



Development of concepts on hormones using 5E inquiry-based learning integrated with concept mapping for senior secondary students

Chatchawut Saimao¹ and Somkiat Phornphisutthimas^{1,*}

¹*Department of Biology, Faculty of Science, Srinakharinwirot University*

**Email: somkiatp@g.swu.ac.th*

Received <18 Apr. 2026>; Revised <8 May 2026>; Accepted <9 May 2026>

Abstract

This research aimed at comparing learner's conceptual understanding of hormones of senior secondary students, examining their individual learning progression, and evaluating their satisfaction with a 5E inquiry-based learning approach integrated with concept mapping on the topic of "Hormones" in Biology. The study group consisted of 40 Grade-12 students (Science-Mathematics program) from the first semester of the 2025 academic year, selected through purposive sampling. Research instruments included four lesson plans and a conceptual understanding test on hormones. The descriptive statistics for data were analysed using frequency, mean, percentage, standard deviation, and a *t*-test for dependent samples. The findings revealed that the post-test mean score for academic achievement was significantly higher than the pre-test score at the .05 level ($t_{0.05, 39} = 19.166, p < .05$). Regarding individual learning progression, 95% of students demonstrated a moderate level of progress or higher, while 5% were at a low level. Furthermore, students' overall satisfaction with the learning management was at the highest level (4.82 ± 0.43), covering all aspects: content, instructional delivery, learning media, as well as measurement and evaluation.

Keywords: Conceptual development; 5E Inquiry-Based Learning; Concept Mapping; Hormone

การพัฒนามโนคติ เรื่อง ฮอว์โมน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ร่วมกับผังมโนคติสำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชัชวาล สายเม้า¹ และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ^{1,*}

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

*Email: somkiatp@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนคติเรื่องฮอว์โมนของผู้เรียน ศึกษาพัฒนาการความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล และประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้ผังมโนคติ เรื่อง ฮอว์โมน ในรายวิชาชีววิทยา กลุ่มศึกษาในการวิจัยนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 40 คน ได้มาโดยวิธีการชักตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน และแบบทดสอบวัดมโนคติ เรื่อง ฮอว์โมน สถิติพรรณนา (descriptive statistics) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบ t -test for dependent samples ผลการศึกษาพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t_{0.05, 39} = 19.166$ และ $p < .05$) เมื่อพิจารณาระดับความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล พบว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าในระดับปานกลางขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 95 และระดับต่ำคิดเป็นร้อยละ 5 นอกจากนี้ ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (4.82 ± 0.43) โดยมีความพึงพอใจครอบคลุมทั้งด้านเนื้อหา ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล

คำสำคัญ: การพัฒนามโนคติ; รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น; ผังมโนคติ; ฮอว์โมน

บทนำ

ทักษะในศตวรรษที่ 21 มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเสริมสร้างศักยภาพของผู้เรียนให้มีความพร้อมทั้งด้านร่างกาย สติปัญญา จิตพิสัย และทักษะการคิดวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณ (OECD, 2023) กระบวนการสำคัญประการหนึ่งในการพัฒนาศักยภาพผู้เรียน คือ การส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดหรือมโนคติ (concept) ที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นการสรุปภาพรวมขององค์ความรู้ตามความเข้าใจของผู้เรียน ผ่านกระบวนการกลั่นกรองและจัดระบบข้อมูลให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระที่ได้รับ (Hattie and Donoghue, 2022) ผังมโนคติ (concept map) จึงเป็นเครื่องมือเชิงประจักษ์ที่มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และสังเคราะห์มโนคติสำคัญได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ครอบคลุมทุกประเด็นหลัก (Kinchin, 2000; Khazem, 2025) นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือวัดประเมินที่สะท้อนให้เห็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระบวนการคิดของผู้เรียนทั้งในด้านการวางแผน การออกแบบโครงสร้าง ความรู้ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคล และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเนื้อหาอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความจำในระยะยาวและเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (meaningful learning) ตลอดจนสามารถถ่ายทอดความรู้และนำเสนอประเด็นต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Anastasiou, Wirngo and Bagos, 2024)

การสร้างมโนคติที่ถูกต้องเริ่มจากการระบุมุมมองและความเข้าใจภาพรวม จากนั้นนำมาเขียนเป็นแผนภาพหรือผังมโนคติที่จัดระเบียบอย่างเรียบร้อย โดยใช้คำเชื่อมโยง (linking words) ที่เข้าใจง่ายและถูกต้องตามข้อเท็จจริง จะช่วยส่งผลให้เกิดการพัฒนาโมโนคติที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Schwendimann, 2021) ทั้งนี้การสรุปความเป็นมโนคติจำเป็นต้องอาศัยความรู้และความเข้าใจจากประสบการณ์เดิมที่เรียนรู้จากความเป็นจริง เมื่อมโนคติได้รับการพัฒนาให้กว้างขวางมากขึ้น จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถจำแนก แยกแยะ ยกตัวอย่าง รวมทั้งแก้ไขมโนคติที่คลาดเคลื่อน (misconceptions) ที่อาจไม่ได้เกิดจากการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้มากขึ้น ซึ่งในการเรียนชีววิทยา การมีความคิดรวบยอดและสรุปความหมายเป็นความเข้าใจของตนเองจะช่วยให้เข้าใจภาพรวมได้ดีกว่าการเน้นการอ่านและการท่องจำเป็นอย่างมาก (Wallace and Mintzes, 1990; Kinchin, 2000; Kinchin, 2016)

การเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (The 5E inquiry-based learning) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่มีความสำคัญกับผู้เรียน โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นหาความรู้และฝึกฝนการใช้กระบวนการสร้างมโนคติเพื่อเชื่อมโยงกับความความรู้เดิม (prior knowledge) ค้นหาแนวทางสรุปภาพรวมและอธิบายความสัมพันธ์ได้ด้วยตนเอง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างความสนใจ (engagement) 2) การสำรวจและค้นหา (exploration) 3) การอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) 4) การขยายความรู้ (elaboration) และ 5) การประเมินผล (evaluation) (Bybee, 2024) จากลำดับการเรียนรู้ดังกล่าว จะเห็นได้ว่า การที่ผู้เรียนจะสรุปมโนคติต้องอาศัยความรู้และความเข้าใจที่ได้จากการศึกษามาก่อนและเรียบเรียงด้วยภาษาที่สละสลวยและเป็นระบบ (Chengere et al., 2025)

จากการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยา ผู้วิจัยพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเชิงลึก โดยเฉพาะในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง “ฮอโมนของสิ่งมีชีวิต” ซึ่งเป็นหัวข้อที่มีรายละเอียดซับซ้อนและอาศัยทักษะการจดจำในระดับสูง ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถสรุปองค์ความรู้เชื่อมโยงเป็นระบบได้อย่างที่ควรจะเป็น ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการพัฒนามโนคติ เรื่อง ฮอโมน โดยประยุกต์ใช้ “ผังมโนคติ” (concept mapping) เป็นเครื่องมือหลักในการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดราชบุรี เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาโมโนคติที่ถูกต้อง แม่นยำ และสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลและสร้างสรรค์ ตลอดจนสามารถประมวลความรู้ที่ได้รับมาจัดกระทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบผังมโนคติที่เป็นระบบ ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้ไม่เพียงแต่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ แต่ยังเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับพัฒนาการทางมโนคติของผู้เรียนในเรื่องฮอโมนให้ดียิ่งขึ้นอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนคติเรื่องฮอโมนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับการใช้ผังมโนคติ เรื่อง ฮอโมน
2. เพื่อศึกษาพัฒนาการความก้าวหน้าทางการเรียนทั้งรายบุคคลและรายกลุ่มในการสร้างมโนคติ เรื่อง ฮอโมน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับการใช้ผังมโนคติ
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้ผังมโนคติ รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ฮอโมน

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับการใช้ผังมโนมิตี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฮอริโมน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้ผังมโนมิตี มีพัฒนาการความก้าวหน้าทางการเรียนในการสร้างมโนมิตี เรื่อง ฮอริโมน สูงขึ้น
3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับการใช้ผังมโนมิตี เรื่อง ฮอริโมน ในระดับ “มาก” ขึ้นไป

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน มีผู้เรียนที่อยู่ครบและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามระยะเวลาวิจัยทั้งสิ้น 40 คน (แบ่งเป็นชาย 5 คน และหญิง 35 คน) ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง ในจังหวัดราชบุรี กลุ่มที่ศึกษาดังกล่าวได้จากการชักตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) เป็นการเลือกกลุ่มที่ศึกษาให้ตรงตามหลักเกณฑ์หรือจุดมุ่งหมายของผู้วิจัย เลือกผู้เรียนที่ศึกษาในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โดยผู้เรียนต้องมีความรู้พื้นฐาน (prior knowledge) เรื่องระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ระบบย่อยอาหาร ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบสืบพันธุ์ ระบบประสาท ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อและฮอริโมน เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงความรู้และอธิบายกลไกการทำงานของร่างกายได้อย่างมีเหตุผล นอกจากนี้ผู้เรียนต้องมีความสามารถสร้างผังมโนมิตีเพื่อรวบรวมความรู้เดิมมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Novak and Gowin (1984), Kinchin (2000) และ Bramwell-Lalor and Rainford (2014) เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมการวิจัยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องฮอริโมน จำนวน 4 แผน ซึ่งพัฒนาขึ้นตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้ผังมโนมิตี (concept mapping) โดยแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert, 1932; Vagias, 2006) ผลการประเมินพบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ซึ่งแสดงถึงความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับมากที่สุด (ตามเกณฑ์ที่กำหนดมากกว่า 3.51 ซึ่งอยู่ในระดับมาก) ทั้งนี้กิจกรรมในแต่ละแผนได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพื่อส่งเสริมกระบวนการสืบเสาะและการเชื่อมโยงมโนทัศน์อย่างเป็นระบบ โดยมีรายละเอียดของแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังแสดงในตารางที่ 1

2) แบบทดสอบวัดมโนมิตีเรื่อง ฮอริโมน พัฒนาขึ้นจากการศึกษาเอกสารและทฤษฎีการวัดและประเมินผล โดยกำหนดขอบเขตเนื้อหาตามผลการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ผู้วิจัยได้จัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อกำหนดระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (D'Avanzo, 2008) ในขั้นต้น ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 80 ข้อ ครอบคลุม 4 หัวข้อหลัก (การทำงานของฮอริโมน, ฮอริโมนและการทำงาน 1 และ 2, การรักษาสสมดุลและพีโรโมน) จากนั้นผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ 6 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content validity) ความชัดเจน และความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ผลการประเมินพบว่ามีความสอดคล้องกันโดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.21 (ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ 3.51) แสดงว่าข้อสอบเป็นตัวแทนของมโนมิตีที่ต้องการวัดได้อย่างเหมาะสมตามแนวคิดของ Linn and Gronlund (2000) ภายหลังการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (try-out) กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ พบว่า ข้อสอบมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.2–0.8 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป จนได้ข้อสอบฉบับสมบูรณ์จำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ทั้งฉบับจากการคำนวณด้วยวิธี KR-20 (Kuder and Richardson, 1937) เท่ากับ 0.954 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (0.70) จึงถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งก่อนและหลังเรียน

ตารางที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับการทำผังมโนคติ เรื่อง ฮอริโมน

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น	การทำผังมโนคติ	คำอธิบายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับการทำผังมโนคติ
1. การสร้างความสนใจ (Engagement)	- จำนวนของผังมโนคติ - จุดเน้นของมโนคติ	ขั้นที่ผู้เรียนได้ทบทวนและวัดความเข้าใจเดิมของตนเอง โดยผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้ มีคำถามนำก่อนทำกิจกรรม ส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ เน้นความรู้สึกรู้สึกจากการคิด วิเคราะห์จากคำถาม โดยผู้สอนได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาถึงหัวข้อของมโนคติใหญ่ไปหามโนคติน้อย ไม่สมบูรณ์หรือไม่ถูกต้อง และสามารถวิเคราะห์ถึงมโนคติเดิมของผู้เรียนมีอยู่นั้นเป็นอย่างไร และนำมาเพิ่มจุดเน้นหรือเชื่อมโยงกับมโนคติอื่น ๆ ในขั้นต่อไป
2. การสำรวจและค้นหา (Exploration)	- ความถูกต้องแม่นยำของการโยงเชื่อม - ความหมายของคำสำคัญ	เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะศึกษาค้นคว้าหรือสืบค้น มีการวางแผน ออกแบบการศึกษา เช่น การศึกษาโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบ และระบุคำสำคัญของกิจกรรมจากแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ
3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	- ความถูกต้องแม่นยำของการโยงเชื่อม - จำนวนคำเชื่อม - ความหมายของคำสำคัญ	ผู้เรียนสามารถอธิบายคำตอบของคำถาม หรือสามารถอธิบายข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น และสรุปผลให้กับผู้เรียนในชั้นเรียนได้ มีความถูกต้อง มีความสัมพันธ์กันหรือเชื่อมโยงกันของมโนคติน้อย
4. การขยายความรู้ (Elaboration)	- ความถูกต้องแม่นยำของการโยงเชื่อม - จำนวนคำเชื่อม - ความหมายของคำสำคัญ	การขยายองค์ความรู้ให้มากขึ้น อธิบายเหตุผล ทำการเชื่อมโยงกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด หรือหลังจากการสืบค้นข้อมูลได้ มีการเชื่อมโยงความรู้ ระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ที่ได้จากการสืบค้น นอกจากนั้นแล้วยังมีการขยายความรู้ให้มีความลึกมากยิ่งขึ้นจากสถานการณ์ตัวอย่าง อีกทั้งยังสามารถเกิดความคิดรวบยอดจากกระบวนการสรุปผลได้
5. การประเมินผล (Evaluation)	- ความถูกต้องแม่นยำของการโยงเชื่อม - จำนวนคำเชื่อม - ความหมายของคำสำคัญ	การที่ผู้เรียนสามารถ ระบุถึงความเชื่อมโยงของเนื้อหาหรือข้อมูล อีกทั้งยังสามารถอธิบายการเชื่อมโยงของหัวข้อหรือเนื้อหาได้ อาจได้จากการตรวจผลงานของผู้เรียน การประเมินจากชิ้นงาน หรือใบกิจกรรมต่าง ๆ และการตรวจผังมโนคติหลังเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้:

1. ระยะก่อนการทดลอง (pre-experimental phase): ทดสอบก่อนเรียน (pre-test) กับกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดมโนคติเรื่อง ฮอริโมน ซึ่งครอบคลุมทั้ง 4 หัวข้อหลัก ได้แก่ การทำงานของฮอริโมน, ฮอริโมนและการทำงานของฮอริโมน 1 และ 2, และการรักษาสสมดุลของฮอริโมน/พีโรโมน โดยใช้เวลา 1 คาบเรียน
2. ระยะดำเนินการทดลอง (experimental phase): ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับการสร้างผังมโนคติ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน รวมทั้งสิ้น 12 คาบเรียน) โดยแบ่งสัดส่วนเนื้อหาดังนี้:
 - หัวข้อการทำงานของฮอริโมน: จำนวน 2 คาบเรียน
 - หัวข้อฮอริโมนและการทำงานของฮอริโมน 1: จำนวน 4 คาบเรียน
 - หัวข้อฮอริโมนและการทำงานของฮอริโมน 2: จำนวน 4 คาบเรียน
 - หัวข้อการรักษาสมดุลของฮอริโมนและพีโรโมน: จำนวน 2 คาบเรียน (หมายเหตุ: ในระหว่างการเรียนรู้ ผู้เรียนจะบันทึกผลการศึกษาลงในใบกิจกรรมและจัดทำผังมโนคติเพื่อประเมินพัฒนาการทางโน้ตค้นคว้าด้วย)
3. ระยะหลังการทดลอง (post-experimental phase): ทดสอบหลังเรียน (post-test) ด้วยแบบทดสอบคู่ขนานกับฉบับที่ใช้ก่อนเรียน จำนวน 1 คาบเรียน และประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อเนื้อหาสาระและรูปแบบการจัดการเรียนรู้ผ่านแบบสอบถามความพึงพอใจ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis phase): นำผลคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดมโนคติ ใบบิกิจกรรม และผังมโนคติ มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานของการวิจัยในลำดับต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล/ การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์คะแนนความเข้าใจมโนคติ เรื่อง ฮอริโมน ของนักเรียนทั้งกลุ่ม โดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (*M*) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนคติ เรื่อง ฮอริโมน ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียน โดยทดสอบข้อสมมติเบื้องต้นคือการแจกแจงปกติด้วยสถิติด้วย Shapiro–Wilk และใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบที่สำหรับสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (*t*-test for dependent samples) เพื่อตรวจสอบพัฒนาการทางการเรียนรู้ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

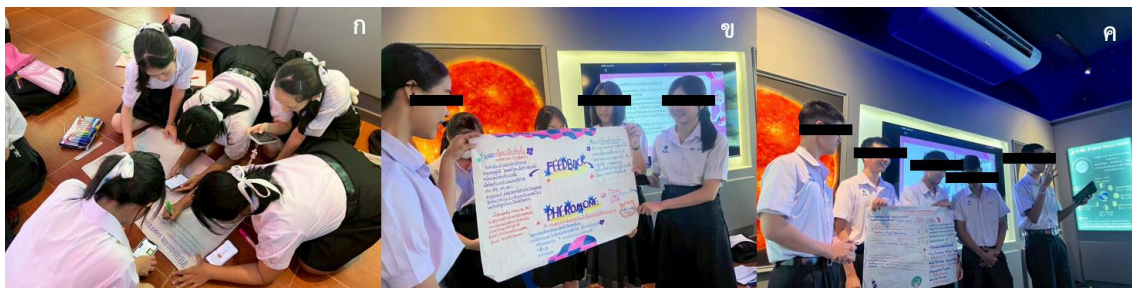
1. ผลการเปรียบเทียบมโนคติเรื่องฮอริโมนด้วยแบบวัดมโนคติแบบคู่ขนาน (ตารางที่ 2) พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 6.60 ± 2.89 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 18.58 ± 2.89 จากการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นด้านการแจกแจงของข้อมูล พบว่า คะแนนผลต่างระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นโค้งปกติ โดยพิจารณาจากค่า Shapiro–Wilk เท่ากับ 0.965 ($p = .251$) ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ .05 ที่กำหนดไว้ จึงนำข้อมูลมาเปรียบเทียบมโนคติเรื่องฮอริโมนระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนด้วยวิธีสถิติพรรณนา (descriptive statistics) และด้วยวิธี *t*-test for dependent samples พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t_{.05, 39} = 19.166$ และ $p < .05$) ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้แสดงดังภาพที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธี *t*-test for dependent samples

คะแนนสอบ	คะแนนต่ำสุด	คะแนนสูงสุด	<i>M</i>	<i>SD</i>	ผลต่างของค่าเฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียน	<i>t</i>	<i>p</i>
ก่อนเรียน	1.00	12.00	6.60	2.89	11.975	19.166*	< 0.001
หลังเรียน	16.00	26.00	18.58	2.89			

คะแนนเต็ม 30 คะแนน, $N = 40$, * $p < .05$

นอกจากนั้นผลวิเคราะห์จากผังมโนคติของนักเรียนพบว่า ก่อนเรียนผู้เรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้ กลไกการหลั่งและการควบคุม (mechanism & regulation) เป้าหมายและการเดินทางของฮอริโมน (target cells & transport) ความเร็วในการตอบสนอง (speed of response) และประเภทของฮอริโมนและการออกฤทธิ์ (Hormone Types) คิดเป็นร้อยละ 68.90 และหลังเรียนผู้เรียนมีความเข้าใจในประเด็นต่าง ๆ ดีขึ้น คิดเป็นร้อยละ 86.73

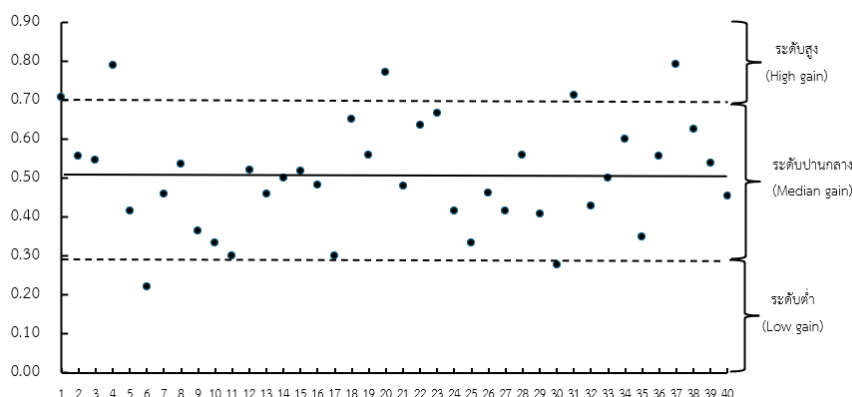


ภาพที่ 2 กิจกรรมการเรียนรู้ (ก) นักเรียนสืบค้นข้อมูลและเขียนผังมโนคติ และ (ข-ค) นักเรียนออกมานำเสนอผลงาน

2. ผลการเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลและรายกลุ่มของมโนคติก่อนเรียนและหลังเรียน ระดับความก้าวหน้าทางการเรียน (average normalized gain: $\langle g \rangle$) ได้วิเคราะห์ตามสูตรของ Hake (1998) เพื่อจำแนกความก้าวหน้าของผู้เรียนแต่ละบุคคล และกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายของช่วงคะแนน ดังนี้

คะแนน 0.00 – 0.29 แปลผลว่า	ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ (low gain)
คะแนน 0.30 – 0.69 แปลผลว่า	ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (median gain)
คะแนน 0.70 – 1.00 แปลผลว่า	ความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง (high gain)

ผลการศึกษาพบว่า ระดับความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งกลุ่มที่ศึกษาจัดอยู่ในระดับปานกลาง ($\langle g \rangle = 0.51$) เมื่อพิจารณาระดับความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล (ภาพที่ 1) พบว่า มีผู้เรียนที่มีระดับความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ จำนวน 5 คน (ร้อยละ 12.5) 33 คน (ร้อยละ 82.5) และ 2 คน (ร้อยละ 5) ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคลหลังจากการได้รับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ
ร่วมกับผังมโนทัศน์สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลการวิเคราะห์ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลจากภาพที่ 1 พบว่าผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าสัมพัทธ์ $\langle g \rangle$ เท่ากับ 0.51 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง (ช่วงคะแนน 0.30–0.69) โดยมีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไปจำนวนถึง 38 คน คิดเป็นร้อยละ 95 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับผังมโนทัศน์ ขณะที่ผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าในระดับต่ำเพียง 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5 เท่านั้น ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่า ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนรายกลุ่มจัดอยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถส่งเสริมพัฒนาการทางมโนทัศน์ของผู้เรียนส่วนใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ของ Hake (1998)

3. จากผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจภายหลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (ตารางที่ 3) พบว่าผู้เรียนมีระดับความพึงพอใจต่อองค์ประกอบต่าง ๆ ในระดับ “มากที่สุด” ในทุกด้าน โดยด้านสื่อการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (4.84 ± 0.40) รองลงมาคือด้านกิจกรรมการเรียนรู้และด้านการวัดและประเมินผลซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน (4.82 ± 0.42 และ 4.82 ± 0.46 ตามลำดับ) และด้านเนื้อหาในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน (4.79 ± 0.45) ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนได้เป็นอย่างดีในทุกมิติของมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีคะแนนเฉลี่ยของภาพรวมอยู่ที่ 4.82 ± 0.43

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับการใช้ผังมโนทัศน์ช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง ฮอริโมน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และนักเรียนร้อยละ 95 ที่มีพัฒนาการความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลระดับปานกลางขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Bell, Smetana and Binns, 2005; Demirci, 2012)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นมีประสิทธิภาพสูงในการจัดการเนื้อหาที่เป็นนามธรรม โดยเปลี่ยนแนวคิดที่ซับซ้อนและเข้าใจยากให้เป็นกระบวนการสร้างความรู้ผ่านการสำรวจและค้นหา (Bybee *et al.*, 2006) รูปแบบนี้ทำหน้าที่เป็น “การเสริมแรงทางการเรียนรู้ (instructional scaffolding)” ที่มั่นคง (Vygotsky, 1978; Sawyer, 2006) จึงช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายก้าวข้ามขีดจำกัดทางปัญญาในหัวข้อที่ซับซ้อนและบรรลุเข้าใจถึงโมโนทัศน์ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นได้ (Tanner, 2010; Cakir, 2008) และการใช้ผังมโนทัศน์ (concept mapping) เป็นเครื่องมือทางปัญญาช่วยให้ผู้เรียนจัดระบบความคิดจากมโนทัศน์ใหญ่ไปสู่มโนติย่อยได้อย่างเป็นลำดับขั้น (Mason, 1992; Novak and Cañas, 2008) เช่น งานวิจัยของ Tripto, Assaraf and Amit (2013) ที่ใช้ผังมโนทัศน์เป็นเครื่องประเมินการคิดเชิงระบบของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง ระบบของร่างกายมนุษย์ ช่วยให้นักเรียนลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและช่วยให้นักเรียนจัดระเบียบความคิดที่ซับซ้อนให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เรื่อง ฮอริโมน

ข้อ	รายการประเมิน	M±SD	แปลผล
ด้านเนื้อหา			
1	กิจกรรมเริ่มต้นกระตุ้นความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นได้ดี	4.65 ±0.61	มากที่สุด
2	เนื้อหาที่ครูยกตัวอย่างมีความน่าสนใจและทันสมัย	4.88 ±0.33	มากที่สุด
3	เนื้อหาที่ใช้ในกิจกรรมเข้าใจง่ายและอธิบายได้ชัดเจน	4.80±0.40	มากที่สุด
4	เนื้อหาที่ใช้ในกิจกรรมสามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตประจำวัน	4.83±0.44	มากที่สุด
รวมด้านเนื้อหา		4.79±0.45	มากที่สุด
ด้านการจัดการเรียนรู้			
5	แจ้งผลการเรียนรู้/จุดประสงค์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนทราบก่อนเรียนรู้และชัดเจน	4.75±0.49	มากที่สุด
6	กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ มีความน่าสนใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนใคร่รู้	4.75±0.49	มากที่สุด
7	นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ	4.85±0.36	มากที่สุด
8	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมหรือพัฒนาผู้เรียนให้ฝึกลงมือปฏิบัติจริง มีการจัดการและการสรุปความรู้ได้	4.75±0.49	มากที่สุด
9	ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิด การสรุปความคิดรวบยอด และการเชื่อมโยงความรู้	4.80±0.40	มากที่สุด
10	ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นทีมและรายบุคคล	4.95±0.22	มากที่สุด
11	ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ	4.88±0.40	มากที่สุด
12	ครูมีการให้กำลังใจผู้เรียนที่ร่วมกิจกรรมการเรียนรู้	4.85±0.42	มากที่สุด
13	ครูเดินดูการทำกิจกรรมของนักเรียนทุกกลุ่ม ครูมีการถามคำถามเป็นระยะ ๆ ในทำกิจกรรม	4.80±0.46	มากที่สุด
14	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมสำหรับเรื่อง ฮอริโมน ทำให้เกิดการพัฒนามโนคติหรือความคิดรวบยอด	4.85±0.42	มากที่สุด
รวมด้านการจัดการเรียนรู้		4.82±0.42	มากที่สุด
ด้านสื่อการจัดการเรียนรู้			
15	ครูใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและหลากหลาย	4.85±0.36	มากที่สุด
16	สื่อการจัดการเรียนรู้มีความน่าสนใจและทันสมัย	4.83±0.38	มากที่สุด
17	สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจได้ง่าย	4.85±0.42	มากที่สุด
รวมด้านสื่อการจัดการเรียนรู้		4.84±0.40	มากที่สุด
ด้านการวัดและประเมินผล			
18	ครูมีการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลายและเหมาะสม	4.78±0.47	มากที่สุด
19	นักเรียนมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล	4.88±0.40	มากที่สุด
20	แบบทดสอบวัดมโนคติมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	4.80±0.51	มากที่สุด
รวมด้านการวัดและประเมินผล		4.82±0.46	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม		4.82±0.43	มากที่สุด

ผลการวิจัยด้านความก้าวหน้าทางการเรียน ซึ่งพบว่าผู้เรียนร้อยละ 95 มีพัฒนาการในระดับปานกลางขึ้นไปนั้น สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนคติในการส่งเสริมการปรับเปลี่ยนมโนคติ (conceptual change) ของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ โดยกระบวนการสืบเสาะได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการตั้งคำถาม การสำรวจ และการลงข้อสรุป ขณะที่การใช้ผังมโนคติเข้ามาช่วยในการจัดระบบความคิดและการเชื่อมโยงแนวคิดหลักได้อย่างมีลำดับขั้นตอน (Mason, 1992; Novak and Cañas, 2008) การบูรณาการทั้งสองแนวทางนี้ส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาอย่างมีความหมายตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (constructivism) นำไปสู่ความก้าวหน้าทางการเรียนที่เด่นชัดในระดับรายบุคคล

การที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนเกิดการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ทางความคิดอย่างมีระบบ ซึ่งไม่ใช่เพียงการจดจำข้อเท็จจริง แต่เป็นการพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนคติที่ลึกซึ้ง (Posner et al., 1982) ปรากฏการณ์นี้อธิบายได้ด้วยทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนคติ (conceptual change theory) ที่ระบุว่า

การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนตระหนักถึงความไม่สอดคล้องหรือความไม่สมบูรณ์ของความรู้เดิม แล้วจึงปรับโครงสร้างทางปัญญาเพื่อสร้างความเข้าใจใหม่ที่สมเหตุสมผลและเชื่อมโยงกันได้ดียิ่งขึ้น โดยกระบวนการสืบเสาะ 5 ขั้นตอนเป็นเครื่องมือสำคัญที่เอื้อต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยเฉพาะในขั้นสร้างความสนใจและขั้นสำรวจและค้นหา ซึ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่ท้าทายความเข้าใจเดิม นำไปสู่การสืบเสาะ ทดลอง และอภิปรายร่วมกันเพื่อสร้างคำอธิบายที่ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยที่พบว่าผู้เรียนร้อยละ 95 มีความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไป เป็นประจักษ์พยานสำคัญที่ชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ไม่ได้จำกัดประสิทธิภาพอยู่เพียงกลุ่มผู้เรียนที่มีพื้นฐานดีเท่านั้น แต่สามารถยกระดับศักยภาพของผู้เรียนส่วนใหญ่ในชั้นเรียนได้อย่างทั่วถึง การวิเคราะห์ความก้าวหน้ารายบุคคล (individual learning gain) จึงเป็นดัชนีชี้วัดที่มีความไว (sensitivity) สูงในการสะท้อนถึงพัฒนาการที่แท้จริงของผู้เรียนแต่ละคนได้แม่นยำกว่าการพิจารณาเพียงค่าเฉลี่ยของกลุ่ม นอกจากนี้การบูรณาการผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือเสริมในการเรียนรู้ ยังมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นทักษะการคิดขั้นสูง (higher-ordered thinking) โดยช่วยให้ผู้เรียนสามารถจัดระบบความคิด เชื่อมโยงแนวคิดหลักและแนวคิดย่อยได้อย่างเป็นลำดับขั้น ส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนโครงสร้างความรู้ภายในอย่างมีความหมายตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (constructivism) ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ผ่านประสบการณ์และการไตร่ตรองสะท้อนคิด (Piaget, 1970; Vygotsky, 1978) เมื่อผสมเข้ากับขั้นตอนการอธิบาย (explanation) และการขยายความรู้ (elaboration) ในกระบวนการสืบเสาะ ผู้เรียนจึงมีโอกาสถ่ายทอดมโนทัศน์ด้วยภาษาของตนเองและประยุกต์ใช้ในบริบทที่หลากหลาย ซึ่งช่วยลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกันขั้นการประเมินผล (evaluation) ยังทำหน้าที่เป็นกลไกสะท้อนกลับ (feedback) ให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบและพัฒนาความเข้าใจของตนเองได้อย่างเป็นระบบตลอดกระบวนการเรียนรู้

ในภาพรวม ผลการวิจัยนี้ช่วยยืนยันว่าการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นกระบวนการสืบค้นและการจัดระบบโครงสร้างทางปัญญา มีประสิทธิภาพสูงในการพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ โดยเฉพาะกับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถในการคิดเชิงนามธรรม (abstract thinking) การออกแบบกิจกรรมที่กระตุ้นการมีส่วนร่วมเชิงรุก (active participation) ควบคู่กับการใช้ผังมโนทัศน์ในฐานะเครื่องมือทางปัญญา (cognitive tool) จึงเป็นปัจจัยเชิงกลยุทธ์ที่ส่งเสริมความก้าวหน้าทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับกรณีที่พบผู้เรียนร้อยละ 5 (2 คนจาก 40 คน) มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับต่ำนั้น สามารถอธิบายได้ด้วยปรากฏการณ์อิทธิพลเพดาน (ceiling effect) ในกลุ่มผู้เรียนที่มีพื้นฐานคะแนนก่อนเรียนสูงอยู่เดิม ทำให้พื้นที่ในการพัฒนาเพิ่มเติมตามนิยามของ Hake (1998) มีจำกัด อย่างไรก็ตามหากมองผ่านทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของ Posner *et al.* (1982) ความก้าวหน้าที่ยังต่ำอาจเกิดจากการที่ผู้เรียนยังไม่บรรลุเงื่อนไขสำคัญ คือ ยังไม่เกิดความตระหนักในข้อบกพร่องของความรู้เดิม (dissatisfaction) หรือยังไม่เห็นความสมเหตุสมผลของมโนทัศน์ใหม่ (plausibility) ส่งผลให้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) ตามแนวคิดของ Piaget (1970) ไม่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และเลือกใช้วิธีการจดจำหรือการตีความความรู้ใหม่ให้เข้ากับกรอบความเชื่อเดิม (assimilation) แทน นอกจากนี้ ในมิติทางสังคมตามแนวคิดของ Vygotsky (1978) ความก้าวหน้าที่ไม่เด่นชัดอาจสัมพันธ์กับการที่ระดับความยากของกิจกรรมก้าวข้ามขอบเขตการเรียนรู้ (zone of proximal development: ZPD) ของผู้เรียนรายบุคคล หรือการให้แรงเสริม (scaffolding) ยังไม่จำเพาะเจาะจงพอที่จะกระตุ้นการสร้างความหมายภายใน (Internalization) ได้อย่างเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับข้อสังเกตของ Hake (1998) ที่ว่าประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ย่อมแปรผันตามระดับการมีส่วนร่วมที่แท้จริงของผู้เรียนแต่ละคน ดังนั้นการพบผู้เรียนส่วนน้อยที่มีความก้าวหน้าในระดับต่ำจึงไม่ใช่ข้อบ่งชี้ถึงความล้มเหลวของรูปแบบการสอน แต่เป็นการสะท้อนถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล (individual differences) ซึ่งเป็นธรรมชาติของการเรียนรู้ ผลการวิจัยครั้งนี้จึงนำไปสู่ข้อเสนอแนะในการออกแบบการช่วยเหลือรายบุคคล (targeted scaffolding) และการวินิจฉัยมโนทัศน์เชิงลึก เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนพัฒนาได้เต็มตามศักยภาพ สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ คือ นวัตกรรมที่มีศักยภาพสูงในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างยั่งยืนทั้งในระดับกลุ่มและรายบุคคล

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมโนทัศน์ของผู้เรียนที่พัฒนาขึ้นนั้นเพิ่มขึ้นในทุกด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคลพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 95 มีความก้าวหน้าในระดับปานกลางขึ้นไป โดยมีเพียงร้อยละ 5 ที่มีความก้าวหน้าในระดับต่ำ ในขณะที่ความก้าวหน้าทางการเรียนในภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างอยู่ใน

ระดับปานกลาง นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น ครอบคลุมด้านเนื้อหา กิจกรรม สื่อการสอน และการวัดประเมินผล พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนร้อยละ 95 มีความก้าวหน้าทางการเรียนตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไป และมีคะแนนความเข้าใจโมเดลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะว่าในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้นร่วมกับผังโมเดลไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ผู้สอนควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับนักเรียนกลุ่มที่ยังมีความก้าวหน้าในระดับต่ำ (ร้อยละ 5) โดยการสนับสนุนกิจกรรมเสริมที่เน้นการลงมือปฏิบัติหรือการอธิบายเชิงลึกที่หลากหลาย เพื่อให้เหมาะสมกับระดับความเข้าใจรายบุคคล นอกจากนี้ ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนต้องมุ่งเน้นใน “ขั้นสำรวจและค้นหา” โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนวางแผนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งที่น่าเชื่อถือและระบุค่าสำคัญได้ถูกต้อง เพื่อนำไปสู่ “ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป” ที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงโมเดลย่อยต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งต้องมีการตั้งคำถามและสะท้อนผลการเรียนรู้ท้ายบทเรียนเพื่อแก้ไขโมเดลที่คลาดเคลื่อน โดยเฉพาะในบริบทการเรียนรู้แบบกลุ่มที่จะช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้อย่างทั่วถึง อย่างไรก็ตามผู้สอนควรคำนึงถึงความรู้พื้นฐานเรื่องระบบร่างกายของผู้เรียนเป็นสำคัญ เนื่องจากเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการวิเคราะห์และสรุปผลข้อมูล

ในด้านการบริหารจัดการเรียนรู้ เนื่องจากรูปแบบการสืบเสาะมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลา ผู้สอนจึงต้องทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) ที่คอยกระตุ้น ติดตาม และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างแรงบันดาลใจและช่วยให้ผู้เรียนที่ยังไม่พร้อมสามารถก้าวหน้าบทเรียนได้ โดยควรจัดสรรเวลาให้เพียงพอสำหรับการทำกิจกรรมและการนำเสนอผลงานเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ผ่านประสบการณ์จริงอย่างเต็มที่ นอกจากนี้การออกแบบกิจกรรมหรือประเด็นการเรียนรู้ควรมีความเชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตประจำวันและยกตัวอย่างที่ใกล้ตัวผู้เรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการยอมรับและเปลี่ยนแปลงโมเดลใหม่ผ่านประสบการณ์ตรง ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้เรื่องฮอร์โมนที่มีความซับซ้อนกลายเป็นเรื่องที่เข้าใจง่ายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้อย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้การวิเคราะห์โมเดลที่สอดคล้องกับกรอบ PISA 2025/2029 หรือการใช้ AI-generated concept mapping เพื่อยกระดับความทันสมัยของนวัตกรรมในยุคที่มีการใช้ AI กันอย่างแพร่หลายและเป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้เสริมได้ในอนาคต

จริยธรรมการวิจัย

ผู้วิจัยยื่นขอจริยธรรมงานวิจัยในคน ผ่านคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ หมายเลขหนังสือรับรองจริยธรรมวิจัยของข้อเสนอการวิจัย SWUEC – 681068 วันที่ให้การรับรอง 13/06/2568 วันหมดอายุใบรับรอง 12/06/2569

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

การวิจัยและการเขียนบทความฉบับนี้ ผู้วิจัยไม่ได้ใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

References

- Anastasiou, D., Wirngo, C. N. and Bagos, P. (2024). The effectiveness of concept maps on students' achievement inscience: A meta-analysis. *Educational and Psychological Reviews*, 36(2), 39. Bell, R. L., Smetana, L. . and Binns, I. . (2005) Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30–33.
- Bramwell–Lalor, S. and Rainford, M. (2014). The effects of using concept mapping for improving advanced level biology students' lower– and higher–order cognitive skills. *International Journal of Science Education*, 36(5), 839–864.
- Bybee, R. W. (2024). *The 5E instructional model: A learning cycle for all students*. USA: NSTA Press.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. and Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. USA: BSCS.
- Cakir, M. (2008). Constructivist approaches to learning in science and their implications for science pedagogy: A theoretical review. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(4), 193–206.

- Chengere, A. M., Bono, B. D., Zinabu, S. A. and Jilo, K. W. (2025). Enhancing secondary school students' science process skill through guided inquiry-based laboratory activities in biology. *PLoS ONE*, 20(4), e0320692.
- D'Avanzo, C. (2008). Biology concept inventories: believing is seeing. *Advances in Physiology Education*, 32(4), 273–282.
- Demirci, C. (2012). The effect of inquiry-based learning approach. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(2), 1138–1143.
- 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.
- Hattie, J. and Donoghue, G. M. (2022). Learning strategies: A synthesis of research. London: Routledge.
- Khazem, D. (2025). **Systematic integration of concept maps in 21st-century pedagogy: Tools for synthesis and analysis**. USA: Academic Press.
- Kinchin, I. M. (2000). Concept mapping in biology. *Journal of Biological Education*, 34(2), 61–68.
- Kinchin, I. M. (2016). **Visualising powerful knowledge to develop the expert student: A knowledge structures perspective on teaching and learning at university**. Rostterdam: Sense Publishers.
- Kuder, G. F. and Richardson, M. W. (1937). The theory of the estimation of test reliability. *Psychometrika*, 2(3), 151–160.
- Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1–55.
- Linn, R. L. and Gronlund, N. E. (2000). **Measurement and assessment in teaching**. Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall.
- Mason, C. L. (1992). Concept Mapping: A Tool to Develop Reflective Science Instruction. *Science Education*, 76(1), 51–63.
- Novak, J. D. and Cañas, A. J. (2008). The theory underlying concept maps and how to construct and use them (Technical Report No. IHMC CmapTools 2006–01 Rev 01–2008). Institute for Human and Machine Cognition. Retrieved 15 December 2025, from **Cmap**: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>
- Novak, J. D. and Gowin, D. B. (1984). **Learning how to learn**. New York: Cambridge University Press.
- OECD. (2023). **OECD skills Outlook 2023: Skills for a resilient youth**. USA: OECD Publishing.
- Piaget, J. (1970). **Science of education and the psychology of the child**. New York: Orion Press.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- Sawyer, R. K. (2006). **The Cambridge handbook of the learning sciences**. USA: Cambridge University Press.
- Schwendimann, B. A. (2021). **Concept mapping as a tool for learning and assessment in biology education**. USA: Springer.
- Tanner, K. D. (2010). Order matters: using the 5E model to align teaching with how people learn. *CBE—Life Sciences Education*, 9(3), 159–164.
- Tripto, J., Assaraf, O. B. Z. and Amit, M. (2013). Mapping what they know: Concept maps as an effective tool for assessing students' systems thinking. *American Journal of Operations Research*, 3(1), 245–258.
- Vagias, W. M. (2006). **Likert-type scale response anchors**. Clemson University: International Initiative for Tourism & Outcomes of Leisure. USA: Clemson University.
- Vygotsky, L. S. (1978). **Mind in society: The development of higher psychological processes**. Cambridge: Harvard University Press.
- Wallace, J. D. and Mintzes, J. J. (1990). The concept map as a research tool: Exploring conceptual change in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1033–1052.