

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่มีต่อ
ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และความสามารถ
ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
โรงเรียนกันตังพิทยากร จังหวัดตรัง*

THE EFFECTS OF GAME-BASED LEARNING IN THE TOPIC OF
ENDOCRINE SYSTEM ON SCIENTIFIC COMMUNICATION ABILITY AND
PROBLEM-SOLVING ABILITY OF GRADE 12 STUDENTS AT
KANTANGPITTAYAKORN SCHOOL IN TRANG PROVINCE

สมเกียรติ โต๊ะดำ¹, ดวงเดือน สุวรรณจินดา² และ นวลจิตต์ เขาวกิตพิงศ์³
Somkiat Tohdam¹, Duongdearn Suwanjinda² and Nuanjid Chaowakeratipong³

¹นักศึกษาระดับมหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

¹Student in the Degree of Master of Education in Science Education, School of Educational Studies,
Sukhothai Thammathirat Open University, Thailand
Corresponding Author's Email: TSsomkiet@gmail.com

²⁻³รองศาสตราจารย์ ดร. วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

²⁻³Associate Professor Dr. in Science Education, School of Educational Studies,
Sukhothai Thammathirat Open University, Thailand

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการเรียนรู้ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และ 3) ศึกษาพัฒนาการของความสามารถทั้งสองด้าน การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 37 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบวิลคอกซัน และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว

* Received 7 May 2026; Revised 11 May 2026; Accepted 12 July 2026

ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($M = 16.32$, $SD = 2.35$) สูงวก่อก่อนเรียน ($M = 9.92$, $SD = 1.95$) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($M = 18.89$, $SD = 2.58$) สูงวก่อก่อนเรียน ($M = 13.78$, $SD = 3.37$) และนักเรียนมีพัฒนาการด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ($g = 0.54$) และด้านการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ($g = 0.49$) สูงวก่อกเกณฑ์ที่ 0.30 โดยทุกผลการทดสอบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการสื่อสารและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้สอนควรนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์และพัฒนาการผู้เรียน และควรมีการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุมในการศึกษาครั้งต่อไป

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน, ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์, ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์, ระบบต่อมไร้ท่อ

Abstract

The objectives of this research were to compare the scientific communication and scientific problem-solving abilities of Grade 12 students before and after receiving game-based learning and to examine the improvement in both abilities. This study employed a quantitative pre-experimental research design, specifically a one-group pretest-posttest design. The sample consisted of 37 Grade 12 students enrolled in the first semester of the 2025 academic year, selected through cluster random sampling. The research instruments included game-based lesson plans, a scientific communication ability test, and a scientific problem-solving ability test. The statistics used for data analysis included mean, standard deviation, a dependent-samples t-test or Wilcoxon Signed-Rank Test, and a one-sample t-test.

The results of the study revealed that students' post-test scientific communication scores ($M = 16.32$, $SD = 2.35$) were higher than their pre-test scores ($M = 9.92$, $SD = 1.95$). Similarly, post-test scientific problem-solving scores ($M = 18.89$, $SD = 2.58$) were higher than their pre-test scores ($M = 13.78$, $SD = 3.37$). In addition, students demonstrated moderate improvement in scientific communication ($g = 0.54$) and scientific problem-solving ($g = 0.49$), both above the 0.30 criterion. The differences were statistically significant at the .05 level.

The study results indicate that Game-Based Learning effectively enhances students' scientific communication and scientific problem-solving abilities. Teachers are therefore encouraged to implement Game-Based Learning in ways that align with both the science content and students' developmental levels. Future research should incorporate a control group and a larger sample size to strengthen the validity and generalizability of these findings across diverse educational settings.

Keywords: game-based learning, scientific communication ability, scientific problem-solving ability, endocrine system

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 โลกกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี ส่งผลให้ผู้เรียนจำเป็นต้องพัฒนาทักษะสำคัญ ได้แก่ การคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร และการทำงานร่วมกัน ซึ่งเรียกรวมว่า “4Cs” (Thornhill-Miller et al., 2023) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความสามารถด้านการคิดและการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Bybee, 2018) ในประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าว โดยกำหนดแนวทางในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579 ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ผ่านการบูรณาการความรู้กับทักษะการคิดขั้นสูง การสื่อสาร และการทำงานร่วมกัน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) นอกจากนี้ กรอบการประเมิน PISA 2025 ขององค์การ OECD ยังให้ความสำคัญกับความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ (OECD, 2023)

อย่างไรก็ตาม ผลการประเมิน PISA ปี พ.ศ. 2565 สะท้อนให้เห็นปัญหาที่น่าเป็นห่วงเกี่ยวกับความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไทย โดยประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์เพียง 409 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD ที่มีค่าเฉลี่ย 485 คะแนน และมีผู้เรียนเพียงร้อยละ 47 ที่มีความสามารถอยู่ในระดับพื้นฐานของการรู้วิทยาศาสตร์ ขณะที่ค่าเฉลี่ยของ OECD อยู่ที่ร้อยละ 76 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566) ผลการประเมินดังกล่าว สะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดของผู้เรียนไทยในด้านความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และการสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 (Bybee, 2015; OECD, 2023)

จากการสังเกตการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนกันตังพิทยากร จังหวัดตรัง พบว่า ผู้เรียนจำนวนมากไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของต่อมไร้ท่อกับหน้าที่ของฮอร์โมน และไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์หรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบต่อมไร้ท่อในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดด้านความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในเนื้อหาาระบบต่อมไร้ท่อที่มีลักษณะเป็นนามธรรมและต้องอาศัยความเข้าใจเชิงระบบ หากการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นเพียงการจดจำ อาจทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจแบบแยกส่วน ไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้และนำไปใช้ได้ (National Research Council, 2012; Sari & Yulianti, 2024) โดยโรงเรียนกันตังพิทยากรเป็นโรงเรียนประจำอำเภอขนาดกลาง ซึ่งสะท้อนสภาพปัญหาของสถานศึกษาส่วนใหญ่ที่ยังมีข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้การพัฒนาความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนยังไม่บรรลุเป้าหมายเท่าที่ควร

แม้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-based Learning) จะได้รับการยอมรับว่าสามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วม การคิด และการเรียนรู้เชิงลึกของผู้เรียนในบริบทต่างประเทศ (Gee, 2003; Plass et al., 2015) แต่ยังขาดงานวิจัยที่ศึกษาผลของแนวทางดังกล่าวต่อความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในบริบทของผู้เรียนไทย โดยเฉพาะในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนเชิงระบบ เช่น ระบบต่อมไร้ท่อนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อที่มีต่อความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ
3. เพื่อศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental design) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One-group Pretest-Posttest Design เพื่อศึกษา ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่มีต่อความสามารถในการสื่อสารทาง

วิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนกันตังพิทยากร จังหวัดตรัง โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนกันตังพิทยากร จังหวัดตรังที่กำลังศึกษาในสายการเรียนวิทยาศาสตร์และเรียนในรายวิชา ว33245 ชีววิทยา 5 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 3 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 93 คน (ข้อมูลนักเรียนจากฝ่ายวิชาการโรงเรียน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568)

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนกันตังพิทยากร จังหวัดตรัง จำนวน 37 คนที่กำลังศึกษาในสายการเรียนวิทยาศาสตร์และเรียนในรายวิชา ว33245 ชีววิทยา 5 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) และนักเรียนในแต่ละห้องความสามารถกัน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 3 ชนิด ประกอบด้วย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 8 แผน รวม 24 ชั่วโมง โดยพัฒนาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ร่วมกับแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โครงสร้างกิจกรรมประกอบด้วย 4 ชั้น ได้แก่ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นการเรียนรู้ผ่านเกม ขั้นอภิปรายและสะท้อนผล และขั้นประเมินผล โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมครอบคลุมด้านเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผล พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.95–5.00 อยู่ในระดับมาก สะท้อนว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้ โดยมีหัวข้อดังนี้

แผนที่ 1 เรื่อง การทำงานร่วมกันของระบบต่อมไร้ท่อและระบบประสาท

แผนที่ 2 เรื่อง ตำแหน่งและหน้าที่ของต่อมไร้ท่อ

แผนที่ 3 เรื่อง ฮอร์โมนกลุ่มควบคุมการสร้างและหลังฮอร์โมนชนิดอื่น

แผนที่ 4 เรื่อง ฮอร์โมนกลุ่มควบคุมและเกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึม

แผนที่ 5 เรื่อง ฮอร์โมนกลุ่มควบคุมการสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต

แผนที่ 6 เรื่อง ฮอร์โมนกลุ่มควบคุมการรักษาสมดุลภาพของน้ำและแร่ธาตุ

แผนที่ 7 เรื่อง ฮอร์โมนกลุ่มควบคุมพฤติกรรมและการทำงานเฉพาะทาง

แผนที่ 8 เรื่อง การรักษาสมดุลของฮอร์โมน

2.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ครอบคลุม

แนวคิดของ Kulgemeyer & Schecker (2013), Baram-Tsabari & Lewenstein (2017) และ ทนงศักดิ์ พิทักษ์ และคณะ (2566) โดยเป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย แบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการพูด จำนวน 5 ข้อ (12 คะแนน) และด้านการเขียน จำนวน 5 ข้อ (10 คะแนน)

รวม 22 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric) ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม (IOC) เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียน (try-out) จำนวน 29 คน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ พบว่า ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.36–0.71 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.36–0.86 แสดงว่าสามารถจำแนกผู้เรียนได้ดี นอกจากนี้มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Cronbach's alpha) เท่ากับ 0.74 ซึ่งอยู่ในระดับยอมรับได้ จากผลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบมีคุณภาพเหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้

2.3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ครอบคลุมแนวคิดของ Weir (1974), Scherer & Tiemann (2014) และ Kambeyo (2017) เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัยแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ (12 คะแนน) และแบบทดสอบชนิดอัตนัยแบบสร้างคำตอบอิสระ จำนวน 6 ข้อ (12 คะแนน) รวมทั้งสิ้น 24 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric) ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม (IOC) เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ แสดงว่า แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียน (try-out) จำนวน 29 คน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ พบว่า มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.43–0.79 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.43–0.86 แสดงว่าสามารถจำแนกผู้เรียนได้ดี โดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR-20) เท่ากับ 0.70 ซึ่งอยู่ในระดับยอมรับได้ สำหรับข้อสอบชนิดสร้างคำตอบอิสระ พบว่ามีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.36–0.68 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.36–0.86 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางถึงดีมาก และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Cronbach's alpha) เท่ากับ 0.81 ซึ่งอยู่ในระดับดี แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบมีคุณภาพและความเชื่อมั่นเหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้

2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

2.4.1 การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.4.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน จำนวน 8 แผน รวมทั้งหมด 24 ชั่วโมง โดยผู้เรียนได้รับมอบหมายบทบาทในสถานการณ์จำลองที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาระบบต่อมไร้ท่อ โดยต้องใช้ภาษาวิทยาศาสตร์ในการสื่อสาร และตัดสินใจร่วมกับสมาชิกในกลุ่ม ภายใต้สถานการณ์ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน เช่น นักเรียนหิวน้ำ นักเรียนออกกำลังกาย เป็นต้น

2.4.3 การทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบที่มีโครงสร้างและระดับความยากใกล้เคียงกับแบบทดสอบก่อนเรียน แต่ปรับเปลี่ยนบริบทของสถานการณ์

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

2.5.1 ตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูล โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk เพราะกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ($n = 37$) น้อยกว่า 50 คน

2.5.2 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และมัธยฐาน

2.5.3 ทดสอบสมมติฐาน โดยใช้ Paired Samples t-test เมื่อข้อมูลกระจายแบบปกติ และ ใช้ Wilcoxon Signed-Rank Test เมื่อข้อมูลกระจายแบบไม่เป็นปกติ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2.5.4 วิเคราะห์พัฒนาการของผู้เรียน โดยใช้ค่า Normalized gain (g) เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของความสามารถการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยจำแนกระดับพัฒนาการเป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ ตามเกณฑ์ของ Hake (1998)

ผลการวิจัย

1. ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

เนื่องจากผลการทดสอบการแจกแจงปกติด้วย Shapiro-Wilk พบว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ ผู้วิจัยจึงใช้สถิตินอนพารามิเตอร์ Wilcoxon Signed-Ranks Test ในการเปรียบเทียบ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบ Wilcoxon Signed-Rank Test ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (คะแนนเต็ม 22 คะแนน)

กลุ่ม	คะแนน สูงสุด	คะแนน ต่ำสุด	Mean	SD	Median	Z	p
ก่อนเรียน	15	7	9.92	1.949	9.00	-5.324*	.000
หลังเรียน	21	11	16.32	2.346	16.00		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียน ($M = 16.32$, $SD = 2.346$, $Mdn = 16.00$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 9.92$, $SD = 1.949$, $Mdn = 9.00$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Z = -5.324$, $p < .05$) โดยมีคะแนนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 29.1 ของคะแนนเต็ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า

การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานในเรื่องระบบต่อมไร้ท่อส่งผลให้ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

เนื่องจากผลการทดสอบการแจกแจงปกติด้วย Shapiro-Wilk พบว่าข้อมูลไม่เป็นปกติ เช่นเดียวกัน ผู้วิจัยจึงใช้ Wilcoxon Signed-Ranks Test ในการเปรียบเทียบ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบ Wilcoxon Signed-Rank Test ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (คะแนนเต็ม 24 คะแนน)

กลุ่ม	คะแนน สูงสุด	คะแนน ต่ำสุด	Mean	SD	Median	Z	p
ก่อนเรียน	22	6	13.78	3.368	14.00	-5.103*	.000
หลังเรียน	24	10	18.89	2.580	19.00		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($M = 18.89$, $SD = 2.580$, $Mdn = 19.00$) สูงวก่ก่อนเรียน ($M = 13.78$, $SD = 3.368$, $Mdn = 14.00$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($Z = -5.103$, $p < .05$) โดยมีคะแนนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.11 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 21.3 ของคะแนนเต็ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเรื่องระบบต่อมไร้ท่อส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

3. พัฒนาการความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ระดับพัฒนาการการเรียนรู้ใช้ค่า normalized gain (g) ตามเกณฑ์ของ Hake (1998) ซึ่งจำแนกระดับพัฒนาการเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ (Low gain, $g < 0.30$) ระดับปานกลาง (Medium gain, $0.30 \leq g \leq 0.70$) และระดับสูง (High gain, $g > 0.70$) โดยกำหนดค่าเกณฑ์ที่ 0.30 และ เนื่องจากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติตามผลทดสอบ Shapiro-Wilk ผู้วิจัยจึงใช้ One-Sample t-test ในการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบ One-Sample t-test ของค่า normalized gain (g) ด้านความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

กลุ่ม	normalized gain (g)	SD	t	df	p
ความสามารถการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์	0.54	0.166	8.660*	36	.000
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	0.49	0.245	4.770*	36	.000

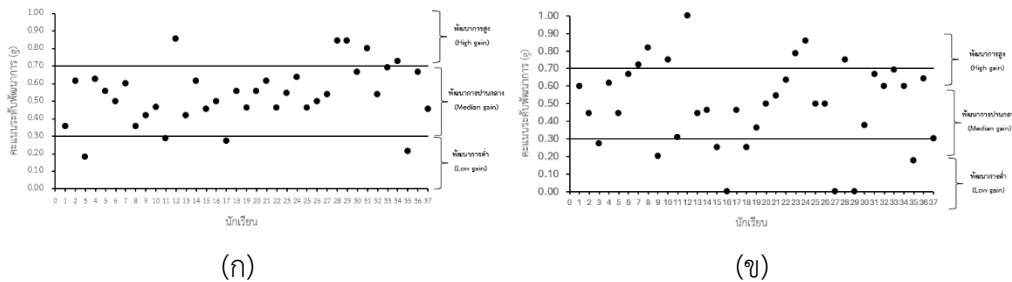
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิเคราะห์พบว่า ทั้งสองด้านมีค่า normalized gain (g) สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 0.30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ด้านความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ มีค่า normalized gain (g) เท่ากับ 0.54 (SD = 0.166) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(36) = 8.660$, $p < .05$) จัดอยู่ในระดับพัฒนาการปานกลาง (Medium gain) และเมื่อพิจารณาการกระจายรายบุคคลจากภาพที่ 1 (ก) ของนักเรียนจำนวน 37 คน พบว่า นักเรียนที่อยู่ในระดับสูง (High gain) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 13.51 ระดับปานกลาง (Medium gain) จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 75.68 และ ระดับต่ำ (Low gain) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 10.81 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสามารถส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีค่า normalized gain (g) เท่ากับ 0.49 (SD = 0.245) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(36) = 4.770$, $p < .05$) จัดอยู่ในระดับพัฒนาการปานกลาง (Medium gain) เช่นเดียวกัน และเมื่อพิจารณาการกระจายรายบุคคลจากภาพที่ 1 (ข) ของนักเรียนจำนวน 37 คน พบว่า นักเรียนที่อยู่ในระดับสูง (High gain) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 18.92 ระดับปานกลาง (Medium gain) จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 59.46 และ ระดับต่ำ (Low gain) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 21.62 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสามารถส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

โดยรวม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเรื่องระบบต่อมไร้ท่อสามารถพัฒนาทั้งความสามารถในการสื่อสารและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้อยู่ในระดับปานกลางตามเกณฑ์ของ Hake (1998)



ภาพที่ 1 แผนภาพการกระจายระดับพัฒนาการเรียนรู้รายบุคคล ของนักเรียน 37 คน

(ก) ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

(ข) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

อภิปรายผล

1. การเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องระบบต่อมไร้ท่อ

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดจากโครงสร้างของเกมที่กำหนดให้ผู้เรียนต้องอธิบายเหตุผล นำเสนอหลักฐาน และข้อโต้แย้งข้อสรุปของกลุ่มอื่นในกรอบของการเล่นเกม ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกใช้ภาษาวิทยาศาสตร์ในบริบทที่มีความหมายและมีผู้รับสารจริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ OECD (2018) ที่ระบุว่าความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะสำคัญที่ระบบการศึกษาต้องมุ่งพัฒนาผ่านการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง ทั้งนี้ Kulgemeyer & Schecker (2013) อธิบายว่าการพัฒนาการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ต้องการบริบทที่ผู้เรียนสามารถทดลองใช้ภาษาและรับผลตอบกลับจากผู้อื่นอย่างต่อเนื่อง ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ ทนงศักดิ์ พิทักษ์ และคณะ (2566) ที่บูรณาการละครวิทยาศาสตร์ร่วมกับเครื่องมือไอซีทีในการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธุศาสตร์ พบว่ากิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สื่อสารและนำเสนอในบทบาทจำลองส่งผลให้ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งกลไกนี้มีลักษณะร่วมกับเกมที่ผู้วิจัยออกแบบให้ผู้เรียนต้องรับบทบาทและสื่อสารไปตามบทบาทของสถานการณ์ภายในเกมนั้น ความสอดคล้องดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าปัจจัยสำคัญที่ทำให้การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นไม่ใช่รูปแบบกิจกรรมเพียงอย่างเดียว แต่คือการใช้ความรู้ได้ฝึกสื่อสารวิทยาศาสตร์ในบริบทที่มีความหมายและมีผู้รับสารจริง

2. การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องระบบต่อมไร้ท่อ

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลนี้อาจอธิบายได้จากคุณลักษณะเฉพาะของการเรียนรู้ผ่านเกม กล่าวคือ ตลอดกระบวนการเล่นเกม ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องวิเคราะห์สถานการณ์ ตั้งสมมติฐาน ตัดสินใจ และรับผลตอบกลับทันที ทำให้ได้ฝึกกระบวนการแก้ปัญหาตั้งแต่การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน ไปจนถึงการประเมินผล ซึ่งสอดคล้องกับ Plass et al. (2015) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้ผ่านเกมพัฒนาผู้เรียนพร้อมกันใน 3 มิติ ได้แก่ มิติทางปัญญาจากการตัดสินใจและวิเคราะห์ มิติแรงจูงใจจากความท้าทายและผลตอบกลับทันที และมิติสังคมจากการทำงานร่วมกันและการโต้แย้ง ซึ่งทั้งสามมิตินี้ช่วยส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาในมุมมองของเนื้อหา ระบบต่อมไร้ท่อมีความซับซ้อนในกลไกของฮอร์โมนและระบบป้อนกลับที่มีความสัมพันธ์และหลายขั้นตอน โดย Gungor & Ozkan (2017) พบว่าผู้เรียนมักเข้าใจผิดเกี่ยวกับกลไกเหล่านี้ เนื่องจากการสอนแบบบรรยายไม่สามารถแสดงความเชื่อมโยงการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อได้ ดังนั้น การออกแบบเกมที่ทำให้ผู้เรียนรับบทบาทในระบบฮอร์โมนและตัดสินใจตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปจึงช่วยให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์เชิงระบบได้ชัดเจนขึ้น

3. การศึกษาพัฒนาการความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

ผลการวิจัยพบว่าค่า normalized gain (g) ของความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.54 และ 0.49 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในระดับพัฒนาการปานกลาง (Medium gain) ตามเกณฑ์ของ Hake (1998) และทั้งสองค่านี้นี้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การที่พัฒนาการอยู่ในระดับปานกลางนั้นอาจเป็นเพราะผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่คุ้นชินกับรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ทำให้ระยะแรกต้องใช้เวลาส่วนหนึ่งไปกับการทำความเข้าใจกติกาแทนที่จะมุ่งเน้นเนื้อหา ประกอบกับระยะเวลาของการวิจัยที่มีข้อจำกัด หากได้รับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบนี้ต่อเนื่องยาวนานขึ้น พัฒนาการของทั้งสองความสามารถทางวิทยาศาสตร์อาจสูงกว่านี้ได้

อย่างไรก็ตาม ค่า normalized gain (g) ในระดับปานกลางนี้ถือเป็นผลที่สมเหตุสมผลสำหรับการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและผู้เรียนที่ไม่มีประสบการณ์กับรูปแบบนี้มาก่อน ซึ่งสอดคล้องกับ Gee (2003) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานกระตุ้นการมีส่วนร่วมทางปัญญาผ่านสถานการณ์จำลอง และ Vygotsky (1978) ที่เน้นว่าการเรียนรู้ผ่านปฏิสัมพันธ์

ทางสังคมต้องการเวลาในการพัฒนาจนเต็มประสิทธิภาพ ในด้านการแก้ปัญหา Weir (1974) ระบุว่ากระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ครอบคลุมตั้งแต่การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน การดำเนินการ จนถึงการประเมินผล ซึ่งส่งผลให้พัฒนาการอยู่ในระดับปานกลางได้

สรุป/ข้อเสนอแนะ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานในหน่วยการเรียนรู้เรื่องระบบต่อมไร้ท่อส่งผลให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่า normalized gain (g) เท่ากับ 0.54 และ 0.49 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับพัฒนาการปานกลาง อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวสะท้อนว่ายังมีพื้นที่สำหรับการปรับปรุงการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ผู้สอนควรเชื่อมโยงกติกาของเกมกับเป้าหมายการเรียนรู้อย่างชัดเจน พร้อมปรับกลไกเกมให้มีความซับซ้อน เช่น สถานการณ์ที่มีข้อมูลขัดแย้งหรือไม่มีคำตอบเดียว และใช้การประเมินระหว่างกิจกรรม (formative assessment) เพื่อปรับระดับให้เหมาะสมกับผู้เรียน

1.2 ในระดับสถานศึกษา ควรส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพครูในการออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานอย่างเป็นระบบ เช่น การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการหรือการพัฒนาชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community: PLC) รวมทั้งสนับสนุนทรัพยากรและเวลา เพื่อยกระดับความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

1.3 ในระดับหลักสูตร ควรบูรณาการการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานร่วมกับ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยเชื่อมโยงกับ การพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 พร้อมกำหนดแนวทาง สื่อ และการประเมินผล เพื่อให้สถานศึกษานำไปใช้ได้อย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยในอนาคตควรพัฒนาแบบแผนการวิจัยให้มีความเข้มข้นมากขึ้น โดยใช้รูปแบบกึ่งทดลองที่มีกลุ่มควบคุม และขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมบริบทของสถานศึกษาที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิจัยให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2.2 ควรศึกษาผลขององค์ประกอบของเกมที่ส่งผลต่อความสามารถในการสื่อสารและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เช่น กลไกการให้ผลย้อนกลับ ระดับความท้าทาย และรูปแบบปฏิสัมพันธ์ภายในเกม เพื่อให้เข้าใจกลไกการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ

2.3 ควรมีการเปรียบเทียบผลลัพธ์การเรียนรู้ระหว่างรูปแบบเกมที่แตกต่างกัน เช่น เกมดิจิทัลและเกมกระดาน ในบริบทการเรียนรู้เดียวกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับประสิทธิผลของรูปแบบเกมแต่ละประเภท

เอกสารอ้างอิง

- ทองศักดิ์ พิทักษ์, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน และ บุญเสฐียร บุญสูง. (2566). แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ละครวิทยาศาสตร์ร่วมกับเครื่องมือไอซีทีในหน่วยการเรียนรู้เรื่องพันธุศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสารวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 38(3), 72-96.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566ข). การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2022. กระทรวงศึกษาธิการ. <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-21/>
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กระทรวงศึกษาธิการ.
- Baram-Tsabari, A., & Lewenstein, B. V. (2017). Preparing scientists to be science communicators. In P. Patrick (Ed.), Preparing informal science educators (pp. 437–471). Springer.
- Bybee, R. W. (2015). The BSCS 5E instructional model: Creating teachable moments. National Science Teachers Association Press.
- Bybee, R. W. (2018). STEM education: Now more than ever. National Science Teachers Association.
- Gee, J. P. (2003). What video games have to teach us about learning and literacy. Computers in Entertainment, 1(1), 20.
- Gungor, S. N., & Ozkan, M. (2017). Evaluation of the concepts and subjects in biology perceived to be difficult to learn and teach by the pre-service teachers registered in the pedagogical formation program. European Journal of Educational Research, 6(4), 495–508.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, 66(1), 64–74.
- Kambeyo, L. (2017). Scientific reasoning skills: A theoretical background on science education. NERA Journal, 14, 40–64.
- Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2013). Students explaining science—Assessment of science communication competence. Research in Science Education, 43(6), 2235–2256.

- National Research Council. (2012). A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. The National Academies Press.
- OECD. (2018). The future of education and skills: Education 2030. OECD Publishing.
- OECD. (2023). PISA 2025 science framework (Second Draft). OECD.
- Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 258–283.
- Sari, E. M., & Yulianti, E. (2024). Analysis of high school students' critical thinking ability in Bantul Regency on endocrine system material. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(3), 848-859.
- Scherer, R., & Tiemann, R. (2014). Measuring students' progressions in scientific problem solving: A psychometric approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 112, 87–96.
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J.-M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023). Creativity, critical thinking, communication, and collaboration: Assessment, certification, and promotion of 21st century skills for the future of work and education. *Journal of Intelligence*, 11(3), 54.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Weir, C. J. (1974). *Problem-solving and comprehension: A short introduction to psychology*. Heinemann.