

Research Article

An Investigation of Learning Behaviors and Thematic Data Analysis using Generative Artificial Intelligence in Elementary Students' Group-Based Cell Pizza Activity

Vasu Dabbaransi*

Ph.D. in Education (Non-Formal Education), Technical Officer
National Science and Technology Development Agency

Kittiya Bambabphi

M.Sc. (Environmental Planning for Rural Development), Senior Technical Officer
National Science and Technology Development Agency

Ruetai Chongsrid

M.Sc. (Ecology), Senior Director
National Science and Technology Development Agency

*Corresponding author: vasu.dabbaransi@nstda.or.th

Received: November 10, 2025/ **Revised:** January 23, 2026/ **Accepted:** January 27, 2026

Abstract

Teaching complex biological concepts like cell structure to elementary students is challenging due to the abstract nature of the content and the limitations of traditional didactic methods. Creating hands-on, constructive learning environments is crucial for fostering engagement and scientific literacy. This research aimed to investigate elementary students' learning behaviors through participation in the Cell Pizza activity, a hands-on collaborative science learning approach, utilizing thematic analysis and Generative Artificial Intelligence (Generative AI) for systematic data coding and synthesis. The population consisted of elementary students from grades 4 to 6 at Tha Khlong 1 Municipal School, and the sample of 75 students was selected through purposive sampling based on participation in the science camp program. The research instruments included observation forms, video recordings, student worksheets, and Cell Pizza evaluation rubrics. Quantitative findings showed that the majority (70%) accurately identified cell types and labeled all organelles correctly. Prominent learning behaviors included accurate scientific vocabulary usage, collaborative learning, visual referencing, and creative representation using tangible materials. However, students encountered confusion regarding complex organelle names, particularly smooth and rough endoplasmic reticulum. The integration of Generative AI effectively reduced analysis time and enhanced precision in natural language processing, although limitations remained regarding deep contextual interpretation. Therefore, combining Generative AI with human analysis is recommended to ensure optimal accuracy and interpretative quality.

Keywords: Learning behaviors, Thematic analysis, Generative artificial intelligence, Hands-on collaborative science learning

บทความวิจัย

การศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประเด็น ด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับประถมศึกษาสายกลุ่ม ในกิจกรรม Cell Pizza

วสุ ทัพพะรังสี*

ค.ด. (การศึกษานอกระบบโรงเรียน), นักวิชาการ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

กิตติยา บำบัดภัย

วท.ม. (การวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาชนบท), นักวิชาการอาวุโส
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ฤทัย จงสฤษดิ์

วท.ม. (นิเวศวิทยา), ผู้อำนวยการอาวุโส
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

*ผู้ประสานงาน: vasu.dabbaransi@nstda.or.th

วันรับบทความ: 10 พฤศจิกายน 2568/ วันแก้ไขบทความ: 23 มกราคม 2569/ วันตอบรับบทความ: 27 มกราคม 2569

บทคัดย่อ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องโครงสร้างเซลล์ในระดับประถมศึกษาที่มีลักษณะนามธรรมสูงและวิธีการสอนแบบบรรยายมักเป็นอุปสรรคต่อความเข้าใจ การสร้างสภาพแวดล้อมที่เน้นการปฏิบัติจริงและส่งเสริมการสร้างความรู้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนประถมศึกษาที่เกิดจากกิจกรรม Cell Pizza ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบลงมือปฏิบัติเชิงร่วมมือ (Hands-on Collaborative Science Learning) โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประเด็น (Thematic Analysis) และประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) ในการจัดกลุ่มรหัสและสังเคราะห์สาระสำคัญ ประการ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 โรงเรียนเทศบาลท่าโขลง ๑ และกลุ่มตัวอย่างจำนวน 75 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงตามเกณฑ์การเข้าร่วมค่ายวิทยาศาสตร์ เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แบบสังเกตพฤติกรรม วิดีโอบันทึกภาพ ใบงานกิจกรรม และแบบประเมินกิจกรรม Cell Pizza ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (70%) สามารถระบุชนิดเซลล์และติดป้ายชื่อออร์แกเนลล์ครบถ้วน โดยพฤติกรรมเด่นที่พบ ได้แก่ การใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์ถูกต้อง การทำงานร่วมกัน การใช้ภาพประกอบในการอธิบาย และการเชื่อมโยงจินตนาการกับวัสดุจริง อย่างไรก็ตาม พบปัญหาความสับสนในการอธิบายออร์แกเนลล์ที่มีชื่อซับซ้อน เช่น เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดเรียบ และชนิดขรุขระ การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ช่วยลดเวลาและเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ข้อมูลภาษาธรรมชาติ แม้ยังมีข้อจำกัดในการตีความเชิงลึกของบริบท จึงควรใช้ควบคู่กับการวิเคราะห์ของผู้วิจัยเพื่อความถูกต้องสูงสุด

คำสำคัญ: พฤติกรรมการเรียนรู้ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประเด็น ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบลงมือปฏิบัติเชิงร่วมมือ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาถือเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ของผู้เรียน (Laius, 2015) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยหลายชิ้นชี้ให้เห็นว่า นักเรียนประถมศึกษายังคงประสบอุปสรรคหลายประการที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ในรายวิชานี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปสรรคที่เกิดจากวิธีการสอนแบบบรรยาย การใช้รูปแบบการเรียนรู้ซ้ำซาก ข้อจำกัดทางภาษาในการใช้คำศัพท์เฉพาะ และความไม่สอดคล้องระหว่างกระบวนการเรียนรู้กับรูปแบบการประเมินผลแบบดั้งเดิม (Alparuq et al., 2024; Ozerk, 2020; Costa et al., 2021; Tibahary, 2018) โดยเฉพาะการเรียนรู้เนื้อหาเรื่อง "โครงสร้างของเซลล์และออร์แกเนลล์" นักเรียนระดับประถมศึกษามักประสบปัญหาหลายประการ ได้แก่ ความยากในการทำความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมเนื่องจากเซลล์มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ความสับสนในการจดจำชื่อและหน้าที่ของออร์แกเนลล์จำนวนมาก รวมถึงความยากในการเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน (Vijapurkar et al., 2014; Carlan et al., 2014) นอกจากนี้ งานวิจัยของ Tinsley (2019) พบว่านักเรียนมักมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับขนาดและสัดส่วนของเซลล์ และไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ได้อย่างชัดเจน ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้นักเรียนขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าที่ควร การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยเฉพาะผ่านกิจกรรมปฏิบัติจริง (hands-on learning) จึงได้รับการเสนอให้เป็นทางเลือกที่ช่วยพัฒนาพฤติกรรมการเรียนรู้เชิงบวกและยกระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรม (Alparuq et al., 2024) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบลงมือปฏิบัติเชิงร่วมมือ (Hands-on Collaborative Science Learning) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ผสมผสานระหว่างการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง (Hands-on Learning) กับการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง พร้อมกับทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อสร้างองค์ความรู้ร่วมกัน (Hofstein & Lunetta, 2004; Johnson & Johnson, 2009) แนวทางนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ทางสังคม (Social Constructivism) ของ Vygotsky ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการสนับสนุนจากเพื่อน (Scaffolding) งานวิจัยของ Bawaneh (2023) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างแบบจำลองช่วยส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้เชิงรุกของผู้เรียน ทั้งในมิติการตั้งคำถาม การอภิปราย การทดลอง และการสะท้อนคิด ในลักษณะของการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivist learning behavior) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Piaget และ Vygotsky กรณีการเรียนรู้เรื่อง "เซลล์" ในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นหัวข้อที่มีลักษณะนามธรรมสูงในระดับประถมศึกษา นักเรียนมักประสบปัญหาในการทำความเข้าใจหน้าที่ของออร์แกเนลล์ และไม่สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเกี่ยวกับประสบการณ์ชีวิตจริงได้ (Vijapurkar, 2014; Tinsley, 2019) การใช้แบบจำลองและกิจกรรมที่มีส่วนร่วม เช่น การจำลองเซลล์ด้วยวัสดุที่จับต้องได้ การสร้างโมเดลสามมิติ หรือการใช้เกมวิทยาศาสตร์ จึงเป็นกลยุทธ์ที่ได้รับการเสนอว่าเหมาะสมต่อพัฒนาการทางปัญญาในช่วงวัยนี้ (Carlan et al., 2014; Vijapurkar et al., 2014)

พร้อมกันนี้ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีโดยเฉพาะ "ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์" (Generative Artificial Intelligence: Generative AI) ได้นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแนวทางการประเมินผลการเรียนรู้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ หมายถึง ระบบปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถสร้างเนื้อหาใหม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นข้อความ รูปภาพ เสียง หรือรหัสโปรแกรม โดยอาศัยการเรียนรู้จากข้อมูลจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น ChatGPT, Claude, Gemini เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Naeem et al., 2024; Turobov et al., 2024) โดยเน้นการประเมินที่หลากหลาย ทั้งการประเมินเพื่อวินิจฉัย (diagnostic assessment) การประเมินเพื่อพัฒนา (formative assessment) และการประเมินแบบสรุปผล (summative assessment) (Fitzgerald & Smith, 2016; Hewson et al., 1998) โดยเฉพาะ ChatGPT 4.0 ในฐานะโมเดลภาษาขั้นสูงที่สามารถสนับสนุนครูในการวิเคราะห์ข้อมูลภาษาธรรมชาติ เช่น คำอธิบายของผู้เรียน บันทึกการสนทนา และชิ้นงานจากกิจกรรม (Naeem et al., 2024; Turobov et al., 2024) งานวิจัยของสุทธิดา จำรัส และพัชรลิตา สุษะมูล (Chamrat & Suyamun, 2023) ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ ChatGPT ในการวิเคราะห์

ข้อมูลเชิงประเด็น (Thematic Analysis) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในกิจกรรมสะเต็มที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมอย่างสร้างสรรค์ ในขณะที่งานของ Damaševičius (2024) และ Kooli & Yusuf (2024) ได้ชี้ให้เห็นข้อจำกัดในการใช้ AI ในการตีความข้อมูลที่มีความซับซ้อนหรือบริบทเฉพาะสูง ดังนั้น บทบาทของ AI ควรเป็น “เครื่องมือสนับสนุนครู” มากกว่าการแทนที่การประเมินโดยมนุษย์โดยสิ้นเชิง

จากพื้นฐานทางทฤษฎีและข้อค้นพบจากงานวิจัยที่ผ่านมา ผู้วิจัยจึงออกแบบกิจกรรม Cell Pizza ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบลงมือปฏิบัติเชิงร่วมมือ (Hands-on Collaborative Science Learning) ที่ผสมผสานกับการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) เพื่อให้นักเรียนระดับประถมศึกษา ร่วมกันสร้างแบบจำลองเซลล์จากพิซซ่า โดยใช้วัตถุดิบต่าง ๆ แทนออร์แกเนลล์ พร้อมการอธิบายด้วยตนเอง และบันทึกวิดีโอการนำเสนอ เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ผ่านกรอบแนวคิดการวิเคราะห์เชิงประเด็น โดยประยุกต์ใช้ ChatGPT เป็นเครื่องมือจัดกลุ่มรหัสข้อมูลและสังเคราะห์สาระสำคัญอย่างเป็นระบบ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษาที่เกิดขึ้นจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรม Cell Pizza ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพแบบการวิเคราะห์เชิงประเด็น (Thematic Analysis)
2. ประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) ในการจัดกลุ่มรหัสข้อมูล และสังเคราะห์สาระสำคัญจากคำอธิบาย การแสดงออก และผลงานของนักเรียนอย่างเป็นระบบ

กรอบแนวคิดการวิจัย

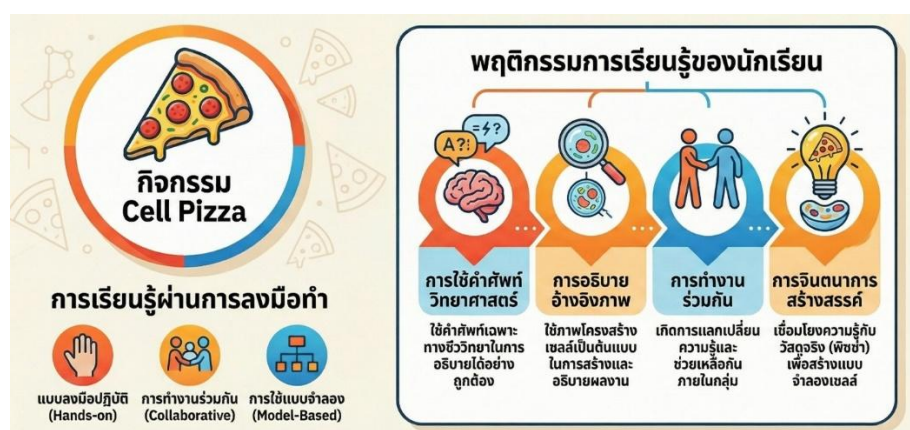
การวิจัยครั้งนี้มีกรอบแนวคิดที่ประกอบด้วยตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ดังนี้

ตัวแปรต้น: กิจกรรม Cell Pizza ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบลงมือปฏิบัติเชิงร่วมมือ (Hands-on Collaborative Science Learning) ผสมผสานกับการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning)

ตัวแปรตาม: พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ได้แก่ การใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์ การอธิบายตามโครงสร้างภาพอ้างอิง การทำงานร่วมกัน และการจินตนาการสร้างสรรค์

ภาพประกอบ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย



การจัดการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (active learning) ถือเป็นกุญแจสำคัญในการสร้างการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและเสริมสร้างความเข้าใจในเนื้อหา กิจกรรม “Cell Pizza” เป็นตัวอย่างของนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนระดับประถมศึกษาได้เรียนรู้เรื่องส่วนประกอบของเซลล์ผ่านการสร้างแบบจำลองเซลล์จากพิซซ่า กิจกรรมสร้างสรรค์

นี้สอดคล้องกับแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง ตามทฤษฎีของจอห์น ดิวอี้ (Dewey, 1938) ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับประสบการณ์ที่จับต้องได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ

1. ศึกษารูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษาที่เกิดขึ้นจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรม Cell Pizza ซึ่งเป็นกิจกรรมในค่ายโครงการพัฒนาศักยภาพนักเรียนของนักเรียนห้องเรียนเตรียมแพทย์ ภายใต้หลักสูตรความเป็นเลิศด้านวิชาการ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และภาษาอังกฤษ ระดับประถมศึกษา จัดขึ้นในวันที่ 23 – 25 มิถุนายน 2568 ณ บ้านวิทยาศาสตร์สิรินธร อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประเด็น (Thematic Analysis) และ 2) ประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ ChatGPT 4.0 ในการจัดกลุ่มรหัสข้อมูลและสังเคราะห์สาระสำคัญจากคำอธิบาย การแสดงออก และผลงานของนักเรียนอย่างเป็นระบบ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 โรงเรียนเทศบาลท่าโขลง ๑ ที่เข้าร่วมโครงการพัฒนาศักยภาพนักเรียนห้องเรียนเตรียมแพทย์ ปีการศึกษา 2568 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนจำนวน 75 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ตามเกณฑ์การเข้าร่วมค่ายวิทยาศาสตร์ โดยจัดแบ่งเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละประมาณ 7-8 คน โดยใช้วิธีการคละระดับชั้นภายในแต่ละกลุ่ม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) และการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างวัย

รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรม Cell Pizza จัดขึ้นในรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบลงมือปฏิบัติเชิงร่วมมือ (Hands-on Collaborative Science Learning) ภายใต้กรอบแนวคิดการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ซึ่งออกแบบขึ้นเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ผ่านกระบวนการจำลองและการทำงานเป็นกลุ่ม โดยใช้วัสดุที่จับต้องได้และใกล้ตัว เช่น อาหาร ผัก และขนม ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรม 90 นาที

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรม Cell Pizza ดำเนินการตามกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบลงมือปฏิบัติเชิงร่วมมือ (Hands-on Collaborative Science Learning) ผสมผสานกับการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) โดยมีขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม 5 ขั้นตอน ในระยะเวลา 90 นาที ดังนี้

ขั้นที่ 1: ชี้นำเข้าสู่บทเรียนและกระตุ้นความสนใจ (15 นาที)

ผู้สอนนำเสนอภาพโครงสร้างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ผ่านสื่อมัลติมีเดีย พร้อมอธิบายหน้าที่ของออร์แกเนลล์ทั้ง 13 ชนิด ได้แก่ เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell Membrane), ผนังเซลล์ (Cell Wall), นิวเคลียส (Nucleus), ไซโทพลาซึม (Cytoplasm), ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria), คลอโรพลาสต์ (Chloroplast), แวคิวโอล (Vacuole), ไรโบโซม (Ribosome), เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดเรียบ (Smooth Endoplasmic Reticulum), เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดขรุขระ (Rough Endoplasmic Reticulum), กอลจิบอดี (Golgi Body), ไลโซโซม (Lysosome) และเซนทริโอล (Centriole) โดยเน้นให้นักเรียนเห็นความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ขั้นตอนนี้สอดคล้องกับหลักการของ Hands-on Learning ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ก่อนการลงมือปฏิบัติ (Hofstein & Lunetta, 2004)

ขั้นที่ 2: ชี้นำวางแผนและออกแบบแบบจำลอง (15 นาที)

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนและออกแบบแบบจำลองเซลล์ โดยเลือกที่จะสร้างเซลล์พืชหรือเซลล์สัตว์ จากนั้นร่วมกันอภิปรายและตัดสินใจเลือกวัสดุที่เหมาะสมในการแทนออร์แกเนลล์แต่ละชนิด พร้อมบันทึกเหตุผลในการเลือกลงในใบงาน ขั้นตอนนี้เป็นหัวใจสำคัญของ Model-Based Learning ที่ให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์และตัดสินใจ

เกี่ยวกับการสร้างตัวแทนความคิด (Bawaneh, 2023) และยังสอดคล้องกับ Collaborative Learning ที่เน้นการทำงานร่วมกันและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม (Johnson & Johnson, 2009)

ขั้นที่ 3: ขั้นลงมือปฏิบัติสร้างแบบจำลอง (30 นาที)

นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างแบบจำลองเซลล์บนแป้งพิซซ่า โดยใช้วัตถุดิบอาหารต่าง ๆ เช่น ผัก ผลไม้ ขนม และเครื่องปรุง แทนออร์แกเนลล์ตามแผนที่วางไว้ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความคิดสร้างสรรค์ในการเลือกวัสดุที่มีลักษณะ สี รูปร่าง หรือพื้นผิวใกล้เคียงกับออร์แกเนลล์จริง ขณะปฏิบัติ ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก คอยสังเกตพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ ให้คำแนะนำเมื่อจำเป็น และกระตุ้นให้นักเรียนอ้างอิงภาพโครงสร้างเซลล์ประกอบการตัดสินใจ ขั้นตอนนี้เป็นแกนหลักของ Hands-on Learning ที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือทำจริง (Dewey, 1938)

ขั้นที่ 4: ขั้นนำเสนอและอธิบาย (20 นาที)

ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงาน Cell Pizza ต่อหน้าชั้นเรียน โดยอธิบายว่าตนเองสร้างแบบจำลองเซลล์ชนิดใด พร้อมระบุชื่อและหน้าที่ของออร์แกเนลล์แต่ละตัว รวมถึงให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกใช้วัสดุชิ้น ๆ แทนออร์แกเนลล์ ในขณะนำเสนอ มีการบันทึกวิดีโอเพื่อนำไปวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ในภายหลัง ขั้นตอนนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ทางสังคม (Social Constructivism) ของ Vygotsky ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการสื่อสารความคิด

ขั้นที่ 5: ขั้นสะท้อนคิดและสรุปความรู้ (10 นาที)

ผู้สอนนำอภิปรายสรุปความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างเซลล์ร่วมกับนักเรียนทั้งชั้น โดยเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของแบบจำลองเซลล์พืชและเซลล์สัตว์จากผลงานของแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งให้นักเรียนสะท้อนคิดถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้ ปัญหาที่พบ และแนวทางปรับปรุงในอนาคต ขั้นตอนนี้ช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนและเชื่อมโยงความรู้อย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ที่เน้นการสะท้อนคิดเกี่ยวกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น (Bawaneh, 2023)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ (Learning Behavior Observation Form) ใช้บันทึกพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนขณะทำกิจกรรม ประกอบด้วยรายการสังเกต 5 ด้าน ได้แก่ การใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์ การอธิบายจากภาพอ้างอิง การทำงานร่วมกัน การแสดงความคิดสร้างสรรค์ และความเข้าใจคลาดเคลื่อน 2) แบบบันทึกวิดีโอการนำเสนอ (Video Recording Protocol) ใช้บันทึกการนำเสนอผลงานและการอธิบายของนักเรียนแต่ละกลุ่ม เพื่อนำมาถอดความและวิเคราะห์เชิงประเด็น 3) ใบงานกิจกรรม Cell Pizza ประกอบด้วยคำชี้แจง รายการออร์แกเนลล์ 13 ชนิด และช่องบันทึกการเลือกวัสดุแทนออร์แกเนลล์พร้อมเหตุผล 4) แบบประเมินกิจกรรม Cell Pizza (Cell Pizza Evaluation Rubric) ใช้ประเมินความถูกต้องของการติดป้ายชื่อออร์แกเนลล์ การระบุชนิดเซลล์ และระดับความเข้าใจของแต่ละกลุ่ม

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือทุกชนิดผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและการวัดประเมินผล จำนวน 3 ท่าน และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปใช้จริง แบบสังเกตพฤติกรรมและแบบประเมินกิจกรรมมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งศึกษารูปแบบพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษาที่เกิดขึ้นจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรม Cell Pizza โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประเด็น (Thematic Analysis) ควบคู่กับการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษาที่เกิดขึ้นจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรม Cell Pizza ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพแบบการวิเคราะห์เชิงประเด็น (Thematic Analysis)

1.1 ผลการประเมินความสามารถในการระบุชนิดเซลล์และการติดป้ายชื่อออร์แกเนลล์รายกลุ่ม
ผลการประเมินจากแบบประเมินกิจกรรม Cell Pizza แสดงให้เห็นความสามารถของนักเรียนทั้ง 10 กลุ่ม ในการระบุชนิดเซลล์และการติดป้ายชื่อออร์แกเนลล์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตาราง 1

ผลการประเมินความสามารถในการระบุชนิดเซลล์และการติดป้ายชื่อออร์แกเนลล์รายกลุ่ม

กลุ่ม	จำนวนสมาชิก	ระบุชนิดเซลล์	ติดป้ายครบ (13 ชนิด)	จำนวนที่ขาด	ออร์แกเนลล์ที่ขาด	ระดับความเข้าใจ
1	8 คน	ถูกต้อง (เซลล์สัตว์)	ครบ	-	-	สูง
2	7 คน	ถูกต้อง (เซลล์สัตว์)	ไม่ครบ	2 ชนิด	Smooth ER, Rough ER	กลาง-สูง
3	8 คน	คลาดเคลื่อน (ระบุเซลล์พืช)	ไม่ครบ	3 ชนิด	Smooth ER, Rough ER, Centriole	กลาง
4	7 คน	ถูกต้อง (เซลล์สัตว์)	ครบ	-	-	สูง
5	8 คน	คลาดเคลื่อน (ระบุเซลล์พืช)	ครบ	-	-	สูง
6	7 คน	ถูกต้อง (เซลล์สัตว์)	ครบ	-	-	สูง
7	8 คน	คลาดเคลื่อน (ระบุเซลล์พืช)	ครบ	-	-	สูง
8	7 คน	ถูกต้อง (เซลล์สัตว์)	ไม่ครบ	2 ชนิด	Smooth ER, Lysosome	กลาง
9	8 คน	ถูกต้อง (เซลล์สัตว์)	ครบ	-	-	สูง
10	7 คน	ถูกต้อง (เซลล์สัตว์)	ครบ	-	-	สูง

จากตาราง 1 พบว่า

กลุ่มที่ติดป้ายชื่อออร์แกเนลล์ครบถ้วนทั้ง 13 ชนิด มีจำนวน 7 กลุ่ม (70%) ได้แก่ กลุ่มที่ 1, 4, 5, 6, 7, 9 และ 10 กลุ่มที่ติดป้ายไม่ครบมี 3 กลุ่ม (30%) ได้แก่ กลุ่มที่ 2, 3 และ 8 โดยขาดไป 2-3 ชนิด กลุ่มที่ระบุชนิดเซลล์ได้ถูกต้องว่าเป็น "เซลล์สัตว์" มีจำนวน 7 กลุ่ม (70%) ได้แก่ กลุ่มที่ 1, 2, 4, 6, 8, 9 และ 10 และกลุ่มที่เข้าใจคลาดเคลื่อนโดยระบุว่าเป็น "เซลล์พืช" มี 3 กลุ่ม (30%) ได้แก่ กลุ่มที่ 3, 5 และ 7

ข้อสังเกตจากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ออร์แกเนลล์ที่นักเรียนขาดหายไปส่วนใหญ่ คือ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดเรียบ (Smooth ER) และเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดขรุขระ (Rough ER) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าคำศัพท์ที่มีความซับซ้อนและคล้ายคลึงกันเป็นอุปสรรคสำคัญในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษา

ภาพประกอบ 2

ตัวอย่างผลงานกิจกรรม Cell Pizza แสดงความแตกต่างของระดับความสมบูรณ์ในการติดป้ายชื่อออร์แกเนลล์



ก. กลุ่มที่ 6



ข. กลุ่มที่ 7



ค. กลุ่มที่ 8

จากภาพประกอบ 2 พบว่า

ภาพ ก. กลุ่มที่ 6 ติดป้ายชื่อออร์แกเนลล์ครบถ้วน 13 ชนิด แสดงการจัดวางออร์แกเนลล์ที่ถูกต้องตามตำแหน่งในภาพอ้างอิง มีการติดป้ายชื่อชัดเจนและอ่านง่าย เลือกวัสดุที่มีลักษณะสอดคล้องกับออร์แกเนลล์ เช่น ใช้หอมแดงแทนนิวเคลียส (มีลักษณะเป็นชั้น) ใช้ขนมปังแต่งแทนเซนทริโอล (มีลักษณะเป็นแท่ง) และระบุชนิดเซลล์ได้ถูกต้อง (เซลล์สัตว์) ภาพ ข. กลุ่มที่ 7 ติดป้ายชื่อออร์แกเนลล์ครบถ้วน 13 ชนิด แสดงการจัดวางที่เป็นระบบ มีการแบ่งพื้นที่ชัดเจน ป้ายชื่อจัดเรียงเป็นระเบียบ ไม่ทับซ้อนกัน แสดงความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของออร์แกเนลล์ แต่ระบุชนิดเซลล์ผิด (เซลล์พืช) และภาพ ค. กลุ่มที่ 8 ติดป้ายชื่อออร์แกเนลล์ไม่ครบถ้วน ขาดป้ายชื่อ Rough ER และ Centriole การจัดวางบางส่วนไม่ตรงกับตำแหน่งในภาพอ้างอิง ระบุชนิดเซลล์ได้ถูกต้อง (เซลล์สัตว์) สะท้อนปัญหาความสับสนในคำศัพท์ที่ซับซ้อนและการขาดการอ้างอิงภาพประกอบ

ข้อสังเกตจากภาพประกอบ 2 แสดงให้เห็นความแตกต่างในระดับความเข้าใจและความสามารถในการประยุกต์ความรู้ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม กลุ่มที่ทำได้ครบถ้วน (ภาพ ก) มีลักษณะร่วมคือ การใช้ภาพอ้างอิงอย่างสม่ำเสมอ การทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ และการอธิบายเหตุผลในการเลือกวัสดุได้ชัดเจน ในขณะที่กลุ่มที่ทำได้น้อยกว่า (ภาพ ข และ ค) มักพบปัญหาการสื่อสารภายในกลุ่มและการขาดการอ้างอิงภาพประกอบ

1.2 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้รายกลุ่มจากการสังเกตและบันทึกวิดีโอ

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้และวิดีโอบันทึกภาพการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม พบพฤติกรรมเรียนรู้ที่โดดเด่นในแต่ละกลุ่ม ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2

ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้รายกลุ่มจากการสังเกตและบันทึกวิดีโอ

กลุ่ม	พฤติกรรมการใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์	พฤติกรรมอธิบายจากภาพอ้างอิง	พฤติกรรมการทำงานร่วมกัน	พฤติกรรมจินตนาการสร้างสรรค์	ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบ
1	เรียกชื่อออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง 12/13 ชนิด อธิบายหน้าที่ได้ชัดเจน	ใช้ภาพอ้างอิงตลอด การทำกิจกรรม ชี้ตำแหน่งเปรียบเทียบได้	มีการแบ่งหน้าที่ชัดเจน สื่อสารกันอย่างต่อเนื่อง	เลือกวัสดุแทนออร์แกเนลล์ได้เหมาะสม พร้อมอธิบายเหตุผล	สับสน Smooth ER กับ Rough ER
2	เรียกชื่อออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง 10/13 ชนิด	ใช้ภาพอ้างอิงเป็นระยะ	ช่วยเหลือกันดี แต่ไม่มีผู้นำกลุ่มชัดเจน	เชื่อมโยงวัสดุกับรูปร่างออร์แกเนลล์ได้ดี	จำชื่อ ER ทั้งสองชนิดไม่ได้

กลุ่ม	พฤติกรรมการใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์	พฤติกรรมกาอธิบายจากภาพอ้างอิง	พฤติกรรมการทำงานร่วมกัน	พฤติกรรมจินตนาการสร้างสรรค์	ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบ
3	เรียกชื่อออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง 8/13 ชนิด	ใช้ภาพอ้างอิงน้อยทำตามความจำ	ทำงานแยกส่วนขาดการประสานงาน	มีความคิดสร้างสรรค์ในการเลือกวัสดุ	สับสนชนิดเซลล์และขาด ER, Centriole
4	เรียกชื่อออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง 13/13 ชนิด พร้อมอธิบายหน้าที่	ใช้ภาพอ้างอิงอย่างเป็นระบบ	มีผู้นำกลุ่มที่ดี แบ่งงานชัดเจน	เลือกวัสดุได้สอดคล้องกับลักษณะออร์แกเนลล์มาก	ไม่พบความเข้าใจคลาดเคลื่อน
5	เรียกชื่อออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง 11/13 ชนิด	ใช้ภาพอ้างอิงเป็นหลัก	ร่วมมือกันดี มีการอภิปรายก่อนตัดสินใจ	มีจินตนาการดี เปรียบเทียบวัสดุกับออร์แกเนลล์ได้น่าสนใจ	สับสนเรื่องชนิดเซลล์ (ระบุเซลล์พืช)
6	เรียกชื่อออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง 12/13 ชนิด	ใช้ภาพอ้างอิงอย่างสม่ำเสมอ	ทำงานเป็นทีมดีมาก สมาชิกมีส่วนร่วมทุกคน	อธิบายเหตุผลผลการเลือกวัสดุได้ดี	สับสนหน้าที่ของ Golgi Body
7	เรียกชื่อออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง 11/13 ชนิด	ใช้ภาพอ้างอิงเป็นระยะ	ทำงานร่วมกันได้ดี มีการช่วยเหลือกัน	มีความคิดสร้างสรรค์ในการจัดวาง	สับสนเรื่องชนิดเซลล์ (ระบุเซลล์พืช)
8	เรียกชื่อออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง 9/13 ชนิด	ใช้ภาพอ้างอิงน้อย	ขาดการประสานงานระหว่างสมาชิก	เชื่อมโยงวัสดุกับออร์แกเนลล์ได้บางส่วน	ขาด Smooth ER และ Lysosome
9	เรียกชื่อออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง 13/13 ชนิด	ใช้ภาพอ้างอิงเป็นหลักในการจัดวาง	ทำงานเป็นระบบ มีการตรวจสอบซึ่งกันและกัน	อธิบายการเลือกวัสดุได้อย่างมีเหตุผล	ไม่พบความเข้าใจคลาดเคลื่อน
10	เรียกชื่อออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง 12/13 ชนิด	ใช้ภาพอ้างอิงอย่างต่อเนื่อง	ร่วมมือกันดี มีการสื่อสารตลอด	เลือกวัสดุได้เหมาะสมและอธิบายได้	สับสนการออกเสียง ER เล็กน้อย

1.3 ผลการวิเคราะห์เชิงประเด็น (Thematic Analysis) จากข้อมูลวิดีโอและบันทึกการสังเกต

การวิเคราะห์ข้อมูลวิดีโอ บันทึกการสังเกต และการสังเคราะห์ของปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ พบรูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ที่สะท้อนออกมาใน 5 ประเด็นหลัก (Themes) ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3

รูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ที่สะท้อนออกมาใน 5 ประเด็นหลัก (Themes)

Theme	ความหมาย/คำอธิบาย	ความถี่ที่พบ (กลุ่ม)	ตัวอย่างคำพูดหรือพฤติกรรม	การตีความ	Code
1. การใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง	การเรียกชื่อออร์แกเนลล์อย่างชัดเจน ถูกต้อง และสัมพันธ์กับหน้าที่	10/10 กลุ่ม (100%)	"ไมโทคอนเดรียสร้างพลังงานค่ะ เป็นโรงงานของเซลล์" (กลุ่ม 4), "นิวเคลียสเป็นศูนย์กลางควบคุมของเซลล์" (กลุ่ม 9)	แสดงความเข้าใจในโครงสร้างและบทบาทของออร์แกเนลล์	Scientific Vocabulary

Theme	ความหมาย/ คำอธิบาย	ความถี่ ที่พบ (กลุ่ม)	ตัวอย่างคำพูดหรือ พฤติกรรม	การตีความ	Code
2. การอธิบาย ตามโครงสร้าง ภาพอ้างอิง	การใช้ ภาพประกอบเพื่อ เทียบตำแหน่ง และการจัดวางบน Pizza	8/10 กลุ่ม (80%)	"วาง nucleus ตรงกลาง แบบในภาพ" (กลุ่ม 1), "ER อยู่ ข้าง ๆ nucleus ตามนี้เลย" (กลุ่ม 6)	ใช้สื่อช่วยอ้างอิง เพื่อส่งเสริมความ เข้าใจ	Visual Referencing
3. การทำงาน ร่วมกัน	การสื่อสาร แบ่ง หน้าที่ และ ช่วยเหลือกัน ภายในกลุ่ม	9/10 กลุ่ม (90%)	"หนูพูดนะ เพื่อนช่วยชี้ ตรง nucleus" (กลุ่ม 2), "ใครวาง mitochondria ช่วยหน่อย" (กลุ่ม 5)	แสดง ความสามารถใน การเรียนรู้แบบ ร่วมมือ	Collaborative Learning
4. การ จินตนาการ สร้างสรรค์การ แทนออร์ แกเนลล์	การเชื่อมโยง รูปร่าง สี หรือ ลักษณะวัตถุกับ ออร์แกเนลล์	10/10 กลุ่ม (100%)	"stick นี่เหมือน centriole เพราะเป็น แท่งยาว" (กลุ่ม 7), "มะเขือเทศหั่นเต๋าล็ก เหมือน lysosome" (กลุ่ม 4)	การประยุกต์ ความรู้กับการใช้ วัสดุจริง	Creative Representation
5. การเข้าใจ คลาดเคลื่อนใน ข้อขัดข้อง	ความสับสนใน การระบุชื่อออร์ แกเนลล์ที่มี ลักษณะใกล้เคียง กัน	7/10 กลุ่ม (70%)	"ER เรียบกับขรุขระจำ ไม่ได้ค่ะ" (กลุ่ม 2), "ER มีสองแบบแต่หนูจำชื่อ ไม่ได้ค่ะ" (กลุ่ม 3)	สะท้อนปัญหา ด้านความขัดข้อง ของศัพท์ วิทยาศาสตร์	Misconception/Confusion

1.4 ผลการประเมินระดับสมรรถนะของนักเรียนทั้ง 10 กลุ่ม

การประเมินสมรรถนะรวมของแต่ละกลุ่มโดยอิงจากเกณฑ์ 5 ด้าน ได้แก่ การใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์ (4 คะแนน) ความถูกต้องของการระบุชนิดเซลล์ (4 คะแนน) ความครบถ้วนของการติดป้ายชื่อ (4 คะแนน) การทำงานร่วมกัน (4 คะแนน) และการอธิบายแนวคิดด้วยจินตนาการสร้างสรรค์ (4 คะแนน) รวม 20 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4

ผลการประเมินสมรรถนะรายกลุ่มจากการทำกิจกรรม Cell Pizza

กลุ่ม ที่	คำศัพท์ (4)	ระบุชนิดเซลล์ (4)	ติดป้ายครบ (4)	ทำงานร่วมกัน (4)	จินตนาการสร้างสรรค์ (4)	รวม (20)	ระดับ สมรรถนะ
1	4	4	4	4	4	20	สูงมาก
2	3	4	2	3	4	16	สูง
3	3	2	1	2	3	11	ปานกลาง
4	4	4	4	4	4	20	สูงมาก
5	4	2	4	4	4	18	สูงมาก
6	4	4	4	4	4	20	สูงมาก
7	4	2	4	3	3	16	สูง
8	3	4	2	2	3	14	ปานกลาง
9	4	4	4	4	4	20	สูงมาก
10	4	4	4	4	4	20	สูงมาก

จากตาราง 4 สรุประดับสมรรถนะได้ ดังนี้ ระดับสูงมาก (18-20 คะแนน) จำนวน 6 กลุ่ม (60%) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 4 5 6 9 และ 10 ระดับสูง (16-17 คะแนน) จำนวน 2 กลุ่ม (20%) ได้แก่ กลุ่มที่ 2 และ 7 และระดับปานกลาง (≤ 15 คะแนน) จำนวน 2 กลุ่ม (20%) ได้แก่ กลุ่มที่ 3 และ 8

2. ผลการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) ในการจัดกลุ่มรหัสข้อมูลและสังเคราะห์สาระสำคัญ

การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ ChatGPT 4.0 ในการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการเรียนรู้ในกิจกรรม Cell Pizza จำเป็นต้องอาศัย การออกแบบ prompt อย่างรอบคอบ (Prompt Engineering) เพื่อให้ ChatGPT ตอบสนอง และสังเคราะห์ผลลัพธ์ได้ตรงกับเจตนารมณ์ของการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและปรับแต่ง prompt หลายชุด ดังนี้

1) Prompt สำหรับการจัดกลุ่มรหัส (Initial Coding)

ผู้วิจัยออกแบบ prompt ให้ ChatGPT ทำการสกัด “code” จาก transcript และข้อความภาษาธรรมชาติของนักเรียนโดยระบุให้ Prompt ตัวอย่าง “ช่วยวิเคราะห์ข้อความต่อไปนี้ แล้วแยก ‘code’ ที่สะท้อนพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนตามหลัก Thematic Analysis พร้อมระบุ theme ที่เหมาะสม เช่น การใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์, การทำงานร่วมกัน, การอธิบายจากภาพอ้างอิง ฯลฯ”

ผลลัพธ์ที่ได้ช่วยให้สามารถจัดกลุ่มพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเป็นระบบ และสามารถอ้างอิงได้กับแฟรมเวิร์กทางการศึกษา เช่น Collaborative learning หรือ Scientific vocabulary usage

2) Prompt สำหรับการสังเคราะห์ธีม (Theme Synthesis)

หลังการจัดกลุ่มรหัส ผู้วิจัยออกแบบ prompt เพื่อให้ ChatGPT สรุปธีมหลักจากรหัสย่อยทั้งหมด โดยมีคำสั่งให้ Prompt ตัวอย่าง “จากรหัสต่อไปนี้ (แนบ code ทั้งหมด) ช่วยจัดกลุ่มเป็นธีมพฤติกรรมการเรียนรู้หลัก พร้อมตั้งชื่อธีมที่เหมาะสม และอธิบายเหตุผลในการจัดกลุ่ม”

ผลที่ได้สามารถลดอคติของผู้วิเคราะห์ และช่วยให้การสังเคราะห์ข้อมูลมีความสม่ำเสมอมากขึ้น

3) Prompt สำหรับการตีความภาษาธรรมชาติของนักเรียน (Interpretation of Language)

เพื่อแปลความหมายจากคำพูดของนักเรียนให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยใช้ prompt ดังนี้ Prompt ตัวอย่าง “ข้อความนี้หมายถึงอะไรในบริบทของการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับประถม และสะท้อนพฤติกรรมใดตาม Thematic Analysis” ตัวอย่างคำพูด “เราช่วยกันวาง วางเสร็จหนูอธิบายให้” ถูกตีความว่าเป็นพฤติกรรม Collaborative Learning ข้อค้นพบสำคัญจากการใช้ Prompt Engineering ดังนี้ 1) Prompt ที่ชัดเจน เจาะจงพฤติกรรม และอิงกรอบแนวคิดการวิเคราะห์เชิงประเด็น ช่วยให้ ChatGPT วิเคราะห์ผลได้มีความถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น 2) ChatGPT ตอบสนองได้ดีเมื่อระบุคำสำคัญ เช่น “code”, “theme”, “interpretation”, “scientific explanation” ในคำสั่ง 3) การออกแบบ prompt ที่ดีช่วย ลดเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลลงกว่า 50% และสนับสนุนการสังเคราะห์เชิงลึกอย่างมีระบบ

2.4 การประยุกต์ใช้ ChatGPT 4.0 เพื่อวิเคราะห์คลิปวิดีโอ (Video-based Learning Behavior Analysis)

การวิเคราะห์พฤติกรรมเรียนรู้ของนักเรียนในกิจกรรม Cell Pizza ในงานวิจัยนี้ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการวิเคราะห์ข้อความหรือคำอธิบายที่เป็นลายลักษณ์อักษร แต่ยังอิงจาก คลิปวิดีโอการทำกิจกรรมของนักเรียนทั้ง 10 กลุ่ม ที่ผู้วิจัยจัดเก็บไว้ เพื่อถอดพฤติกรรมเชิงลึกจากสถานการณ์จริงของการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (hands-on learning) ขั้นตอนการวิเคราะห์คลิปวิดีโอโดยใช้ NotebookLM และ ChatGPT 4.0 เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ ผู้วิจัยใช้ NotebookLM ซึ่งเป็นเครื่องมือ AI ช่วยถอดความเสียง (speech-to-text) จากวิดีโอให้อยู่ในรูปแบบข้อความ (transcript) ที่สามารถวิเคราะห์ต่อใน ChatGPT ได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) ถอดความเสียงจากวิดีโอด้วย NotebookLM นำวิดีโอของแต่ละกลุ่มเข้าสู่ระบบ NotebookLM เพื่อให้ AI สกัดคำพูดของนักเรียนออกมาเป็นข้อความอัตโนมัติ 2) ตรวจสอบและปรับความถูกต้องของ Transcript ผู้วิจัยตรวจสอบ transcript จาก NotebookLM และปรับแก้ความผิดพลาดของคำหรือเสียงฟังยาก เพื่อให้ได้ข้อความที่ใกล้เคียงคำพูดจริงมากที่สุด 3) ป้อน

Transcript เข้า ChatGPT 4.0 ใช้ prompt ที่กำหนดเพื่อให้ ChatGPT วิเคราะห์พฤติกรรมตามกรอบ Thematic Analysis 4) สังเคราะห์ Theme และรหัส (Codes) ChatGPT ช่วยจัดกลุ่มพฤติกรรม เช่น การใช้ศัพท์วิทยาศาสตร์ การอ้างอิงภาพ การทำงานร่วมกัน ฯลฯ 5) สรุปเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มใช้ข้อมูลที่ได้เปรียบเทียบความสามารถและสมรรถนะระหว่างกลุ่มทั้ง 10

ตัวอย่าง Prompt ที่ใช้กับ ChatGPT 4.0 “บทสนทนาที่ได้จากคลิปกิจกรรม Cell Pizza ของนักเรียนประถม ให้ช่วยวิเคราะห์ว่าเด็กแต่ละคนแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้แบบใด เช่น ใช้ศัพท์วิทยาศาสตร์ใหม่ มีการอ้างอิงภาพหรือไม่ มีการเข้าใจผิดหรือสับสน และจัดกลุ่มธีมตามแนวทาง Thematic Analysis” ผลจาก prompt นี้ช่วยให้ ChatGPT สามารถจัดกลุ่มข้อมูลตาม Theme ได้ตารางที่ 5

ตารางที่ 5

ตัวอย่างผลการจัดกลุ่มธีมด้วย ChatGPT ตามแนวทาง Thematic Analysis

คำพูดจากวิดีโอ (จาก NotebookLM)	ธีม	Code
“ER มันเรียบกับขรุขระต่างกันไหม?”	ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	Misconception
“เราวาง nucleus ไว้ตรงกลางเหมือนในแผ่นภาพเลย”	อ้างอิงภาพ	Visual Referencing
“หนูพูดนะ เพื่อนช่วยวาง mitochondria”	การทำงานร่วมกัน	Collaborative

สรุปภาพรวมจากการวิเคราะห์ ดังนี้ 1) นักเรียน ส่วนใหญ่สามารถใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง และจัดวางออร์แกเนลล์ได้เหมาะสมตามภาพอ้างอิง 2) กลุ่มที่ทำได้ดีมักมีการ แบ่งหน้าที่ชัดเจน และใช้ เหตุผลหรือจินตนาการสร้างสรรค์ในการอธิบาย 3) จุดที่พบนักเรียน เข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ “เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดเรียบ” และ “ชนิดขรุขระ” 4) กิจกรรม Cell Pizza สามารถใช้เป็นแนวทางในการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ (active learning) และสะท้อนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างชัดเจน

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษาที่เกิดขึ้นจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรม Cell Pizza โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประเด็น (Thematic Analysis) และประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรม Cell Pizza ส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้เชิงบวกอย่างชัดเจน นักเรียนสามารถใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง มีการอ้างอิงภาพโครงสร้างเซลล์ที่ชัดเจน ทำงานร่วมกันเป็นทีม และแสดงจินตนาการสร้างสรรค์ในการจำลองเซลล์ผ่านวัสดุจริง

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบลงมือปฏิบัติเชิงร่วมมือ (Hands-on Collaborative Science Learning) ที่เน้นการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริงกับการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ตามแนวคิดของ Hofstein และ Lunetta (2004) ที่ระบุว่าการทดลองและกิจกรรมปฏิบัติในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมความเข้าใจเชิงแนวคิด จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทุกกลุ่ม (100%) แสดงพฤติกรรมการใช้คำศัพท์วิทยาศาสตร์และการจินตนาการสร้างสรรค์ในการเลือกวัสดุแทนออร์แกเนลล์ ซึ่งยืนยันว่าการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เชิงนามธรรมกับประสบการณ์ที่จับต้องได้ นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) ของ Johnson และ Johnson (2009) ที่เน้นการพึ่งพาซึ่งกันและกันในเชิงบวก (Positive Interdependence) จากการสังเกตพบว่า 9 จาก 10 กลุ่ม (90%) แสดงพฤติกรรมการทำงานร่วมกันอย่างชัดเจน มีการแบ่งหน้าที่ สื่อสาร และช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงว่าการจัดกลุ่มแบบอิสระระดับชั้นส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกันและการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างวัย

ผลการวิจัยสอดคล้องกับการเรียนรู้แบบใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ตามงานวิจัยของ Bawaneh (2023) ที่พบว่าการสร้างแบบจำลองช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความเข้าใจเชิงโครงสร้างและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น จากผลการประเมินพบว่า 70% ของกลุ่มนักเรียนสามารถติดป้ายชื่อออร์แกนเซลล์ได้ครบถ้วนทั้ง 13 ชนิด และสามารถอธิบายหน้าที่ของออร์แกนเซลล์ได้ถูกต้อง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองเซลล์จากวัสดุที่จับต้องได้ช่วยให้นักเรียนสามารถแปลความรู้เชิงนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาของ Piaget ซึ่งระบุว่านักเรียนระดับประถมศึกษาอยู่ในช่วงของการคิดเชิงรูปธรรม (Concrete Operational Stage) การใช้วัสดุที่จับต้องได้ในการจำลองโครงสร้างเซลล์จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับพัฒนาการทางปัญญาของผู้เรียนในช่วงวัยนี้ ตัวอย่างที่ชัดเจน คือ การที่นักเรียนเลือกใช้มะเขือเทศหั่นเต๋าแทนไลโซโซมเพราะมีขนาดเล็ก หรือการเลือกใช้หอมแดงซ้อนกันแทนนิวเคลียสเพราะมีลักษณะเป็นชั้น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Restructuring) ที่เป็นกระบวนการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอย่างแท้จริง

ในการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงศักยภาพที่สูงของเทคโนโลยีนี้ในการสนับสนุนกระบวนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เช่น การจัดกลุ่มรหัส (Initial Coding) การสังเคราะห์ธีม (Theme Synthesis) และการตีความภาษาธรรมชาติของนักเรียน ผลที่ได้จากการใช้ AI สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Naeem et al. (2024) และสุทธิดา จำรัส (Chamrat, 2025) ซึ่งยืนยันว่าปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์สามารถสนับสนุนการประเมินผลที่เน้นกระบวนการและพฤติกรรมของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจัดการข้อมูลจำนวนมากและลดภาระงานของครูผู้สอนหรือผู้วิจัย การใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ในงานวิจัยนี้ช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลลงกว่า 50% และช่วยให้การจัดกลุ่มรหัสข้อมูลมีความสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Turobov et al. (2024) ที่ระบุว่า AI สามารถช่วยลดอคติของผู้วิเคราะห์และเพิ่มความเป็นระบบในการจัดการข้อมูลเชิงคุณภาพ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังพบข้อจำกัดสำคัญในการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการตีความเชิงลึกที่ยังไม่เทียบเท่ากับการวิเคราะห์โดยมนุษย์ (Damaševičius, 2024; Kooli & Yusuf, 2024) โดยเฉพาะในกรณีที่คำตอบของนักเรียนมีความซับซ้อนหรือมีการแสดงออกทางความคิดสร้างสรรค์ที่ AI ไม่สามารถตีความได้อย่างครบถ้วน อีกทั้งยังไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่ใช่ภาษาพูดหรือภาษาเขียน เช่น น้ำเสียง ท่าทาง และการแสดงออกทางสีหน้าของนักเรียนจากวิดีโอได้โดยตรง ดังนั้น การใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ควรดำเนินการควบคู่กับการตรวจสอบและวิเคราะห์โดยมนุษย์ เพื่อรักษาคุณภาพและความถูกต้องในการประเมิน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด "กระบวนการทัศน์ลูกผสม" (Hybrid Paradigm) ที่มนุษย์ยังคงมีบทบาทที่ไม่สามารถถูกแทนที่ได้ในการตีความบริบทเชิงลึก

จากทัศนะของผู้วิจัย ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่า กิจกรรม Cell Pizza ทำหน้าที่เป็น กลไกการแปลความรู้เชิงประจักษ์ที่จำเป็นต่อนักเรียนระดับประถมศึกษาซึ่งอยู่ในช่วงของการคิดเชิงรูปธรรม (Concrete Operational Stage) ตามแนวคิดของ Piaget โดยการที่นักเรียนสามารถใช้จินตนาการสร้างสรรค์ในการเชื่อมโยงวัตถุจริงกับออร์แกเนลล์เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ของการปรับโครงสร้างทางปัญญาอย่างแท้จริง แม้ว่ากิจกรรมจะประสบความสำเร็จในภาพรวม (70% ของกลุ่มทำได้ดี) แต่ข้อจำกัดเฉพาะที่พบในคำศัพท์ซับซ้อนอย่างเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ชี้ให้เห็นความจำเป็นในการปรับลำดับการสอนเชิงภาษา (Linguistic Scaffolding) โดยควรนำเสนอแนวคิดผ่านแบบจำลองก่อนการแนะนำคำศัพท์ที่ซับซ้อน ในมิติของการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Generative AI) ผลการวิจัยยืนยันว่า AI สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพได้ แต่ควรใช้ในกระบวนการทัศน์ลูกผสม (Hybrid Paradigm) ที่มนุษย์ยังคงมีบทบาทสำคัญในการตีความบริบทเชิงลึก เพื่อรักษาความถูกต้องเชิงการตีความ (Interpretive Validity) ของงานวิจัย

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

1. ข้อจำกัดของการวิจัย

1.1 การวิเคราะห์ในระดับกลุ่ม: การวิจัยนี้ไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนแบบรายบุคคล แต่เป็นการวิเคราะห์ในระดับกลุ่ม ดังนั้นผลการวิจัยจึงสะท้อนพฤติกรรมการเรียนรู้ในภาพรวมของกลุ่มมากกว่าพัฒนาการรายบุคคล

1.2 ไม่มีการเปรียบเทียบก่อน-หลัง: การวิจัยไม่มีการเปรียบเทียบพฤติกรรมก่อนเรียน-หลังเรียน หรือเปรียบเทียบผลกับกลุ่มทดลองหรือกลุ่มควบคุม จึงไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างกิจกรรม Cell Pizza กับพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจน

1.3 ข้อจำกัดของปัญญาประดิษฐ์: ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ที่ใช้ในการวิเคราะห์มีข้อจำกัดในการตีความข้อมูลที่ไม่ใช่ภาษาพูดหรือภาษาเขียน เช่น น้ำเสียง ท่าทาง และการแสดงออกทางสีหน้าของนักเรียนจากวิดีโอ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังนักเรียนระดับมัธยมศึกษาหรือปฐมวัย เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้และการตอบสนองต่อกิจกรรมแบบลงมือปฏิบัติที่ออกแบบมาให้เหมาะสมกับช่วงวัยอื่น ๆ

2.2 ควรออกแบบการวิจัยที่มีการเปรียบเทียบพฤติกรรมก่อนเรียน-หลังเรียน หรือเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เพื่อยืนยันประสิทธิผลของกิจกรรม Cell Pizza ต่อการพัฒนาพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างชัดเจน

2.3 ควรพัฒนาการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับรายบุคคล เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับพัฒนาการและความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ โรงเรียนเทศบาลท่าโขลง ๑ ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการนำนักเรียนระดับประถมศึกษามาเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ ณ บัณฑิตวิทยาลัยสิรินธร ภายใต้ความร่วมมือในโครงการพัฒนาศักยภาพนักเรียนของนักเรียนห้องเรียนเตรียมแพทย์ ภายใต้หลักสูตรความเป็นเลิศด้านวิชาการ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และภาษาอังกฤษ ระดับประถมศึกษา ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่เอื้อให้การดำเนินงานวิจัยเรื่อง “การศึกษาพฤติกรรมเรียนรู้ของนักเรียนประถมศึกษา ผ่านกิจกรรม Cell Pizza และการวิเคราะห์ด้วยปัญญาประดิษฐ์ ChatGPT” สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ทั้งนี้ผู้วิจัยขอแสดงความซาบซึ้งในความทุ่มเทและการมีส่วนร่วมของคณะครูและนักเรียนทุกท่านที่ช่วยให้การเก็บข้อมูลและการดำเนินกิจกรรมเป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- Alparuq, M., et al. (2024). Challenges and opportunities in elementary science education. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1–12.
- Bawaneh, A. K. (2023). Learning biology through innovative models: The impact of active model-based learning on students' comprehension of cell structure. *International Journal of Science Education*, 45(3), 311–328. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2163081>
- Carlan, F. de A., Sepel, L. M. N., & Loreto, E. L. S. (2014). Teaching cell biology in primary schools. *Education Research International*, 2014, Article ID 272475, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2014/272475>
- Chamrat, S. (2025). *AI companion for graduate studies and researcher: A guide for AI to support graduate studies and researchers*. Department of Curriculum, Teaching and Learning, Faculty of Education, Chiang Mai University. ISBN (e-book): 978-616-626-370-1 [in Thai]

- Chamrat, S., & Suyamun, P. (2023). Application of ChatGPT for content analysis of STEM activity modules based on the DIY, Tinkerer, and Maker conceptual framework. *Journal of Inclusive and Innovative Education*, 8(2), 16-34. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/cmujedu/article/view/272293> [in Thai]
- Costa, M. J., de Souza, D. N., & Franco, M. D. (2021). Understanding scientific terminology: A challenge for primary school students. *International Journal of Science Education*, 43(5), 715–733. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1887452>
- Damaševičius, R. (2024). ChatGPT-supported student assessment – can we rely on it? *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 17(2), 414–416. <https://doi.org/10.1108/JRIT-09-2024-195>
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Macmillan.
- Fitzgerald, A., & Smith, K. (2016). *Science that matters: Exploring science learning and teaching in primary schools*. Monash University Publishing.
- Hewson, P. W., Beeth, M. E., & Thorley, N. R. (1998). Teaching for conceptual change. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 199–218). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4940-2_13
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379.
- Kooli, C., & Yusuf, N. (2024). Transforming educational assessment: Insights into the use of ChatGPT and large language models in grading. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 41(5), 3388–3399. <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2338330>
- Laius, M. (2015). Science education in primary schools: Curriculum, teaching, and learning. *Journal of Baltic Science Education*, 14(1), 6–18.
- Naeem, M., Bilal, M., Zeeshan, M., & Khan, S. (2024). Enhancing assessment and feedback in higher education using ChatGPT: Opportunities and challenges. *Education and Information Technologies. Advance online publication*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12463-7>
- Ozerk, K. (2020). Student engagement and classroom management in primary science education: A qualitative study. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 12(4), 365–378. <https://doi.org/10.26822/iejee.2020456648>
- Piaget, J. (1964). Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176-186.
- Tibahary, A. R. (2018). Model-Model Pembelajaran Inovatif Muliana. *Scolae: Journal of Pedagogy*, 1(3), 54 – 64. <https://doi.org/10.56488/scolae.v1i1.12>
- Tinsley, H. N. (2019). Teaching cell structures through games. *CourseSource*, 6, 1–11. <https://doi.org/10.24918/cs.2019.23>

- Turobov, A., Coyle, D., & Harding, R. (2024). Using ChatGPT for thematic analysis. *Bennett Institute for Public Policy, University of Cambridge*. <https://www.bennettinstitute.cam.ac.uk/blog/using-chatgpt-thematic-analysis/>
- Vijapurkar, J., Kawalkar, A., & Nambiar, P. (2014). What do cells really look like? An inquiry into students' difficulties in visualising a 3-D biological cell and lessons for pedagogy. *Research in Science Education*, 44(2), 307–333. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9379-5>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.