

## Development of a Digital Traceability System for RD43 Rice Porridge Products Using QR Code Technology

การพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 ด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด

Laddawan Champa<sup>1,\*</sup>, Ekachai Sirilearthpanna<sup>2</sup>, and Pinthida Na Thaisong<sup>3</sup>

ลัดดาวัลย์ จำปา<sup>1,\*</sup>, เอกชัย ศิริเลิศพรณา<sup>2</sup>, และ ปิ่นธิดา ณ ไชยสง<sup>3</sup>

Received: 23 October 2025;

Revised: 29 December 2025;

Accepted: 30 December 2025;

Published: 31 December 2025;

### Abstract

This article aimed to design and implement a digital traceability system prototype for the RD43 rice porridge product and to evaluate the system's performance and user satisfaction. The implementation used Quick Response Code technology, the Google Sheets Script Application Programming Interface, and Google Firebase Hosting. A research and development approach was employed, encompassing requirements analysis, system design, development, and evaluation. The system is designed to support end-to-end traceability throughout the agri-food supply chain through a centralized and secure digital database accessible via a unique Quick Response Code. System quality was evaluated by technology experts and rated at a very high level, while users, including farmers, processors, and consumers, reported high satisfaction, particularly with system usability and information availability. The findings demonstrate that a Quick Response Code based digital traceability architecture can enhance data transparency, data integrity, and consumer trust, and show potential for practical application in community based Agri-food products.

**Keywords:** Traceability System, QR Code Technology, RD43 Rice Porridge, Supply Chain Transparency

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัลสำหรับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 และเพื่อประเมินผลการใช้งานของระบบในด้านประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด ร่วมกับการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบผ่านส่วนติดต่อการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ของกูเกิลสำหรับตารางคำนวณออนไลน์ และไฟร์เบส โฮสติ้ง การดำเนินการวิจัยใช้แนวทางการวิจัยและพัฒนา ประกอบด้วย การวิเคราะห์ความต้องการ การ

<sup>1,\*</sup> Assistant Professor, Program in Automation and Robotic Technologies, Faculty of Industrial, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190, Thailand; ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอัตโนมัติและหุ่นยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190 ประเทศไทย; Email: laddawan.ch@kru.ac.th

<sup>2</sup> Lecturer, Science and Technology Learning Group (Program in Technology), The Demonstration School of Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190, Thailand; อาจารย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สาขาวิชาเทคโนโลยี) มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190 ประเทศไทย; Email: ekkachai@kru.ac.th

<sup>3</sup> Lecturer, Program in Food Technology, Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190, Thailand; อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 71190 ประเทศไทย; Email: pinthida@kru.ac.th

\*Corresponding authors: Laddawan Champa (laddawan.ch@kru.ac.th)



ออกแบบระบบ การพัฒนา และการประเมินผล ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถสนับสนุน การตรวจสอบย้อนกลับตลอดห่วงโซ่อุปทานสินค้าเกษตร โดยใช้ฐานข้อมูลดิจิทัล แบบศูนย์กลางที่มีความปลอดภัย และเปิดให้เข้าถึงข้อมูลผ่านคิวอาร์โค้ดประจำ ผลิตภัณฑ์ ผลการประเมินคุณภาพระบบจากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี พบว่าระบบ มีคุณภาพอยู่ในระดับสูงมาก ขณะที่ผลการประเมินจากผู้ใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย เกษตรกร ผู้ประกอบการ และผู้บริโภค พบว่ามีความพึงพอใจในระดับสูง โดยเฉพาะ ด้านความสะดวกในการใช้งานและความครบถ้วนของข้อมูล ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า ระบบตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัลที่ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดสามารถช่วย ยกระดับความโปร่งใส ความถูกต้องของข้อมูล และความเชื่อมั่นของผู้บริโภค และมี ศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารเกษตรในระดับชุมชนได้อย่าง เหมาะสม

**คำสำคัญ:** ระบบตรวจสอบย้อนกลับ, เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด, โจ๊กข้าว กข43, ความโปร่งใสของห่วงโซ่อุปทาน

## 1. บทนำ (Introduction)

ในยุคที่เทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีบทบาทสำคัญในภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร ระบบการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability System) ได้กลายเป็นกลไกสำคัญในการสร้างความโปร่งใส ความปลอดภัย และความเชื่อมั่นของผู้บริโภค ตลอดห่วงโซ่อุปทานของสินค้าเกษตร (Singh et al., 2023) ระบบดังกล่าวช่วยให้สามารถติดตามและตรวจสอบ ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ได้ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิต การแปรรูป จนถึงการจัดจำหน่าย ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจดิจิทัล และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยเฉพาะเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDG) ที่มุ่งเน้นการผลิตและการบริโภคอย่างมีความรับผิดชอบ (Wang & Scrimgeour, 2023)

ผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 เป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพที่พัฒนาจากข้าวพันธุ์ กข43 ซึ่งมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำถึงปานกลางเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำตาลในเลือดและใส่ใจสุขภาพ (Sriyom & Buangam, 2023) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้มีระบบการตรวจสอบย้อนกลับที่โปร่งใสและตรวจสอบได้ จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มมูลค่าและสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารเกษตร โดยเฉพาะในตลาดอาหารสุขภาพและตลาดต่างประเทศที่ให้ความสำคัญกับความปลอดภัยและแหล่งที่มาของอาหาร (Bai & Sarkis, 2020)

อย่างไรก็ตามการจัดการข้อมูลในกระบวนการผลิตและการจำหน่ายผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวในระดับชุมชนยังประสบปัญหาการจัดเก็บข้อมูลแบบแยกส่วนและขาดการเชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นระบบจากต้นน้ำถึงปลายน้ำ ข้อมูลจำนวนมากยังอยู่ในรูปแบบเอกสารที่ไม่สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้อย่างรวดเร็ว และโปร่งใส (Bottani et al., 2024) ส่งผลให้ผู้บริโภคไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ถูกต้องของผลิตภัณฑ์ และผู้ประกอบการไม่สามารถใช้ข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการได้อย่างเต็มศักยภาพ

เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด (QR Code) เป็นเครื่องมือดิจิทัลที่ได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในระบบตรวจสอบย้อนกลับ เนื่องจากสามารถเชื่อมโยงข้อมูลผลิตภัณฑ์กับฐานข้อมูลดิจิทัล (Denso Wave, 2024) และเปิดให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลผ่านอุปกรณ์พกพาได้โดยตรง งานวิจัยระบุว่าการใช้คิวอาร์โค้ดร่วมกับระบบฐานข้อมูลออนไลน์ช่วยเพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล ลดต้นทุนของระบบ และสนับสนุนการนำไปใช้จริงในบริบทของผู้ผลิตรายย่อยและวิสาหกิจชุมชน (Indap & Tanyas, 2025)

ในต่างประเทศมีการพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัลโดยใช้เทคโนโลยีที่หลากหลาย เช่น คิวอาร์โค้ด ระบบฐานข้อมูลบนคลาวด์ และการเชื่อมโยงข้อมูลผ่านส่วนติดต่อ (Interface) ส่วนเชื่อมต่อโปรแกรมประยุกต์ (Application Programming Interface: API) เพื่อสนับสนุนการตรวจสอบย้อนกลับแบบครบวงจรตลอดห่วงโซ่อุปทานอาหาร (Ponyared et al., 2022; Masi et al., 2021) ขณะที่งานวิจัยบางส่วนมีการนำเทคโนโลยีขั้นสูงมาประยุกต์ใช้ เช่น อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) และบล็อกเชน (Blockchain) เพื่อเพิ่มความถูกต้องและไม่สามารถแก้ไขย้อนหลังของข้อมูล (Liu et al., 2025; Owusu-Berko, 2025) อย่างไรก็ตามระบบเหล่านี้มักมีความซับซ้อนและต้นทุนการพัฒนาสูง ซึ่งเป็นข้อจำกัดต่อการนำไปใช้ในระดับชุมชน หรือผู้ประกอบการรายย่อย



จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แม้จะมีการพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับในผลิตภัณฑ์เกษตรหลายประเภท เช่น ข้าว ผักอินทรีย์ และผลไม้ (Ponyared et al., 2022; Warinsitdhikul et al., 2024; Sukcharoengphong & Thammassiri, 2018) พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์เกษตรดิบ หรือระบบในระดับฟาร์มยังขาดการพัฒนา ระบบที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปในระดับชุมชน ซึ่งมีความซับซ้อนด้านกระบวนการผลิตและการจัดการข้อมูลมากกว่า

เพื่อให้เห็นความใหม่และคุณค่าของงานวิจัยอย่างชัดเจน งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาต้นแบบระบบตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัลสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปในระดับชุมชน ซึ่งยังมีงานวิจัยเฉพาะด้านนี้ค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 ที่มีความซับซ้อนของกระบวนการผลิตและการจัดการข้อมูลมากกว่าผลิตภัณฑ์เกษตรดิบ งานวิจัยยังเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีควาร์โค้ดร่วมกับบริการคลาวด์ต้นทุนต่ำ ได้แก่ การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบผ่านส่วนติดต่อการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ของกูเกิลสำหรับตารางคำนวณออนไลน์ (Google Apps Script API) และไฟร์เบส โฮสติ้ง (Firebase Hosting) เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทของชุมชนที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร และงบประมาณ นอกจากนี้ ผลการประเมินระบบทั้งด้านเทคนิค และด้านผู้ใช้งานจริงสะท้อนให้เห็นศักยภาพของสถาปัตยกรรมระบบที่มีโครงสร้างเรียบง่าย แต่สามารถสนับสนุนความโปร่งใส ความถูกต้องของข้อมูล และความเชื่อมั่นของผู้บริโภคในห่วงโซ่อุปทานอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งงานวิจัยยังนำเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอดระบบในอนาคต เพื่อรองรับการขยายตัวของระบบและการบูรณาการกับเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และบล็อกเชน ซึ่งสามารถใช้เป็นกรอบอ้างอิงสำหรับการวิจัยและการพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับในบริบทที่คล้ายคลึงกัน

## 2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบการตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัลที่ใช้เทคโนโลยีควาร์โค้ดสำหรับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43
2. เพื่อประเมินผลการใช้งานของระบบในด้านประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

## 3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

### 3.1 ระบบการตรวจสอบย้อนกลับ

ระบบตรวจสอบย้อนกลับเป็นองค์ประกอบหลักของระบบควบคุมความปลอดภัยอาหารสมัยใหม่ และได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในระดับสากลว่าเป็นเครื่องมือสำคัญในการติดตามการเคลื่อนที่ของอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การผลิต การแปรรูป การกระจายสินค้า จนถึงผู้บริโภคปลายทาง (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024) ระบบดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการความเสี่ยงด้านอาหาร การควบคุมอันตราย การรับรองความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ และการสนับสนุนกระบวนการเรียกคืนสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน

งานวิจัยร่วมสมัยชี้ให้เห็นว่าระบบตรวจสอบย้อนกลับไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านกฎหมายเท่านั้น แต่ยังเป็นปัจจัยเชิงกลยุทธ์ที่ช่วยสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน และเสริมสร้างความมั่นใจของผู้บริโภค (Charlebois et al., 2024; Wang & Scrimgeour, 2023)

ในยุคปัจจุบันแนวคิดของระบบตรวจสอบย้อนกลับได้พัฒนาไปสู่ระบบตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัล ซึ่งอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เช่น ระบบบนคลาวด์ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และบล็อกเชน เพื่อเพิ่มความถูกต้อง ความโปร่งใส และความน่าเชื่อถือของข้อมูล (Ellahi et al., 2023) นอกจากนี้งานวิจัยปัจจุบันได้เสนอให้ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน (Blockchain) ร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ตลอดห่วงโซ่อุปทานอาหาร (Liu et al., 2025; Owusu-Berko, 2025) แนวคิดนี้ช่วยให้ข้อมูลทุกชั้นตอนในระบบถูกบันทึกในลักษณะ “ไม่เปลี่ยนแปลง (Immutable)” หรือไม่สามารถแก้ไขย้อนหลังได้ ส่งผลให้ผู้บริโภคสามารถตรวจสอบประวัติสินค้าได้อย่างมั่นใจ (Dakshayini et al., 2024)

### 3.2 กระบวนการพัฒนาระบบการตรวจสอบย้อนกลับ

การพัฒนากระบวนการตรวจสอบย้อนกลับต้องอาศัยขั้นตอนการรวบรวมและบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่กระบวนการผลิตระดับต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ โดยข้อมูลที่เก็บได้ ประกอบด้วย ข้อมูลแหล่งที่มาของวัตถุดิบ การแปรรูป การจัดการคุณภาพ และการจำหน่าย ซึ่งทั้งหมดจะถูกบันทึกในฐานข้อมูลที่มีความปลอดภัย (Indap & Tanyas, 2025)

งานวิจัยในช่วงหลังได้ขยายแนวคิดนี้ด้วยการเชื่อมโยงข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อให้สามารถตรวจวัดและบันทึกข้อมูลแบบเรียลไทม์ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือเวลาการขนส่งของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งช่วยเพิ่มความถูกต้องและความทันสมัยของข้อมูล (Lukacs et al., 2025) การบูรณาการข้อมูลผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และระบบฐานข้อมูลแบบคลาวด์ จึงกลายเป็นแนวทางใหม่ในการพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับสมัยใหม่ (Masi et al., 2021)

นอกจากนี้การนำแนวคิดสัญญาอัจฉริยะ (Smart Contracts) บนระบบบล็อกเชนมาใช้ในการตรวจสอบธุรกรรมระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคยังช่วยลดการพึ่งพาคนกลาง ทำให้การบันทึกข้อมูลมีความรวดเร็ว ปลอดภัย และตรวจสอบได้ในทันที (Li et al., 2024; Owusu-Berko, 2025) แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานยุคดิจิทัล ซึ่งมุ่งเน้นการเชื่อมโยงข้อมูลอย่างปลอดภัยและตรวจสอบได้ตลอดทั้งระบบ

### 3.3 เทคโนโลยีรหัสคิวอาร์

เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด (QR Code) เป็นระบบบาร์โค้ดสองมิติที่พัฒนาโดยบริษัทเด็นโซ เวฟ (Denso Wave) ประเทศญี่ปุ่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 เพื่อใช้ติดตามชิ้นส่วนภายในสายการผลิตของอุตสาหกรรมยานยนต์ (Denso Wave, 2024) เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดสามารถเก็บข้อมูลได้ในปริมาณมาก ทั้งตัวเลข ตัวอักษร และอักขระผสม อีกทั้งยังสามารถอ่านได้แม้ในสภาพที่มีความเสียหายบางส่วน

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีการนำเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดมาประยุกต์ใช้ในภาคเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ ใช้งานง่าย และสามารถเข้าถึงได้โดยผู้บริโภคทั่วไปผ่านสมาร์ตโฟน (Sriyom & Buangam, 2023) งานวิจัยใหม่ได้ขยายศักยภาพของคิวอาร์โค้ดด้วยการผสานเข้ากับระบบฐานข้อมูลออนไลน์แบบเรียลไทม์ และเทคโนโลยีการจดจำภาพโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI-based Image Recognition) เพื่อระบุความถูกต้องของผลิตภัณฑ์และตรวจสอบการปลอมแปลงข้อมูล (Liu, et al., 2025)

เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดจึงไม่เพียงเป็นเครื่องมือสำหรับการเข้าถึงข้อมูลเท่านั้น แต่ยังเป็นช่องทางสำคัญในการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยและความโปร่งใสของผลิตภัณฑ์อาหาร ให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ของระบบตรวจสอบย้อนกลับระดับสากล เช่น หมายเลขสถานที่ทั่วโลก (Global Location Number: GLN), หมายเลขสินค้าการค้าสากล (Global Trade Item Number: GTIN) และรหัสตู้คอนเทนเนอร์ขนส่งแบบมีหมายเลขกำกับ (Serial Shipping Container Code: SSCC) (Bottani et al., 2024)

### 3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร เป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องในระดับนานาชาติ โดยเฉพาะในบริบทของการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มความโปร่งใส ความปลอดภัย และความเชื่อมั่นของผู้บริโภค งานวิจัยจากต่างประเทศจำนวนมากได้เสนอแนวทางการพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่หลากหลาย อาทิ คิวอาร์โค้ด ระบบฐานข้อมูลบนคลาวด์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และบล็อกเชน เพื่อสนับสนุนการติดตามข้อมูลผลิตภัณฑ์ตลอดห่วงโซ่อุปทานอาหาร

Dakshayini al. (2024) พัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับอาหารโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูลและเสริมศักยภาพการแข่งขันด้านการส่งออกสินค้าอาหาร ผลการศึกษาพบว่าระบบดังกล่าวสามารถเพิ่มความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ Li et al. (2024) และ Indap & Tanyas (2025) พบว่าเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดสามารถทำหน้าที่เป็นกลไกเชื่อมโยงข้อมูลผลิตภัณฑ์จากฐานข้อมูลดิจิทัลไปสู่ผู้บริโภคได้โดยตรงผ่านบรรรจภัณฑ์สินค้า ช่วยให้ผู้บริโภคเข้าถึงข้อมูลแหล่งที่มา กระบวนการผลิต และคุณภาพของอาหารได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว นอกจากนี้งานวิจัยของ Masi et al. (2021) ยังระบุว่า การบูรณาการระบบตรวจสอบย้อนกลับเข้ากับสถาปัตยกรรมดิจิทัลบนคลาวด์ และการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบผ่านส่วนติดต่อการเขียนโปรแกรมประยุกต์เป็นแนวโน้มสำคัญของการพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับสมัยใหม่ โดย Rossi et al. (2025) สะท้อนว่าการพัฒนาระบบดังกล่าวส่วนใหญ่พัฒนาในภาคอุตสาหกรรมและการค้าระหว่างประเทศ อาศัยเทคโนโลยีดิจิทัลขั้นสูงส่งผลให้การนำระบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในบริบทของผู้ผลิตรายย่อยหรือชุมชนยังมีข้อจำกัด ขณะเดียวกัน Vern et al. (2025) ได้นำเสนอกรอบแนวคิดระบบ



ตรวจสอบย้อนกลับโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนร่วมกับการทดสอบต้นแบบจริง ส่งผลให้เห็นว่าการพัฒนาระบบดังกล่าวยังต้องอาศัยโครงสร้างพื้นฐานและการลงทุนในระดับสูง

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยต่างประเทศส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นระบบตรวจสอบย้อนกลับในระดับอุตสาหกรรม หรือการค้าระหว่างประเทศ ซึ่งมักใช้เทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนและต้นทุนการพัฒนาสูง เช่น ระบบบล็อกเชนร่วมกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และปัญญาประดิษฐ์ (Liu et al., 2025) ส่งผลให้การนำระบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในบริบทของผู้ผลิตรายย่อย หรือวิสาหกิจชุมชนยังมีข้อจำกัด

ในประเทศไทยงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับสำหรับผลิตภัณฑ์เกษตรหลายประเภท โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดและเว็บแอปพลิเคชัน Warinsitdhikul et al. (2024) ได้พัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับร่วมกับระบบรับรองมาตรฐานแบบมีส่วนร่วมของเกษตรกร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลเกษตรกรอินทรีย์ ขณะที่ Ponyared et al. (2022) พัฒนาระบบติดตามข้าวโดยใช้คิวอาร์โค้ดและเว็บแอปพลิเคชัน ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการผลิตจนถึงผู้บริโภคปลายทาง นอกจากนี้ Sukcharoengphong and Thammassiri (2018) ยังแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID) และคิวอาร์โค้ดสามารถเพิ่มความโปร่งใส ความถูกต้องของข้อมูล และความพึงพอใจของผู้ใช้งานได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานของเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID) ในฐานะเทคโนโลยีระบุตัวตนอัตโนมัติ (Automatic Identification) ที่พัฒนาอย่างต่อเนื่องและถูกนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมและโลจิสติกส์อย่างกว้างขวาง (Nontasut, 2011)

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นผลิตภัณฑ์เกษตรดิบหรือระบบตรวจสอบย้อนกลับในระดับฟาร์ม และยังขาดการศึกษาที่มุ่งพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปในระดับชุมชน ซึ่งมีความซับซ้อนด้านกระบวนการผลิต การจัดการข้อมูล และการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลายฝ่าย โดยเฉพาะในกรณีของผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพที่มีคุณสมบัติทางโภชนาการเฉพาะและมีศักยภาพเชิงพาณิชย์สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเติมเต็มช่องว่างขององค์ความรู้ดังกล่าวด้วยการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัลที่ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดเชื่อมโยงฐานข้อมูลดิจิทัล เพื่อสนับสนุนการนำไปใช้งานจริงในบริบทของผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปของชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม

#### 4. กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

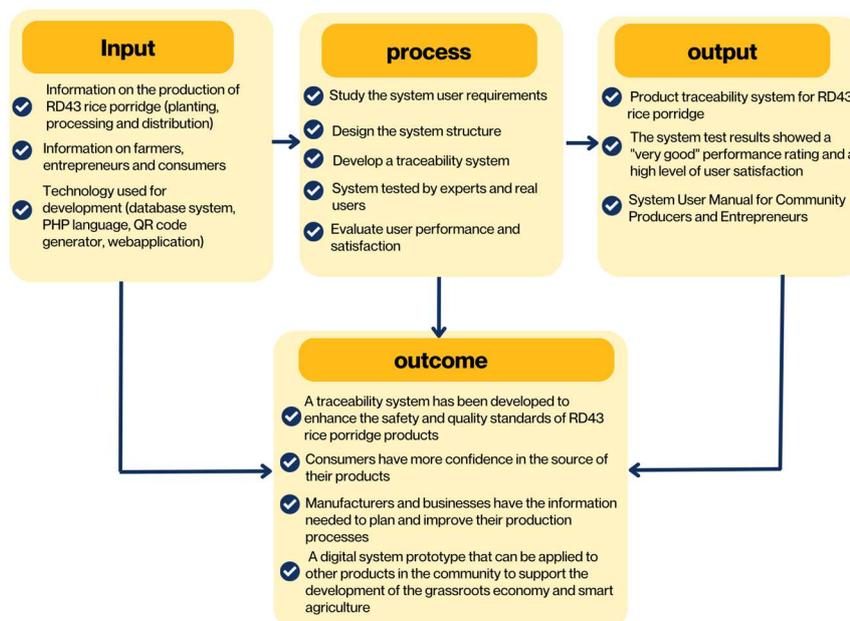


Figure 1. Conceptual Framework

กรอบแนวคิดงานวิจัยนี้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (Input) กระบวนการ (Process) และผลลัพธ์ (Output) ของระบบตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัลสำหรับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 โดยปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด ระบบฐานข้อมูลดิจิทัลบนคลาวด์ และเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง ซึ่งถูกนำมาใช้ในกระบวนการบันทึกจัดการ และเชื่อมโยงข้อมูลการผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทานผ่านคิวอาร์โค้ดประจำผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ในด้าน ประสิทธิภาพของระบบ ความถูกต้องของข้อมูล ความสะดวกในการใช้งาน และความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ กรอบแนวคิดดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยีดิจิทัลในการสนับสนุนการตรวจสอบย้อนกลับที่โปร่งใสและสามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทของผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปในระดับชุมชน

## 5. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

### 5.1 รูปแบบการวิจัยและขอบเขต

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R & D) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นผ่านการทดสอบและความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้จริง

### 5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในการพัฒนาระบบการตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 ประกอบด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ แบบประเมินคุณภาพระบบจากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้เกณฑ์ 5 ด้าน ได้แก่ ความถูกต้อง (Correctness) ความสะดวกในการใช้งาน (Usability) ความปลอดภัยของข้อมูล (Security) ความครบถ้วนของข้อมูล (Completeness) และการเข้าถึงข้อมูล (Accessibility)

### 5.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการพัฒนาระบบการตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

#### 1. ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการผลิต และแปรรูปโจ๊กข้าว กข43 วิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ ออกแบบโครงสร้างระบบตรวจสอบย้อนกลับโดยระบบประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) ต้นน้ำ เป็นส่วนการเก็บข้อมูลการปลูกข้าว กข43 เช่น แหล่งเพาะปลูก วันที่ปลูก การใช้ปุ๋ยหรือสารเคมี การเก็บเกี่ยว 2) กลางน้ำ เป็นส่วนของการแปรรูป เช่น การสีข้าว การผลิตโจ๊ก บรรจุภัณฑ์ การควบคุมคุณภาพ และ 3) ปลายน้ำ เป็นส่วนของการขนส่ง การกระจายสินค้า และการวางจำหน่าย รวมถึงการเข้าถึงข้อมูลผ่านคิวอาร์โค้ด (QR Code) โดยแสดงแผนภาพระบบการตรวจสอบย้อนกลับ ตัวอย่างดัง Figure 2.

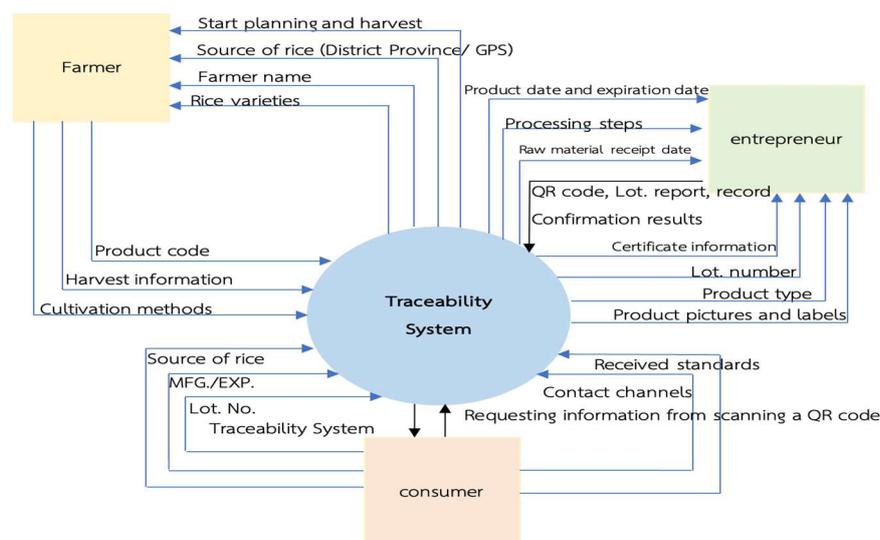


Figure 2. Context diagram of the RD43 rice porridge traceability system

แผนภาพบริบทแสดงขอบเขตและการทำงานโดยรวมของระบบตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัลสำหรับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 โดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างระบบกับหน่วยงานภายนอกหลัก ได้แก่ เกษตรกร ผู้ประกอบการ และผู้บริโภค เกษตรกรและผู้ประกอบการทำหน้าที่บันทึกข้อมูลการผลิต การแปรรูป และข้อมูลผลิตภัณฑ์เข้าสู่ระบบ ขณะที่ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงข้อมูลการตรวจสอบย้อนกลับผ่านการสแกนคิวอาร์โค้ดบนบรรจุภัณฑ์ ระบบทำหน้าที่จัดเก็บ ประมวลผล และแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ เพื่อสนับสนุนความโปร่งใส ความถูกต้องของข้อมูล และความเชื่อมั่นของผู้บริโภค

## 2. ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาระบบโดยเขียนโค้ดเพื่อเชื่อมโยงข้อมูลตั้งแต่ต้นน้ำ (การปลูกและเก็บเกี่ยวข้าว) กลางน้ำ (การแปรรูปเป็นโจ๊กข้าว) จนถึงปลายน้ำ (การจำหน่าย) เชื่อมระบบกับเครื่องมือระบุตัวตนผ่าน คิวอาร์โค้ด (QR Code) สำหรับการเข้าถึงข้อมูลผ่านมือถือ ตัวอย่างดัง Figure 3.

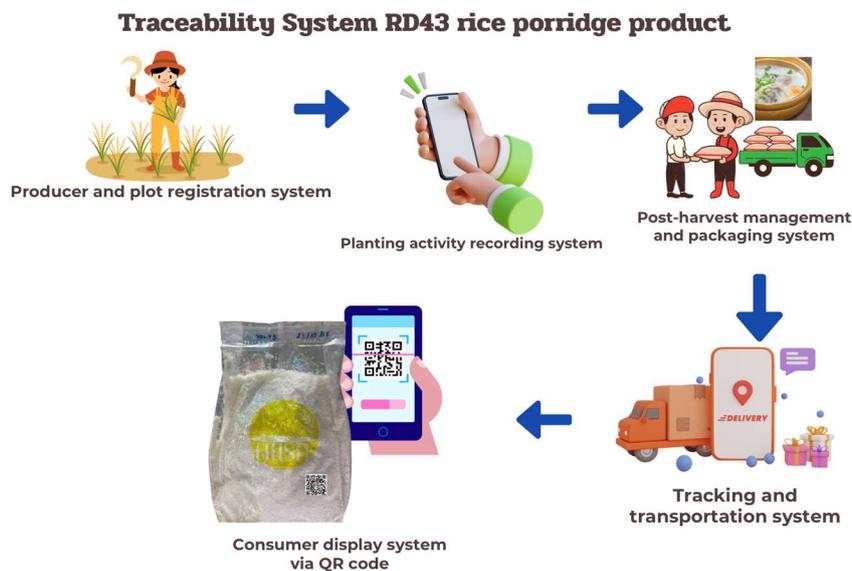


Figure 3. Interface of the RD43 rice porridge traceability system

จาก Figure 3. แสดงลำดับกระบวนการทำงานของระบบตรวจสอบย้อนกลับ ตั้งแต่การบันทึกข้อมูลโดยเกษตรกร การจัดการข้อมูลการแปรรูปและบรรจุภัณฑ์โดยผู้ประกอบการ การติดตามการกระจายสินค้า ไปจนถึงการเข้าถึงข้อมูลของผู้บริโภคผ่านการสแกนคิวอาร์โค้ด ซึ่งสะท้อนการทำงานของระบบตลอดห่วงโซ่อุปทาน

3. ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบและประเมินระบบ โดยให้กลุ่มเป้าหมายทดลองใช้งานระบบจริง รวบรวมความคิดเห็นความพึงพอใจ และข้อเสนอแนะผ่านแบบสอบถาม วิเคราะห์ผลและปรับปรุงระบบตามข้อมูลที่ได้รับ

ด้านความปลอดภัยของระบบ

ระบบใช้แนวทางการรักษาความปลอดภัยข้อมูล โดยเข้ารหัสการสื่อสารผ่านโปรโตคอลพื้นฐานที่ใช้ในการสื่อสารหรือรับส่งข้อมูลบนเว็บไซต์ (Hyper Text Transfer Protocol Secure: HTTPS) บนไฟร์เบส (Firebase) จำกัดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลผ่านระบบการตรวจสอบสิทธิ์และการอนุญาต (Authentication & Authorization) สำรองข้อมูลอัตโนมัติทุก 24 ชั่วโมงผ่านพื้นที่จัดเก็บไฟร์เบส (Firebase Storage) และป้องกันการแก้ไขข้อมูลย้อนหลังโดยใช้นโยบายข้อมูลแบบเพิ่มอย่างเดียว (Append-only Data Policy)

## 5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบย้อนกลับ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีจำนวน 5 คน และความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบการตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข.43 จำนวน 20 คน วิเคราะห์

โดยสถิติเชิงพรรณนา คือการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีการของลิเคอร์ท (Likert) (Wongwanich, 2020)

## 6. ผลการวิจัย (Results)

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) ผลการพัฒนาต้นแบบระบบ (2) ผลการประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ และ (3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจริง

### 6.1 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบการตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43

ต้นแบบระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 ได้รับการพัฒนาให้ทำงานบนเว็บแอปพลิเคชันที่ (Web Application) ที่โฮสต์บนกูเกิ้ลไฟร์เบส (Google Firebase Hosting) การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบผ่านส่วนติดต่อการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ของกูเกิ้ลสำหรับตารางคำนวณออนไลน์ (Google Apps Sheet Script API) เพื่อจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูลการผลิตในแต่ละขั้นตอน ระบบรองรับผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ผลิต ผู้ประกอบการ และผู้บริโภค ผ่านกลไกการควบคุมการเข้าถึงแบบหลายผู้ใช้ (Multi-user Access Control)

เมื่อผู้บริโภคสแกนคิวอาร์โค้ดที่ติดบนบรรจุภัณฑ์ ระบบจะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบผ่านส่วนติดต่อการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ของกูเกิ้ลสำหรับตารางคำนวณออนไลน์ (Google Apps Sheet Script API) และแสดงข้อมูลสำคัญ เช่น แหล่งเพาะปลูก วันที่แปรรูป ผู้ผลิต และวันหมดอายุ ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถเชื่อมโยงข้อมูลและแสดงผลได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และรวดเร็ว โดยเฉลี่ย ไม่เกิน 1.2 วินาทีต่อการร้องขอข้อมูล (API Response Time)

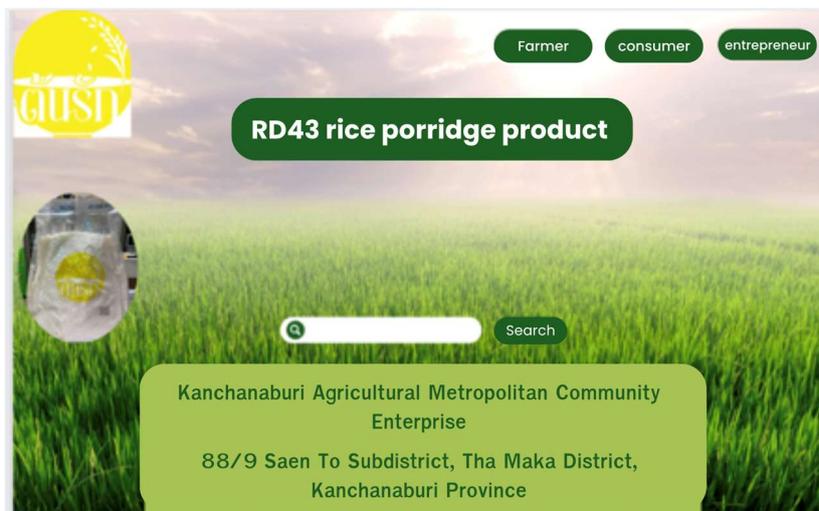


Figure 4. Main Interface

จาก Figure 4. แสดงหน้าส่วนติดต่อผู้ใช้หลัก (Main Interface) ของระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งาน ระบบแสดงข้อมูลพื้นฐานของผลิตภัณฑ์และหน่วยงานผู้ผลิต พร้อมเมนูสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ เกษตรกร ผู้ประกอบการ และผู้บริโภค รวมถึงช่องค้นหาเพื่อรองรับการเข้าถึงข้อมูลการตรวจสอบย้อนกลับผ่านการสแกน หรือบอรรหัสคิวอาร์โค้ด ทั้งนี้ส่วนติดต่อ (Interface) ดังกล่าวออกแบบให้ใช้งานง่ายและสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลอย่างโปร่งใสตลอดห่วงโซ่อุปทานสินค้าเกษตร

นอกจากนี้ข้อมูลที่เกษตรกรบันทึกเข้าสู่ระบบตรวจสอบย้อนกลับ ได้แก่ ข้อมูลผู้ปลูก และแปลงปลูก ข้อมูลพื้นที่และพิกัดพื้นที่ (GPS) วันที่เริ่มปลูกและวันที่เก็บเกี่ยว พันธุ์ข้าวที่ใช้ และวิธีการเพาะปลูก ซึ่งเป็นข้อมูลต้นน้ำที่ใช้ในการเชื่อมโยงการตรวจสอบย้อนกลับตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตัวอย่าง ดัง Figure 5. และตัวอย่างข้อมูลที่เกษตรกรบันทึกเข้าสู่ระบบตรวจสอบย้อนกลับ ประกอบด้วยข้อมูลผู้ปลูกและแปลงปลูก ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและพิกัดพื้นที่ (GPS) วันที่เริ่มปลูกและวันที่เก็บเกี่ยว พันธุ์ข้าวที่ใช้ และวิธีการเพาะปลูก ซึ่งเป็นข้อมูลต้นน้ำที่ใช้สำหรับการเชื่อมโยงกระบวนการตรวจสอบ

ย้อนกลับตลอดห่วงโซ่อุปทาน นอกจากนี้ยังแสดงข้อมูลที่ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้ผ่านการสแกนคิวอาร์โค้ดบนบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ แหล่งที่มาของข้าว พักัดแปลงปลูก วันผลิตและวันหมดอายุ รหัสล็อตการผลิต และข้อมูลการรับรองมาตรฐาน เพื่อเสริมสร้างความโปร่งใสและเพิ่มความเชื่อมั่นในคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ดัง Figure 6.

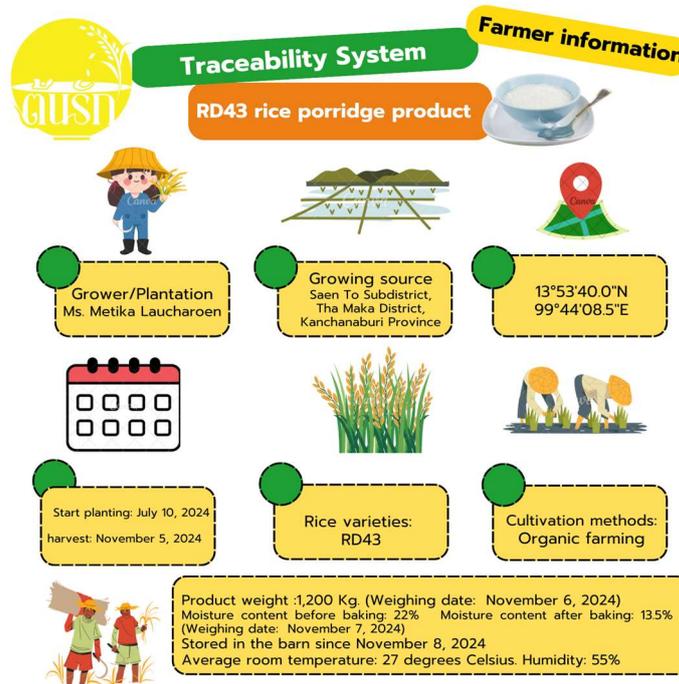


Figure 5. Farmer Information Display Interface



Figure 6. Consumer Information Display Interface

ในงานวิจัยนี้ได้จัดทำคิวอาร์โค้ดเพื่อใช้เป็นสื่อกลางในการเชื่อมโยงผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัลของผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 โดยเมื่อผู้บริโภคหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสแกนคิวอาร์โค้ดดังกล่าว ระบบจะเรียกดูข้อมูลการผลิตและการแปรรูปของผลิตภัณฑ์จากฐานข้อมูลกลาง ซึ่งครอบคลุมข้อมูลตั้งแต่แหล่งที่มาของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ไปจนถึงข้อมูลวันผลิตและวันหมดอายุ ทั้งนี้การใช้คิวอาร์โค้ดช่วยเพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลและสนับสนุนความโปร่งใสตลอดห่วงโซ่อุปทานอาหาร ดัง Figure 7.



Figure 7. QR Code for Product Traceability Information

### 6.2 ผลการหาประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คนได้ทำการประเมินระบบใน 5 ด้าน ได้แก่ ความถูกต้อง (Correctness) ความสะดวกในการใช้งาน (Usability) ความปลอดภัยของข้อมูล (Security) ความครบถ้วนของข้อมูล (Completeness) และการเข้าถึงข้อมูล (Accessibility) ดังตัวอย่าง Table 1.

Table 1. System Evaluation Results by Experts

Evaluation Criteria	$\bar{x}$	S.D.	Evaluation Result
System correctness	4.72	0.18	Highest
System usability	4.68	0.23	Highest
Data security	4.55	0.27	Highest
Data completeness	4.60	0.25	Highest
Data accessibility (traceability)	4.68	0.21	Highest
<b>Overall average</b>	<b>4.65</b>	<b>0.22</b>	<b>Highest</b>

Note: Mean:  $\bar{x}$ , Standard Deviation: S.D.

จาก Table 1. ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าระบบต้นแบบการตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 มีคุณภาพในระดับ “มากที่สุด” โดยเฉพาะด้านความถูกต้องและการเข้าถึงข้อมูล ซึ่งเกิดจากการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบผ่านส่วนติดต่อการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ของกูเกิลสำหรับตารางคำนวณออนไลน์ Google Apps Script API) ในการควบคุมการส่ง-รับข้อมูลแบบเรียลไทม์ และระบบรักษาความปลอดภัยรับส่งข้อมูลบนเว็บไซต์ไฟร์เบส (Firebase HTTPS Security) ที่ช่วยป้องกันการดัดแปลงข้อมูล

### 6.3 ผลการหาประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบการตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าว กข43 ด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด

ผลการประเมินจากผู้ใช้งานระบบ จำนวน 20 คน แบ่งออกเป็นเพศชายจำนวน 10 คน ผู้ประกอบการ จำนวน 5 คน และผู้บริโภค จำนวน 5 คน ได้ทำการประเมินระบบใน 5 ด้าน ผลการประเมินเฉลี่ย ดังตัวอย่าง Table 2.

Table 2. User Satisfaction Evaluation Results

Evaluation criteria	$\bar{x}$	S.D.	Evaluation Result
Ease of system use	4.85	0.37	Highest
Clarity of displayed information	4.75	0.44	Highest
Speed of information access	4.80	0.41	Highest
Confidence in product authenticity	4.80	0.41	Highest
Intention to continue using the system in future	4.70	0.47	Highest
<b>Overall average</b>	<b>4.78</b>	<b>0.18</b>	<b>Highest</b>

Note: Mean:  $\bar{x}$ , Standard Deviation: S.D.

จาก Table 2. พบว่าความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ( $\bar{x} = 4.78$ , S.D. = 0.18) สะท้อนความเห็นที่สอดคล้องกันสูงของผู้ใช้งาน โดยมีมิติที่ได้คะแนนสูงสุด คือความง่ายในการใช้งานระบบ ( $\bar{x} = 4.85$ , S.D. = 0.37) รองลงมาคือ ความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล และความมั่นใจในผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบได้ ( $\bar{x} = 4.80$ , S.D. = 0.41 ทั้งสองมิติ) ขณะที่ความเข้าใจในข้อมูลที่แสดง ( $\bar{x} = 4.75$ , S.D. = 0.44) และความมั่นใจในผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบได้ ( $\bar{x} = 4.70$ , S.D. = 0.47) ยังคงอยู่ในระดับ “มากที่สุด” ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ระบบสามารถนำเสนอข้อมูลได้อย่างชัดเจน เข้าถึงได้อย่างรวดเร็ว และมีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างความเชื่อมั่นต่อผลิตภัณฑ์อีกข้าว กข43

#### 6.4 การเปรียบเทียบกับระบบตรวจสอบย้อนกลับอื่น

งานวิจัยนี้ได้ประเมินประสิทธิภาพ และจุดเด่นของระบบต้นแบบ โดยมีการเปรียบเทียบกับระบบตรวจสอบย้อนกลับในงานวิจัยอื่น ๆ ที่ใช้เทคโนโลยีใกล้เคียงกัน ดังตัวอย่าง Table 3.

Table 3. Comparison with Other Traceability Systems from Previous Studies

Traceability System (Study)	Applied Technology	Primary Database	Average Response Time (Seconds)	User Satisfaction (Level)	Key Features/Strengths
Liu et al. (2025)	Blockchain + AI	Smart Contract	2.8	High	High security; high development cost
Lukacs et al. (2025)	IoT + Cloud	SQL Server	1.9	Highest	Supports real-time sensor integration
Warinsitdhikul et al. (2024)	QR code + Firebase	Firestore	1.5	Highest	Easy to use; suitable for community OTOP products
RD43 rice porridge system (This Study)	QR code + Google sheet API + Firebase Hosting	Google sheet + Script API	1.2	Highest	Low cost, transparent, and highly user-friendly

จาก Table 3. พบว่าระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์อีกข้าว กข43 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการตอบสนองเร็วที่สุด (เฉลี่ย 1.2 วินาที) และได้คะแนนความพึงพอใจสูงสุดเทียบเท่าระบบในงานวิจัยก่อนหน้า ขณะที่ยังคงต้นทุนการพัฒนาต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากใช้แพลตฟอร์มโปรแกรมตารางคำนวณออนไลน์ (Google Sheet) และไฟร์เบส โฮสติ้ง (Firebase Hosting) ซึ่งไม่ต้องเสียค่าเซิร์ฟเวอร์รายเดือน ระบบต้นแบบนี้จึงเหมาะสมกับการนำไปใช้ในระดับชุมชนที่มีทรัพยากรจำกัด แต่ต้องการระบบตรวจสอบย้อนกลับที่มีความโปร่งใสและตรวจสอบได้จริง โดยมีศักยภาพต่อยอดไปสู่การผสมผสานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และบล็อกเชนในอนาคตเพื่อยกระดับความปลอดภัยของข้อมูล และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์เกษตรในตลาดดิจิทัล

#### 7. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนากระบวนการตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัลที่ใช้เทคโนโลยีควอาร์โค้ดสำหรับผลิตภัณฑ์อีกข้าว กข43 และเพื่อประเมินผลการใช้งานของระบบในด้านประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยบูรณาการการทำงานร่วมกับการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบผ่านส่วนติดต่อการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ของกูเกิลสำหรับตารางคำนวณออนไลน์ (Google Apps Script API) และไฟร์เบส โฮสติ้ง (Firebase Hosting) เพื่อสร้างระบบฐานข้อมูลดิจิทัลที่มีความปลอดภัย โปร่งใส และสามารถเข้าถึงได้แบบเรียลไทม์ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถเชื่อมโยงข้อมูลการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนต้นน้ำ กลางน้ำ จนถึงปลายน้ำได้อย่างครบถ้วน ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพระบบในภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.65, S.D. = 0.22) และกลุ่มผู้ใช้งานจริงมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด



(ค่าเฉลี่ย = 4.78, S.D. = 0.18) โดยเฉพาะด้านความสะดวกในการใช้งานและความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล ผลการทดสอบทางเทคนิค พบว่าระบบสามารถตอบสนองต่อการร้องขอข้อมูลได้ภายใน 1.2 วินาที แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเทคโนโลยีต้นทุนต่ำที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชนเกษตรกรรมไทย ระบบดังกล่าวจึงมีศักยภาพในการส่งเสริมความโปร่งใส ความเชื่อมั่นของผู้บริโภค และการยกระดับมาตรฐานสินค้าชุมชนให้สอดคล้องกับแนวทางเศรษฐกิจดิจิทัลและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน อย่างไรก็ตามระบบต้นแบบนี้ใช้การเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบผ่านส่วนติดต่อการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ของกูเกิลสำหรับตารางคำนวณออนไลน์ (Google Apps Script API) เป็นส่วนหนึ่งของกลไกจัดเก็บและให้บริการข้อมูล ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานในระดับชุมชนและผู้ใช้งานจำนวนมาก แต่มีข้อจำกัดด้านการขยายตัวของระบบ เมื่อมีปริมาณข้อมูลเพิ่มขึ้นมากหรือมีการเรียกใช้พร้อมกันจำนวนมาก อาจส่งผลกระทบต่อเวลาในการตอบสนองและเสถียรภาพของการให้บริการ เนื่องจากการทำงานขึ้นกับโควตาและข้อกำหนดของแพลตฟอร์มผู้ให้บริการ ดังนั้นในการนำไปใช้งานจริงในวงกว้าง ควรพิจารณายกระดับสถาปัตยกรรมไปสู่ฐานข้อมูลที่รองรับการทำงานพร้อมกันและการจัดการข้อมูลปริมาณมากได้ดีกว่า เช่น ฐานข้อมูลบนคลาวด์ ควบคู่กับการรักษาความปลอดภัยการเข้าถึงผ่านคิวอาร์โค้ดเพื่อความสะดวกของผู้ใช้ ทั้งนี้การวิจัยเสนอให้มีการต่อยอดระบบในอนาคตด้วยการผสานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และบล็อกเชน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบข้อมูลแบบเรียลไทม์และความปลอดภัยของข้อมูลให้สูงขึ้น

## 8. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์ไก่ข้าว กข43 ด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด ร่วมกับการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบผ่านส่วนติดต่อการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ของกูเกิลสำหรับตารางคำนวณออนไลน์ (Google Apps Script API) และไฟร์เบส โฮสติ้ง (Firebase Hosting) สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์การวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบที่พัฒนามีความถูกต้อง ครบถ้วน และใช้งานง่าย โดยได้รับการประเมินคุณภาพในระดับ “มากที่สุด” (ค่าเฉลี่ย = 4.64, S.D. = 0.22) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของระบบการตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัล (Digital Traceability System) ที่มุ่งสร้างความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือในห่วงโซ่อุปทานอาหาร (Singh et al., 2023; Liu et al., 2025)

ในมิติของผู้ใช้งานจริง พบว่ามีความพึงพอใจในระดับสูงมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.78, S.D. = 0.18) โดยเฉพาะด้านความง่ายในการใช้งานและความรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับแนวคิดแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีที่อธิบายว่าความง่ายในการใช้ และประโยชน์ที่ได้รับจากระบบเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีในระยะยาว

ในด้านเทคนิค ระบบที่พัฒนามีเวลาการตอบสนองเฉลี่ยเพียง 1.2 วินาที ซึ่งเร็วกว่างานวิจัยของ Lukacs et al. (2025) และ Liu et al. (2025) ที่ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือบล็อกเชนในระดับอุตสาหกรรม แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการออกแบบระบบที่มีโครงสร้างเรียบง่ายแต่เชื่อมโยงข้อมูลได้อย่างครบถ้วนผ่านส่วนติดต่อ (Interface) การเขียนโปรแกรมประยุกต์แบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ การใช้ระบบรักษาความปลอดภัยรับส่งข้อมูลบนเว็บไซต์ไฟร์เบส (Firebase HTTPS Security) และการควบคุมการเข้าถึงตามบทบาทหน้าที่ (Role-Based Access Control: RBAC) ยังช่วยเสริมความปลอดภัยและป้องกันการแก้ไขข้อมูลย้อนหลัง

ระบบต้นแบบนี้ยังมีจุดเด่นด้านต้นทุนต่ำ และความเหมาะสมกับบริบทชุมชน ซึ่งตรงกับข้อเสนอของ Dakshayini et al. (2024) ที่ระบุว่าระบบตรวจสอบย้อนกลับในระดับชุมชนควรมุ่งเน้นความคุ้มค่า (Cost-Effectiveness) และความโปร่งใส มากกว่าการใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนเกินความจำเป็น ระบบที่พัฒนาขึ้นจึงสามารถเป็นต้นแบบสำหรับการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปอื่น ๆ ของชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัดบางประการในการนำไปใช้งานในระดับที่มีผู้ใช้จำนวนมาก โดยเฉพาะข้อจำกัดด้านการขยายตัวของระบบ และการรองรับการใช้งานพร้อมกัน เนื่องจากการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างระบบผ่านส่วนติดต่อการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ของกูเกิลสำหรับตารางคำนวณออนไลน์ (Google Apps Script API) เหมาะสำหรับงานจัดการข้อมูลในระดับจำกัด เมื่อมีการเรียกใช้พร้อมกันจำนวนมากอาจส่งผลกระทบต่อเวลาในการตอบสนอง นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดด้านโควตาการใช้งาน และความเสี่ยงจากการพึ่งพาผู้ให้บริการรายเดียว (Vendor Lock-in) ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาปรับสถาปัตยกรรมไปสู่ฐานข้อมูลที่รองรับข้อมูลปริมาณมากและการทำงานพร้อมกันได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงการต่อยอดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และบล็อกเชนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยของระบบในระยะยาว

## 9. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

### 9.1 ข้อเสนอแนะเชิงการพัฒนา

1. ระบบต้นแบบได้ออกแบบให้รองรับการเรียกดูข้อมูลแบบใกล้เคียงเรียลไทม์ผ่านส่วนติดต่อ (Interface) การเขียนโปรแกรมประยุกต์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยเสนอให้พัฒนาฟังก์ชันแจ้งเตือนสถานะการผลิต หรือการจัดส่งสินค้าแบบอัตโนมัติเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อยกระดับความโปร่งใสและการติดตามสถานะในห่วงโซ่อุปทานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. แม้ว่าต้นแบบในงานวิจัยนี้จะไม่ผสานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และบล็อกเชนโดยตรง แต่ได้ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบในลักษณะเปิด เพื่อรองรับการเชื่อมต่อกับเทคโนโลยีดังกล่าวในอนาคต งานวิจัยจึงเสนอให้ต่อยอดระบบด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และบล็อกเชนเพื่อยกระดับความปลอดภัยของข้อมูล ความน่าเชื่อถือ และการตรวจสอบย้อนกลับให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล

### 9.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. ควรศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบตรวจสอบย้อนกลับร่วมกับการรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์แบบมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มความโปร่งใสในการตรวจประเมินและรับรองมาตรฐาน

2. ควรศึกษาการออกแบบ และปรับปรุงระบบโดยใช้แนวคิดด้านประสบการณ์ของผู้ใช้ และแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับและการใช้งานระบบของผู้ใช้ในบริบทชุมชน และนำผลวิเคราะห์ไปใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานในระยะยาว

## 10. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณด้านการวิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประเภทกองทุนหลัก (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ 2567

## 11. เอกสารอ้างอิง (References)

- Bai, C., & Sarkis, J. (2020). A Supply Chain Transparency and Sustainability Technology Appraisal Model for Blockchain Technology. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2142 - 2162. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1708989>.
- Bottani, E., Stefanini, R., & Vignali, G. (2024, September 18 - 20). Implementation of Automatic Identification and Data Capturing Technologies in Agri-Food Supply Chains: a Review and Framework. *10th International Food Operation & Processing Simulation Workshop*, 1 - 9. Tenerife. <https://doi.org/10.46354/i3m.2024.foodops.008>.
- Charlebois, S., Latif, N., Ilahi, I., Sarker, B., Music, J., & Vezeau, J. (2024). Digital Traceability in Agri-Food Supply Chains: A Comparative Analysis of OECD Member Countries. *Foods*, 13(7), 1075. <https://doi.org/10.3390/foods13071075>.
- Dakshayini, M., Sushma, H. P., & Spoorthi, S. (2024, April 22 - 23). Blockchain Based Traceability System for Food Safety. *2024 International Conference on Emerging Technologies in Computer Science for Interdisciplinary Applications*, 1 - 6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICETCS61022.2024.10543664>.
- Denso Wave. (2024). *QR Code.com: History of QR code*. <https://www.qrcode.com/en/history>.
- Ellahi, R. M., Wood, L. C., & Bekhit, A. E.-D. A. (2023). Blockchain-Based Frameworks for Food Traceability: A Systematic Review. *Foods*, 12(16), 3026. <https://doi.org/10.3390/foods12163026>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *Traceability & Recalls*. <https://www.fao.org/food-safety/food-control-systems/traceability---recalls/en>.
- Indap, S., & Tanyas, M. (2025). Blockchain Applications for Traceability and Food Safety in Agri-Food Supply Chain: Cherry Product Application. *Journal of Enterprise Information Management*, 38(4), 1327 - 1353. <https://doi.org/10.1108/JEIM-03-2023-0165>.



- Li, L., Tian, P., Dai, J., & Miao, F. (2024). Design of Agricultural Product Traceability System Based on Blockchain and RFID. *Scientific Reports*, 14, 23599. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-73711-2>.
- Liu, Z., Yu, X., Liu, N., Liu, C., Jiang, A., & Chen, L. (2025). Integrating AI with Detection Methods, IoT, and Blockchain to Achieve Food Authenticity and Traceability from Farm-to-Table. *Trends in Food Science & Technology*, 158, 104925. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.104925>.
- Lukacs, M., Toth, F., Horvath, R., Solymos, G., Alpár, B., Varga, P., Kertesz, I., Gillay, Z., Baranyai, L., Felföldi, J., Nguyen, Q. D., Kovacs, Z., & Friedrich, L. (2025). Advanced Digital Solutions for Food Traceability: Enhancing Origin, Quality, and Safety Through NIRS, RFID, Blockchain, and IoT. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 14(1), 21. <https://doi.org/10.3390/jsan14010021>.
- Masi, A., Ciccullo, F., & Pero, M. (2021, June 21 - 23). Digitalizing Agri-Food Supply Chains to Achieve Sustainable Development Goals: a Systematic Literature Review. *2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation*, 1 - 8. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICE/ITMC52061.2021.9570237>.
- Nontasut, S. (2011). RFID: A Non-Stop Technology. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 5(2), 28 - 36. (In Thai)
- Owusu-Berko, L. (2025). Advanced Supply Chain Analytics: Leveraging Digital Twins, IoT and Blockchain for Resilient, Data-Driven Business Operations. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 25(2), 1777 - 1799. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.25.2.0572>.
- Ponyared, P., Parpol, K., Akarapornwinit, S., Dittkammao, K., Pantuwan, K., & Thavong, P. (2022). Development of a Traceability System for Niche Market Rice. *Thai Rice Research Journal*, 13(2), 94 - 105. (In Thai)
- Rossi, S., Gemma, S., Borghini, F., Perini, M., Butini, S., Carullo, G., & Campiani, G. (2025). Agri-Food Traceability Today: Advancing Innovation Towards Efficiency, Sustainability, Ethical Sourcing, and Safety in Food Supply Chains. *Trends in Food Science & Technology*, 163, 105154. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105154>.
- Singh, A., Gutub, A., Nayyar, A., & Khan, M. K. (2023). Redefining Food Safety Traceability System Through Blockchain: Findings, Challenges and Open Issues. *Multimedia Tools and Applications*, 82, 21243 - 21277. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-14006-4>.
- Sriyom, U., & Buangam, P. (2023). Development of Traceability for a Chemical-Free Vegetables System using a QR Code. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 6(1), 1 - 15. <https://doi.org/10.14456/jait.2024.1>.
- Sukcharoengphong, S., & Thammasiri, D. (2018). The Development of Traceability System Using QR Code Technology and Retail Packaging of Pomelos in Nakhon Pathom Province. *Journal of Management Science Nakhon Pathom Rajabhat University*, 5(1), 67 - 78. <https://doi.org/10.14456/jmsnpru.2018.6>. (In Thai)
- Vern, P., Panghal, A., Mor, R. S., Kumar, V., & Jagtap, S. (2025). Blockchain-Based Traceability Framework for Agri-Food Supply Chain: A Proof-of-Concept. *Operations Management Research*, 18, 554 - 573. <https://doi.org/10.1007/s12063-024-00529-6>.
- Wang, O., & Scrimgeour, F. (2023). Consumer Adoption of Blockchain Food Traceability: Effects of Innovation-Adoption Characteristics, Expertise in Food Traceability and Blockchain Technology, and Segmentation. *British Food Journal*, 125(7), 2493 - 2513. <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2022-0466>.



- Warinsitdhikul, P., Lomlai, P., & Pantha, J. (2024). Application of Product Traceability and PGS Organic Standards Auditing System for Developing of Organic Farmers Network Value Chain in Ubon Ratchathani. *Industrial Technology Journal Surin Rajabhat University*, 9(2), 15 - 28. <https://doi.org/10.14456/journalindus.2024.19>. (In Thai)
- Wongwanich, S. (2020). *Statistical Analysis for Research in Behavioral and Social Sciences*. Chulalongkorn University Press. (In Thai)

