

การพัฒนากรอบการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มอย่างยั่งยืนในภาคเหนือตอนล่าง

Development of an Agro-cultural Industry Waste Management Framework for Sustainable Value Addition in the Lower Northern Region

โสรัจ ทองประคำ^{1*} และ ศักดิ์ดา เกิดการ²
Soraj Thongpracum^{1*}, and Sakda Kadkran²

**Corresponding author*

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น

Bachelor of Business Administration Program in Industrial Management Northern College, Thailand

E-mail: ^{1*}Soraj.Th@nothern.ac.th, ²Sakdapathum@gmail.com

Received February 12, 2026; Revised April 21, 2026; Accepted May 25, 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันและรูปแบบการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรในภาคเหนือตอนล่าง วิเคราะห์ปัจจัยเชิงการจัดการอุตสาหกรรมที่มีอิทธิพลต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มจากของเสีย และพัฒนากรอบการจัดการของเสียเชิงบูรณาการที่สนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืน การศึกษานี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมวิธี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตรจำนวน 420 ราย ผ่านแบบสอบถามที่มีโครงสร้าง และข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการอุตสาหกรรมและการพัฒนาที่ยั่งยืนจำนวน 7 คน ภาคอุตสาหกรรม 3 คน ภาครัฐ 2 คน และนักวิชาการ 2 คน นำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพการจัดการของเสียมีอิทธิพลโดยตรงต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจขององค์กรอย่างมีนัยสำคัญ ($\beta = 0.72$) โดยช่วยลดต้นทุน เพิ่มรายได้ และส่งเสริมการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากของเสีย นอกจากนี้ การสร้างมูลค่าเพิ่มยังมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความยั่งยืนขององค์กรในมิติด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ($\beta = 0.59$; $R^2 = 0.68$) สะท้อนว่าการบูรณาการการจัดการของเสียกับแนวทางการจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่เป็นกลไกสำคัญในการยกระดับประสิทธิภาพ การสร้างมูลค่าเพิ่ม และความยั่งยืนขององค์กรในภาคอุตสาหกรรมเกษตรผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าองค์กรที่สามารถเปลี่ยนของเสียให้เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่า จะมีเสถียรภาพทางธุรกิจสูงขึ้น

คำสำคัญ: การจัดการของเสีย; อุตสาหกรรมเกษตร; ความยั่งยืนขององค์กร; ภาคเหนือตอนล่าง

Abstract

This study aims to examine the current conditions and waste management practices in agro-industrial sectors in the lower northern region, analyze industrial management factors that influence the creation of value from waste, and develop an integrated waste management framework that supports sustainable development. A mixed-methods approach was employed. Quantitative data were collected from 420 agro-industrial entrepreneurs via structured questionnaires, and qualitative data were obtained through in-depth interviews with seven experts in industrial management and sustainable development, comprising three from the industrial sector, two from the public sector, and two academics. Data were analyzed using descriptive statistics and Structural Equation Modeling (SEM). The findings reveal that waste management efficiency has a significant direct effect on economic value creation ($\beta = 0.72$), contributing to cost reduction, revenue growth, and product development from waste. Furthermore, value creation positively influences organizational sustainability across economic, social, and environmental dimensions ($\beta = 0.59$; $R^2 = 0.68$). These results indicate that integrating waste management with modern industrial management practices is a key strategy for improving operational efficiency, value creation, and sustainability in the agro-industrial sector. Organizations capable of transforming waste into valuable resources tend to achieve greater business stability and long-term competitiveness.

Keywords: waste management; agro-industry; sustainable development; Lower Northern Thailand

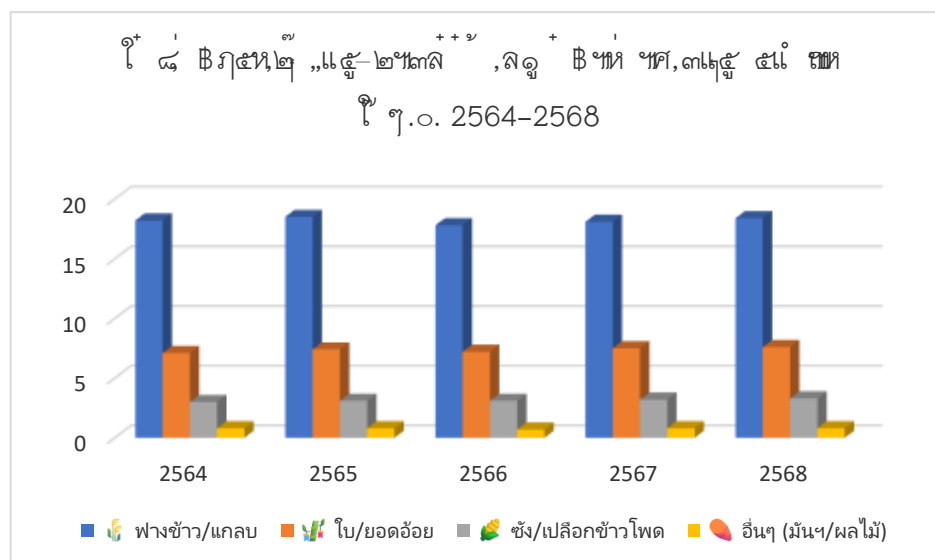
บทนำ

ภาคอุตสาหกรรมเกษตรนับเป็นภาคเศรษฐกิจที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศไทย ทั้งในด้านการสร้างรายได้ การจ้างงานและความมั่นคงทางอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับภูมิภาค ซึ่งเป็นแหล่งผลิตวัตถุดิบและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ภาคเหนือตอนล่างประกอบด้วย จังหวัดพิษณุโลก นครสวรรค์ สุโขทัย กำแพงเพชร และตาก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงด้านการเกษตร และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมแปรรูปข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด และพืชพลังงาน ชีวมวล (Geissdoerfer et al., 2017)

ตารางที่ 1 สัดส่วนประเภทของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรในภาคเหนือตอนล่าง

ประเภทของเสีย	ปริมาณเฉลี่ย (ตัน/ปี)	ร้อยละ
ของเสียอินทรีย์	12,500	45
ของเสียจากกระบวนการผลิต	8,300	30
ของเสียจากบรรจุภัณฑ์	4,200	15
อื่น ๆ	2,800	10

Source: Department of Industrial Works (2025)



Source: National Statistical Office (2025)

อุตสาหกรรมเกษตรจะสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาล แต่ในกระบวนการผลิตกลับก่อให้เกิดของเสียในปริมาณมาก ทั้งในรูปของของเสียแข็ง ของเสียเหลว และของเสียชีวมวล เช่น แกลบ กากอ้อย กากมันสำปะหลัง น้ำเสียจากกระบวนการผลิต และเศษวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูป ซึ่งจากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2565 ระบุว่า ปริมาณของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรในบางพื้นที่มีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 20-35 จำนวนตันต่อปีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตทั้งหมดของเสียดังกล่าว หากขาดการจัดการอย่างเป็นระบบ จะส่งผลให้ต้นทุนการกำจัดของเสียเพิ่มสูงขึ้น ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพของประชาชนในพื้นที่ และภาพลักษณ์ขององค์กร อุตสาหกรรมในระยะยาว นอกจากนี้ การจัดการของเสียที่ไม่มีประสิทธิภาพยังสะท้อนถึงการสูญเสียทรัพยากรและโอกาสทางเศรษฐกิจที่สามารถนำของเสียเหล่านั้นกลับมาใช้ประโยชน์หรือสร้างมูลค่าเพิ่มได้ (Porter & van der Linde, 1995)

ตารางที่ 2 ปริมาณของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง

จังหวัด	อุตสาหกรรมหลัก	ปริมาณของเสียโดยประมาณ (ตัน/ปี)
พิษณุโลก	แปรรูปข้าว	125,000
นครสวรรค์	น้ำตาล/อ้อย	210,000
สุโขทัย	มันสำปะหลัง	98,000
กำแพงเพชร	ข้าวโพด	87,000
ตาก	พืชพลังงาน	65,000

Source: Phitsanulok Provincial Industry Office (2022)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนและเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย โดยมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ลดการเกิดของเสีย และเปลี่ยนของเสียให้เป็นทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่ม (Geissdoerfer et al., 2017) แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับการจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่ เช่น การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) การบำรุงรักษาแบบทวิผลรวม (Total Productive Maintenance: TPM) ระบบการจัดการคุณภาพ (Quality Management System: QMS) และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ลดความสูญเสียและสร้างความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การประยุกต์ใช้แนวคิดการจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรในบริบทของภาคเหนือตอนล่างยังมีข้อจำกัด ทั้งในแง่ขององค์ความรู้ การลงทุน และการปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) การขาดกรอบการจัดการเชิงบูรณาการที่ชัดเจน ส่งผลให้ของเสียจำนวนมากยังไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มศักยภาพ

บทความวิจัยนี้นำเสนอ พัฒนารอบการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรที่บูรณาการแนวคิดการจัดการอุตสาหกรรม เทคโนโลยีและความยั่งยืนเข้าด้วยกัน โดยมุ่งเน้นบริบทของพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงทั้งในเชิงผู้ประกอบการ และเชิงนโยบาย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรในภาคเหนือตอนล่าง
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเชิงองค์กร เทคโนโลยี และการจัดการ ที่มีผลต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มจากของเสีย
3. เพื่อพัฒนารอบการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรอย่างยั่งยืน

การทบทวนวรรณกรรม

การจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรเป็นประเด็นสำคัญด้านการจัดการที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการดำเนินงาน ต้นทุนการผลิต ความสามารถในการแข่งขัน และความยั่งยืนขององค์กร เนื่องจากกระบวนการผลิตทางการเกษตรก่อให้เกิดของเสียในปริมาณมากและมีความหลากหลาย หากขาดระบบการจัดการที่เหมาะสมย่อมส่งผลกระทบต่อทั้งในเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศจึงให้ความสำคัญกับการจัดการของเสียในฐานะเครื่องมือในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรและลดต้นทุนในระยะยาว (Singh & Ordoñez, 2016; Kirchherr et al., 2017)

การจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตร

งานวิจัยในประเทศไทย เกี่ยวกับการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรส่วนใหญ่มุ่งเน้นการลดปริมาณของเสีย การนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ และการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิต การจัดการวัสดุเหลือใช้ และการใช้เทคโนโลยีในการบำบัดหรือแปรรูปของเสีย งานวิจัยเหล่านี้ช่วยสะท้อนแนวทางการจัดการของเสียในเชิงปฏิบัติการและเชิงเทคนิค อย่างไรก็ตาม ยังขาดการอธิบายบทบาทของการจัดการในระดับองค์กรและเชิงกลยุทธ์ โดยเฉพาะการตัดสินใจของผู้บริหารในการใช้ของเสียเป็นทรัพยากรเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม

ในบริบทต่างประเทศ แนวคิดการจัดการของเสียได้พัฒนาไปสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มจากของเสีย (waste valorization) และกรอบเศรษฐกิจหมุนเวียน ซึ่งมองของเสียเป็นทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่า (Kirchherr et al., 2017) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยจำนวนมากยังคงให้ความสำคัญกับมิติด้านเทคนิคและเทคโนโลยี มากกว่าการวิเคราะห์ปัจจัยด้านการจัดการที่เอื้อต่อความสำเร็จของการจัดการของเสียในระดับองค์กร

แนวคิดการจัดการอุตสาหกรรมและการเพิ่มประสิทธิภาพองค์กร

การจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่ให้ความสำคัญกับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรและการลดความสูญเปล่า โดยแนวคิดการจัดการแบบลีน ระบบการจัดการคุณภาพ และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลหรืออุตสาหกรรม 4.0 ถูกนำมาใช้เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพการดำเนินงานและความสามารถในการแข่งขัน งานวิจัยในประเทศไทยยืนยันว่าแนวคิดการจัดการดังกล่าวมีผลเชิงบวกต่อประสิทธิภาพและผลการดำเนินงานขององค์กรอุตสาหกรรม

ขณะเดียวกัน งานวิจัยต่างประเทศพบว่า การบูรณาการแนวคิดการจัดการแบบลีนเข้ากับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร ลดของเสียและสนับสนุนการดำเนินงานอย่างยั่งยืน (Womack & Jones, 2003; Sony & Naik, 2020) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเหล่านี้ส่วนใหญ่ศึกษาในบริบทอุตสาหกรรมการผลิตทั่วไป และยังขาดการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการของเสียอย่างเป็นระบบ

แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนและการบูรณาการเชิงกลยุทธ์

แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะกรอบแนวคิด Triple Bottom Line ซึ่งครอบคลุมมิติทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการพัฒนาองค์กรและอุตสาหกรรม (Elkington, 1997) งานวิจัยในประเทศไทยสะท้อนให้เห็นว่าการบูรณาการความยั่งยืนเข้ากับกลยุทธ์องค์กรมีผลต่อผลการดำเนินงานและความสามารถในการแข่งขันในระยะยาว

การศึกษาเกี่ยวกับความยั่งยืนอย่างแพร่หลาย แต่ยังขาดงานวิจัยที่พัฒนากรอบการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรโดยบูรณาการแนวคิดการจัดการอุตสาหกรรมและความยั่งยืนเข้าด้วยกันในเชิงโครงสร้างความสัมพันธ์ โดยเฉพาะการอธิบายกลไกที่การจัดการของเสียสามารถนำไปสู่การสร้างมูลค่าเพิ่มและผลลัพธ์ด้านความยั่งยืนขององค์กร

จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปช่องว่างของความรู้ได้ดังนี้

(1) งานวิจัยด้านการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรยังมุ่งเน้นเชิงเทคนิคและการปฏิบัติการ มากกว่ามิติด้านการจัดการเชิงกลยุทธ์

(2) งานวิจัยด้านการจัดการอุตสาหกรรมยังขาดการเชื่อมโยงกับการจัดการของเสียและการสร้างมูลค่าเพิ่มจากของเสียโดยตรง

(3) ยังไม่มีกรอบแนวคิดเชิงบูรณาการที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการจัดการอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการจัดการของเสีย การสร้างมูลค่าเพิ่ม และความยั่งยืนอย่างเป็นระบบ

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนากรอบแนวคิดเชิงบูรณาการ โดยนำแนวคิดการจัดการแบบสิ้น เทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 และระบบการจัดการคุณภาพ มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการจัดการของเสียและการสร้างมูลค่าเพิ่ม เพื่อสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนของอุตสาหกรรมเกษตร

สมมติฐานงานวิจัย

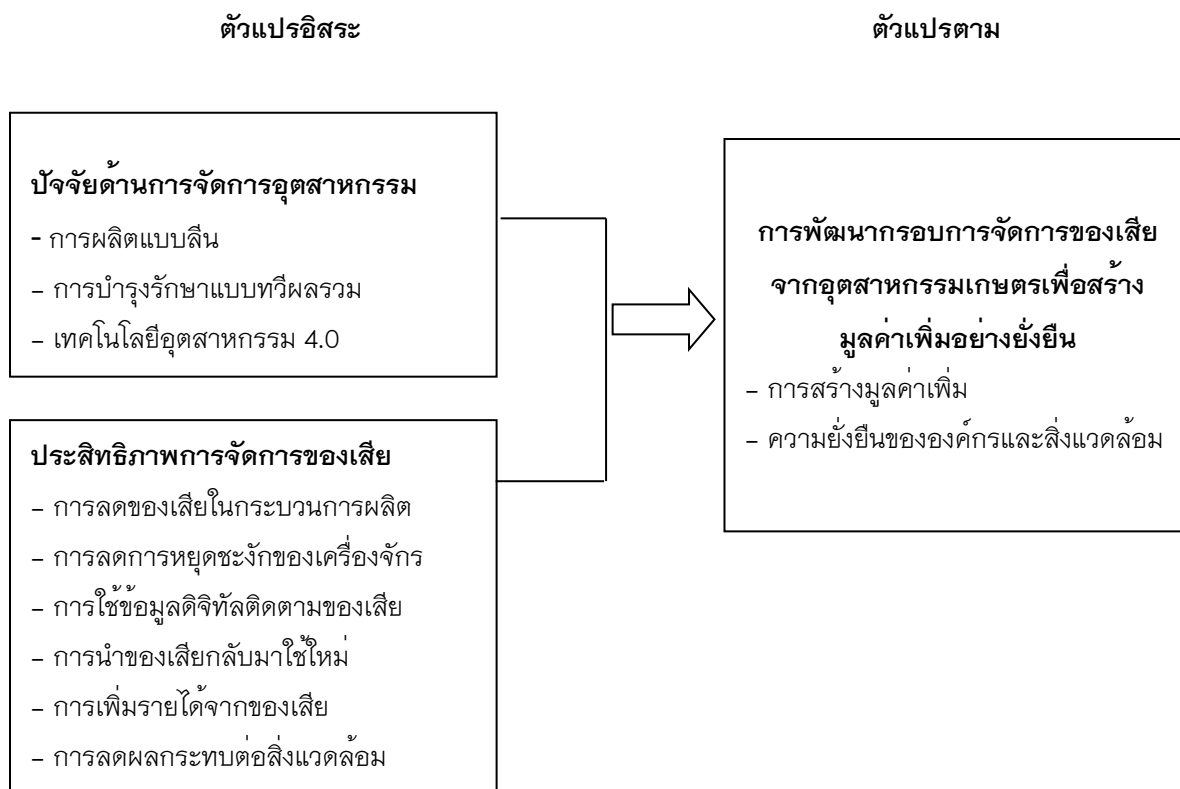
H1: การจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการจัดการของเสีย

H2: ประสิทธิภาพการจัดการของเสียมีอิทธิพลต่อการสร้างมูลค่าเพิ่ม

H3: การสร้างมูลค่าเพิ่มมีอิทธิพลต่อความยั่งยืนขององค์กร

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้พัฒนากรอบแนวคิดโดยอาศัยแนวคิดการจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่ร่วมกับแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน เพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างปัจจัยด้านการจัดการอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการจัดการของเสีย การสร้างมูลค่าเพิ่ม และความยั่งยืนขององค์กรอุตสาหกรรมเกษตร



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยมุ่งเน้นการวิจัยเชิงปริมาณรวมกับการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยศึกษาการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มอย่างยั่งยืน เพื่อพัฒนาและทดสอบแบบจำลองเชิงสาเหตุ (Structural Equation Modeling: SEM) และใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เชิงระบบและเชิงนโยบายในระดับอุตสาหกรรม

พื้นที่วิจัย คือภาคเหนือตอนล่าง

ประชากร คือผู้บริหารและผู้จัดการในอุตสาหกรรมเกษตรในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก นครสวรรค์ สุโขทัย กำแพงเพชร และตาก ผู้วิจัยได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณ กรณิหาราพจำนวนประชากร โดยใช้สูตร Yamane (1973) สำหรับประชากร 10,000 คน ที่ระดับช่วงความเชื่อมั่น 95% จะได้ขนาดตัวอย่างประมาณ 385 คน และการเก็บข้อมูลจริงจำนวน 420 คน เป็นการเก็บเพิ่มเติมจากค่าขั้นต่ำดังกล่าว ในส่วนของการวิจัยเชิงคุณภาพใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน คัดเลือกแบบเจาะจงจากผู้ที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี และมีบทบาทด้านการจัดการอุตสาหกรรมหรือสิ่งแวดล้อม ข้อมูลครอบคลุมภาคอุตสาหกรรม 3 คน ภาครัฐ 2 คน และนักวิชาการ 2 คน เก็บข้อมูลจนเกิดความอิ่มตัว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมและการสังเคราะห์แนวคิดด้านการจัดการอุตสาหกรรม การจัดการของเสีย และการสร้างมูลค่าเพิ่มอย่างยั่งยืน โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามและสถานประกอบการ ประกอบด้วย ข้อคำถามเกี่ยวกับ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่งงาน ประสบการณ์ทำงาน ประเภทกิจการ ขนาดองค์กร และลักษณะการดำเนินงาน รวมจำนวน 8 ข้อ

ตอนที่ 2 ตัวแปรด้านการจัดการอุตสาหกรรมและการจัดการของเสีย ประกอบด้วย ข้อคำถามเกี่ยวกับการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) การบำรุงรักษาทีวี่ผลรวม (TPM) ระบบการจัดการคุณภาพและสิ่งแวดล้อม (QMS/EMS) และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 รวมจำนวน 24 ข้อ

ตอนที่ 3 ตัวแปรด้านการสร้างมูลค่าเพิ่มและผลการดำเนินงานด้านความยั่งยืน ประกอบด้วย ข้อคำถามเกี่ยวกับการสร้างมูลค่าเพิ่มจากของเสีย และความยั่งยืนขององค์กรในมิติด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม รวมจำนวน 18 ข้อ แบบสอบถามใช้มาตรวัดแบบประมาณค่า (Rating Scale) ตามแนวคิดของ Likert (1932) แบ่งเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ “น้อยที่สุด” ถึง “มากที่สุด”

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

แบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความเหมาะสมและความครอบคลุมของเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการอุตสาหกรรม การจัดการสิ่งแวดล้อม และการวิจัยเชิงคุณภาพ จำนวน 7 คน โดยใช้เทคนิคเดลฟาย (Rowe & Wright, 1999) ในการปรับปรุงตัวแปรและตัวชี้วัดให้มีความสอดคล้องกับบริบทของอุตสาหกรรมเกษตรในพื้นที่ศึกษา

2. ความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability)

ทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) ซึ่งกำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ไม่น้อยกว่า 0.70 มีการผลิตแบบลีน = 0.89, ประสิทธิภาพการจัดการของเสีย = 0.90, การสร้างมูลค่าเพิ่ม = 0.92 และความยั่งยืนขององค์กร = 0.93

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้วิธีแบบผสมผสาน โดยการวิจัยเชิงปริมาณ ศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 420 ราย คัดเลือกด้วยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน และใช้แบบสอบถามมาตรลิเคิร์ต 5 ระดับ ซึ่งผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ($IOC \geq 0.50$) และมีค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's Alpha ≥ 0.70) ส่วนการวิจัยเชิงคุณภาพใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน คัดเลือกแบบเจาะจงจากผู้ที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี การเก็บข้อมูลดำเนินการโดยใช้แบบสอบถาม และการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสมการโครงสร้าง (SEM)

พร้อมตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล ขณะที่ข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อสังเคราะห์ประเด็นสำคัญอย่างเป็นระบบ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้บริหารโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร ผู้จัดการฝ่ายผลิต ฝ่ายคุณภาพ และฝ่ายสิ่งแวดล้อม ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตร ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก นครสวรรค์ สุโขทัย กำแพงเพชร และตาก จำนวน 420 คน (Yamane, 1973)

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้บริหารโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร ผู้จัดการฝ่ายผลิต ฝ่ายคุณภาพ และฝ่ายสิ่งแวดล้อม ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเกษตรในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก นครสวรรค์ สุโขทัย กำแพงเพชร และตาก จำนวน 420 คน โดยใช้การคำนวณวิธีการสุ่มตัวอย่างใช้การสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) (Nikolopoulou, 2023)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 2) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) เพื่อทดสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของตัวแปรแฝง และ 3) การวิเคราะห์แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยและความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และค่าสถิติที่ใช้ในการประเมินความสอดคล้องของแบบจำลอง เช่น Chi-square/df, CFI, TLI, RMSEA และ SRMR

ผลการวิจัย

ตารางที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตัวแปร	รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
ตำแหน่งงาน	ผู้บริหารระดับสูง	48	12.00
	ผู้จัดการ/หัวหน้างาน	152	38.00
	พนักงานปฏิบัติการ	200	50.00
ประสบการณ์การทำงาน	น้อยกว่า 5 ปี	96	24.00
	5-10 ปี	168	42.00
	มากกว่า 10 ปี	136	34.00
ระดับการศึกษา	ต่ำกว่าปริญญาตรี	80	20.00
	ปริญญาตรี	224	56.00
	สูงกว่าปริญญาตรี	96	24.00
รวม		400	100.00

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวนทั้งสิ้น 420 คน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นพนักงานปฏิบัติการ คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมาคือ ผู้จัดการหรือหัวหน้างาน ร้อยละ 38.00 และผู้บริหารระดับสูง ร้อยละ 12.00 ตามลำดับ ด้านประสบการณ์การทำงาน พบว่า ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ 5-10 ปี คิดเป็นร้อยละ 42.00 รองลงมาคือมากกว่า 10 ปี ร้อยละ 34.00 และน้อยกว่า 5 ปี ร้อยละ 24.00 และด้านระดับการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 56.00 รองลงมาคือสูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 24.00 และต่ำกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 20.00

วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรม เกษตรในภาคเหนือตอนล่าง ผลการวิจัยพบว่า การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) การบำรุงรักษา ทั่วผลรวม (TPM) ระบบการจัดการคุณภาพและสิ่งแวดล้อม (QMS/EMS) และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 มีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสิทธิภาพการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตร อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01 โดยตัวแปรด้านการผลิตแบบลีนมีอิทธิพลสูงสุด รองลงมาคือ ระบบ QMS/EMS เทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 และการบำรุงรักษาทั่วผลรวม ตามลำดับ ทั้งนี้ ปัจจัยดังกล่าวสามารถ อธิบายความแปรปรวนของประสิทธิภาพการจัดการของเสียได้ร้อยละ 64 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการ

บูรณาการระบบการจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่มีบทบาทสำคัญต่อการลดปริมาณของเสีย การคัดแยก และการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตร

ตัวแปรอิสระ	ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพล เชิงมาตรฐาน (β)	ค่า (t-value)	ค่า (p-value)
การผลิตแบบสลับ	0.42	7.11	< 0.01
การบำรุงรักษา (TPM)	0.25	4.59	< 0.01
ระบบ QMS/EMS	0.35	6.28	< 0.01
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0	0.30	5.54	< 0.01

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเชิงองค์กร เทคโนโลยี และการจัดการ ที่มีผลต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มจากของเสีย ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพการจัดการของเสียมีอิทธิพลโดยตรงต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มขององค์กรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเชิงมาตรฐานเท่ากับ 0.56 แสดงให้เห็นว่าการจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพสามารถช่วยเพิ่มรายได้ ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มโอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากของเสียได้อย่างเป็นรูปธรรม

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดการของเสียมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความยั่งยืนขององค์กรในมิติด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวแปร	ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพล เชิงมาตรฐาน (β)	ค่า (t-value)	ค่า (p-value)
ประสิทธิภาพการจัดการของเสีย	0.72	8.42	< 0.01

$R^2 = 0.46$

วัตถุประสงค์ที่ 3 เพื่อพัฒนารอบการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรอย่างยั่งยืน ผลการวิจัยพบว่า การสร้างมูลค่าเพิ่มจากของเสียมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความยั่งยืนขององค์กรในมิติด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเชิงมาตรฐานเท่ากับ 0.72 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของความยั่งยืนขององค์กรได้ร้อยละ 68 ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าองค์กรที่สามารถเปลี่ยนของเสียให้เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่า จะมีเสถียรภาพทางธุรกิจสูงขึ้น ได้รับการยอมรับจากสังคม มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงบวกมากขึ้น

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์การสร้างความมูลค่าเพิ่มจากของเสียมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความยั่งยืนขององค์กรในมิติด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมอย่าง

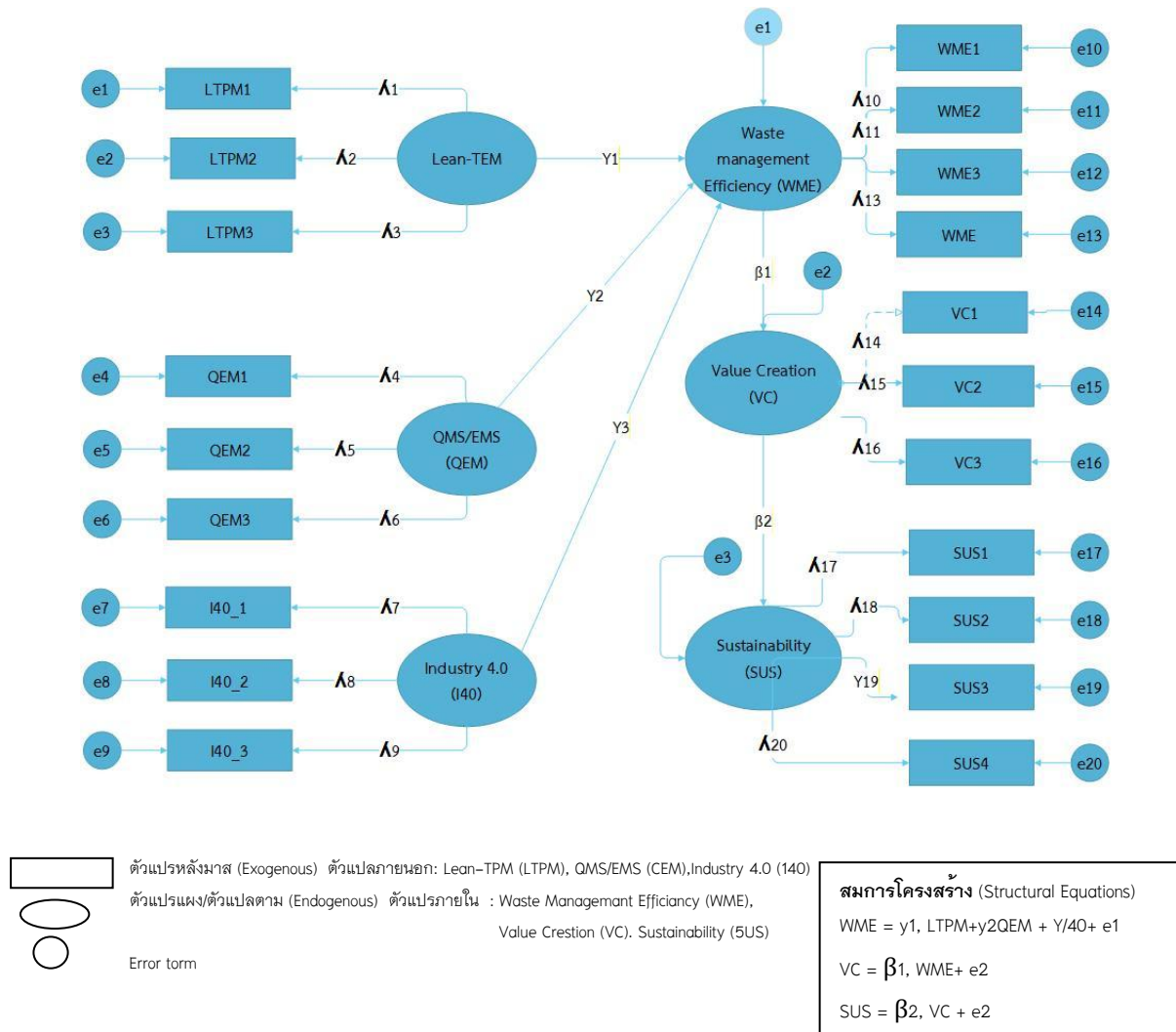
ตัวแปร	(β)	ค่า (t-value)	ค่า (p-value)
การสร้างความมูลค่าเพิ่มจากของเสีย	0.59	9.77	< 0.001

$R^2=0.52$

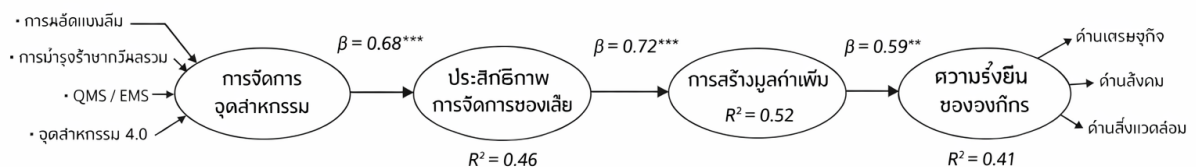
อภิปรายผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้แนวคิดการจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่

ผลการวิเคราะห์ SEM พบว่า แนวคิดการจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่ ได้แก่ การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) การบำรุงรักษาแบบทวีผลรวม (Total Productive Maintenance: TPM) ระบบการจัดการคุณภาพและสิ่งแวดล้อม (QMS/EMS) และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 มีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสิทธิภาพการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยเฉพาะ QMS/EMS มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลสูงสุด ($\beta = 0.42$) สะท้อนให้เห็นว่า การมีระบบมาตรฐานที่ชัดเจน การกำหนดขั้นตอนการควบคุม และการตรวจติดตามอย่างเป็นระบบ เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้องค์กรสามารถควบคุม ลด และจัดการของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Deming (1986), and International Organization for Standardization (ISO) (2015a) ที่เน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของ Zhu and Sarkis (2004) ที่ระบุว่า ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด 3R (Reduce, Reuse, Recycle) และเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ของ MacArthur (2013) ผลการวิจัยสนับสนุนแนวคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) ที่มองว่าของเสียเป็นผลลัพธ์จากกระบวนการทั้งหมดของระบบการผลิต ไม่ใช่เพียงผลพลอยได้ปลายทาง ดังนั้น การปรับปรุงกระบวนการผลิตจึงช่วยลดของเสียได้อย่างยั่งยืน (Sterman, 2000) ผลการสร้างความมูลค่าเพิ่มจากของเสีย ผลการวิเคราะห์พบว่า ประสิทธิภาพการจัดการของเสียมีอิทธิพลเชิงบวกต่อการสร้างความมูลค่าเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($\beta = 0.59$) แสดงให้เห็นว่าของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หรือทรัพยากรที่มีมูลค่า เช่น พลังงานชีวมวล ปุ๋ยอินทรีย์ หรือวัตถุดิบทดแทน ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Singh and Ordoñez (2019) ที่พบว่า การแปรรูปของเสียทางการเกษตรสามารถสร้างรายได้เสริมและลดต้นทุนการจัดการของเสียได้ในระยะยาว



ภาพที่ 2 โมเดลสมการโครงสร้างของการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตร



หมายเหตุ: ***p < .001, **p < .01

ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างของการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตร

ตารางที่ 7 ค่าความสอดคล้องของแบบจำลองสมการโครงสร้าง

ดัชนีความสอดคล้องของแบบจำลอง	ค่าที่ได้จากการวิจัย	เกณฑ์มาตรฐาน
Chi-square/df	1.85	< 3.00
CFI (Comparative Fit Index)	0.96	> 0.90
TLI (Tucker–Lewis Index)	0.95	> 0.90
RMSEA	0.045	< 0.08
SRMR	0.038	< 0.08

อภิปรายผลตามสมมติฐานการวิจัย

ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบจำลองทุกค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยค่า Chi-square/df มีค่าเท่ากับ 1.85 ซึ่งน้อยกว่า 3.00 แสดงว่าแบบจำลองมีความเหมาะสมกับข้อมูลเชิงประจักษ์ นอกจากนี้ ค่า CFI และ TLI มีค่ามากกว่า 0.90 แสดงถึงความสอดคล้องที่ดีของแบบจำลอง ในขณะที่เดียวกัน ค่า RMSEA และ SRMR มีค่าน้อยกว่า 0.08 ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนต่ำ และมีความเหมาะสมในระดับดี

โดยสรุป แบบจำลองสมการโครงสร้างที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้อย่างเหมาะสมแสดงถึงความเหมาะสมของแบบจำลอง ผลดังกล่าวยืนยันว่า แนวคิดการจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่เป็นปัจจัยต้นน้ำที่ส่งผลต่อความยั่งยืนผ่านกลไกของการจัดการของเสียและการสร้างมูลค่าเพิ่ม

อภิปรายผลเชิงเปรียบเทียบกับการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในประเทศ พบว่าผลการวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับแนวโน้มการศึกษาด้านอุตสาหกรรมสีเขียวและเศรษฐกิจหมุนเวียน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีความโดดเด่นในการบูรณาการแนวคิด Lean, TPM, QMS/EMS และ Industry 4.0 เข้าด้วยกันในแบบจำลองเดียวในระดับนานาชาติ ผลการวิจัยสนับสนุนงานของ Kamble et al. (2018) ที่ระบุว่า Industry 4.0 เป็นปัจจัยเร่ง (Enabler) สำคัญของการจัดการทรัพยากรและของเสียอย่างชาญฉลาด

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย



ภาพที่ 4 กรอบการจัดการของเสียอุตสาหกรรมเกษตรเชิงบูรณาการเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและความยั่งยืน

(Notebook LM)

สรุป

การวิจัยเรื่องการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและความยั่งยืนขององค์กร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของการจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่ที่มีต่อประสิทธิภาพการจัดการของเสีย การสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ และความยั่งยืนขององค์กร โดยใช้กรอบแนวคิดที่บูรณาการการผลิตแบบสิ้น การบำรุงรักษาที่ผลรวม ระบบการจัดการคุณภาพและสิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านการจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่ ได้แก่ การผลิตแบบสิ้น การบำรุงรักษาที่ผลรวม ระบบ QMS/EMS และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 มีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสิทธิภาพการจัดการของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยการผลิตแบบสิ้นมีอิทธิพลสูงสุด และปัจจัยทั้งหมดสามารถอธิบายความแปรปรวนของประสิทธิภาพการจัดการของเสียได้ร้อยละ 64

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังพบว่า ประสิทธิภาพการจัดการของเสียมีอิทธิพลโดยตรงต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจขององค์กรอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเชิงมาตรฐานเท่ากับ 0.72 แสดงให้เห็นว่าองค์กรที่มีระบบจัดการของเสียอย่างมีประสิทธิภาพสามารถลดต้นทุนเพิ่มรายได้ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากของเสียได้อย่างเป็นรูปธรรมในขณะเดียวกัน การสร้างมูลค่าเพิ่มจากของเสียมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความยั่งยืนขององค์กรในมิติด้านเศรษฐกิจ สังคม

และสิ่งแวดล้อม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.59 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของความยั่งยืนขององค์กรได้อย่างละ 68 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าองค์กรที่สามารถเปลี่ยนของเสียให้เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่า จะมีความสามารถในการแข่งขันและความมั่นคงทางธุรกิจในระยะยาว โดยสรุปผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการระบบการจัดการอุตสาหกรรมสมัยใหม่เข้ากับการจัดการของเสียเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับประสิทธิภาพการดำเนินงาน การสร้างมูลค่าเพิ่ม และการพัฒนาองค์กรอย่างยั่งยืนในภาคอุตสาหกรรมเกษตร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงการนำไปใช้ประโยชน์ (Practical Implications)

จากผลการวิจัย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงบริหารจัดการและเชิงนโยบาย ดังนี้

1.1 องค์กรอุตสาหกรรมเกษตรควรให้ความสำคัญกับการนำแนวคิดการผลิตแบบสีนมาใช้ในการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ควบคู่กับการพัฒนาระบบการบำรุงรักษาที่ผลรวมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรและลดของเสียจากกระบวนการผลิต

1.2 ควรพัฒนาและยกระดับระบบการจัดการคุณภาพและสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และสนับสนุนการดำเนินงานด้านความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กร

1.3 ควรส่งเสริมการนำเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 4.0 เช่น ระบบสารสนเทศ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ และระบบติดตามแบบเรียลไทม์ มาใช้ในการบริหารจัดการของเสีย เพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการตัดสินใจเชิงบริหาร

1.4 องค์กรควรพัฒนาระบบการคัดแยกและแปรรูปของเสียอย่างเป็นระบบ เพื่อนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ และสร้างรายได้เสริมอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต (Recommendations for Future Research)

การวิจัยในอนาคตควรศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างอุตสาหกรรมน้ำตาลและอุตสาหกรรมข้าวซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหลักในพื้นที่ เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างด้านการจัดการของเสียและศักยภาพในการสร้างมูลค่าเพิ่ม ควบคู่กับการขยายพื้นที่ศึกษาไปยังภูมิภาคอื่นเพื่อเปรียบเทียบบริบทอุตสาหกรรม นอกจากนี้ ควรประยุกต์ใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสานและพัฒนาโมเดลโดยเพิ่มตัวแปรแทรกหรือตัวแปรกำกับ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความครอบคลุมของผลการวิจัยในเชิงลึกยิ่งขึ้น

References

- Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. MIT Press.
- Department of Industrial Works. (2025). *Industrial waste situation reports in Thailand*. Ministry of Industry.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy: A new sustainability paradigm. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- International Organization for Standardization (ISO). (2015a). *ISO 9001:2015 quality management systems*. <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- International Organization for Standardization (ISO). (2015b). *ISO 14001:2015 environmental management systems*. <https://www.iso.org/standard/60857.html>
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408–425.
DOI: 10.1016/j.psep.2018.05.009
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Likert, R. (1932). A technique for measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 5–55.
- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of industrial ecology*, 2(1), 23–44.
- National Statistical Office. (2025). *Types of waste in the agro-industrial sector in the lower northern region, 2021–2025*. <http://www.nso.go.th>
- Nikolopoulou, K. (2023, June 22). *What is purposive sampling? Definition & examples*. Scribbr.
<https://www.scribbr.com/methodology/purposive-sampling/>
- Phitsanulok Provincial Industry Office. (2022). *Industrial development action plan for the lower northern province cluster 1 (2023–2027)*. Ministry of Industry.
- Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment–competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118.
<http://dx.doi.org/10.1257/jep.9.4.97>

- Rowe, G., & Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: Issues and analysis. *International Journal of Forecasting*, 15(4), 353–375.
DOI: 10.1016/S0169-2070(99)00018-7
- Singh, J., & Ordoñez, I. (2016). Resource recovery from post-consumer waste: Important lessons for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 134, 342–353.
DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.12.020
- Sony, M., & Naik, S. (2020). Industry 4.0 integration with socio-technical systems theory: A systematic review and proposed theoretical model. *Technology in Society*, 61, 101248.
<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101248>
- Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. McGraw-Hill.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking*. Free Press.
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An introductory analysis* (3rd ed.). Harper & Row.
- Zhu, Q., & Sarkis, J. (2004) Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises. *Journal of Operations Management*, 22, 265–289.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2004.01.005>