

ผลการสำรวจมโนคติที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีพื้นฐานของ
สิ่งมีชีวิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยแบบทดสอบวินิจฉัย
หลายตัวเลือกแบบสองลำดับขั้น

The Result of Misconceptions Survey in Biology Regarding the
Chemical in Organism with a Two – Tier Diagnostic Test for Tenth
Grade Students

Received : 2022-12-07

Revised : 2023-06-09

Accepted : 2023-09-13

ผู้วิจัย ภาณุพงศ์ นัยผุด¹

Panupong Nuypud

Panupong_n123@hotmail.com

อรุณรัศมี วณิชชานนท์²

Arunrut Vanichanon

บทคัดย่อ

จากเป้าหมายการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยาเพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎีและข้อจำกัดโดยผ่าน
การจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองจากความรู้ และความเข้าใจที่มีอยู่เดิมผสมผสานกับสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน แต่มโน
คติที่สร้างขึ้นอาจเป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์หรือถูกต้องบางส่วน และจากการสำรวจมโนคติที่คลาดเคลื่อนของ
นักเรียนโดยการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับขั้นในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีพื้นฐานของ
สิ่งมีชีวิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 63 คน ซึ่งได้รับการเลือกแบบเจาะจงเฉพาะนักเรียน
แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนในมโนคติหลักเรื่องชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่พบ
ในสิ่งมีชีวิตในข้อที่ 3 มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 79.37 รองลงมาเรื่องปัจจัยและตัวบ่งชี้ของเอนไซม์คิดเป็นร้อยละ
66.67 และมีมโนคติหลักเรื่องการทดสอบคาร์โบไฮเดรต นักเรียนมีมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็น
ร้อยละ 36.51 ดังนั้นผลจากการสำรวจและรวบรวมสามารถนำไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้เกิด
ประสิทธิภาพ บรรลุจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนต่อไป

คำสำคัญ แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับ, มโนคติที่คลาดเคลื่อน, เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

¹ นิสิตวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

Student, Master of Science in Science Education, Faculty of Science, Thaksin University

² อาจารย์ ดร. สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

Dr. in Basic Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University

Abstract

The goal of biology learning is to provide students with scientific knowledge, understanding of principles, theories, boundaries, and limitations. It is believed that students can comprehend concepts on their own by combining existing knowledge and understanding within daily life. But concept understanding may not be complete or partially correct. The two – tier diagnostic test in biology regarding the topic of chemical in organism was used to survey students' misconceptions. Sixty- three tenth graders were purposively selected from the science and mathematics classes in the first semester of the academic year 2022, school in Surat Thani province.

The result showed that in the item 3 about the types of carbohydrate, students had the most misconception at 79.37%. The second one was at 66.67% which was about the factors and inhibitors of enzyme. Moreover, the least misconceptions accounted for 36.51% about the carbohydrate test. The results are important data used to design effective learning management to achieve biology curriculum goals and develop concept understanding.

Keywords a two – tier diagnostic test, misconceptions, Chemical in Organism

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้และมีบทบาทสำคัญอย่างมากในปัจจุบันและอนาคตเพราะองค์ความรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ตลอดจนเทคโนโลยีที่ใช้เพื่ออำนวยความสะดวก สิ่งเหล่านี้เป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ และวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีความคิด การมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ รวมทั้งสามารถประเมินสารสนเทศ ตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้

จากเป้าหมายการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ต้องการให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์การแบ่งเซลล์และการหายใจระดับเซลล์ และเป้าหมายที่สำคัญอย่างหนึ่งในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือให้นักเรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎี ขอบเขต ข้อจำกัดโดยผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ โดยเชื่อว่านักเรียนทุกคนสามารถสร้างมโนทัศน์ได้ด้วยตนเองจากความรู้ ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมผสมผสานกับสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน แต่มโนทัศน์ที่สร้างขึ้นอาจเป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์หรือถูกต้องบางส่วน (ธัญญา คงทน และคณะ, 2559)

หากกล่าวถึงการจัดการเรียนรู้ในวิชาชีววิทยา ส่วนมากผู้สอนจะมุ่งเน้นเนื้อหา ความรู้ ความจำ นักเรียนจึงมีความเชื่อว่าวิชาชีววิทยาเป็นวิชาที่เข้าใจได้ยาก จึงท่องจำเนื้อหาเพื่อให้มีผลสัมฤทธิ์ที่ดี แต่ก็มีนักเรียนจำนวนไม่น้อยยังคงมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยเฉพาะเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากการจัดการเรียนรู้เรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตพบว่ามีเนื้อหาค่อนข้างมาก ยากและเป็นนามธรรม หรือไม่สามารถพบหรือจับต้องได้ ต้องอาศัยจินตนาการในการทำความเข้าใจ (อรอนงค์ อินทร์ตา และคณะ, 2560) ดังนั้นจึงพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาเรื่องนี้ และส่งผลกระทบต่อนักเรียนในการเรียนวิชาชีววิทยาในเรื่องถัดไป (Tekkaya, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ และวรรณทิพา รอดแรงคำ (2552) ซึ่งพบว่านักเรียนที่เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจะให้นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาวิชา และเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาแนวคิดของตนเองในลำดับถัดไป และจากงานวิจัยของพอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์ และจิระวรรณ เกษสิงห์ (2555) พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติของสารพันธุกรรม ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ไม่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้ในเรื่องนี้ที่ต้องอาศัยการเชื่อมโยงมโนทัศน์เดิมเกี่ยวกับธาตุที่เป็นองค์ประกอบ พันธะโมเลกุลและปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับสมบัติของสารพันธุกรรม

ไพรวล ดวงตา (2555) กล่าวว่าความพยายามในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้มีอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การใช้วิธีที่ไม่เป็นทางการ เช่น การสังเกต และการสอบถาม แต่ต่อมาได้มีการนำเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานมาใช้ในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางการเรียน เช่น แบบทดสอบ แบบการวิเคราะห์พฤติกรรมอื่น ๆ ซึ่งไพรวล ดวงตา (2555) ยังได้กล่าวว่าอีกว่า ในบรรดาเครื่องมือเหล่านี้ แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้สามารถแก้ปัญหาได้ตรงจุดที่สุด เพราะแบบทดสอบนี้สามารถบ่งชี้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยตรง อีกทั้งยังประหยัดเวลาและแรงงานของครูผู้สอนและช่วยเหลือนักเรียนให้รู้ข้อบกพร่องของตนเอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการประเมินความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการสำรวจความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพ บรรลุจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและพัฒนาโมทัศน์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจมโนคติที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับ
2. เพื่อตรวจสอบมโนคติหลักที่นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนไว้สำหรับการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับ

วิธีดำเนินการวิจัย

การสำรวจมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับชั้นในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 63 คน ซึ่งได้รับการเลือกแบบเจาะจงเฉพาะนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนในจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีการวินิจฉัยมโนคติที่คลาดเคลื่อนโดยการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับชั้น
2. ดำเนินการศึกษาลักษณะและผลการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และกำหนดมโนคติหลักดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเรียนรู้และมโนคติหลักในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

ผลการเรียนรู้	มโนคติหลัก
สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต	1. สมบัติของน้ำ
สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	2. ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่พบในสิ่งมีชีวิต 3. การทดสอบคาร์โบไฮเดรต
สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	4. โครงสร้างและความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต
สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	5. ชนิดและความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต 6. ความแตกต่างของลิพิดและสารเคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ
อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก และระบุชนิดของกรดนิวคลีอิกและความสำคัญของกรดนิวคลีอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	7. สมบัติและโครงสร้างของสารพันธุกรรม
สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต	8. การทำงานของเอนไซม์ในสิ่งมีชีวิต
อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตและระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์	9. ปัจจัยและตัวยับยั้งของเอนไซม์

3. นำมโนมติหลักที่กำหนดไปให้ผู้เชี่ยวชาญและสอน เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ในรายวิชาชีววิทยา จำนวน 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้เพื่อตรวจสอบความเป็นไปโดยกำหนดคุณภาพของแบบทดสอบตามทฤษฎีการสร้างแบบทดสอบ พิจารณาความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และมโนมติหลัก และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปออกแบบทดสอบ

4. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับขั้นแบบ 5 ตัวเลือก ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตและนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านชีววิทยาจำนวน 3 ท่านพิจารณาความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และมโนมติหลัก (IOC) และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปออกแบบทดสอบ โดยประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนคำตอบและขั้นเหตุผล เช่น

1. มโนมติหลัก เรื่อง สมบัติของน้ำ

1.1. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำ

- ก. สารทุกชนิดละลายน้ำได้ เพราะน้ำเป็นสารที่มีขั้ว
- ข. น้ำเป็นสารที่มีขั้ว สารประกอบไม่มีขั้วจึงไม่สามารถละลายน้ำได้
- ค. น้ำเป็นสารที่มีขั้วเพราะโมเลกุลของน้ำประกอบด้วย H และ O
- ง. อะตอมของ H และ O ในโมเลกุลของน้ำเกิดพันธะไฮโดรเจน น้ำจึงมีขั้ว
- จ. ไม่ตอบ

1.2. เพราะเหตุใด

- ก. สารทุกชนิดสามารถละลายน้ำได้ เพราะน้ำจัดเป็นตัวทำละลาย
- ข. น้ำเป็นสารที่มีขั้ว ทำให้สารประกอบที่ไม่มีขั้วไม่สามารถละลายน้ำได้
- ค. โมเลกุลของน้ำประกอบด้วย H และ O ในอัตราส่วน 1 : 1 ทำให้น้ำเป็นสารมีขั้ว
- ง. พันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของน้ำทำให้น้ำเป็นสารที่มีขั้ว
- จ. ไม่ตอบ

2. มโนมติหลัก เรื่อง ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่พบในสิ่งมีชีวิต

2.1. ข้าวเจ้าเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของมนุษย์ ถ้านักเรียนนำข้าวเจ้ามาทดสอบองค์ประกอบทางเคมี นักเรียนจะพบสารชีวโมเลกุลชนิดใดบ้าง

- | | |
|----------------|-------------|
| A. Cellulose | B. Amylose |
| C. Amylopectin | D. Glycogen |

- ก. A
- ข. C และ D
- ค. B และ C
- ง. A, B และ C
- จ. ไม่ตอบ

2.2. เพราะเหตุใด

- ก. ข้าวมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้มี Amylose และ Amylopectin
- ข. ผงแป้งของข้าวมีเซลล์เป็นองค์ประกอบ
- ค. Amylopectin และ Glycogen เป็นอาหารสะสมในเซลล์พืชและสัตว์
- ง. องค์ประกอบที่พบในข้าวส่วนใหญ่เป็นแป้งและเซลล์
- จ. ไม่ตอบ

5. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับขั้นแบบ 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ที่ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพได้ผลการวิเคราะห์ค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 – 1 และนำแบบทดสอบ เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์และจำแนกตามระดับความเข้าใจ 5 ระดับตามแนวคิดของเวสต์บรูกและมารเค (Westbrook and Marek) ดังนี้

5.1. มโนคติในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) คือ คำตอบของนักเรียนถูกและเลือกเหตุผลถูกต้องสมบูรณ์

5.2. มโนคติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) คือ คำตอบของนักเรียนถูกต้องและแต่เลือกเหตุผลไม่ถูกต้อง

5.3. มโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PS) คือ คำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้องแต่เลือกเหตุผลถูก

5.4. มโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) คือ คำตอบของ นักเรียนผิดและเลือกเหตุผลไม่ถูกต้อง

5.5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding, NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตอบคำถามและไม่เลือกตอบเหตุผล

6. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาจำนวนร้อยละของนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบและเสนอรูปแบบวิธีการสอนที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาความเข้าใจโมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

ผลการศึกษา

จากการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับขั้นที่ผ่านการปรับปรุงและวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญเพื่อสำรวจมโนคติที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 63 คน ซึ่งได้รับการเลือกแบบเจาะจงเฉพาะนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนในจังหวัดสุราษฎร์ธานี และจากผลการตรวจคำตอบของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ที่ได้ตามระดับความเข้าใจ 5 ระดับตามแนวคิดของเวสต์บรูกและมาเรค (Westbrook and Marek) สามารถจำแนกร้อยละของนักเรียนออกเป็นกลุ่มตามระดับความเข้าใจได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติ เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต

มโนคติหลัก	ข้อที่	IOC	มโนคติของนักเรียน (%)				
			CU	PU	PS	AC	NU
สมบัติของน้ำ	1	1.00	39.68	3.17	6.35	50.79	0.00
ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่พบในสิ่งมีชีวิต	2	1.00	15.87	19.05	7.94	55.56	1.59
	3	1.00	11.11	6.35	1.59	79.37	1.59
การทดสอบคาร์โบไฮเดรต	4	0.67	17.46	20.63	23.81	36.51	1.59
โครงสร้างและความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	5	1.00	34.92	3.17	9.52	46.03	6.35
ชนิดและความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	6	1.00	26.98	7.94	25.40	38.10	1.59
ความแตกต่างของลิพิดและสารเคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ	7	0.67	31.75	1.59	14.29	49.21	3.17
สมบัติและโครงสร้างของสารพันธุกรรม	8	1.00	26.98	4.76	4.76	60.32	3.17
การทำงานของเอนไซม์ในสิ่งมีชีวิต	9	1.00	33.33	11.11	7.94	47.62	0.00
ปัจจัยและตัวยับยั้งของเอนไซม์	10	1.00	19.05	9.52	1.59	66.67	3.17
ค่าเฉลี่ยทุกมโนคติหลัก	-	-	25.71	8.73	10.32	53.02	2.22

หมายเหตุ CU = มโนคติในระดับที่สมบูรณ์, PU = มโนคติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, PS = มโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน, AC = มโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อน และ NU = ไม่เข้าใจ

จากตารางที่ 2 แสดงจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติ เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียน ทั้ง 9 มโนคติหลัก พบว่านักเรียนมีมโนคติตั้งแต่ระดับความไม่เข้าใจจนถึงความเข้าใจในระดับที่สมบูรณ์โดยส่วนใหญ่จะมีมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนคือนักเรียนตอบผิดและเลือกเหตุผลไม่ถูกต้องจำนวนร้อยละ 53.02 ส่วนร้อยละ 25.71 มีมโนคติในระดับที่สมบูรณ์ คือนักเรียนสามารถตอบและเลือกเหตุผลได้ถูกต้อง แต่มีนักเรียนจำนวนร้อยละ 10.32 ตอบไม่ถูกต้องแต่เลือกเหตุผลถูกหรือมีมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน และจำนวนร้อยละ 8.73 มีความเข้าใจมโนคติในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และนักเรียนไม่ตอบคำถามจำนวนร้อยละ 2.22

เมื่อพิจารณาโมติหลักแต่ละประเด็น พบว่ามโนคติข้อที่ 3, 10 และ 8 นักเรียนมีความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อนสูงที่สุดตามลำดับ โดยมีมโนคติข้อที่ 3 เรื่อง ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่พบในสิ่งมีชีวิต ซึ่งให้นักเรียนเลือกคำตอบว่าข้อใดกล่าวถึง Cellulose และ Chitin ได้ถูกต้อง พร้อมให้เลือกเหตุผลประกอบ พบว่ามีนักเรียนที่มีมโนคติในระดับที่สมบูรณ์จำนวนร้อยละ 11.11 ซึ่งน้อยที่สุด และมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนคือเลือกคำตอบและเลือกเหตุผลไม่ถูกต้องหรือมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนจำนวนร้อยละ 79.37 ซึ่งสูงที่สุด เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแหล่งที่พบ Cellulose และ Chitin รองลงมาเป็นมโนคติข้อที่ 10 เรื่อง ปฏิกิริยาและตัวยับยั้งของเอนไซม์ พบว่านักเรียนมีมโนคติที่สมบูรณ์จำนวนร้อยละ 19.05 แต่มีนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนหรือเลือกคำตอบและบอกเหตุผลไม่ถูกต้องจำนวนร้อยละ 66.67 โดยนักเรียนไม่สามารถเลือกเหตุผลได้เมื่อกล่าวถึงการทำงานของตัวยับยั้งเอนไซม์ว่ามีผลต่อเอนไซม์อย่างไร และข้อที่ 8 เรื่อง สมบัติและโครงสร้างของสารพันธุกรรม นักเรียนมีความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 60.32 เนื่องจากนักเรียนเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของ DNA และ RNA โดยนักเรียนเลือกตอบและเลือกเหตุผลว่า DNA และ RNA มีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อน และเมื่อพิจารณาว่ามโนคติที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด พบว่าข้อที่ 4 เรื่อง การทดสอบคาร์โบไฮเดรต นักเรียนมีมโนคติในระดับที่สมบูรณ์จำนวนร้อยละ 17.46 โดยนักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับการทดลองและผลที่เกิดจากการทดสอบน้ำตาลด้วยสารละลายเบเนดิกซ์ได้ แต่พบว่านักเรียนมีมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดซึ่งคิดเป็นร้อยละ 36.51 เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการทดสอบน้ำตาลซูโครสด้วยสารละลายเบเนดิกซ์ ส่งผลให้นักเรียนเลือกคำตอบและเหตุผลไม่ถูกต้อง

หากพิจารณาโมติในระดับที่สมบูรณ์ พบว่ามโนคติข้อที่ 1, 5 และ 9 นักเรียนมีความเข้าใจในระดับที่ถูกต้องสมบูรณ์ตามลำดับ โดยมีมโนคติข้อที่ 1 เรื่อง สมบัติของน้ำ นักเรียนสามารถเลือกคำตอบและเหตุผลได้อย่างถูกต้องจำนวนร้อยละ 39.68 แต่ยังมีนักเรียนจำนวนร้อยละ 50.79 ที่มีความเข้าใจในระดับที่คลาดเคลื่อน และจากข้อที่ 5 นักเรียนมีมโนคติที่สมบูรณ์ แต่พบว่ายังมีนักเรียนจำนวนร้อยละ 46.03 ที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากนักเรียนไม่สามารถเลือกคำตอบและเหตุผลที่สามารถอธิบายหน้าที่และโครงสร้างของโปรตีนได้อย่างถูกต้อง และมีมโนคติข้อที่ 9 เรื่อง การทำงานของเอนไซม์ในสิ่งมีชีวิต นักเรียนมีมโนคติที่สมบูรณ์จำนวนร้อยละ 33.33 แต่ยังมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนจำนวนร้อยละ 47.62 เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถเลือกคำตอบและเหตุผลที่สามารถอธิบายการทำงานของเอนไซม์และผลิตภัณฑ์ที่ได้ในปฏิกิริยาได้อย่างถูกต้อง

สรุปผลการวิจัย

จากการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับขั้นเพื่อสำรวจมโนคติที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต พบว่านักเรียนมีมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนในมโนคติหลัก เรื่องชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่พบในสิ่งมีชีวิตในข้อที่ 3 มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 79.37 รองลงมาเรื่องปฏิกิริยาและตัวยับยั้งของเอนไซม์คิดเป็นร้อยละ 66.67 และมีมโนคติหลักเรื่องการทดสอบคาร์โบไฮเดรต นักเรียนมีมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.51

อภิปรายผล

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับขั้นแบบ 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ ที่ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพได้ผลการวิเคราะห์ค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 – 1 เพื่อสำรวจมโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยา เรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นคำตอบและขั้นเหตุผล พบว่านักเรียนมีมโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อนในมโนติดังนี้

1. ในมโนคติหลัก เรื่อง สมบัติของน้ำ (ข้อ 1) พบว่าจำนวนนักเรียนร้อยละ 50.79 มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน โดยนักเรียนเลือกคำตอบและเหตุผลไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนให้คำตอบว่าพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของ H และ O ในโมเลกุลของน้ำ ซึ่งเป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อนเนื่องจากโมเลกุลของน้ำประกอบด้วย H 2 อะตอม และ O 1 อะตอม เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์ที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน โดย H เป็นประจุบวกและ O เป็นประจุลบ ทำให้น้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิตตา สำนักรัตน์ และสุธา ภูสีหิธศักดิ์ (2558) ได้อธิบายว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะเคมี และสารจุส แทนจินดารัตน์ และชาติรี ฝ่ายคำตา (2559) อธิบายถึงการพัฒนามโนคติที่คลาดเคลื่อนควรให้นักเรียนเข้าใจเรื่องพันธะเคมีผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองหรือโมเดล

2. มโนคติหลัก เรื่อง ชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่พบในสิ่งมีชีวิต พบว่านักเรียนจำนวนร้อยละ 55.56 (ข้อ 2) และ 79.37 (ข้อ 3) มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับชนิดของคาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะความแตกต่างและแหล่งที่พบของน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ (Polysaccharide) ซึ่ง Cellulose เป็นส่วนประกอบที่พบในผนังเซลล์ของพืช ส่วน Chitin พบในผนังเซลล์ของเห็ดรา แต่นักเรียนเลือกคำตอบและเหตุผลในข้อที่ 2 และ 3 ไม่ถูกต้อง เพราะมโนคติหลักเรื่องชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่พบในสิ่งมีชีวิตมีเนื้อหาค่อนข้างมาก ส่งผลให้ยากต่อการจดจำและความเข้าใจได้ทั้งหมด (เบญจมาภรณ์ อินทรโสม และอรรณพ พิมพมงคล, 2558) เพื่อพัฒนามโนคติหลักที่มีเนื้อหาค่อนข้างมาก ควรจัดการเรียนรู้ร่วมกับการสร้าง Mind mapping เนื่องจากช่วยให้นักเรียนสามารถจัดหมวดหมู่และจำแนกชนิดของคาร์โบไฮเดรตได้ ทำให้ง่ายต่อการจดจำ (วันวิสา กองเสน, 2557)

3. มโนคติหลัก เรื่อง การทดสอบคาร์โบไฮเดรต (ข้อ 4) มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการทดสอบคาร์โบไฮเดรตน้อยที่สุด เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายและสรุปผลการทดลองได้ว่าหากนำสารละลาย Benedict ไปทดสอบกับน้ำตาล จะเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นตะกอนอิฐสีแดง แต่ยังพบว่านักเรียนจำนวนร้อยละ 36.51 ยังมีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน เพื่อพัฒนามโนคติของนักเรียนที่ถูกต้องควรจัดการเรียนรู้โดยใช้การทดลองเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจและยังช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์มากขึ้นด้วย (ธนกรณ์ ก้องเสียง, 2558)

4. มโนคติหลัก เรื่อง โครงสร้างและความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต (ข้อ 5) พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 46.03 มีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากนักเรียนเข้าใจว่าโครงสร้างของโปรตีนเกิดจากการสร้างพันธะเปปไทด์ระหว่างหมู่ Carbonyl และ Amine ซึ่งเป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากพันธะเปปไทด์เกิดจากอะตอมของ C ในหมู่ Carboxylic Acid ของ Amino Acid โมเลกุลที่ 1 และอะตอมของ N ในหมู่ Amine ใน Amino acid โมเลกุลที่ 2 จากการศึกษางานวิจัยเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความจริงเสริมโดยการสร้างแบบจำลองโมเลกุลของ กรณิกา เงินบุตรโคตรและคณะ (2565) พบว่านักเรียนมีความเข้าใจเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์มากขึ้น ซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานที่จะนำไปพัฒนามโนคติเรื่องนี้ได้ (Smith *et al.*, 1993) ดังนั้นเพื่อพัฒนาพัฒนาให้นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องควรจัดการเรียนรู้โดยใช้ใบกิจกรรมหรือชุดกิจกรรมที่แสดงโมเลกุลและหมู่ฟังก์ชันของ Amino acid เพื่อให้นักเรียนได้สร้างโมเลกุลของโปรตีนจากโมเลกุลของ Amino Acid โดยการนำมาต่อกันเป็นสายยาว ซึ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการทำพันธะเปปไทด์ระหว่างหมู่ Carbonyl และ Amine

5. มโนคติหลัก เรื่อง ชนิดและความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต (ข้อ 6) พบว่ามีนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 38.10 เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจว่าไตรกลีเซอไรด์เป็นลิพิดที่พบมาในพืชและสัตว์ ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของกลีเซอรอล 3 โมเลกุลและกรดไขมัน 1 โมเลกุล ซึ่งมโนคติที่ถูกต้องคือเกิดจากกลี

เซอรอล 1 โมเลกุลทำพันธะกับกรดไขมัน 3 โมเลกุล นักเรียนจึงเกิดการสับสน และเลือกคำตอบและเหตุผลผิด ดังนั้นการพัฒนาโมเดลที่ถูกต้องควรให้นักเรียนเห็นภาพหรือโครงสร้างเสมือนจริงโดยการสร้างแบบจำลอง โมเลกุลของกลีเซอรอลและกรดไขมัน เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจสูตรโครงสร้างและการสร้างพันธะมากขึ้น (กรรณิกา เงินบุตรโคตรและคณะ, 2565)

6. เมื่อสำรวจมโนคติเกี่ยวกับความแตกต่างของลิพิดและสารเคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ (ข้อ 7) คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และกรดนิวคลีอิก พบว่ามีนักเรียนที่มีมโนคติคลาดเคลื่อนร้อยละ 49.21 เนื่องจากนักเรียนบางส่วนไม่สามารถอธิบายความแตกต่างของลิพิดและคาร์โบไฮเดรตได้ เช่น ลิพิดและ คาร์โบไฮเดรตมีธาตุ C, H และ O เช่นเดียวกัน แต่ในสูตรโมเลกุลของลิพิดมีอัตราส่วนของ H : O ไม่เท่ากับ 2 : 1 และลิพิดไม่จัดเป็น Polymer ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ร่วมกับการสร้าง Mind Mapping จะสามารถพัฒนาการจัด กลุ่มและสร้างความคิดรวบยอดของเนื้อหาได้ (วันวิสา กองเสน, 2557)

7. มโนคติหลัก เรื่อง โครงสร้างสารพันธุกรรม (ข้อ 8) พบว่ามีจำนวนนักเรียนร้อยละ 60.32 มีมโนคติที่ คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติและโครงสร้างของสารพันธุกรรม (พอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์และจิระวรรณ เกษสิงห์, 2555) โดยคำตอบของนักเรียนเข้าใจว่า DNA และ RNA มีน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบเป็นน้ำตาลชนิดเดียวกัน ทำให้สูตรโมเลกุลและโครงสร้างโมเลกุลเป็นสายคู่เหมือนกัน ซึ่งเป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อน จากการศึกษางานวิจัย เพื่อพัฒนามโนคติเรื่องสมบัติและโครงสร้างของพันธุกรรมด้วยการจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ช่วยให้นักเรียนมีมโนคติสูงขึ้น (บุษยา แสงทอง, 2561)

8. มโนคติหลัก เรื่อง การทำงานของเอนไซม์ในสิ่งมีชีวิต (ข้อ 9) และปัจจัยและตัวยับยั้งของเอนไซม์ (ข้อ 10) พบว่านักเรียนร้อยละ 47.62 และ 66.67 มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน โดยเฉพาะเรื่องปัจจัยและตัวยับยั้งเอนไซม์ หากอธิบายเกี่ยวกับตัวยับยั้งแบบแข่งขันจะมีสูตรโมเลกุลหรือโครงสร้างเหมือนสารตั้งต้น จึงสามารถจับกับบริเวณ เร่งของเอนไซม์ได้เช่นเดียวกัน แต่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถตอบได้ว่าสารชนิดใดเป็นตัวยับยั้งเอนไซม์แบบ แข่งขันและอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ต้องอาศัยความรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีที่เป็นหัวข้อ หนึ่งในรายวิชาเคมี ซึ่งมีเนื้อหาค่อนข้างยาก และส่วนใหญ่ในการจัดการเรียนรู้จะเน้นผู้สอนเป็นศูนย์กลางและไม่ค่อยจัดกิจกรรมการทดลอง (พรทิพย์ สังเกต, 2564) ดังนั้นในการพัฒนามโนคติที่คลาดเคลื่อน ควรออกแบบการ จัดการเรียนโดยการเน้นนักเรียนโดยการใช้กิจกรรมหรือการทดลอง หรือใช้แบบจำลองหรือโมเดลเกี่ยวกับการ เกิดปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์และสารตั้งต้น หรือตัวยับยั้งเอนไซม์

ข้อเสนอแนะ

1. จากการสำรวจมโนคติ เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนทั้ง 8 มโนคติหลักยังไม่ครอบคลุม มโนคติและหน่วยการเรียนรู้ทั้งหมด ดังนั้นผู้สอนควรสร้างแบบทดสอบเพิ่มเติมเพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง เคมี พื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทั้งหมด เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางไว้สำหรับออกแบบการจัดการเรียนรู้ต่อไป

2. จากการสำรวจด้วยแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับขั้นเป็นการตรวจสอบมโนคติที่ คลาดเคลื่อนเบื้องต้น ดังนั้นผู้สอนควรมีวิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลายเพื่อตรวจสอบมโนคติที่คลาดเคลื่อน เพิ่มเติม เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางไว้สำหรับออกแบบการจัดการเรียนรู้ต่อไป

บรรณานุกรม

- กรรณิกา เงินบุตรโคตร, พิรพงศ์ บุญฤกษ์, นุสรา มุทะหมัด. (2565). “การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมูฟังก์ชันของสารอินทรีย์ด้วยโปรแกรม Sketch UP และ Pixlive Maler”. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัยปีที่ 14 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2565) มหาวิทยาลัยศิลปากร. หน้า 441 – 453
- จิตตา สำนักนิตย, สุธา ภูสิทธิศักดิ์. (2558). ความเข้าใจโมเดลและความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับทาง. 34th the national graduate research conference. หน้า 1,962 – 1,968
- ธัญญา คงทน, บุญนาค สุขุมเมฆ, ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2559). “การพัฒนาแนวคิด เรื่อง เคมีอินทรีย์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน”. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 (2559). หน้า 62 – 76
- ธนภรณ์ ก้องเสียง. (2558). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์เสริมการเรียนรู้โรงเรียนปรางโมกข์วิทยา ราชมอินทรา. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, วรณทิพา รอดแรงคำ. (2552). การศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอนแนวคิด เรื่อง แสง ของครูวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร. วารสารวิจัย มข. ปีที่ 14 ฉบับที่ 4 (เม.ย. 2552). หน้า 297-309
- บุษยา แสงทอง. (2561). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสารพันธุกรรมระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- เบญจมาภรณ์ อินทร์โสม, อรัญญา พิมพ์มงคล. (2558). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตด้วยวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น โดยชุดการสอนแบบสื่อประสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- พรทิพย์ สังเกต. (2564). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยบูรพา
- พอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์, จีระวรรณ เกษสิงห์. (2555). การพัฒนาแนวคิด เรื่อง ยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ไพรวล ดวงตา. (2555). มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 22 มกราคม พ.ศ. 2566 . จาก <https://krupraiwan.wordpress.com>
- วันวิสา กองเสน. (2557). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนรู้และเจตคติต่อการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้ผังความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยบูรพา
- สรารุท แท่นจินดารัตน์, ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2559). การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะโคเวเลนต์และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรอนงค์ อินทร์ตา, ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, ชีรศักดิ์ เอโบลและพรปวีณ์ กาสา. (2560). การพัฒนาแนวคิด เรื่อง
สารเคมีในชีวิตประจำวันด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. การประชุม
วิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2560. หน้า 1,257 – 1,264

Smith, J. P., diDessa, A. A. and Roschelle, J. (1993). “Misconceptions reconceived: A constructivist
analysis of knowledge in Transition”. *The Journal of the Learning Sciences* 3(2):
page 115–163.

