Received: August 22, 2025 Revised: September 19, 2025
Accepted: November 3, 2025 Published: December 22, 2025

การเสริมสร้างแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องห่วงโซ่อาหารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่บูรณาการเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5

Enhancing Primary Students' Scientific Concept of Food Chains through Technology-Integrated Inquiry-Based Learning for Grade 5 Students

สายสุดา ลิขิต[1] สุภาดา ขุนณรงค์[1] นิรุธ ล้ำเลิศ[1] วริษา ปานเจริญ[1] และ ศิริพรรณ ศรัทธาผล[1*]
Saisuda Likit[1] Supada Khunnarong[1] Niroot Lamlert[1] Warisa Parncharoen[1] and Siriphan Satthaphon[1*]
[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 76000
[1]Division of Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University, 76000
[*] siriphan.sat@mail.pbru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องห่วงโซ่อาหารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/3 ของโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่งในจังหวัดเพชรบุรี จำนวนทั้งสิ้น 34 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection) ผลการวิจัยพบว่า ในประเด็น นิยามและความสำคัญของห่วงโซ่อาหาร นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 52.94 สะท้อนว่านักเรียนยังไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานได้อย่างถูกต้อง ในประเด็นบทบาทของผู้ผลิต นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 แสดงว่ามีความเข้าใจในระดับหนึ่ง แต่ยังขาดความสมบูรณ์ด้านเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ส่วนในประเด็นบทบาทของผู้บริโภค นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (SU) และไม่สมบูรณ์ (PU) เท่ากัน จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 41.18 สะท้อนว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายบทบาทของผู้บริโภคได้ค่อนข้างดี สำหรับการเขียนแผนภาพห่วงโซ่อาหาร นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ (SU) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 41.18 แสดงถึงความสามารถในการวิเคราะห์และถ่ายทอดความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตได้ถูกต้อง แต่ยังมีบางส่วนที่เข้าใจคลาดเคลื่อน ขณะที่ในประเด็นผลกระทบเมื่อผู้ล่าหายไป นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (MU) จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 แสดงว่านักเรียนยังไม่สามารถอธิบายผลกระทบเชิงระบบของระบบนิเวศได้อย่างถูกต้อง และควรได้รับการพัฒนาด้วยการจัดสถานการณ์หรือการใช้สื่อจำลองเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: แนวคิดวิทยาศาสตร์, การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ, เทคโนโลยี

Abstract

This study aimed to develop Grade 5 students' scientific conceptions of food chains through inquiry-based learning integrated with technology. The findings revealed that, regarding the definition and importance of food chains, most students held incomplete scientific conceptions (PU), totaling 18 students (52.94%), indicating that they had not yet fully understood the fundamental principles. For the role of producers, the majority of students also demonstrated incomplete scientific conceptions (PU), totaling 17 students (50.00%), suggesting that they had a partial understanding but lacked sufficient scientific reasoning. Concerning the role of consumers, students demonstrated both complete (SU) and incomplete (PU) scientific conceptions equally, totaling 14 students (41.18%), reflecting that most students had a fairly good understanding of consumers' roles. Most students (14 out of 34, or 41.18%) demonstrated complete scientific understanding when drawing food chain diagrams, showing their ability to analyze relationships among living organisms, though some misconceptions remained. Finally, in terms of the impact when predators disappear, most students demonstrated misconceptions (MU), totaling 17 students (50.00%), indicating that they were unable to explain the systemic consequences within ecosystems. These findings suggest that students' understanding should be further developed through the use of contextual situations or simulation-based learning tools to enhance clearer and deeper conceptual comprehension.

Keywords: Scientific concept, Inquiry-based learning, Technology

บทนำ

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สอดคล้องกับสังคมและโลกที่หมุนเร็วขึ้นในทุกมิติ ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้ปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว รวมถึงยกระดับคุณภาพการศึกษาให้มีมาตรฐานสากล สอดคล้องกับเป้าหมายประเทศไทย 4.0 และปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โดยมีเป้าหมายสำคัญคือการสร้างพลเมืองที่สามารถแข่งขันได้ในระดับนานาชาติ และดำรงชีวิตอย่างสร้างสรรค์ในประชาคมโลก (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) ในโลกยุคดิจิทัล ความเจริญก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ก่อให้เกิดนวัตกรรมที่เปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของมนุษย์อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ผู้เรียนในปัจจุบันจำเป็นต้องฝึกทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองจากสิ่งรอบตัว และพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตามปัญหาที่พบคือ ผู้เรียนจำนวนมากยังไม่สามารถนำความรู้ในบทเรียนไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นผลจากวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการถ่ายทอดเนื้อหาโดยตรงมากกว่าการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมาย (สุวัจนา จริตกาย, 2564) ดังนั้นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยเฉพาะการใช้สื่อ เทคโนโลยี และกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมจึงมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาผู้เรียนเป็นอย่างมาก การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ไม่ได้จำกัดเฉพาะความรู้ด้าน

เนื้อหา แต่รวมถึงทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และการทำงานร่วมกัน รวมถึงทักษะสารสนเทศ สื่อ และความฉลาดรู้ด้านเทคโนโลยีดิจิทัล (ICT Literacy) ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถปรับตัวได้อย่างเหมาะสมกับสภาพสังคมดิจิทัล (Digital native) ซึ่งเน้นการเรียนรู้เฉพาะบุคคลและการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการเรียนรู้ทั้งใน และนอกห้องเรียน (ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ และมัลลิกา ดาราภัย, 2567)

หนึ่งในแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองความท้าทายดังกล่าวคือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning: IBL) ซึ่งเน้นการสร้างความรู้ผ่านกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและลงมือปฏิบัติ โดยเริ่มจากการตั้งคำถาม การค้นคว้าเพื่อหาหลักฐาน จนถึงการนำหลักฐานมาสร้างคำอธิบาย ประเมินคำอธิบาย ตลอดจนการสื่อสารคำอธิบายนั้น กระบวนการนี้หากบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยี เช่น การใช้แอปพลิเคชัน สื่อจำลองสถานการณ์ หรือเครื่องมือดิจิทัล จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ทั้งยังส่งเสริมให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เชิงทฤษฎีกับประสบการณ์จริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา การบูรณาการเทคโนโลยีกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะนั้นถือเป็นกลยุทธ์สำคัญที่จะช่วยพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific concept) ของผู้เรียน ตัวอย่างเช่น เนื้อหาเรื่อง “ห่วงโซ่อาหาร” ซึ่งเป็นพื้นฐานของความเข้าใจทางนิเวศวิทยา หากผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะที่ผสมผสานสื่อเทคโนโลยี ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากสถานการณ์จริง ฝึกกระบวนการคิดเชิงระบบ พัฒนาทักษะการตัดสินใจและการแก้ปัญหา และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีความหมาย งานวิจัยนี้ได้บูรณาการโปรแกรม Scratch ซึ่งพัฒนาโดย MIT Media Lab เพื่อช่วยในการส่งเสริมการเรียนรู้ เนื่องจากโปรแกรมมีลักษณะเป็นบล็อก ผู้สอนสามารถสร้างสรรค์เกม แอนิเมชัน และการจำลองสถานการณ์ได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ทักษะการเขียนโค้ดที่ซับซ้อน (Resnick et al., 2009; Maloney et al., 2010) นอกจากนี้ Scratch ยังเอื้อต่อการบูรณาการกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การจำลองปรากฏการณ์ และการทำให้แนวคิดนามธรรมมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น (Brennan & Resnick, 2012) ดังนั้น การนำ Scratch มาใช้จัดการเรียนรู้เรื่องห่วงโซ่อาหาร จึงช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ลึกซึ้งขึ้น พร้อมทั้งพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและความฉลาดรู้ด้านดิจิทัล ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

จากความสำคัญที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงสนใจในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยีด้วยโปรแกรม Scratch เพื่อเสริมสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องห่วงโซ่อาหารสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน แต่ยังเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับเป้าหมายการศึกษาในศตวรรษที่ 21 และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ห่วงโซ่อาหาร สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแบบผสานวิธี (Mixed methods research) เป็นการวิจัยที่ผสานทั้งการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) และการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) โดยเน้นการวิจัยเชิงคุณภาพเป็นหลัก ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี (โปรแกรม Scratch) เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ห่วงโซ่อาหาร ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาครั้งนี้ที่ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/3 ของโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่งในจังหวัดเพชรบุรี จำนวนทั้งสิ้น 34 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection) ตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ (1) เป็นนักเรียนที่ลงเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 (2) มีเวลาเข้าชั้นเรียนเกินกว่าร้อยละ 80 และ (3) สมัครใจและยินยอมในการให้ข้อมูล

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี
ตัวแปรตาม คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ห่วงโซ่อาหาร

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ห่วงโซ่อาหาร ผู้วิจัยศึกษาเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม รวมทั้งศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาข้อมูลในสร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ จัดทำฉบับร่างของแบบวัด นำแบบวัดให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) จากนั้นปรับปรุงแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และสร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ห่วงโซ่อาหาร ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการดำเนินการเก็บข้อมูลต่อไป

2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีจำนวน 3 แผน เวลา 6 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนเริ่มจาก ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ศึกษาเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม เพื่อวิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัด รวมทั้งการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาข้อมูลในการวางแผนและออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจพิจารณาและประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ความเหมาะสมของวิธีการจัดการเรียนรู้ ลำดับขั้นตอนกิจกรรม ระยะเวลา สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ รวมทั้งความถูกต้องของเนื้อหาที่ด้วยแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้จริง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องห่วงโซ่อาหารที่บูรณาการเทคโนโลยีในรูปแบบ 5E

ขั้นตอน (5E)	วัตถุประสงค์/เป้าหมาย	กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการเทคโนโลยี	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
Engage	กระตุ้นความสนใจและเชื่อมโยงกับความรู้เดิม	ครูนำเสนอคลิปวีดิโอเกี่ยวกับทุ่งนาพร้อมใช้คำถามกระตุ้นเกี่ยวกับ “ระบบนิเวศจากภาพ”	ใช้คลิปวิดีโอสั้น ๆ เกี่ยวกับระบบนิเวศ	นักเรียนเกิดความสนใจและมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามเกี่ยวกับห่วงโซ่อาหาร
Explore	นักเรียนค้นหาความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อาหาร	นักเรียนสืบค้นข้อมูลสถานการณ์กาเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งที่อยู่/เรียงการ์ดความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อาหาร	ใช้ Scratch ให้นักเรียนลาก–วาง sprite เพื่อสร้างลำดับห่วงโซ่อาหาร	นักเรียนเข้าใจการถ่ายทอดพลังงานเบื้องต้น
Explain	อธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบ	นักเรียนอธิบายบทบาทของผู้ผลิต/ผู้บริโภคร่วมกับการถาม-ตอบในชั้นเรียน	ใช้ Scratch ให้ตัวละคร (sprite) แสดงข้อความอธิบาย (speech bubble)	นักเรียนใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์อธิบายได้ถูกต้อง
Elaborate	ประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่	นักเรียนออกแบบ “เกมห่วงโซ่อาหาร” ที่เลือกเส้นทางการกินที่ถูกต้อง	ใช้ Scratch ให้ผู้เรียนสร้างเกมโต้ตอบ เช่น หากเลือกผิดตัวละครจะตอบสนอง	นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้และใช้ทักษะดิจิทัล
Evaluate	ประเมินความเข้าใจและทักษะ Scratch	ครูให้นักเรียนสะท้อนสิ่งที่เรียนรู้ และนำเสนอผลงาน	ประเมินผ่าน Scratch project ที่นักเรียนสร้าง (เกม/แอนิเมชัน)	วัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และการใช้เทคโนโลยี

จากตารางที่ 1 แสดงการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องห่วงโซ่อาหารโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5E ที่บูรณาการเทคโนโลยีทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์และทักษะทางดิจิทัลอย่างมีความหมาย โดย Scratch มีบทบาททั้งในการสร้างความสนใจ การแสดงแอนิเมชัน การออกแบบเกม และการสะท้อนผลการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจห่วงโซ่อาหารได้ลึกซึ้งและเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีความหมาย

3. ใบกิจกรรม เรื่อง ห่วงโซ่อาหาร ผู้วิจัยศึกษาเนื้อหา ตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และสร้างใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ นำใบกิจกรรมของนักเรียนเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้อง และปรับปรุงใบกิจกรรมตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำไปใช้ในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ โดยเริ่มจากการชี้แจงจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มศึกษา และดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบขึ้นภายใต้กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี เรื่อง ห่วงโซ่อาหาร ในชั่วโมงปกติ รวมทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง ซึ่งในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันศึกษาข้อมูลในการแก้ปัญหาที่กำหนด ระดมความคิด และร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิด หลังจบการเรียนรู้ในแต่ละชั่วโมง หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ คณะผู้วิจัยจะนำผลการสะท้อนคิดที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในแผนต่อไป และเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผนแล้ว คณะผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ห่วงโซ่อาหาร โดยใช้เวลาในการทำแบบวัด 1 ชั่วโมง และนำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการศึกษาพัฒนาการด้านแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยเก็บข้อมูลทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่สอดคล้องกับประเด็นการเรียนรู้ในเรื่องห่วงโซ่อาหาร โดยก่อนการเรียนรู้ตามแผนที่สร้างขึ้น (Pre-test) นักเรียนทำแบบวัดประกอบด้วยคำถามปลายเปิด การวาดแผนภาพห่วงโซ่อาหาร และข้อคำถามที่ออกแบบเพื่อสะท้อนความเข้าใจคลาดเคลื่อน (Misconceptions) เช่น การอธิบายนิยามและความสำคัญของห่วงโซ่อาหาร บทบาทของผู้ผลิตและผู้บริโภค ตลอดจนผลกระทบเมื่อผู้ล่าหายไป ข้อมูลที่ได้สะท้อนแนวคิดเดิมของผู้เรียน (prior conceptions) อย่างชัดเจน และหลังการจัดการเรียนรู้ (Post-test) ผู้เรียนทำแบบวัดในรูปแบบเดียวกับ Pre-test โดยครูผู้สอนเสริมการสะท้อนคิด (reflection) และการนำเสนอผลงานที่สร้างจาก Scratch เพื่อแสดงความเข้าใจที่พัฒนาขึ้น การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการโดยการจำแนกคำตอบของนักเรียนออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

1) กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Scientific Understanding: SU) คือ อธิบายได้ถูกต้องครบถ้วนตามหลักวิทยาศาสตร์
2) กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) คือ อธิบายได้บางส่วนแต่ยังไม่ครบถ้วน
3) กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Misunderstanding: MU) คือ อธิบายผิดหรือแสดงความเข้าใจไม่ตรงกับหลักวิทยาศาสตร์
4) กลุ่มไม่มีแนวคิด (NU) คือ ไม่สามารถแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับหลักวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณรายงานในรูปของร้อยละและจำนวนผู้เรียนในแต่ละระดับ ขณะที่ผลเชิงคุณภาพรายงานด้วยการยกตัวอย่างคำตอบของผู้เรียนที่สะท้อนพัฒนาการเชิงลึก เพื่อใช้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงทางความคิดจากก่อนและหลังเรียนอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ผู้วิจัยจัดกลุ่มคำตอบที่สอดคล้องกับกลุ่มที่กำหนดขึ้นแบบนิรนัย (Deductive analysis) สำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อตรวจสอบแนวคิดของนักเรียน จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และร้อยละ ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับคุณภาพของข้อมูลโดยการนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมด้วยเครื่องมือต่าง ๆ มาตรวจสอบยืนยันข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) เพื่อดูความสอดคล้องของข้อมูลก่อนลงข้อสรุป นอกจากนี้คณะผู้วิจัยนำผลการลงรหัสของข้อมูล (Coding) ในแบบ

วัดแนวคิดให้ผู้ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ครูประจำการผู้สอนวิทยาศาสตร์ และอาจารย์นิเทศก์ ช่วยตรวจสอบยืนยันผลการลงรหัสในฐานะเพื่อนผู้วิพากษ์ (Critical friends) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการตีความของคณะผู้วิจัยด้วย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการดำเนินงานวิจัยการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ห่วงโซ่อาหาร ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 คณะผู้วิจัยได้มีการดำเนินการวิจัย และสามารถแสดงผลการดำเนินการวิจัยได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

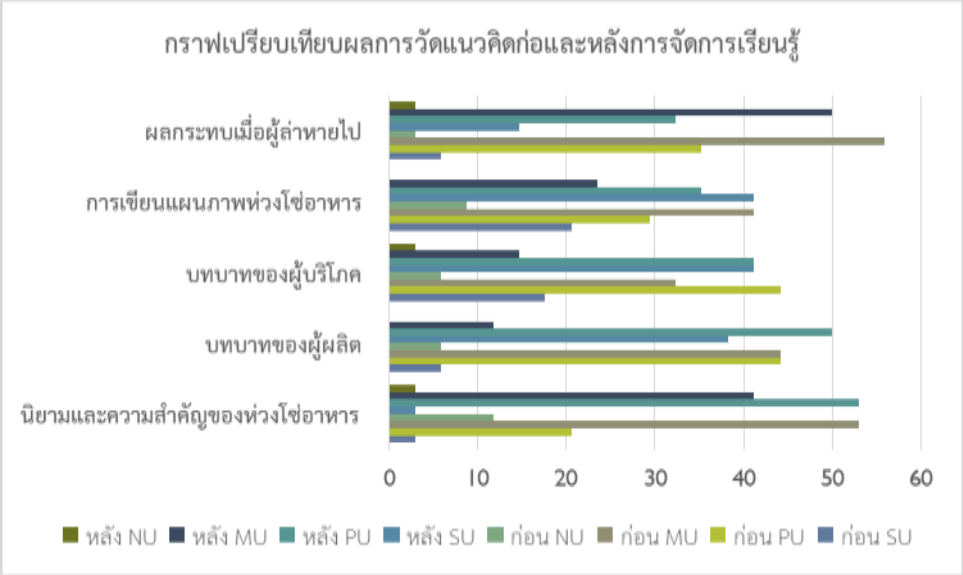
1. แนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ห่วงโซ่อาหาร ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี คณะผู้วิจัยทำการวัดแนวคิดผู้เรียนในสัปดาห์ที่ 2 ของการเปิดภาคเรียน เพื่อต้องการตรวจสอบความรู้เดิมและแนวคิดเรื่องห่วงโซ่อาหารก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่ออกแบบขึ้น ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงพัฒนาการแนวคิดของผู้เรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น

ประเด็นแนวคิด	ร้อยละ (N=34)		การเปลี่ยนแปลงที่พบ
	ก่อนเรียน (Pre-test)	หลังเรียน (Post-test)	
นิยามและความสำคัญของห่วงโซ่อาหาร	SU = 2.94 (1 คน) PU = 20.59 (7 คน) MU = 52.94 (18 คน) NU = 11.76 (4 คน)	SU = 2.94 (1 คน) PU = 52.94 (18 คน) MU = 41.18 (14 คน) NU = 2.94 (1 คน)	ส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจไม่สมบูรณ์ ผู้เรียนเริ่มอธิบายได้ถูกต้องมากขึ้น แต่ยังไม่ครบถ้วน
บทบาทของผู้ผลิต	SU = 5.88 (2 คน) PU = 44.12 (15 คน) MU = 44.12 (15 คน) NU = 5.88 (2 คน)	SU = 38.24 (13 คน) PU = 50.00 (17 คน) MU = 11.76 (4 คน) NU = 0	พบการพัฒนาชัดเจน ระดับ SU และ MU ลดลง
บทบาทของผู้บริโภค	SU = 17.65 (6 คน) PU = 44.12 (15 คน) MU = 32.35 (11 คน) NU = 5.88 (2 คน)	SU = 41.18 (14 คน) PU = 41.18 (14 คน) MU = 14.71 (5 คน) NU = 2.94 (1 คน)	นักเรียนมีพัฒนาการเชิงบวก ระดับ SU เพิ่มขึ้นและ MU ลดลง
การเขียนแผนภาพห่วงโซ่อาหาร	SU = 20.59 (7 คน) PU = 29.41 (10 คน) MU = 41.18 (14 คน) NU = 8.82 (3 คน)	SU = 41.18 (14 คน) PU = 35.29 (12 คน) MU = 23.53 (8 คน) NU = 0	ความเข้าใจของนักเรียนดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด SU เพิ่มขึ้น และ MU ลดลง
ผลกระทบเมื่อผู้ล่าหายไป	SU = 5.88 (2 คน) PU = 35.29 (12 คน) MU = 55.88 (19 คน) NU = 2.94 (1 คน)	SU = 14.71 (5 คน) PU = 32.35 (11 คน) MU = 50.00 (17 คน) NU = 2.94 (1 คน)	แม้ยังเป็นประเด็นที่นักเรียนเข้าใจยาก แต่ก็มีแนวโน้มพัฒนาดีขึ้น SU เพิ่มขณะที่ MU ลดลงเล็กน้อย

จากตารางที่ 2 พบว่า นิยามและความสำคัญของห่วงโซ่อาหาร นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจไม่สมบูรณ์ โดยร้อยละของนักเรียนระดับ PU เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 20.59 เป็นร้อยละ 52.94 ขณะที่ MU ลดลงจากร้อยละ 52.94 เหลือร้อยละ 41.18 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนเริ่มอธิบายได้ถูกต้องมากขึ้น แต่ยังไม่ครบถ้วน ประเด็นบทบาทของผู้ผลิต พบว่าการพัฒนาชัดเจน โดยระดับ SU เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 5.88 เป็นร้อยละ 38.24 และ MU ลดลงจากร้อยละ 44.12 เหลือเพียงร้อยละ 11.76 ซึ่งสะท้อนว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจบทบาทของผู้ผลิตถูกต้องมากขึ้น ประเด็นบทบาทของผู้บริโภค พบว่านักเรียนมีพัฒนาการเชิงบวกในระดับ SU เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 17.65 เป็นร้อยละ 41.18 และ MU ลดลงจากร้อยละ 32.35 เป็นร้อยละ 14.71 แสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของผู้บริโภคได้ดียิ่งขึ้น แต่ยังมีบางส่วนที่อยู่ในระดับ PU ส่วนประเด็นการเขียนแผนภาพห่วงโซ่อาหาร พบว่าความเข้าใจของนักเรียนดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด SU ซึ่งเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 20.59 เป็นร้อยละ 41.18 และ MU ลดลงจากร้อยละ 41.18 เหลือร้อยละ 23.53 สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถเขียนแผนภาพได้ถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น และในประเด็นผลกระทบเมื่อผู้ล่าหายไป จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่ายังเป็นประเด็นที่นักเรียนเข้าใจยาก แต่อย่างไรก็ตามปรากฏแนวโน้มพัฒนาดีขึ้น SU เพิ่มจากร้อยละ 5.88 เป็นร้อยละ 14.71 ในขณะที่ MU ลดลงเล็กน้อย จากร้อยละ 55.88 เป็นร้อยละ 50.00 สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเริ่มเข้าใจความสัมพันธ์เชิงระบบของระบบนิเวศมากขึ้น แต่ยังต้องการการเสริมกิจกรรมเพื่อปรับปรุงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ดังนั้นโดยรวมแล้วนักเรียนมีพัฒนาการด้านแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนหลังการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะในประเด็นบทบาทของผู้ผลิต ผู้บริโภค และการเขียนแผนภาพห่วงโซ่อาหาร ส่วนประเด็นนิยามและผลกระทบเมื่อผู้ล่าหายไปยังคงต้องการการเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกเพิ่มเติมต่อไป โดยสรุปพัฒนาการในแต่ละประเด็นดังกราฟตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบพัฒนาการด้านแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน

อภิปรายผล

ผลการเปรียบเทียบแนวคิดทั้งก่อนและหลังการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้าน “แนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับห่วงโซ่อาหาร” อย่างมีนัยสำคัญเชิงคุณภาพในหลายมิติ โดยเฉพาะ (1) การให้ความหมายและความสำคัญของห่วงโซ่อาหาร (2) การทำความเข้าใจบทบาทของผู้ผลิตและผู้บริโภค และ (3) ความสามารถในการเขียนแผนภาพห่วงโซ่อาหาร ขณะเดียวกันประเด็นของระบบนิเวศ เช่น “ผลกระทบเมื่อผู้ล่าหายไป” ยังเป็นประเด็นที่ท้าทาย แม้มีแนวโน้มดีขึ้นก็ตาม ในประเด็นความเข้าใจเชิงนิยามนั้น ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีพัฒนาการจากระดับความเข้าใจไม่สมบูรณ์ไปสู่การอธิบายได้ถูกต้องมากขึ้น (PU เพิ่มขึ้น MU ลดลง) ซึ่งสะท้อนการปรับโครงสร้างความคิดจากความรู้ทั่วไปสู่แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มีหลักฐานรองรับ การพัฒนาในลักษณะนี้สอดคล้องกับกรอบ “การเปลี่ยนแนวคิด (Conceptual change)” ที่ชี้ว่าการเผชิญหลักฐานหรือประสบการณ์ที่ท้าทายความเชื่อเดิมร่วมกับการอภิปรายอย่างมีโครงสร้าง จะส่งผลให้ผู้เรียนปรับกรอบความเข้าใจเดิมไปสู่แนวคิดทางชีววิทยาที่ถูกต้อง (AleknavičiUte et al., 2023) ส่วนประเด็นบทบาทของ “ผู้ผลิต” และ “ผู้บริโภค” มีพัฒนาการดีขึ้นอย่างชัดเจน โดยสัดส่วนผู้เรียนในระดับ SU เพิ่มขึ้นมาก และ MU ลดลง ทั้งสำหรับผู้ผลิต และผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ในประเทศที่ชี้ว่าการจัดการเรียนรู้เชิงบริบทหรือใช้แหล่งเรียนรู้จริงควบคู่กับแนวคิด STS ช่วยขยายความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบนิเวศ (ปทุมพร บัวแก้ว และคณะ, 2558) และสอดรับกับข้อค้นพบว่าความคลาดเคลื่อนด้านนิเวศวิทยา เช่น การมองความสัมพันธ์เชิงเส้นมากเกินไป สามารถบรรเทาได้ด้วยกิจกรรมสืบเสาะและการเชื่อมโยงกับบริบทจริงของท้องถิ่น (ปริญดา สัตตรัตนขจร, 2549) ส่วนความสามารถในการเขียนแผนภาพห่วงโซ่อาหารนั้น มีพัฒนาการดีขึ้นเด่นชัดเช่นกัน โดยพบว่าสัดส่วนของ SU เพิ่มขึ้น และ MU กับ NU ลดลงจนเป็นศูนย์หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบขึ้น นั่นแสดงว่าผู้เรียนเริ่มตีความความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและทิศของลูกศรได้ดีขึ้น การฝึกสร้าง และอ่านแผนภาพเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถส่งเสริมการจัดระเบียบความรู้และคลี่คลายความเข้าใจผิดเชิงโครงสร้างของแนวคิดได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยต่างประเทศที่รายงานว่าการใช้ Concept mapping ช่วยยกระดับความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ โดยเฉพาะเมื่อใช้ในการประเมินทั้งแบบก่อนและหลังการเรียนรู้ (Embedded mixed methods) ส่วนประเด็นผลกระทบเมื่อผู้ล่าหายไป แม้ยังยาก โดยที่ MU ยังคงสูง แต่พบแนวโน้มที่ดีขึ้น (SU เพิ่มขึ้นเล็กน้อย) การออกแบบกิจกรรมที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ร่วมกับสื่อจำลอง (simulation/PhET) หรือกิจกรรมจำลองเหตุการณ์เชิงระบบ สามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจผลกระทบเชิงลูกโซ่ได้เป็นรูปธรรมมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานว่าการสอนแบบ 5E และสื่อจำลองช่วยยกระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาได้จริง (ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ, และมัลลิกา ดารากัย, 2567; Diab et al., 2024)

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ห่วงโซ่อาหาร ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจแตกต่างกันไปตามประเด็นที่ศึกษา โดยในประเด็นบทบาทของผู้ผลิตและผู้บริโภค นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้อย่างถูกต้องหรือใกล้เคียงความถูกต้อง โดยมีพัฒนาการของแนวคิดสมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์รวมกันมากกว่าร้อยละ 80 สะท้อนว่าจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบ

เสาะหาความรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี ส่งผลให้นักเรียนสามารถเข้าใจโครงสร้างพื้นฐานของห่วงโซ่อาหารได้ นอกจากนี้นักเรียนจำนวนมากยังมีแนวคิดที่ไม่สมบูรณ์หรือแนวคิดคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะในประเด็นนิยามและความสำคัญของห่วงโซ่อาหารที่มีนักเรียนกว่าครึ่งหนึ่งที่ไม่สามารถอธิบายได้ครบถ้วน และในประเด็นผลกระทบเมื่อผู้ล่าหายไปพบว่านักเรียนร้อยละ 50 เข้าใจผิดว่าการหายไปของผู้ล่าไม่มีผลต่อสมดุลของระบบนิเวศ สะท้อนว่านักเรียนยังขาดการมองเชื่อมโยงเชิงระบบ และไม่สามารถอธิบายผลกระทบต่อระบบนิเวศได้อย่างรอบด้าน ดังนั้นแม้นักเรียนจะสามารถเข้าใจบทบาทพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหารได้ แต่ยังคงมีข้อจำกัดในการเข้าใจประเด็นที่มีความซับซ้อนซึ่งเกี่ยวข้องกับ การคิดเชิงระบบ (Systems thinking) การแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนเหล่านี้จึงควรอาศัยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ การสร้างแบบจำลอง การใช้สถานการณ์จริง หรือการใช้เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกและยั่งยืนในเนื้อหาที่เรียน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในหัวข้อ "การเสริมสร้างแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องห่วงโซ่อาหารด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่บูรณาการเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5" สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ด้วยความกรุณา และอนุเคราะห์ช่วยเหลือ ครูพี่เลี้ยง ผู้ให้ความกรุณาอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลและให้ความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ จึงทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ไปด้วยดี คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ตลอดจนขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์นิเทศ ที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวบข้อมูลรวมถึงคำแนะนำในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ปทุมพร บัวแก้ว, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน และพัฒนี จันทรโรทัย. (2558). การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องระบบนิเวศโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) ร่วมกับการใช้แหล่งเรียนรู้. *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2558 (RSU National Research Conference 2015)* (น. 1274–1282). ปทุมธานี: สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต.

ปริญดา สัตตรัตนขจร. (2549). *การศึกษาแนวคิดของนักเรียนและการสอนของครู เรื่อง ห่วงโซอาหารและสายใยอาหาร ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น: กรณีศึกษา* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีระพล ชินรัตน์. (ม.ป.ป.). *การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสอนแบบทำนาย–สังเกต–อธิบาย (POE)*. สืบค้น 15 สิงหาคม 2567, จาก http://ir.swu.ac.th

พัชรา พลเยี่ยม และปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2567). แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับสูง. *วารสารมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, 3*(1), 68–85.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

เยาวเรศ ภักดีจิตร, บังอร ทิวาพรภานุกูล และทิพรัตน์ มาศเมธาทิพย์. (2563). รูปแบบการบูรณาการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสรรค์สร้างนวัตกรรมที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของนักศึกษาคณะครุศาสตร์. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 14*(3), 159–172.

ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์. (2565). *Scratch โปรแกรมการเขียนโค้ดดิ้ง*. สืบค้น 15 สิงหาคม 2567, จาก https://sciplanet.org/content/9938

ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ และมัลลิกา ดารากัย. (2567). การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องแสงและการมองเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับโปรแกรมสถานการณ์จำลอง PhET. *วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 19*(1), 199–212.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุวัจนา จริตกาย. (2564). *การพัฒนาความสามารถในการประยุกต์ใช้โปรแกรม Scratch ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ความท้าทายเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สืบค้น 15 สิงหาคม 2567, จาก https://drive.google.com/file/d/

AleknavičiUte, V., Lehtinen, E., & Södervik, I. (2023). Thirty Years of Conceptual Change Research in Biology: A Review and Meta-Analysis of Intervention Studies. *Educational Research Review, 41*, 1-25.

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). *New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking* (Paper presented at the Annual Meeting). Canada: The American Educational Research Association (AERA).

Code Genius. (2566). *Scratch (สแครช) โปรแกรมโค้ดดิ้งสำหรับเด็กที่น้อง ๆ ทุกคนต้องรู้*. สืบค้น 15 สิงหาคม 2567, จาก https://codegeniusacademy.com/scratch/

Diab, H., Daher, W., Rayan, B., Issa, N., & Rayan, A. (2024). Transforming science education in Elementary schools: The impact of simulations (PhET) on learning outcomes. *Multimodal Technologies and Interaction, 8*(11), 105-120.

Lenski, S., Elsner, S., & Großschedl, J. (2022). Comparing Construction and Study of Concept Maps – An Intervention Study on Learning Outcome, Self-Evaluation and Enjoyment Through Training and Learning. *Frontiers in Education, 7*, 1-14.

Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The Scratch programming language and environment. *ACM Transactions on Computing Education, 10*, 1-15. doi:10.1145/1868358.1868363

Mediana, N. L., Funa, A. A., & Dio, R. V. (2025). Effectiveness of Inquiry-based Learning (IbL) on Improving Students' Conceptual Understanding in Science and Mathematics: A Meta-Analysis. *International Journal of Education in Mathematics Science and Technology, 13*(2), 532-552.

Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for Everyone. *Communications of the ACM, 52*(11), 60-67.