



การพัฒนาโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอน ของฮิวสันและฮิวสันและการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Conceptual Development on Photosynthesis Using Hewson and Hewson's Teaching Strategy and Kolb's Experiential Learning for Upper Secondary Students

*ณัฐพงศ์ สกุลกิจ โภคานนท์¹ และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ²

*Natthapong Sakunkitphokhanon¹ and Somkiat Phomphisutthimas²

¹นิสิตปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Master's Student, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Asst. Prof. Dr., Faculty of Science, Srinakharinwirot University

*Corresponding author. e-mail: somkiatp@g.swu.ac.th

Received : September 23, 2024

Revised : May 6, 2025

Accepted : June 7, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มศึกษาที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 32 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 7 แผน และ 2) แบบทดสอบวัดมโนคติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบวิลคอกชันสำหรับกลุ่มที่ศึกษาที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนความเข้าใจมโนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาระดับความเข้าใจมโนคติก่อนและหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติในระดับความไม่เข้าใจหรือไม่มีมโนคติ (NU/NC) ระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) และระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ลดลงแต่มีระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) และระดับที่สมบูรณ์ (CU) เพิ่มขึ้นทั้ง 7 มโนคติหลัก

คำสำคัญ: การพัฒนาโมเดล, ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน, รูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลับ, การสังเคราะห์ด้วยแสง



Abstract

This research aimed to compare the upper secondary students' concepts of photosynthesis between before and after learning using teaching strategies by Hewson and Hewson, which were incorporated with Kolb's experiential learning model. The participants were 32 Grade-11 students enrolled in Science-Mathematics programme, during the second semester of the 2023 academic year. The participants were selected through the purposive sampling technique. The research instruments included 1) seven lesson plans and 2) a test measuring the concept of photosynthesis. Data were statistical analyzed by using frequency, mean, percentage, standard deviation and Wilcoxon matched-pair test. The results showed that the conceptual understandings after learning with this teaching strategy and Kolb's experiential learning model were significantly higher than those before learning at the .05 level of statistical significance. When comparing conceptual understanding levels between before and after learning, students indicated the decrease in conceptual understanding levels of no understanding or no conception (NU/NC), alternative conception (AC) and partial understanding with specific alternative conception (PS); However, the levels of partial understanding (PU) and complete understanding (CU) increased across all seven key concepts.

Keywords: Conceptual development, Teaching strategy of Hewson and Hewson, Kolb's Experiential Learning Model, Photosynthesis

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มโนคติ (concept) ทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่ได้มาจากข้อเท็จจริงตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ เกิดการแยกแยะ เปรียบเทียบความแตกต่างและหาความสัมพันธ์ จนเกิดข้อสรุปต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เป็นไปตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์และยอมรับกันทั่วไปในขณะนั้น โดยเฉพาะมโนคติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) เป็นเนื้อหาในหลักสูตรของหลายประเทศ (Lim & Poo, 2021) ที่สำคัญในทางชีววิทยาที่นักเรียนต้องเรียนรู้และเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวเคมีที่ก่อให้เกิดการใช้พลังงานสำหรับสิ่งมีชีวิตบนโลก แต่เนื่องจากเป็นมโนคติที่ยากต่อการเข้าใจ เป็นนามธรรม มีกระบวนการซับซ้อนในระดับเซลล์และโมเลกุล และปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานเรื่องปฏิกิริยาเคมี สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ และยังเชื่อมโยงกับเรื่องอื่นในวิชาชีววิทยา อีกทั้งต้องทราบลักษณะโครงสร้างของพืชและปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (Wahyono & Susetyarini, 2021; ปิตุพงษ์ ทำคือ, 2558) และการพัฒนาโมเดลที่ถูกต่อนั้นมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ เป็นการเปลี่ยนแปลงแนวคิดหรือความเข้าใจภายในตัวบุคคลที่ไม่ตรงกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์เป็นความเข้าใจที่ถูกต้องตามมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมโนคติที่คลาดเคลื่อนเป็นสิ่งที่สามารถปรับให้ถูกต้องได้ยากและเมื่อเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนแล้วจะคงอยู่กับนักเรียนเป็นเวลานาน หากไม่แก้ไข โมเดลที่คลาดเคลื่อนจะส่งผลต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดความเข้าใจในมโนคติระดับที่ยากขึ้นได้ลดลง (Oliver & Troemel, 2022) ดังนั้นจึงต้อง

60 | ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 (ม.ค. - มิ.ย.) 2568

พัฒนาแนวคิด (conceptual development) ของนักเรียนโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สังเกต สืบสวนตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจแนวคิดในเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง อย่างถูกต้อง

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้ให้ความสำคัญและกำหนดเนื้อหา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ไว้ในหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย ประกอบด้วยหัวข้อย่อย ได้แก่ พลังงานแสง (light energy) สารสี (pigment) ปฏิกิริยาแสง (light reaction) ปฏิกิริยาการตรึงแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ (CO_2 fixation) และ โฟโตเรสไพเรชัน (photorespiration) ยังเป็นมโนทัศน์ที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนเป็นลำดับแรกของมโนทัศน์ในกลุ่มวิชาชีววิทยา (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และคณะ, 2546) จากประสบการณ์สอนของผู้วิจัยในชั้นเรียน สืบสวนความเข้าใจของนักเรียนและศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า ผู้เรียนยังขาดความเข้าใจในมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นอย่างมาก (Svandova, 2014) แม้จะผ่านการเรียนมาแล้วก็ตาม นักเรียนร้อยละ 99 ไม่เข้าใจบทบาทของคลอโรฟิลล์ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง และร้อยละ 46 ไม่เข้าใจการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมี (Susanti, 2018) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการตรึงแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ของพืช C_3 โฟโตเรสไพเรชัน การตรึงแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ของพืช C_4 และ CAM และปฏิกิริยาแสง โดยมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนี้มีสาเหตุมาจากเนื้อหาที่มีลักษณะซับซ้อนและต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์หลายนมโนทัศน์ และเนื้อหาส่วนของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นนามธรรมและเข้าใจยาก (ปีตุงษ์ ท้าคือ, 2558; อังคณา ปัทมพงศา, 2555)

ด้วยเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบ วิธีและเทคนิคการเรียนรู้หรือการสอนต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้องและลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (alternative conceptions) เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดพบว่า ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson, 2003) ช่วยทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องอย่างมีประสิทธิภาพ (กฤตธรรม แพนกลิ่นฟ้า และคณะ, 2561; อรรถพล พลอยมีค่า, 2562) ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน ได้อ้างอิงทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนคติของ Posner et al. (1982) ว่าต้องมีเงื่อนไข 3 ประการ โดยมีมโนคติใหม่ต้องเป็นที่พอใจก่อนจึงจะสามารถบูรณาการเข้าไปกับความรู้เดิม คือ มโนคติใหม่เข้าใจได้ง่าย (intelligible) มีเหตุผลน่าเชื่อถือ (plausible) และเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน (fruitful) และเสนอแนะว่ายุทธศาสตร์การสอนควรประกอบด้วย การบูรณาการ (integration) การแยกความแตกต่าง (differentiation) การแลกเปลี่ยน (exchange) และการเชื่อมประสานการรับรู้มโนคติ (conceptual bridging) โดยเงื่อนไข 3 ประการและทั้ง 4 ยุทธศาสตร์การสอนของมโนคติใหม่นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาแนวคิดเดิมสู่มโนคติใหม่ที่ต้องการสมบูรณ์ แต่เนื่องจากยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันไม่มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นแบบแผนขั้นตอนแน่นอน ทำให้นำไปใช้และพัฒนาแนวคิดได้ยาก (พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ, 2553; เสาวนีย์ สังฆะจิ และวรรณจรรย์ มั่งสิงห์, 2555; อรรถพล พลอยมีค่า, 2562) จึงเป็นสิ่งที่ท้าทายของผู้สอนในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นหากมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องและเหมาะสมในการนำยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเป็นขั้นตอนจะทำให้ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนามโนคติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการพัฒนามโนคตินั้นมีหลากหลายรูปแบบ ผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบหรือวงจรการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบ (Kolb's experiential learning model) (Kolb, 1984, 2014) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสัน

และฮิวสัน จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ยังไม่มีการนำมาใช้ร่วมกันในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง รูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นวงจร ทำให้เกิดการพัฒนามโนคติอย่างต่อเนื่อง และแต่ละขั้นส่งเสริมการเรียนรู้ของขั้นต่อไป (Chae, 2020; Gai, 2017; Güneş, 2017; Lee, 2016; Schenck & Cruickshank, 2015; ทรัพย์สิริ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา และคณะ, 2564; นงนุช เสือพุมิ และคณะ, 2560) และมีลักษณะสอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนคติ สามารถนำยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันมาประยุกต์ใช้ในแต่ละขั้นได้อย่างชัดเจน โดยการดึงเอามโนคติหรือประสบการณ์เดิม แล้วกระตุ้นให้สะท้อนความคิดเกี่ยวกับประสบการณ์นั้น ๆ ออกมาเป็นความรู้หรือมโนคติใหม่ ทำให้เนื้อหาที่เข้าใจยากและซับซ้อนมีความเป็นรูปธรรมจนสร้างมโนคติใหม่ที่ต้องการในเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม (concrete experience) ขั้นที่ 2 การสะท้อนคิดจากการสังเกต (reflective observation) ขั้นที่ 3 การสร้างแนวคิดที่เป็นนามธรรม (abstract conceptualization) และขั้นที่ 4 การทดลองปฏิบัติจริง (active experimentation)

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนามโนคติของนักเรียนให้เกิดความเข้าใจมโนคติที่ต้องการและลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลี เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวิชาชีววิทยาเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับครูและนักวิจัยด้านชีววิทยาศึกษาหรือวิทยาศาสตร์ศึกษาในการวิจัย เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบมโนคติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

สมมุติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลี มีการพัฒนาคะแนนความเข้าใจมโนคติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลี มีการพัฒนาระดับความเข้าใจมโนคติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ในแต่ละมโนคติ ทั้ง 7 มโนคติหลักสูงขึ้น



ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มศึกษาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 เป็นนักเรียนที่สมัครใจและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามระยะเวลาวิจัยจำนวนทั้งหมด 32 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling)

2. ระยะเวลาในการวิจัย

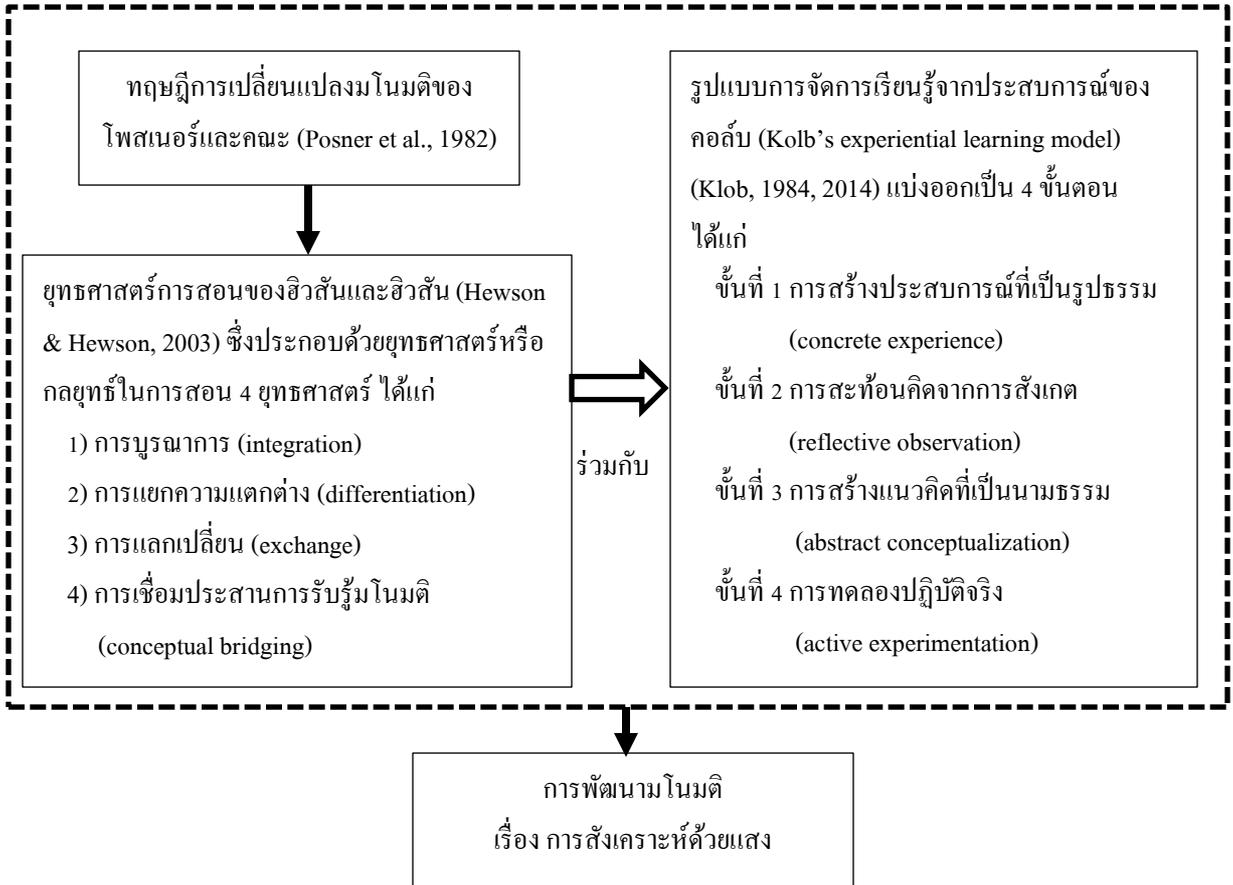
ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้ และดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 15 คาบ คาบละ 50 นาที จำนวน 3 คาบต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนเอง

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551; สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สารชีววิทยา 3 เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง กำหนดเนื้อหาประกอบด้วย 7 มโนมติหลัก ได้แก่ 1) โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ 2) พลังงานแสงและสารสีในปฏิกิริยาแสง 3) ปฏิกิริยาแสง 4) ปฏิกิริยาการตรึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 5) โฟโตเรสไพเรชัน 6) การเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และ 7) ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาการพัฒนาโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson, 2003) ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบ (Kolb, 1984, 2014) มีจุดประสงค์เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาโมเดลของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพและช่วยให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้าใจ โมเดลสู่ระดับที่สูงขึ้น จึงสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบสามารถพัฒนาโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ได้ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามศัพท์เฉพาะไว้ดังนี้

1. ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน หมายถึง ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติของฮิวสันและฮิวสัน ประกอบด้วยยุทธศาสตร์หรือกลยุทธ์ในการสอน 4 ยุทธศาสตร์ (Hewson & Hewson, 2003) ได้แก่

1) การบูรณาการ เป็นการบูรณาการการรับรู้มโนคติใหม่กับการรับรู้มโนคติที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกัน ยุทธศาสตร์นี้เป็นยุทธศาสตร์ที่ใช้กันมากในการสอนวิทยาศาสตร์ปัจจุบัน และอยู่บนพื้นฐานของข้อสันนิษฐานในการรับรู้มโนคติที่มีอยู่เดิมของนักเรียนที่ครูนำไปใช้สอน

2) การแยกความแตกต่าง เป็นการแยกการรับรู้มโนคติที่มีอยู่เดิมกับการรับรู้มโนคติอื่นที่ใกล้เคียงกันแต่มีความชัดเจนกว่า โดยนักเรียนจะต้องแสดงผลเพื่อให้เห็นมโนคติใหม่น่าเชื่อถือ และมโนคติใหม่ต้องสามารถแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้

3) การแลกเปลี่ยน เป็นการผสมผสานระหว่างการรับรู้มโนคติเดิมกับการรับรู้มโนคติใหม่ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ที่การรับรู้มโนคติจะมีผลที่น่าเชื่อถือได้ทั้งคู่ จึงต้องทำให้นักเรียนเกิดความไม่พอใจในการรับรู้มโนคติที่มีอยู่เดิมและอย่างน้อยมโนคติใหม่สามารถอธิบายและทำนายได้มากกว่ามโนคติเดิม และ

4) การเชื่อมประสานการรับรู้มโนคติ เพื่อสร้างบริบทที่เหมาะสม โดยใช้มโนคติเชิงนามธรรมที่เพิ่งเรียน ช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมที่ทำให้นักเรียนมองเห็นว่ามโนคติใหม่เหล่านี้ มีผลที่น่าเชื่อถือได้และมีประโยชน์เป็นที่น่าพอใจ โดยองค์ประกอบของมโนคติใหม่ที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนคติกับนักเรียน ต้องมีเงื่อนไขขององค์ประกอบ 3 ประการ ดังนี้

1) มโนคติต้องเข้าใจได้ง่าย

นักเรียนต้องรู้ว่าโมเดลใหม่คืออะไร สามารถเชื่อมโยงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับโมเดลนั้น และเห็นว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้องและเข้าใจได้ง่าย 2) มีเหตุผลน่าเชื่อถือ นักเรียนต้องเห็นว่าโมเดลใหม่นี้เข้าใจได้ดีและเชื่อว่าเป็นความจริง น่าเชื่อถือ สามารถเชื่อมโยงโมเดลใหม่กับโมเดลอื่น ๆ ที่มีอยู่เดิม และ 3) มีประโยชน์ นักเรียนต้องเห็นว่าโมเดลต้องมีประโยชน์ สามารถอธิบาย ทำนาย แก้ปัญหาชี้แนะวิธีการใหม่ ๆ ได้

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลี หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการดำเนินการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายอย่างครบถ้วนจากประสบการณ์ที่ได้รับ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้รับประสบการณ์โดยการลงมือปฏิบัติอย่างมีขั้นตอน และมีการไตร่ตรองประสบการณ์ที่ได้รับ เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางและอำนวยความสะดวกให้แก่นักเรียน ประกอบด้วยวงจรการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน (Kolb, 1984, 2014) ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือทำกิจกรรมผ่านประสบการณ์ตรง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้สึกจากประสบการณ์จริง ใช้ความรู้สึกในการรับรู้ข้อมูล เรียนรู้จากประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม ขั้นที่ 2 การสะท้อนคิดจากการสังเกต เป็นขั้นตอนที่นักเรียนคิดไตร่ตรอง ทำความเข้าใจในสิ่งที่ได้จากการสังเกต และสะท้อนคิดจากประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม เป็นการเรียนรู้จากการดู การสังเกต แล้วคิดหาเหตุผล ทำความเข้าใจ ใช้เวลาไตร่ตรองเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน ขั้นที่ 3 การสร้างแนวคิดที่เป็นนามธรรม เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสรุปผลที่ได้จากการสะท้อนคิด จากการสังเกต แล้วคิดไตร่ตรองจนสร้างเป็นแนวคิดของตนเอง เป็นการเรียนรู้จากการคิดหลังจากการสังเกตแล้ว นักเรียนจะค้นหาข้อสรุปเป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรมหรือกฎเกณฑ์ และขั้นที่ 4 การทดลองปฏิบัติจริง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแนวคิดที่ตนเองสร้างไปทดลองปฏิบัติในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งอาจนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่จนทำให้เกิดการหมุนเวียนเป็นวงจรการเรียนรู้ใหม่ (acting) เป็นการเรียนรู้จากการลงมือทำ (doing) นักเรียนจะนำประสบการณ์หรือกฎเกณฑ์ที่สรุปได้ไปใช้

3. โมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หมายถึง ความคิดรวบยอด แนวความคิด หรือความเข้าใจของนักเรียนที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ เกิดการแยกแยะ การเปรียบเทียบความแตกต่าง และหาความสัมพันธ์จนเกิดข้อสรุปต่อ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นไปตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์และยอมรับกันไป ประกอบด้วย 7 โมเดลหลัก ได้แก่ โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ พลังงานแสงและสารสีในปฏิกิริยาแสง ปฏิกิริยาแสง ปฏิกิริยาการตรึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โฟโตเรสไพเรชัน การเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยวัดจากการทำแบบทดสอบวัดมโนมติเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบ่งระดับความเข้าใจมโนมติของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับ (Abraham et al., 1994) ดังนี้

- 1) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่สมบูรณ์ (complete understanding: CU) หมายถึง มโนมติของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครอบคลุมองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนมติ ให้ 3 คะแนน
- 2) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (partial understanding: PU) หมายถึง มโนมติของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน
- 3) ความเข้าใจมโนมติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (partial understanding with specific alternative conception: PS) หมายถึง มโนมติของนักเรียนถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบถูกแต่ไม่อธิบายคำตอบ ให้ 1 คะแนน



4) ความเข้าใจโมเดลในระดับที่คลาดเคลื่อน (alternative conception: AC) หมายถึง มโนคติของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจหรือไม่มีมโนคติ (no understanding: NU or no conception: NC) หมายถึง มโนคติของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มศึกษาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานครเขต 2 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) เป็นนักเรียนที่สมัครใจและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามระยะเวลาวิจัยจำนวนทั้งหมด 32 คน กลุ่มศึกษาดังกล่าวเป็นนักเรียนที่มีอายุ 16–17 ปี มีผลการเรียนเฉลี่ยวิชาชีววิทยาจากทุกภาคเรียนที่ผ่านมาแตกต่างกัน และเรียนหัวข้อ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต เซลล์และการทำงานของเซลล์ และโครงสร้างและการเจริญเติบโตของพืชดอกมาแล้ว เนื่องจากพบว่าการศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานทางชีววิทยาและเคมี และยังเชื่อมโยงกับเรื่องอื่นในวิชาชีววิทยา (Gerdol et al., 2008; Tekkaya et al., 2001; อังคณา ปัทมพงศา, 2555)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน (2003) ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบ จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ให้คะแนนที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.88 มากกว่า 3.51 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ถือว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกัน (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538) ซึ่งได้กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาที่กำหนดไว้ และสร้างเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยกระบวนการและขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบ (Kolb, 1984, 2014) แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ผสมผสานกับยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson, 2003) ทั้ง 4 ยุทธศาสตร์ สามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันที่นำมาใช้ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบได้ ดังแสดงในตารางที่ 1



ตารางที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้

จากประสบการณ์ของคอล์บ

ขั้นตอนรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอล์บ (Kolb, 1984, 2014)	ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson, 2003) ที่เกี่ยวข้อง	คำอธิบายการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน (2003) ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอล์บ
ขั้นที่ 1 การสร้างประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม (concrete experience)	- การบูรณาการ (integration) - การแยกความแตกต่าง (differentiation) - การแลกเปลี่ยน (exchange)	ขั้นที่ผู้เรียนได้ทบทวนและตรวจสอบโมเดลของตนเอง โดยลงมือทำกิจกรรมผ่านประสบการณ์ตรง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้สึกจากประสบการณ์จริง (experiencing) ใช้ความรู้สึกในการรับรู้ข้อมูล เรียนรู้จากประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม โดยผู้สอนออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนรู้ว่า โมเดลเดิมไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ และทราบว่า โมเดลเดิมที่ตนเองมีอยู่นั้นเป็นอย่างไรและนำไปเชื่อมโยงหรือแลกเปลี่ยนกับโมเดลใหม่ในขั้นต่อไป
ขั้นที่ 2 การสะท้อนคิดจากการสังเกต (reflective observation)	- การแยกความแตกต่าง (differentiation) - การแลกเปลี่ยน (exchange)	ขั้นที่ผู้เรียนคิดไตร่ตรอง ทำความเข้าใจในสิ่งที่ได้ จากการสังเกตและสะท้อนคิดจากประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม (reflecting) เป็นการเรียนรู้จากการดู สังเกต แล้วคิดหาเหตุผล ทำความเข้าใจ ใช้เวลาไตร่ตรองเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ผู้เรียนเห็นว่า โมเดลเดิมที่ผู้เรียนมีนั้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้ จนเกิดความไม่พอใจในโมเดลเดิมของตนเองและแสวงหาโมเดลใหม่
ขั้นที่ 3 การสร้างแนวคิดที่เป็นนามธรรม (abstract conceptualization)	- การแยกความแตกต่าง (differentiation) - การแลกเปลี่ยน (exchange)	ขั้นที่ผู้เรียนสรุปผลที่ได้จากการสะท้อนคิด สังเกต แล้วคิดไตร่ตรองจนสร้างเป็นแนวคิดของตนเอง (thinking) เป็นการเรียนรู้จากการคิดหลังจากการสังเกตแล้ว ผู้เรียนจะคิดหาข้อสรุปเป็นแนวคิดที่เป็นนามธรรมหรือกฎเกณฑ์ โดยผู้เรียนจะเกิดกระบวนการปรับปรุงโมเดลเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ได้ ทำให้เห็นว่า โมเดลเดิมนั้นไม่สามารถอธิบายได้ และยอมรับโมเดลใหม่ได้ในที่สุด ซึ่งโมเดลใหม่ที่สร้างขึ้นสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นได้
ขั้นที่ 4 การทดลองปฏิบัติจริง (active experimentation)	- การเชื่อมประสานการรับรู้โมเดล (conceptual bridging)	ขั้นที่ผู้เรียนนำแนวคิดที่ตนเองสร้างไปทดลองปฏิบัติในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่จนทำให้เกิดการหมุนเวียนเป็นวงจรการเรียนรู้ใหม่ (acting) เป็นการเรียนรู้จากการลงมือทำ (doing) โดยผู้เรียนจะนำประสบการณ์หรือกฎเกณฑ์ที่สรุปได้ไปใช้ จนทำให้ผู้เรียนเห็นว่า โมเดลใหม่นั้นมีเหตุผลน่าเชื่อถือได้และมีประโยชน์กับผู้เรียนสามารถใช้ทำนาย อธิบายและแก้ปัญหาได้ดีกว่า โมเดลเดิม เมื่อผู้เรียนเห็นประโยชน์ของโมเดลใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น จะเกิดการยอมรับโมเดลใหม่และปฏิเสธโมเดลเดิมที่มีอยู่

2) แบบทดสอบวัดผล โนมติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยตัวเลือกสองลำดับขั้น (two-tier multiple choice diagnostic test) ประกอบด้วยแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบจำนวน 5 ตัวเลือก และให้เหตุผลในการเลือกตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยครอบคลุมทั้ง 7 มโนมติหลัก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและปรับปรุงมาจากข้อคำถามในแบบสำรวจแบบ โนมติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของปีตุงษ์ ท้าคือ (2558) ร่วมกับแบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของสิริมา มิ่งเมือง (2560) และ Diagnostic test of photosynthesis ของ Treagust & Haslam (1986) และ Lim & Poo (2021) ตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจนของเนื้อหา และความถูกต้องในการใช้ภาษา รวมทั้งความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ให้คะแนนที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ และหาความตรงเชิงเนื้อหาจากการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (index of item-objective congruence: IOC) พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยแต่ละข้ออยู่ในช่วง 4.00–5.00 และรวมทั้งฉบับเท่ากับ 4.80 มากกว่า 3.51 ถือว่าข้อสอบนั้นเป็นตัวแทนของมโนมติที่จะทำการทดสอบได้ (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538) และนำไปทดลองใช้ (try out) กับกลุ่มทดลองจำนวน 40 คน ที่เรียนเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง มาแล้ว พบว่าค่าความยากง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.38–0.73 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.23–0.63 และค่าความเชื่อมั่น (R) แบบสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.85 แล้วปรับปรุงแก้ไขและนำไปใช้กับกลุ่มศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง เป็นการศึกษาเชิงทดลองตามรูปแบบกลุ่มเดียว วัดผลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ (one group pretest-posttest design) ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 5 สัปดาห์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนดังนี้

1) ชี้แจงนักเรียนถึงขอบเขตการวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการภายใต้หลักจริยธรรมการวิจัย 3 ประการ ได้แก่ 1) หลักความเคารพในบุคคล 2) หลักคุณประโยชน์ไม่ก่อให้เกิดอันตราย และ 3) หลักความยุติธรรม โดยขอการยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัย

2) ทดสอบเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการจัดการเรียนรู้ (pretest) ด้วยแบบทดสอบวัดผล โนมติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้เวลา 1 คาบ

3) ทำการทดลองโดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของอิวสันและอิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลา 15 คาบเรียน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที รวม 750 นาที

4) เก็บรวบรวมข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้ โดยให้กลุ่มที่ศึกษาทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ (posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดผล โนมติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกับแบบทดสอบก่อนการเรียนรู้

5) ตรวจสอบให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนจากแบบทดสอบวัดผล โนมติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง รวบรวมคะแนนของนักเรียนเป็นรายบุคคลจากคะแนนของแบบทดสอบ 20 ข้อ คะแนนเต็มข้อละ 3 คะแนน คะแนนรวมทั้งฉบับ 60 คะแนน จากนั้นนำผลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ



4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์คะแนนความเข้าใจโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนทั้งกลุ่ม โดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าเฉลี่ย (M) ค่าร้อยละ (%) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: SD) และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบวิลคอกซันสำหรับกลุ่มที่ศึกษาที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Wilcoxon matched-pair test)

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน (2003) ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า คะแนนความเข้าใจโมเดลก่อนเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.56 คิดเป็นร้อยละ 15.94 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.42 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 44.66 คิดเป็นร้อยละ 74.43 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.36 จะเห็นได้ว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนความเข้าใจโมเดลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบโมเดลเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของนักเรียนทั้งกลุ่ม

การทดสอบ	n	M	SD	Max	Min	Z	p-value
ก่อนเรียน	32	9.56	3.42	16	3	-4.938*	< .001
หลังเรียน	32	44.66	8.36	57	24		

* $p < .05$, ทดสอบด้วย Wilcoxon matched-pair test

2. ผลการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนเป็นรายข้อในแต่ละโมเดลทั้ง 7 โมเดลหลัก เพื่อเปรียบเทียบการพัฒนาระดับความเข้าใจโมเดลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลี ดังแสดงในตารางที่ 3

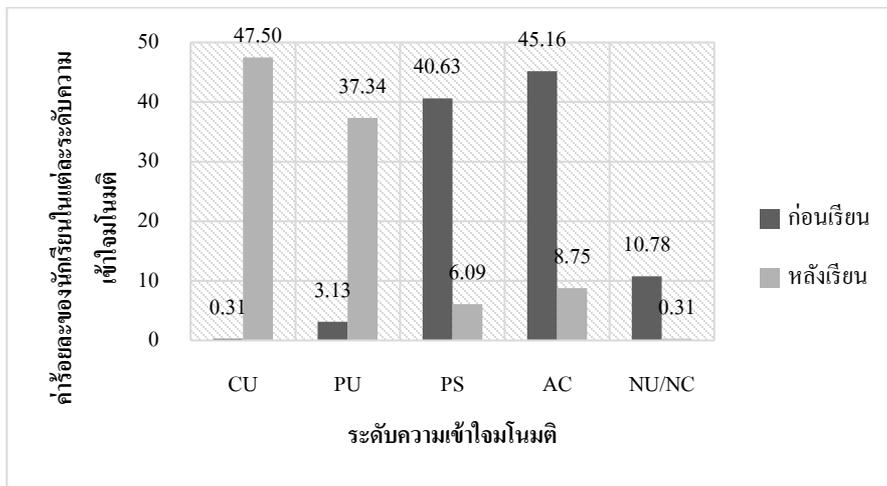


ตารางที่ 3 จำนวนความถี่และร้อยละระดับความเข้าใจโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนเป็นรายข้อ ในแต่ละโมเดลทั้ง 7 โมเดลหลัก ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของอิวตัน และอิวตันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลี

โมเดล	ข้อที่	จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความเข้าใจโมเดล (คน)									
		CU (3 คะแนน)		PU (2 คะแนน)		PS (1 คะแนน)		AC (0 คะแนน)		NU/NC (0 คะแนน)	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1. โครงสร้างของคลอโรพลาสต์	1	2	20	11	12	11	0	6	0	2	0
	2	0	15	4	12	22	4	5	1	1	0
	ร้อยละ	3.13	54.69	23.44	37.50	51.56	6.25	17.19	1.56	4.69	0.00
2. พลังงานแสงและสารสีในปฏิกิริยาแสง	3	0	8	1	17	7	3	20	4	4	0
	4	0	20	0	10	17	2	12	0	3	0
	5	0	14	1	15	15	3	11	0	5	0
ร้อยละ	0.00	43.75	2.08	43.75	40.63	8.33	44.79	4.17	12.50	0.00	
3. ปฏิกิริยาแสง	6	0	13	0	10	11	2	18	7	3	0
	7	0	22	0	10	16	0	14	0	2	0
	8	0	22	0	9	16	0	15	1	1	0
	9	0	8	0	10	5	3	21	11	6	0
	ร้อยละ	0.00	50.78	0.00	30.47	37.50	3.91	53.13	14.84	9.38	0.00
4. ปฏิกิริยาการตรึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	10	0	15	1	11	23	4	8	2	0	0
	11	0	15	0	14	16	2	13	1	3	0
	12	0	10	0	14	17	5	10	3	5	0
	13	0	14	0	13	17	3	9	2	6	0
ร้อยละ	0.00	42.19	0.78	40.63	57.03	10.94	31.25	6.25	10.94	0.00	
5. โฟโตเรสไพเรชัน	14	0	21	0	9	12	1	16	1	4	0
	15	0	12	0	14	8	1	19	5	5	0
	ร้อยละ	0.00	51.56	0.00	35.94	31.25	3.13	54.69	9.38	14.06	0.00
6. การเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	16	0	18	1	10	14	1	15	3	2	0
	17	0	17	0	12	14	2	12	1	6	0
	18	0	13	1	12	7	2	22	4	2	1
ร้อยละ	0.00	50.00	2.08	35.42	36.46	5.21	51.04	8.33	10.42	1.04	
7. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	19	0	13	0	16	4	0	24	3	4	0
	20	0	14	0	9	8	1	19	7	5	1
	ร้อยละ	0.00	42.19	0.00	39.06	18.75	1.56	67.19	15.63	14.06	1.56
ร้อยละในภาพรวม		0.31	47.50	3.13	37.34	40.63	6.09	45.16	8.75	10.78	0.31



จากตารางที่ 3 และการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจโมเดลในภาพรวม เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลในระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) มากที่สุด (ร้อยละ 45.16) รองลงมาคือ ความเข้าใจโมเดลในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) (ร้อยละ 40.63) ความไม่เข้าใจหรือไม่มีโมเดล (NU/NC) (ร้อยละ 10.78) ความเข้าใจโมเดลในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) (ร้อยละ 3.13) และความเข้าใจโมเดลในระดับที่สมบูรณ์ (CU) (ร้อยละ 0.31) ตามลำดับ หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน (2003) ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบพบว่า นักเรียนมีความไม่เข้าใจหรือไม่มีโมเดล (NU/NC) (ร้อยละ 0.31) ความเข้าใจโมเดลในระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) (ร้อยละ 8.75) และความเข้าใจโมเดลในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) (ร้อยละ 6.09) ลดลง แต่มีความเข้าใจโมเดลในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) (ร้อยละ 37.34) และความเข้าใจโมเดลในระดับที่สมบูรณ์ (CU) (ร้อยละ 47.50) เพิ่มขึ้นทั้ง 7 มโนคติหลัก สรุปได้ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระดับความเข้าใจโมเดลในภาพรวม (แบบทดสอบทั้งฉบับ) เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

เมื่อวิเคราะห์ระดับความเข้าใจโมเดลเป็นรายข้อในแต่ละมโนคติทั้ง 7 มโนคติหลัก เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนหลังที่ได้รับการจัดการเรียนรู้พบว่า มโนคติที่มีการพัฒนาระดับความเข้าใจสู่ระดับที่สมบูรณ์ (CU) มากที่สุด ได้แก่ มโนคติที่ 1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ (ร้อยละ 54.69) รองลงมา ได้แก่ มโนคติที่ 5 โฟโตเรสไพเรชัน (ร้อยละ 51.56) มโนคติที่ 3 ปฏิริยาแสง (ร้อยละ 50.78) มโนคติที่ 6 การเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (ร้อยละ 50.00) และมโนคติที่ 2 พลังงานแสงและสารสีในปฏิริยาแสง (43.75) ตามลำดับ และน้อยที่สุด ได้แก่ มโนคติที่ 4 ปฏิริยาการตรึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และมโนคติที่ 7 ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (ร้อยละ 42.19) และยังพบว่า มโนคติที่นักเรียนไม่มีความเข้าใจโมเดลในระดับความไม่เข้าใจหรือไม่มีโมเดล (NU/NC) (ร้อยละ 0.00) ได้แก่ มโนคติที่ 1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ มโนคติที่ 2 พลังงานแสงและสารสีในปฏิริยาแสง มโนคติที่ 3 ปฏิริยาแสง มโนคติที่ 4 ปฏิริยาการตรึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และมโนคติที่ 5 โฟโตเรสไพเรชัน



อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่าคะแนนความเข้าใจโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของอิวสันและอิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลับหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และระดับความเข้าใจโมเดลในภาพรวมและรายข้อทั้ง 7 โมเดลหลักของนักเรียนมีการพัฒนาอยู่ในระดับที่สูงขึ้น โดยมีระดับคลาดเคลื่อน (AC) ระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความไม่เข้าใจหรือไม่มีโมเดล (NU/NC) ลดลงแต่พัฒนาสู่ความเข้าใจโมเดลในระดับที่สมบูรณ์ (CU) และระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) เพิ่มขึ้น ตามลำดับ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ยุทธศาสตร์การสอนของอิวสันและอิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลับช่วยให้นักเรียนได้เปลี่ยนแปลงแนวคิดหรือความเข้าใจที่ไม่ตรงกับโมเดลทางวิทยาศาสตร์เป็นความเข้าใจที่ถูกต้อง โดยโมเดลที่ไม่เข้าใจหรือคลาดเคลื่อนสามารถปรับให้ถูกต้องได้ เกิดการแก้ไขโมเดลที่คลาดเคลื่อนซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดการยอมรับโมเดลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องในระดับโมเดลที่ยากเพิ่มขึ้น เป็นผลให้นักเรียนมีโมเดลที่ถูกต้องในเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่เป็นเนื้อหายากและเป็นนามธรรม เนื่องจากยุทธศาสตร์การสอนของอิวสันและอิวสันทำให้เกิดการรับรู้โมเดลใหม่กับการรับรู้โมเดลที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกัน (กฎธรรมชาติ แพนลีนฟ้า และคณะ, 2561) กล่าวคือ ครูต้องเข้าใจถึงโมเดลเดิมของนักเรียนหรือความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับแนวคิด เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ตัวอย่างเช่น การตั้งคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนระดมโมเดลที่มีอยู่เดิมเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น แสงมีบทบาทอย่างไรในการทำให้พืชสามารถสร้างอาหารได้ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับโมเดลที่คลาดเคลื่อนที่มีอยู่ จากนั้นสอนมุ่งเน้นให้นักเรียนเห็นความไม่ตรงกันระหว่างโมเดลเดิมของตนเองกับความรู้ใหม่ที่ถูกต้อง เช่น การทำการทดลองหรือกิจกรรมที่แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ไม่ตรงกับความเข้าใจที่มีอยู่เดิม ดังเช่น การใช้การทดลองที่แสดงให้เห็นว่าแม้พืชจะได้รับแสงและน้ำ แต่ถ้าไม่มีคาร์บอนไดออกไซด์ก็ไม่สามารถสร้างน้ำตาลได้ เพื่อทำให้นักเรียนตระหนักถึงความเข้าใจผิดที่มีอยู่และนำเสนอแนวคิดใหม่ที่สามารถอธิบายได้ดีขึ้น โดยมีหลักฐานหรือเหตุผลที่ชัดเจนในการสนับสนุนแนวคิดนั้น เช่น การใช้แบบจำลองหรือภาพแสดงกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แบบจำลองหรือวิดีโอเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งแสดงขั้นตอนการดูดกลืนแสง ปฏิกิริยาแสง การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และการสร้างน้ำตาล โดยการให้ตัวอย่างที่หลากหลายและอธิบายเชื่อมโยงกับสิ่งที่นักเรียนคุ้นเคยจะช่วยให้นักเรียนใหม่เข้าใจกับความรู้เดิม แยกความแตกต่างของโมเดลใหม่จากโมเดลเดิมได้ เพราะโมเดลใหม่มีเหตุผล น่าเชื่อถือ และสามารถแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้ จึงทำให้นักเรียนเกิดความไม่พอใจในโมเดลเดิมและยอมรับโมเดลใหม่ จนทำให้เกิดการพัฒนาโมเดลในที่สุด ตัวอย่างของโมเดลที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงที่พบและสามารถปรับปรุงแก้ไขจากการใช้ยุทธศาสตร์การสอนของอิวสันและอิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลับ ตัวอย่างเช่น

1) **โมเดลที่คลาดเคลื่อน:** นักเรียนเข้าใจว่า “ออกซิเจนที่ปล่อยออกมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสงมาจากการแยกคาร์บอนไดออกไซด์”

โมเดลที่ถูกต้อง: ออกซิเจนที่ผลิตในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมาจากการแยกน้ำ (H_2O) และไม่ใช่จากคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการที่เรียกว่า photon-induced water splitting หรือ photolysis

2) มโนมติที่คลาดเคลื่อน: นักเรียนเข้าใจว่า “พืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เพียงแต่ในช่วงเวลากลางวันหรือเมื่อแสงแดดมีความเข้มข้นสูงเท่านั้น”

โมเดลที่ถูกต้อง: แม้ว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงจะเกิดขึ้นได้ดีในที่ที่มีแสง แต่พืชยังคงสามารถดำเนินกระบวนการนี้ได้ในระดับที่ต่ำแม้ในช่วงแสงน้อย เพียงแต่การสังเคราะห์จะช้าลงในที่ที่มีแสงน้อยหรือในเวลากลางคืนพืชจะไม่สามารถสังเคราะห์ได้

3) มโนมติที่คลาดเคลื่อน: นักเรียนเข้าใจว่า “ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ไม่จำเป็นต้องใช้แสงหรือเกิดขึ้นได้ในตอนกลางคืน”

โมเดลที่ถูกต้อง: ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จำเป็นต้องใช้แสงกระตุ้นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องภายในสโตรมา และต้องใช้ ATP และ NADPH จากปฏิกิริยาแสง จึงทำให้ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นตอนกลางวัน

4) มโนมติที่คลาดเคลื่อน: นักเรียนเข้าใจว่า “พืชทุกชนิดสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงในลักษณะเดียวกัน”

โมเดลที่ถูกต้อง: พืชบางชนิด เช่น พืชที่มีการสังเคราะห์แบบ CAM (Crassulacean Acid Metabolism) หรือ C_4 มีการสังเคราะห์ด้วยแสงที่แตกต่างจากพืช C_3 (พืชทั่วไป) ในด้านกลไกและเวลา ดังตัวอย่างพืชในเขตร้อนที่มีการสังเคราะห์ในเวลากลางคืนเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียน้ำ

5) มโนมติที่คลาดเคลื่อน: นักเรียนเข้าใจว่า “อุณหภูมิสูงจะทำให้การสังเคราะห์แสงทำงานได้ดี เพราะจะเร่งให้พืชทำงานเร็วและสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากขึ้น”

โมเดลที่ถูกต้อง: หากอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้การทำงานของเอนไซม์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง เนื่องจากทำให้โปรตีนที่เป็นเอนไซม์เสียสภาพและการเกิดโฟโตเรสไพเรชัน

ทั้งนี้โมเดลที่มีการพัฒนาระดับความเข้าใจในระดับที่สมบูรณ์ที่สุด คือ โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ บ่งบอกว่าการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของคลอโรพลาสต์เป็นเรื่องนี้นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายกว่า เนื่องจากโครงสร้างของคลอโรพลาสต์มีลักษณะเป็นส่วนประกอบที่ชัดเจนและเป็นเรื่องที่สามารถอธิบายได้ง่าย โดยเชื่อมโยงกับภาพหรือแบบจำลองที่มีอยู่ในห้องเรียนหรือในสื่อการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ เช่น ภาพวาดหรือแบบจำลอง 3 มิติ และเป็นเนื้อหาที่นักเรียนเรียนผ่านมาแล้ว ตามด้วยมโนมติที่เกี่ยวข้องกับโฟโตเรสไพเรชันและปฏิกิริยาแสง โดยมโนมติที่มีการพัฒนาความเข้าใจในระดับสูงสุดส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการที่เห็นได้ชัดเจนในการสังเคราะห์ด้วยแสง สะท้อนให้เห็นว่าเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างและกระบวนการที่เห็นได้ชัดเจนในระดับเซลล์หรือการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น โฟโตเรสไพเรชันและปฏิกิริยาแสง เป็นมโนมติที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายกว่า โดยสามารถอธิบายได้ผ่านการสังเกตการณ์และการทดลองปฏิบัติ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้กับยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน (Hewson & Hewson, 2003) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีที่เน้นการสร้างความรู้เชิงลึกผ่านการมีส่วนร่วมของนักเรียน ส่วนมโนมติเกี่ยวกับปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นมโนมติที่มีการพัฒนาระดับความ



เข้าใจในระดับที่สมบูรณ์น้อยที่สุด แสดงให้เห็นถึงความยากในการเข้าใจโมเดลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ลึกซึ้งและซับซ้อน โดยการตั้งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายเหมือนกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปฏิกิริยาแสงหรือโฟโตเรสไพเรชัน อีกทั้งยังเกี่ยวข้องกับจำนวนโมเลกุลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ และตัวแปรหลายตัวในปฏิกิริยา โดยการสอนควรเน้นการทำให้ นักเรียนเห็นภาพของการรวมตัวของ CO₂ เข้ากับโมเลกุลอื่น ๆ และนำไปสู่การผลิตสารประกอบที่เป็นแหล่งพลังงาน เช่น กลูโคส จะช่วยทำให้โมเดลที่ผิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไป และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสง เช่น ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ และแสง เป็นสิ่งที่สำคัญที่นักเรียนควรจะเข้าใจอย่างถูกต้อง โดยการ ใช้การทดลองหรือสถานการณ์ที่ช่วยแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงตามปัจจัยต่าง ๆ ช่วยให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านี้กับผลลัพธ์ของการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (Eisenkraft, 2003)

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในโมเดลเหล่านี้ควรใช้วิธีการที่หลากหลาย และให้การอธิบายที่มีรายละเอียดมากขึ้นหรือการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ซึ่งอาจเป็นความท้าทายสำหรับครูผู้สอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเนื้อหาเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางเคมีและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ซับซ้อน การอธิบายทฤษฎีเหล่านี้ อาจทำให้เกิดความสับสนกับนักเรียน จึงต้องใช้เทคนิคการสอนที่หลากหลายและเน้นการทำให้เนื้อหาน่าสนใจ เช่น การใช้สื่อการเรียนการสอนที่เป็นภาพเคลื่อนไหว (animation) หรือการใช้สื่อการจัดการเรียนรู้ทางเทคโนโลยีที่สามารถแสดงให้เห็นการทำงานของปฏิกิริยาการตรึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับโมเลกุล (Harrison & Treagust, 2000)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบ เน้นการพัฒนาแนวทางการสอนที่ช่วยแก้ไขหรือปรับปรุงความเข้าใจที่ผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์ของนักเรียนเกี่ยวกับโมเดล โดยพยายามทำให้นักเรียนเปลี่ยนจากการเข้าใจในแบบเดิมไปสู่ความเข้าใจใหม่ที่ถูกต้องและมีความคงทนถาวรมากขึ้น เรียกกระบวนการนี้ว่า การเปลี่ยนแปลงมโนคติ (conceptual change) ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติที่คลาดเคลื่อนที่นำยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันมาใช้จัดการเรียนรู้ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ ในวิชาชีววิทยาแล้วทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนได้ชัดเจนและมีมโนคติที่ถูกต้องมากขึ้น เช่น เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง (พิชา ชัยจันดี และ วรรณจริย์ มั่งสิงห์, 2552; วรพจน์ โพธิ์พันธ์ไม้, 2556) เซลล์ (พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ, 2553) การสืบพันธุ์ของสัตว์ (สุนิษา คำสะอาด, 2558) การสืบพันธุ์ของพืชดอก (ปวีณา งามชัด, 2557) และในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ (อรรดพล พลอยมีค่า, 2562; อิศราพร เกรินทวงศ์, 2557)

2. รูปแบบจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบ (Kolb's experiential learning model) นำมาใช้ร่วมกับยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสัน จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ยังไม่มีการนำมาใช้ร่วมกันในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นวงจร ทำให้เกิดการพัฒนามโนคติอย่างต่อเนื่องและแต่ละขั้นจะส่งเสริมการเรียนรู้ของขั้นต่อไป (Chae, 2020; Gai, 2017; Güneş, 2017; Lee, 2016; Schenck & Cruickshank,

2015; ทรัพย์สิริ เสนิวงศ์ ณ อุทธยา และคณะ, 2564; นงนุช เสือพุมิ และคณะ, 2560) และมีลักษณะสอดคล้องกับ ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนคติ สามารถนำยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันมาประยุกต์ใช้ในแต่ละขั้นได้อย่างชัดเจน จนสร้างมโนคติใหม่ได้ กล่าวคือ ขั้นที่ 1 การสร้างประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือทำกิจกรรมผ่านประสบการณ์ตรง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เน้นความรู้สึกรู้จักจากประสบการณ์จริง ครูวางแผนเพื่อให้ นักเรียนรู้ว่ามโนคติเดิมไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ ส่วนขั้นที่ 2 การสะท้อนคิดจากการสังเกต เป็นขั้นที่นักเรียนคิด ไตร่ตรอง ทำความเข้าใจในสิ่งที่ได้จากการสังเกตและสะท้อนคิดจากประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม จนนำมาสู่ขั้นที่ 3 การสร้างแนวคิดที่เป็นนามธรรม เป็นขั้นที่นักเรียนสรุปผลที่ได้จากการสะท้อนคิด สังเกตแล้วคิดไตร่ตรองจน สร้างเป็นมโนคติของตนเอง นักเรียนเกิดกระบวนการปรับปรุงมโนคติเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ ได้ ทำให้เห็นว่ามโนคติเดิมนั้นไม่สามารถอธิบายได้ และยอมรับมโนคติใหม่ได้ในที่สุด จากนั้นยังสามารถทำให้นักเรียนที่มีมโนคติใหม่แล้วนั้นสามารถนำมโนคติใหม่ไปอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ต่อไปได้ในขั้นที่ 4 การ ทดลองปฏิบัติจริง เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนคติใหม่ที่ตนเองสร้างไปทดลองปฏิบัติในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่ง นำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่จนเกิดการหมุนเวียนเป็นวงจรการเรียนรู้ใหม่และพัฒนาไปสู่ระดับมโนคติที่สูงขึ้น หรือเนื้อหาที่ยากขึ้นได้ ทำให้เห็นว่ามโนคติใหม่นั้นมีประโยชน์กับนักเรียนนั่นเอง

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบนั้นสามารถนำมาใช้ร่วมกับ ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันเพื่อพัฒนาโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนได้อย่างมี ประสิทธิภาพ และเป็นข้อค้นพบใหม่ในการนำกลยุทธ์หรือยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติมาใช้ ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้อย่างสอดคล้องและเหมาะสมสำหรับเนื้อหายากและเป็นนามธรรมในรายวิชา ชีววิทยาที่ยังไม่มีการนำมาใช้ร่วมกันในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้สามารถนำกลยุทธ์ หรือยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติไปใช้ได้ง่ายและเป็นขั้นตอน โดยการใช้การเรียนรู้เชิงปฏิบัติ ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงมโนคติในการสอน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้เกิดประสบการณ์ที่ชัดเจนและสร้าง ความเข้าใจเชิงลึกที่สามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจเรื่องที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น (Eisenkraft, 2003) ซึ่งการใช้กลยุทธ์การ เรียนรู้ที่มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมและการสะท้อนความคิดเห็นในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจ ลึกซึ้งและสามารถจัดการกับมโนคติที่คลาดเคลื่อนได้ (Baser, 2013) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับครู อาจารย์ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน และนักวิจัยด้านชีววิทยาศึกษาหรือวิทยาศาสตร์ศึกษาในการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบ การจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีบสามารถพัฒนาโมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ได้ นั้น ผู้วิจัยมี ข้อเสนอแนะดังนี้



ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโมเดลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และระดับความเข้าใจโมเดลในภาพรวมและรายข้อทั้ง 7 โมเดลหลักของนักเรียนมีการพัฒนาอยู่ในระดับที่สูงขึ้น แต่มีบางโมเดลที่มีการพัฒนาระดับความเข้าใจโมเดลในระดับที่สมบูรณ์ (CU) ต่ำที่สุด ควรได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติม เช่น การจัดกิจกรรมที่ช่วยปรับปรุงทักษะการคิดหรือการอธิบายเชิงลึกเกี่ยวกับเนื้อหา และอาจใช้กิจกรรมที่เน้นการปฏิบัติจริงมากขึ้น หรือการนำเทคนิคการสอนที่หลากหลายมาใช้เพื่อให้เกิดการเข้าใจอย่างลึกซึ้ง และควรมีการพิจารณาความหลากหลายของนักเรียนในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อที่จะทำให้ทุกคนสามารถมีประสบการณ์การเรียนรู้ที่เหมาะสมกับระดับความเข้าใจของตัวเอง โดยผู้วิจัยมีข้อพึงระวังในการนำผลการวิจัยไปใช้ได้แก่

1. ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลับ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง สามารถทำให้นักเรียนพัฒนาโมเดลได้จริง ดังนั้นครูผู้สอนที่ต้องการปรับเปลี่ยนโมเดลของนักเรียนควรคำนึงถึงเงื่อนไขในการเปลี่ยนแปลงโมเดล 3 เงื่อนไขและยุทธศาสตร์การสอนการสอนของฮิวสันและฮิวสัน 4 ยุทธศาสตร์ จึงจะทำให้ให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงโมเดลของนักเรียนในที่สุด ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจโมเดลใหม่ที่ถูกต้องโดยการทบทวนและแก้ไขความเข้าใจผิดที่มีอยู่แล้ว โดยการกระตุ้นให้ตั้งคำถามและสะท้อนความคิดเพื่อให้เกิดการตระหนักรู้ถึงความผิดพลาดในโมเดลเดิม ทั้งนี้เหมาะสำหรับการเรียนรู้เป็นกลุ่ม เนื่องจากสามารถกระตุ้นการอภิปรายและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้จากกันและกันและปรับเปลี่ยนโมเดลที่คลาดเคลื่อนร่วมกันได้ และนักเรียนควรมีความรู้พื้นฐานเรื่องที่เกี่ยวข้องมาก่อน หากนักเรียนยังไม่มีพื้นฐานความรู้หรือความเข้าใจในระดับพื้นฐานที่อาจทำให้การนำยุทธศาสตร์นี้มาใช้ยากและไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เพราะนักเรียนอาจไม่สามารถเข้าใจหรือวิเคราะห์สิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม

2. การใช้รูปแบบจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลับ คือ การทำให้กระบวนการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการสะท้อนความคิดของนักเรียนผ่านประสบการณ์จริง เห็นเป็นรูปธรรม และการเชื่อมโยงกับแนวคิดหรือทฤษฎีที่เรียนรู้ในภายหลัง จนทำให้นักเรียนพัฒนาโมเดลในเนื้อหายากหรือซับซ้อนได้ดี ดังนั้นครูผู้สอนต้องให้นักเรียนสามารถผ่านกระบวนการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้นตอนได้อย่างเต็มที่ ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลับมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เวลานานและเป็นการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ครูต้องคอยกระตุ้นติดตามและให้คำแนะนำปรึกษาแก่นักเรียนอย่างทั่วถึงและต่อเนื่อง เพื่อให้เข้าถึงนักเรียนที่ยังไม่พร้อมหรือไม่เข้าใจ ตั้งคำถามให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ และควรให้เวลานักเรียนในการทำกิจกรรมและนำเสนอผลการทำกิจกรรม

3. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้หรือข้อประเด็นในการจัดการเรียนรู้ควรเกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน พร้อมยกตัวอย่างหรือเชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตประจำวันจะทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีจากประสบการณ์ และสามารถนำสิ่งที่เรียนรู้ไปใช้ได้จริงมากขึ้น นักเรียนจึงจะเกิดการยอมรับโมเดลใหม่และเกิดการเปลี่ยนแปลงโมเดล



ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การใช้ยุทธศาสตร์การสอนของอิวสันและอิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลี มีผลดีในการพัฒนาความเข้าใจ โมเดล เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียน ดังนั้นการศึกษาต่อไปอาจจะพิจารณาการใช้กลยุทธ์การเรียนรู้เหล่านี้ในหัวข้อชีววิทยาอื่น ๆ เพื่อดูผลกระทบต่อพัฒนาความเข้าใจในหัวข้อที่มีความซับซ้อน เช่น การหายใจระดับเซลล์ พันธุศาสตร์หรืออนุชีววิทยา นอกจากนี้ควรมีการศึกษาในระยะยาวเพื่อประเมินความเข้าใจที่เกิดขึ้นหรือความคงทนในการเรียนรู้ (learning retention) โดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ได้แก่

1. ศึกษาเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ระหว่างการใช้ยุทธศาสตร์การสอนของอิวสันกับอิวสันร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้หรือวิธีการสอนอื่น ๆ เพื่อหารูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในเนื้อหาอื่น ๆ
2. สำรวจความคิดเห็นของนักเรียนและครูเพิ่มเติม โดยเก็บข้อมูลความคิดเห็นและประสบการณ์จากนักเรียนและครูเกี่ยวกับการใช้ยุทธศาสตร์การสอนของอิวสันและอิวสันและรูปแบบการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลี เพื่อปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ
3. ศึกษาผลจากการใช้ยุทธศาสตร์การสอนของอิวสันและอิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอลลีในการพัฒนาทักษะเฉพาะด้าน เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงสร้างสรรค์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การทำงานเป็นทีม หรือการสื่อสาร

จริยธรรมการวิจัยในคน

ผู้วิจัยขออนุญาตจริยธรรมงานวิจัยในคน ผ่านคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ หมายเลขหนังสือรับรองจริยธรรมวิจัยของข้อเสนอการวิจัย SWUEC/E-158/2566 วันที่ให้การรับรอง 21/09/2566 วันหมดอายุใบรับรอง 20/09/2567

รายการอ้างอิง

กฤตธรรม แพนกลิ่นฟ้า, เขษฐ์ ศิริสวัสดิ์, และ ศรัณย์ ภิบาลชนม์. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนมโนทัศน์ร่วมกับกลยุทธ์การเปลี่ยนมโนทัศน์ที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน. *วารสารสหศาสตร์ศรีปทุม ชลบุรี*, 4(2), 29–37.

ทรัพย์สิริ เสนิงส์ ณ อยุธยา, สรวิฐ ฤทธิธรรณศักดิ์, ณิศรา ระวียัน, และ วาสนา จักรแก้ว. (2564). การจัดการเรียนการสอนจากประสบการณ์ตามสภาพจริงตามรูปแบบกิจกรรมประสบการณ์. *วารสารธรรมศาสตร์*, 40(2), 116–129.

นงนุช เสือพุมิ, วัลลภ นาคศรีสังข์, และ ประไพพิศ สิงหเสม. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบประสบการณ์ทางการพยาบาล. *วารสารพยาบาลกระทรวงสาธารณสุข*, 27(1), 12–21.

ปวีณา งามชัด. (2557). การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างการเห็นคุณค่าในตนเองกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์



- การสอนเพื่อเปลี่ยนโมเดล. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 8(1), 164–171.
- ปิตุพงษ์ ท่าก่อ. (2558). การพัฒนาโมเดลเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับยุทธศาสตร์สแคฟโพลดิง. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 38(3), 94–104.
- พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, พัฒน์ จันทร์, กันทิมาณี พันธุ์วีเชียร, และ วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2546). การสำรวจแนวคิดเนื้อหาชีววิทยาของนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู. *วารสารวิทยาศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์*, 24(2), 133–144.
- พรประสิทธิ์ ศรีสุพรรณ. (2553). การปรับเปลี่ยนโมเดล เรื่อง เซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนโมเดลตามแนวคิดของ Hewson and Hewson (2003). *วารสารศึกษาศาสตร์*, 4(3), 68–77.
- พิชา ชัยจันดี และ วรรณจริย์ มั่งสิงห์. (2552). ความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนโมเดลและความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงโมเดล. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 32(3), 38–47.
- วรพจน์ โพธิ์พันธ์ไม้. (2556). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีเปลี่ยนแปลงโมเดลร่วมกับการใช้ผังโมเดลที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดนครราชสีมา [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- วิเชียร เกตุสิงห์. (2538). *หลักการสร้างและวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย*. ไทยวัฒนาพานิช.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สิริมา มิ่งเมือง. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคนิคแผนผังความคิดเพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ*, 7(13), 139–153.
- สุนิษา คำสะอาด. (2558). การเปลี่ยนแปลงโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์ของสัตว์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนโมเดลตามแนวคิดของ Hewson & Hewson (2003): การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น]. 34th The National Graduate Research Conference. <https://gsbook.gs.kku.ac.th/58/the34th/pdf/HMO37.pdf>
- เสาวนีย์ สังฆะจิ และ วรรณจริย์ มั่งสิงห์. (2555). ความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง บรรยากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภายหลังจากใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนโมเดลของ Hewson & Hewson (2003). *วารสารศึกษาศาสตร์*, 6(2), 186–195.
- อรรถพล พลอยมีค่า. (2562). ผลของการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนโมเดลของฮิวสันและฮิวสันผ่านวัฏจักรการ



- เรียนรู้แบบ 7 ขั้น ที่มีต่อความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย [ปริญญาโทปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ]. DSpace at Srinakharinwirot University. <http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/958/1/g601130055.pdf>
- อังคณา ปัทมพงศา. (2555). การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. Digital Research Information Center. <http://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/265974>
- อิสราพร เกรินทวงศ์. (2557). การเปลี่ยนแปลงโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนโมเดลของ Hewson & Hewson (2003) ร่วมกับการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา. วารสารศึกษาศาสตร์, 37(2), 172–179.
- Abraham, M. R., Williamson, V. A., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 147–165.
- Baser, M. (2013). The effect of active learning strategies on students' conceptual understanding in science education. *International Journal of Science Education*, 35(8), 1363–1381.
- Chae, S. (2020). Application of experiential learning theory to medical education. *Korean Medical Education Review*, 22(2), 93-98.
- Eisenkraft, A. (2003). Exploring the role of conceptual change in science education: a study on the photosynthesis concept. *Journal of Biological Education*, 37(4), 181–186.
- Gai, T. (2017). Applying experiential learning Kolb's model into designing "Experiential Learning Cycle" in teaching Biology in general school. *VNU Journal of Science: Education Research*, 33(3), 1–6.
- Gerdol, R., Bragazza, L., & Brancaloni, L. (2008). Heatwave 2003: high summer temperature, rather than experimental fertilization, affects vegetation and CO₂ exchange in an alpine bog. *New Phytologist*, 179(1), 142–154.
- Güneş, M. H. (2017). An experimental study about the application of Kolb's learning cycle on Biology Lesson 1. *Kastamonu Education Journal*, 25(5), 1835–1850.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Conceptual change in science through instructional technology: an application of the processes of conceptual change. *International Journal of Science Education*, 22(4), 1–23.
- Hewson, M. G., & Hewson, P. W. (2003). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 35–43.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- _____. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.



- Lee, C. J. (2016). The effect of early childhood mathematics education using KOLB empirical learning theory on math beliefs, mathematics knowledge, and math attitudes of pre-service early childhood teachers. *Journal of Parenting Support, 11*(4), 35–58.
- Lim, H. L., & Poo, Y. P. (2021). Diagnostic test to assess misconceptions on photosynthesis and plant respiration: Is it valid and reliable?. *Indonesian Journal of Science Education, 10*(2), 241–252.
- Oliver, M., & Troemel, V. (2022). Self-explaining photosynthesis to achieve conceptual change: An analysis of explanation content. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 21*(7), 410–448.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education, 66*(2), 211–227.
- Schenck, J., & Cruickshank, J. (2015). Evolving Kolb: Experiential education in the age of neuroscience. *Journal of Experiential Education, 38*(1), 73–95.
- Susanti, R. (2018). Misconception of biology education student of teacher training and education of Sriwijaya University to the concept of photosynthesis and respiration. *Journal of Physics: conference series, 1022*(1), 012056.
- Svandova, K. (2014). Secondary school students' misconceptions about photosynthesis and plant respiration: preliminary results. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 10*(1), 59–67.
- Tekkaya, C., Ozkan, O., & Sungur, S. (2001). Biology concepts perceived as difficult by Turkish high school students. *Journal of Hacettepe University Faculty of Education, 21*, 145–150.
- Treagust, D. F., & Haslam, F. (1986). *Evaluating secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier diagnostic instrument.* (n.p.).
- Wahyono, P., & Susetyarini, E. (2021). Misconceptions of biology education students in biochemistry course during the COVID-19 pandemic. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia), 7*(2), 104–110.