



ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่มีต่อมโนทัศน์และแรงจูงใจในการเรียนรู้ ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

Effects of Inquiry Instruction with Gamification on Concepts and Motivation towards Learning Biology of Upper Secondary School Students

ณัฐวุฒิ ปฐมเจริญพรกุล¹ และ สกมลรัตน์ แก้วดี^{2*}

Nattawut Pathomjaroenponkul¹ and Sakolrat Kaewdee^{2*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน 2) ศึกษามโนทัศน์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน 3) เปรียบเทียบแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และ 4) วิเคราะห์แรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียน ระหว่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 36 คน จากโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่ง สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ในจังหวัดนครปฐม ใช้วิธีการคัดเลือกแบบแบ่งกลุ่ม โดยสุ่มห้องเรียนมา 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 4 แผน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา แบบวัดแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา และแบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงถึงแรงจูงใจในการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ที่ถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผู้เรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 3) ผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยระดับแรงจูงใจหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ผู้เรียนมีระดับแรงจูงใจระดับสูงในระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

คำสำคัญ : มโนทัศน์ชีววิทยา, แรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา, การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ, เกมมิฟิเคชัน, นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

¹ นิสิตมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อีเมล : 6880213027@student.chula.ac.th
Master student in Division of Science Education, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education,
Chulalongkorn University. Email: 6880213027@student.chula.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อีเมล : sakolrat.k@chula.ac.th
Assistant Professor (Ph.D.) in Division of Science Education, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education,
Chulalongkorn University. Email: sakolrat.k@chula.ac.th

Abstract

This research employed a quasi-experimental design and aimed to: 1) compare the upper secondary students' biology concept of photosynthesis before and after learning with the inquiry-based learning with gamification, 2) investigate the students' biology concept of photosynthesis before and after instruction, 3) compare students' motivation to learn biology before and after instruction, and 4) analyze student's motivation to learn biology during instruction. The target population consisted of 36 eleventh-grade students from a demonstration school under the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation in Nakhon Pathom. The selection method was cluster sampling, with one classroom randomly selected. The experiment instruments included four biology lesson plans on photosynthesis. Data collection instruments comprised a biology concept test, a biology learning motivation test, and a behavioral observation form indicating learning motivation. The research findings indicated that 1) students' concept scores after instruction were significantly higher than before instruction, at the .05 level of statistical significance 2) students' conceptual understanding after instruction were higher than before instruction 3) students' motivation level after instruction were significantly higher than before instruction, at the .05 level of statistical significance, and 4) students had a high level of motivation during the inquiry-based learning with gamification.

Keywords: biology concepts, motivation toward learning biology, inquiry-based learning, gamification, upper secondary students

บทนำ

วิชาชีววิทยาเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต กระบวนการดำรงชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการมีความรู้และความเข้าใจ ที่ลึกซึ้งใน มโนทัศน์พื้นฐานทางชีววิทยาที่ถูกต้องเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้เรียน โดยจากการศึกษาพบว่า มโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นสิ่งที่ยากสำหรับผู้เรียน เนื่องจากมโนทัศน์เรื่องนี้เป็นสิ่งที่เป็นามธรรม และมีความซับซ้อน และเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีหลายอย่าง (Susanti, 2017) และนักเรียนมักมีมโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่มักพบในนักเรียน เช่น 1) คลอโรฟิลล์จะรวมกับคาร์บอนไดออกไซด์ในที่ที่มีพลังงานแสงเพื่อผลิตน้ำตาลกลูโคสและน้ำ 2) คลอโรฟิลล์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง หรือ 3) ออกซิเจนเป็นผลิตภัณฑ์หลักของการสังเคราะห์ ด้วยแสง (Atchia et al., 2024; Jayanti et al., 2020; Susanti, 2017) อีกทั้งนักเรียนบางส่วนเห็นว่าเนื้อหา ของบทเรียนไม่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน และการเรียนเชิงทฤษฎีเพียงอย่างเดียวมักทำให้รู้สึกไม่น่าสนใจ น่าเบื่อ และไม่มีแรงจูงใจในการเรียนรู้ (Prokop et al., 2007) ซึ่งทำให้ครูผู้สอนต้องระลึกรู้สึกว่า ตนมี หน้าที่ที่จะต้องทำให้นักเรียนเกิดความตื่นตัวและมีความกระตือรือร้นในการเรียนทุกครั้ง เพื่อส่งเสริมให้ นักเรียนสามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองต่อไปได้ (นุชลี อุบภัย, 2558)

หนึ่งในรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมีโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ถูกต้องและได้รับการยอมรับ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ (Inquiry-based learning) ซึ่งเป็นแนวคิดในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากการเรียนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือค้นคว้าหาคำตอบและนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ (National Research Council, 1996) การสืบสอบมีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยการสืบสอบเริ่มจากการตั้งคำถาม สำรวจตรวจสอบ สร้างคำอธิบาย และสื่อความหมายข้อมูล ผู้เรียนพัฒนาทักษะกระบวนการต่าง ๆ จากการเรียนรู้แบบสืบสอบ เช่น การสังเกต การลงความเห็นจากข้อมูล และการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีสรณนิยม (Constructivism) ที่เชื่อว่าการสร้างความรู้เกิดจากการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) โดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือประสบการณ์ที่มีอยู่เดิม เพื่อให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ โดยเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิม เป็นความรู้หรือแนวคิดของผู้เรียนเอง

อย่างไรก็ตาม แม้ผู้เรียนจะได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบทางชีววิทยาแล้ว แต่ยังคงมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเนื้อหาที่ซับซ้อน เนื่องจากผู้เรียนยังขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมในการเรียน (Cimer, 2012) และ Sotiriou and Bogner (2011) ยังพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเพียงอย่างเดียว ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาชีววิทยาดีขึ้นในระยะสั้น แต่ความเข้าใจในระยะยาวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น จึงควรมีการพัฒนาแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบ เช่น มีการผสมผสานองค์ประกอบของเกม หรือกิจกรรมที่ส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและมีการจดจำความรู้มากขึ้น (Cimer, 2012; Sotiriou & Bogner, 2011) โดยนักเรียนต้องมีแรงจูงใจในการเรียนรู้และเรียนรู้ด้วยบริบทการเรียนรู้ที่ท้าทาย เช่น การแข่งขัน การสะสมคะแนน หรือภารกิจแบบเกม เพื่อให้เกิดความสนใจและมีมีโนทัศน์ที่ดีขึ้น (Liu & Lesniak, 2006; Sotiriou & Bogner, 2011) และครูผู้สอนควรส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้เชิงบวกของนักเรียน เช่น การพัฒนาความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง และการสร้างความรู้สึกว่าผู้เรียนสามารถควบคุมกระบวนการเรียนรู้ของตนได้ พร้อมทั้งลดความวิตกกังวลในการทดสอบให้เหลือน้อยที่สุด โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือใช้วิธีการสอนที่ช่วยลดความกังวลและเพิ่มโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้โดยมีส่วนร่วมและรู้สึกว่าตนมีอำนาจควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง (ฐาปนกร ฤทธิมะหา และคณะ, 2566) นอกจากนี้ Tamam and Fikriyah (2024) ยังพบว่า แรงจูงใจในการเรียนมีบทบาทสำคัญต่อความคงทนในการเรียนรู้ในวิชาชีววิทยา โดยผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า นักเรียนที่มีแรงจูงใจในการเรียนในระดับสูง มีแนวโน้มที่จะสามารถรักษาความรู้และความเข้าใจทางชีววิทยาไว้ได้ยาวนานกว่าครูผู้สอนจึงควรออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งส่งเสริมแรงจูงใจของผู้เรียน โดยเฉพาะการใช้สื่อการเรียนรู้ที่มีความทันสมัย เพื่อส่งเสริมความคงทนในการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมีพิเคชันเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยใช้แนวคิดของเกมมาช่วยส่งเสริมและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น ทำให้นักเรียนเกิดแรงกระตุ้นจากภายในที่จะมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และมีสมาธิจดจ่ออยู่กับการเรียนรู้ของตนเอง (Kapp, 2012) สอดคล้องกับทฤษฎีการตัดสินใจด้วยตัวเอง (Self-determination theory) ของ

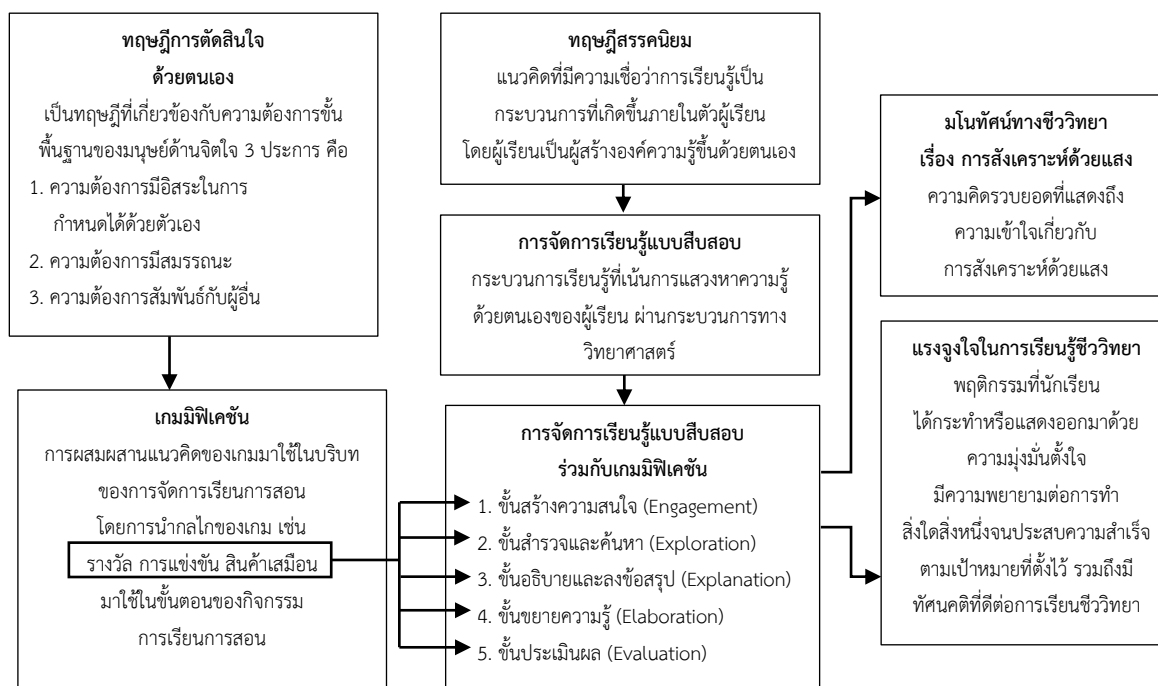
Deci and Ryan (2000) ซึ่งได้นำเสนอแนวคิดไว้ว่า หากต้องการสร้างให้มนุษย์เกิดแรงจูงใจ จะต้องทำให้เกิดการตอบสนองต่อความต้องการขั้นพื้นฐาน 3 ประการก่อน ซึ่งประกอบด้วย 1) ความต้องการมีสมรรถนะ (Need for competence) 2) ความต้องการมีความสัมพันธ์กับผู้อื่น (Need for relatedness) และ 3) ความต้องการอิสระ (Need for autonomous) ซึ่งเกมมิฟิเคชันตอบสนองต่อความต้องการพื้นฐานทั้ง 3 ประการตามทฤษฎีที่ได้กล่าวมา

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมีโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และเกมมิฟิเคชันช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับสูง เช่น เจตินาร์ สายนุ้ย และ อัมพร วัจนะ (2565) ได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้นตอน มาใช้ร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบที่มีความสนุกและน่าสนใจอันเนื่องมาจากการผสมผสานของเกมมิฟิเคชันนั้นช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจและส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้ง อวยพร ดำริ่มุงกิจ และ สุรีย์พร สว่างเมฆ (2565) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนร่วมกับเกมมิฟิเคชันมาใช้ในการพัฒนามโนทัศน์เรื่องระบบภูมิคุ้มกันสำหรับนักศึกษาครู พบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และมีผู้เรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนลดลง รวมทั้งแรงจูงใจในการเรียนรู้ในระดับสูงด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชันที่มีต่อมโนทัศน์และแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีการสังเกตพฤติกรรมต่าง ๆ ของนักเรียนเป็นรายบุคคล ในระหว่างที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ซึ่งทำให้เห็นถึงผลของกลไกของเกมแต่ละรูปแบบที่นำมาใช้ว่าส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างไร และสามารถตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนได้ว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ โดยผู้วิจัยได้ผสมผสานการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) ร่วมกับเกมมิฟิเคชัน โดยการนำกลไกของเกม เช่น รางวัล การแข่งขัน มาใช้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ถูกต้องและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัย (ภาพ 1)

ภาพ 1

กรอบแนวคิดในการวิจัย



วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
2. เพื่อศึกษามโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
3. เพื่อเปรียบเทียบแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน
4. เพื่อวิเคราะห์แรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ระหว่างที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน

วิธีการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายของการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จากโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่ง สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ในจังหวัดนครปฐม จำนวน 1 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 36 คน โดยกำหนดโรงเรียนใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection) และการเลือกกลุ่มเป้าหมายใช้วิธีการคัดเลือก

แบบแบ่งกลุ่ม (Cluster sampling) โดยการจับสลากห้องเรียนมา 1 ห้องเรียนจากห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทั้งหมด 3 ห้องเรียน ซึ่งห้องเรียนแต่ละห้อง มีการละจำนวนนักเรียนชายและหญิงใกล้เคียงกัน และมีผลการเรียนเฉลี่ยในรายวิชาชีววิทยาใกล้เคียงกัน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 4 แผน เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 15 คาบ โดยมีการศึกษาและวิเคราะห์หมโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) เพื่อกำหนดหัวข้อหมโนทัศน์และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมีประสบการณ์ในการสอนชีววิทยามากกว่า 5 ปี จำนวน 2 ท่าน และอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยการพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาบทเรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.33–1.00 โดยประเด็นที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.67 ผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ให้ครูผู้สอนมีการบรรยายความรู้พื้นฐาน ก่อนเริ่มดำเนินกิจกรรมกลุ่มที่มอบหมายให้นักเรียนมีการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอ และปรับคำถามในกิจกรรมการทดลองแต่ละข้อให้มีความสอดคล้อง ก่อนนำไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 30 คน พบว่าเวลาที่ใช้ในกิจกรรมการทดลองน้อยเกินไป จึงพิจารณาเพิ่มเวลาที่ใช้ในกิจกรรมการทดลองให้เหมาะสม และนำมาใช้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) การวัดหมโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และ 2) การวัดแรงจูงใจในการเรียนชีววิทยา

2.2.1 การวัดหมโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้แบบวัดหมโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง มีจำนวน 1 ชุด ใช้วัดก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นแบบวัดหมโนทัศน์ชุดเดียวกัน โดยมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 2 ระดับ จำนวน 15 ข้อ (ข้อละ 1 คะแนน รวม 15 คะแนน) โดยแต่ละข้อ จะมีคำถาม 2 ระดับ คือ ระดับที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหาที่มี 4 ตัวเลือก และระดับที่ 2 เป็นคำถามการให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือก โดยการเขียนตอบ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการสร้างและเกณฑ์การให้คะแนนจาก Haslam and Treagust (1987) ในการให้คะแนน เมื่อนักเรียนตอบถูกทั้งในส่วนข้อคำถามที่ให้เลือกตอบในระดับที่ 1 และส่วนเหตุผลสนับสนุนในระดับที่ 2 จะได้ 1 คะแนน ถ้าตอบถูกในส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือไม่ตอบหรือเลือกตอบในระดับที่ 1 มากกว่า 1 ข้อ จะได้ 0 คะแนน แบบวัดนี้ได้นำไปตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

และอาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมีประสบการณ์ในการสอนชีววิทยามากกว่า 5 ปี จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา พิจารณาความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมและความถูกต้องของภาษา พบว่า ค่าความตรงเชิงเนื้อหามีค่าตั้งแต่ 0.00-1.00 โดยข้อคำถามข้อที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.67 ผู้วิจัยได้แก้ไขและปรับปรุงตามคำแนะนำผู้เชี่ยวชาญ เช่น ปรับข้อความในคำถามให้มีความกระชับและรัดกุมมากขึ้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ก่อนนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 30 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ พบว่า ค่าความยาก (p) มีค่าตั้งแต่ 0.30-0.62 หมายความว่า คำถามอยู่ในระดับค่อนข้างง่ายไปจนถึงค่อนข้างยาก และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.53 หมายความว่า สามารถจำแนกผู้เรียนได้ในระดับพอใช้ไปจนถึงระดับดี จากนั้นปรับปรุงแก้ไขแบบวัดมโนทัศน์ ก่อนนำมาใช้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

2.2.2 การวัดแรงจูงใจในการเรียนชีววิทยา ประกอบด้วย 1) แบบวัดแรงจูงใจในการเรียนชีววิทยา ก่อนเรียนและหลังเรียน และ 2) แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนที่แสดงถึงแรงจูงใจของนักเรียน โดยสังเกตร่วมกับวิธีทัศนที่มีการบันทึกในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการรายงานตนเองของนักเรียน

1) แบบวัดแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการสร้างแบบวัดแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยาจาก Pintrich et al. (1991) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบวัดแบบมาตราส่วนประมาณค่า 7 ระดับของลิเคิร์ต (Likert scale) โดยแบบวัดนี้ได้นำไปตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านจิตวิทยา จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ประเด็นในการพิจารณา ได้แก่ ความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมและความถูกต้องของภาษา พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.67-1.00 ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขภาษาที่ใช้ให้มีความเหมาะสมมากขึ้นตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ก่อนนำแบบวัดแรงจูงใจที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพโดยการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง (Reliability) โดยใช้วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) พบว่า ค่าความเที่ยงของแบบวัดแรงจูงใจในการเรียนมีค่าเท่ากับ 0.89 หมายความว่าแบบวัดแรงจูงใจนี้มีความเที่ยงสูง สามารถนำไปใช้ประเมินแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

2) แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนที่แสดงถึงแรงจูงใจของนักเรียน

ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบสังเกตพฤติกรรมของ Loima and Vibulphol (2015) ซึ่งเป็นแบบสังเกตแบบตรวจสอบรายการ จำนวน 3 ข้อ ได้แก่ 1) การบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ของนักเรียน 2) วิธีการจูงใจของครูที่ใช้ในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และ 3) ระดับแรงจูงใจของนักเรียนในระหว่างเรียน โดยมีการเขียนอธิบายลักษณะพฤติกรรมของนักเรียนที่พบในแต่ละข้อ มีการนำไปทดลองใช้ฝึกสังเกตพฤติกรรมการเรียนที่แสดงถึงแรงจูงใจในการเรียน และตรวจสอบความเที่ยงระหว่างผู้สังเกต (Inter-rater reliability) ได้แก่ ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการสังเกตพฤติกรรมที่แสดงถึงแรงจูงใจในการเรียนรู้ จำนวน 3 ครั้ง พบว่ามีทั้งประเด็นที่เห็นสอดคล้องกัน และมีบางประเด็นที่ผู้วิจัยยังต้องปรับปรุง

เช่น การเขียนอธิบายลักษณะพฤติกรรมที่สังเกตได้ไม่ครอบคลุมมากพอ หรือลักษณะพฤติกรรมบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจที่ผู้วิจัยมองข้ามไป ในประเด็นดังกล่าว ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญได้ทำการอภิปรายร่วมกันจนผู้วิจัยเข้าใจประเด็นในการสังเกตดังกล่าวได้ชัดเจนมากขึ้น จากนั้นจึงนำแบบสังเกตพฤติกรรมมาใช้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะก่อนดำเนินการทดลอง ระยะดำเนินการทดลอง และระยะหลังการทดลอง ดังนี้

3.1 การเก็บข้อมูลในระยะก่อนทดลอง

ผู้วิจัยให้กลุ่มเป้าหมายทำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ฉบับก่อนเรียน และแบบวัดแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา ฉบับก่อนเรียน

3.2 การเก็บข้อมูลในระยะดำเนินการทดลอง

ครูผู้สอนประจำวิชาจากโรงเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้วางแผนไว้ ทั้งนี้ ครูผู้สอนประจำวิชาได้รับการฝึกปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ตามแผนกิจกรรมการเรียนรู้จากผู้วิจัยเรียบร้อยแล้ว โดยครูผู้สอนได้ฝึกปฏิบัติการจัดการเรียนรู้เป็นระยะเวลา 5 ครั้ง ซึ่งมีผู้วิจัยคอยสังเกต พบว่าครูผู้สอนสามารถปฏิบัติการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน โดยกลุ่มเป้าหมายจะได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน รวมเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งสิ้น 15 คาบ ในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยบันทึกผลการจัดกิจกรรมและสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงถึงแรงจูงใจในการเรียน การบันทึกวิดิทัศน์ และการรายงานตนเองของนักเรียน เพื่อนำไปใช้ในการอภิปรายผลการวิจัย

3.3 การเก็บข้อมูลในระยะหลังดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยให้กลุ่มเป้าหมายทำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ฉบับหลังเรียน และแบบวัดแรงจูงใจในการเรียน ฉบับหลังเรียน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากมาวิเคราะห์ข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย ดังนี้

1. การเปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบค่า t ของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t -test dependent)

2. การวิเคราะห์มโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนกลุ่มทดลอง เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน โดยการนำคำตอบที่นักเรียนเขียนมาจัดกลุ่มมโนทัศน์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) 2) ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) 3) ความเข้าใจ

มโนทัศน์ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconceptions: PS) 4) ความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อน (Misconceptions: MC) และ 5) ความไม่เข้าใจมโนทัศน์ หรือไม่มีมโนทัศน์ (No Understanding: NU)

3. การเปรียบเทียบแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแรงจูงใจในการเรียนฉบับก่อนและหลังเรียนที่นักเรียนเป็นผู้ประเมิน มาวิเคราะห์ระดับแรงจูงใจ โดยใช้สถิติ คือ ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบค่า t ของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t -test dependent) โดยการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยของช่วงระดับคะแนน 7 ระดับของลิเคิร์ต (Likert scale)

4. การวิเคราะห์แรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียน ระหว่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน โดยวิเคราะห์ข้อมูลจาก 1) การบันทึกการสังเกตพฤติกรรมที่แสดงถึงแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา จากแบบสังเกตพฤติกรรมที่ประเมินโดยผู้วิจัย 2) วิดีทัศน์ที่บันทึกระหว่างการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอน และ 3) การรายงานตนเองของนักเรียน โดยให้นักเรียนเขียนแสดงความรู้สึกที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ หรือมีการระบุกิจกรรมที่นักเรียนชื่นชอบ พร้อมบอกเหตุผลประกอบ จากนั้นนำข้อมูลข้างต้นมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) โดยมีการพิสูจน์ความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธีการตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data triangular) ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลจาก Tuan et al. (2005)

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางชีววิทยา และ 2) ผลการศึกษาเกี่ยวแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา

1. ผลการศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางชีววิทยา มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าก่อนนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 0.20 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.54 และหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชันแล้ว นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 7.86 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.49 เมื่อทดสอบความแตกต่างคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติการทดสอบค่า t ของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t -test dependent) พบว่าคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตาราง 1)

ตาราง 1

คะแนนเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่า t-test ของคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน

ช่วงเวลาในการทำแบบวัด	ค่าสถิติ			
	M	SD	t-test	Sig.
ก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)	0.20	0.54	9.90*	.00
หลังเรียน (คะแนนเต็ม 15 คะแนน)	7.86	4.49		

หมายเหตุ. * $p < .05$

1.2 ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนการรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน (ตาราง 2) พบว่าหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชันแล้ว พบว่ามีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์ (CU) จำนวน 11 คน โดยเป็นนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์ (CU) ก่อนเรียน จำนวน 3 คน เป็นนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ก่อนเรียน จำนวน 1 คน เป็นนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 1 คน เป็นนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (MC) ก่อนเรียน จำนวน 3 คน และเป็นนักเรียนที่ไม่มีความเข้าใจ (NU) ก่อนเรียน จำนวน 3 คน โดยมีตัวอย่างการตอบดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 คำถาม : การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนรูปพลังงานอย่างไร

ก่อนเรียน (MC #1) : การสังเคราะห์ด้วยแสงเปลี่ยนพลังงานแสงให้อยู่ในรูปพลังงานความร้อน เพราะพืชใช้ความร้อนในการสร้างอาหาร)

หลังเรียน (CU #1) : “กระบวนการสังเคราะห์แสงมีปฏิกิริยาแสงที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมี คือ ATP และ NADPH เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการตรึงคาร์บอนและได้ผลิตภัณฑ์คือน้ำตาลออกมา”

จากข้อความข้างต้น พบว่า ก่อนเรียน นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (MC) ว่าพืชเปลี่ยนพลังงานแสงให้กลายเป็นความร้อน เพื่อนำไปสร้างอาหาร ซึ่งในความเป็นจริงแล้วพืชไม่ได้เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อนโดยตรงเพื่อนำมาสร้างอาหาร แต่พืชเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีในรูปของน้ำตาล และหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในระดับที่ถูกต้อง (CU) โดยนักเรียนสามารถเขียนตอบแสดงเหตุผลได้ถูกต้องและครบถ้วนว่า ในการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชเปลี่ยนพลังงานแสงให้กลายเป็นพลังงานเคมี คือ ATP และ NADPH เพื่อนำไปใช้ในการตรึงคาร์บอน และได้ผลิตภัณฑ์คือน้ำตาล ซึ่งเป็นพลังงานเคมีเช่นกัน

ตัวอย่างที่ 2 คำถาม : การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนรูปพลังงานอย่างไร

ก่อนเรียน (PS #16) : “เพราะกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะรับแสงมาและเปลี่ยนพลังงานแสงที่ได้ไปเป็นพลังงานเคมีต่าง ๆ เพื่อเป็นการให้พลังงานแก่พืช”

หลังเรียน (CU #16) : “เพราะในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ปฏิกิริยาแสงจะดูดกลืนพลังงานแสงด้วยสารสี ทำให้เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอนผ่านตัวรับอิเล็กตรอนต่าง ๆ และได้ออกมาเป็น ATP NADPH และจะนำไปใช้ในการตรึง CO₂ เพื่อสร้างน้ำตาลต่อไปซึ่งเป็นพลังงานเคมี”

จากข้อความข้างต้น พบว่า ก่อนเรียน นักเรียนมีความเข้าใจโมทัศน์ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ว่า พืชเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีต่าง ๆ เพื่อเป็นการให้พลังงานแก่พืช และหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในระดับที่ถูกต้อง (CU) โดยนักเรียนสามารถเขียนตอบแสดงเหตุผลได้ถูกต้องและครบถ้วนว่า ในปฏิกิริยาแสง สารสีจะดูดพลังงานแสงและเกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอนผ่านตัวรับอิเล็กตรอนต่าง ๆ และได้เป็น ATP และ NADPH ที่จะถูกนำไปใช้ต่อในปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอน เพื่อสร้างเป็นน้ำตาลซึ่งเป็นพลังงานเคมี

ตาราง 2

การจำแนกกลุ่มโมทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 36 คน เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียน (pre) และหลังเรียน (post) ของโมทัศน์ จำนวน 3 โมทัศน์ ได้แก่ 1) ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง 2) โฟโตเรสไพเรชัน และ 3) ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

ชื่อโมทัศน์		กลุ่มโมทัศน์ (คน)				
		(ร้อยละ)				
		CU	PU	PS	MC	NU
1. ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง	Pre	5 (13.88)	1 (2.77)	1 (2.77)	12 (33.33)	17 (47.22)
	Post	11 (30.55)	5 (13.88)	7 (19.44)	10 (27.77)	3 (8.33)
2. โฟโตเรสไพเรชัน	Pre	2 (5.55)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (2.77)	33 (91.66)
	Post	23 (63.88)	0 (0.00)	1 (2.77)	3 (8.33)	9 (25.00)
3. ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	Pre	1 (2.77)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	35 (97.22)
	Post	26 (72.22)	0 (0.00)	0 (0.00)	1 (2.77)	9 (25.00)

2. ผลการศึกษาเกี่ยวกับแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการเปรียบเทียบแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน พบว่านักเรียนมีค่าเฉลี่ยของระดับแรงจูงใจก่อนเรียน เท่ากับ 4.32 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง และหลังเรียน เท่ากับ 4.71 ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างมาก เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระดับแรงจูงใจ โดยใช้สถิติการทดสอบค่าทีของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (*t*-test dependent) พบว่าค่าเฉลี่ยระดับแรงจูงใจ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตาราง 3)

ตาราง 3

ค่าเฉลี่ย (*M*) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และค่าทีของค่าเฉลี่ยของระดับแรงจูงใจ ก่อนเรียน (*Pre*) และหลังเรียน (*Post*)

ช่วงเวลาในการ ทำแบบวัด	ค่าสถิติ				ระดับแรงจูงใจ
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> -test	Sig	
ก่อนเรียน	4.32	25.72	2.55*	0.01	ปานกลาง
หลังเรียน	4.71	28.48			ค่อนข้างมาก

หมายเหตุ. **p*<.05

2.2 ผลการวิเคราะห์แรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียนระหว่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับแรงจูงใจในระดับสูง โดยลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียนที่ผู้วิจัยได้สังเกตและจดบันทึกในแบบสังเกตพฤติกรรม มีความสอดคล้องกับลักษณะพฤติกรรมที่ถูกบันทึกผ่านวิดีโอและการรายงานตนเองของนักเรียน ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงถึงแรงจูงใจในการเรียนรู้ชีววิทยา มีดังนี้

1) นักเรียนส่วนใหญ่ตั้งใจทำกิจกรรมและภารกิจที่ได้รับมอบหมายในแต่ละครั้ง และเมื่อครูมีคำถาม เช่น คำถามนำบทเรียน คำถามท้ายการทดลอง หรือคำถามในเกมเปิดแผ่นป้าย พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นที่จะตอบคำถามทุกครั้ง

2) ครูผู้สอนมีวิธีการจูงใจนักเรียนในระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละคาบ เช่น เอาใจใส่และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรมทุกครั้ง มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มให้คะแนนพิเศษแบบรายกลุ่มและรายบุคคล เมื่อนักเรียนสามารถทำภารกิจได้สำเร็จตามเป้าหมายหรือตอบคำถามถูกต้อง และเมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมในแต่ละคาบ ครูแสดงกระดานคะแนนกลุ่มให้นักเรียนเห็นถึงความก้าวหน้าในการเรียนแต่ละครั้ง

3) เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมในแต่ละคาบ ครูให้นักเรียนเขียนรายงานตนเอง (*self-report*) โดยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความชื่นชอบกิจกรรมการทดลอง และกิจกรรมเกมเปิดแผ่นป้าย เนื่องจากกิจกรรมการทดลองเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือทำการทดลองจริง ๆ และกิจกรรมเปิดแผ่นป้ายเป็นกิจกรรมที่สนุกและมีความท้าทาย ทำให้ได้แข่งขันกับเพื่อน ๆ ในห้องเรียน

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน มีมโนทัศน์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชันมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่สมบูรณ์ (CU) สูงขึ้นทั้ง 3 มโนทัศน์ คือ ปฏิกริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง โฟโตเรสไพเรชัน และปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง สามารถอภิปรายเหตุผลได้ 3 ประการ ดังนี้

1.1 การใช้แต้มคะแนนหรือรางวัล

ผู้เรียนมีมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง สูงขึ้น เนื่องมาจากการใช้แต้มคะแนนหรือรางวัล ส่งผลให้ผู้เรียนอยากมีส่วนร่วมในการเรียนหรือกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบมากขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการทำภารกิจหรือกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ครูมอบหมาย นำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ในขั้นสำรวจและค้นหา ผ่านการสังเกต ทดลอง และปรับความรู้ให้เข้ากับสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น ภารกิจการสกัดสารสีจากใบพืช ที่มีรางวัล คือ แต้มคะแนนกลุ่ม เป็นสิ่งที่กระตุ้นทำให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น และอยากมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบดังกล่าว ผ่านการสังเกตและทดลอง ซึ่งนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ สอดคล้องกับ Lee and Hammer (2011) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ที่ใช้คะแนนสะสมหรือรางวัล ทำหน้าที่เป็นสิ่งกระตุ้นทางอารมณ์ ที่ช่วยให้ผู้เรียนรู้สึกถึงการมีเป้าหมายในระยะสั้น ในระหว่างการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ใช้เวลานานและมีความซับซ้อน ส่งผลทำให้เกิดพลวัตในการเรียนรู้ และความสนุกสนานในการเรียน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Barata et al. (2013) ที่พบว่า การนำกลไกของเกม เช่น คะแนนสะสมมาใช้ร่วมกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนุกสนาน และรู้สึกถึงความก้าวหน้าในการเรียน ซึ่งเป็นสิ่งขับเคลื่อนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนมากขึ้น และนำไปสู่การมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องมากขึ้น

1.2 กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการแข่งขัน

การแข่งขันแบบกลุ่ม ส่งผลให้ผู้เรียนรู้สึกมีความท้าทาย ช่วยลดความกังวล และทำให้บรรยากาศการเรียนมีความผ่อนคลายและสนุกสนาน ผู้เรียนจึงอยากมีส่วนร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบมากขึ้น เช่น ภารกิจการแข่งขันนำเสนอหัวข้อที่ศึกษาในเรื่องปฏิกริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความตั้งใจในการแสวงหาความรู้ ผู้เรียนจึงสามารถสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ เรื่องปฏิกริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง ของพืช C_3 พืช C_4 และพืช CAM ได้ หรือภารกิจการแข่งขันสร้างผังมโนทัศน์ เรื่องปฏิกริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง ในขั้นขยายความรู้ ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงแนวคิดหรือมโนทัศน์ เรื่องปฏิกริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง ขึ้นได้ สอดคล้องกับ Li et al. (2022) ที่พบว่า การแข่งขันในชั้นเรียน สามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยการแข่งขันแบบกลุ่มทำให้ผู้เรียนรู้สึกท้าทายและดึงดูดให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นได้

1.3 การให้ข้อมูลป้อนกลับ

ในระหว่างที่มีการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ครูผู้สอนมีการประเมินความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบทสนทนาของผู้เรียน โดยเมื่อครูผู้สอนพบว่า ผู้เรียนมีบทสนทนาที่คลาดเคลื่อน จึงได้ให้ข้อมูลป้อนกลับ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง หรือเกิดบทสนทนาที่ถูกต้องขึ้นได้ สอดคล้องกับ Selcuk and Keskin (2024) และ สุรพล บุญลือ (2561) ที่กล่าวว่า เกมมิฟิเคชันที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับจะช่วยให้ผู้เรียนได้ทราบว่าความรู้ความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียนนั้นถูกต้องหรือไม่ และแก้ไขให้นักเรียนเกิดบทสนทนาที่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ ได้

2. นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีระดับแรงจูงใจอยู่ในระดับสูงในระหว่างเรียนนั้น สามารถอธิบายเหตุผล ตามทฤษฎีการตัดสินใจด้วยตนเอง (Self-determination theory) ของ Deci and Ryan (2000) ได้ 2 ประการ ดังนี้

1) การได้รับสิ่งที่ตอบสนองต่อความต้องการมีสมรรถนะของนักเรียน (Need for competence)

การได้รับรางวัล เป็นสิ่งที่แสดงถึงสมรรถนะของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนรับรู้ว่าคุณสมบัติของตนเองนั้นสามารถทำบางสิ่งได้ดี จึงทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นเรียนมากขึ้น การกำหนดภารกิจหรือกิจกรรมที่ไม่ยากหรือง่ายเกินไป โดยคำนึงถึงความสามารถของผู้เรียน เพื่อให้ทุกคนมีโอกาสในการประสบความสำเร็จในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ และเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Deci and Ryan (2000) ที่กล่าวว่า ความรู้สึกถึงการมีสมรรถนะ เป็นหนึ่งในความต้องการพื้นฐานทางจิตวิทยาที่ช่วยส่งเสริมแรงจูงใจภายในของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนรู้สึกว่าคุณสมบัติของคุณและทำงานให้สำเร็จได้ด้วยตนเอง จะทำให้เกิดความพึงพอใจและแรงผลักดันในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น รวมทั้งการสนับสนุนให้ผู้เรียนรู้สึกมีความสามารถและได้รับข้อเสนอแนะที่เหมาะสม มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนเกิดความตั้งใจและความมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางการเรียนมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vansteenkiste et al. (2004) ที่พบว่า การสร้างประสบการณ์ที่ให้ผู้เรียนได้รับความสำเร็จเล็ก ๆ อย่างต่อเนื่อง เช่น การได้รับรางวัลหรือข้อมูลป้อนกลับที่เชิงบวก ช่วยเพิ่มแรงจูงใจภายใน การมีส่วนร่วมและความตั้งใจในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่าการออกแบบกิจกรรมที่เอื้อต่อความสำเร็จที่จับต้องได้ของผู้เรียน มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ในระยะยาว

2) การตอบสนองความต้องการความสัมพันธ์กับผู้อื่น (Need for relatedness)

กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการแข่งขันแบบกลุ่ม ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้ทางชีววิทยาสูงขึ้น เนื่องจากการเรียนรู้ในลักษณะนี้ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกถึงการเป็นที่ยอมรับและได้รับการสนับสนุนจากผู้อื่น การมีปฏิสัมพันธ์และการทำงานร่วมกับเพื่อน ช่วยให้ผู้เรียนรู้สึกว่าตนเองมีบทบาทในกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Deci and Ryan (2000) ที่ระบุว่า การตอบสนองต่อความต้องการความสัมพันธ์กับผู้อื่น จะช่วยเสริมแรงจูงใจ และการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนรู้สึกว่ามีความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น และได้รับการยอมรับจากกลุ่ม จะทำให้พวกเขามีความสุขและกระตือรือร้นที่จะมีส่วนร่วม

ในการเรียนรู้มากขึ้น โดยที่ไม่รู้สึกเป็นภาระหรือถูกบังคับให้ทำ ด้วยเหตุนี้ การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่น จะทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเรียนเพิ่มขึ้น เพราะผู้เรียนจะเกิดความรู้สึกว่าตนเองเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มและมีคุณค่าต่อกลุ่มนั้น ๆ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1. ครูผู้สอนสามารถสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้ โดยการนำระบบแต้มรางวัลมาใช้ในรูปแบบของคะแนนรายบุคคลหรือคะแนนกลุ่ม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความตั้งใจและมุ่งมั่นในการทำกิจกรรมให้สำเร็จควบคู่กับการจัดกิจกรรมการแข่งขันที่มีความท้าทายและเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน โดยผสมผสานระหว่างกิจกรรมที่ยากและง่าย พร้อมให้ข้อมูลป้อนกลับในระหว่างกระบวนการเรียนรู้ เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้อย่างถูกต้องและเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

2. การวิจัยครั้งนี้ มีข้อสังเกตว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่ม ที่มีการคละสามารถของผู้เรียน และมีจำนวนนักเรียนต่อกลุ่มใกล้เคียงกัน มีผลทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น ทำให้นักเรียนได้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างกัน รวมทั้งช่วยลดความตึงเครียดในระหว่างเรียนได้ ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรคำนึงถึงความสามารถของนักเรียน และจำนวนนักเรียนต่อกลุ่ม โดยควรมีการจัดกลุ่มนักเรียนที่มีการคละสามารถ และจำนวนนักเรียนต่อกลุ่มไม่มากเกินไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเกมมิฟิเคชัน ซึ่งสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมีมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ถูกต้อง และมีแรงจูงใจในการเรียนชีววิทยาที่สูงขึ้น ด้วยการทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น ผ่านกลไกของเกม เช่น รางวัล การแข่งขัน เกิดการลงมือปฏิบัติและแสวงหาความรู้ นำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือมโนทัศน์ทางชีววิทยา ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการศึกษาผลของการนำกลไกเกมรูปแบบอื่น ๆ มาใช้ เช่น ระดับขั้น (level) สินค้าเสมือน (virtual goods) และการให้ของขวัญและบริจาค (gifting and charity) และยังสามารถขยายผลศึกษาเกี่ยวกับความคงทนในการเรียนรู้ (learning retention) ของผู้เรียนได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เจตินาร์ สายนุ้ย และ อัมพร วัจนะ. (2565). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*, 12(1), 229-243.

<https://so04.tci-thaijo.org/index.php/neuarj/article/view/255948>

ฐาปกร ฤทธิ์มหา, อลงกลด แทนอมทอง, และ ปาริชาติ แสนนา. (2566). ความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจในการเรียนชีววิทยาและความเข้าใจแนวคิดทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 25(2), 242-252.

https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/246300/167835

นุชลี อุปภัย. (2558). *จิตวิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง ปี พ.ศ. 2560)* (พิมพ์ครั้งที่ 2). โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สุรพล บุญลือ. (10 ตุลาคม 2561). Gamification in Education. ใน สุรพล บุญลือ (ประธาน), *การบรรยายการอบรมเชิงวิชาการ เรื่อง “Gamification In Education”* [Symposium]. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

อวยพร ดำริ่มงกิจ และ สุรีย์พร สว่างเมฆ (2565). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนร่วมกับแนวคิดเกมมิฟิเคชันเพื่อพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกันสำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์. *วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น*, 8(12). 30-44.

<https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jsa-journal/article/download/257915/178284/1008542>

ภาษาอังกฤษ

Atchia, S. M. C., Chummun, D., & Luckho, S. (2024). Use of design thinking as a strategy to identify and clear students' misconceptions in photosynthesis: A case study. *Journal of Biological Education*, 58(3), 666-683.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2100452>

- Barata, G., Gama, S., Jorge, J., & Gonçalves, D. (2013). Improving participation and learning with gamification. *Proceedings of the First International Conference on Gameful Design, Research, and Applications*, 2(1), 10–17.
<https://doi.org/10.1145/2583008.2583010>
- Cimer, A. (2012). What makes biology learning difficult and effective: Students' views. *Educational research and reviews*, 7(3), 61-71. <https://shorturl.asia/vBVqi>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “What” and “Why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268.
https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01
- Haslam, F., & Treagust, D. F. (1987). Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument. *Journal of biological education*, 21(3), 203-211.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.1987.9654897>
- Jayanti, P. (2020). Comparative study: Misconceptions on photosynthesis and respiration concepts from past to the present. *Journal of penelitian pendidikan sains*, 9(1), 1750-1755. <https://doi.org/10.26740/jpps.v9n1.p1750-1755>
- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.
- Lee, J. J., & Hammer, J. (2011). Gamification in education: What, how, why bother?. *Academic exchange quarterly*, 15(2), 146-150.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3714308>
- Li, G., Li, Z., Wu, X., & Zhen, R. (2022). Relations between class competition and primary school students' academic achievement: learning anxiety and learning engagement as mediators. *Frontiers in psychology*, 13(1), 11-20.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.775213>
- Liu, X., & Lesniak, K. (2006). Progression in children's understanding of the matter concept from elementary to high school. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 43(3), 320-347. <https://doi.org/10.1002/tea.20114>
- Loima, J., & Vibulphol, J. (2015). Learning and motivation in Thailand: A comparative regional study on basic education ninth graders. *International Education Studies*, 9(1), 31-43. <https://www.ccsenet.org/journal/index.php/ies/article/view/48627>

- National Research Council. (1996). *Science teaching reconsidered: A handbook*. National Academies Press. <https://shorturl.asia/xCpEX>
- Pintrich, P. R., Smith, D. A., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. (n.p.). <https://eric.ed.gov/?id=ED338122>
- Prokop, P., Prokop, M., & Tunnicliffe, S. D. (2007). Is biology boring? student attitudes toward biology. *Journal of biological education*, 42(1), 36-39. <https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656105>
- Selcuk, Z., & Keskin, M. O. (2024). Gamification in biology education: A systematic review analysis. *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(55), 375-405. https://www.researchgate.net/publication/387740664_Gamification_in_biology_education_A_systematic_review_analysis
- Sotiriou, S., & Bogner, F. X. (2011). Inspiring Science learning: Designing the Science classroom of the future. *Advanced Science Letters*, 4(11), 11-20. <https://doi.org/10.1166/asl.2011.2039>
- Susanti, R. (2017, September 16). *Misconception of biology education student of teacher training and education of Sriwijaya University to the concept of photosynthesis and respiration* [Paper presentation]. The 1st International Conference on Science, Mathematics, Environment and Education, Solo Baru, Indonesia.
- Tamam, B., & Fikriyah, A. (2024). The effect of students' learning motivation toward retention in biology learning using augmented reality-based media. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Science Education*, 5(1), 16-22. <https://doi.org/10.35719/mass.v5i1.157>
- Tuan, H. L., Chin, C. C., & Shieh, S. H. (2005). The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning. *International journal of science education*, 27(6), 639-654. <https://doi.org/10.1080/0950069042000323737>
- Vansteenkiste, M., Simons, J., Lens, W., Sheldon, K. M., & Deci, E. L. (2004). Motivating learning, performance, and persistence: the synergistic effects of intrinsic goal contents and autonomy-supportive contexts. *Journal of personality and social psychology*, 87(2), 246-260. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.2.246>