

การประยุกต์ใช้นวัตกรรมในการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมห้องเย็นในประเทศไทย

The Application of Innovation in Cold Storage Industry Business Operations in Thailand

สุวีร์ คล่องแคล่ว¹, ณัฐพร ฉายประเสริฐ², และ จิตติยาภรณ์ ชาวารากุล³

Suwee Klongklaew¹, Natthaphorn Chaiprasert², Jityaporn Chaowarakul³

^{1,2}หลักสูตรบริหารธุรกิจดุษฎีบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกริก

³มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก เขตพื้นที่จักรพงษ์วนารม

^{1,2}Doctor of Business Administration Program, Faculty of Business Administration, Krirk University, Thailand

³Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chakrabongse Bhuvanarth Campus, Thailand

Corresponding Author E-mail: ¹ksuwee@hotmail.co.th, ²nut729245@gmail.com, and

³jityaporn.cha@gmail.com

Received: May 26, 2026

Revised: July 31, 2026

Accepted: August 5, 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาประเภทและรูปแบบของนวัตกรรมที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมห้องเย็นในประเทศไทย 2) วิเคราะห์ผลกระทบและประโยชน์ของการนำนวัตกรรมมาใช้ในอุตสาหกรรมห้องเย็นในประเทศไทย และ 3) เสนอแนะแนวทางการส่งเสริมการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในอุตสาหกรรมห้องเย็นของประเทศไทย การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพในรูปแบบการวิจัยเอกสารและการวิเคราะห์เนื้อหา โดยรวบรวมเอกสารวิชาการ งานวิจัย รายงาน และเอกสารจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการกำหนดหน่วยวิเคราะห์ การจัดหมวดหมู่ การเปรียบเทียบ และการสังเคราะห์ข้อค้นพบตามวัตถุประสงค์การวิจัย ผลการวิจัยพบว่า 1) นวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมห้องเย็นสามารถจำแนกได้ 5 ประเภท ได้แก่ นวัตกรรมระบบทำความเย็น ระบบสารสนเทศและดิจิทัล การจัดการโซ่ความเย็น พลังงานสีเขียว และระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ โดยมีแนวโน้มเชื่อมโยงเทคโนโลยีเครื่องจักร และข้อมูลเข้าด้วยกันมากขึ้น 2) การประยุกต์ใช้นวัตกรรมส่งผลต่อประสิทธิภาพและต้นทุนการดำเนินงาน คุณภาพสินค้าและการบริการ การลดความสูญเสียและความเสี่ยง ตลอดจนความสามารถในการแข่งขันและการเชื่อมโยงโซ่อุปทาน อย่างไรก็ตาม ผลที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับความพร้อมด้านเงินลงทุน บุคลากร ระบบเดิม และความสามารถในการใช้ข้อมูลของแต่ละกิจการ และ 3) แนวทางส่งเสริมควรดำเนินการร่วมกันในระดับนโยบาย ระดับวิชาการและการพัฒนาบุคลากร และระดับสถานประกอบการ โดยเน้นการสนับสนุนเงินทุน การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและมาตรฐานข้อมูล การพัฒนาทักษะบุคลากร และการเลือกใช้นวัตกรรมให้เหมาะสมกับปัญหาและความพร้อมของกิจการ

คำสำคัญ: นวัตกรรม, อุตสาหกรรมห้องเย็น, โซ่ความเย็น, เทคโนโลยีดิจิทัล

Abstract

This study aimed to 1) examine the types and forms of innovation applied to business operations in Thailand's cold storage industry, 2) analyze the impacts and benefits of innovation adoption in Thailand's cold storage industry, and 3) propose guidelines for promoting innovation adoption in the industry. A qualitative research approach was employed using documentary research and content analysis. Academic publications, research studies, reports, and documents from relevant organizations were collected. The data were analyzed by defining units of analysis, categorizing and comparing the information, and synthesizing the findings in accordance with the research objectives. The findings revealed that 1) innovations related to the cold storage industry could be classified into five categories: refrigeration system innovation, information and digital systems, cold chain management, green energy, and automation and robotics. These innovations showed an increasing tendency toward the integration of technology, machinery, and data; 2) innovation adoption contributed to operational efficiency and cost management, product and service quality, the reduction of losses and risks, as well as competitiveness and supply chain connectivity. However, the extent of these outcomes depended on each enterprise's readiness in terms of investment, personnel, existing systems, and its capacity to utilize data; and 3) the promotion of innovation adoption should be pursued at three interconnected levels: policy, academic and human resource development, and enterprise. Particular emphasis should be placed on financial support, the development of infrastructure and data standards, workforce skill development, and the selection of innovations appropriate to the problems and readiness of each enterprise.

Keywords: Innovation, Cold Storage Industry, Cold Chain, Digital Technology

บทนำ

อุตสาหกรรมห้องเย็น (Cold Storage Industry) เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน มีความสำคัญต่อสินค้าเกษตร อาหารสด อาหารแปรรูป และสินค้าอื่นที่ต้องควบคุมอุณหภูมิ ตั้งแต่การรับวัตถุดิบ การเก็บรักษา การขนส่ง ไปจนถึงการกระจายสินค้า การรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมช่วยลดการเสื่อมคุณภาพและการสูญเสียของสินค้า ตลอดจนสนับสนุนมาตรฐานด้านความปลอดภัยทางอาหารและการส่งออก สำหรับประเทศไทยซึ่งมีภาคเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารเป็นฐานสำคัญของการค้า ระบบห้องเย็นจึงมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับประสิทธิภาพของโซ่อุปทานและความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการ งานศึกษาการใช้พลังงานของห้องเย็นในประเทศไทยจำนวน 161 ห้องยังสะท้อนให้เห็นว่าการดำเนินงานของห้องเย็นมีความแตกต่างกันตามประเภท อุณหภูมิ ขนาดพื้นที่จัดเก็บ และ

การใช้พลังงาน จึงเป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยการจัดการทั้งด้านเทคนิคและต้นทุนควบคู่กัน (Tachajapong et al., 2022)

การพัฒนาเทคโนโลยีในช่วงอุตสาหกรรม 4.0 ทำให้การจัดการห้องเย็นเปลี่ยนจากการตรวจสอบและควบคุมด้วยระบบแยกส่วนไปสู่การใช้ข้อมูลและระบบอัตโนมัติมากขึ้น เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสิ่ง (Internet of Things: IoT) สามารถเชื่อมต่อเซนเซอร์เพื่อติดตามอุณหภูมิ ความชื้น ตำแหน่ง และสถานะของสินค้าแบบเวลาจริง ช่วยให้ผูปฏิบัติงานตรวจพบความผิดปกติและแก้ไขได้รวดเร็วขึ้น รวมถึงนำข้อมูลไปใช้ในการบริหารสินค้าคงคลังและลดความสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาและขนส่ง (Ahmad et al., 2024; Wang et al., 2024) ขณะเดียวกัน ระบบอัตโนมัติและปัญญาประดิษฐ์สามารถนำมาใช้ในการควบคุมเครื่องจักร การจัดเก็บและเคลื่อนย้ายสินค้า การพยากรณ์ความต้องการ และการวางแผนการใช้ทรัพยากร ส่วนเทคโนโลยี Blockchain สามารถนำมาใช้สนับสนุนการตรวจสอบย้อนกลับและการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้เกี่ยวข้องในโซ่อุปทานอาหาร โดยการศึกษาโซ่อุปทานไก่เนื้อของประเทศไทย สะท้อนให้เห็นศักยภาพของการใช้เทคโนโลยีเพิ่มความโปร่งใสของข้อมูลและลดข้อจำกัดของระบบสารสนเทศแบบรวมศูนย์ (Pongnumkul et al., 2025) นอกจากนี้ เทคโนโลยีด้านพลังงาน เช่น เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์สามารถนำมาผสมผสานกับระบบกักเก็บพลังงานความเย็นเพื่อสนับสนุนการทำงานของระบบทำความเย็นในคลังสินค้า (Liang et al., 2022)

อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ในอุตสาหกรรมห้องเย็นยังมีข้อจำกัดหลายด้าน โดยเฉพาะผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กที่มีทรัพยากรสำหรับการลงทุนและพัฒนาเทคโนโลยีจำกัด งานศึกษาการนำ IoT มาใช้พบอุปสรรคทั้งด้านต้นทุนและการเงิน โครงสร้างพื้นฐาน ความพร้อมของเครือข่าย บุคลากรที่มีทักษะ การเชื่อมต่อระหว่างระบบ ความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล และข้อกำหนดด้านกฎระเบียบ (Ahmad et al., 2024) ขณะที่ผลการศึกษาด้านการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัลของโซ่ความเย็นยังพบว่า SMEs ต้องเผชิญข้อจำกัดด้านเงินลงทุน ความสามารถทางเทคโนโลยี บุคลากร และความไม่แน่นอนของผลตอบแทนจากการลงทุนมากกว่าองค์กรขนาดใหญ่ (Fatorachian & Kazemi, 2026) ปัญหาเหล่านี้ทำให้การเลือกใช้นวัตกรรมต้องพิจารณาความเหมาะสมกับขนาดกิจการ ลักษณะสินค้า ระบบเดิม และความคุ้มค่าของการลงทุน ขณะที่งานศึกษาที่มีอยู่ส่วนหนึ่งมุ่งเน้นเทคโนโลยีเฉพาะเรื่อง เช่น IoT การตรวจสอบย้อนกลับด้วย Blockchain หรือประสิทธิภาพด้านพลังงาน และส่วนใหญ่ศึกษาในบริบทต่างประเทศ จึงยังขาดการสังเคราะห์องค์ความรู้ที่รวบรวมประเภทของนวัตกรรม ผลกระทบ ประโยชน์ ข้อจำกัด และเงื่อนไขในการนำไปใช้ในบริบทอุตสาหกรรมห้องเย็นของประเทศไทยอย่างเป็นระบบ ช่องว่างดังกล่าวทำให้ผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังมีข้อมูลจำกัดสำหรับพิจารณาว่านวัตกรรมประเภทใดเหมาะสมกับลักษณะการดำเนินงานและข้อจำกัดของกิจการ

จากความสำคัญและช่องว่างดังกล่าว การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาและสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมที่นำมาใช้ในการดำเนินธุรกิจห้องเย็น ทั้งด้านเทคโนโลยีดิจิทัล ระบบอัตโนมัติ การจัดการข้อมูล การตรวจสอบย้อนกลับ และเทคโนโลยีด้านพลังงาน รวมถึงวิเคราะห์ผลกระทบ ประโยชน์ และข้อจำกัดของ

การประยุกต์ใช้ เพื่อเสนอแนะทางส่งเสริมที่เหมาะสมกับบริบทของอุตสาหกรรมท่องเที่ยวไทย และเป็นฐานความรู้สำหรับการศึกษาด้านนวัตกรรมและการบริหารจัดการโซ่ความยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาประเภทและรูปแบบของนวัตกรรมที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมท่องเที่ยวในประเทศไทย
2. เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบและประโยชน์ของการนำนวัตกรรมมาใช้ในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวในประเทศไทย
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางการส่งเสริมการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวของประเทศ

การทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิดเกี่ยวกับนวัตกรรมและการยอมรับนวัตกรรม

แนวคิดนวัตกรรมในทางเศรษฐศาสตร์มีรากฐานสำคัญจาก Schumpeter (1934) อธิบายการพัฒนาเศรษฐกิจผ่านการเกิด “การผสมผสานใหม่” (new combinations) ในกิจกรรมทางธุรกิจ ประกอบด้วย การพัฒนาสินค้าใหม่ การนำวิธีการผลิตใหม่มาใช้ การเปิดตลาดใหม่ การเข้าถึงแหล่งวัตถุดิบหรือปัจจัยการผลิตใหม่ และการจัดองค์กรหรือโครงสร้างอุตสาหกรรมในรูปแบบใหม่ แนวคิดดังกล่าวสะท้อนว่า นวัตกรรมไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะการคิดค้นผลิตภัณฑ์ แต่รวมถึงการเปลี่ยนแปลงวิธีดำเนินงานและการจัดการธุรกิจด้วย ต่อมา OECD และ Eurostat (2018) ได้ปรับกรอบการจำแนกนวัตกรรมใน Oslo Manual 2018 โดยกำหนดนวัตกรรมทางธุรกิจเป็นผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการทางธุรกิจที่สร้างขึ้นใหม่หรือได้รับการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญจากสิ่งที่มีอยู่ และต้องถูกนำออกสู่ตลาดหรือนำมาใช้จริงในองค์กร โดยจำแนกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) และนวัตกรรมกระบวนการทางธุรกิจ (Business Process Innovation) ซึ่งครอบคลุมกระบวนการผลิต การกระจายสินค้า ระบบสารสนเทศ การบริหาร และกิจกรรมสนับสนุนอื่นขององค์กร

เมื่อนำแนวคิดดังกล่าวมาพิจารณากับบริบทอุตสาหกรรมท่องเที่ยวไทย จะเห็นว่านวัตกรรมส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนวัตกรรมกระบวนการทางธุรกิจ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงวิธีการจัดเก็บ ควบคุมอุณหภูมิ เคลื่อนย้ายสินค้า บริหารพลังงาน และจัดการข้อมูล ตัวอย่างเช่น ระบบเซนเซอร์และ IoT ระบบคลังสินค้าอัตโนมัติ ระบบบริหารจัดการคลังสินค้า การวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนเทคโนโลยีตรวจสอบย้อนกลับ อย่างไรก็ตาม การมีเทคโนโลยีไม่ได้หมายความว่าผู้ประกอบการจะนำมาใช้โดยทันที Rogers (2003) อธิบายการยอมรับนวัตกรรมขึ้นอยู่กับการรับรู้คุณลักษณะของนวัตกรรม 5 ประการ ได้แก่ ความได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์ (relative advantage) ความสอดคล้องกับการดำเนินงานเดิม (compatibility) ความซับซ้อน (complexity) ความสามารถในการทดลองใช้ (trialability) และความสามารถในการสังเกตผลลัพธ์ (observability) กรอบนี้

จึงช่วยอธิบายได้ว่าการตัดสินใจลงทุนของผู้ประกอบการห้องเย็นสัมพันธ์กับต้นทุน ความพร้อมของระบบเดิม ทักษะของบุคลากร ความเสี่ยงในการลงทุน และความชัดเจนของผลตอบแทนที่ผู้ประกอบการรับรู้

2. อุตสาหกรรมห้องเย็นและลักษณะของนวัตกรรมที่นำมาใช้

ห้องเย็นเป็นองค์ประกอบของโซ่ความเย็นที่ทำหน้าที่รักษาสินค้าให้อยู่ภายใต้ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมตั้งแต่การผลิต การเก็บรักษา การขนส่ง การกระจายสินค้า ไปจนถึงการจำหน่าย โดยเฉพาะสินค้าเกษตร อาหาร และผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ในบริบทประเทศไทย Tachajapong et al. (2022) ศึกษาการใช้พลังงานของห้องเย็นจำนวน 161 ห้อง แบ่งเป็นห้องเย็นสำหรับสินค้าแช่เย็น 48 ห้อง และสินค้าแช่แข็ง 113 ห้อง พบว่า ค่าการใช้พลังงานจำเพาะแตกต่างกันตามประเภท อุณหภูมิ และขนาดของพื้นที่จัดเก็บ และมีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดห้องเย็นเพิ่มขึ้น ผลดังกล่าวสะท้อนว่าพลังงานเป็นต้นทุนและองค์ประกอบสำคัญของการดำเนินงานห้องเย็น และเปิดพื้นที่ให้นวัตกรรมด้านระบบควบคุม การจัดการพลังงาน และเทคโนโลยีทำความเย็นเข้ามามีบทบาทในการปรับปรุงการดำเนินงาน

เมื่อพิจารณางานวิจัยในระดับสากล แนวโน้มของนวัตกรรมในโซ่ความเย็นกำลังเปลี่ยนจากการใช้เทคโนโลยีแต่ละระบบแยกจากกันไปสู่การเชื่อมโยงข้อมูลและการควบคุมแบบดิจิทัลมากขึ้น เทคโนโลยี IoT ช่วยให้การรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น สภาพสินค้า และสถานะการขนส่งได้อย่างต่อเนื่อง ขณะที่ AI และการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ตรวจหาความผิดปกติ พยากรณ์ความต้องการ และสนับสนุนการตัดสินใจส่วนระบบอัตโนมัติช่วยลดการพึ่งพาการปฏิบัติงานด้วยแรงงานและทำให้กระบวนการจัดเก็บหรือเคลื่อนย้ายสินค้ามีความสม่ำเสมอขึ้น งานทบทวนด้านการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัลของโซ่ความเย็นในช่วงหลังพบว่า IoT, AI, Blockchain, ระบบอัตโนมัติ และ Digital Twin มีแนวโน้มถูกใช้ร่วมกันมากขึ้น โดยเปลี่ยนการจัดการจากการตรวจสอบเมื่อเกิดปัญหาไปสู่การติดตามแบบต่อเนื่อง การคาดการณ์ และการจัดการเชิงรุก อย่างไรก็ตาม ประโยชน์ของเทคโนโลยีแต่ละประเภทแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ของการใช้ IoT เหมาะกับการสร้างข้อมูลและติดตามสภาพแวดล้อมแบบเวลาจริง ขณะที่ AI และระบบวิเคราะห์ข้อมูลเหมาะกับการนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้พยากรณ์หรือค้นหารูปแบบความผิดปกติ ส่วน Blockchain มีจุดเด่นด้านการจัดเก็บและแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับระหว่างหลายหน่วยงาน เมื่อพิจารณาร่วมกัน เทคโนโลยีเหล่านี้จึงมีลักษณะเสริมกันมากกว่าทดแทนกัน กล่าวคือ IoT ทำหน้าที่สร้างข้อมูล ระบบวิเคราะห์นำข้อมูลไปใช้ประกอบการตัดสินใจ ระบบอัตโนมัตินำผลการตัดสินใจไปควบคุมการปฏิบัติงาน และระบบตรวจสอบย้อนกลับทำหน้าที่เชื่อมโยงข้อมูลระหว่างผู้เกี่ยวข้องในโซ่อุปทาน

3. การประยุกต์ใช้นวัตกรรมในบริบทประเทศไทย

หลักฐานจากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้นวัตกรรมในโซ่อุปทานอาหารเกิดขึ้นแล้วในหลายลักษณะ โดยงานของ Tachajapong et al. (2022) แสดงให้เห็นความสำคัญของการจัดการพลังงานในห้องเย็นไทย ขณะที่ Tharatipyakul et al. (2022) พัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับด้วย Blockchain ในโซ่อุปทานกาแฟของประเทศไทย พบว่าประโยชน์ที่ผู้ใช้เห็นได้ชัด ได้แก่ การตรวจสอบแหล่งที่มาของสินค้าและการเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ ส่วนข้อจำกัดสำคัญอยู่ที่ความถูกต้องและความครบถ้วนของข้อมูล รวมถึงความกังวลต่อการเปิดเผยข้อมูลทางธุรกิจ แสดงให้เห็นว่าความสำเร็จของ

นวัตกรรมด้านข้อมูลขึ้นอยู่กับการจัดการข้อมูลและความร่วมมือระหว่างผู้เกี่ยวข้องควบคู่กับความสามารถของเทคโนโลยี ขณะทำงานของ Pongnumkul et al. (2025) ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนโครงสร้างพื้นฐานระหว่าง Blockchain กับระบบฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ พบว่ารูปแบบ Blockchain สามารถลดต้นทุนโครงสร้างพื้นฐานได้ประมาณร้อยละ 43 เมื่อเทียบกับระบบรวมศูนย์ที่ใช้เป็นกรณีฐาน ข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยีใหม่ไม่จำเป็นต้องเพิ่มต้นทุนในทุกกรณี แต่ความคุ้มค่าขึ้นอยู่กับโครงสร้างของระบบ จำนวนผู้เกี่ยวข้อง และรูปแบบการจัดการข้อมูลที่ใช้ เมื่อพิจารณาร่วมกับงานของ Tharatipyakul et al. (2022) จึงพบว่า การตัดสินใจนำนวัตกรรมมาใช้ควรพิจารณาทั้งผลประโยชน์ทางเทคนิค ความเชื่อถือของข้อมูล ต้นทุน และการยอมรับของผู้ใช้งาน

เมื่อเปรียบเทียบงานในระดับสากลกับบริบทประเทศไทย พบแนวโน้มร่วมกัน 3 ประการ คือ 1) นวัตกรรมในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวมีทิศทางจากการปรับปรุงเครื่องจักรหรือระบบเพื่อความยั่งยืนเพียงอย่างเดียวไปสู่ระบบดิจิทัลที่เชื่อมโยงข้อมูล การควบคุม และการตรวจสอบย้อนกลับ 2) ผลของนวัตกรรมสามารถเกิดขึ้นได้หลายด้าน ได้แก่ การควบคุมคุณภาพสินค้า การลดความสูญเสีย การใช้พลังงาน การบริหารต้นทุน การใช้แรงงาน และความโปร่งใสของข้อมูล และ 3) ความสำเร็จของการนำเทคโนโลยีมาใช้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขขององค์กรและโซ่อุปทานด้วย โดยเฉพาะเงินลงทุน ความพร้อมของบุคลากร ความเข้ากันได้กับระบบเดิมคุณภาพของข้อมูล และความร่วมมือระหว่างผู้เกี่ยวข้อง ดังนั้น การวิเคราะห์การประยุกต์ใช้นวัตกรรมในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวจึงควรพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของนวัตกรรม การนำไปใช้ ผลที่เกิดขึ้น ข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้ มากกว่าพิจารณาเฉพาะคุณสมบัติของเทคโนโลยีแต่ละชนิดแยกจากกัน กรอบดังกล่าวนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดหมวดหมู่ เปรียบเทียบ และสังเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารที่ใช้ในการวิจัย เพื่อให้ผลการวิเคราะห์เชื่อมโยงกับวัตถุประสงค์การวิจัยทั้งด้านประเภทของนวัตกรรม ผลกระทบ และประโยชน์ และแนวทางส่งเสริมการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวของประเทศไทยของงานวิจัยนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยใช้การวิจัยเอกสาร (Documentary Research) และการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงคุณภาพ (Qualitative Content Analysis) เพื่อศึกษาและสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมท่องเที่ยวในประเทศไทย โดยพิจารณาข้อมูลจากเอกสารวิชาการ ควบคู่กับข้อมูลเชิงนโยบายและข้อมูลสถานการณ์ของอุตสาหกรรม ช่วงปี พ.ศ. 2562–2568 (ค.ศ. 2019–2025) เพื่อให้สามารถอธิบายทั้งองค์ความรู้ทางวิชาการและบริบทการดำเนินงานของอุตสาหกรรมท่องเที่ยว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบบันทึกการคัดเลือกและสกัดข้อมูลจากเอกสาร ซึ่งผู้วิจัยจัดทำขึ้นตามวัตถุประสงค์การวิจัยและกรอบที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม แบบบันทึกประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับ 1) ข้อมูลทั่วไปของเอกสาร ได้แก่ ผู้แต่ง ปีที่เผยแพร่ ประเภทเอกสาร แหล่งเผยแพร่ และบริบทของ

การศึกษา 2) ประเภทและรูปแบบของนวัตกรรม 3) ลักษณะการประยุกต์ใช้ในกระบวนการดำเนินงาน 4) ผลกระทบและประโยชน์ที่รายงาน 5) ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขของการนำไปใช้ และ 6) ข้อเสนอแนะหรือแนวทางส่งเสริมที่ปรากฏในเอกสาร นอกจากนี้ ผู้วิจัยจัดทำตารางสังเคราะห์หลักฐาน (Evidence Synthesis Matrix) เพื่อเปรียบเทียบข้อค้นพบจากเอกสารแต่ละแหล่ง โดยบันทึกประเภทของหลักฐาน วิธีการศึกษาหรือที่มาของข้อมูล ประเด็นที่สนับสนุนหรือแตกต่างจากเอกสารอื่น และระดับความเหมาะสมของเอกสารสำหรับใช้ตอบวัตถุประสงค์การวิจัย

การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยสืบค้นเอกสารจากฐานข้อมูลวิชาการ คลังวิทยานิพนธ์ของสถาบันการศึกษา เว็บไซต์ของหน่วยงานภาครัฐ องค์กรระหว่างประเทศ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมท่องเที่ยว และโลจิสติกส์ โดยกำหนดเกณฑ์คัดเข้า ได้แก่ 1) เป็นบทความวิจัย บทความวิชาการ หนังสือ วิทยานิพนธ์ รายงานวิจัย รายงานของหน่วยงาน หรือเอกสารมาตรฐานที่มีแหล่งเผยแพร่ชัดเจน 2) มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับอุตสาหกรรมท่องเที่ยว ไซความเย็น หรือการประยุกต์ใช้นวัตกรรมที่สามารถเชื่อมโยงกับการดำเนินงานของธุรกิจท่องเที่ยว 3) มีข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของนวัตกรรม การนำไปใช้ ผลลัพธ์ ประโยชน์ ข้อจำกัด หรือแนวทางส่งเสริมอย่างน้อยหนึ่งประเด็น 4) มีแหล่งที่มา ผู้แต่ง หรือหน่วยงานผู้จัดทำที่สามารถตรวจสอบได้ และ 5) มีเนื้อหาเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์การวิจัย

ส่วนเกณฑ์คัดออก ได้แก่ 1) เอกสารที่มีเนื้อหาไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นการวิจัย 2) เอกสารที่กล่าวถึงนวัตกรรมหรือท่องเที่ยวเพียงผิวเผินโดยไม่มีข้อมูลที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ 3) ไม่สามารถตรวจสอบผู้แต่ง แหล่งเผยแพร่ หรือที่มาของข้อมูลได้ 4) มีเนื้อหาซ้ำกับฉบับอื่น และ 5) เอกสารที่นำเสนอข้อมูลเชิงพาณิชย์หรือประชาสัมพันธ์โดยไม่มีหลักฐานหรือวิธีการได้มาของข้อมูลที่ชัดเจน

นอกจากนี้ ผู้วิจัยพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ โดยบทความวิจัยที่ผ่านการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิและรายงานการวิจัยที่ระบุระเบียบวิธีชัดเจน ใช้เป็นหลักในการสังเคราะห์ข้อค้นพบด้านผลของนวัตกรรม ประสิทธิภาพ ประโยชน์ และข้อจำกัด รายงานสถิติและเอกสารจากหน่วยงานภาครัฐหรือองค์กรระหว่างประเทศใช้เป็นหลักสำหรับข้อมูลสถานการณ์ ขนาดอุตสาหกรรม นโยบาย มาตรฐาน และข้อมูลทางสถิติ ส่วนหนังสือและเอกสารต้นฉบับทางวิชาการใช้สำหรับอธิบายแนวคิดและทฤษฎี ทั้งนี้ รายงานจากสมาคมวิชาชีพหรือภาคอุตสาหกรรมใช้เป็นข้อมูลประกอบเกี่ยวกับสภาพการดำเนินงานและมุมมองของภาคธุรกิจเพิ่มเติม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาเชิงคุณภาพ โดยดำเนินการเป็นลำดับ เริ่มจากการอ่านเอกสารที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกทั้งหมดเพื่อทำความเข้าใจบริบท วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา และข้อค้นพบของเอกสารแต่ละฉบับ พร้อมสังเคราะห์ข้อความหรือข้อค้นพบที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยลงในแบบบันทึกข้อมูล จากนั้น ผู้วิจัยกำหนดหน่วยวิเคราะห์ (Unit of Analysis) เป็นประเด็นเนื้อหาหรือข้อความที่สะท้อนข้อมูลเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้นวัตกรรม โดยจัดรหัสและจำแนกข้อมูลตามกรอบการวิเคราะห์ 4 ด้าน ได้แก่

ประเภทและรูปแบบของนวัตกรรม ลักษณะการประยุกต์ใช้ ผลกระทบและประโยชน์ 4) ข้อจำกัดและเงื่อนไขในการประยุกต์ใช้

หลังจากจัดหมวดหมู่ข้อมูล ผู้วิจัยเปรียบเทียบข้อค้นพบภายในแต่ละหมวด โดยพิจารณาประเด็นที่เอกสารให้ผลสอดคล้องกัน ประเด็นที่แตกต่างกัน และเงื่อนไขที่อาจอธิบายความแตกต่าง จากนั้นจึงสังเคราะห์ผลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ได้แก่ การสรุปประเภทและรูปแบบของนวัตกรรม การวิเคราะห์ผลกระทบและประโยชน์ และการสังเคราะห์ข้อจำกัดร่วมกับแนวทางส่งเสริมการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในอุตสาหกรรมห้องเย็นของประเทศไทย

สำหรับการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยใช้การตรวจสอบข้อมูลจากหลายแหล่ง โดยเปรียบเทียบข้อมูลจากบทความวิจัย รายงานวิจัย เอกสารทางการ และเอกสารจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งตรวจสอบข้อค้นพบที่สำคัญกับเอกสารมากกว่าหนึ่งแหล่งเมื่อสามารถดำเนินการได้ ผู้วิจัยจัดทำบันทึกกระบวนการตั้งแต่การสืบค้น การคัดเลือก การคัดออก การสังเคราะห์ข้อมูล การจัดรหัส และการสังเคราะห์ผลเป็นร่องรอยการตรวจสอบ พร้อมทั้งนำผลการจัดหมวดหมู่และข้อสรุปจากการสังเคราะห์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความรู้ด้านนวัตกรรม โลจิสติกส์ หรืออุตสาหกรรมห้องเย็นตรวจสอบความสอดคล้องของการตีความกับหลักฐานที่ใช้ ก่อนสรุปเป็นผลการวิจัย

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อ 1 ศึกษาประเภทและรูปแบบของนวัตกรรมที่นำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมห้องเย็นในประเทศไทย

จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสารพบว่า นวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมห้องเย็นสามารถจำแนกได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ นวัตกรรมระบบทำความเย็น นวัตกรรมระบบสารสนเทศและดิจิทัล นวัตกรรมการจัดการห่วงโซ่ความเย็น นวัตกรรมด้านพลังงานสีเขียว และนวัตกรรมระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ ดังนี้

1. นวัตกรรมระบบทำความเย็น เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการรักษาอุณหภูมิและคุณภาพของสินค้า รูปแบบที่พบ ได้แก่ ระบบทำความเย็นประสิทธิภาพสูง (High-efficiency Refrigeration System) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance: COP) สูงกว่าระบบเดิมประมาณร้อยละ 30-40 การพัฒนาระบบ Multi-temperature Zone เพื่อแบ่งพื้นที่จัดเก็บสินค้าตามช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และการใช้สารทำความเย็นธรรมชาติ เช่น แอมโมเนีย (R717) คาร์บอนไดออกไซด์ (R744) และโพรเพน (R290) เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงในกลุ่มนี้จึงมุ่งทั้งการรักษาเสถียรภาพของอุณหภูมิและการลดภาระด้านพลังงานของสถานประกอบการ

2. นวัตกรรมระบบสารสนเทศและดิจิทัล มีบทบาทในการเปลี่ยนการควบคุมห้องเย็นจากการตรวจสอบเป็นช่วงเวลาไปสู่การติดตามข้อมูลแบบเวลาจริง เทคโนโลยีที่พบ ได้แก่ Internet of Things (IoT) เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และก๊าซ ระบบคลาวด์ ปัญญาประดิษฐ์ (AI) Machine

Learning ระบบบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance) และระบบบริหารคลังสินค้า (Warehouse Management System: WMS) ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบ ERP การใช้เทคโนโลยีกลุ่มนี้ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถติดตามสถานะของห้องเย็น ตรวจสอบความผิดปกติ และนำข้อมูลมาใช่วางแผนการดำเนินงานและบำรุงรักษาเครื่องจักรได้รวดเร็วขึ้น

3. นวัตกรรมจัดการห่วงโซ่ความเย็น เป็นการนำเทคโนโลยีมาเชื่อมโยงข้อมูลของสินค้าตั้งแต่การรับเข้า การจัดเก็บ การขนส่ง จนถึงการส่งมอบ รูปแบบที่พบ ได้แก่ Blockchain สำหรับระบบตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) เทคโนโลยี RFID สำหรับระบุและอ่านข้อมูลสินค้า ระบบ Data Logger สำหรับบันทึกอุณหภูมิ และ GPS สำหรับติดตามตำแหน่งระหว่างขนส่ง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิ สถานะ และตำแหน่งของสินค้าสามารถเชื่อมโยงกันตลอดกระบวนการ ซึ่งช่วยลดช่องว่างของข้อมูลระหว่างผู้เกี่ยวข้องในโซ่อุปทาน

4. นวัตกรรมด้านพลังงานสีเขียว มุ่งลดการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากระบบทำความเย็นต้องใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง รูปแบบที่พบ ได้แก่ การนำพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV) มาเป็นแหล่งพลังงานเสริม ซึ่งจากข้อมูลที่สังเคราะห์พบว่าสามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าได้ประมาณร้อยละ 20-35 ต่อปี การใช้ระบบ Free Cooling เพื่อลดภาระของระบบทำความเย็นเมื่อสภาพอากาศภายนอกเหมาะสม การพัฒนาฉนวนประสิทธิภาพสูง และการใช้ระบบไฟ LED ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับ การเคลื่อนไหวเพื่อลดการใช้พลังงานในพื้นที่จัดเก็บ

5. นวัตกรรมระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ เป็นการนำเทคโนโลยีมาทดแทนหรือสนับสนุนงานที่ต้องใช้แรงงานในพื้นที่อุณหภูมิต่ำ ได้แก่ ระบบจัดเก็บและเบิกจ่ายสินค้าอัตโนมัติ (Automated Storage and Retrieval System: ASRS) ซึ่งจากข้อมูลที่สังเคราะห์พบว่าสามารถเพิ่มความจุในการจัดเก็บได้ถึงร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับระบบทั่วไป รถลำเลียงอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle: AGV) สำหรับเคลื่อนย้ายสินค้า และระบบ Pick-and-Place Robot สำหรับคัดแยกและบรรจุสินค้าแช่แข็ง เทคโนโลยีกลุ่มนี้จึงมีบทบาททั้งด้านการใช้พื้นที่ การลดการพึ่งพาแรงงาน และการเพิ่มความต่อเนื่องของกระบวนการทำงาน

ตารางที่ 1 ประเภทและรูปแบบของนวัตกรรมที่นำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมห้องเย็นในประเทศไทย

ประเภทนวัตกรรม	รูปแบบการประยุกต์ใช้	ประโยชน์ที่พบจากการสังเคราะห์
ระบบทำความเย็น	High-efficiency Refrigeration, Multi-temperature Zone, Natural Refrigerants	เพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิ โดยระบบประสิทธิภาพสูงมีค่า COP สูงกว่าระบบเดิมประมาณร้อยละ 30-40 และช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม
ระบบสารสนเทศและดิจิทัล	IoT, Sensor, Cloud, AI, Machine Learning, Predictive Maintenance, WMS	ติดตามข้อมูลแบบเวลาจริง แจ้งเตือนความผิดปกติ วิเคราะห์ข้อมูล และสนับสนุนการวางแผนบำรุงรักษา

ประเภทนวัตกรรม	รูปแบบการประยุกต์ใช้	ประโยชน์ที่พบจากการสังเคราะห์
การจัดการห่วงโซ่อุปทาน	Blockchain, RFID, GPS, Data Logger	เพิ่มการตรวจสอบย้อนกลับ ติดตาม อุณหภูมิและตำแหน่งสินค้า และเชื่อมโยง ข้อมูลตลอดโซ่อุปทาน
พลังงานและสิ่งแวดล้อม	Solar PV, Free Cooling, ฉนวน ประสิทธิภาพสูง, LED และ Sensor	ลดภาระการใช้พลังงาน โดยการใช้ Solar PV พบการลดต้นทุนค่าไฟฟ้าประมาณร้อยละ 20–35 ต่อปี
ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์	ASRS, AGV, Pick-and-Place Robot	ลดการใช้แรงงานในพื้นที่อุณหภูมิต่ำ เพิ่ม ความต่อเนื่องของการทำงาน และ ASRS สามารถเพิ่มความจุจัดเก็บได้ถึงร้อยละ 40

เมื่อพิจารณานวัตกรรมทั้ง 5 ประเภทพบว่า แต่ละกลุ่มแก้ปัญหาในระดับที่แตกต่างกัน ระบบทำความเย็นและพลังงานสีเขียวมุ่งลดต้นทุนและควบคุมสภาพแวดล้อมของสินค้า ระบบสารสนเทศมุ่งเพิ่มความสามารถในการมองเห็นและวิเคราะห์ข้อมูล ระบบโซ่อุปทานเชื่อมโยงข้อมูลออกไปยังผู้เกี่ยวข้อง ส่วนระบบอัตโนมัติเปลี่ยนกระบวนการทำงานทางกายภาพภายในคลังสินค้า แนวโน้มที่เห็นร่วมกันคือ การประยุกต์ใช้นวัตกรรมมีลักษณะเชื่อมโยงกันมากขึ้น เช่น การใช้ WMS ร่วมกับ ASRS การใช้ IoT ร่วมกับ AI หรือการใช้ GPS และ Data Logger ร่วมกับระบบ Traceability จึงกล่าวได้ว่าทิศทางของนวัตกรรมห้องเย็นกำลังเปลี่ยนจากการพัฒนาเทคโนโลยีระบบไปสู่การบูรณาการข้อมูล เครื่องจักร และกระบวนการจัดการเข้าด้วยกัน

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อ 2 วิเคราะห์ผลกระทบและประโยชน์ของการนำนวัตกรรมมาใช้ในอุตสาหกรรมห้องเย็นในประเทศไทย

จากการสังเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผลกระทบและประโยชน์ของการประยุกต์ใช้นวัตกรรมสามารถจำแนกได้เป็น 4 มิติ ได้แก่ การลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน การยกระดับคุณภาพสินค้าและการบริการ การลดการสูญเสียสินค้าและความเสี่ยงในการดำเนินงาน และการเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ดังนี้

1. การลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน พบว่า การใช้ระบบ IoT ในการติดตามและควบคุมระบบทำความเย็นสามารถลดการใช้พลังงานได้ประมาณร้อยละ 15–25 ต่อปี ขณะที่ระบบ Predictive Maintenance ช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการซ่อมบำรุงฉุกเฉินได้ประมาณร้อยละ 30–40 เนื่องจากสามารถตรวจพบแนวโน้มความผิดปกติของเครื่องจักรก่อนเกิดการหยุดทำงาน นอกจากนี้ การนำระบบอัตโนมัติมาช่วยลดการพึ่งพาแรงงานในงานจัดเก็บและเคลื่อนย้ายสินค้า ส่วนระบบ WMS ช่วยลดข้อผิดพลาดในการหยิบและจ่ายสินค้าได้ถึงร้อยละ 95 ผลดังกล่าวสะท้อนว่าเทคโนโลยีแต่ละประเภทส่งผลต่อโครงสร้างต้นทุนแตกต่างกัน ตั้งแต่ต้นทุนพลังงาน ค่าบำรุงรักษา ค่าแรงงาน ไปจนถึงต้นทุนที่เกิดจากความผิดพลาดในการปฏิบัติงาน

2. การยกระดับคุณภาพสินค้าและบริการ พบว่า การใช้ IoT และระบบควบคุมอัจฉริยะช่วยให้สามารถติดตามอุณหภูมิของห้องเย็นได้ตลอด 24 ชั่วโมง ระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถรับรู้และแก้ไขความผิดปกติได้รวดเร็วกว่าการตรวจสอบด้วยวิธีเดิม ขณะที่ระบบ Traceability ช่วยให้สามารถติดตามข้อมูลของสินค้าได้ตั้งแต่การรับเข้า การจัดเก็บ การเคลื่อนย้าย และการส่งมอบ ทำให้ข้อมูลการให้บริการมีความโปร่งใสและสามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ ความสามารถดังกล่าวมีผลต่อความน่าเชื่อถือในการรักษาโซ่ความเย็นและการให้บริการแก่ลูกค้า

3. การลดการสูญเสียสินค้าและความเสี่ยงในการดำเนินงาน จากข้อมูลที่สังเคราะห์พบว่า ระบบควบคุมอุณหภูมิอัจฉริยะสามารถลดการสูญเสียสินค้าที่เกิดจากการเน่าเสียหรือการควบคุมอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมได้ประมาณร้อยละ 20–35 ขณะที่ระบบ Predictive Maintenance ลดความเสี่ยงจากการหยุดทำงานของเครื่องจักรโดยไม่คาดคิด และระบบติดตามข้อมูลช่วยระบุช่วงเวลาหรือตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติได้ชัดเจนขึ้น ประโยชน์ในมิตินี้จึงเกิดจากการทำงานร่วมกันของระบบตรวจวัด ระบบแจ้งเตือน การบำรุงรักษา และการตรวจสอบย้อนกลับ มากกว่าผลจากเทคโนโลยีประเภทใดประเภทหนึ่งเพียงอย่างเดียว

4. การเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน พบว่า การนำนวัตกรรมมาช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถควบคุมกระบวนการและจัดเก็บหลักฐานการดำเนินงานได้ละเอียดขึ้น ซึ่งสนับสนุนการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร รวมถึงมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น BRC, IFS และ FSSC 22000 ระบบดิจิทัลและระบบตรวจสอบย้อนกลับยังช่วยเพิ่มความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าและเงื่อนไขการจัดเก็บมากขึ้น ขณะที่ระบบอัตโนมัติและการจัดการพลังงานช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านต้นทุนและการใช้ทรัพยากร

ตารางที่ 2 ผลกระทบและประโยชน์ของการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในอุตสาหกรรมห้องเย็นในประเทศไทย

มิติผลกระทบ	นวัตกรรมที่เกี่ยวข้อง	ผลการสังเคราะห์
การใช้พลังงาน	IoT และระบบควบคุมอัจฉริยะ	ลดการใช้พลังงานประมาณร้อยละ 15–25 ต่อปี
การบำรุงรักษา	Predictive Maintenance	ลดค่าใช้จ่ายจากการซ่อมบำรุงฉุกเฉินประมาณร้อยละ 30–40
ความถูกต้องในการจัดการสินค้า	WMS	ลดข้อผิดพลาดในการหยิบและจ่ายสินค้าได้ถึงร้อยละ 95
การสูญเสียสินค้า	ระบบควบคุมอุณหภูมิอัจฉริยะ	ลดการสูญเสียจากการเน่าเสียหรืออุณหภูมิไม่เหมาะสมประมาณร้อยละ 20–35
ความจุในการจัดเก็บ	ASRS	เพิ่มความจุในการจัดเก็บได้ร้อยละ 40
ต้นทุนพลังงาน	Solar PV	ลดต้นทุนค่าไฟฟ้าประมาณร้อยละ 20–35 ต่อปี

มิติผลกระทบ	นวัตกรรมที่เกี่ยวข้อง	ผลการสังเคราะห์
คุณภาพและการบริการ	IoT, Traceability และระบบแจ้งเตือน	ติดตามอุณหภูมิและสถานะสินค้าแบบเวลาจริง เพิ่มความสามารถในการตรวจสอบย้อนหลัง
ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์	ASRS, AGV, Pick-and-Place Robot	ลดการใช้แรงงานในพื้นที่อุณหภูมิต่ำ เพิ่มความต่อเนื่องของการทำงาน และ ASRS สามารถเพิ่มความจุจัดเก็บได้ถึงร้อยละ 40
ความสามารถในการแข่งขัน	ระบบดิจิทัล อัตโนมัติ และ Traceability	สนับสนุนการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านคุณภาพ เพิ่มความรวดเร็วและความโปร่งใสในการให้บริการ

เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบในแต่ละด้าน พบว่า นวัตกรรมสามารถสร้างผลต่อเนื่องตั้งแต่ระดับการปฏิบัติงานไปจนถึงระดับการแข่งขันของธุรกิจ ตัวอย่างเช่น การติดตามอุณหภูมิแบบเวลาจริงช่วยให้ตรวจพบความผิดปกติเร็วขึ้น ซึ่งช่วยลดความเสียหายของสินค้า และข้อมูลที่บันทึกไว้สามารถนำไปใช้ยืนยันคุณภาพการจัดเก็บแก่ลูกค้าได้ ขณะที่ระบบอัตโนมัติช่วยทั้งการใช้พื้นที่ การลดการพึ่งพาแรงงาน และความแม่นยำในการดำเนินงาน ดังนั้น การประเมินประโยชน์ของนวัตกรรมควรพิจารณาผลที่เกิดขึ้นหลายด้านร่วมกัน

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์เอกสารยังพบข้อจำกัดที่เป็นเงื่อนไขสำคัญต่อการนำเทคโนโลยีมาใช้ โดยเฉพาะ ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมได้ระบุว่า การติดตั้งระบบ IoT และ AI ในห้องเย็นขนาดกลางอาจต้องใช้เงินลงทุนประมาณ 2-5 ล้านบาท ทำให้เป็นข้อจำกัดสำหรับผู้ประกอบการ SMEs นอกจากนี้ ยังพบปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีทักษะด้านเทคโนโลยีและดิจิทัล ความยุ่งยากในการเชื่อมต่อระบบใหม่เข้ากับระบบเดิม ตลอดจนความไม่ชัดเจนของมาตรการสนับสนุนสำหรับผู้ประกอบการห้องเย็นโดยเฉพาะ ปัจจัยเหล่านี้ทำให้ความสามารถในการรับนวัตกรรมของแต่ละกิจการแตกต่างกัน แม้เทคโนโลยีจะมีศักยภาพในการสร้างผลประโยชน์ในระดับสูงก็ตาม

ผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ข้อ 3 แนวทางการส่งเสริมการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในอุตสาหกรรมห้องเย็นของประเทศไทย

จากการนำผลการศึกษาเกี่ยวกับประเภทของนวัตกรรม ผลกระทบ ประโยชน์ และข้อจำกัดมาวิเคราะห์ร่วมกัน พบว่า การส่งเสริมการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในอุตสาหกรรมห้องเย็นควรดำเนินการใน 3 ระดับ ดังนี้

1. **ระดับนโยบาย** ควรมีมาตรการสนับสนุนการลงทุนที่สอดคล้องกับขนาดและความพร้อมของกิจการ โดยเฉพาะผู้ประกอบการ SMEs ที่มีข้อจำกัดด้านเงินทุน การสนับสนุนอาจอยู่ในรูปสินเชื่อดอกเบี้ยต่ำ สิทธิประโยชน์ทางภาษี เงินสนับสนุนสำหรับการปรับปรุงเครื่องจักรและระบบประหยัดพลังงาน รวมถึงโครงการทดลองใช้เทคโนโลยีก่อนการลงทุนจริง นอกจากนี้ ควรกำหนดแนวทางหรือมาตรฐานสำหรับ

การเชื่อมโยงข้อมูลในโซ่ความเย็น เพื่อให้ระบบ IoT, WMS, Traceability และระบบข้อมูลของผู้ประกอบการแต่ละรายสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลได้สะดวกขึ้น

2. ระดับวิชาการและการพัฒนาบุคลากร ควรส่งเสริมความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษา ผู้พัฒนาเทคโนโลยี สมาคมวิชาชีพ และผู้ประกอบการในการพัฒนาความรู้และทักษะที่ตรงกับการใช้งานจริง ในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะระบบทำความเย็น การจัดการพลังงาน IoT การวิเคราะห์ข้อมูล ระบบอัตโนมัติ และการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ ควรพัฒนาความรู้ด้านการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุน ควบคู่กัน เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถเปรียบเทียบต้นทุนการลงทุนกับประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับก่อนตัดสินใจเลือกเทคโนโลยี

3. ระดับสถานประกอบการ ควรวางแผนการรับนวัตกรรมตามปัญหาและความพร้อมของธุรกิจ โดยเริ่มจากการประเมินระบบเดิม เช่น การใช้พลังงาน ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ การสูญเสียสินค้า ปัญหาการจัดเก็บ ความต้องการใช้แรงงาน และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา จากนั้นจึงกำหนดเทคโนโลยีที่เหมาะสม ผู้ประกอบการที่มีข้อจำกัดด้านเงินลงทุนอาจเริ่มจากระบบพื้นฐาน เช่น เซนเซอร์ตรวจวัดและแจ้งเตือน อุณหภูมิ ระบบติดตามการใช้พลังงาน หรือ WMS ก่อนขยายไปสู่ AI, ASRS, AGV หรือระบบ Traceability ที่ต้องใช้การลงทุนและการเชื่อมโยงข้อมูลในระดับสูงขึ้น

นอกจากนี้ การลงทุนด้านนวัตกรรมควรกำหนดตัวชี้วัดผลก่อนและหลังนำเทคโนโลยีมาใช้ เพื่อประเมินผลจากข้อมูลของสถานประกอบการจริง ตัวชี้วัดที่สามารถนำมาใช้ ได้แก่ การใช้พลังงานต่อหน่วยสินค้า ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง อัตราความผิดปกติของอุณหภูมิ อัตราการสูญเสียสินค้า ความผิดพลาดในการหยิบและจ่ายสินค้า ความจุพื้นที่จัดเก็บ ระยะเวลาในการรับและจ่ายสินค้า และจำนวนแรงงานที่ใช้ในกระบวนการ การติดตามตัวชี้วัดเหล่านี้ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถประเมินความคุ้มค่าของเทคโนโลยีและใช้เป็นข้อมูลประกอบการขยายการลงทุนในระยะต่อไป

ตารางที่ 3 ข้อจำกัดและแนวทางส่งเสริมการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในอุตสาหกรรมห้องเย็นของประเทศไทย

ข้อจำกัดที่พบ	ผลต่อการนำไปใช้	แนวทางส่งเสริม
เงินลงทุนเริ่มต้นสูง	ระบบ IoT และ AI ในห้องเย็นขนาดเล็ก กลางมีข้อมูลต้นทุนประมาณ 2-5 ล้านบาท ทำให้ SMEs เข้าถึงได้ยาก	พัฒนาสินเชื่อ สิทธิประโยชน์ทางภาษี เงินสนับสนุน และโครงการทดลองใช้
ความไม่ชัดเจนของ ผลตอบแทน	ผู้ประกอบการไม่สามารถประเมินได้ ว่าประโยชน์ที่ได้รับคุ้มกับเงินลงทุน	พัฒนาเครื่องมือคำนวณ ROI และ ฐานข้อมูลกรณีศึกษา ก่อน-หลังการลงทุน
ขาดบุคลากรด้านเทคโนโลยี	ไม่สามารถใช้ วิเคราะห์ และ บำรุงรักษาระบบได้เต็มประสิทธิภาพ	พัฒนาหลักสูตรและฝึกอบรมร่วมระหว่าง สถาบันการศึกษา ภาครัฐกิจ และ ผู้ให้บริการเทคโนโลยี
ระบบเดิมกับระบบใหม่ เชื่อมต่อกันยาก	เกิดข้อมูลแยกส่วนและเพิ่มต้นทุน การปรับระบบ	ส่งเสริมมาตรฐานการเชื่อมต่อและ การแลกเปลี่ยนข้อมูล

ข้อจำกัดที่พบ	ผลต่อการนำไปใช้	แนวทางส่งเสริม
ข้อจำกัดด้านข้อมูล	ข้อมูลไม่ครบถ้วนหรือมีข้อกังวลด้าน ความปลอดภัยและการเปิดเผยข้อมูล	กำหนดมาตรฐานข้อมูล สิทธิการเข้าถึง และมาตรการรักษาความปลอดภัย
ความร่วมมือในโซ่อุปทาน	ระบบ Traceability ไม่สามารถ เชื่อมโยงข้อมูลได้ตลอดโซ่ความเย็น	พัฒนากลไกความร่วมมือและมาตรฐาน ข้อมูลระหว่างผู้ผลิต ห้างเย็น ผู้ขนส่ง และ ลูกค้า
มาตรการสนับสนุนยังไม่ เฉพาะเจาะจง	ผู้ประกอบการแต่ละขนาด มีความต้องการและข้อจำกัดต่างกัน	ออกแบบมาตรการแยกตามขนาดกิจการ และระดับความพร้อมด้านเทคโนโลยี

จากผลการสังเคราะห์ทั้ง 3 วัตถุประสงค์สามารถสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้นวัตกรรมในอุตสาหกรรมห้องเย็นมีพัฒนาการจากการปรับปรุงระบบทำความเย็นเป็นรายส่วนไปสู่การเชื่อมโยงระบบทำความเย็น พลังงาน ข้อมูล ระบบอัตโนมัติ และการจัดการโซ่ความเย็นเข้าด้วยกัน ผลของนวัตกรรมปรากฏทั้งในด้าน พลังงาน ต้นทุน การใช้พื้นที่ การลดความผิดพลาด การลดการสูญเสียสินค้า คุณภาพการให้บริการ และ ความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับ อย่างไรก็ตาม การได้รับประโยชน์ดังกล่าวขึ้นอยู่กับระดับการลงทุน ความพร้อมของบุคลากร ระบบเดิมของกิจการ และความสามารถในการนำข้อมูลจากเทคโนโลยีมาใช้ในการบริหารจริง ดังนั้น แนวทางส่งเสริมจึงควรพิจารณาความพร้อมของผู้ประกอบการแต่ละกลุ่ม และ สนับสนุนให้เกิดการลงทุนเป็นลำดับจากเทคโนโลยีพื้นฐานไปสู่ระบบที่มีความซับซ้อนสูงขึ้น

อภิปรายผล

1. ประเภทและรูปแบบของนวัตกรรมที่ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมห้องเย็นพบว่า นวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมห้องเย็นสามารถจำแนกได้ 5 ประเภท ได้แก่ ระบบทำความเย็น ระบบสารสนเทศ และดิจิทัล การจัดการโซ่ความเย็น พลังงานและสิ่งแวดล้อม และระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ โดยมีแนวโน้มเปลี่ยนจากการพัฒนาเทคโนโลยีเฉพาะส่วนไปสู่การเชื่อมโยงเครื่องจักร ข้อมูล และกระบวนการดำเนินงานเข้าด้วยกัน ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ OECD/Eurostat (2018) ที่มองนวัตกรรมในระดับธุรกิจ ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต การกระจายสินค้า ระบบสารสนเทศ และกิจกรรมสนับสนุนขององค์กร รวมทั้งงานด้านโซ่ความเย็นที่พบว่าเทคโนโลยี IoT และระบบดิจิทัลมีบทบาทเพิ่มขึ้นในการเชื่อมโยงข้อมูลและติดตามการดำเนินงานแบบต่อเนื่อง (Ahmad et al., 2024) ในบริบทของประเทศไทย การเกิดนวัตกรรมหลายรูปแบบพร้อมกันอธิบายได้จากลักษณะเฉพาะของธุรกิจห้องเย็นที่ต้องจัดการทั้งอุณหภูมิ พลังงาน พื้นที่ แรงงาน และข้อมูลสินค้าในเวลาเดียวกัน ปัญหาในแต่ละกิจการจึงแตกต่างกันตามประเภท สินค้า ขนาดพื้นที่จัดเก็บ ระบบทำความเย็นเดิม และเงินลงทุน ส่งผลให้การเลือกนวัตกรรมไม่สามารถใช้รูปแบบเดียวกันกับทุกสถานประกอบการได้ นอกจากนี้ ระบบห้องเย็นจำนวนหนึ่งยังต้องเชื่อมต่อเทคโนโลยีใหม่กับเครื่องจักรหรือระบบสารสนเทศที่มีอยู่เดิม จึงเกิดการพัฒนาแบบเป็นลำดับมากกว่าการเปลี่ยนระบบทั้งหมดในครั้งเดียว ประเด็นนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรมของ Rogers (2003) ซึ่งอธิบาย

ว่าการยอมรับนวัตกรรมสัมพันธ์กับประโยชน์ที่ผู้ใช้รับรู้ ความเข้ากันได้กับระบบเดิม และความซับซ้อนในการนำไปใช้ ข้อค้นพบดังกล่าวจึงมีนัยสำคัญที่สะท้อนการศึกษานวัตกรรมในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวที่ควรวิเคราะห์ว่าเทคโนโลยีแต่ละรูปแบบแก้ปัญหาของกระบวนการและสามารถเชื่อมโยงกับระบบอื่นได้ระดับใด สำหรับผู้ประกอบการ การเลือกนวัตกรรมควรเริ่มจากปัญหาและข้อจำกัดของกิจการก่อนเลือกเทคโนโลยี ส่วนในเชิงวิชาการ ข้อค้นพบนี้สนับสนุนการมองนวัตกรรมท่องเที่ยวในลักษณะของระบบที่ประกอบด้วยเทคโนโลยีหลายประเภทซึ่งทำงานสัมพันธ์กัน มากกว่าศึกษาแต่ละเทคโนโลยีแยกออกจากบริบทการดำเนินงาน

2. ผลกระทบและประโยชน์ของการนำนวัตกรรมมาใช้พบว่า ประโยชน์จากการนำนวัตกรรมมาใช้ครอบคลุมทั้งประสิทธิภาพและต้นทุน คุณภาพสินค้าและบริการ การลดความสูญเสียและความเสี่ยงความสามารถในการแข่งขันและการเชื่อมโยงโซ่อุปทาน โดยประโยชน์แต่ละด้านมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ การตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลที่ดีขึ้นช่วยให้ตรวจพบความผิดปกติได้เร็วขึ้น นำไปสู่การควบคุมกระบวนการและการลดความเสียหาย ขณะที่ข้อมูลเดียวกันยังสามารถใช้ในการตรวจสอบย้อนหลังและเชื่อมโยงกับคู่ค้าได้ แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Ahmad et al. (2024) ที่ชี้ว่า IoT มีบทบาทต่อการมองเห็นข้อมูลการติดตามสภาพของสินค้า และประสิทธิภาพของโซ่ความเย็น และสอดคล้องกับการศึกษาในโซ่อุปทานกาแฟไทยที่พบว่า เทคโนโลยีตรวจสอบย้อนกลับมีประโยชน์ต่อการเข้าถึงข้อมูลและความน่าเชื่อถือของสินค้า ขณะเดียวกันผู้ใช้อยังมีความกังวลเรื่องความถูกต้องและการเปิดเผยข้อมูลทางธุรกิจ (Tharatipyakul et al., 2022)

ประเด็นสำคัญคือ ประโยชน์จากนวัตกรรมขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านความพร้อมขององค์กรในการนำเทคโนโลยีไปใช้จริง กิจการที่มีบุคลากรสามารถวิเคราะห์ข้อมูล มีระบบเดิมที่เชื่อมต่อกับเทคโนโลยีใหม่ และมีเงินทุนสำหรับบำรุงรักษาระบบ ย่อมมีโอกาสได้รับประโยชน์มากกว่ากิจการที่มีเทคโนโลยีแต่ขาดเงื่อนไขเหล่านี้ ในกรณีของอุตสาหกรรมท่องเที่ยวไทย ความแตกต่างระหว่างกิจการขนาดใหญ่กับ SMEs จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อระดับการรับและการใช้ประโยชน์จากนวัตกรรม เพราะการลงทุนในระบบดิจิทัลหรือระบบอัตโนมัติมีทั้งต้นทุนเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายในการปรับระบบ และความต้องการบุคลากรเฉพาะด้าน ขณะเดียวกัน ความคุ้มค่าของการลงทุนยังขึ้นอยู่กับปริมาณสินค้าและระดับการใช้ประโยชน์จากระบบ หากกิจการมีปริมาณงานไม่มากพอ การลงทุนในเทคโนโลยีระดับสูงอาจใช้เวลาานกว่าจะเกิดความคุ้มค่า ในเชิงวิชาการ ผลการศึกษาจึงชี้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างนวัตกรรมกับผลการดำเนินงานไม่ได้เป็นความสัมพันธ์โดยตรงเสมอไป แต่มีเงื่อนไขด้านความพร้อมขององค์กรเป็นตัวกำหนดผลลัพธ์ สำหรับภาคปฏิบัติ ผู้ประกอบการจึงควรประเมินผลจากนวัตกรรมด้วยข้อมูลก่อนและหลังการลงทุน ทั้งด้านพลังงาน การสูญเสียสินค้า การบำรุงรักษา และประสิทธิภาพการทำงาน เพื่อให้ทราบว่าประโยชน์เกิดขึ้นจริงในส่วนใด และหลีกเลี่ยงการลงทุนในเทคโนโลยีที่สูงกว่าความจำเป็นของกิจการ

3. แนวทางส่งเสริมการประยุกต์ใช้นวัตกรรมในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวไทยพบว่า การส่งเสริมนวัตกรรมควรดำเนินการร่วมกันใน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับนโยบาย ระดับวิชาการและการพัฒนาความรู้ และระดับสถานประกอบการ เนื่องจากอุปสรรคที่พบมักเชื่อมโยงกันระหว่างปัจจัยหลายมิติ ทั้งเงินลงทุน บุคลากร โครงสร้างพื้นฐาน ความเข้ากันได้ของระบบ ข้อมูล และความร่วมมือในโซ่อุปทาน ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับ

งานด้านการยอมรับเทคโนโลยีในโซ่ความเย็นที่พบว่าอุปสรรคของ IoT เกี่ยวข้องทั้งด้านกฎระเบียบ โครงสร้างพื้นฐาน เครือข่าย และความพร้อมในการใช้งาน (Ahmad et al., 2024) ไม่สามารถแก้ปัญหาด้วยการสนับสนุนงบประมาณหรือจัดหาเทคโนโลยีเพียงด้านเดียว เมื่อพิจารณาในบริบทประเทศไทย ประเด็นดังกล่าวมีความสำคัญจากความแตกต่างด้านความพร้อมของผู้ประกอบการ หากมาตรการส่งเสริมมุ่งสนับสนุนการลงทุนในเทคโนโลยีขั้นสูงโดยไม่ได้พัฒนาบุคลากรหรือระบบพื้นฐานควบคู่กัน ผู้ประกอบการบางกลุ่มอาจไม่สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีได้เต็มที่ ในทางตรงกันข้าม การกำหนดให้ทุกกิจการใช้มาตรฐานเทคโนโลยีระดับเดียวกันอาจสร้างภาระต่อ SMEs มากกว่ากิจการขนาดใหญ่ แนวทางที่เหมาะสมจึงควรเป็นการพัฒนาแบบเป็นลำดับ เริ่มจากการประเมินปัญหาและความพร้อมของกิจการ เลือกเทคโนโลยีที่แก้ปัญหาหลักได้ก่อน แล้วจึงขยายการเชื่อมโยงไปสู่ระบบที่ซับซ้อนขึ้นเมื่อมีข้อมูล บุคลากร และเงินทุนเพียงพอ แนวทางดังกล่าวยังสอดคล้องกับ Rogers (2003) ในประเด็นการทดลองใช้และการมองเห็นผลของนวัตกรรมซึ่งช่วยลดความไม่แน่นอนก่อนการตัดสินใจรับเทคโนโลยีในวงกว้าง

นัยสำคัญของข้อค้นพบนี้คือ นโยบายส่งเสริมนวัตกรรมสำหรับอุตสาหกรรมห้องเย็นควรเปลี่ยนจากการสนับสนุนตัวเทคโนโลยีไปสู่การพัฒนาความพร้อมในการใช้เทคโนโลยี ซึ่งครอบคลุมแหล่งเงินทุน บุคลากร ความรู้ในการประเมินความคุ้มค่า มาตรฐานข้อมูล และการเชื่อมโยงระหว่างผู้ประกอบการในโซ่อุปทานสำหรับสถานประกอบการ การพัฒนาแบบเป็นขั้นตอนช่วยลดความเสี่ยงจากการลงทุนและทำให้สามารถประเมินผลของเทคโนโลยีจากข้อมูลจริง ขณะที่ในเชิงวิชาการ ผลการศึกษาสะท้อนว่า ช่องว่างนวัตกรรมของอุตสาหกรรมห้องเย็นไทยมีลักษณะเป็นปัญหาเชิงระบบ ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างความพร้อมขององค์กร โครงสร้างอุตสาหกรรม และสภาพแวดล้อมสนับสนุน มากกว่าจะเป็นเพียงปัญหาการขาดเทคโนโลยี

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. หน่วยงานรัฐควรพัฒนามาตรการสนับสนุนการลงทุนด้านนวัตกรรมให้เหมาะสมกับขนาดและความพร้อมของผู้ประกอบการ โดยเฉพาะกิจการขนาดกลางและขนาดเล็กที่มีข้อจำกัดด้านเงินทุน บุคลากร และความสามารถในการประเมินความคุ้มค่าของเทคโนโลยี ภาครัฐควรสนับสนุนผ่านแหล่งเงินทุน สิทธิประโยชน์สำหรับการปรับปรุงระบบทำความเย็นและการประหยัดพลังงาน ตลอดจนโครงการทดลองหรือสาธิตเทคโนโลยี เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถประเมินผลก่อนตัดสินใจลงทุนในระบบขนาดใหญ่
2. ควรพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและมาตรฐานข้อมูลสำหรับโซ่ความเย็น เพื่อรองรับการเชื่อมต่อระหว่างระบบ IoT, WMS ระบบตรวจสอบย้อนกลับ และระบบของผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ผู้ผลิตห้องเย็น ผู้ขนส่ง จนถึงลูกค้า โดยกำหนดแนวทางด้านมาตรฐานข้อมูล การแลกเปลี่ยนข้อมูล สิทธิในการเข้าถึง และความปลอดภัยของข้อมูลให้ชัดเจน ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการทำงานของระบบแบบแยกส่วนและสนับสนุนการตรวจสอบย้อนกลับตลอดโซ่อุปทาน

3. ควรสร้างกลไกความร่วมมือระหว่างภาครัฐ สถาบันการศึกษา สมาคมวิชาชีพ ผู้พัฒนาเทคโนโลยี และผู้ประกอบการท้องถิ่น เพื่อพัฒนาบุคลากร ฐานข้อมูลกรณีศึกษา และองค์ความรู้สำหรับการเลือกใช้นวัตกรรม โดยเฉพาะข้อมูลต้นทุน ผลตอบแทน ปัญหาที่พบ และผลจากการใช้งานจริงในสถานประกอบการแต่ละขนาด เพื่อให้การกำหนดมาตรการส่งเสริมและการตัดสินใจลงทุนมีข้อมูลประกอบมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์

1. ผู้ประกอบการควรประเมินปัญหาและความพร้อมของกิจการก่อนเลือกใช้นวัตกรรม โดยพิจารณาว่าปัญหาหลักอยู่ที่การใช้พลังงาน การควบคุมอุณหภูมิ การจัดเก็บและเคลื่อนย้ายสินค้า การใช้แรงงาน การบำรุงรักษา หรือการติดตามข้อมูลสินค้า แล้วจึงเลือกเทคโนโลยีให้ตรงกับปัญหา ไม่ควรเลือกเทคโนโลยีจากความทันสมัยเพียงอย่างเดียว

2. ควรดำเนินการลงทุนเป็นลำดับตามความพร้อมของสถานประกอบการ โดยเฉพาะกิจการที่มีข้อจำกัดด้านเงินทุนและบุคลากรอาจเริ่มจากเทคโนโลยีที่นำไปใช้ได้ง่ายและเห็นผลได้ชัด เช่น เซนเซอร์ ตรวจวัดและแจ้งเตือนอุณหภูมิ ระบบติดตามการใช้พลังงาน หรือระบบบริหารคลังสินค้า ก่อนขยายไปสู่ AI ระบบอัตโนมัติ หุ่นยนต์ หรือระบบตรวจสอบย้อนกลับที่ต้องใช้การเชื่อมโยงข้อมูลและเงินลงทุนมากขึ้น

3. ควรกำหนดตัวชี้วัดก่อนและหลังการนำนวัตกรรมมาใช้ เช่น การใช้พลังงานต่อหน่วยสินค้า ความถี่ของความผิดปกติด้านอุณหภูมิ อัตราการสูญเสียสินค้า ระยะเวลาในการรับและเบิกจ่ายสินค้า การหยุดทำงานของเครื่องจักร และต้นทุนการบำรุงรักษา เพื่อให้สามารถประเมินผลและความคุ้มค่าของการลงทุนจากข้อมูลจริงของกิจการ และใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจขยายหรือปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในระยะต่อไป

4. ควรพัฒนาบุคลากรควบคู่กับการลงทุนด้านเทคโนโลยี โดยเน้นทักษะที่สามารถนำไปใช้กับการดำเนินงานจริง ทั้งการควบคุมระบบทำความเย็น การจัดการพลังงาน การใช้งานระบบดิจิทัล การวิเคราะห์ข้อมูล และการบำรุงรักษาระบบ เนื่องจากประโยชน์ของนวัตกรรมขึ้นอยู่กับความสามารถของบุคลากรในการนำข้อมูลและเทคโนโลยีไปใช้ปรับปรุงกระบวนการทำงาน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาผลของการประยุกต์ใช้นวัตกรรมจากข้อมูลของสถานประกอบการจริง โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการนำนวัตกรรมมาใช้ในด้านการใช้พลังงาน ต้นทุน การสูญเสียสินค้า ประสิทธิภาพการจัดเก็บ และการบำรุงรักษา เพื่อให้ได้หลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับผลลัพธ์และความคุ้มค่าของนวัตกรรมแต่ละประเภทในบริบทของอุตสาหกรรมท้องถิ่นไทย

2. ควรศึกษาเปรียบเทียบการยอมรับและการประยุกต์ใช้นวัตกรรมระหว่างผู้ประกอบการที่มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น กิจการขนาดใหญ่กับ SMEs ห้างเย็นสำหรับอาหารแช่แข็ง อาหารทะเล เนื้อสัตว์ ผักและผลไม้ หรือศูนย์กระจายสินค้า เพื่อวิเคราะห์ว่าขนาดกิจการ ประเภทสินค้า เงินลงทุน บุคลากร และระบบเดิมมีผลต่อการเลือกใช้และความสำเร็จของนวัตกรรมแตกต่างกัน

4. ควรพัฒนาและทดสอบแบบจำลองหรือกรอบการตัดสินใจสำหรับการเลือกใช้นวัตกรรมในธุรกิจห้องเย็น โดยนำปัจจัยด้านต้นทุน ผลตอบแทน ความพร้อมของบุคลากร ความเข้ากันได้กับระบบเดิม ความต้องการด้านพลังงาน และความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลมาพิจารณาร่วมกัน เพื่อให้ได้เครื่องมือที่สามารถใช้ประเมินความพร้อมและเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสถานประกอบการแต่ละประเภท

เอกสารอ้างอิง

- Ahmad, K., Islam, M. S., Jahin, M. A., & Mridha, M. F. (2024). Analysis of Internet of things implementation barriers in the cold supply chain: An integrated ISM-MICMAC and DEMATEL approach. *PLOS ONE*, 19 (7) , e0304118 .
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304118>
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2026). Overcoming barriers to digital transformation for sustainable cold chain management. *Cogent Business & Management*, 13 (1) .
<https://doi.org/10.1080/23311975.2025.2603737>
- Liang, J., Du, W., Wang, D., Yuan, X., Liu, M., & Niu, K. (2022). Analysis of the refrigeration performance of the refrigerated warehouse with ice thermal energy storage driven directly by variable photovoltaic capacity. *International Journal of Photoenergy*, 2022, 3441926. <https://doi.org/10.1155/2022/3441926>
- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation* (4th ed.). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Pongnumkul, S., Ittipornpaisarn, P., & Pongnumkul, S. (2025). Comparison of blockchain vs. centralised IT infrastructure costs for food traceability: A Thai broiler supply chain case study. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 14 , Article 13 .
<https://doi.org/10.1186/s13731-025-00465-0>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. Harvard University Press.
- Tachajapong, W., Wiratkasem, K., Kammuang-lue, N., & Pattana, S. (2022). Preliminary study on specific energy consumption of cold storage room in Thailand's cold chain. *Energy Reports*, 8, 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.05.171>

- Tharatipyakul, A., Pongnumkul, S., Riansumrit, N., Kingchan, S., & Pongnumkul, S. (2022). Blockchain-based traceability system from the users' perspective: A case study of Thai coffee supply chain. *IEEE Access*, 10, 98783–98802. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3206860>
- Wang, Y., Pochan, J., Panichakarn, B., & Garin, M. E. (2024). Strategies for digital transformation of cold chain logistics of fresh agricultural products based on Internet of things. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8 (7) , 4987. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i7.4987>

