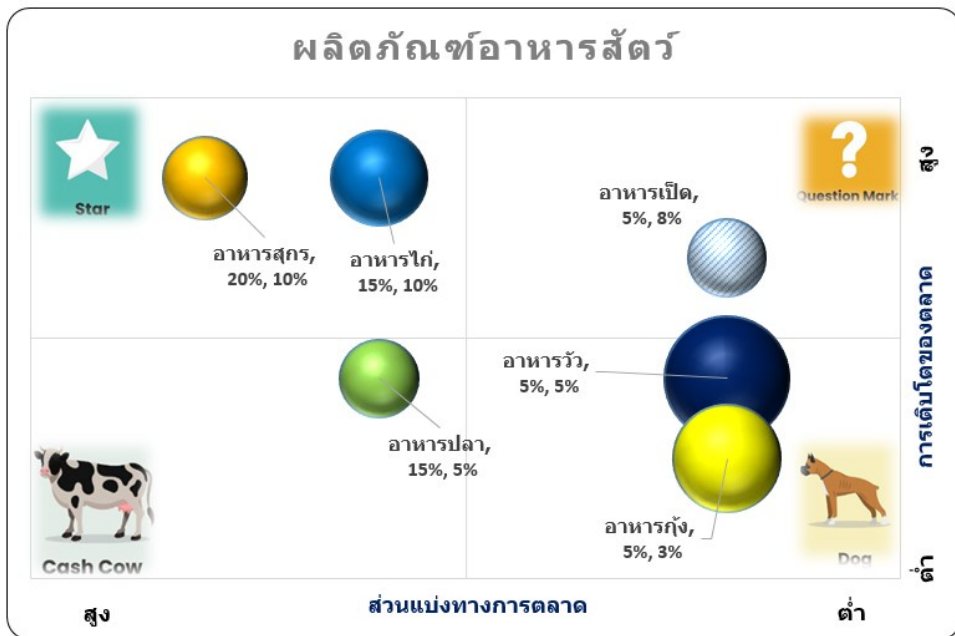
6. ผลการดำเนินงานวิจัย

6.1 การกำหนดเลือกผลิตภัณฑ์เป้าหมายสำหรับงานวิจัย

การเลือกผลิตภัณฑ์เป้าหมายที่สอดคล้องกับกลยุทธ์และทิศทางของธุรกิจ ทั้งในมุมของส่วนแบ่งการตลาดและการเติบโตของยอดขายในตลาด จะทำให้ธุรกิจเกิดความยั่งยืนด้วยการจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และการพัฒนาปรับปรุงจะอยู่ในทิศทางที่ส่งเสริมธุรกิจ งานวิจัยนี้ใช้หลักการ เมทริกซ์บีซีจี ซึ่งเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ที่พัฒนาโดย Boston Consulting Group (BCG) ใช้สำหรับวิเคราะห์และประเมินศักยภาพของธุรกิจหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในพอร์ตโฟลิโอขององค์กร นำมาวิเคราะห์อาหารสัตว์แต่ละประเภท ได้แก่ อาหารวัว อาหารสุกร อาหารไก่ อาหารเป็ด อาหารปลา และอาหารกึ่ง โดยไม่ได้พิจารณาปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ เช่น ความสามารถในการทำกำไร ต้นทุนการดำเนินงาน ความเสี่ยงทางธุรกิจ จากตารางที่ 1 และรูปที่ 2 พบว่าอาหารสุกร (Swine Feed) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการเติบโตสูงและมีส่วนแบ่งการตลาดสูงและมีปริมาณการผลิตต่อเนื่องสูง จัดเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มดาว (Star) ที่จะส่งผลต่อกำไรและการเติบโตของธุรกิจ จึงเลือกอาหารสุกรมาเพื่อพัฒนาระบบและลดต้นทุนผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 1 ข้อมูลร้อยละส่วนแบ่งการตลาด การเติบโตของตลาดอาหารสัตว์ อัตรากำไร

ผลิตภัณฑ์	ส่วนแบ่งการตลาด	อัตราการเติบโต	อัตรากำไร
อาหารสุกร	20	10	9
อาหารไก่	15	10	12
อาหารเป็ด	5	8	8
อาหารวัว	5	5	20
อาหารกึ่ง	5	3	15
อาหารปลา	15	5	8



รูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์บีซีจี

6.2 การดำเนินงานตามกรอบการวิจัยซิกซ์ ซิกมา

จากผลการวิเคราะห์เมทริกซ์บีซีจี นำอาหารสุกรมาดำเนินการตามกรอบวิจัย ได้ดังนี้

6.2.1 นิยามปัญหา (D, Define Phase)

ใช้การวิเคราะห์แบบค่อย ๆ ลงลึก เพื่อหาขอบเขตกระบวนการที่จะนำมาพัฒนาวิจัย

- 1) วิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนของอาหารสุกร วิเคราะห์ต้นทุนของอาหารสุกร และ ซึ่งต้นทุนรวมอาหารสุกรคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$TC = RMC + PC + LIP + PAC + DTC + OHC \quad (1)$$

โดยที่ TC = ต้นทุนรวมค่าใช้จ่ายจากทุกกิจกรรมหลักตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงการส่งมอบผลิตภัณฑ์ถึงมือลูกค้า (Total Cost)

RMC = ต้นทุนในการจัดหาวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต (Raw Material Cost) เช่น ข้าวโพด กากถั่วเหลือง วัตถุดิบโปรตีน และแร่ธาตุในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์

- PC = ต้นทุนค่าใช้จ่ายในกระบวนการที่เกิดจากการแปรรูป (Processing Cost) เช่น การบด การผสม การอัดเม็ด การอบแห้ง และการใช้พลังงาน (ไฟฟ้า ไอน้ำ น้ำมัน เชื้อเพลิง)
- LIP = ต้นทุนความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต (Loss in Process)
- PAC = ต้นทุนในการบรรจุและใช้บรรจุภัณฑ์ (Packaging Cost) เช่น ถังบรรจุ พลาสติก ฟิล์มพลาสติก การพิมพ์ฉลาก และการบรรจุลงถุง
- DTC = ต้นทุนในการขนส่ง จัดเก็บ และกระจายผลิตภัณฑ์ไปยังลูกค้า (Distribution Cost)
- OHC = ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการผลิต แต่จำเป็นต่อการดำเนินงานขององค์กร (Overhead Cost) เช่น ค่าแรงงานสำนักงาน ค่าการตลาด ค่าเช่า ค่าเสื่อมราคาอาคารและเครื่องจักร และค่าใช้จ่ายด้านระบบสารสนเทศ
- โดยที่ต้นทุนต่าง ๆ ข้างต้นคิดเป็นสัดส่วนร้อยละของต้นทุนรวม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สัดส่วนร้อยละของต้นทุนรวมอาหารสุกร

รายการ	ร้อยละ
ต้นทุนวัตถุดิบ	70.00
ต้นทุนค่าใช้จ่ายในกระบวนการ	8.00
ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการผลิต	8.00
ต้นทุนความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต	5.00
ต้นทุนในการขนส่ง จัดเก็บ และกระจายผลิตภัณฑ์	5.00
ต้นทุนในการบรรจุและใช้บรรจุภัณฑ์	4.00

จากตารางที่ 2 การวิเคราะห์ต้นทุนของอาหารสุกรขุน จะเลือกต้นทุนความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมาทำการปรับปรุง เนื่องจากเป็นต้นทุนที่เกิดจากความสูญเสียและเกินเป้าหมายควบคุมของบริษัทที่ไม่เกินร้อยละ 2 ซึ่งเป็นความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

2) ศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบของความสูญเสียรวม คำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$LIP = PL + ML + HL + PAL \quad (2)$$

โดยที่ LIP = ความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต (Loss in process)

PL = ความสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกระบวนการผลิต (Process Loss)

ML = การสูญเสียที่เกิดจากการระเหยหรือเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นในระหว่างกระบวนการผลิตและจัดเก็บ (Moisture Loss)

HL = ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้าย การจัดการวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการ (Handling Loss) เช่น การโหลด การเท การขนส่งภายในโรงงาน

PAL = ความสูญเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการบรรจุหีบห่อผลิตภัณฑ์ (Packaging Loss) จากองค์ประกอบของความสูญเสียในกระบวนการนี้สามารถวิเคราะห์เป็นสัดส่วนตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สัดส่วนร้อยละความสูญเสียในกระบวนการผลิตอาหารสุกร

รายการ	ร้อยละ
ความสูญเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการบรรจุหีบห่อผลิตภัณฑ์	2.40
ความสูญเสียของปริมาณความชื้นในระหว่างกระบวนการผลิตและจัดเก็บ	1.00
ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้าย การจัดการวัตถุดิบ	1.00
ความสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกระบวนการผลิต	0.60

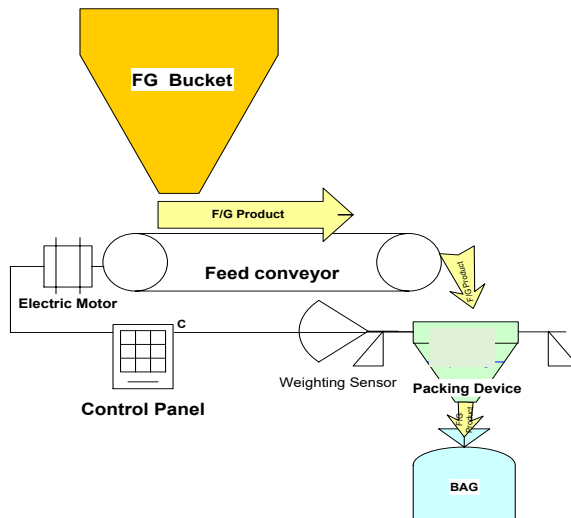
จากตารางที่3 การวิเคราะห์ประเภทความสูญเสียในการผลิต พบว่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการบรรจุหีบห่อผลิตภัณฑ์มีปริมาณสัดส่วนร้อยละมากที่สุด จึงนำไปศึกษาวิเคราะห์ต่อไป

3) ศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบของความสูญเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการบรรจุอาหารสุกรจากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ต่อ พบว่าความสูญเสียจากการบรรจุเกินเป็นต้นทุนสูญเสียที่มากที่สุด ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สัดส่วนร้อยละของความสูญเสียบรรจุภัณฑ์

รายการ	ร้อยละ
ความสูญเสียจากการบรรจุเกิน	1.50
ความสูญเสียของบรรจุภัณฑ์	0.40
ความสูญเสียจากการนำมาผลิตใหม่	0.25
ความสูญเสียจากการรั่วไหล	0.20
ความสูญเสียจากการบรรจุต่ำกว่ามาตรฐาน	0.05

จากการใช้วิธีวิเคราะห์แบบแบบค่อย ๆ ลงลึกให้แคบลงเป็นการลำดับความสำคัญที่มีโครงสร้าง พบว่าน้ำหนักการบรรจุเกินเป็นเป้าหมายการปรับปรุงที่สำคัญที่กระทบกับต้นทุนและประสิทธิภาพ จึงถูกเลือกเป็นตัวแปรตอบสนองหลักสำหรับการตรวจสอบเชิงทดลองและการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการในงานวิจัย กระบวนการบรรจุอาหารสุกรเป็นดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กระบวนการซึ่งบรรจุอาหารสัตว์

6.2.2 วัดกระบวนการ (M, Measurement Phase)

การเก็บข้อมูลน้ำหนักบรรจุของอาหารสุกร ขนาดถุงบรรจุละ 30 กิโลกรัม จำนวน 40 ถุง ที่ 5 นาทีต่อถุง เพื่อใช้เป็นข้อมูลก่อนพัฒนาปรับปรุง โดยวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ วัดด้วยค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการเทียบกับข้อกำหนดของการผลิต คำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$Cpk = \min\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right) \quad (3)$$

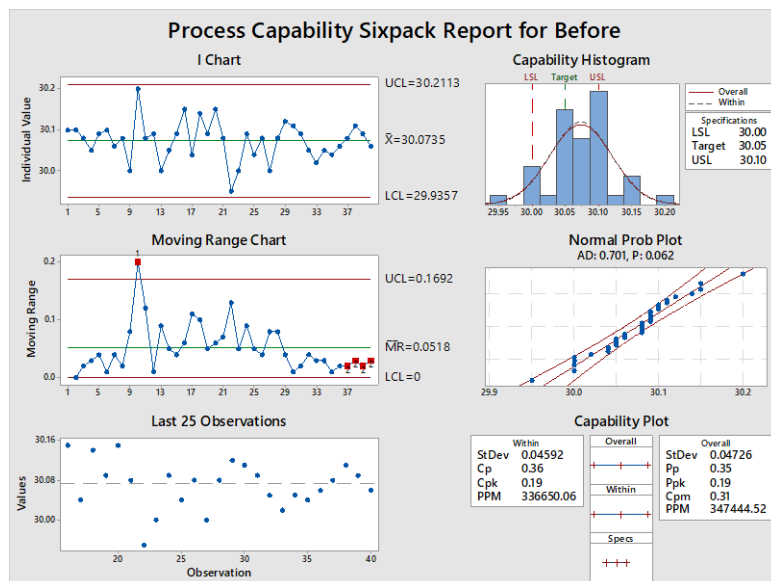
โดยที่ USL = ค่าขอบเขตบนที่ยอมรับได้ (Upper Specification Limit)

LSL = ค่าขอบเขตล่างที่ยอมรับได้ (Lower Specification Limit)

σ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

μ = ค่าเฉลี่ย (Mean)

ข้อมูลน้ำหนักบรรจุที่เก็บมาได้ นำมาวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab17 ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติก่อนการปรับปรุง

ในการประเมินค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ ดำเนินการภายใต้ข้อกำหนด 2 ด้าน ขอบเขตด้านล่าง และขอบเขตด้านบน (LSL & USL) ซึ่งเป็นการสนใจทั้งบรรจุ ขาดและเกิน ซึ่งนอกจากกระทบต่อค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการที่ประเมินได้โดยตรงแล้ว ยังกระทบต่อค่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงข้อกำหนด และค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าอีกด้วย จากรูปที่ 4 สรุปได้ว่าจากกราฟ I-MR Chart และกราฟการกระจายตัวแสดงถึงกระบวนการมีการกระจายตัวแบบปกติและอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม มีปัญหาด้านความสามารถในการบรรจุตามมาตรฐานของน้ำหนักบรรจุต่อถุง 30.00 ถึง 30.10 กิโลกรัมต่อถุง เป้าหมายที่ 30.05 กิโลกรัมต่อถุง ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต่อถุงที่วัดได้ อยู่ที่ 30.07 กิโลกรัมต่อถุง และจากผลการคำนวณค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ เท่ากับ 0.19 ต่ำมาก และจากฮิสโทแกรม พบว่ากระบวนการมีปัญหาในการบรรจุน้ำหนักเกินจากค่าเป้าหมาย และระดับซิกมา อยู่ที่ 2.07 ประมาณของเสีย 336,650 หน่วยต่อล้านการผลิต แสดงว่าเกิดความสูญเสียประเภทผลิตเกินความจำเป็นขึ้นในกระบวนการซึ่งและบรรจุ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่องการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าส่วนเกิน คำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$CO_2e \text{ Emiss} = \text{ปริมาณของเสีย (kg)} \times EF \quad (4)$$

โดยที่ $CO_2e \text{ Emiss}$ = การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หน่วยเป็นกิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ปริมาณของเสีย (กิโลกรัม) = จำนวนบรรจุภัณฑ์ $\times$ ปริมาณน้ำหนักบรรจุภัณฑ์ (กิโลกรัมต่อถุง) EF = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยมวล (Emission Factor) ของอาหารสัตว์ จากฐานข้อมูล TGO April ปี 2026 (Thailand Greenhouse Gas Management Organization) สำหรับอาหารสุกรจะมีค่า EF เท่ากับ 0.8728 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัม [21]

ผลจากการคำนวณพบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อถุง อยู่ที่ 30.07 กิโลกรัมต่อถุง ที่ปริมาณการผลิต 10,000 ตันต่อเดือน คิดเป็นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าส่วนเกินในกระบวนการบรรจุอาหารสุกรอยู่ที่ 6.97 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือนหรือ 83.65 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี เมื่อคิดเป็นมูลค่าสูญเสียทางการเงินของธุรกิจเท่ากับ 1,245,923.25 บาทต่อปี

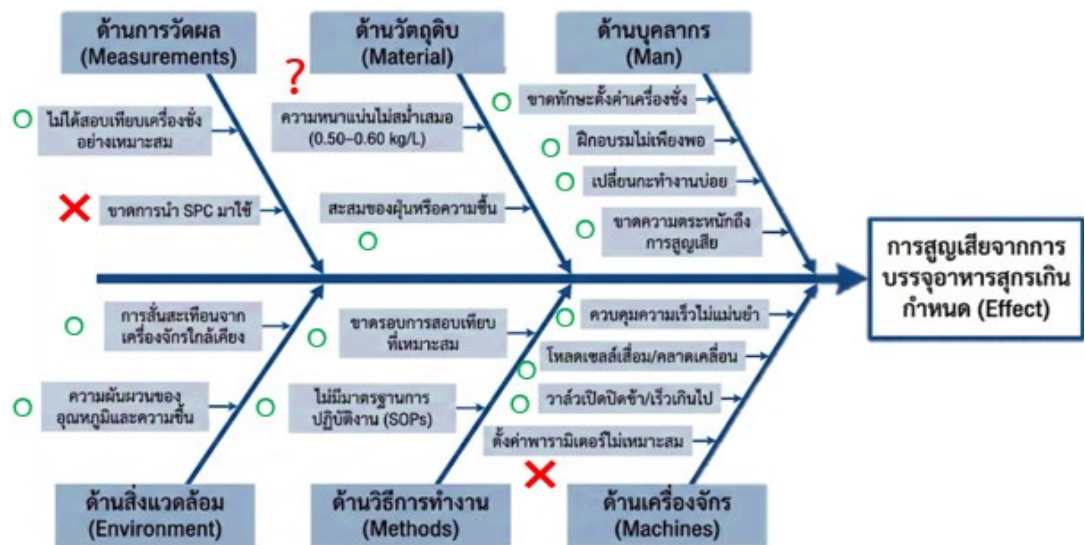
จากผลการศึกษาดังกล่าวนำมาตั้งเป้าหมายการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการบรรจุ โดยมีตัวชี้วัด ดังนี้ 1) ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการบรรจุ มากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 2) ลดค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าส่วนเกินไม่น้อยกว่าร้อยละ 20

6.2.3 วิเคราะห์หาสาเหตุ (A, Analyze Phase)

จากขั้นตอนการวัดกระบวนการ สรุปได้ว่ามีความแปรปรวนของกระบวนการสูงและค่ากลางกระบวนการเบี่ยงออกจากเป้าหมาย เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ค่าความสามารถของกระบวนการต่ำ การปรับปรุงจำเป็นต้องลดความแปรปรวนของกระบวนการ การปรับตำแหน่งค่าเฉลี่ยให้อยู่ใกล้จุดกึ่งกลางสเปค และการแก้ปัญหาความแปรปรวนผิดปกติที่ปรากฏบนแผนภูมิควบคุมทางสถิติ ในงานวิจัยใช้วิธีวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้เครื่องมือผังสาเหตุและผล ในการวิเคราะห์ 5M 1 E ซึ่งการระดมสมอง ประกอบด้วย 3 กลุ่มลักษณะบุคคล ได้แก่ กลุ่มบุคคลที่ปฏิบัติงานจริง กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ มีความรู้ในงาน หัวหน้างานหรือผู้นำการระดมสมอง โดยหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์จะเป็นไปตามรูปที่ 5

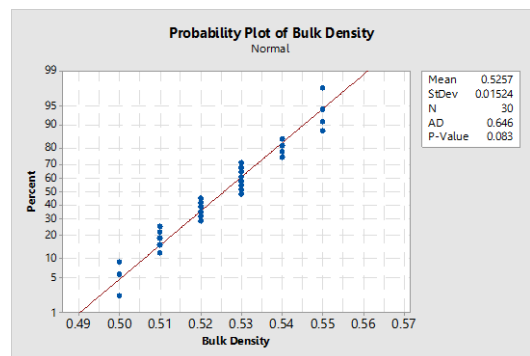
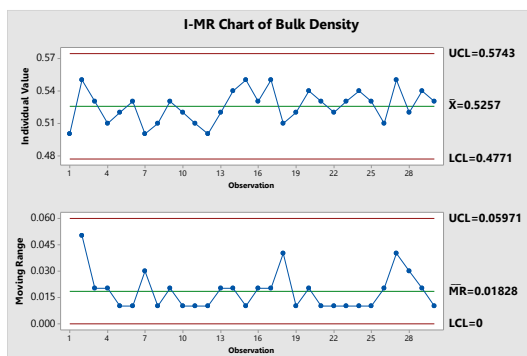
จากรูปที่ 5 สามารถสรุปสาเหตุที่ต้องพัฒนาปรับปรุงแก้ไข ทั้งหมด 3 ประเด็น ได้แก่

- 1) ด้านเครื่องจักร เรื่องการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เหมาะสมของเครื่องชั่งน้ำหนัก ที่อาจไม่สัมพันธ์กับอาหารสุกร
- 2) ด้านวัตถุดิบ เรื่องความไม่คงที่ของค่าความหนาแน่นรวมของอาหารสุกร (0.50 ถึง 0.60 กิโลกรัมต่อลิตร)
- 3) ด้านการวัด เรื่องการขาดระบบควบคุมกระบวนการชั่งและบรรจุด้วยหลักการทางสถิติ



รูปที่ 5 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยผังสาเหตุและผล

จากสาเหตุด้านวัตถุดิบ เรื่องความไม่คงที่ของค่าความหนาแน่นรวม จึงทำการเก็บข้อมูลค่าความหนาแน่นอาหารสุกรมาตรวจสอบการกระจายตัว เพื่อทวนสอบสาเหตุอีกครั้ง โดยเก็บข้อมูลจำนวน 30 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิควบคุมทางสถิติ I-MR Chart และการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ I-MR Chart การแจกแจงแบบปกติและค่าความหนาแน่นรวม

จากรูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงปกติพบว่าค่า P-Value มากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าความหนาแน่นรวมมีการกระจายตัวแบบปกติ จาก I-MR Chart ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.53 กิโลกรัมต่อลิตร โดยที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5199 ถึง 0.5313 กิโลกรัมต่อลิตร และช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของการกระจายตัวอยู่ที่ 0.0121 ถึง 0.0205 และเมื่อดูจาก แผนภูมิควบคุม

ทางสถิติพบว่าอยู่ในช่วงการควบคุมที่ดี แสดงว่าค่าความหนาแน่นรวมค่อนข้างคงที่มีเสถียรภาพ และอยู่ในมาตรฐานที่กำหนด จึงไม่ใช่สาเหตุที่ต้องปรับปรุงแก้ไข สรุปได้ว่าขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุมีข้อที่ต้องนำไปพัฒนาปรับปรุง 2 ข้อ ได้แก่ 1) ด้านเครื่องจักร มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของเครื่องซึ่งที่ไม่เหมาะสม และ 2) ด้านกระบวนการวัด ยังขาดระบบการติดตามและควบคุม น้ำหนักต่อถุงที่มีประสิทธิภาพ

6.2.4 พัฒนาปรับปรุง (I, Improvement Phase)

จากสาเหตุที่ต้องพัฒนาปรับปรุงแก้ไข ด้านการวัดจะใช้ระบบควบคุมกระบวนการซึ่งและบรรจุด้วย แผนภูมิควบคุมทางสถิติและวิเคราะห์ค่าความสามารถกระบวนการ ด้านเครื่องจักรหาพารามิเตอร์ของเครื่องซึ่งบรรจุใหม่ที่เหมาะสมกับอาหารสุกร โดยวิธีการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลทั่วไป และการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมที่สุด เพื่อหาค่าตัวแปร SPL และ SPL Int และความเร็วในการบรรจุที่เหมาะสมในกระบวนการ ซึ่งน้ำหนักและบรรจุอาหารสุกร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความแม่นยำและการเกิดน้ำหนักส่วนเกิน ซึ่งเดิมก่อนวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง ค่า SPL เท่ากับ 10, SPL Int เท่ากับ 5 และ Pack Speed เท่ากับ 20 โดยงานวิจัยได้ออกแบบการทดลองเป็นแบบแฟกทอเรียล 2^3 (3 ปัจจัย x 2 ระดับ) 3 ซ้ำ 24 รัน โดยมีค่าน้ำหนักเป็นตัวแปรตอบสนองแสดงระดับปัจจัยและแผนการทดลองดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการทดลองการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^k แบบ 2 ระดับ

ปัจจัย	ระดับปัจจัย		หน่วย
	ต่ำ (-)	สูง (+)	
SPL (Set Point Low)	1	10	กิโลกรัม
SPL Int (Interlock or Interval)	5	60	กรัม
ความเร็วในการบรรจุ (Pack Speed)	10	20	ถุงต่อนาที

ตารางที่ 6 แผนการทดลองการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^k ที่ 2 ระดับ 3 ชั้น

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	SPL	SPL Int	Pack Speed
23	1	1	1	10	60	10
9	2	1	1	1	5	10
17	3	1	1	1	5	10
5	4	1	1	10	5	10
10	5	1	1	1	5	20
11	6	1	1	1	60	10
1	7	1	1	1	5	10
13	8	1	1	10	5	10
3	9	1	1	1	60	10
19	10	1	1	1	60	10
14	11	1	1	10	5	20
12	12	1	1	1	60	20
2	13	1	1	1	5	20
18	14	1	1	1	5	20
24	15	1	1	10	60	20
7	16	1	1	10	60	10
20	17	1	1	1	60	20
15	18	1	1	10	60	10
21	19	1	1	10	5	10
8	20	1	1	10	60	20
22	21	1	1	10	5	20
4	22	1	1	1	60	20
6	23	1	1	10	5	20
16	24	1	1	10	60	20

ผลการคำนวณทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab17 สรุปผลค่าทางสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนและแบบจำลองความถดถอย การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ดังรูปที่ 7

General Factorial Regression: Weight versus SPL, SPL Int, Pack Speed

Factor Information

Factor	Levels	Values
SPL	2	1, 10
SPL Int	2	5, 60
Pack Speed	2	10, 20

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	0.009372	0.001339	67.22	0.000
Linear	3	0.000963	0.000321	16.12	0.000
SPL	1	0.000600	0.000600	30.13	0.000
SPL Int	1	0.000182	0.000182	9.11	0.008
Pack Speed	1	0.000182	0.000182	9.11	0.008
2-Way Interactions	3	0.003009	0.001003	50.36	0.000
SPL*SPL Int	1	0.002321	0.002321	116.52	0.000
SPL*Pack Speed	1	0.000600	0.000600	30.13	0.000
SPL Int*Pack Speed	1	0.000098	0.000098	4.43	0.052
3-Way Interactions	1	0.005400	0.005400	271.13	0.000
SPL*SPL Int*Pack Speed	1	0.005400	0.005400	271.13	0.000
Error	16	0.000319	0.000020		
Total	23	0.009690			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0044628	96.71%	95.27%	92.60%

รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

จากรูปที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าปัจจัยหลัก ได้แก่ SPL, SPL Int และ Pack Speed มีอิทธิพลต่อค่าน้ำหนักบรรจุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย SPL เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงที่สุด ในส่วนของการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองอยู่ในระดับต่ำ ($S = 0.0044628$) จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองมีความเหมาะสมและสามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและค่าน้ำหนักบรรจุได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้การออกแบบการทดลองที่กำหนดระดับปัจจัยอย่างเหมาะสมร่วมกับการทำซ้ำส่งผลให้แบบจำลองมีพลังของการทดสอบเพียงพอในการตรวจจับอิทธิพลของปัจจัย โดยพิจารณาจากค่า F-value ที่สูงและค่า P-value ที่ต่ำอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงสมการเชิงเส้นได้ดังนี้

$$\text{Weight} = 30.0498 - 0.0050 \text{ SPL} - 0.00275 \text{ SPL Int} - 0.00275 \text{ Pack Speed} - 0.00983 \text{ SPL*SPL Int} - 0.0050 \text{ SPL*Pack Speed} + 0.0150 \text{ SPL*SPL Int*Pack Speed}$$

จากสมการเชิงเส้นแสดงค่า R-sq เท่ากับร้อยละ 96.71 แสดงว่าโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้สูง ค่า R-sq (adj) เท่ากับร้อยละ 95.27 ค่า R-sq (pred) เท่ากับร้อยละ 92.60 แสดงว่าโมเดลมีความแม่นยำสูงและคาดการณ์ได้ดี งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติต่อเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ทั้งสามตัวของเครื่องจักรที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 8

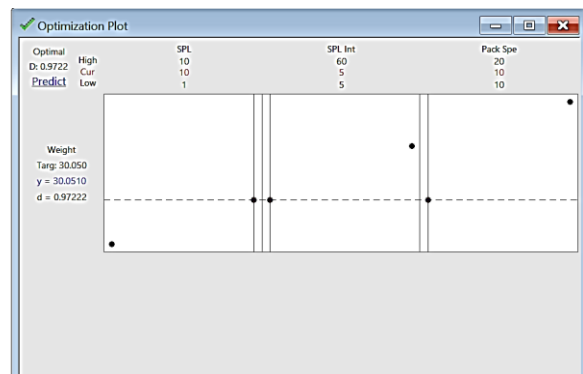
Response Optimization: Weight

Parameters						
Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Weight	Target	30.018	30.05	30.086	1	1

Solution						
Solution	SPL	Pack	Weight	Composite		
	Int	Speed	Fit	Desirability		
1	10	5	10	30.051	0.972222	

Multiple Response Prediction						
Variable	Setting					
SPL	10					
SPL Int	5					
Pack Speed	10					

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
Weight	30.0510	0.0026	(30.0455, 30.0565)	(30.0401, 30.0619)



รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมของการออกแบบการทดลอง

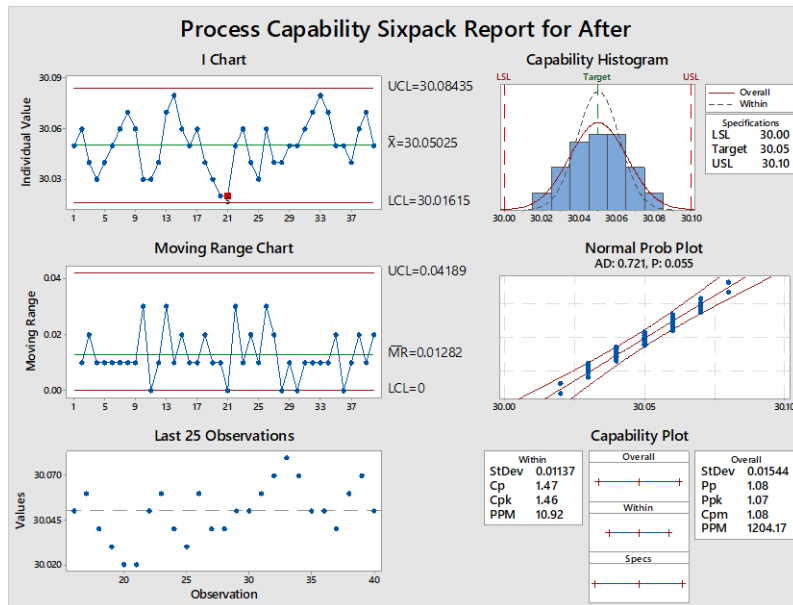
จากการวิเคราะห์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการควบคุมน้ำหนักบรรจุให้ใกล้เคียงค่าเป้าหมาย 30.05 กิโลกรัม พบว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด คือ SPL เท่ากับ 10, SPL Int เท่ากับ 5 และ Pack Speed เท่ากับ 10 ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะมีน้ำหนักต่อถุงอยู่ระหว่าง 30.0455 ถึง 30.0565 กิโลกรัม สามารถนำไปปรับตั้งค่าเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักบรรจุ และเพิ่มความสามารถของกระบวนการให้สอดคล้องกับข้อกำหนดได้อย่างมีนัยสำคัญ

6.2.5 การควบคุมกระบวนการ (C, Control Phase)

- 1) จัดทำคู่มือมาตรฐานการทำงานเพื่อรักษาระดับคุณภาพ
- 2) ฝึกอบรมความรู้การควบคุมคุณภาพด้วยหลักการทางสถิติให้กับพนักงานที่เกี่ยวข้อง
- 3) จัดทำรายงานวิเคราะห์ผลรายเดือน แผนภูมิควบคุมทางสถิติและดัชนีความสามารถของกระบวนการ

หลังจากได้ดำเนินการพัฒนาปรับปรุงตามกรอบซิกซ์ ซิกมาที่ได้กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น ได้เก็บข้อมูลของน้ำหนักบรรจุอาหารสุกร และวัดผลอีกครั้งด้วยค่าทางสถิติ ได้ผลตามรูปที่ 9

จากรูปที่ 9 การทดสอบการแจกแจงปกติพบว่าข้อมูลที่เก็บจากกระบวนการผลิตมีการกระจายตัวแบบปกติและจาก I-MR Chart พบว่ากระบวนการอยู่ในการควบคุม และมีความสามารถในการผลิตในมาตรฐานน้ำหนักบรรจุต่อถุง 30.00 ถึง 30.10 (LSL-USL) กิโลกรัมต่อถุง ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการเท่ากับ 1.46 และระดับซิกมาอยู่ที่ 5.88 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต่อถุง 30.05 กิโลกรัมต่อถุงได้ค่าตามเป้าหมายที่กำหนด ดังนั้นสามารถลดน้ำหนักสูญเสียได้ 7,986.69 กิโลกรัมต่อเดือน ที่ปริมาณผลิตต่อเดือน 10,000 ตันต่อเดือน ได้ผลตอบแทน 103,826.94 บาทต่อเดือน หรือ 1,245,923.25 บาทต่อปี อีกทั้งลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าส่วนเกินได้ 6.97 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือน หรือ 83.65 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี สามารถสรุปเปรียบเทียบผลได้ดังตารางที่ 7



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 7 สรุปผลการพัฒนาปรับปรุง

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เพิ่ม/ลด
น้ำหนักเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อถุง)	30.07	30.05	ลดลง 0.02
ระดับซิกมา (Sigma Level)	2.07	5.88	เพิ่มขึ้น 3.81
ดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk)	0.19	1.46	เพิ่มขึ้น 1.27
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่ลดได้	83.65 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี		

7. ประเมินความสอดคล้องกับ UN Sustainable Development Goals (SDGs)

นอกจากผลการดำเนินงานวิจัยด้านการเงินแล้ว งานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาถึงความสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ขององค์การสหประชาชาติ (United Nation, UN) ประกอบด้วยเป้าหมายรวมทั้งหมด 17 เป้าหมาย ซึ่งได้รับการรับรองและประกาศใช้ในที่ประชุมสุดยอดแห่งสหประชาชาติ (UN Summit) เมื่อวันที่ 25 กันยายน 2558 โดยการประเมินจะใช้วิธีตารางความสัมพันธ์ (Table Mapping) ระหว่างงานวิจัยกับตัวชี้วัดต่าง ๆ ใน SDGs แสดงเป้าหมายและตัวชี้วัด และการมีส่วนร่วมของงานวิจัยอย่างเป็นระบบ ผลที่ได้เป็นดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการประเมินความสอดคล้องของงานวิจัยกับ UN SDGs

SDG Goal	เป้าหมายที่เกี่ยวข้อง (Target)	ตัวชี้วัด (Indicator)	การมีส่วนร่วม ของงานวิจัย
SDG 9: อุตสาหกรรม นวัตกรรมและ โครงสร้าง พื้นฐาน	9.4: พัฒนาหรือปรับปรุง โครงสร้างพื้นฐานและ อุตสาหกรรมให้มี ความยั่งยืน โดยเพิ่ม ประสิทธิภาพการใช้ ทรัพยากร ส่งเสริมการ ใช้เทคโนโลยีสะอาด	9.4.1: การปล่อย คาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อหน่วย มูลค่าเพิ่ม	การประยุกต์ใช้ ลินซิกซ์ ซิกมา ช่วยเพิ่ม เสถียรภาพ ความสามารถ ของกระบวนการ เพิ่มจาก 0.19 เป็น 1.46 เพิ่มระดับ ซิกมาจาก 2.07 เป็น 5.88
SDG 12: การผลิตและ การบริโภคที่ ยั่งยืน	12.3: ภายในปี 2030 ลด การสูญเสียอาหารและ ลดของเสียตลอดห่วงโซ่ อุปทาน 12.5: ลดการสร้างของ เสียอย่างมีนัยสำคัญผ่าน การป้องกัน รีไซเคิล และ การนำกลับมาใช้ใหม่	12.3.1: ดัชนีการ สูญเสียอาหาร 12.5.1: อัตราการ รีไซเคิลของประเทศ ปริมาณวัสดุที่ถูกนำ กลับมาใช้	- ลดการสูญเสียจาก การบรรจุเกิน ด้วย การปรับค่าพารามิเตอร์ เครื่องจักร - ประหยัดอาหารสัตว์ 7,986.69 กิโลกรัมต่อ เดือน - ลดการบรรจุเกินช่วยลด การสิ้นเปลืองวัตถุดิบ และบรรจุภัณฑ์ - เพิ่มความแม่นยำในการ บรรจุซึ่งสอดคล้องกับ แนวคิดเศรษฐกิจ หมุนเวียน
SDG 13: การรับมือการ เปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ	13.2: บูรณาการ มาตรการด้าน การเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศเข้าสู่ ยุทธศาสตร์และการ วางแผนระดับประเทศ	13.2.2: ปริมาณการ ปล่อยก๊าซเรือน กระจกรวมต่อปี	ลดการปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า 6.97 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อเดือน จาก การลดการบรรจุเกิน

8. สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่างานวิจัยนี้สามารถพัฒนากรอบแนวคิดบูรณาการเชิงกลยุทธ์เพื่อความยั่งยืนตั้งแต่การวิเคราะห์พอร์ตโฟลิโอผลิตภัณฑ์ กรีนลีน ชิกซ์ ชิกมา การควบคุมกระบวนการทางสถิติ รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลแบบค่อย ๆ ลงลึก ตั้งแต่ ต้นทุนรวมอาหารสุกรไปสู่ต้นทุนความสูญเสียรวมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จนถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการบรรจุ ทำให้พบเป้าหมายกระบวนการบรรจุที่สามารถลดต้นทุนและสอดคล้องกับกลยุทธ์การเติบโตของธุรกิจ รวมทั้งคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน ในขณะที่งานวิจัยส่วนใหญ่ของลีน ชิกซ์ ชิกมาจะเป็นเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงกระบวนการเท่านั้น โดยไม่มีการเชื่อมโยงกับกลยุทธ์องค์กรหรือสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีข้อดีกว่าด้วยการบูรณาการกรอบแนวคิดใหม่ด้วยเมทริกซ์ บีซีจี เพื่อเลือกผลิตภัณฑ์เชิงกลยุทธ์ และวัดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมโดยการคำนวณปริมาณการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ตอบโจทย์เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนได้ชัดเจนกว่าการมองเพียงมิติของผลิตภาพเพียงอย่างเดียว ผลของงานวิจัยนี้สามารถลดความสูญเสียจากการบรรจุอาหารสัตว์เกินซึ่งเป็นความสูญเสียแบบสิ้นในส่วนของที่เป็นการผลิตเกินกว่ามาตรฐานการบรรจุและที่ลูกค้าต้องการซึ่งถือเป็นความสูญเสียเปล่า เพราะทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรวัตถุดิบ และต้นทุนโดยไม่สร้างคุณค่าเพิ่ม และข้อบกพร่องที่เป็นการผลิตที่ไม่ตรงกับข้อกำหนด ทำให้เกิดการแก้ไขงานซึ่งเพิ่มทั้งต้นทุนและเวลาสูญเสีย งานวิจัยนี้ยังส่งเสริมความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม ช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าส่วนเกิน 6.97 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเดือนหรือ 83.65 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตอบสนองต่อ SDG 9 (อุตสาหกรรม นวัตกรรม และโครงสร้างพื้นฐาน) SDG 12 (การผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน), และ SDG 13 (การรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ) โดยตรง ผ่านการลดของเสีย การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการ และการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยสรุปภาพรวมทั้งหมดของงานวิจัยนี้เป็นการบูรณาการ 3 มิติ ได้แก่ 1) มิติกลยุทธ์องค์กร 2) มิติการปรับปรุงกระบวนการ 3) มิติความยั่งยืน เพื่อยกระดับทั้งประสิทธิภาพทางธุรกิจและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุล

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอ ISP–GLSS Framework สามารถนำไปศึกษาและประยุกต์ใช้กับธุรกิจการผลิตอื่นได้เพื่อส่งเสริมธุรกิจให้ยั่งยืน

9.2 สามารถพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 ร่วมกับเครื่องมือทางสถิติให้สามารถติดตามและควบคุมความสามารถของกระบวนการได้แบบเรียลไทม์

9.3 ในด้านสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้สามารถนำไปศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากขึ้น ทั้งในด้านการใช้วัตถุดิบ พลังงาน การขนส่ง และการกำจัดของเสีย

References

- [1] Tripathi V, Chattopadhyaya S, Mukhopadhyay AK, Sharma S, Singh J, Pimenov DY, et al. An innovative agile model of smart lean–green approach for sustainability enhancement in Industry 4.0. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 2021;7:215. doi: 10.3390/joitmc7040215.
- [2] Irfan MTH, Rafiquzzaman M, Manik YA. Productivity improvement through lean tools in cement industry: A case study. *Heliyon* 2025;11:e42057. doi: 10.1016/j.heliyon.2025.e42057.
- [3] Mittal A, Gupta P, Kumar V, Al Owad A, Mahlawat S, Singh S. The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: a case study on Indian manufacturing company. *Heliyon* 2023;9:e14625. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14625.
- [4] Shannon N, Trubetskaya A, Iqbal J, McDermott O. A total productive maintenance and reliability framework for an active pharmaceutical ingredient plant utilizing design for lean Six sigma. *Heliyon* 2023;9:e20516. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e20516.
- [5] Raveendran V, R GR, P T A, Bhasi S, C P R, Kinhikar RA. Moving towards process-based radiotherapy quality assurance using statistical process control. *Physica Medica* 2023;112:102651. doi: 10.1016/j.ejmp.2023.102651.
- [6] Costa JP, Lopes IS, Brito JP. Six Sigma application for quality improvement of the pin insertion process. *Procedia Manufacturing* 2019;38:1592–99. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.126.
- [7] Widiwati ITB, Liman SD, Nurprinatin F. The implementation of Lean Six Sigma approach to minimize waste at a food manufacturing industry. *Journal of Engineering Research* 2025;13(2):611-26. doi: 10.1016/j.jer.2024.01.022.
- [8] Anh VNM, Anh HKN, Huy VN, Huy HG, Duc ML. Improve productivity and quality using Lean Six Sigma: a case study. *International Research Journal on Advanced Science Hub* 2023;5:71-83. doi: 10.47392/irjash.2023.016.
- [9] Shahriar MM, Parvez MS, Islam MA, Talapatra S. Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: a case study. *Cleaner Engineering and Technology* 2022;8:100488. doi: 10.1016/j.clet.2022.100488.

- [10] Hernandez AEB, Lu T, Beno T, Fredriksson C, Jawahir IS. Process sustainability evaluation for manufacturing of a component with the 6R application. *Procedia Manufacturing* 2019;33:546-53. doi: 10.1016/j.promfg.2019.04.068.
- [11] Boumsisse I, Benhadou M, Haddout A. Optimizing green Lean Six Sigma using Industry 5.0 technologies. *Cleaner Waste Systems* 2025;10:100234. doi: 10.1016/j.clwas.2025.100234.
- [12] Egorova A, Pitenko K, Karminsky A. Analysis of the industry-specific characteristics of ESG components in company. *Procedia Computer Science* 2024;242:1206-17. doi: 10.1016/j.procs.2024.08.156.
- [13] Harris S, Tsalidis G, Corbera JB, Gallart JJE, Tegstedt F. Application of LCA and LCC in the early stages of wastewater treatment design: a multiple case study of brine effluents. *Journal of Cleaner Production* 2021;307:127298. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127298.
- [14] Ippolito NM, Amato A, Ferella F, Prisciandaro M, Beolchini F, Vegliò F, Innocenzi V. The application of life cycle assessment and life cycle costing for the treatment of microelectronic industry effluents. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 2024;10:100854. doi: 10.1016/j.cscee.2024.100854.
- [15] Lindahl E, Dahlin JE, Bellgran M. A framework on circular production principles and a way to operationalise circularity in production industry. *Cleaner Production Letters* 2023;4:100038. doi: 10.1016/j.clpl.2023.100038.
- [16] Moshrefi S, Abdoli S, Kara S, Hauschild M. Product portfolio analysis towards operationalising science-based targets. *Procedia CIRP* 2020;90:377–82. doi: 10.1016/j.procir.2020.02.127.
- [17] Bottani E, Montanari R, Volpi A, Tebaldi L, Di Maria G. Statistical process control of assembly lines in a manufacturing plant: process capability assessment. *Procedia Computer Science* 2021;180:1024-33. doi: 10.1016/j.procs.2021.01.353.
- [18] Costa T, Silva FJG, Ferreira LP. Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. *Procedia Manufacturing* 2017;13:1104-11. doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.171.
- [19] Babkin A, Shkarupeta E, Tashenova L, Malevskaia-Malevich E, Shchegoleva T. Framework for assessing the sustainability of ESG performance in industrial cluster ecosystems in a circular economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 2023;9(2):100071. doi: 10.1016/j.joitmc.2023.100071.

- [20] Wang G, Sadiq M, Bashir T, Jain V, Ali SA, Shabbir MS. The dynamic association between different strategies of renewable energy sources and sustainable economic growth under SDGs. *Energy Strategy Reviews* 2022;42:100886. doi: 10.1016/j.esr.2022.100886.
- [21] Thailand Greenhouse Gas Management Organization. Emission Factor (CFP) database [Internet]. 2026 [cited 2026 Apr 9]. Available from: <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=EN&mod=Y0hKdlpIVmpkSE5mWlcxcGMzTnBiMiQ9>. (In Thai)

ประวัติผู้เขียนบทความ



นายวิรัช ชัยอัศวนันท์ นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาการจัดการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ที่อยู่ 110/1-4 ถ.ประชาชื่น เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210 E-mail: 67140094@dpu.ac.th



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ ผู้อำนวยการหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ที่อยู่ 110/1-4 ถ.ประชาชื่น เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210 E-mail: vorarat@dpu.ac.th



ดร.ประยุทธ์ ฤทธิเดช อาจารย์ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ที่อยู่ 110/1-4 ถ.ประชาชื่น เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210 E-mail: prayuth.rit@dpu.ac.th

Article History:

Received: January 24, 2026

Revised: July 16, 2026

Accepted: August 11, 2026